

**STUDI KARAKTERISTIK GELOMBANG YANG  
DIHASILKAN DARI OPERASIONAL KAPAL NELAYAN DI  
PELABUHAN KARANGANTU**

**Skripsi**



Disusun Oleh:

**Arya Prihandhoko**

**3331200062**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON – BANTEN**

**2024**

**STUDI KARAKTERISTIK GELOMBANG YANG  
DIHASILKAN DARI OPERASIONAL KAPAL NELAYAN DI  
PELABUHAN KARANGANTU**

**Skripsi**

**Untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada Jurusan  
Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun Oleh:

**Arya Prihandhoko**

**3331200062**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON – BANTEN**

**2024**

# HALAMAN PENGESAHAN

No : 071/UN.43.3.1/PK.03.09/2024

## TUGAS AKHIR


Studi Karakteristik Gelombang Yang Dihasilkan Dari Operasional Kapal Nelayan di pelabuhan Karangantu

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

Arya Prihandhoko  
3331200062

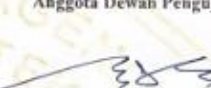
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 01 Juli 2024


Pembimbing Utama

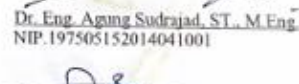
  
Dr. Eng. Agung Sudrajad, ST., M.Eng.  
NIP.197505152014041001


  
Ir. Dedy Triawan Suprayogi, ST., M. Eng., Ph. D.  
NIP.198206212022031001

Anggota Dewan Penguji

  
Slamet Wiyono, ST., MT.  
NIP.197312182005011001

  
Miftahul Jannah, S.T., M.T.  
NIP.199103052020122017

  
Dr. Eng. Agung Sudrajad, ST., M.Eng.  
NIP.197505152014041001

  
Ir. Dedy Triawan Suprayogi, ST., M. Eng., Ph. D.  
NIP.198206212022031001

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

  
Tanggal, 24 Juli 2024  
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA  
  
Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng.  
NIP.198305102012121006

## PERYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

### PERYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arya Prihandhoko

NPM : 3331200062

Judul : STUDI KARAKTERISTIK GELOMBANG YANG  
DIHASILKAN DARI OPERASIONAL KAPAL NELAYAN DI  
PELABUHAN KARANGANTU

Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

#### MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya

Cilegon, 25 Juli 2024



**Arya Prihandhoko**  
**NPM. 3331200062**

## **ABSTRAK**

### **STUDI KARAKTERISTIK GELOMBANG YANG DIHASILKAN DARI OPERASIONAL KAPAL NELAYAN DI PELABUHAN KARANGANTU**

Disusun oleh:

**ARYA PRIHANDHOKO**

**3331200062**

Pelabuhan Karangantu menjadi Pelabuhan nelayan yang cukup besar, dan meningkatnya kepadatan operasional kapal, terjadinya penurunan luasan di daerah Karangantu salah satu faktornya yaitu gelombang yang dihasilkan kapal. Penelitian ini bertujuan untuk dapat membuat *lines plan* kapal, dan untuk mengetahui karakteristik gelombang yang dihasilkan oleh kapal nelayan. Metode yang dipakai berupa metode visual menggunakan video digital dengan alat ukur ketinggian gelombang kontak langsung dengan air. Skema penelitian ini kapal akan dioperasikan dengan beberapa variasi yaitu 4, 5, dan 6 Knot, dengan kondisi air menuju surut dan menuju pasang, lalu arah kapal keluar dan masuk muara. Hasil dari penelitian kali ini yaitu *lines plan* yang telah dibuat memiliki bentuk lambung V dan haluan lancip, bentuk lambung ini dapat menghasilkan gelombang yang rendah karena lebih efisien dalam memecah gelombang, energi gelombang rata – rata yang dihasilkan 19,89 J/m. Untuk hasil data yang telah didapat dan diolah energi gelombang yang dihasilkan berbeda dari setiap kecepatan arah, maupun kondisi air. Nilai tertinggi yang didapat sebesar 36,1 J/m, dan untuk nilai Energi total tertinggi yang didapat sebesar 48,38 J/m. Faktor lingkungan seperti arah kecepatan arus dan angin juga mempengaruhi energi gelombang. Acuan aturan yang digunakan yaitu peraturan di Sungai Brisbane karena memiliki karakteristik yang sama dengan Pelabuhan Karangantu.

**Kata Kunci : *Energi Gelombang, Kapal Nelayan, Lines Plan***

## **ABSTRACT**

### **STUDY OF WAVE CHARACTERISTICS GENERATED BY THE OPERATION OF FISHING VESSEL IN KARANGANTU PORT**

*Written by:*

**ARYA PRIHANDHOKO**

**3331200062**

*Karangantu Harbor is a fairly large fishing port, and the increasing density of ship operations, the decline in area in the Karangantu area is one of the factors is the waves generated by ships. This research aims to be able to make a ship's lines plan, and to find out the characteristics of the waves produced by fishing boats. The method used is a visual method using digital video with a wave height measuring instrument in direct contact with water. The scheme of this research will be operated with several variations, namely 4, 5, and 6 Knots, with water conditions towards low tide and towards high tide, then the direction of the ship out and into the estuary. The results of this research are the line plan that has been made has a V hull shape and a taper bow, this hull shape can produce low waves because it is more efficient in breaking waves, the average wave energy produced is 19.89 J/m. For the results of the data that has been obtained and processed, the wave energy generated is different from each directional speed, as well as water conditions. The highest value obtained was 36.1 J/m, and for the highest total energy value obtained was 48.38 J/m. Environmental factors such as current and wind speed direction also affect wave energy. The regulatory reference used is the regulation on the Brisbane River because it has the same characteristics as Karangantu Harbor.*

***Keywords : Wave Energy, Fishing Vessel, Lines Plan***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa ta'ala, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Studi Karakteristik Gelombang yang Dihasilkan dari Operasional Kapal Nelayan di Pelabuhan Karangantu” dengan baik. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak penulis tidak dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Bapak Dr.Eng. Ir. Agung Sudrajad, ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan motivasi dan arahan sekaligus menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan proposal tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Dedy Triawan Suprayogi, ST., M.Sc., Ph.D., C.Eng., IPM. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan motivasi dan arahan sekaligus menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan proposal tugas akhir ini.
4. Bapak Yusvardi Yusuf, S.T., M.T. Selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
5. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas ilmu, bantuan, dan bimbingan yang telah diberikan pada selama menjalani perkuliahan.
6. Bapak Suparmo dan Ibu Kasini sebagai orang tua penulis. Laporan tugas akhir ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua, yang menjadi orang paling istimewa dalam hidup penulis.
7. Bapak Ajat dan Bapak Subagyo sebagai nelayan di Pelabuhan Karangantu yang telah banyak membantu penulis dalam melaksanakan penelitian di Pelabuhan Karangantu.

8. Rekan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin angkatan tahun 2020 yang memberikan semangat dan motivasi selama perkuliahan sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian tugas akhir dengan baik.

Akhir kata, penulis berharap Allah Subhanahu Wa ta'ala berkenan membalas segala kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca sehingga laporan ini membawa manfaat bagi perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan.

Cilegon, Juni 2024



Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pelabuhan Karangantu.....	5
2.2 Kapal Nelayan .....	6
2.3 <i>Lines Plan</i> Kapal .....	8
2.4 Gelombang Air Laut.....	10
2.5 Gelombang yang Dihasilkan Kapal.....	12
2.6 Pasang Surut.....	14
2.7 Abrasi .....	16
2.8 Aturan Gelombang yang Dihasilkan Oleh Kapal yang Diiijinkan.....	17
2.9 Penelitian Terdahulu.....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	22
3.2 Alat dan Bahan .....	23
3.3 Prosedur Penelitian.....	26

3.4 Metode Pengambilan Data .....	29
3.4.1 Metode Visual.....	29
3.4.2 <i>Lines Plan</i> Kapal.....	29
3.4.3 Pengolahan Data <i>Matlab</i> .....	30
<b>BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 <i>Lines Plan</i> Kapal Nelayan.....	32
4.2 Skema Penelitian.....	33
4.2 Data Gelombang Menuju Surut.....	34
4.3 Data Gelombang Menuju Pasang.....	44
4.4 Data Gelombang Kapal Lain.....	52
4.5 Perhitungan Energi Gelombang .....	57
4.6 Perhitungan Energi Gelombang Total .....	60
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Pelabuhan Karangantu .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Kapal Nelayan .....	6
<b>Gambar 2.3</b> <i>Lines Plan</i> Kapal.....	10
<b>Gambar 2.4</b> Sketsa Definisi Gelombang .....	11
<b>Gambar 2.5</b> <i>Kelvin Wave Pattern</i> .....	14
<b>Gambar 2.6</b> Kurva Pasang Surut .....	15
<b>Gambar 2.7</b> Abrasi.....	16
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian Gelombang.....	23
<b>Gambar 3.2</b> Kapal Nelayan .....	24
<b>Gambar 3.3</b> Meteran Laser .....	24
<b>Gambar 3.4</b> <i>Roll Meter</i> .....	25
<b>Gambar 3.5</b> Meteran Pita.....	25
<b>Gambar 3.6</b> Pipa Paralon.....	25
<b>Gambar 3.7</b> <i>Action Camera</i> .....	26
<b>Gambar 3.8</b> <i>Survey</i> dan Perizinan.....	26
<b>Gambar 3.9</b> Tanggal Hijriah .....	26
<b>Gambar 3.10</b> Jam Pasang Surut.....	27
<b>Gambar 3.11</b> Kapal Nelayan.....	27
<b>Gambar 3.12</b> Pengukuran Kapal.....	27
<b>Gambar 3.13</b> Pembuatan Alat Ukur Ketinggian Gelombang .....	28
<b>Gambar 3.14</b> Memasang Alat Ukur Didalam Air .....	28
<b>Gambar 3.15</b> Pengambilan Data .....	28
<b>Gambar 3.16</b> <i>Splitter Video</i> .....	30
<b>Gambar 3.17</b> Pengolahan Data <i>Matlab</i> .....	31
<b>Gambar 4.1</b> Kapal Nelayan Putri Tunggal.....	32
<b>Gambar 4.2</b> <i>Body Plan</i> .....	32
<b>Gambar 4.3</b> <i>Sheer Plan</i> .....	33
<b>Gambar 4.4</b> <i>Halfbread Plan</i> .....	33
<b>Gambar 4.5</b> Skema Penelitian .....	34

<b>Gambar 4.6</b> Gelombang 4 Knot <i>Out</i> Menuju Surut.....	35
<b>Gambar 4.7</b> Pengolahan Data 4 Knot <i>Out</i> Menuju Surut .....	35
<b>Gambar 4.8</b> Grafik Gelombang 4 Knot <i>Out</i> Menuju Surut .....	36
<b>Gambar 4.9</b> Gelombang 4 Knot <i>In</i> Menuju Surut .....	37
<b>Gambar 4.10</b> Pengolahan Data 4 Knot <i>In</i> Menuju Surut.....	37
<b>Gambar 4.11</b> Grafik Gelombang 4 Knot <i>In</i> Menuju Surut .....	38
<b>Gambar 4.12</b> Gelombang 5 Knot <i>Out</i> Menuju Surut.....	38
<b>Gambar 4.13</b> Pengolahan Data 5 Knot <i>Out</i> Menuju Surut .....	39
<b>Gambar 4.14</b> Grafik Gelombang 5 Knot <i>Out</i> Menuju Surut .....	39
<b>Gambar 4.15</b> Gelombang 5 Knot <i>In</i> Menuju Surut .....	40
<b>Gambar 4.16</b> Pengolahan Data 5 Knot <i>In</i> Menuju Surut.....	40
<b>Gambar 4.17</b> Grafik Gelombang 5 Knot <i>In</i> Menuju Surut.....	41
<b>Gambar 4.18</b> Gelombang 6 Knot <i>Out</i> Menuju Surut.....	41
<b>Gambar 4.19</b> Pengolahan Data 6 Knot <i>Out</i> Menuju Surut .....	42
<b>Gambar 4.20</b> Grafik Gelombang 6 Knot <i>Out</i> Menuju Surut .....	42
<b>Gambar 4.21</b> Gelombang 6 Knot <i>In</i> Menuju Surut .....	43
<b>Gambar 4.22</b> Pengolahan Data 6 Knot <i>In</i> Menuju Surut.....	43
<b>Gambar 4.23</b> Grafik Gelombang 6 Knot <i>In</i> Menuju Surut.....	44
<b>Gambar 4.24</b> Gelombang 4 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang.....	45
<b>Gambar 4.25</b> Pengolahan Data 4 Knot <i>In</i> Menuju Pasang .....	45
<b>Gambar 4.26</b> Grafik Gelombang 4 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang .....	45
<b>Gambar 4.27</b> Gelombang 4 Knot <i>In</i> Menuju Pasang.....	46
<b>Gambar 4.28</b> Pengolahan Data 4 Knot <i>In</i> Menuju Pasang .....	46
<b>Gambar 4.29</b> Grafik Gelombang 4 Knot <i>In</i> Menuju Pasang .....	47
<b>Gambar 4.30</b> Gelombang 5 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang.....	47
<b>Gambar 4.31</b> Pengolahan Data 5 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang .....	48
<b>Gambar 4.32</b> Grafik Gelombang 5 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang .....	48
<b>Gambar 4.33</b> Gelombang 5 Knot <i>In</i> Menuju Pasang.....	49
<b>Gambar 4.34</b> Pengolahan Data 5 Knot <i>In</i> Menuju Pasang .....	49
<b>Gambar 4.35</b> Grafik Gelombang 5 Knot <i>In</i> Menuju Pasang .....	50
<b>Gambar 4.36</b> Pengolahan Data 6 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang .....	50
<b>Gambar 4.37</b> Grafik Gelombang 6 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang .....	51

<b>Gambar 4.38</b> Pengolahan Data 6 Knot <i>In</i> Menuju Pasang.....	51
<b>Gambar 4.39</b> Grafik Gelombang 6 Knot <i>In</i> Menuju Pasang .....	52
<b>Gambar 4.40</b> Gelombang Kapal 12 GT.....	53
<b>Gambar 4.41</b> Pengolahan Data Gelombang Kapal 12 GT.....	53
<b>Gambar 4.42</b> Grafik Gelombang Kapal 12 GT .....	53
<b>Gambar 4.43</b> Gelombang Kapal Sekoci .....	54
<b>Gambar 4.44</b> Pengolahan Data Gelombang Kapal Sekoci.....	54
<b>Gambar 4.45</b> Grafik Gelombang Kapal Sekoci.....	55
<b>Gambar 4.46</b> Gelombang <i>Speedboat</i> .....	55
<b>Gambar 4.47</b> Pengolahan Data Gelombang <i>Speedboat</i> .....	56
<b>Gambar 4.48</b> Grafik Gelombang <i>Speedboat</i> .....	56
<b>Gambar 4.49</b> Grafik Hasil Energi Gelombang Kapal Putri Tunggal.....	58
<b>Gambar 4.50</b> Grafik Hasil Energi Gelombang Kapal Lain .....	58
<b>Gambar 4.51</b> Grafik Kecepatan Arus .....	59
<b>Gambar 4.52</b> Grafik Kecepatan Angin .....	59
<b>Gambar 4.53</b> Grafik Gelombang 6 Knot <i>Out</i> .....	60
<b>Gambar 4.54</b> Grafik E Total .....	62

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi Kapal Nelayan.....	24
<b>Tabel 4.1</b> Skema Penelitian .....	34
<b>Tabel 4.2</b> Data Hasil Penelitian 4 Knot <i>Out</i> Menuju Surut .....	36
<b>Tabel 4.3</b> Data Hasil Penelitian 4 Knot <i>In</i> Menuju Surut.....	38
<b>Tabel 4.4</b> Data Hasil Penelitian 5 Knot <i>Out</i> Menuju Surut .....	39
<b>Tabel 4.5</b> Data Hasil Penelitian 5 Knot <i>In</i> Menuju Surut.....	41
<b>Tabel 4.6</b> Data Hasil Penelitian 6 Knot <i>Out</i> Menuju Surut .....	43
<b>Tabel 4.7</b> Data Hasil Penelitian 6 Knot <i>In</i> Menuju Surut.....	44
<b>Tabel 4.8</b> Data Hasil Penelitian 4 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang.....	46
<b>Tabel 4.9</b> Data Hasil Penelitian 4 Knot <i>In</i> Menuju Pasang .....	47
<b>Tabel 4.10</b> Data Hasil Penelitian 5 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang.....	48
<b>Tabel 4.11</b> Data Hasil Penelitian 5 Knot <i>In</i> Menuju Pasang .....	50
<b>Tabel 4.12</b> Data Hasil Penelitian 6 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang.....	51
<b>Tabel 4.13</b> Data Hasil Penelitian 6 Knot <i>In</i> Menuju Pasang .....	52
<b>Tabel 4.14</b> Data Hasil Penelitian Kapal 12 GT .....	54
<b>Tabel 4.15</b> Data Hasil Penelitian Kapal Sekoci.....	55
<b>Tabel 4.16</b> Data Hasil Penelitian <i>Speedboat</i> .....	56
<b>Tabel 4.17</b> Data Hasil Penelitian .....	57
<b>Tabel 4.18</b> Data Hasil Penelitian Kapal Lain .....	57
<b>Tabel 4.19</b> Data H dan T pada Setiap Gelombang.....	60
<b>Tabel 4.20</b> Hasil Nilai E Total .....	62
<b>Tabel I.1</b> Data Ketinggian Gelombang 4 Knot <i>Out</i> Menuju Surut.....	69
<b>Tabel I.2</b> Data Ketinggian Gelombang 4 Knot <i>In</i> Menuju Surut .....	70
<b>Tabel I.3</b> Data Ketinggian Gelombang 5 Knot <i>Out</i> Menuju Surut.....	71
<b>Tabel I.4</b> Data Ketinggian Gelombang 5 Knot <i>In</i> Menuju Surut .....	73
<b>Tabel I.5</b> Data Ketinggian Gelombang 6 Knot <i>Out</i> Menuju Surut.....	74
<b>Tabel I.6</b> Data Ketinggian Gelombang 6 Knot <i>In</i> Menuju Surut .....	76
<b>Tabel II.1</b> Data Ketinggian Gelombang 4 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang .....	77
<b>Tabel II.2</b> Data Ketinggian Gelombang 4 Knot <i>In</i> Menuju Pasang .....	79

<b>Tabel II.3</b> Data Ketinggian Gelombang 5 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang .....	80
<b>Tabel II.4</b> Data Ketinggian Gelombang 5 Knot <i>In</i> Menuju Pasang .....	81
<b>Tabel II.5</b> Data Ketinggian Gelombang 6 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang .....	82
<b>Tabel II.6</b> Data Ketinggian Gelombang 6 Knot <i>In</i> Menuju Pasang .....	83
<b>Tabel III.1</b> Data Ketinggian Gelombang Kapal 12 GT .....	85
<b>Tabel III.2</b> Data Ketinggian Gelombang Kapal Sekoci .....	86
<b>Tabel III.3</b> Data Ketinggian Gelombang <i>Speedboat</i> .....	88

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Negara Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah, khususnya pada daerah perairan. UU Republik Indonesia No. 32 Tahun 2014 tentang kelautan yang menyebutkan bahwa pembangunan kelautan adalah pembangunan yang memberi arahan dalam pendayagunaan sumber daya kelautan untuk mewujudkan pertumbuhan ekonomi, pemerataan kesejahteraan, dan keterpeliharaan daya dukung ekosistem pesisir dan laut. Dapat disimpulkan dari isi Undang – Undang tersebut bahwa pembangunan kelautan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi maupun terpeliharanya ekosistem pesisir dan laut. Dari luasnya wilayah laut Indonesia sektor perikananlah yang telah menunjukkan sumbangan yang penting untuk negara dan telah memberikan kontribusi yang nyata atas kemampuannya dalam penyediaan sumber protein bagi konsumsi dalam negeri, serta penerimaan devisa melalui produksi perikanan serta penyediaan lapangan kerja bagi penduduk, khususnya yang berada di wilayah pesisir, perikanan atau nelayan menjadi roda penggerak ekonomi masyarakat di pesisir (Dahuri. R. J., 1999).

