

**ANALISIS KONDISI GELOMBANG PANJANG
DI KOLAM PELABUHAN LABUHAN HAJI
KABUPATEN LOMBOK TIMUR**

*Long Wave Conditions Analysis In The Turning Basin
Of Labuhan Haji Harbour East Lombok Regency*

Artikel Ilmiah
Untuk memenuhi persyaratan
Mencapai derajat S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

ALDY ARIFANDI

F1A018008

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023**

TUGAS AKHIR
ANALISIS KONDISI GELOMBANG PANJANG
DI KOLAM PELABUHAN LABUHAN HAJI
KABUPATEN LOMBOK TIMUR

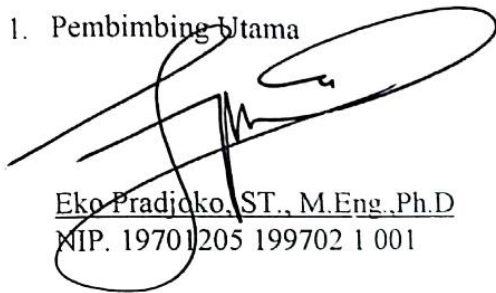
Long Wave Conditions Analysis in The Turning Basin of Labuhan Haji Harbour East Lombok
Regency

Oleh:

ALDY ARIFANDI
F1A018008

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

1. Pembimbing Utama



Eko Pradjoko, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 19701205 199702 1 001

Tanggal: 17 Juli 2023

2. Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Hartana, S.T., M.T.
NIP. 19740315 199803 1 002

Tanggal: 20 Juli 2023

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Haryadi, S.T., M.Sc.(Eng), Dr.Eng.
NIP. 197310271998021001

Tugas Akhir

**ANALISIS KONDISI GELOMBANG PANJANG
DI KOLAM PELABUHAN LABUHAN HAJI
KABUPATEN LOMBOK TIMUR**

Oleh:

**ALDY ARIFANDI
F1A018008**

Telah diujikan di depan tim penguji
Pada tanggal 12 Juli 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1
Jurusan Teknik Sipil

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I



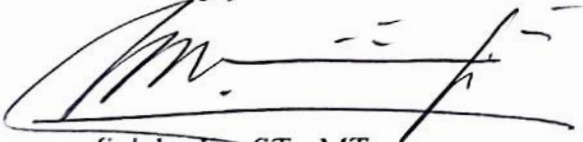
Agus Suroso, ST., MT.
NIP. 196808131997031002

2. Penguji II



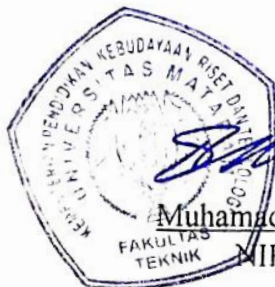
Atas Pradoyo, ST., MT., Ph.D.
NIP.197107171998031005

3. Penguji III



Salehudin, ST., MT.
NIP. 196612311995121001

Mataram, 20 Juli 2023
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Muhamad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D.
NIP.19720222 199903 1 002

ANALISIS KONDISI GELOMBANG PANJANG DI KOLAM PELABUHAN LABUHAN HAJI KABUPATEN LOMBOK TIMUR

Aldy Arifandi¹, Eko Pradjoko², Hartana².

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

ABSTRAK

Pelabuhan merupakan prasarana transportasi perairan yang perannya sangat penting di tengah padatnya aktivitas perairan saat ini, baik itu berupa aktivitas bongkar-muat barang hingga pelayanan penyeberangan penumpang dengan menggunakan kapal. Oleh karena itu, sudah menjadi suatu keharusan bagi area pelabuhan agar terhindar dan terlindungi dari berbagai gangguan, khususnya gangguan gelombang panjang atau Alun. Gelombang panjang mampu terbentuk hampir sepanjang waktu di suatu perairan, sehingga pada kondisi paling ekstrem mampu menimbulkan gangguan bagi aktivitas kapal dan merusak fasilitas perairan di area pelabuhan. Sebagaimana yang terjadi di Pelabuhan Labuhan Haji Kabupaten Lombok Timur, rusaknya berbagai fasilitas perairan hingga karamnya kapal di area kolam labuh semakin menguatkan bahwa pada lokasi masih terganggu oleh rambatan gelombang panjang. Analisis kondisi gelombang panjang di Kolam Pelabuhan Labuhan Haji ini sangat diperlukan guna mengetahui karakteristik gelombang pada lokasi secara lebih spesifik. Analisis ini dilakukan dengan metode simulasi pemodelan numerik menggunakan program COMCOT v1.7 dengan memanfaatkan data-data lapangan berupa data batimetri dan topografi, serta data gelombang di perairan setempat berdasarkan hasil prakiraan NOAA/NWS/NCEP Marine Modelling and Analysis Branch tahun 2007-2008 dengan 3 (tiga) variasi gelombang. Berdasarkan simulasi program COMCOT ini didapatkan rambatan gelombang yang masih mampu merambat ke area kolam labuh dan dapat menjangkau area dermaga pelabuhan. Didapatkan tinggi gelombang maksimum di area kolam labuh yang mampu mencapai ketinggian 1 meter pada kondisi eksisting setelah pengerukan kolam labuh. Didapatkan juga ketinggian gelombang signifikan pada area dermaga kolam labuh masih melebihi syarat aman ketinggian gelombang di area dermaga untuk kapal 1000 – 1500 DWT yaitu maksimal 0.6 meter. Oleh karena itu, dilakukan upaya alternatif solusi dengan merubah layout breakwater pelabuhan Labuhan Haji dengan menambah layout breakwater sepanjang 150 meter, serta dilakukan simulasi ulang pada kondisi alternatif solusi hingga didapatkan ketinggian gelombang yang aman bagi kapal pada area dermaga kolam pelabuhan Labuhan Haji.

Kata Kunci: Gelombang Panjang, Labuhan Haji, Pelabuhan, Pemodelan Numerik.

ABSTRACT

The port is a water transportation infrastructure whose role is very important in the midst of today's dense water activities, both in the form of loading and unloading of goods to passenger crossing services using ships. Therefore, it has become a necessity for the port area to be protected and protected from various disturbances, especially long wave or Alun disturbances. Long waves can form almost all the time in a body of water, so that in the most extreme conditions they can cause disturbances to ship activities and damage water facilities in the port area. As happened in Labuhan Haji Harbor, East Lombok Regency, the damage to various water facilities and shipwrecks in the berthing pool area reinforces that the location is still disturbed by long wave propagation. Analysis of long wave conditions in the Labuhan Haji Harbor Pond is needed to determine the wave characteristics at the location more specifically. This analysis is carried out by numerical modeling simulation method using COMCOT v1.7 program by utilizing field data in the form of bathymetry and topography data, as well as wave data in local waters based on the results of NOAA/NWS/NCEP Marine Modeling and Analysis Branch forecasts in 2007-2008 with 3 (three) wave variations. Based on the COMCOT program simulation, it is obtained that the wave propagation is still able to propagate to the berth pond area and can reach the port dock area. The maximum wave height in the berth pond area is obtained, which is able to reach a height of 1 meter in the existing condition after dredging the berth pond. It was also found that the significant wave height in the dock area of the berth pool still exceeds the safe requirement for wave height in the dock area for ships of 1000 - 1500 DWT, which is a maximum of 0.6 meters. Therefore, an alternative solution is made by changing the layout of the Labuhan Haji port breakwater by adding a 150 meter long breakwater layout, and re-simulating the alternative solution conditions until a safe wave height is obtained for ships in the Labuhan Haji port turning basin area.