Kapal nelayan atau kapal perikanan merupakan kapal yang dipakai dalam usaha untuk mengangkut atau memperoleh ikan dan hasil laut lainnya serta segala kegiatan yang berhubungan dengan perikanan (Robertus C. Manengkey, 2023). Saat kapal beroperasi keluar dan masuk Pelabuhan pastinya akan menghasilkan gelombang, Gelombang dapat didefinisikan sebagai proses gerakan naik turunnya molekul air laut, membentuk puncak dan lembah pada lapisan permukaan air laut. Gelombang berasal dari tengah lautan menuju pantai. Gelombang sebenarnya merupakan gerakan naik dan turunnya air laut. Terjadinya gelombang air laut dapat disebabkan oleh adanya angin, gempa di dasar laut, pergerakan kapal, dan gaya tarik menarik antara bumi, bulan, dan matahari (Karim & Muhammad, 2008). Gelombang yang Dihasilkan oleh Kapal adalah topik terkini yang perlu dieksplorasi secara



mendalam karena isu lingkungan seperti abrasi. Sebagian besar peneliti, arsitek kelautan, dan pembangun kapal prihatin untuk memecahkan masalah penting ini guna memberikan pertumbuhan teknologi yang lebih baik untuk lingkungan. Beberapa negara juga telah mengeluarkan regulasi untuk mengelola navigasi kapal, terutama di daerah terbatas seperti sungai (Suprayogi D. T., et al., 2022).

Pelabuhan Karangantu, semakin berkembangnya zaman Karangantu tumbuh dan berkembang menjadi suatu pelabuhan nelayan yang cukup besar, dan berperan penting sebagai pusat kegiatan perikanan yang memasok Sebagian besar kebutuhan ikan di Provinsi Banten (Pelabuhan Perikanan Nusantara Karangantu, 2022). Secara umum perkembangan kegiatan operasional, pembangunan dan pengembangan PPN Karangantu tahun ini cukup signifikan, semakin padat juga kapal yang beroperasi di Pelabuhan Karangantu, menurut Pusat Informasi Pelabuhan Perikanan (PIPP), kapal yang terdata di Pelabuhan Karangantu pada tahun 2024 sebanyak 209 *unit*. Kementerian Lingkungan Hidup menjelaskan Kondisi kawasan mangrove di Pantai Karangantu Kota Serang diduga telah mengalami penurunan luasan setiap tahun. Oleh karena itu dilakukannya penelitian “Studi Karakteristik Gelombang yang Dihasilkan Dari Operasional Kapal Nelayan di Pelabuhan Karangantu” guna untuk mengetahui energi gelombang yang dihasilkan oleh kapal nelayan, agar gelombang yang terhasil oleh kapal nelayan tidak mengganggu pendistribusian ikan segar bagi para nelayan dan juga mencegah terjadinya abrasi, dengan melakukan metode pengukuran ketinggian gelombang akan dapat dianalisa batas maksimal kecepatan kapal yang diizinkan dalam melaju untuk keluar dan masuk pelabuhan agar menghasilkan gelombang yang efektif.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang terdapat juga rumusan masalah pada penelitian kali ini, rumusan masalah ini:

1. Bagaimana cara membuat *lines plan* kapal nelayan 6 GT yang berada di Pelabuhan Karangantu.
2. Bagaimana karakteristik gelombang yang dihasilkan dari operasional kapal nelayan 6 GT di Pelabuhan Karangantu.

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai saat melakukan penelitian kali ini, tujuan pada penelitian kali ini yaitu:

1. Untuk dapat membuat *lines plan* kapal nelayan 6 GT yang berada di Pelabuhan Karangantu.
2. Untuk dapat mengetahui karakteristik gelombang yang dihasilkan oleh kapal nelayan 6 GT di Pelabuhan Karangantu.

## 1.4 Batasan Masalah

Terdapat ruang lingkup yang membatasi penelitian ini, terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di Pelabuhan Karangantu, Serang, Banten.
2. Penelitian ini dilakukan terhadap Kapal Nelayan dengan 3 variasi kecepatan yang berbeda, dan 2 variasi kondisi air yang berbeda, dan 2 arah yang berbeda.
3. Metode pengukuran dan peng-karakterisasi gelombang yang dihasilkan oleh kapal menggunakan metode visual dengan video digital.
4. Karakteristik gelombang yang dicari pada penelitian ini yaitu energi gelombang.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Dilakukannya penelitian kali ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis, manfaat penelitian sebagai berikut:

1. Mendapatkan solusi kecepatan kapal yang digunakan pada saat masuk dan keluar pelabuhan.
2. Mendapatkan *traffic* kapal yang teratur guna membantu nelayan dalam kelancaran pendistribusian ikan.
3. Menjadi penelitian awal untuk mengembangkan energi gelombang yang dapat dijadikan sebagai pembangkit daya di Pelabuhan Karangantu.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pelabuhan Karangantu**

Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Karangantu dibangun sejak tahun 1976, pelabuhan ini diresmikan oleh Keputusan Menteri Perikanan Nomor 311/Kpts/Org/5/1978 tanggal 25 Mei 1978 (Pelabuhan Perikanan Nusantara Karangantu, 2019). Pada sejak awal terbentuknya, Pelabuhan Karangantu merupakan sebuah desa pesisir Pantai tradisional yang berkembang oleh sekelompok masyarakat pemukiman yang tinggal di area muara Cibanten, dan PPN Karangantu berada di bagian utara Kota Serang, Kecamatan Kaseman, Provinsi Banten, Muara Cengkok yang terhubung langsung ke Pantai Utara Laut Jawa (Dinas Perhubungan Provinsin Banten, 2021).



**Gambar 2.1** Pelabuhan Karangantu  
(Sumber: Pusat Informasi Pelabuhan Perikanan)

Berkembangnya zaman, Karangantu tumbuh dan berkembang menjadi suatu pelabuhan nelayan yang cukup besar, dan berperan penting sebagai pusat kegiatan perikanan yang memasok Sebagian besar kebutuhan ikan di Provinsi Banten (Pelabuhan Perikanan Nusantara Karangantu, 2022). Secara umum perkembangan kegiatan operasional, pembangunan dan pengembangan PPN Karangantu tahun ini cukup signifikan, hal ini dapat dilihat dari capaian Indikator Kinerja Utama (IKU) dan daerah *fishing ground* PPN Karangantu berada pada WPP – RI (Wilayah Pengelolaan Perikanan –

Republik Indonesia) 712 (laut Jawa), WPP – RI 572 dan WPP – RI 711 (laut tuna) (Pelabuhan Perikanan Nusantara Karangantu, 2022). Menurut Pusat Informasi Pelabuhan Perikanan (PIPP), kapal yang terdata di Pelabuhan Karangantu pada tahun 2024 sebanyak 209 *unit*.

## 2.2 Kapal Nelayan

Kapal perikanan merupakan kapal, perahu, atau alat apung lain yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian / eksplorasi perikanan (Ir. H. Djoko Tribawono, 2013). Kapal nelayan atau kapal perikanan merupakan kapal yang dipakai dalam usaha untuk mengangkut atau memperoleh ikan dan hasil laut lainnya serta segala kegiatan yang berhubungan dengan perikanan (Robertus C. Manengkey, 2023). Kapal nelayan merupakan salahsatu bagian dari *unit* untuk menangkap ikan dan memiliki peran yang cukup penting dalam menunjang keberhasilan operasional penangkapan ikan, berguna sebagai transportasi dari pelabuhan ke tempat penangkapan ikan, maupun sebagai tempat untuk menampung atau menyimpan ikan (Supriadi, Nurhayati, & Putri, 2019).



**Gambar 2.2** Kapal Nelayan

(Sumber: (Suprayogi D. T., et al., 2022))

Indonesia memiliki jumlah kapal nelayan yang banyak, maka dari itu dengan jumlah tersebut pemerintah menertibkan kapal penangkapan ikan dengan cara mewajibkan kepada pemilik kapal penangkapan ikan agar mendaftarkan kapal kepada instansi terkait. Data ataupun informasi tentang

kapal penangkapan ikan yang penting diketahui salahsatunya yaitu data ukuran kapal, ukuran kapal yang dimaksud yaitu *gross tonnage* (GT). GT sangat berkaitan dengan pengelolaan perikanan tangkap, maka sebab itu data GT sangat diperlukan oleh pemerintah agar tepat dalam pengambilan Keputusan dalam pengelolaan perikanan tangkap (Supriadi, Nurhayati, & Putri, 2019).

Berbagai macam jenis armada yang digunakan oleh nelayan dalam penangkapan ikan, berdasarkan teknologi yang digunakan kapal penangkapan ikan dikelompokkan dalam tradisional serta *modern*. Kapal penangkapan ikan tradisional yaitu kapal yang masih menggunakan alat – alat tradisional, tidak bergantung dengan peralatan *modern*. Kapal tradisional tidak menggunakan mesin atau motor yang memiliki ukuran kurang dari 5 GT. Sedangkan kapal penangkapan ikan *modern* merupakan kapal yang menggunakan peralatan modern seperti mesin (motor), GPS untuk navigasi ke laut, dan *fish finders*, dan memiliki ukuran kapal lebih besar dari kapal tradisional (Axelius, Kumara, & Ariastina, 2022) .

Berdasarkan Keputusan Menteri KKP (Kementrian Kelautan dan Perikanan) No: KEP. 02/MEN/2002. Di Indonesia, kapal penangkapan ikan dibagi menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

1. Kapal Pukat Cincin (*Purse Seine*)

Kapal jenis ini memiliki kapasitas 30 s.d. 600 GT dengan muatan awak kapal 20 s.d. 35 orang. Kapal ini menggunakan alat pancing: pukat cincin (*purse seine*), pukat pantai (*beach seine*), dogol (*danish seine / boat seine*), payang (*danish seine / boat seine*).

2. Kapal Pukat Hela dan Garuk

Kapal dengan menggaruk atau menghela, kapal ini berukuran  $\leq 300$  GT. Kapal ini memiliki geladak kerja pada buritan kapal. Kapal ini menggunakan alat pancing: pukat ikan (*fish net*), pukat udang (*shrimp trawl*).

3. Kapal Jaring Angkat

Kapal ini untuk menarik perhatian ikan menggunakan lampu – lampu (*underwater fishing lamp*). Kapal ini menggunakan alat pancing: bagan tancap, bagan perahu, bouke ami, bagan rakit.

4. Kapal Jaring Insang

Kapal ini memiliki kapasitas  $\leq 30$  GT dengan 7 s.d. 12 awak kapal. Kapal ini memiliki ruang kemudi dan akomodasi dibagian belakang. Kapal ini menggunakan alat pancing: jarring insang hanyut, jarring insang lingkar, jarring klitik, jaring insang tetap, trammel net.

5. Kapal Pancing Joran

Kapal ini memiliki kapasitas 10 – 80 GT dengan 15 – 30 awak kapal, akomodasi dibagian buritan dan pemancingan dibagian Haluan. Kapal ini menggunakan alat pancing: huhate, *squid jigging*, pancing ulur, pancing tonda.

6. Kapal Tonda

Kapal ini memiliki kapasitas  $\leq 15$  GT dengan 5-7 awak kapal dengan geladak terbuka, menggunakan alat pancing.

7. Kapal Rawai

Kapal ini memiliki kapasitas 30 GT  $\leq$  dengan 10 s.d. 25 awak kapal, membutuhkan waktu 15 s.d. 60 hari untuk berlayar menangkap ikan, alat yang digunakan: rawai dasar/tetap, rawai tuna.

8. Perahu Jungkung, Kano

Kapal ini memiliki kapasitas  $\leq 5$  GT dengan alat pancing: jala lempar, sudu, tombak (Axelius, Kumara, & Ariastina, 2022).

### 2.3 *Lines Plan* Kapal

*Lines Plan* kapal adalah gambar rencana garis dari bentuk sebuah kapal. Dengan gambar *lines plan* ini dapat diketahui bentuk kapal yang direncanakan. *Lines plan* atau rencana garis merupakan langkah selanjutnya dalam proses merancang suatu kapal dengan berdasar pada data kapal yang diperoleh dari perancangan. Adapun tujuan dari pembuatan *lines plan* atau rencana garis adalah untuk mengetahui bentuk badan kapal terutama yang

berada dibawah garis air. Selain rencana garis pada bagian ini juga digambarkan karena yang tujuannya untuk mengetahui bentuk badan kapal yakni karakteristik dari badan kapal terutama yang berada dibawah garis air, dimana penggambaran ini dilakukan atas dasar garis air yang telah dibuat (J, Hadi, & Zaki, 2017).

*Lines plan* merupakan suatu gambar desain kapal yang sangat penting, dimana dari gambar *lines plan* ini akan sangat berpengaruh terhadap gambar-gambar desain kapal lainnya seperti rencana umum (*general arrangement*), konstruksi profil (*profil construction*), konstruksi melintang (*midship section*), stabilitas kapal (*stability calculation*) dan gambar-gambar lainnya. Yang lebih penting dari gambar *lines plan* ini adalah besarnya hambatan yang sangat bergantung pada bentuk lambung kapal. Dengan hambatan kapal yang kecil maka mesin kapal yang dibutuhkan juga akan semakin kecil, hal ini sangat sensitif dengan harga mesin yang akan dibeli serta biaya operasi selama kapal berlayar. Penggambaran rencana garis (*lines plan* kapal) dibuat dalam tiga dimensi sehingga untuk memperhatikan semua bentuk dari badan kapal secara tiga dimensi, maka pada penggambaran dibagi atas tiga bagian yaitu :

1. *Half Breadth Plan* Kapal (padangan atas)

*Half breadth plan* kapal atau dapat dikatakan rencana dari setengah lebar bagian yang ditinjau dari kapal, ini dapat diperoleh jika kapal dipotong kearah mendatar sepanjang badan kapal, dan gambar ini akan memperhatikan bentuk garis air untuk setiap kenaikan dari dasar.

2. *Sheer Plan* Kapal (pandangan samping)

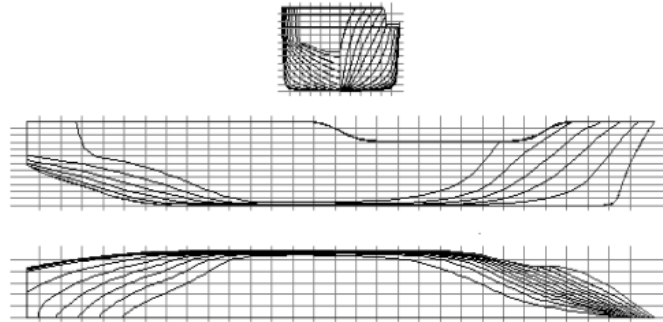
*Sheer plan* merupakan penampakan bentuk kapal jika kapal dipotong kearah tegak sepanjang badan kapal. Pada kurva ini diperlihatkan bentuk haluan dan buritan kapal, kanaan *deck* dan pagar. Garis tegak yang memotong kapal dapat diketahui apakah garis air yang direncanakan sudah cukup baik atau tidak.

3. *Body Plan*

*Body plan* merupakan bagian dari rencana garis yang memperlihatkan bentuk kapal jika kapal dipotong tegak melintang. Dari



gambar terlihat kelengkungan gading-gading (*station-station*). Kurva ini digambar satu sisi yang biasanya sisi kiri dari kapal tersebut. Bagian belakang dari *midship* digambar pada sisi kiri dari *center line*, bagian depan di sebelah kanan (J, Hadi, & Zaki, 2017).



**Gambar 2.3** *Lines Plan* Kapal  
(Sumber: (J, Hadi, & Zaki, 2017))

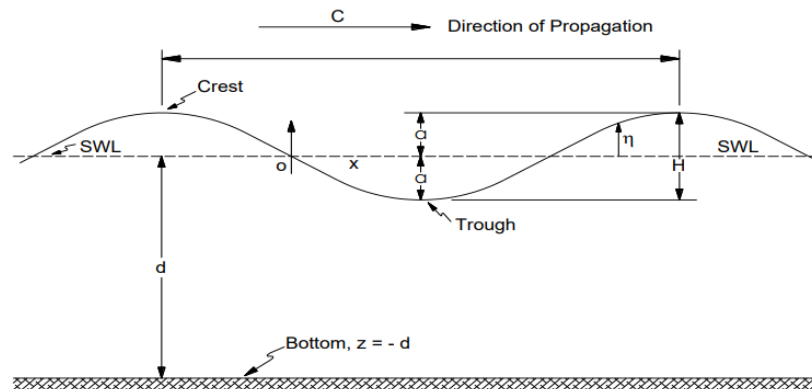
Gambar diatas merupakan penampakan dari potongan-potongan kapal yang terdiri dari tiga potongan yaitu :

1. Potongan melintang kapal secara vertikal yang disebut *Section*. Misalkan suatu kapal dipotong secara melintang dengan arah ke bawah atau vertikal. Pada pemotongan ini akan tampak dua dimensi yaitu dimensi tinggi (H) dan dimensi lebar (B).
2. Potongan memanjang kapal secara horizontal yang disebut *Water Line*. Misalkan suatu kapal dipotong secara memanjang dengan arah mendatar atau horizontal. pada potongan ini terlihat dua dimensi yaitu dimensi panjang (L) dan dimensi lebar (B).
3. Potongan memanjang kapal secara vertikal yang disebut *Buttock line*. Misalkan suatu kapal dipotong secara memanjang dengan arah ke bawah atau vertikal. Pada pemotongan ini terlihat dua dimensi yaitu dimensi panjang (L) dan dimensi tinggi (H) (J, Hadi, & Zaki, 2017).

## 2.4 Gelombang Air Laut

Gelombang merupakan proses gerakan naik dan turunnya molekul air laut, berbentuk puncak dan Lembah pada lapisan permukaan air laut. Gelombang bergerak dari tengah laut kearah Pantai. Penyebab terjadinya

gelombang secara alam dapat berasal karena adanya angin, karena terjadinya bencana gempa bumi (Karim & Muhammad, 2008). Gelombang ialah gerakan naik turun yang terdiri dari bukit dan lembah atau rapat dan renggang akibat adanya getaran suatu objek yang energinya dapat merambat pada suatu arah rambat (Wijaya, 2022).



**Gambar 2.4** Sketsa Definisi Gelombang

(Sumber: (Triatmodjo, 2012))

- $\mu$  = fluktuasi muka air terhadap muka air diam
- $a$  = amplitude gelombang
- $H$  = tinggi gelombang =  $2a$
- $L$  = panjang gelombang, yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan.
- $T$  = periode gelombang, yaitu interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan semula.
- $C$  = kecepatan rambat gelombang
- $K$  = angka gelombang =  $2\pi/L$
- $\sigma$  = frekuensi gelombang =  $2\pi/T$  (Ir. Alex Binilang, 2014)

Gelombang terdiri dari gelombang transversal dan longitudinal berdasarkan cara rambatnya. Gelombang transversal ialah gelombang yang bentuknya bukit dan lembah, sedangkan gelombang longitudinal berbentuk rapat dan renggangan. Gelombang ada yang merambat membutuhkan medium dan ada yang tidak. Gelombang yang merambat membutuhkan medium ialah gelombang air, gelombang bunyi, gelombang gempa, dll,

sedangkan gelombang yang merambat tidak membutuhkan medium ialah gelombang elektromagnetik seperti cahaya. Gelombang transversal yang merambat melalui medium yaitu gelombang fluida air. Gelombang dengan panjang yang lebih besar dari 20 kali kedalaman air ( $L > 20 h$ ) disebut juga dengan gelombang panjang permukaan. Disebabkan perubahan level muka air laut dari efek langsung dari perubahan level air laut dan dihubungkan pada proses operasi di pantai, sebagai contoh tsunami, badai, gempa bumi dan vulkanologi yang berdampak pada pergerakan tanah (Wijaya, 2022).