Keywords: Long Wave, Labuhan Haji, Port, Numerical Modeling.

A. PENDAHULUAN

Pelabuhan merupakan prasarana perairan yang dilengkapi fasilitas terminal laut, meliputi dermaga sebagai tempat bertambatnya kapal guna melakukan berbagai aktivitas perkapalan, seperti bongkar-muat barang, maupun melayani penyeberangan penumpang, oleh karena itu area perairan pelabuhan harus tenang terhadap gangguan gelombang laut. Gelombang laut merupakan suatu pergerakan naik turunnya air laut yang bisa terjadi akibat beberapa faktor, seperti faktor angin, pasang surut, gempa vulkanik maupun tektonik, pergerakan kapal, dan sebagainya (Triatmodjo, 2009)

Berdasarkan sebab terbentuk dan intensitas rambatan yang terjadi di suatu perairan, gelombang laut jenis Alun atau yang disebut juga gelombang panjang merupakan jenis gelombang yang terbentuk oleh tiupan angin dan mampu merambat hampir sepanjang hari. Gelombang ini akan terus mampu merambat membawa energi hingga massa air di bagian bawah gelombang tidak mampu lagi menyangga massa air di bagian atas gelombang, dan pada saat itulah gelombang

pecah dan melepaskan energinya (Djatkiko, 2012). sehingga gelombang panjang ini mampu menimbulkan suatu ancaman tersendiri bagi aktivitas kapal khususnya apabila gelombang ini berada pada kondisi paling ekstrem dan masih mampu merambat menuju area suatu kolam pelabuhan.

Sebagaimana yang terjadi di Kabupaten Lombok Timur, tepatnya di Pelabuhan Labuhan Haji yang merupakan jenis pelabuhan buatan, dan diduga kuat pada lokasi ini masih terjadinya gangguan aktivitas perairan yang diakibatkan oleh rambatan gelombang panjang yang masih dapat masuk ke area kolam pelabuhan. Hal ini didasarkan oleh kondisi fasilitas dermaga pelabuhan yang sudah rusak dan adanya kapal dengan kondisi karam di sekitar area dermaga pelabuhan labuhan haji ini.

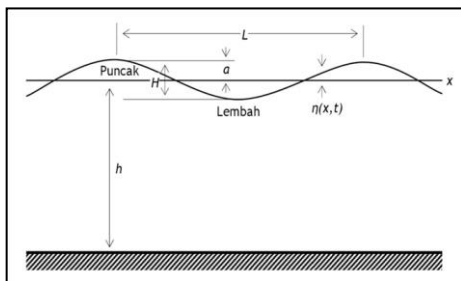
Oleh karena itu, kajian mengenai kondisi gelombang panjang di Kolam Pelabuhan Labuhan Haji ini sangat diperlukan guna mengetahui karakteristik gelombang pada lokasi secara lebih spesifik, mengingat bahwa kondisi dari kolam pelabuhan Labuhan Haji ini

yang beberapa kali telah dilakukan pengerukan kolam labuh sehingga tentu karakteristik gelombang tentu akan mengalami perubahan jika memang gelombang mampu merambat masuk hingga area sekitar dermaga pelabuhan. Serta, kajian kondisi gelombang panjang ini diharapkan mampu menjadi acuan dalam upaya evaluasi demi meningkatkan kualitas pelabuhan dalam melayani berbagai aktivitas perairan.

B. DASAR TEORI

1. Gelombang Laut

Gelombang laut merupakan fluktuasi muka air di laut yang memiliki bentuk sangat kompleks dan sulit digambarkan karena memiliki bentuk yang acak. Gelombang laut bisa dibangkitkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik matahari dan bulan (pasang surut), letusan gunung berapi atau gempa di laut (tsunami), kapal yang bergerak dan sebagainya (Triatmodjo 2009).



Gambar 1 Karakteristik Gelombang

Gelombang-gelombang di laut secara keseluruhannya dapat dikelompokkan menurut spektrum energinya sebagai fungsi periode gelombang dan sumber pembentuknya. Salah satunya ialah Gelombang Panjang, yang merupakan suatu gelombang yang panjang gelombangnya itu dapat mencapai puluhan hingga ratusan meter, periodenya itu sekitar 0,9 – 15 detik, dan juga disebabkan oleh angin yang bertiup lama (Dhanista, 2017). Biasanya, gelombang panjang memiliki ketinggian jauh lebih kecil dari panjang gelombangnya, dengan percepatan vertikal partikel airnya sama dengan nol.

Gelombang panjang atau alun juga didefinisikan sebagai sistem gelombang laut

yang telah meninggalkan area pembangkitnya (angin) yang memiliki periode yang panjang berkisar antara 15-20 detik, dan tampilannya akan cenderung lebih teratur (Dwi, 2019).

Apabila suatu deretan gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi dan refleksi.

Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah di mana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, yaitu di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi di laut transisi dan dangkal dasar laut mempengaruhi gelombang.

Difraksi gelombang terjadi apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk ke daerah terlindung dibelakangnya.

Refleksi gelombang datang yang mengenai/membentur suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Tinjauan refleksi gelombang penting di dalam perencanaan bangunan pantai, terutama pada bangunan pelabuhan. Suatu bangunan yang mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu akan bisa menyerap energi gelombang lebih banyak dibanding bangunan tegak dan masif (Triatmodjo 2009).

2. Pelabuhan

Pelabuhan (*Port*) adalah daerah perairan yang terlindung terhadap gelombang, yang dilengkapi dengan fasilitas terminal laut meliputi dermaga di mana kapal dapat bertambat untuk bongkar-muat barang, menaik-turunkan penumpang, dan sebagainya. Untuk bisa melakukan kegiatan tersebut, maka pelabuhan harus tenang terhadap gangguan gelombang (Triatmodjo, 2009).

Perairan pelabuhan harus tenang terhadap gangguan gelombang supaya kapal dapat melakukan kegiatan bongkar-muat barang dan

manaik-turunkan penumpang. Mulut pelabuhan harus direncanakan dengan sedemikian rupa sehingga gelombang tidak langsung masuk ke perairan pelabuhan. Oleh karena itu, pelabuhan sangat membutuhkan fasilitas pemecah gelombang guna melindungi daerah perairan pelabuhan terhadap gangguan gelombang.

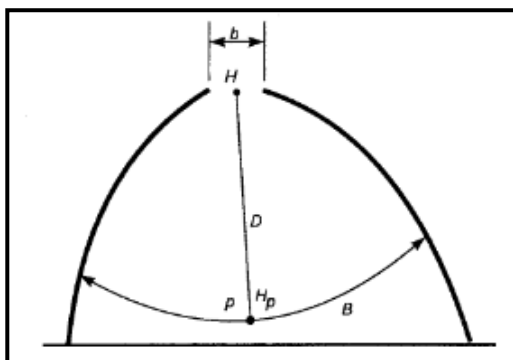
Gelombang dari laut dalam akan masuk ke pelabuhan melalui mulut pelabuhan. Dalam perjalanannya masuk ke pelabuhan, tinggi gelombang berkurang berangsur-angsur karena proses difraksi, yaitu menyebarnya energi gelombang ke seluruh lebar daerah perairan pelabuhan. Tinggi gelombang di kolam pelabuhan dapat dihitung dengan rumus Stevenson, yang mempunyai bentuk:

$$H_p = H \left[\sqrt{\frac{b}{B}} - 0,027 \sqrt[4]{D} \left(1 + \sqrt{\frac{b}{B}} \right) \right]$$

dengan:

- H_p : tinggi gelombang di titik P di dalam pelabuhan (m).
- H : tinggi gelombang di mulut pelabuhan (m).
- b : lebar mulut (m).
- B : lebar kolam pelabuhan di titik P, yaitu panjang busur lingkaran dengan jari-jari G dan pusat pada titik tengah mulut (m).
- D : jarak dari mulut ke titik P.

Persamaan tersebut tidak berlaku pada titik yang berjarak <15 meter dari mulut (Triatmodjo, 2009).

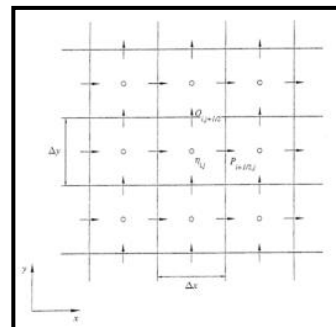


Gambar 2 Penjelasan rumus Stevenson

3. Pemodelan Gelombang Dengan Program COMCOT

Software COMCOT adalah salah satu perangkat lunak pemodelan gelombang laut, yang bebas di unduh pada *website Cornell University Phil's Group Research*. Perangkat lunak ini mampu mensimulasikan membuat pemodelan numerik gelombang tsunami. COMCOT yang berfungsi membangkitkan dan penjalaran tsunami dari pusat gempa, menggunakan Shallow Water Equations (SWE) (Liu, et al, 1998 dalam Wang, 2009).

Pada perangkat lunak ini menggunakan pendekatan Shallow Water Equation (SWE) nonlinear dengan menggunakan beda leap-frog finite (Liu et.al., 1998 dalam Wang, 2009).



Gambar 3 Sketsa Grid Pembangun Pada COMCOT (Wang, 2009)

Shallow Water Equation merupakan persamaan eksplisit pada skema numerik yang tidak di perlukan penyelesaian orde tinggi diasosiasikan dengan non-linier dispersi frekuensi (Wang, 2009).

Adapun persamaan pembangun yang digunakan dalam COMCOT v1.7 pada kasus ini adalah persamaan non-linear untuk fungsi ketinggian run-up dan waktu penjalaran gelombang untuk koordinat cartesius. Persamaan-persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \left\{ \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} \right\} = - \frac{\partial h}{\partial t}$$

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{P^2}{H} \right\} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{PQ}{H} \right\} + gH \frac{\partial \eta}{\partial x} + Fx = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{PQ}{H} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{Q^2}{H} \right\} + gH \frac{\partial \eta}{\partial y} + Fy = 0$$

dengan :

η = elevasi muka air

$p = h.u = \text{flux volume air sumbu } x$

$Q = h.v = \text{flux volume air arah } y$

$g = \text{percepatan gravitasi}$

$u, v = \text{kecepatan fluida}$

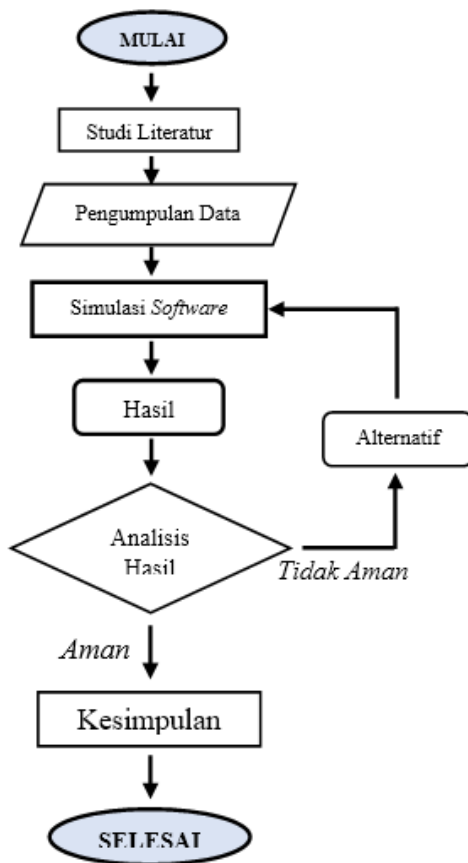
$h = \text{kedalaman air}$

$H = h + \eta = \text{kedalaman air total}$

Data yang dimasukkan pada program COMCOT berupa peta batimetri/topografi dengan proses input data hingga memperoleh hasil simulasi (Wang 2009).

C. METODE PENELITIAN

1. Bagan Alir Penelitian



Gambar 4 Bagan alir penelitian

2. Pengumpulan Data

Dalam mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Alat

Adapun alat-alat yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Seperangkat komputer dengan sistem operasi *windows 10* sebagai perangkat yang membantu menyelesaikan persamaan numerik, seleksi, dan visualisasi.
- Perangkat lunak COMCOT v1.7 (Cornell Multi-grid Coupled Model) yang digunakan untuk mensimulasi gelombang panjang dari pembangkit, perambatan dan kenaikan (run up) atau penurunan (run down) muka air di daerah pesisir.

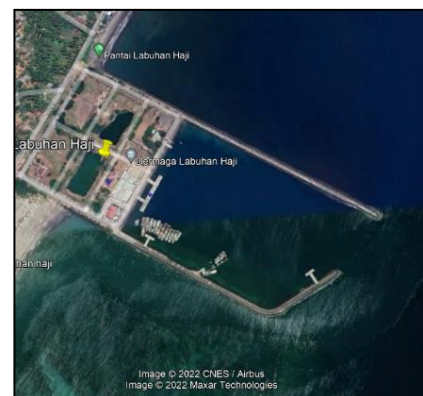
b. Bahan

Adapun bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data sekunder, sebagai berikut:

- Peta Batimetri kolam pelabuhan Labuhan Haji
- Data Gelombang Perairan Labuhan Haji.

3. Lokasi Penelitian

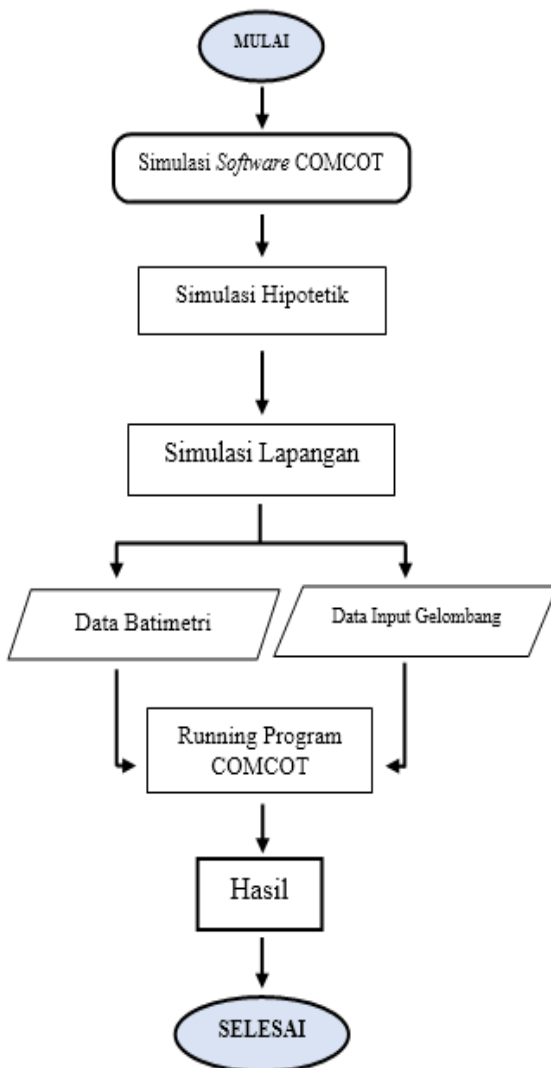
Lokasi penelitian tugas akhir ini berada di pelabuhan Labuhan Haji, kecamatan Labuhan Haji, Kabupaten Lombok Timur, yang secara geografis berada pada koordinat antara $08^{\circ} 40'$ Lintang Selatan dan $116^{\circ} 34'$ Bujur Timur.