## 2.5 Gelombang yang Dihasilkan Kapal

Gelombang yang terhasil dari pergerakan kapal melalui air menghasilkan dua jenis gelombang, gelombang yang pertama yaitu gelombang divergen yang bergerak keluar dengan sudut dari garis tengah perjalanan, dan yang kedua yaitu gelombang transversal yang bergerak keluar dari Buritan secara tegak lurus terhadap garis tengah perjalanan. Gelombang – gelombang tersebut dapat terlihat dari sisi atas kapal, seperti dari atas pesawat terbang, atau dari jembatan saat kapal melintasi bawahnya (Ghani & Rahim, 2008). Gelombang yang terhasil dari kapal tidak mengikuti pola gelombang regular, melainkan memiliki pola gelombang yang kompleks dan tidak teratur. Hal ini menandakan bahwa ketinggian gelombang yang berbeda – beda dapat terjadi selama periode waktu tertentu untuk suatu permukaan laut dengan jumlah energi tertentu. Metode statistik dapat mengukur ciri – ciri gelombang pada permukaan laut, yang merupakan dasar dari teori energi spektrum laut (Suprayogi, *The Effect of Tides and Vessel Parameters of Fishing Boat Generated Waves*, 2020).

Gelombang yang dihasilkan oleh kapal (*Ship Generated Waves* atau SGW) menjadi bidang penelitian yang penting. SGW dapat menyebabkan efek lingkungan seperti abrasi di pesisir, kerusakan tanaman air, gangguan terhadap endapan lumpur, juga mengganggu kapal yang sedang tersandar dipelabuhan, terlebih juga pada kapal kecil. Oleh sebab itu SGW terkadang dijadikan sebagai kriteria desain yang serupa dengan dimensi utama,

kecepatan, kapasitas muatan mati, jumlah penumpang, dan manuverabilitas kapal. (Suprayogi D. T., Yaakob, Adnan, Ghani, & Sheikh, 2014).

Energi total sistem gelombang adalah penjumlahannya energi kinetik dan energi potensialnya. Energi kinetiknya adalah itu bagian dari energi total karena kecepatan partikel air yang terkait dengan gerakan gelombang. Energi potensial adalah bagian energi yang dihasilkan dari suatu bagian massa fluida berada di atas palung: puncak gelombang. Menurut teori Airy, jika energi potensial ditentukan relatif terhadap SWL, dan semua gelombang disebarkan dalam arah yang sama, komponen energi potensial dan kinetik adalah sama, dan total energi gelombang dalam satu panjang gelombang per satuan lebar puncak dihitung menggunakan rumus (Macfarlane G. , 2012).

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot H^2}{8} \dots\dots\dots(2.2)$$

Densitas energi gelombang dapat dikalikan dengan panjang gelombang  $\lambda$  untuk memperoleh energi pada setiap panjang gelombang (per satuan lebar puncak gelombang) (Macfarlane G. , 2012):

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot H^2 \cdot \lambda}{8} \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk gelombang yang panjangnya kurang dari dua kali kedalaman air, asumsi ini dapat digunakan untuk menghubungkan panjang dan periode gelombang, hal ini sering terjadi pada gelombang angin ketika mempertimbangkan saluran air yang sangat terlindung, oleh karena itu panjang gelombang dapat ditentukan dari (Macfarlane G. , 2012):

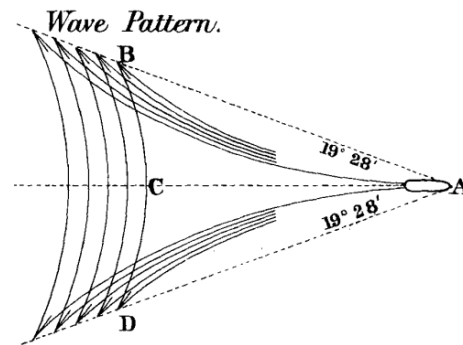
$$\lambda = \frac{g \cdot T^2}{2\pi} \dots\dots\dots(2.4)$$

jadi, energi gelombang pada setiap panjang gelombang (persatuan lebar puncak gelombang) dapat dihitung menggunakan (Macfarlane G. , 2012):

$$E = \frac{\rho \cdot g^2 \cdot H^2 \cdot T^2}{16\pi} \dots\dots\dots(2.5)$$

Setiap kapal yang beroperasi di air pasti akan menghasilkan gelombang, gelombang yang dihasilkan oleh kapal ini dapat dikatakan dengan Pola Gelombang Kelvin, penamaan ini disesuaikan dengan nama salahsatu orang yang merumuskan teori kapal yaitu Lord Kelvin, awal mula berkembangnya teori gelombang yang terhasil oleh kapal dimulai dengan

Lord Kelvin menggambarkan pola gelombang tipikal seperti pada gambar dibawah ini, beliau menyimpulkan bahwa terdapat sudut yang sama dari dua garis lurus yang ditarik dari ujung depan kapal dan miring ke belakang sebesar  $19^{\circ}28'$  (Thomson, 1887).



**Gambar 2.5** Kelvin Wave Pattern

(Sumber: (Thomson, 1887))

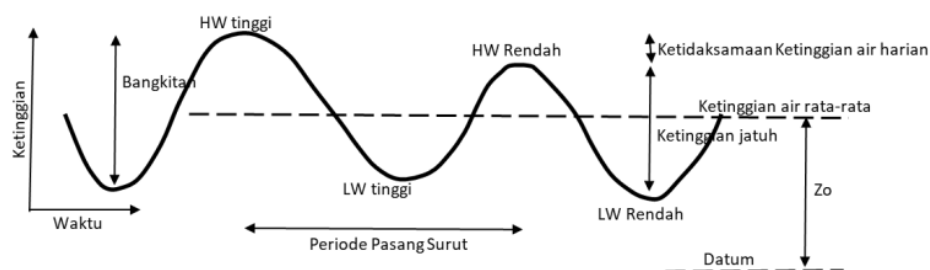
## 2.6 Pasang Surut

Pasang surut merupakan suatu gerakan naik turunnya permukaan air laut, dimana amplitudo dan juga fasenya berhubungan langsung dengan gaya geofisika yang periodik, yaitu gaya yang ditimbulkan oleh gerak reguler benda – benda angkasa seperti bumi, bulan dan matahari. Bentuk pasang surut yang terjadi diberbagai daerah tidak sama. Disuatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut (Karim & Muhammad, 2008), secara umum ada empat tipe pasang surut sebagai berikut:

1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*)
2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)
3. Pasang surut campuran condong keharian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*)
4. Pasang surut campuran condong keharian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) (Karim & Muhammad, 2008).

Pada wilayah pantai dan laut terdapat siklus pasang dan surutnya muka air, hal ini dikenal sebagai pasang vertikal astronomik. Kondisi pasang ialah gelombang panjang dengan periode 12 jam pada wilayah lepas. Di beberapa lokasi kejadian pasang memiliki periode dominan 24 jam. Puncak dan lembah gelombang (dengan panjang beberapa ratus kilometer) disebut dengan pasang

tinggi atau *high water* (HW) dan surut atau *Low Water* (LW). Tinggi gelombang disebut dengan rentang pasang surut. Kejadian pasang berturut-turut memiliki perbedaan rentang pasang surutnya disebabkan perambatan gelombang pasang dibentuk dengan gerakan yang kompleks dari bumi (perputaran bumi mengelilingi matahari dan berputar pada sumbunya) dan perputaran bulan mengelilingi bumi. Lebih dari itu, perambatan gelombang pasang surut disebabkan oleh penurunan muka air pada area laut lepas yang memiliki perbedaan terhadap area pantai, gesekan dasar laut, pemantulan serta deformasi yang terjadi membuat perbedaan kecepatan rambat gelombang (Wijaya, 2022).



**Gambar 2.6** Kurva Pasang Surut

(Sumber: (Wijaya, 2022))

Faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi gelombang yang terhasil oleh kapal di sungai terutama di area muara salahsatunya ialah pasang surut. Efek dari pasang surut sangatlah relevan dengan laut, karna kondisi ini terjadi pada setiap hari, fenomena ini dapat menyebabkan kedalaman air, lebar, serta kecepatan arus yang berubah – ubah di sungai selama kondisi pasang surut naik dan turun. Sungai didaerah muara dapat dikatakan sebagai area terbatas karena lebar dan kedalaman air terbatas, juga dipadati dengan aktivitas – aktivitas seperti nelayan yang sedang melakukan bongkar muat, parkir kapal, berlayar masuk dan keluar pelabuhan, oleh karena itu dengan tingginya kepadatan lalulintas di daerah sungai ini maka pasang dan surut sangat signifikan menjadi faktor yang mempengaruhi gelombang yang dihasilkan oleh kapal (Suprayogi D. T., Yaakob, Ismail, Sudrajat, & Adnan, 2023).

Penanggalan hijriah atau biasa disebut sebagai penanggalan Islam adalah sistem penanggalan yang menggunakan pergerakan bulan sebagai

acuannya (*lunar planet*). Penanggalan hijriah dimulai ketika terbenamnya matahari atau saat terbitnya bulan setiap hari, kalender hijriah juga memperhatikan tanda – tanda alam dalam peredaran bulan. Didalam ilmu oseanografi, pergerakan bulan mempengaruhi dinamika pasang surut. Pasang surut diartikan sebagai naik dan turunnya muka air laut secara periodic yang disebabkan oleh gaya tarik benda-benda angkasa yaitu bumi, bulan, dan matahari (Rizqi, Putri, & Mandang, 2021).

## 2.7 Abrasi

Abrasi adalah fenomena terjadinya pengikisan garis pantai yang disebabkan oleh gerusan air laut. Gerusan ini dikarenakan permukaan air laut mengalami kenaikan, naiknya permukaan air laut ini disebabkan mencairnya daerah kutub akibat pemanasan global. Pesisir pantai merupakan daerah peralihan laut dan darat. Kondisi wilayah pesisir tersebut terdapat berbagai aktivitas dan peristiwa alam yang terjadi di daratan seperti aktivitas di persawahan, Pembangunan tambak dan erosi banjir yang pada akhirnya akan memberi dampak ekosistem pantai. Peristiwa alam di laut seperti pasang surut air laut, gelombang badai dan sebagainya. Pantai dapat dikatakan terjadi abarasi jika angkutan sedimen terjadi ke titik yang lebih besar bila dibandingkan dengan jumlah sedimen yang terangkut ke luar dari titik tersebut. Berbagai daerah mengalami peningkatan abrasi. Abrasi merupakan terkikisnya daratan yang diakibatkan peristiwa pasang surut, arus dan gelombang laut. Menurun dan tergenangnya permukaan tanah disebabkan oleh pemadatan daratan, sehingga garis pantai mengalami perubahan (Ervianto, 2021).



**Gambar 2.7** Abrasi

(Sumber: (Ervianto, 2021))

Penyebab terjadinya abrasi menurut penelitian terdahulu menyebutkan bahwa abrasi terjadi jika jumlah sedimen yang diangkut oleh laut jumlahnya lebih besar dari jumlah sedimen yang diendapkan sehingga dengan demikian hal tersebut menyebabkan garis pantai akan menjadi semakin mundur. Abrasi akan menyebabkan terjadinya kemunduran posisi garis pantai dari kedudukan semula (mengarah ke darat). Tingkat Abrasi ini secara langsung ikut merubah garis pantai dan lingkungan sekitarnya yang berakibat hilangnya pepohonan, rusaknya pemukiman warga, rusaknya akses publik seperti jalan dan jembatan serta menyebabkan kerugian secara material (L, Lekatompessy, & Maturbongs, 2021).

## 2.8 Aturan Gelombang yang Dihasilkan Oleh Kapal yang Diijinkan

Beberapa aturan tentang gelombang yang dihasilkan oleh kapal telah dikembangkan, aturan ini bertujuan untuk menerapkan kriteria seperti klasifikasi kecepatan, tinggi gelombang, dan juga batas energi gelombang. Beberapa kriteria tersebut didapat berdasarkan pengukuran dilapangan dengan menggunakan beberapa jenis kapal. Beberapa negara seperti Australia, Denmark, dan AS sudah melakukannya memiliki standar gelombang yang dihasilkan oleh kapal maksimum pada suatu wilayah tertentu (Bradbury, 2005b).

### 1. *Denmark – Danish Maritime Authority (DMA)*

Pada kondisi air tenang dengan kedalaman air 3 m, tinggi gelombang yang diijinkan yaitu ( $H_h$ ) kriteria dirumuskan sebagai berikut (DMA, 1997) (Macfarlane G. , 2012).

$$H_h \leq 0,5 \sqrt{\frac{4,5}{T_h}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana  $T_h$  merupakan periode gelombang rata-rata yang dihasilkan dari gelombang periodic panjang yang diukur dalam hitungan detik. Aturan tinggi gelombang panjang dengan frekuensi gelombang rata-rata 9 detik oleh karena itu tidak boleh melebihi dari 0,35 m bila diukur di air sedalam 3 m dan air tenang.



2. *United States – Wahington State Ferries (WSF)*

Tinggi gelombang maksimal yang diijinkan oleh WSF adalah (Bennasai, 2013)

$$H_{max} \leq 0,28 \text{ m} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan periode rata-rata gelombang  $T_{ww}$  dihubungkan dengan rapat energi  $E = 2450 \text{ J/m}$ , oleh rumus berikut:

$$E = 1961.H^2_{300}.T^2_{ww} \dots \dots \dots (2.8)$$

3. *Australian River*

Di Australlia ada beberapa penelitian tentang gelombang yang dihasilkan oleh kapal di Sungai, dirumuskan dengan tiga kriteria yaitu, kriteria energi, kriteria garis air berdasarkan periode, dan batas kecepatan kapal.

a. *Noosa River Criteria*

Kriteria energi: energi per meter panjang puncak gelombang maksimum harus kurang dari  $60 \text{ J/m}$  (Macfarlane & Cox, 2004).

$$1961H^2_m.T^2_m \leq 60 \text{ J/m} \dots \dots \dots (2.9)$$

Kriteria garis air berdasarkan periode jika sebuah kapal memiliki panjang garis air kurang dari  $5,2$  maka kecepatannya dapat lebih besar dari  $3,04\sqrt{L}$  untuk mendapatkan kriteria energi yang besar dan sesuai, sedangkan untuk panjang kapal lebih dari  $5,2 \text{ m}$  panjang garis harus dibatasi pada kecepatan kurang dari  $3,04\sqrt{L}$  untuk memenuhi kriteria energi. Batas kecepatan pada kriteria ini yang direkomendasikan adalah  $5 \text{ Knot}$  untuk diterapkan di sepanjang Sungai yang akan membatasi energi gelombang. Selain itu juga Sungai Noosa memiliki tepian tanah yang padat dengan vegetasi tepi Sungai.

b. *Brisbane River Criteria*

Untuk Sungai Brisbane, energi per meter panjang puncak gelombang maksimum harus kurang dari  $180 \text{ J/m}$  (Macfarlane & Cox, 2004).

$$1961H^2_m.T^2_m \leq 180 \text{ J/m} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana  $H_m$  = Ketinggian maksimum gelombang dalam meter

$T_m$  = Periode maksimum gelombang dalam detik

Kriteria Sungai Brisbane yaitu berpasir dan berlumpur seperti Pantai, kondisi sungai ini sudah dilakukan banyak pembangunan oleh manusia.

c. *Gordon River Criteria*

Sungai Gordon merupakan salahsatu Sungai di Tasmania, Australia, Sungai ini mempunyai kriteria gelombang yang dihasilkan oleh kapal berdasarkan tinggi gelombang maksimum. Untuk operasi normal dalam manajemen zona satu, direkomendasikan tinggi gelombang maksimum hanya 75 mm. sungai ini memiliki persamaan untuk menatur konsep gelombang yang sesuai dengan periodenya, sebagai berikut.

$$H_{max} \leq 70 \sqrt{\frac{1}{TH_{max}}} \dots \dots \dots (2.11)$$

Aturan ini juga berlaku untuk Sebagian kecil wilayah yang memiliki sensitivitas tinggi air yang sangat rentan jika ketinggian air lebih rendah dari 0,4 m. nilai yang sesuai yaitu nilai tinggi gelombang maksimum 30 mm dan periode 1,2 detik (Bradbury, 2005b).

(Macfarlane & Cox, 2004) menjelaskan bahwa kriteria gelombang yang dihasilkan oleh kapal di Sungai tidak boleh hanya mempertimbangkan energinya, tetapi kriteria seperti periode gelombang dan batas kecepatan juga perlu dipertimbangkan. Energi maksimum yang diusulkan di Sungai Noosa adalah 60 J/m dan di Sungai Brisbane adalah 180 J/m. kepadatan energi Sungai Noosa lebih rendah dibandingkan Sungai Brisbane, dikarenakan Sungai Noosa memiliki kondisi lebih alami dibandingkan Sungai Brisbane. Sungai Noosa memiliki vegetasi berupa Hutan Melaleuca, sementara Sungai Brisbane dekat Kota Brisbane terbuka ke Teluk Moreton di Pelabuhan Brisbane, yang memiliki aktivitas antropogenik seperti penebangan vegetasi tepi Sungai, kondisi pasang surut juga terjadi di Sungai Brisbane.

Di Pelabuhan Karangantu tepatnya di Muara, memiliki tipe garis Pantai yang pasir berlumpur, Kawasan ini juga berada di dekat Kota Serang, kawasan memiliki banyak aktivitas antropogenik seperti pembangunan dan

pengembangan tempat wisata rekreasi, pembangunan dan pengembangan UMKM di sekitar kawasan, tidak memiliki vegetasi tepi Sungai, kawasan ini juga mengalami pasang surut. Jadi terdapat kesamaan antara Pelabuhan Karangantu atau Sungai Cibanten tepatnya di Muara pelabuhan dengan Sungai Brisbane, oleh karena itu, kriteria yang dimiliki oleh Sungai Brisbane dapat dianggap layak dilakukan di Pelabuhan Karangantu untuk dapat memberikan batas kecepatan kapal dan gelombang yang dihasilkan di kawasan Pelabuhan Karangantu.

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur, ada beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan referensi oleh penulis untuk melakukan penelitian gelombang yang terhasil oleh operasional kapal nelayan di Pelabuhan Karangantu, sebagai berikut.

1. (Suprayogi D. T., et al., 2022)

Penelitian ini berjudul *Speed Limit Determination of Fishing Boats in Confined Water Based on Ship Generated Waves*, pada penelitian ini membahas tentang pembatasan kecepatan kapal yang diizinkan pada daerah Sungai Mersing. Karena salah satu parameter kapal yang mempengaruhi gelombang yang dihasilkan merupakan kecepatan kapal, gelombang yang dihasilkan oleh kapal dapat menyebabkan abrasi, gangguan pada perahu – perahu, dan dampak buruk lainnya. Penelitian ini dilakukan dengan dua kapal nelayan dengan beberapa kondisi, seperti pasang dan surut. Kecepatan kapal yang diizinkan pada penelitian ini yaitu 5 Knot agar menghasilkan gelombang yang efisien.

2. (Tavakoli, Shaghghi, Mancini, Luca, & Dashtimanesh, 2022)

Penelitian ini berjudul *Wake Waves of a Planing Boat*, penelitian ini membahas tentang gelombang yang dihasilkan oleh pergerakan stabil dari lambung kapal, penelitian ini di analisa melalui uji tangki penarik dengan kapal yang dioperasikan dengan kecepatan tinggi. Pengambilan data pada penelitian ini menggunakan 4 buah *Probe* untuk merekam

gelombang yang dihasilkan. Gelombang yang dianalisa yaitu gelombang divergent dan transversal.

3. (Jamaluddin, 2010)

Penelitian ini berjudul *Wave Pattern* dan Interaksi Hambatan Gelombang pada Kapal Lambung Ganda. Penelitian ini membahas tentang pola gelombang yang dihasilkan oleh lambung kapal ganda dengan jarak lambung yang bervariasi. Pola atau karakteristik gelombang yang dihasilkan dipengaruhi oleh perubahan jarak antara lambung, semakin besar jarak antara lambung, maka semakin kecil gelombang yang dihasilkan kedua lambung tersebut.