Gambar 5 Lokasi penelitian

4. Prosedur penelitian

Dalam melakukan simulasi numerik ini, software yang digunakan adalah Cornell Multigrid Coupled Tsunami Model (COMCOT) v1.7. Langkah-langkah simulasi numerik dijelaskan pada Gambar 3.2. Software COMCOT ini banyak digunakan untuk mensimulasikan gelombang, khususnya gelombang tsunami dari pembangkit, perambatan dan kenaikan (run up) atau penurunan (run down) muka air di daerah pesisir. Proses simulasi numerik Comcot v1.7 dilakukan sesuai dengan bagan alir penelitian berikut:



Gambar 6 Bagan Alir Simulasi COMCOT v1.7

D. ANALISA DAN PEMBAHASAN

1. Data Penelitian

a. Data Simulasi Hipotetik

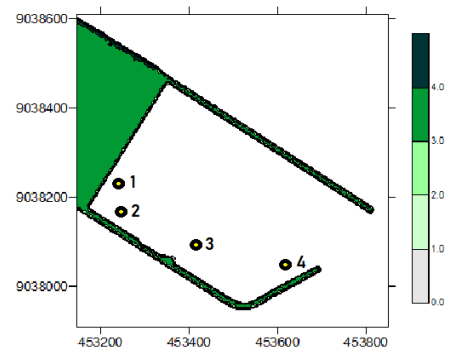
Data yang dibutuhkan dalam simulasi hipotetik yakni:

- Data Kontur batimetri dan topografi Kolam buatan dengan kemiringan dinding kolam 45° dan 90° ;
- Data gelombang hipotetik menggunakan kondisi dominan lapangan.

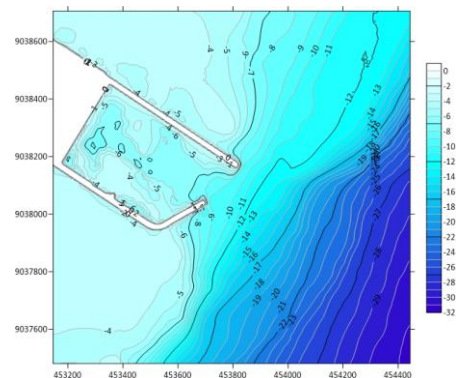
b. Data Simulasi Lapangan

Data yang dibutuhkan dalam simulasi lapangan yakni:

- Data kontur batimetri dan topografi pelabuhan dan perairan Labuhan Haji.



Gambar 7 Topografi layout Pelabuhan Labuhan Haji



Gambar 8 Batimetri Perairan Labuhan Haji

- Data gelombang perairan Labuhan Haji berdasarkan data NOAA/NWS/NCEP Marine Modelling And Analysis Branch dengan 3 (tiga) variasi gelombang.

Tabel 1 Data gelombang Labuhan Haji

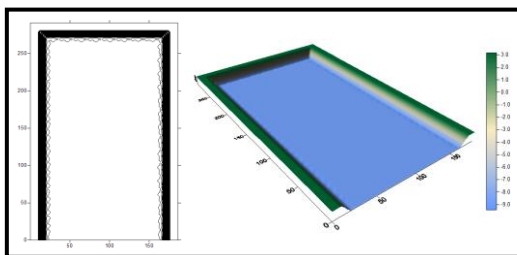
Tinggi Gelombang (Meter)	Periode Gelombang (detik)	Arah
1	5.3	Kanan (validasi)
1.5	14	Kiri
1	13	Tegak lurus
1	13	Kanan

2. Pemodelan Gelombang COMCOT

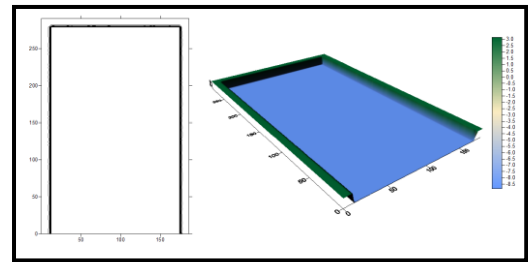
Pada pemodelan ini, simulasi gelombang panjang atau Alun dilakukan dengan menggunakan program COMCOT v1.7. Simulasi dilakukan dengan menginput data parameter gelombang, data batimetri, data topografi, serta data-data parameter lainnya. Sebelum melakukan *running* program COMCOT, data-data input harus dimasukkan dan diisi ke dalam satu file yang bernama COMCOT.ctl yang memiliki beberapa bagian tertentu dalam menginput data, seperti bagian parameter umum, parameter pembentukan gelombang, serta parameter konfigurasi grid.

a. Simulasi Hipotetik

Pemodelan hipotetik bertujuan untuk mendapatkan hipotesis sementara dari hasil pemodelan gelombang dengan metode COMCOT, serta membuktikan kemampuan program COMCOT dalam mensimulasikan rambatan gelombang hingga gelombang mengalami transformasi. Berikut adalah kolam buatan yang merupakan area running simulasi hipotetik.

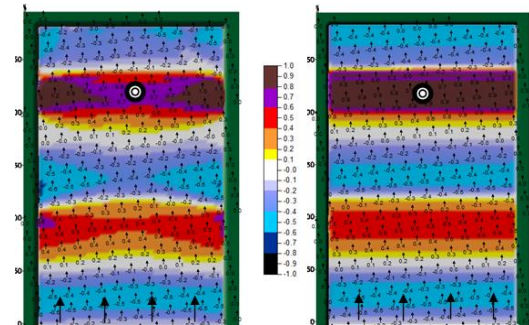


Gambar 9 Kolam Hipotetik dengan kemiringan sisi kolam 45° (sisi miring)



Gambar 10 Kolam Hipotetik dengan kemiringan sisi kolam 45° (sisi miring)

Analisis hipotetik ini terdiri dari kolam buatan dengan sisi kolam tegak dan miring yang masing-masing memiliki sudut kemiringan sisi kolam sebesar 90° dan 45°. Kedua kolam buatan memiliki kedalaman 8 meter, menggunakan data buatan berupa kontur bathymetri dan topografi berukuran grid 200x300. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 10 Hasil Simulasi Kolam Hipotetik

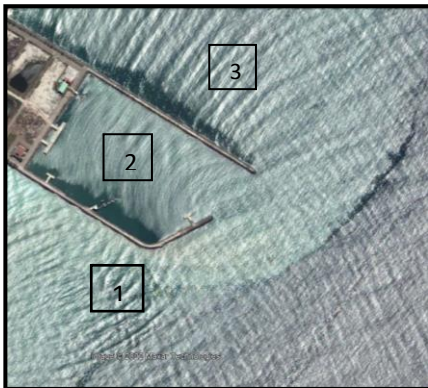
Dari hasil simulasi pada kedua jenis kolam, didapatkan perbedaan tinggi maksimum gelombang di kolam labuh yang dihasilkan setelah refleksi, dimana kolam dengan sisi tegak (kemiringan 90 derajat) menghasilkan tinggi gelombang refleksi yang lebih besar yaitu 1.4 meter dibandingkan dengan kolam dengan sisi miring (45 derajat) yang menghasilkan gelombang dengan tinggi 1.1 meter.

b. Hasil Simulasi Validasi

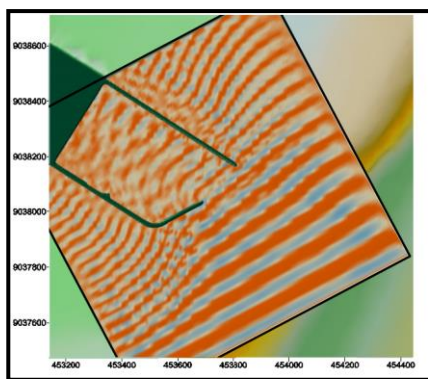
Simulasi validasi merupakan upaya simulasi gelombang yang dilakukan dalam upaya validasi atau pencocokan karakteristik gelombang hasil simulasi program COMCOT dengan karakteristik gelombang yang didapatkan dari

dokumentasi Google Earth. Sehingga dengan kecocokan hasil yang ditunjukkan oleh program COMCOT dan Google Earth dapat membuktikan kemampuan program COMCOT untuk mensimulasikan gelombang secara lebih lanjut.

Validasi dilakukan dengan mensimulasikan gelombang setinggi 1 meter, periode 5.3 detik dengan sudut datang gelombang 152 derajat. Setelah hasil simulasi didapatkan, dilakukan perbandingan antara hasil simulasi dengan dokumentasi Google Earth yang menunjukkan pola rambatan gelombang. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pola gelombang yang ditunjukkan pada gambar hasil simulasi memiliki pola yang hampir sama dengan pola rambatan gelombang yang ada pada Google Earth.



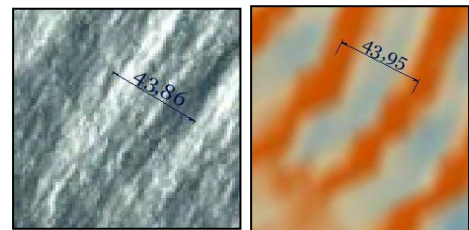
Gambar 11 Pola Pelombang Dokumentasi Google Earth



Gambar 12 Hasil simulasi Validasi COMCOT

Berdasarkan gambar diatas, terlihat pola gelombang yang sama antara gambar

Google Earth dan gambar hasil simulasi program COMCOT, di mana kesamaan pola gelombang dapat dilihat dengan jelas pada area yang diberi nomor 1, 2, dan 3. Area nomor 1 terlihat pola gelombang yang berubah dibanding pola gelombang awal, hal ini disebabkan karena adanya pendangkalan kedalaman laut secara signifikan di area tersebut sehingga gelombang mengalami peristiwa refraksi yang akan mengubah karakteristik dan pola gelombang. Sedangkan untuk area nomor 2 & 3 terlihat rambatan gelombang mengalami peristiwa difraksi akibat dari terganggunya pola rambatan oleh breakwater pelabuhan.



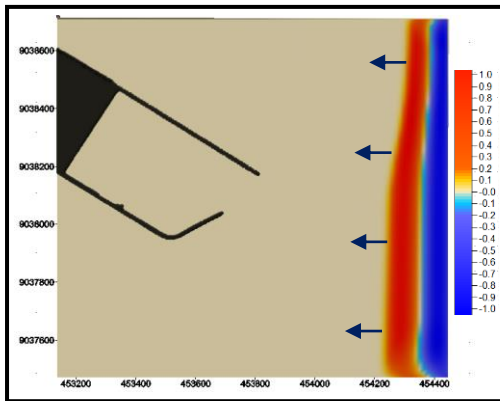
Gambar 13 Validasi panjang gelombang

Selain dengan perbandingan pola rambatan gelombang, juga dilakukan perbandingan panjang gelombang yang diukur pada kedalaman 3-4 meter kondisi HWL pada sisi kiri pelabuhan. Dari hasil pengukuran pada kedua gambar diatas, diperoleh panjang gelombang dengan selisih ± 0.09 m. Dimana panjang gelombang hasil pengukuran dari foto satelit Google Earth adalah ± 43.86 m, sementara panjang gelombang hasil simulasi pada kedalaman yang sama adalah ± 43.95 m. Dengan selisih angka tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi memiliki kemiripan nilai sesuai dengan di lapangan.

c. Hasil Simulasi Gelombang Arah Kiri

Pada simulasi ini, parameter gelombang awal yang dimasukkan adalah gelombang dengan amplitudo 0.75 meter (tinggi 1.5 meter), periode 14 detik, dengan sudut datang gelombang adalah 90° . Dengan hasil simulasi gelombang

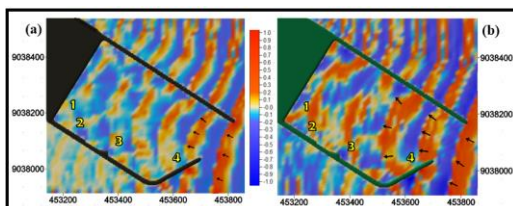
merambat dari arah kiri pelabuhan, seperti pada Gambar berikut.



Gambar 14 Kondisi Gelombang Arah Kiri Saat Simulasi Detik ke-14

Berdasarkan hasil simulasi, pada detik ke-110 rambatan gelombang pada kondisi setelah pengerukan mencapai ujung kolam lebih cepat dibandingkan kondisi sebelum pengerukan dengan selisih waktu 11 detik.

Dari hasil simulasi 300 detik, di dapatkan pola rambatan gelombang yang konstan dan tetap. Serta rekapitulasi ketinggian maksimum gelombang masing-masing pada area dermaga kolam labuh. yang masing-masing dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 15 Perbandingan Pola Rambatan Gelombang Arah kiri Sebelum & Setelah Pengerukan

Tabel 2 Tinggi Maksimum Gelombang Area Dermaga – Gelombang Dari Arah Kiri

No.	Lokasi yang ditinjau	Hmax (m)	
		Sebelum keruk	Setelah keruk
1.	(1)	0,8	1.32
2.	(2)	0,78	1.3
3.	(3)	0,6	0.78
4.	(4)	0,9	1.09

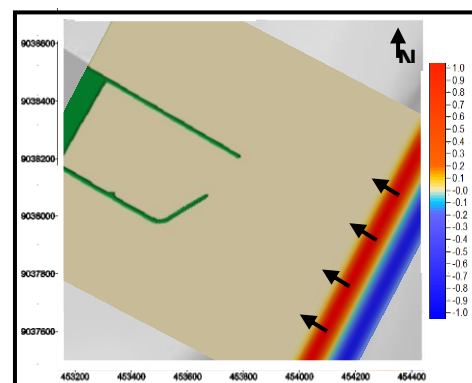
Berdasarkan perbandingan ketinggian gelombang maksimum (Hmax) di atas, didapatkan kondisi relatif meningkat terjadi setelah dilakukan pengerukan. Ketinggian gelombang mampu mencapai ketinggian 1 meter jika dibandingkan dengan kondisi sebelum pengerukan yang ketinggian maksimum gelombang tidak mencapai 1 meter.