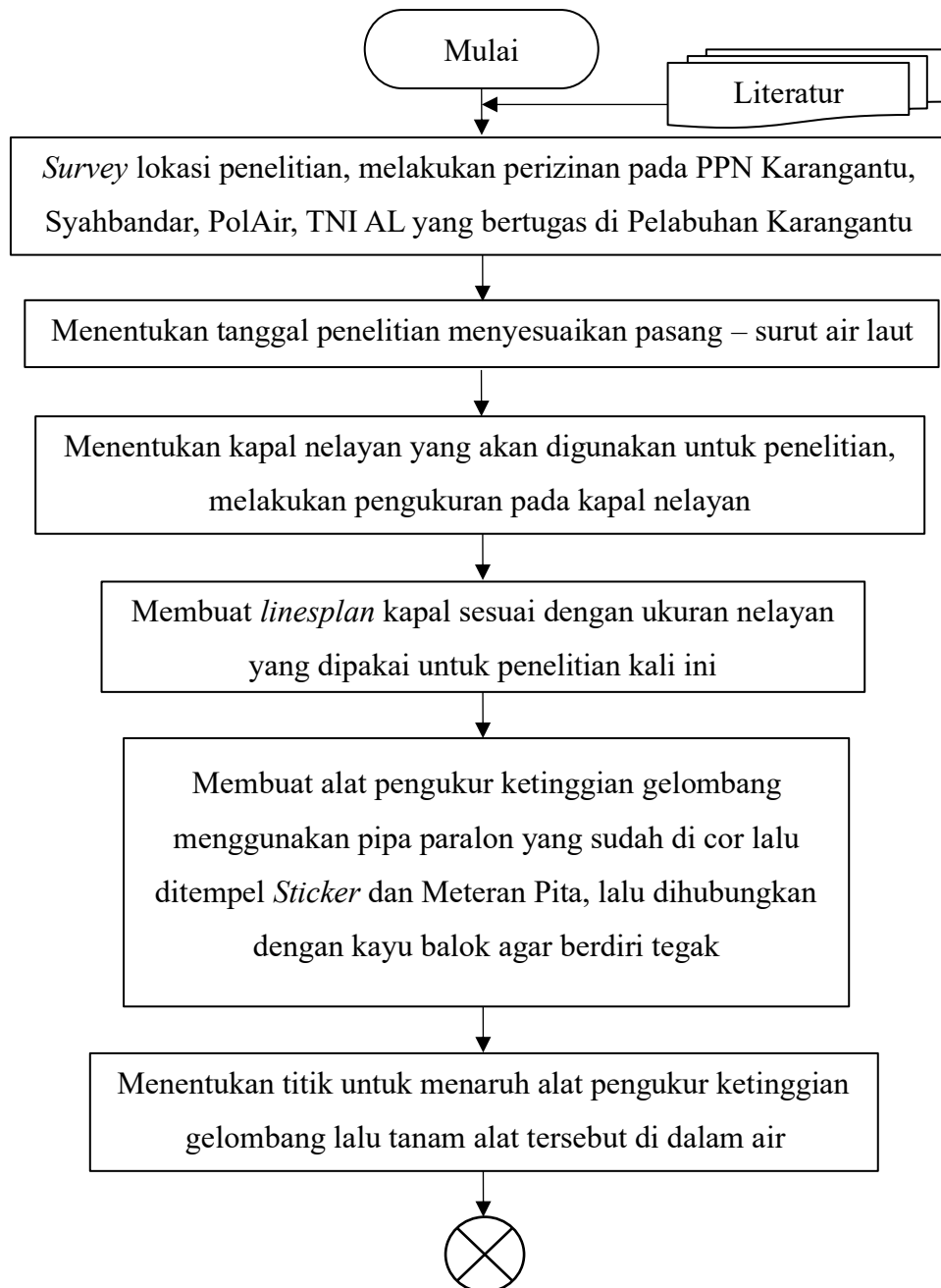
Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu diatas, maka penulis membuat penelitian ini yaitu Studi Karakteristik Gelombang yang Dihasilkan Dari Operasional Kapal Nelayan di Pelabuhan Karangantu, bertujuan untuk mengetahui bentuk kapal nelayan yang dioperasikan di Pelabuhan Karangantu, dan juga untuk mengetahui energi gelombang yang dihasilkan oleh kapal nelayan di Pelabuhan Karangantu, guna untuk menghindari penurunan luasan pada daerah pesisir Karangantu yang disebabkan oleh abrasi, salah satu penyebab abrasi ialah gelombang yang dihasilkan oleh kapal.

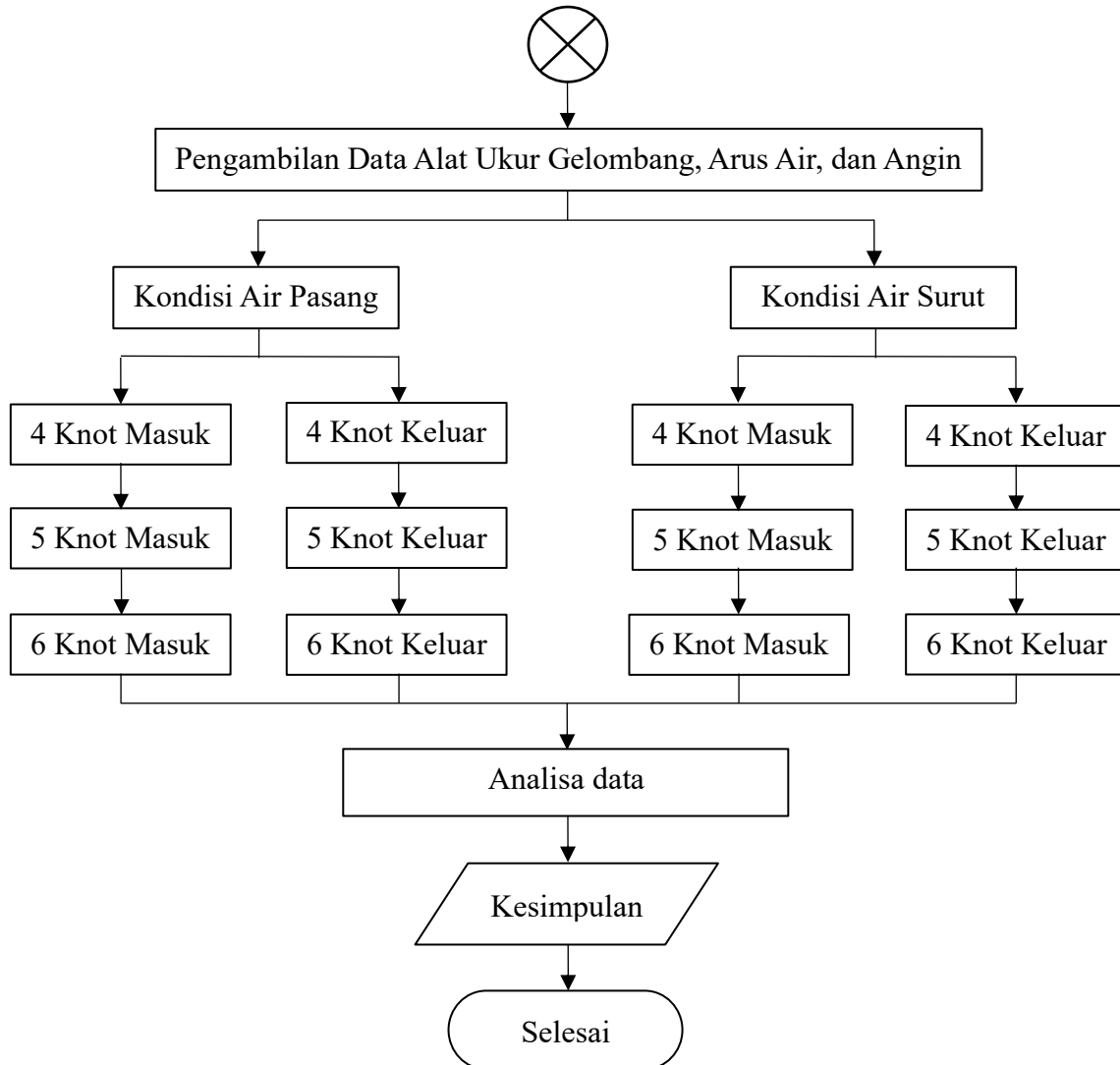
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Terdapat diagram alir yang berisikan tahapan – tahapan saat melakukan penelitian kali ini agar tercapainya tujuan penelitian dengan baik, sebagai berikut.





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian Gelombang

### 3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian kali ini, terdapat alat dan bahan yang digunakan untuk dapat menunjang keberhasilan pada penelitian kali ini, alat dan bahan sebagai berikut.

#### 1. Kapal Nelayan

Kapal nelayan merupakan kapal, perahu, atau alat apung lain yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan. Kapal nelayan ini digunakan untuk pengambilan data, kapal nelayan dioperasikan bergerak dari dalam kearah keluar pelabuhan dengan tiga variasi

kecepatan berbeda dan menghasilkan gelombang yang selanjutnya akan diukur oleh penulis.



**Gambar 3.2** Kapal Nelayan

**Tabel 3.1** Spesifikasi Kapal Nelayan

Nama Kapal	Putri Tunggal
Jenis Mesin	Mitsubishi 100 PS
Panjang	11,07 m
Lebar	2,6 m
Draft	0,96 m
GT	6 GT

## 2. Meteran Laser

Meteran Laser merupakan sebuah alat ukur yang sistem pengukurannya dibantu dengan sinar laser, kemudian hasil pengukurannya akan ditampilkan pada layar digital, meteran laser ini dapat digunakan untuk mengukur *lines plan* kapal.



**Gambar 3.3** Meteran Laser

## 3. Roll Meter

*Roll* meter merupakan alat ukur yang dapat dilipat atau digulung menjadi bentuk *roll*, *roll meter* ini adayang sampai memiliki panjang 10 m, hingga alat ini banyak digunakan untuk mengukur dimensi yang

cukup besar. *Roll meter* ini digunakan untuk mengukur dimensi kapal yang dipakai dalam penelitian kali ini.



**Gambar 3.4** *Roll Meter*

#### 4. Meteran Pita

Meteran pita merupakan alat ukur yang fleksibel, alat ini nantinya akan direkatkan pada bambu yang akan ditanam di air sungai, sehingga dapat menunjukkan nilai ketinggian gelombang yang dihasilkan pada penelitian kali ini.



**Gambar 3.5** Meteran Pita

#### 5. Pipa Paralon

Pipa Paralon merupakan sebuah pipa yang terbuat dari bahan PVC, memiliki sifat yang kuat dan ringan, sehingga dapat dimanfaatkan dalam berbagai macam kegunaan, pada penelitian kali ini pipa paralon digunakan untuk media alat ukur ketinggian gelombang, yang dimana batang bambu akan ditancapkan ke dasar sungai, lalu diberikan alat ukur ketinggian pada paralon tersebut.



**Gambar 3.6** Pipa Paralon



## 6. Kamera *Action*

Kamera *action* merupakan sebuah kamera yang dirancang khusus untuk merekam suatu aktivitas, Kamera ini digunakan untuk pengambilan data penelitian kali ini dengan merekam ketinggian gelombang yang dihasilkan oleh kapal nelayan.



**Gambar 3.7** *Action Camera*

### 3.3 Prosedur Penelitian

Pada penelitian kali ini, terdapat prosedur yang dilakukan oleh penulis dari awal hingga akhir penelitian, sebagai berikut.

1. *Survey* lokasi penelitian dan melakukan perizinan di PPN Karangantu.



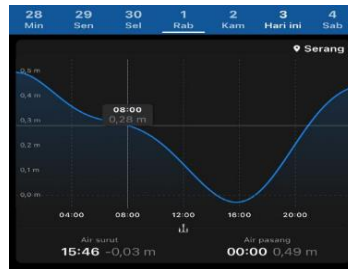
**Gambar 3.8** *Survey dan Perizinan*

2. Menentukan tanggal penelitian dengan menyesuaikan pasang surut air laut. Ditentukannya tanggal 1 Mei 2024 atau tanggal 22 Hijriah, seminggu setelah air besar.

SYAHRI 1445 02 JULI 2023 - 1445		MEI 2024							SAHWA 1447 01 JULI 2024 - 1447	
AHAD	SENIN	SELASA	RABU	KAMIS	JUMAT	SABTU				
28	29	30	1	2	3	4				
5	6	7	8	9	10	11				
12	13	14	15	16	17	18				
19	20	21	22	23	24	25				
26	27	28	29	30	31					

**Gambar 3.9** Tanggal Hijriah

Berikut ini merupakan jam pasang dan surut air laut pada tanggal 1 Mei 2024 di Pelabuhan Karangantu sesuai dengan aplikasi *fishing point premium*.



**Gambar 3.10** Jam Pasang Surut

- Menentukan kapal nelayan, berikut ini merupakan foto kapal nelayan yang digunakan pada penelitian kali ini, memiliki spesifikasi panjang 11,07 m, lebar 2,6 m, dan drat 0,96 m.



**Gambar 3.11** Kapal Nelayan

- Dilakukannya pengukuran kapal untuk mengetahui ukuran dimensi panjang dan lebar dari sebuah kapal yang diteliti, lalu untuk dijadikan *lines plan* kapal.



**Gambar 3.12** Pengukuran Kapal

5. Membuat alat pengukur ketinggian gelombang dengan menggunakan pipa paralon yang diberikan *sticker* untuk menandakan warna per 10 cm lalu diberikan meteran pita untuk melihat ketinggian gelombang.



**Gambar 3.13** Pembuatan Alat Ukur Ketinggian Gelombang

6. Memasang alat ukur ketinggian gelombang di dalam air, dengan tumpuan bawah diberikan balok yang dapat menahan agar tidak terjadi gerakan yang diakibatkan gelombang.



**Gambar 3.14** Memasang Alat Ukur Didalam Air

7. Pengambilan data ketinggian gelombang, arah dan kecepatan arus air, dan angin.



**Gambar 3.15** Pengambilan Data

### 3.4 Metode Pengambilan Data

Pada penelitian kali ini, penulis akan melakukan penelitian di Pelabuhan Karangantu, Serang, Banten. Untuk metode pengambilan data sebagai berikut.

#### 3.4.1 Metode Visual

Metode visual digunakan pada penelitian kali ini untuk dapat mengetahui nilai ketinggian gelombang dan juga pola gelombang yang dihasilkan oleh kapal nelayan. Metode visual ini menggunakan alat kamera *action* sebagai alat untuk merekam sebuah tiang yang ada meteran pita untuk mengukur ketinggian gelombang yang dihasilkan. ketinggian gelombang maksimum hingga mendapatkan nilai energi pada gelombang. Dengan metode ini penulis dapat mengetahui kerapatan total energi gelombang dari awal hingga akhir sebuah gelombang yang dihasilkan oleh kapal. Pengambilan data dilakukan terhadap kapal nelayan yang berada di Pelabuhan Karangantu, Serang, Banten. Metode ini dilakukan dengan beberapa skenario yang mempertimbangkan kondisi sungai pasang ataupun surut, dan juga kapal yang dioperasikan menggunakan tiga variasi kecepatan, dengan arah keluar dan masuk Pelabuhan.

#### 3.4.2 Lines Plan Kapal

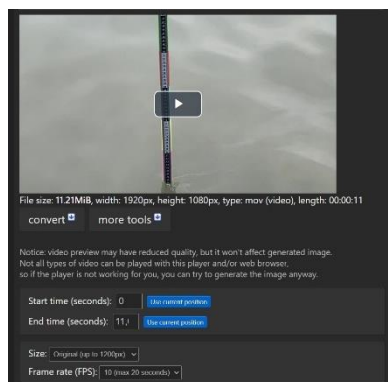
*Lines Plan* kapal adalah gambar rencana garis dari bentuk sebuah kapal. Dengan gambar lines plan ini dapat diketahui bentuk kapal yang direncanakan. *Lines plan* atau rencana garis merupakan langkah selanjutnya dalam proses merancang suatu kapal dengan berdasar pada data kapal yang diperoleh dari perancangan. Adapun tujuan dari pembuatan *lines plan* atau rencana garis adalah untuk mengetahui bentuk badan kapal terutama yang berada dibawah garis air. Selain rencana garis pada bagian ini juga digambarkan karena yang tujuannya untuk mengetahui bentuk badan kapal yakni karakteristik dari badan kapal terutama yang berada dibawah garis air, dimana penggambaran

ini dilakukan atas dasar garis air yang telah dibuat (J, Hadi, & Zaki, 2017).

*Lines plan* merupakan suatu gambar desain kapal yang sangat penting, dimana dari gambar *lines plan* ini akan sangat berpengaruh terhadap gambar-gambar desain kapal lainnya seperti rencana umum (*general arrangement*), konstruksi profil (*profil construction*), konstruksi melintang (*midship section*), stabilitas kapal (*stability calculation*) dan gambar-gambar lainnya. Dengan pembuatan *lines plan* juga akan dapat menganalisa gelombang yang dihasilkan, karena dengan *lines plan* akan menunjukkan garis dari bentuk lambung kapal, berbeda bentuk, dimensi maka akan menghasilkan gelombang yang berbeda.

### 3.4.3 Pengolahan Data *Matlab*

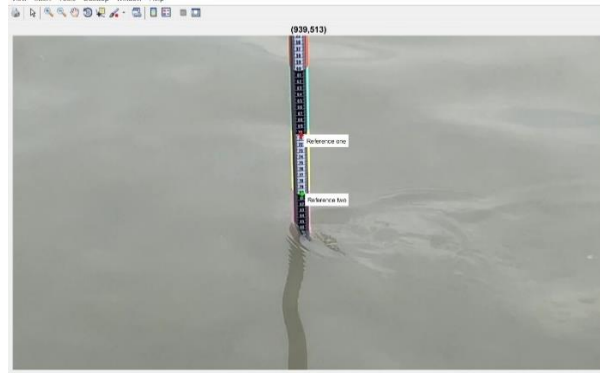
Data yang didapat pada penelitian kali ini yaitu ketinggian gelombang, pengambilan data menggunakan metode visual dengan kamera. Kamera digunakan untuk merekam alat ukur yang berada di air, menunjukkan tinggi gelombang yang dihasilkan, alat ukur yang telah dipasang dapat dilihat pada gambar 3.15. kemudian dari video tersebut dilakukan *splitter* hingga merubah dokumen mov menjadi jpg. Satu detik dalam video dijadikan 5 buah foto, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 3.16** *Splitter* Video

Setelah melakukan *splitter* video, didapatkan data dalam dokumen jpg, langkah selanjutnya yaitu mengolah data tersebut menggunakan

*software matlab 2017*. Digunakannya *software matlab* untuk mengetahui nilai pixel pada titik ketinggian gelombang, *input* kode pemrograman *matlab* yang telah dibuat dengan nama folder yang berisikan hasil *splitter* video kedalam *matlab* lalu lakukan *running*, maka akan menunjukkan gambar sebagai berikut.



**Gambar 3.17** Pengolahan Data *Matlab*

Pada gambar diatas dapat dilihat memiliki dua tanda yang memiliki warna berbeda, pada titik merah berada di 700 mm dengan nilai *pixel* sebesar 322, lalu titik hijau berada di 800 mm dengan nilai *pixel* sebesar 513. Kedua data tersebut digunakan untuk mengkonversi nilai *pixel* ke mm pada data ketinggian gelombang.