Tabel 3 Tinggi Gelombang Signifikan Setelah Pengerukan–Gelombang Dari Arah Kiri

No.	Lokasi yang ditinjau	Hs (m)
		Setelah keruk
1.	(1)	0.96
2.	(2)	0.98
3.	(3)	0.41
4.	(4)	0.96

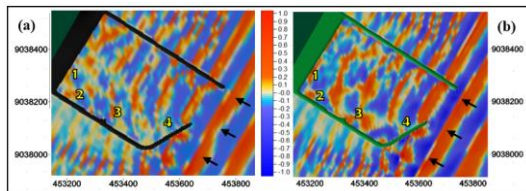
d. Hasil Simulasi Gelombang Arah Tegak Lurus

Pada simulasi ini, gelombang disimulasikan dalam 2 (dua) kondisi eksisting yakni kondisi sebelum dan setelah pengerukan. Dengan parameter gelombang awal yang dimasukkan berdasarkan data sekunder yang telah diperoleh, yakni gelombang dengan amplitudo 0.5 meter, periode 13 detik, dan sudut datang gelombang adalah 135°. Dengan hasil simulasi gelombang merambat dari arah tegak lurus pelabuhan, seperti pada gambar berikut



Gambar 16 Kondisi Gelombang Arah Tegak Lurus Saat Simulasi Detik ke-13

Dari hasil simulasi 300 detik, di dapatkan pola rambatan gelombang yang konstan dan tetap. Serta rekapitulasi ketinggian maksimum gelombang masing-masing pada area dermaga kolam labuh. yang masing-masing dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 17 Perbandingan Pola Rambatan Gelombang Arah kiri Sebelum & Setelah Pengerukan

Tabel 4 Tinggi Gelombang Maks. Area Dermaga - Gelombang Arah Tegak Lurus Pelabuhan

No.	Lokasi yang ditinjau	Hmax (m)	
		Sebelum keruk	Setelah keruk
1.	(1)	0,5	0.64
2.	(2)	0,3	0.42
3.	(3)	0,6	0.7
4.	(4)	0,58	0.75

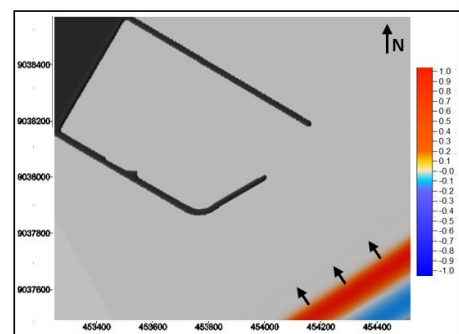
Dari hasil simulasi kondisi eksisting setelah keruk, didapatkan rekapitulasi tinggi gelombang signifikan di masing-masing area dermaga, guna dilakukan peninjauan terhadap syarat aman tinggi gelombang di area dermaga pelabuhan. Rekapitulasi tinggi gelombang signifikan dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 5 Tinggi Gelombang Signifikan Setelah Pengerukan - Gelombang Arah Tegak Lurus Pelabuhan

No.	Lokasi yang ditinjau	Hs (m)
		Setelah keruk
1.	(1)	0.54
2.	(2)	0.38
3.	(3)	0.62
4.	(4)	0.61

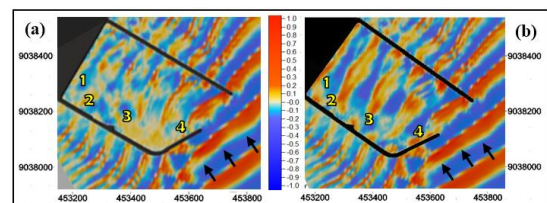
e. Hasil Simulasi Gelombang Arah Kanan

Pada simulasi ini, gelombang disimulasikan dalam 2 (dua) kondisi eksisting yakni kondisi sebelum dan setelah pengerukan. Dengan parameter gelombang awal yang dimasukkan berdasarkan data sekunder yang telah diperoleh, yakni gelombang dengan amplitudo 0.5 meter, periode 13 detik, dan sudut datang gelombang adalah 155° . Dengan hasil simulasi gelombang merambat dari arah kanan pelabuhan, seperti pada gambar berikut.



Gambar 18 Kondisi Gelombang Arah Tegak Lurus Saat Simulasi Detik ke-13

Dari hasil simulasi 300 detik, di dapatkan pola rambatan gelombang yang konstan dan tetap. Serta rekapitulasi ketinggian maksimum gelombang masing-masing pada area dermaga kolam labuh. yang masing-masing dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut.



Gambar 19 (a) Pola Rambatan Gelombang Arah Kanan Sebelum Pengerukan Detik-ke 300 (b) Pola Rambatan Gelombang Arah Kanan Setelah Pengerukan Detik-ke 300

Tabel 6 Ketinggian gelombang area dermaga - gelombang arah Tegak Lurus pelabuhan

No.	Lokasi yang ditinjau	Hmax (m)	
		Sebelum keruk	Setelah keruk
1.	(1)	0.52	0.88
2.	(2)	0.30	0.31
3.	(3)	0.50	0.51
4.	(4)	0.48	0.72

Dari hasil simulasi kondisi eksisting setelah keruk, didapatkan rekapitulasi tinggi gelombang signifikan di masing-masing area dermaga, guna dilakukan peninjauan terhadap syarat aman tinggi gelombang di area dermaga pelabuhan. Rekapitulasi tinggi gelombang signifikan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7 Rekapitulasi Tinggi Gelombang Signifikan Setelah Pengerukan - Gelombang Arah Kanan Pelabuhan

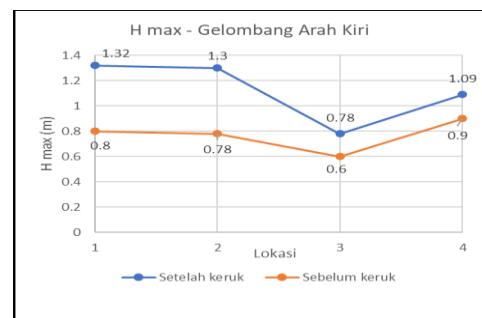
No.	Lokasi yang ditinjau	Hs (m)
		Setelah keruk
1.	(1)	0.79
2.	(2)	0.26
3.	(3)	0.36
4.	(4)	0.63

3. Pembahasan

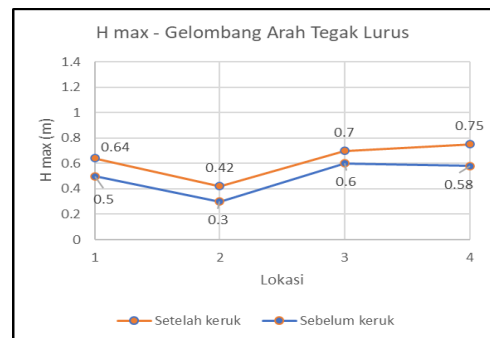
Dari hasil analisis hipotetik berdasarkan Gambar 4.8, didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa kondisi rambatan gelombang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungannya, khususnya akibat terjadinya refleksi gelombang. Pada hasil analisis hipotetik ini, didapatkan tinggi gelombang pada kolam sisi miring sebesar 0.8 meter sebelum terjadi refleksi, setelah itu menjadi 1.1 meter setelah refleksi. Sedangkan pada kolam dengan sisi tegak didapatkan tinggi gelombang sebesar 1.0 meter sebelum refleksi, setelah itu menjadi 1.4 meter setelah refleksi. Dari hasil ini didapatkan hipotesis sementara yakni, pemodelan gelombang panjang atau alun menggunakan program COMCOT dapat dilakukan bahkan hingga

gelombang mengalami refleksi dan menimbulkan perubahan karakteristik pada gelombang.