## BAB IV

### ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 *Lines Plan* Kapal Nelayan

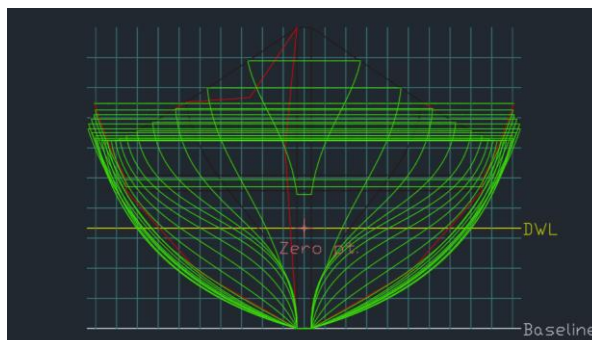
*Lines plan* kapal merupakan gambar rencana garis dari bentuk sebuah kapal. Dengan gambar *lines plan* ini dapat diketahui bentuk kapal yang direncanakan. *Lines plan* atau rencana garis merupakan langkah selanjutnya dalam proses merancang suatu kapal dengan berdasar pada data kapal yang diperoleh dari perancangan. Adapun tujuan dari pembuatan *lines plan* atau rencana garis adalah untuk mengetahui bentuk badan kapal terutama yang berada dibawah garis air (J, Hadi, & Zaki, 2017). Pembuatan *lines plan* kapal kali ini berdasarkan ukuran asli dari kapal nelayan yang dipakai pada penelitian kali ini, memiliki spesifikasi sebagai berikut.



**Gambar 4.1** Kapal Nelayan Putri Tunggal

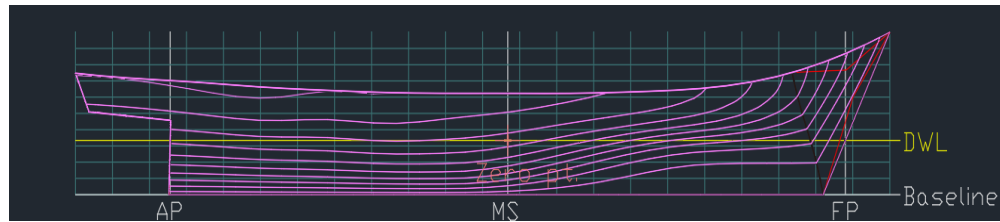
Berikut ini hasil pembuatan *Lines plan* kapal dari bentuk kapal nelayan yang digunakan untuk penelitian, sebagai berikut.

##### 1. *Body Plan*



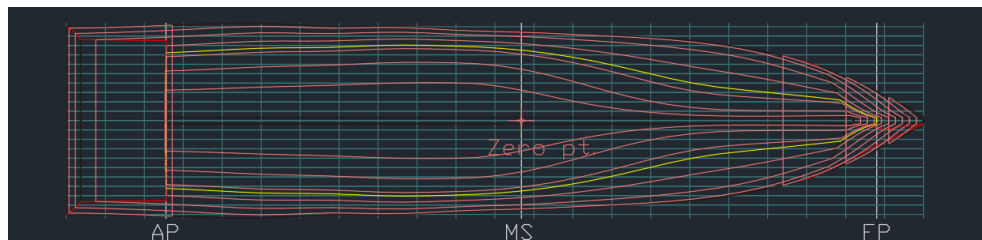
**Gambar 4.2** *Body Plan*

## 2. Sheer Plan



**Gambar 4.3** *Sheer Plan*

## 3. Halfbread Plan



**Gambar 4.4** *Halfbread Plan*

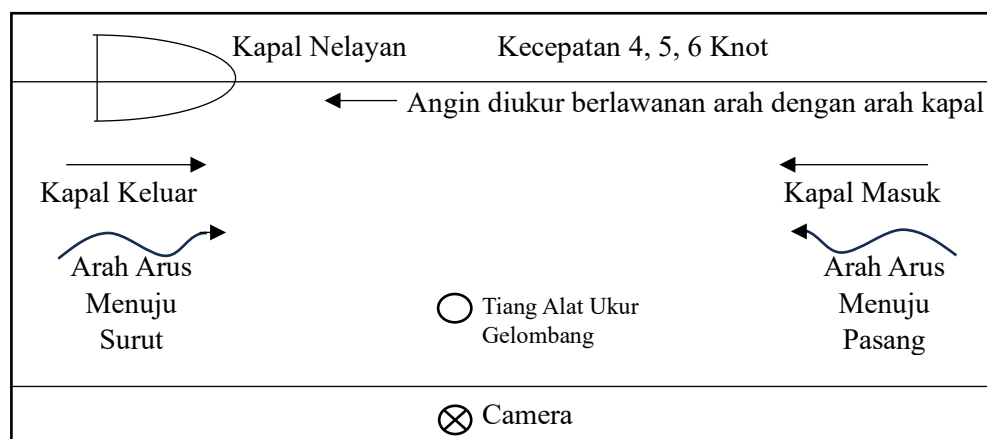
Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat bentuk dari kapal nelayan yang dijadikan objek penelitian secara keseluruhan, kapal tersebut memiliki bentuk lambung V yang dapat memecah air secara efisien, kapal tersebut juga memiliki bentuk haluan lancip, haluan tersebut lebih efisien dalam memecah air, dan dapat menghasilkan gelombang yang lebih rendah, dengan *draft* sebesar 0,6 m. Berdasarkan beberapa *point* tersebut, kapal nelayan Putri Tunggal ini akan menghasilkan gelombang yang rendah.

## 4.2 Skema Penelitian

Pada penelitian kali ini, pertama – tama penulis melakukan pengukuran kapal untuk pembuatan *linesplan*. Penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui energi gelombang yang dihasilkan oleh kapal nelayan yang beroperasi di Pelabuhan Karangantu. Kapal yang dipakai pada penelitian kali ini akan dioperasikan dengan variasi kecepatan dan kondisi air. Kondisi air yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu kondisi air menuju pasang dan kondisi air menuju surut, lalu variasi kecepatan kapal yang dipakai yaitu 4 Knot, 5 Knot, dan 6 Knot, dengan arah keluar dan masuk muara pada masing – masing kecepatan kapal.



Berikut ini merupakan skema penelitian yang dilakukan penulis dalam pengambilan data.



**Gambar 4.5** Skema Penelitian

**Tabel 4.1** Skema Penelitian

No	Jenis Kapal	Kondisi Air	Kecepatan	Arah Kapal
1	Kapal Putri Tunggal	Menuju Surut	4	Keluar
2	Kapal Putri Tunggal	Menuju Surut	4	Masuk
3	Kapal Putri Tunggal	Menuju Surut	5	Keluar
4	Kapal Putri Tunggal	Menuju Surut	5	Masuk
5	Kapal Putri Tunggal	Menuju Surut	6	Keluar
6	Kapal Putri Tunggal	Menuju Surut	6	Masuk
7	Kapal Putri Tunggal	Menuju Pasang	4	Keluar
8	Kapal Putri Tunggal	Menuju Pasang	4	Masuk
9	Kapal Putri Tunggal	Menuju Pasang	5	Keluar
10	Kapal Putri Tunggal	Menuju Pasang	5	Masuk
11	Kapal Putri Tunggal	Menuju Pasang	6	Keluar
12	Kapal Putri Tunggal	Menuju Pasang	6	Masuk
13	Kapal 12 GT	Menuju Surut	-	Masuk
14	Kapal Sekoci	Menuju Surut	-	Masuk
15	<i>Speedboat</i>	Menuju Surut	-	Keluar

#### 4.2 Data Gelombang Menuju Surut

Dilakukannya pengambilan data dan dilanjut dengan pengolahan data, metode yang dipakai pada penelitian ini adalah metode visual, dibuatnya alat pengukur ketinggian gelombang dan digunakan kamera untuk merekam alat ukur tersebut. Setelah melakukan pengambilan data, data hasil metode visual

berbentuk *pixel* diolah menggunakan *matlab* untuk mengkonversi nilai ketinggian gelombang dari *pixel* ke mm. Data didapat dari hasil pengukuran ketinggian gelombang yang dihasilkan oleh kapal nelayan. Kapal nelayan dioperasikan dalam kondisi air menuju surut kearah keluar dan masuk muara dengan 3 variasi kecepatan yang berbeda, sebagai berikut.

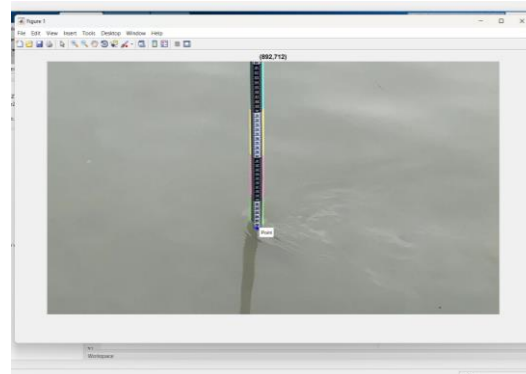
1. 4 Knot *Out* Menuju Surut

Pengambilan data ini menggunakan variasi kecepatan 4 knot arah keluar muara dengan kondisi air menuju surut. Bentuk gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar yang diambil menggunakan *drone* sebagai berikut.



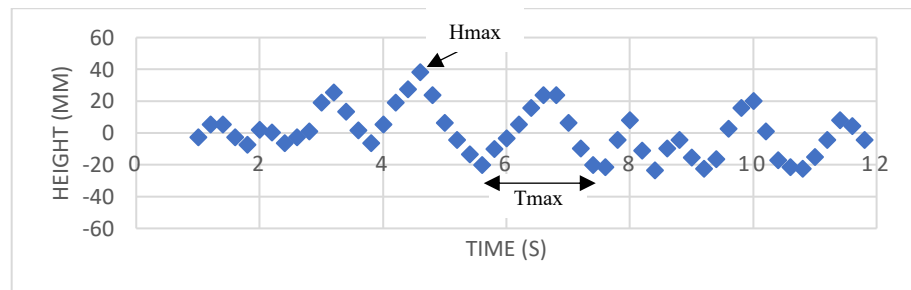
**Gambar 4.6** Gelombang 4 Knot *Out* Menuju Surut

Data yang didapat berupa video dari kamera, kemudian diolah menggunakan *splitter* video untuk mengkonversi Mov menjadi jpg, lalu menggunakan *matlab* untuk mendapatkan nilai ketinggian gelombang yang dihasilkan, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.7** Pengolahan Data 4 Knot *Out* Menuju Surut

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, data yang didapat berupa *pixel*, dapat dilihat pada gambar 4.7 terdapat dua nilai sumbu X, dan Y dengan satuan *pixel*, untuk nilai ketinggian gelombang maka yang diambil untuk dijadikan data merupakan nilai Y. lalu konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier. Dibuat grafik setelah mendapatkan nilai ketinggian gelombang dalam satuan mm sebagai berikut.



**Gambar 4.8** Grafik Gelombang 4 Knot *Out* Menuju Surut

Data ketinggian gelombang pada kecepatan 4 knot *out* menuju surut dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang didapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.2** Data Hasil Penelitian 4 Knot *Out* Menuju Surut

4 Knot <i>Out</i> Menuju Surut				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,1 m/s	1,2 m/s	38,1 mm	0,0381 m	2 s

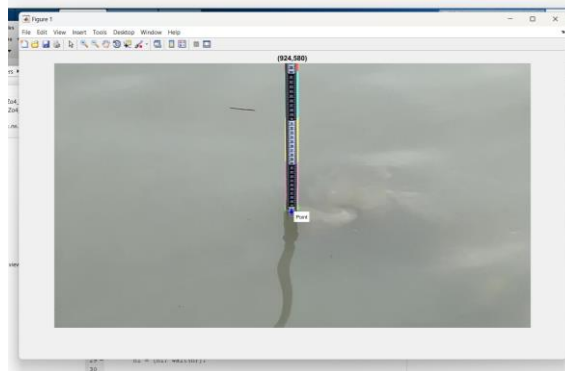
## 2. 4 Knot *In* Menuju Surut

Pengambilan data ini menggunakan variasi kecepatan 4 knot arah masuk muara dengan kondisi air menuju surut. Bentuk gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar yang diambil menggunakan *drone* sebagai berikut.



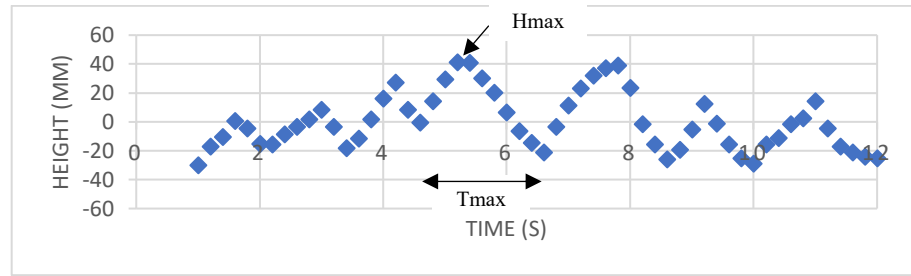
**Gambar 4.9** Gelombang 4 Knot *In* Menuju Surut

Data yang didapat sama dengan variasi sebelumnya, berupa video dari kamera, kemudian diolah menggunakan *splitter* video untuk mengkonversi Mov menjadi jpg, lalu menggunakan *matlab* untuk mendapatkan nilai ketinggian gelombang yang dihasilkan, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.10** Pengolahan Data 4 Knot *In* Menuju Surut

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, data yang didapat berupa *pixel*, dapat dilihat pada gambar 4.10, untuk nilai ketinggian gelombang merupakan nilai Y. setelah didapat nilai *pixel*, konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier. Dibuat grafik setelah mendapatkan nilai ketinggian gelombang dalam satuan mm sebagai berikut.



**Gambar 4.11** Grafik Gelombang 4 Knot *In* Menuju Surut

Data ketinggian gelombang pada kecepatan 4 knot *In* menuju surut dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang didapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.3** Data Hasil Penelitian 4 Knot *In* Menuju Surut

4 Knot <i>In</i> Menuju Surut				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,3 m/s	0,6 m/s	41,3 mm	0,0413 m	2 s

### 3. 5 Knot *Out* Menuju Surut

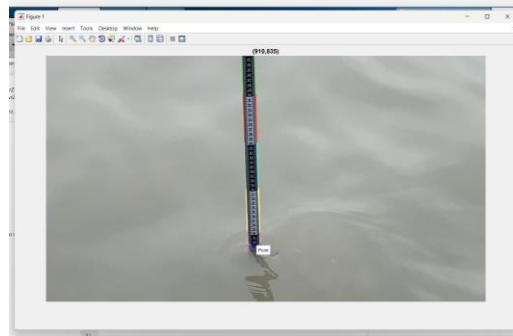
Pengambilan data ini menggunakan variasi kecepatan 5 knot arah keluar muara dengan kondisi air menuju surut. Bentuk gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar yang diambil menggunakan *drone* sebagai berikut.



**Gambar 4.12** Gelombang 5 Knot *Out* Menuju Surut

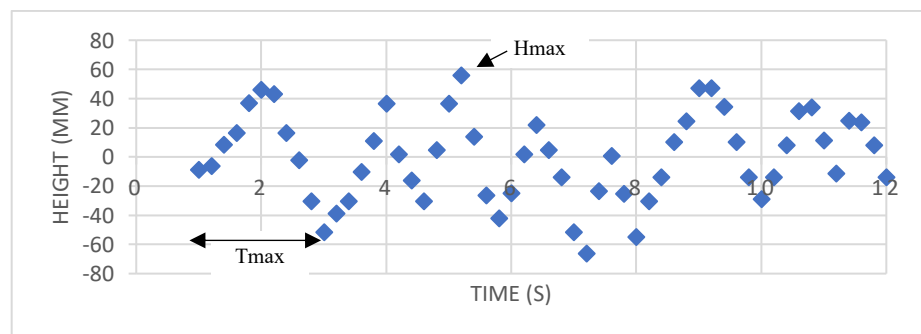
Data yang didapat sama dengan variasi sebelumnya, berupa video dari kamera, kemudian diolah menggunakan *splitter* video untuk mengkonversi Mov menjadi jpg, lalu menggunakan *matlab* untuk

mendapatkan nilai ketinggian gelombang yang dihasilkan, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.13** Pengolahan Data 5 Knot *Out* Menuju Surut

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, data yang didapat berupa *pixel*, dapat dilihat pada gambar 4.13, untuk nilai ketinggian gelombang merupakan nilai Y. setelah didapat nilai *pixel*, konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier. Dibuat grafik setelah mendapatkan nilai ketinggian gelombang dalam satuan mm sebagai berikut.



**Gambar 4.14** Grafik Gelombang 5 Knot *Out* Menuju Surut

Data ketinggian gelombang pada kecepatan 5 knot *Out* menuju surut dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang didapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.4** Data Hasil Penelitian 5 Knot *Out* Menuju Surut

5 Knot <i>Out</i> Menuju Surut				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,2 m/s	1,7 m/s	56,2 mm	0,0562 m	2 s

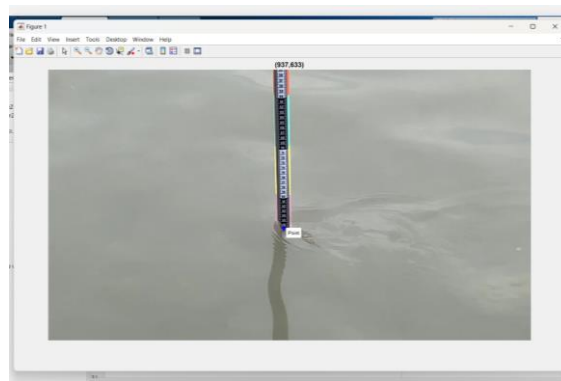
#### 4. 5 Knot *In* Menuju Surut

Pengambilan data ini menggunakan variasi kecepatan 5 knot arah masuk muara dengan kondisi air menuju surut. Bentuk gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar yang diambil menggunakan *drone* sebagai berikut.



**Gambar 4.15** Gelombang 5 Knot *In* Menuju Surut

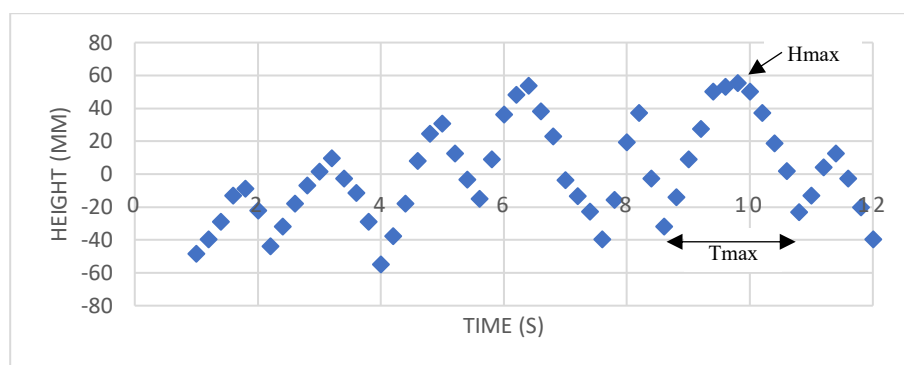
Data yang didapat sama dengan variasi sebelumnya, berupa video dari kamera, kemudian diolah menggunakan *splitter* video untuk mengkonversi Mov menjadi jpg, lalu menggunakan *matlab* untuk mendapatkan nilai ketinggian gelombang yang dihasilkan, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.16** Pengolahan Data 5 Knot *In* Menuju Surut

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, data yang didapat berupa *pixel*, dapat dilihat pada gambar 4.16, untuk nilai ketinggian gelombang merupakan nilai Y. setelah didapat nilai *pixel*, konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier. Dibuat grafik setelah

mendapatkan nilai ketinggian gelombang dalam satuan mm sebagai berikut.