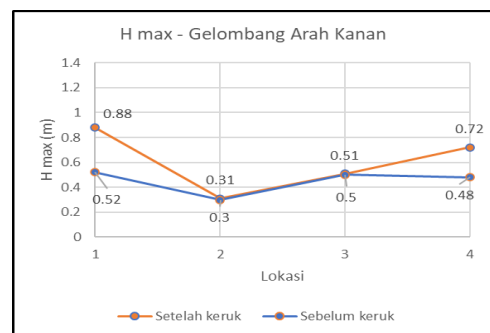
Setelah dilakukan simulasi gelombang panjang atau alun pada area penelitian, di dapatkan hasil ketinggian maksimum gelombang di masing-masing lokasi pengukuran mengalami peningkatan setelah dilakukan pengerukan terutama besarnya peningkatan gelombang akibat refleksi pada sisi kolam. Perbandingan tinggi gelombang maksimum yang terjadi pada kondisi sebelum dan setelah pengerukan kolam labuh dapat di lihat pada grafik berikut.



Gambar 20 Perbandingan Hmax Saat Kondisi Gelombang Dari Arah Kiri Pelabuhan



Gambar 21 Perbandingan Hmax Saat Kondisi Gelombang Dari Arah Tegak Lurus Pelabuhan



Gambar 22 Perbandingan Hmax Saat Kondisi Gelombang Dari Arah Kanan Pelabuhan

Dari ketiga grafik diatas dapat dilihat bahwa ketinggian maksimum gelombang setelah dilakukan pengerukan terjadi peningkatan, sehingga dapat dikatakan pengerukan dasar kolam Pelabuhan Labuhan Haji menjadi faktor utama dari terjadinya peningkatan ketinggian gelombang di area kolam pelabuhan Labuhan Haji.

Sebagaimana tujuan penelitian ini untuk mengetahui kondisi gelombang di kolam pelabuhan Labuhan Haji ini secara lebih spesifik dan lebih detail, maka dilakukan pula peninjauan syarat keamanan gelombang signifikan di titik-titik pengukuran yang telah ditentukan sebelumnya berdasarkan letak-letak dermaga kapal yang ada di Pelabuhan Labuhan Haji pada kondisi eksisting setelah pengerukan. Peninjauan dilakukan dalam rangka menganalisis keamanan area perairan dermaga terhadap gangguan gelombang dan data yang digunakan sebagai acuan dalam hal ini adalah data ukuran tinggi gelombang signifikan pada area dermaga pelabuhan pada Tabel 8 di bawah.

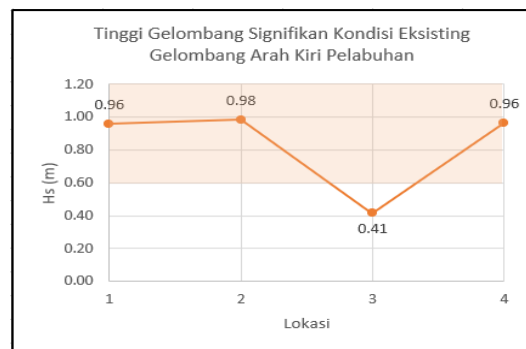
Tabel 9 Ukuran tinggi gelombang maksimal pada area dermaga

	Ukuran Kapal	Tinggi gelombang
Barang Padat Umum	• 1000 DWT	maks. 0,2 m
	• (1000 – 3000) DWT	<u>maks. 0,6 m</u>
	• (1300 – 15000) DWT	maks. 0,8 m
	• Kapal Ro/Ro	maks. 0,2 m
Barang Cair/Gas	• (50.000 DWT)	maks. 1,2 m
Barang khusus	• LASH	maks. 0,6 m
	• Kapal Peti Kemas	
	• BACAT	

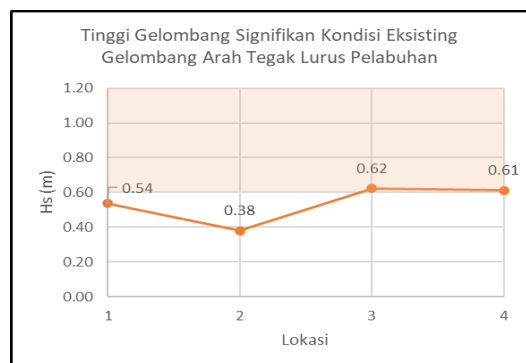
Berdasarkan data revitalisasi pelabuhan Labuhan Haji tahun 2017, bahwa spesifikasi kapal yang bersandar di dermaga pelabuhan Labuhan Haji berkisar antara 1000 - 1500 DWT. Jadi ukuran tinggi gelombang maksimal pada area dermaga pelabuhan Labuhan Haji tidak boleh lebih dari 0.6 meter agar kapal yang bersandar dan melakukan bongkar muat barang

di area dermaga pelabuhan dengan aman dan tidak mengalami gangguan akibat gelombang.

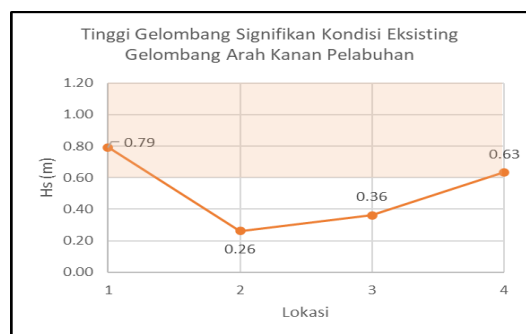
Data ketinggian gelombang hasil simulasi yang digunakan dalam analisis keamanan ini adalah data ketinggian gelombang signifikan (H_s) pada hasil simulasi kondisi eksisting kolam labuh setelah pengerukan, analisis syarat aman gelombang di area dermaga pelabuhan dari masing-masing titik pengukuran disajikan dalam bentuk grafik.



Gambar 23 Tinggi Gelombang Signifikan Kondisi Eksisting Gelombang Datang Arah Kiri Pelabuhan



Gambar 24 Tinggi Gelombang Signifikan Kondisi Eksisting Gelombang Datang Arah Tegak Lurus Pelabuhan

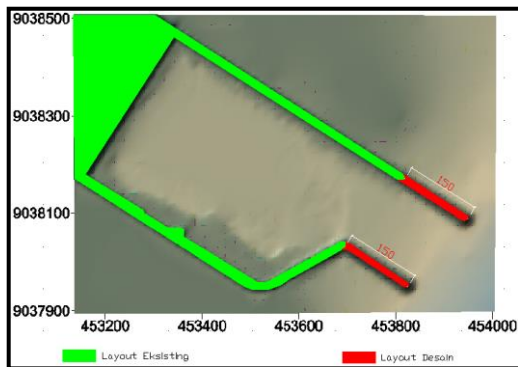


Gambar 25 Tinggi Gelombang Signifikan Kondisi Eksisting Gelombang Datang Arah Kanan Pelabuhan

Jadi, dari hasil analisis keamanan area dermaga pelabuhan Labuhan Haji diatas didapatkan kondisi kolam labuh yang masih dikategorikan tidak aman dari gangguan gelombang panjang khususnya untuk area dermaga pelabuhan. Oleh karena itu, sangat diperlukan suatu upaya alternatif solusi yang mampu mereduksi gangguan gelombang di kolam pelabuhan Labuhan Haji, demi keamanan kapal saat bersandar di dermaga pelabuhan.

4. Alternatif Solusi

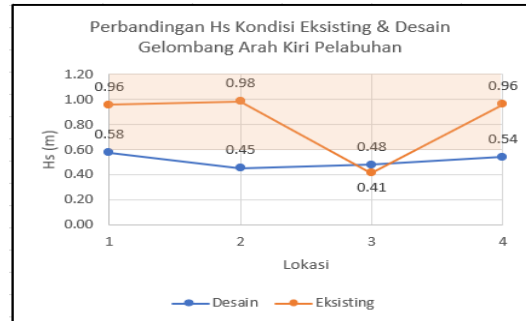
Dengan didapatkannya kesimpulan dari pembahasan kondisi gelombang panjang di area kolam pelabuhan Labuhan Haji yakni dikategorikan tidak aman, maka dilakukan upaya pertimbangan mengenai alternatif solusi guna mereduksi gangguan gelombang panjang di dalam kolam pelabuhan Labuhan Haji. Alternatif solusi yang cukup efektif untuk mereduksi gangguan gelombang adalah dengan cara menambah layout breakwater pelabuhan Labuhan Haji dengan panjang layout tambahan sepanjang 150 meter karena mengacu pada pertimbangan panjang gelombang yang mampu merambat masuk ke area kolam saat kondisi gelombang datang dari arah kiri dan kanan pelabuhan. Layout tambahan dari breakwater dapat dilihat pada gambar 4.23 di bawah.



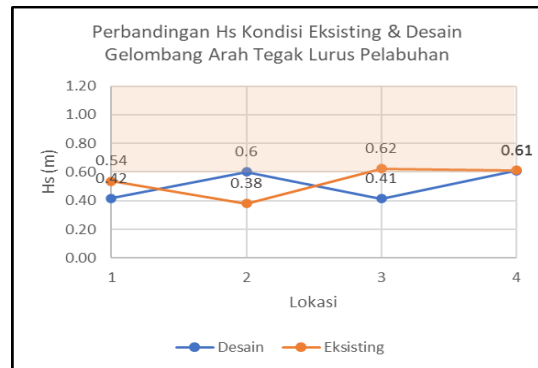
Gambar 26 Desain Layout Breakwater Pelabuhan Labuhan Haji

Hasil simulasi rambatan gelombang dengan layout tambahan dari breakwater

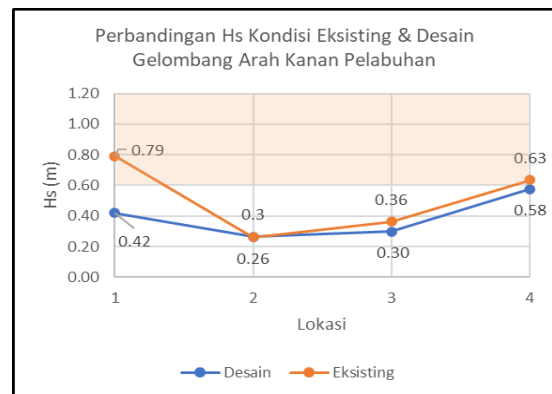
sebagai upaya alternatif solusi untuk mengurangi dampak gangguan gelombang di area kolam pelabuhan dituangkan dalam bentuk grafik perbandingan dengan ketinggian gelombang kondisi eksisting setelah pengerukan kolam labuh sebagai berikut.



Gambar 27 Perbandingan Tinggi Gelombang Signifikan Kondisi Eksisting & Desain Alternatif Solusi – Gelombang Arah Kiri Pelabuhan



Gambar 28 Perbandingan Tinggi Gelombang Signifikan Kondisi Eksisting & Desain Alternatif Solusi – Gelombang Arah Tegak Lurus Pelabuhan



Gambar 29 Perbandingan Tinggi Gelombang Signifikan Kondisi Eksisting & Desain Alternatif Solusi – Gelombang Arah Kanan Pelabuhan

Dari hasil simulasi di atas menunjukkan bahwa upaya untuk mengurangi dampak rambatan gelombang di kolam pelabuhan dengan menambah layout breakwater pelabuhan mampu memberikan perubahan tinggi gelombang di beberapa titik pengamatan. Perubahan tinggi gelombang yang dimaksud yakni terjadi penurunan tinggi gelombang pada masing-masing area dermaga pelabuhan hingga di bawah batas aman yang telah ditentukan.

Jadi, upaya untuk mengurangi rambatan gelombang panjang atau Alun di area kolam pelabuhan Labuhan Haji dengan menambah layout breakwater sudah mampu mengurangi ketinggian gelombang di beberapa area kolam pelabuhan Labuhan Haji, khususnya untuk area dermaga kolam pelabuhan hingga kondisi gelombang menjadi aman bagi aktivitas kapal.

E. KESIMPULAN & SARAN

1. Kesimpulan

- Berdasarkan hasil simulasi, kondisi gelombang pada area pelabuhan Labuhan Haji dikategorikan tidak aman karena didapatkan ketinggian gelombang signifikan pada area dermaga kolam pelabuhan kondisi eksisting masih melebihi syarat aman ketinggian gelombang di area dermaga untuk kapal 1000 – 1500 DWT yaitu maksimal 0.6 meter.
- Dengan didapatkan kondisi gelombang di kolam pelabuhan khususnya di area dermaga pelabuhan yang melebihi batas aman, maka dilakukan simulasi desain alternatif solusi yaitu dengan melakukan penambahan layout breakwater pelabuhan sepanjang 150 meter, dimana hasil simulasi menunjukkan penurunan tinggi gelombang hingga berada pada kondisi aman dan tidak melebihi batas aman tinggi gelombang yang telah ditentukan.

2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disarankan penelitian simulasi gelombang panjang yang berupa alun dapat terus dikembangkan dengan variasi arah gelombang, luas area simulasi, dan jenis pembangkit gelombang yang berbeda. Serta menggunakan metode-metode lainnya dan tidak terbatas hanya menggunakan program COMCOT, agar

upaya analisis dan evaluasi keamanan pada area perairan dapat makin akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Dhanista, Wimala L. (2017, Agustus 29). Gelombang Laut. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
<https://www.its.ac.id/tkelautan/gelombang-laut/>
- Djarmiko, Eko B. 2012. *Perilaku Dan Operabilitas Bangunan Laut Di Atas Gelombang Acak*. Surabaya: ITS Press.
- Dwi. (2019, Januari 16). Modul : Meteorologi Dan Oseonografi - Gelombang, Arus Dan Pasang Surut. Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan.
www.pusdik.kkp.go.id/elearning/index.php/modul/read/190116-091446uraian-c-materi
- Hartanto, Benny, Ningrum Astriawati, and Nautika. 2020. "Identifikasi Pendekatan Shallow Water Equation Dalam Simulasi 2D Gelombang Tsunami Di Pantai Keburuhan Purworejo." *Majalah Ilmiah Bahari Jogja* 18 (1): 142–51.
- Ratuluhain. 2021. "Analisis Potensi Tsunami Di Lombok Utara." *Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis* 1 (13): 113–26.
- Rudyani, Faddillah Prahmadana, and Haryo Dwito Armono. 2013. "Pemodelan Gelombang Di Kolam Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong" 2 (2): 5.
- Suwardi, Bambang S, and Wahyu W Pandoe. 2009. "Analisa Gelombang Pada Dermaga Kolam Pelabuhan Pondokdayung Di Tanjungpriok Jakarta."
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan*. 1991. *Technical Standart for Port and Harbour Facilities in Japan*. Jepang
- Triatmodjo, Bambang. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wang, Xiaoming. 2009. *USER MANUAL FOR COMCOT VERSION 1 . 7 (FIRST DRAFT)* By. Vol. 7. Cornell: Cornell University.