**Gambar 4.17** Grafik Gelombang 5 Knot *In* Menuju Surut

Data ketinggian gelombang pada kecepatan 5 knot *In* menuju surut dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang didapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.5** Data Hasil Penelitian 5 Knot *In* Menuju Surut

5 Knot <i>In</i> Menuju Surut				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,2 m/s	0,6 m/s	55,3 mm	0,0553 m	2,2 s

#### 5. 6 Knot *Out* Menuju Surut

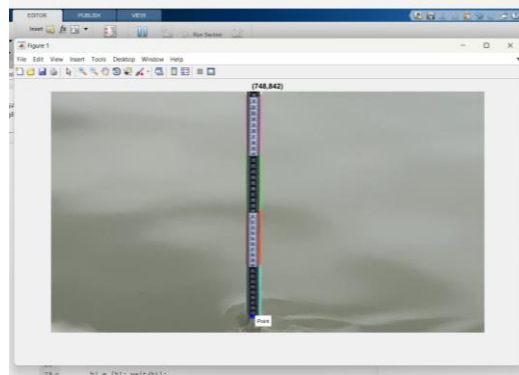
Pengambilan data ini menggunakan variasi kecepatan 6 knot arah keluar muara dengan kondisi air menuju surut. Bentuk gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar yang diambil menggunakan *drone* sebagai berikut.



**Gambar 4.18** Gelombang 6 Knot *Out* Menuju Surut

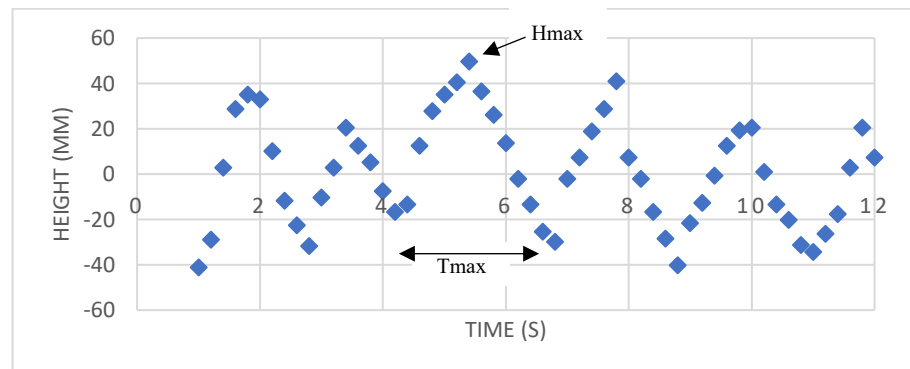


Data yang didapat sama dengan variasi sebelumnya, berupa video dari kamera, kemudian diolah menggunakan *splitter* video untuk mengkonversi Mov menjadi jpg, lalu menggunakan *matlab* untuk mendapatkan nilai ketinggian gelombang yang dihasilkan, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.19** Pengolahan Data 6 Knot *Out* Menuju Surut

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, data yang didapat berupa *pixel*, dapat dilihat pada gambar 4.19, untuk nilai ketinggian gelombang merupakan nilai Y. setelah didapat nilai *pixel*, konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier. Dibuat grafik setelah mendapatkan nilai ketinggian gelombang dalam satuan mm sebagai berikut.



**Gambar 4.20** Grafik Gelombang 6 Knot *Out* Menuju Surut

Data ketinggian gelombang pada kecepatan 6 knot *Out* menuju surut dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang didapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.6** Data Hasil Penelitian 6 Knot *Out* Menuju Surut

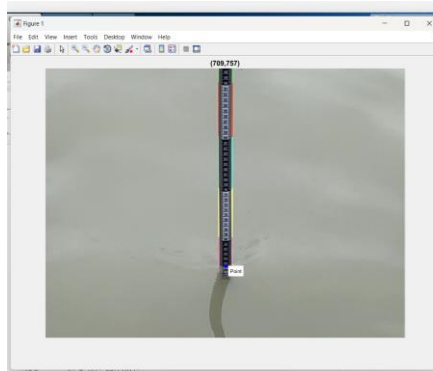
6 Knot <i>Out</i> Menuju Surut				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,3 m/s	0,2 m/s	49,6 mm	0,0496 m	2,6 s

6. 6 Knot *In* Menuju Surut

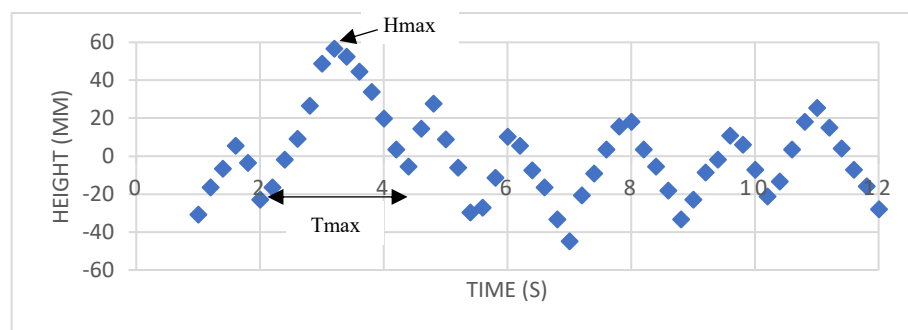
Pengambilan data ini menggunakan variasi kecepatan 6 knot arah masuk muara dengan kondisi air menuju surut. Bentuk gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar yang diambil menggunakan *drone* sebagai berikut.

**Gambar 4.21** Gelombang 6 Knot *In* Menuju Surut

Data yang didapat sama dengan variasi sebelumnya, berupa video dari kamera, kemudian diolah menggunakan *splitter* video untuk mengkonversi Mov menjadi jpg, lalu menggunakan *matlab* untuk mendapatkan nilai ketinggian gelombang yang dihasilkan, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

**Gambar 4.22** Pengolahan Data 6 Knot *In* Menuju Surut

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, data yang didapat berupa *pixel*, dapat dilihat pada gambar 4.22, untuk nilai ketinggian gelombang merupakan nilai Y. setelah didapat nilai *pixel*, konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier. Dibuat grafik setelah mendapatkan nilai ketinggian gelombang dalam satuan mm sebagai berikut.



**Gambar 4.23** Grafik Gelombang 6 Knot *In* Menuju Surut

Data ketinggian gelombang pada kecepatan 6 knot *in* menuju surut dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang didapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.7** Data Hasil Penelitian 6 Knot *In* Menuju Surut

6 Knot <i>In</i> Menuju Surut				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,2 m/s	0,3 m/s	56,6 mm	0,0566 m	2,4 s

### 4.3 Data Gelombang Menuju Pasang

Setelah melakukan pengambilan data dan pengolahan data gelombang menuju surut, dilanjutkan dengan pengolahan data gelombang menuju pasang dengan metode yang sama seperti sebelumnya, dengan kapal nelayan yang dioperasikan dalam kondisi air menuju pasang kearah keluar dan masuk muara dengan 3 variasi kecepatan yang berbeda sebagai berikut.

#### 1. 4 Knot *Out* Menuju Pasang

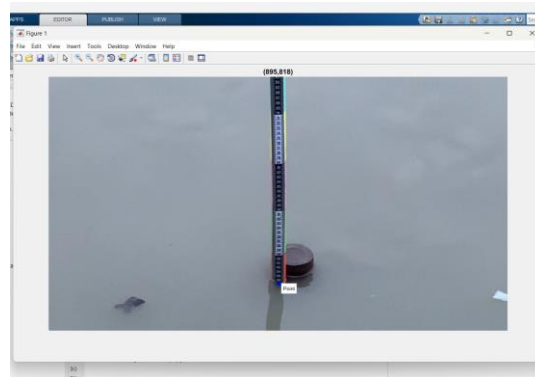
Pengambilan data ini menggunakan variasi kecepatan 4 knot arah keluar muara dengan kondisi air menuju pasang. Bentuk gelombang

yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar yang diambil menggunakan *drone* sebagai berikut.



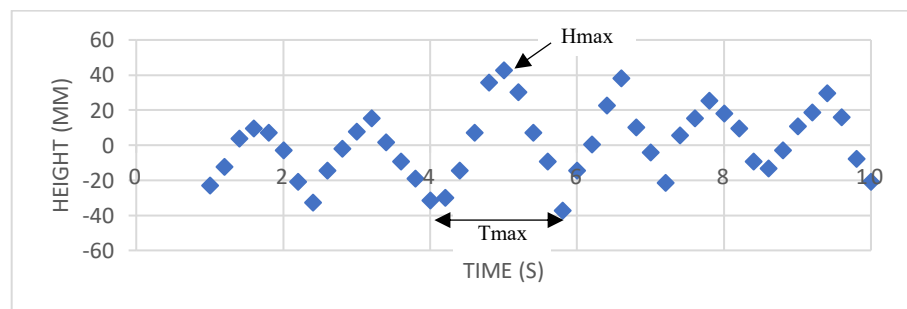
**Gambar 4.24** Gelombang 4 Knot *Out* Menuju Pasang

Data yang didapat sama dengan variasi sebelumnya, berupa video dari kamera, kemudian diolah menggunakan *splitter* video dan juga *matlab*, sebagai berikut.



**Gambar 4.25** Pengolahan Data 4 Knot *In* Menuju Pasang

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, lalu konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier, untuk grafik gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.26** Grafik Gelombang 4 Knot *Out* Menuju Pasang

Data ketinggian gelombang pada kecepatan 4 knot *out* menuju pasang dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang didapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.8** Data Hasil Penelitian 4 Knot *Out* Menuju Pasang

4 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,1 m/s	0,1 m/s	42,5 mm	0,0425 m	1,8 s

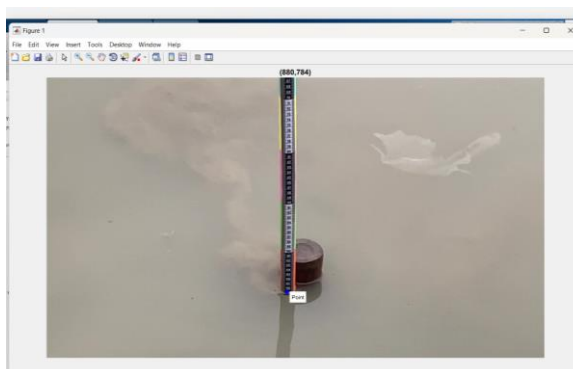
## 2. 4 Knot *In* Menuju Pasang

Pengambilan data ini menggunakan variasi kecepatan 4 knot arah masuk muara dengan kondisi air menuju pasang. Bentuk gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar yang diambil menggunakan *drone* sebagai berikut.



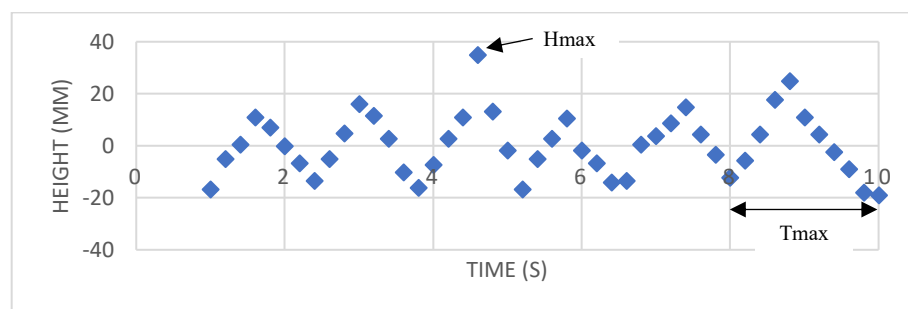
**Gambar 4.27** Gelombang 4 Knot *In* Menuju Pasang

Data yang didapat sama dengan variasi sebelumnya, berupa video dari kamera, kemudian diolah menggunakan *splitter* video dan juga *matlab*, sebagai berikut.



**Gambar 4.28** Pengolahan Data 4 Knot *In* Menuju Pasang

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, lalu konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier, untuk grafik gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.29** Grafik Gelombang 4 Knot *In* Menuju Pasang

Data ketinggian gelombang pada kecepatan 4 knot *in* menuju pasang dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang didapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.9** Data Hasil Penelitian 4 Knot *In* Menuju Pasang

4 Knot <i>In</i> Menuju Pasang				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,2 m/s	0,4 m/s	34,7 mm	0,0347 m	2 s

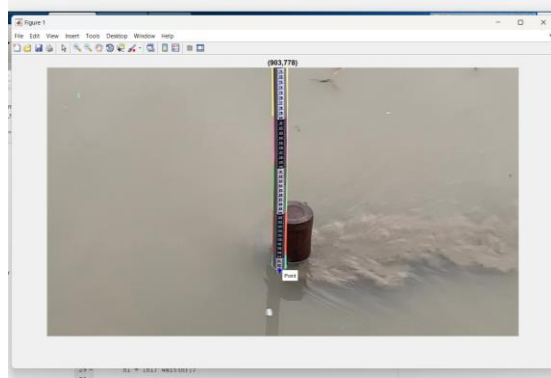
### 3. 5 Knot *Out* Menuju Pasang

Pengambilan data ini menggunakan variasi kecepatan 5 knot arah keluar muara dengan kondisi air menuju pasang. Bentuk gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar yang diambil menggunakan *drone* sebagai berikut.



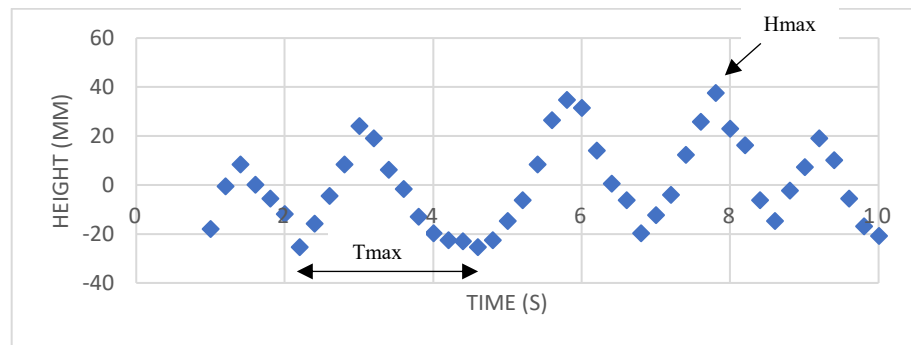
**Gambar 4.30** Gelombang 5 Knot *Out* Menuju Pasang

Data yang didapat sama dengan variasi sebelumnya, berupa video dari kamera, kemudian diolah menggunakan *splitter* video dan juga *matlab*, sebagai berikut.



**Gambar 4.31** Pengolahan Data 5 Knot *Out* Menuju Pasang

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, lalu konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier, untuk grafik gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.32** Grafik Gelombang 5 Knot *Out* Menuju Pasang

Data ketinggian gelombang pada kecepatan 5 knot *out* menuju pasang dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang dapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.10** Data Hasil Penelitian 5 Knot *Out* Menuju Pasang

5 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,2 m/s	0,3 m/s	37,7 mm	0,0377 m	2,4 s

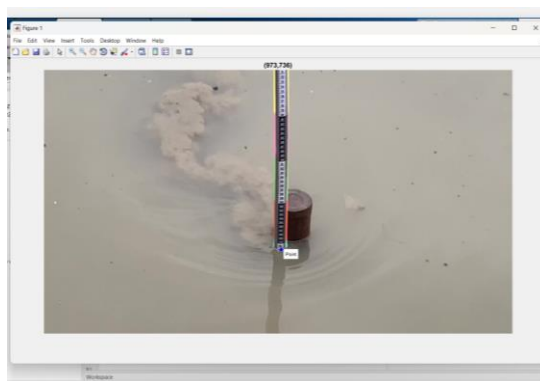
#### 4. 5 Knot *In* Menuju Pasang

Pengambilan data ini menggunakan variasi kecepatan 5 knot arah masuk muara dengan kondisi air menuju pasang. Bentuk gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar yang diambil menggunakan *drone* sebagai berikut.



**Gambar 4.33** Gelombang 5 Knot *In* Menuju Pasang

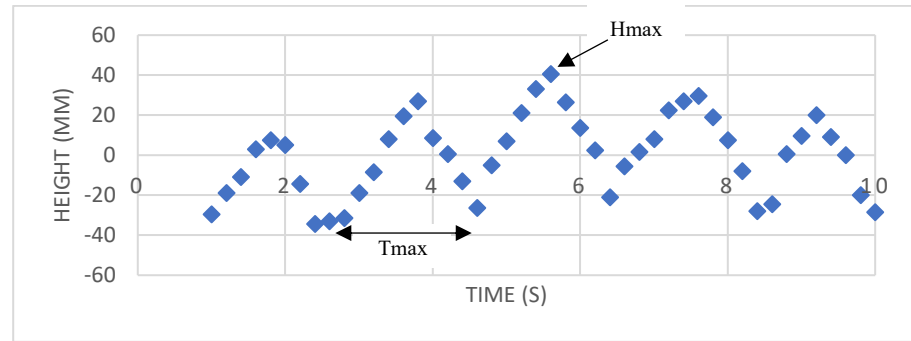
Data yang didapat sama dengan variasi sebelumnya, berupa video dari kamera, kemudian diolah menggunakan *splitter* video dan juga *matlab*, sebagai berikut.



**Gambar 4.34** Pengolahan Data 5 Knot *In* Menuju Pasang

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, lalu konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier, untuk grafik gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.





**Gambar 4.35** Grafik Gelombang 5 Knot *In* Menuju Pasang

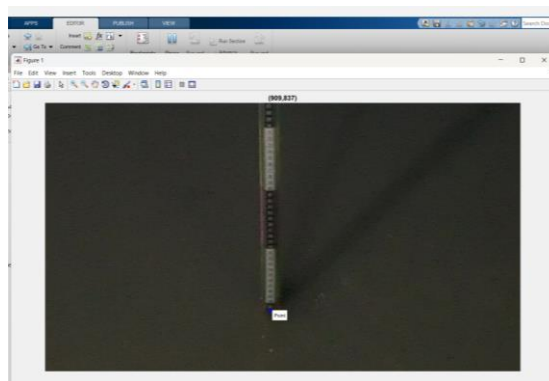
Data ketinggian gelombang pada kecepatan 5 knot *in* menuju pasang dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang dapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.11** Data Hasil Penelitian 5 Knot *In* Menuju Pasang

5 Knot <i>In</i> Menuju Pasang				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,1 m/s	0,1 m/s	40,6 mm	0,0406 m	2,2 s

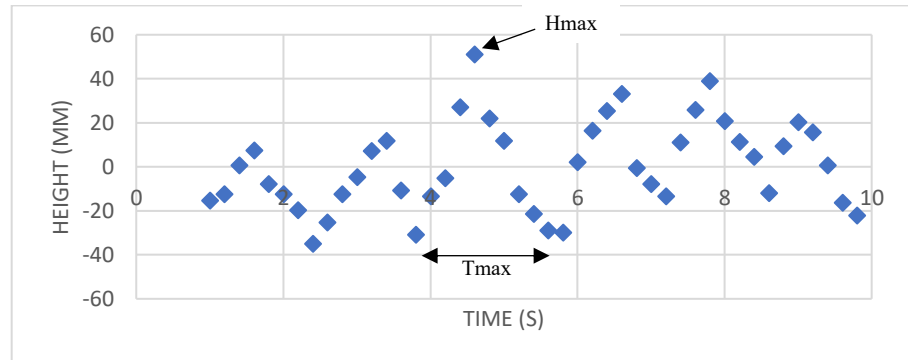
#### 5. 6 Knot *Out* Menuju Pasang

Pengambilan data ini menggunakan variasi kecepatan 6 knot arah keluar muara dengan kondisi air menuju pasang. Dikarenakan kondisi pencahayaan sudah gelap, pengambilan gambar menggunakan *drone* tidak memungkinkan. Berikut ini data yang diolah menggunakan *matlab*.



**Gambar 4.36** Pengolahan Data 6 Knot *Out* Menuju Pasang

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, lalu konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier, untuk grafik gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.37** Grafik Gelombang 6 Knot *Out* Menuju Pasang

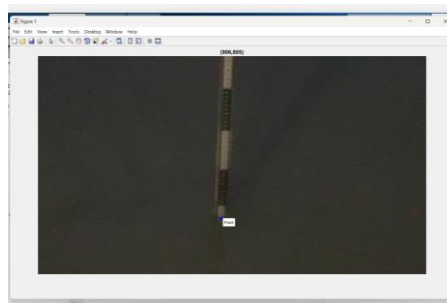
Data ketinggian gelombang pada kecepatan 6 knot *out* menuju pasang dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang dapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.12** Data Hasil Penelitian 6 Knot *Out* Menuju Pasang

6 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,1 m/s	0,1 m/s	50,8 mm	0,0508 m	2 s

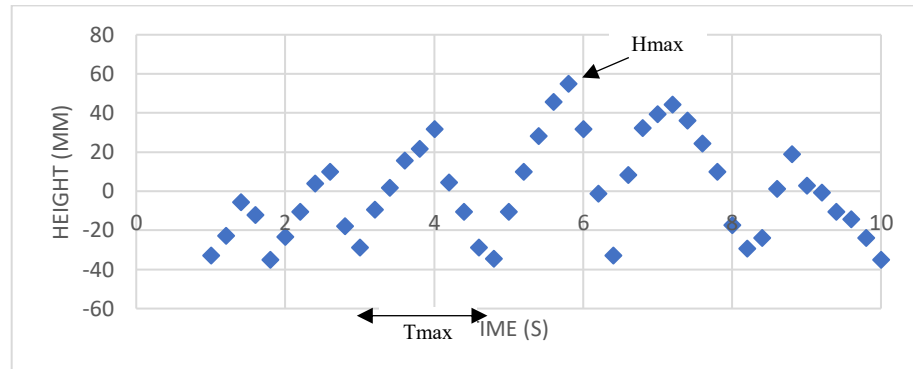
#### 6. 6 Knot *In* Menuju Pasang

Pengambilan data ini menggunakan variasi kecepatan 6 knot arah masuk muara dengan kondisi air menuju pasang. Dikarenakan kondisi pencahayaan sudah gelap, pengambilan gambar menggunakan *drone* tidak memungkinkan. Berikut ini data yang diolah menggunakan *matlab*.



**Gambar 4.38** Pengolahan Data 6 Knot *In* Menuju Pasang

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, lalu konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier, untuk grafik gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.39** Grafik Gelombang 6 Knot *In* Menuju Pasang

Data ketinggian gelombang pada kecepatan 6 knot *in* menuju pasang dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang dapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.13** Data Hasil Penelitian 6 Knot *In* Menuju Pasang

6 Knot <i>In</i> Menuju Pasang				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,2 m/s	0,1 m/s	54,8 mm	0,0548 m	1,8 s

#### 4.4 Data Gelombang Kapal Lain

Dilakukan juga pengambilan data menggunakan kapal lain yang beroperasi di Pelabuhan Karangantu untuk mendapatkan perbandingan gelombang yang dihasilkan dari beberapa bentuk kapal yang berbeda, pengolahan data yang digunakan sama dengan sebelumnya, sebagai berikut.

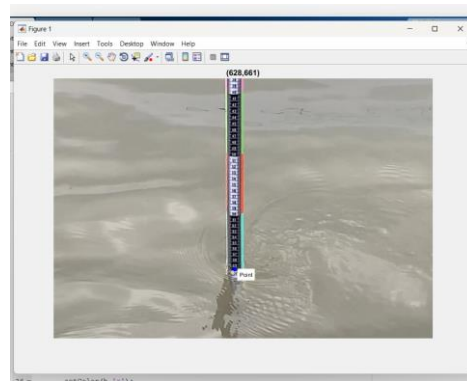
##### 1. Kapal 12 GT

Pengambilan data ini menggunakan kapal 12 GT arah masuk muara dengan kondisi air menuju pasang. Bentuk gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar yang diambil menggunakan *drone* sebagai berikut.



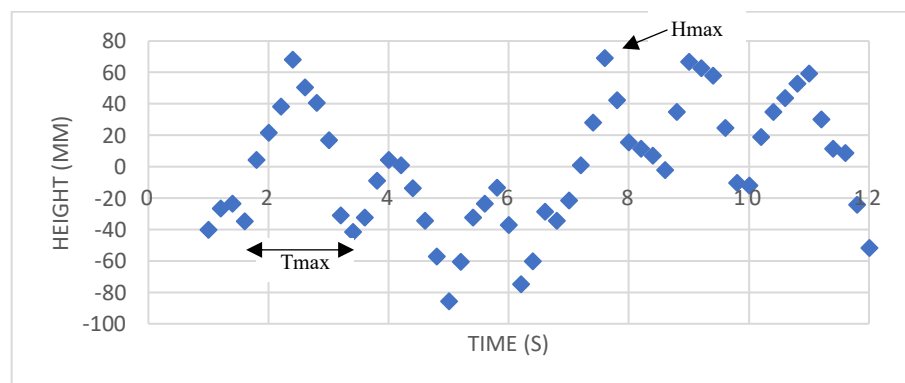
**Gambar 4.40** Gelombang Kapal 12 GT

Data yang didapat sama dengan variasi sebelumnya, berupa video dari kamera, kemudian diolah menggunakan *splitter* video dan juga *matlab*, sebagai berikut.



**Gambar 4.41** Pengolahan Data Gelombang Kapal 12 GT

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, lalu konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier, untuk grafik gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini



**Gambar 4.42** Grafik Gelombang Kapal 12 GT

Data ketinggian gelombang pada kapal 12 GT dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang dapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.14** Data Hasil Penelitian Kapal 12 GT

Kapal 12 GT				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,3 m/s	0,5 m/s	68,9 mm	0,0689 m	1,8 s

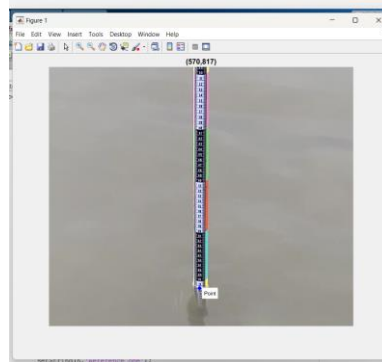
## 2. Kapal Sekoci

Pengambilan data ini menggunakan kapal sekoci arah masuk muara dengan kondisi air menuju pasang. Bentuk gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar yang diambil menggunakan *drone* sebagai berikut.



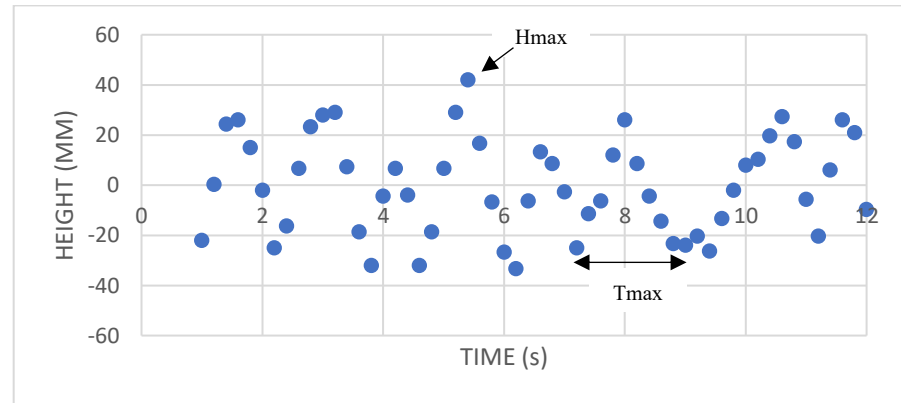
**Gambar 4.43** Gelombang Kapal Sekoci

Data yang didapat sama dengan variasi sebelumnya, berupa video dari kamera, kemudian diolah menggunakan *splitter* video dan juga *matlab*, sebagai berikut.



**Gambar 4.44** Pengolahan Data Gelombang Kapal Sekoci

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, lalu konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier, untuk grafik gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini



**Gambar 4.45** Grafik Gelombang Kapal Sekoci

Data ketinggian gelombang pada kapal Sekoci dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang dapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.15** Data Hasil Penelitian Kapal Sekoci

Kapal Sekoci				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,1 m/s	0,6 m/s	41,8 mm	0,0418 m	1,8 s

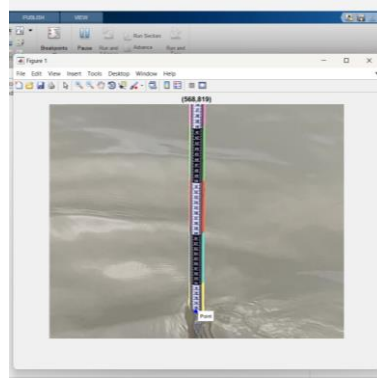
### 3. *Speedboat*

Pengambilan data ini menggunakan kapal *speedboat* arah keluar muara dengan kondisi air menuju pasang. Bentuk gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar yang diambil menggunakan *drone* sebagai berikut.



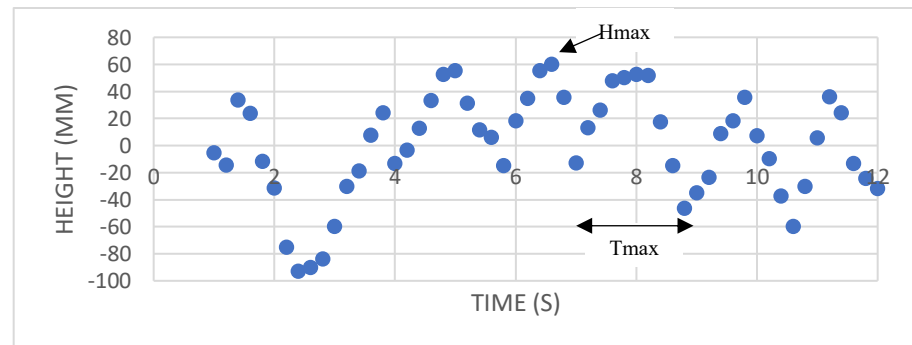
**Gambar 4.46** Gelombang *Speedboat*

Data yang didapat sama dengan variasi sebelumnya, berupa video dari kamera, kemudian diolah menggunakan *splitter* video dan juga *matlab*, sebagai berikut.



**Gambar 4.47** Pengolahan Data Gelombang *Speedboat*

Setelah data diolah menggunakan *matlab*, lalu konversi nilai *pixel* ke mm dengan menggunakan interpolasi linier, untuk grafik gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini



**Gambar 4.48** Grafik Gelombang *Speedboat*

Data ketinggian gelombang pada *speedboat* dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat juga data lainnya yang dapat pada saat penelitian sebagai berikut.

**Tabel 4.16** Data Hasil Penelitian *Speedboat*

<i>Speedboat</i>				
Arus	Angin	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)
0,1 m/s	0,6 m/s	60 mm	0,060 m	1,8 s

#### 4.5 Perhitungan Energi Gelombang

Setelah mendapatkan data ketinggian gelombang yang dihasilkan oleh kapal nelayan, dilakukannya perhitungan untuk mendapatkan nilai energi gelombang pada setiap variasi pada penelitian kali ini, untuk rumus yang digunakan pada perhitungan energi gelombang sebagai berikut.

$$E = \frac{\rho \cdot g^2 \cdot H^2 \cdot T^2}{16 \pi} \dots \dots \dots (4.1)$$

Berdasarkan rumus tersebut, didapatkan hasil perhitungan berupa nilai energi gelombang yang tertera pada tabel dibawah ini, sebagai berikut.

**Tabel 4.17** Data Hasil Penelitian

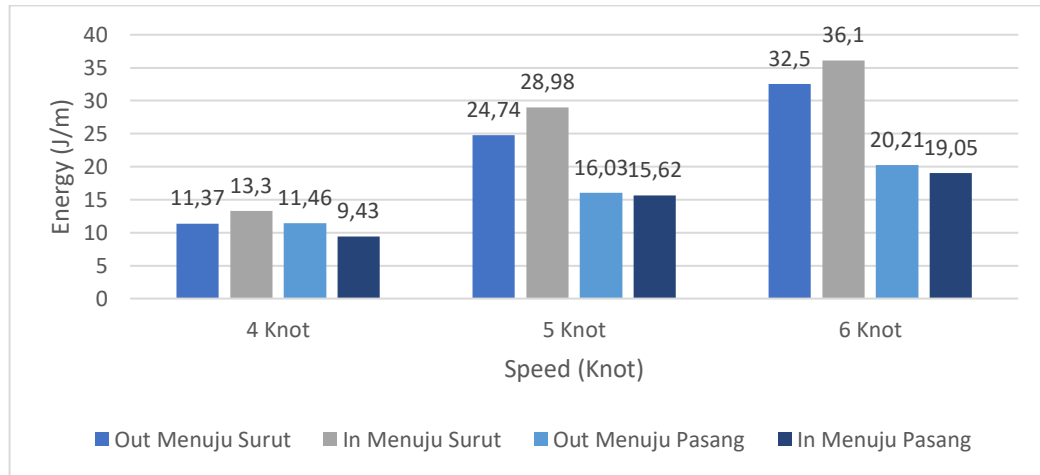
No	Kondisi Air	Kecepatan (Knot)	Arah Kapal	Arus (m/s)	Angin (m/s)	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)	Energi (J/m)
1	Menuju Surut	4	Keluar	0,1	1,2	38,1	0,0381	2	11,37
2	Menuju Surut	4	Masuk	0,3	0,6	41,3	0,0413	2	13,3
3	Menuju Surut	5	Keluar	0,2	1,7	56,2	0,0562	2	24,74
4	Menuju Surut	5	Masuk	0,2	0,6	55,3	0,0553	2,2	28,98
5	Menuju Surut	6	Keluar	0,3	0,2	49,6	0,0496	2,6	32,5
6	Menuju Surut	6	Masuk	0,2	0,3	56,6	0,0566	2,4	36,1
7	Menuju Pasang	4	Keluar	0,1	0,1	42,5	0,0425	1,8	11,46
8	Menuju Pasang	4	Masuk	0,2	0,4	34,7	0,0347	2	9,43
9	Menuju Pasang	5	Keluar	0,2	0,3	37,7	0,0377	2,4	16,03
10	Menuju Pasang	5	Masuk	0,1	0,1	40,6	0,0406	2,2	15,62
11	Menuju Pasang	6	Keluar	0,1	0,1	50,8	0,0508	2	20,21
12	Menuju Pasang	6	Masuk	0,2	0,1	54,8	0,0548	1,8	19,05

**Tabel 4.18** Data Hasil Penelitian Kapal Lain

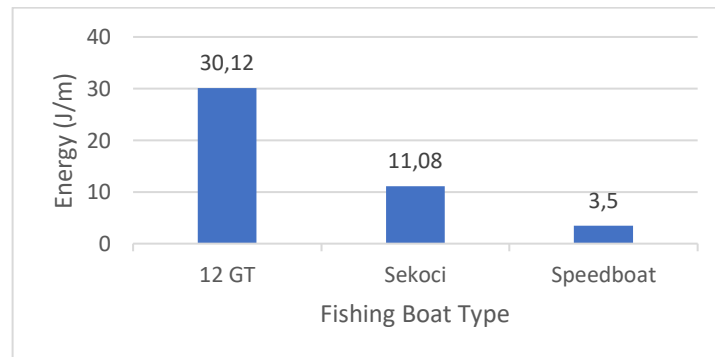
No	Jenis Kapal	Arus (m/s)	Angin (m/s)	Hmax (mm)	Hmax (m)	Tmax (s)	Energi (J/m)
1	12 GT	0,3	0,5	68,9	0,0689	1,8	30,12
2	Sekoci	0,1	0,6	41,8	0,0418	1,8	11,08
3	Speedboat	0,3	0,3	60	0,06	1,8	22,84



Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa nilai energi gelombang yang dihasilkan berbeda-beda pada setiap variasinya. Untuk mengetahui perbedaan yang lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



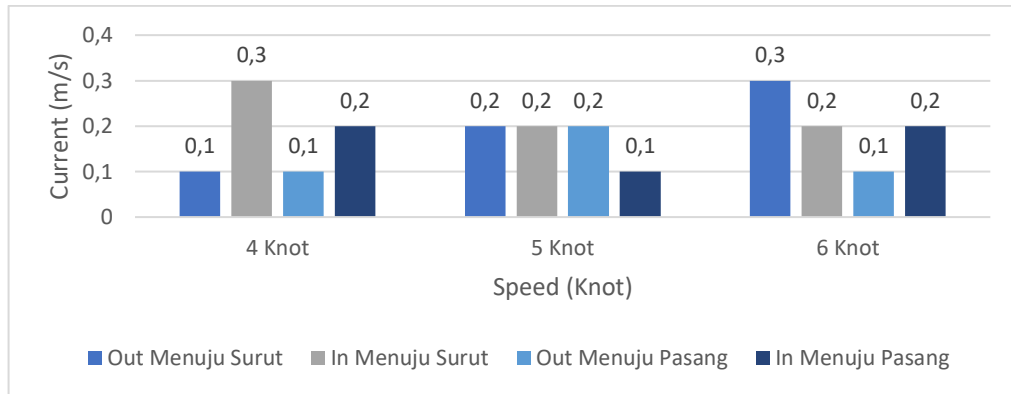
**Gambar 4.49** Grafik Hasil Energi Gelombang Kapal Putri Tunggal



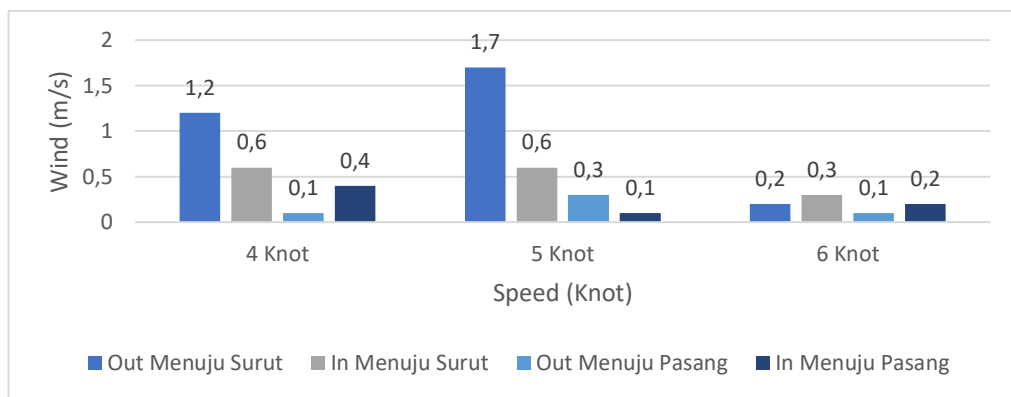
**Gambar 4.50** Grafik Hasil Energi Gelombang Kapal Lain

Banyak faktor yang mempengaruhi nilai energi gelombang tersebut sehingga menghasilkan nilai energi gelombang yang berbeda-beda. Salah satu faktornya yaitu kecepatan kapal, seperti yang dikatakan (Macfarlane & Cox, 2004), bahwa untuk mengetahui kriteria gelombang tidak hanya dari energi saja, kecepatan kapal juga harus diperhatikan dan dipertimbangkan, karena semakin tinggi kecepatan kapal yang digunakan maka semakin tinggi gelombang yang dihasilkan.

Faktor berikutnya yaitu kondisi lingkungan yang mempengaruhi perbedaan energi yang dihasilkan, seperti pasang dan surut, arus, dan angin. Dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



**Gambar 4.51** Grafik Kecepatan Arus



**Gambar 4.52** Grafik Kecepatan Angin

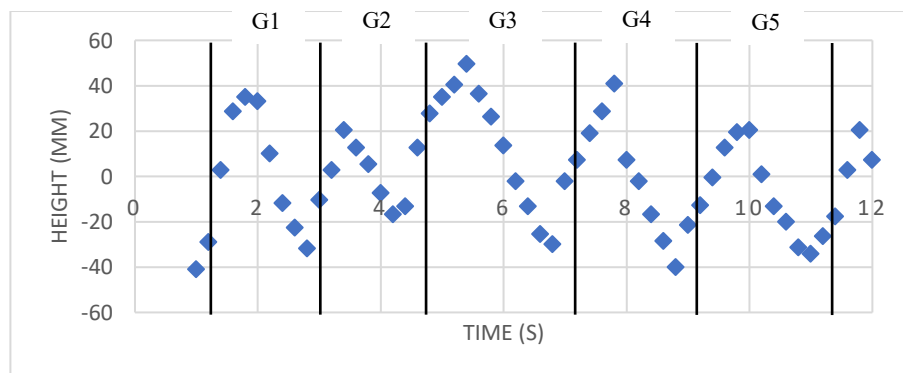
pada variasi kecepatan yang sama tetapi memiliki nilai energi yang berbeda, contohnya energi yang dihasilkan pada kecepatan 4 knot menuju keluar lebih kecil dari kecepatan 4 knot menuju masuk dalam kondisi air yang sama yaitu menuju surut, hal itu disebabkan angin dan arus yang memiliki nilai dan arah yang berbeda, dalam kondisi menuju surut arus air bergerak dari dalam muara kearah keluar muara, itu sebabnya mengapa variasi 4 knot arah masuk menuju surut memiliki nilai energi yang lebih tinggi dibandingkan 4 knot arah keluar menuju surut. Sama halnya pada kondisi air menuju pasang, dimana arus yang bergerak dari luar muara kearah masuk muara, membuat variasi 5 knot arah keluar memiliki nilai energi yang lebih tinggi dibandingkan variasi 5 knot arah masuk.

Pada variasi kapal yang berbeda memiliki nilai energi gelombang yang berbeda juga dikarenakan bentuk, ukuran, dan kecepatan yang dimiliki oleh masing – masing kapal tersebut berbeda. Dapat dibandingkan untuk kapal 12

GT dengan kapal Putri Tunggal dalam semua variasi, kapal 12 GT memiliki nilai energi gelombang yang lebih tinggi, dikarenakan berat yang dimiliki kapal tersebut lebih tinggi dari kapal putri tunggal. Beda halnya dengan *speedboat*, *speedboat* atau kapal cepat ini memiliki ukuran yang jauh lebih kecil tetapi memiliki kecepatan yang sangat tinggi, sehingga memiliki nilai energi gelombang yang cukup tinggi.

#### 4.6 Perhitungan Energi Gelombang Total

Pada penelitian kali ini, dicari juga nilai energi gelombang total pada setiap variasi penelitian, untuk mengetahui energi yang didapat pada setiap gelombangnya sebagai berikut.



**Gambar 4.53** Grafik Gelombang 6 Knot *Out*

Terdapat total 5 gelombang yang ada pada variasi 6 knot arah keluar menuju surut. Untuk mendapatkan nilai E total dibutuhkan nilai energi di masing-masing gelombang dengan rumus 4.1, diketahui nilai H dan T pada masing-masing gelombang sebagai berikut.

**Tabel 4.19** Data H dan T pada Setiap Gelombang

No	Gelombang	H (m)	T (s)
1	Gelombang 1	0,035	1,6
2	Gelombang 2	0,020	1,6
3	Gelombang 3	0,049	2,2
4	Gelombang 4	0,040	1,8
5	Gelombang 5	0,020	2,2

1. Perhitungan Gelombang 1

$$E = \frac{1025 \cdot 9,8^2 \cdot 0,035^2 \cdot 1,6^2}{16 \pi}$$

$$E = 6,14 \text{ J/m}$$

2. Perhitungan Gelombang 2

$$E = \frac{1025 \cdot 9,8^2 \cdot 0,020^2 \cdot 1,6^2}{16 \pi}$$

$$E = 2 \text{ J/m}$$

3. Perhitungan Gelombang 3

$$E = \frac{1025 \cdot 9,8^2 \cdot 0,049^2 \cdot 2,2^2}{16 \pi}$$

$$E = 22,7 \text{ J/m}$$

4. Perhitungan Gelombang 4

$$E = \frac{1025 \cdot 9,8^2 \cdot 0,040^2 \cdot 1,8^2}{16 \pi}$$

$$E = 10,15 \text{ J/m}$$

5. Perhitungan Gelombang 5

$$E = \frac{1025 \cdot 9,8^2 \cdot 0,020^2 \cdot 2,2^2}{16 \pi}$$

$$E = 3,79 \text{ J/m}$$

6. Perhitungan Energi Total

$$E1 + E2 + E3 + E4 + E5 = E \text{ Total} \dots\dots\dots(4.2)$$

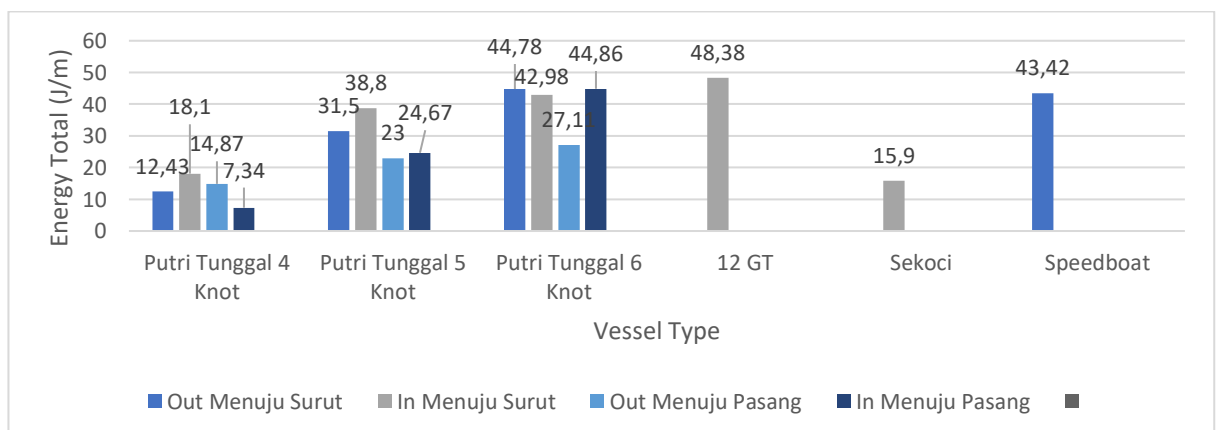
$$E \text{ Total} = 6,14 + 2 + 22,7 + 10,15 + 3,79$$

$$E \text{ Total} = 44,78 \text{ J/m}$$

Untuk hasil perhitungan energi total gelombang yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4.20** Hasil Nilai E Total

No	Jenis Kapal	E Total (J/m)
1	4 Knot <i>Out</i> Menuju Surut	12,43
2	4 Knot <i>In</i> Menuju Surut	18,1
3	5 Knot <i>Out</i> Menuju Surut	31,5
4	5 Knot <i>In</i> Menuju Surut	38,8
5	6 Knot <i>Out</i> Menuju Surut	44,78
6	6 Knot <i>In</i> Menuju Surut	42,98
7	4 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang	14,87
8	4 Knot <i>In</i> Menuju Pasang	7,34
9	5 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang	23
10	5 Knot <i>In</i> Menuju Pasang	24,67
11	6 Knot <i>Out</i> Menuju Pasang	27,11
12	6 Knot <i>In</i> Menuju Pasang	44,86
13	Kapal 12 GT	48,38
14	Kapal Sekoci	15,9
15	<i>Speedboat</i>	43,42



**Gambar 4.54** Grafik E Total

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah melaksanakan penelitian, didapatkan kesimpulan yang ditulis pada point – point dibawah ini, sebagai berikut.

1. Kapal yang dipakai untuk objek penelitian kali ini yaitu kapal nelayan putri tunggal berukuran 6 GT, *lines plan* telah dibuat sesuai dengan ukuran asli kapal tersebut dengan lebar kapal sebesar 2,6 m, dan panjang sebesar 11,07 m. Dari hasil pembuatan *lines plan* tersebut dapat disimpulkan bahwa kapal akan menghasilkan gelombang yang rendah, karena memiliki bentuk lambung berbentuk V, dimana lambung berbentuk V dipergunakan untuk kapal yang memiliki kecepatan tinggi, maka lambung ini akan lebih efisien dalam memecah air, lalu juga kapal tersebut memiliki bentuk haluan lancip yang efisien dalam memecah gelombang. Dengan kriteria kapal tersebut dapat menghasilkan energi gelombang rata – rata 19,89 J/m.
2. Didapatnya Kesimpulan pada karakteristik gelombang yang dihasilkan dari kapal nelayan berupa ketinggian gelombang, periode gelombang, dan energi gelombang berdasarkan ketinggian maksimal dan energi total pada setiap variasi yang diberikan. Untuk hasil data yang telah didapat dan diolah energi gelombang yang dihasilkan berbeda dari setiap kecepatan arah, maupun kondisi air. Nilai tertinggi yang didapat sebesar 36,1 J/m, dan untuk nilai Energi total tertinggi yang didapat sebesar 48,38 J/m. Faktor yang mempengaruhi hasil energi selain dari kecepatan kapal juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti arah kecepatan arus dan angin. Seperti yang sudah dibahas tentang aturan yang diijinkan, peraturan di Sungai Brisbane layak digunakan di Pelabuhan Karangantu dikarenakan memiliki kriteria yang sama, yaitu sudah tidak alami, lokasi didekat perkotaan, dan sudah banyak pembangunan atau pengembangan rekreasi wisata. Untuk faktor yang

dibatasi pada peraturan ini ialah energi dan juga kecepatan kapal. Faktor yang dipertimbangkan berupa ketinggian gelombang maksimum, periode maksimum, dan kecepatan. Dengan batas maksimum energi  $\leq 180 \text{ J/m}$  dan batas kecepatan 6 knot. Secara keseluruhan aturan tersebut sudah terpenuhi dan sesuai dalam penelitian kali ini.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian – penelitian selanjutnya terkait gelombang yang dihasilkan oleh kapal nelayan, sebagai berikut.

1. Melakukan pengukuran ketinggian gelombang menggunakan dua jenis alat, tidak hanya alat kontak, tetapi memakai alat nonkontak juga agar menghasilkan data yang lebih baik.
2. Melakukan tambahan variasi kecepatan kapal dan juga variasi kapal yang digunakan agar dapat mengetahui energi gelombang yang dihasilkan dari jenis atau bentuk kapal yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Axelius, B., Kumara, I. N., & Ariastina, W. G. (2022). Review Ragam Jenis Kapal Perikanan Indonesia. *Jurnal Spektrum Vol. 9*, 84 - 93.
- Bennasai, G. P. (2013). Field Study on Waves Produces by HSC for Coastal Management. *Ocean & Coastal Management*, 138-145.
- Bhattacharya, R. (1978). *Dynamics of Marine Vehicles*. USA: A Wiley-Interscience Publication.
- Bradbury, J. (2005b). *Revised Wave Wake Criteria For Vessel Operation On The Lower Gordon River*. Tasmania: Department of Primary Industries, Water and Environment Resource Management and Conservation Division.
- Dahuri. R. J., d. (1999). *Studi Sistem Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Laut*. Bogor: Laporan Pendahuluan Pusat Kegiatan Sumberdaya Pesisir dan Kelautan (PUSPIS) IPB Bogor.
- Dinas Perhubungan Provinsin Banten. (2021). *Potensi Pembangunan Fasilitas Pelabuhan Karangantu*. Banten: Dinas Perhubungan Provinsi Banten.
- DMA, D. M. (1997). *Report on the Impact of the High-speed Ferries on the External Environment*. Denmark: Danish Maritime Authority.
- Ghani, M. P., & Rahim, M. A. (2008). The Prediction of Wake Wash In The Towing Tank. *Jurnal Mekanikal*, 129 - 140.
- Ir. Alex Binilang, M. (2014). Analisis Karakteristik Gelombang Di Pantai Kecamatan Belang Kabupaten Minahasa Tenggara. *Tekno Sipil Vol. 12*, 46 - 56.
- Ir. H. Djoko Tribawono, M. (2013). *Hukum Perikanan Indonesia*. PT. Citra Aditya Bakti.
- J, G. A., Hadi, E. S., & Zaki, A. F. (2017). Analisa Pengaruh Sudut Masuk Kapal Perintis 750 DWT Terhadap Resistance Kapal Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD). *Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 5, No. 2*, 465-472.
- Jamaluddin, A. (2010). Wave Pattern dan Interaksi Hambatan Gelombang pada Kapal Lambung Ganda. *Jurnal Wave*, 6 - 11.



- Karim, N. T., & Muhammad, H. (2008). Studi Prediksi Pasang Surut dan Gelombang Untuk Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai pada Pantai Pasir Putih Pitulua Kolaka Utara. *Jurnal Teknik Hidro*, 1-13.
- Macfarlane, & Cox. (2004). *The Development of Vessel Wave wake Criteria For the Noosa and Brisbane Rivers in Southeast Queensland*. Alicante: Coastal Environment.
- Macfarlane, G. (2012). *Marine Vessel Wave Wake: Focus on Vessel Operations within Sheltered Waterways*. Australian: Maritime College, University of Tasmania.
- Pelabuhan Perikanan Nusantara Karangantu. (2019). *Laporan Tahunan TA. 2019*. Serang: Kementrian Kelautan dan Perikanan.
- Pelabuhan Perikanan Nusantara Karangantu. (2022). *Laporan Tahunan TA. 2022*. Serang: Kementrian Kelautan dan Perikanan.
- Robertus C. Manengkey, K. W. (2023). Studi Tentang Desain Kapal Perikanan Pantai. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap* 8(1), 31-38.
- Suprayogi, D. T. (2020). *The Effect of Tides and Vessel Parameters of Fishing Boat Generated Waves*. Malaysia: Faculty Engineering Universiti Teknologi Malaysia.
- Suprayogi, D. T., Yaakob, O. b., Ahmed, Y. M., Hashim, F. E., Prayetno, E., Elbatran, A. A., & Purqon, A. (2022). Speed Limit Determination of Fishing Boats In Confined Water Based On Ship Generated Waves. *Alexandria Engineering Journal*, 3165 - 3174.
- Suprayogi, D. T., Yaakob, O., Adnan, F. A., Ghani, M. P., & Sheikh, U. U. (2014). Field Measurement of Fishing Boats Generated Waves. *Jurnal Teknologi*, 183-188.
- Suprayogi, D. T., Yaakob, O., Ismail, M. A., Sudrajat, A., & Adnan, F. A. (2023). Spectral Analysis of Ship Generated Waves by Fishing Boat in Mersing River with Considering Tidal. *Sprectal Paper*, 1-17.
- Supriadi, D., Nurhayati, & Putri, D. A. (2019). Kesesuaian Ukuran Kapal Dengan Dokumen Pada Kapal Jala Cumi (Cast Net) Di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Kejawanan Cirebon. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Vol. X No. 2*, 89 - 95.

- Tavakoli, S., Shaghghi, P., Mancini, S., Luca, F. D., & Dashtimanesh, A. (2022). Wake Waves of a Planing Boat. *Physics of Fluids*, 1-19.
- Thomson, W. (. (1887). On Ship Waves. *Trans. Inst. Mech. Eng*, 409 - 433.
- Triatmodjo, B. (2012). *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wijaya, R. C. (2022). *Mekanika Gelombang Laut Dan Sungai*. Bandarlampung: Pusaka Media.

## **LAMPIRAN**

## LAMPIRAN I. Data Ketinggian Gelombang Menuju Surut

**Tabel I.1** Data Ketinggian Gelombang 4 Knot *Out* Menuju Surut

Pixel	Waktu (s)	mm	H
725	1	968,617	-2,824
740	1,2	976,596	5,15474
740	1,4	976,596	5,15474
725	1,6	968,617	-2,824
716	1,8	963,83	-7,6112
734	2	973,404	1,96325
731	2,2	971,809	0,3675
718	2,4	964,894	-6,5474
725	2,6	968,617	-2,824
732	2,8	972,34	0,89942
766	3	990,426	18,9845
778	3,2	996,809	25,3675
755	3,4	984,574	13,1335
733	3,6	972,872	1,43133
718	3,8	964,894	-6,5474
740	4	976,596	5,15474
766	4,2	990,426	18,9845
782	4,4	998,936	27,4952
802	4,6	1009,57	38,1335
775	4,8	995,213	23,7718
742	5	977,66	6,21857
722	5,2	967,021	-4,4197
705	5,4	957,979	-13,462
692	5,6	951,064	-20,377
711	5,8	961,17	-10,271
724	6	968,085	-3,3559
740	6,2	976,596	5,15474
760	6,4	987,234	15,793
775	6,6	995,213	23,7718
775	6,8	995,213	23,7718
742	7	977,66	6,21857
712	7,2	961,702	-9,7389
692	7,4	951,064	-20,377
690	7,6	950	-21,441
722	7,8	967,021	-4,4197
745	8	979,255	7,81431
709	8,2	960,106	-11,335
686	8,4	947,872	-23,569

712	8,6	961,702	-9,7389
722	8,8	967,021	-4,4197
701	9	955,851	-15,59
688	9,2	948,936	-22,505
699	9,4	954,787	-16,654
735	9,6	973,936	2,49516
760	9,8	987,234	15,793
768	10	991,489	20,0484
732	10,2	972,34	0,89942
698	10,4	954,255	-17,186
690	10,6	950	-21,441
688	10,8	948,936	-22,505
702	11	956,383	-15,058
722	11,2	967,021	-4,4197
745	11,4	979,255	7,81431
738	11,6	975,532	4,09091
722	11,8	967,021	-4,4197

**Tabel I.2** Data Ketinggian Gelombang 4 Knot *In* Menuju Surut

<b>Pixel</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>mm</b>	<b>H</b>
580	1	911,765	-29,874
602	1,2	924,706	-16,933
613	1,4	931,176	-10,462
632	1,6	942,353	0,71429
623	1,8	937,059	-4,5798
605	2	926,471	-15,168
604	2,2	925,882	-15,756
616	2,4	932,941	-8,6975
625	2,6	938,235	-3,4034
634	2,8	943,529	1,89076
645	3	950	8,36134
625	3,2	938,235	-3,4034
600	3,4	923,529	-18,109
611	3,6	930	-11,639
634	3,8	943,529	1,89076
658	4	957,647	16,0084
677	4,2	968,824	27,1849
645	4,4	950	8,36134
630	4,6	941,176	-0,4622
655	4,8	955,882	14,2437
681	5	971,176	29,5378

701	5,2	982,941	41,3025
700	5,4	982,353	40,7143
682	5,6	971,765	30,1261
665	5,8	961,765	20,1261
642	6	948,235	6,59664
620	6,2	935,294	-6,3445
606	6,4	927,059	-14,58
595	6,6	920,588	-21,05
625	6,8	938,235	-3,4034
650	7	952,941	11,3025
670	7,2	964,706	23,0672
685	7,4	973,529	31,8908
694	7,6	978,824	37,1849
697	7,8	980,588	38,9496
671	8	965,294	23,6555
628	8,2	940	-1,6387
604	8,4	925,882	-15,756
587	8,6	915,882	-25,756
598	8,8	922,353	-19,286
622	9	936,471	-5,1681
652	9,2	954,118	12,479
629	9,4	940,588	-1,0504
604	9,6	925,882	-15,756
588	9,8	916,471	-25,168
582	10	912,941	-28,697
604	10,2	925,882	-15,756
612	10,4	930,588	-11,05
628	10,6	940	-1,6387
635	10,8	944,118	2,47899
655	11	955,882	14,2437
623	11,2	937,059	-4,5798
602	11,4	924,706	-16,933
595	11,6	920,588	-21,05
590	11,8	917,647	-23,992
588	12	916,471	-25,168

**Tabel I.3** Data Ketinggian Gelombang 5 Knot *Out* Menuju Surut

<b>Pixel</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>mm</b>	<b>H</b>
835	1	822,111	-8,6226
840	1,2	824,623	-6,11
869	1,4	839,196	8,46285

885	1,6	847,236	16,5031
926	1,8	867,839	37,1061
944	2	876,884	46,1513
938	2,2	873,869	43,1362
885	2,4	847,236	16,5031
848	2,6	828,643	-2,0899
792	2,8	800,503	-30,231
750	3	779,397	-51,336
775	3,2	791,96	-38,773
792	3,4	800,503	-30,231
832	3,6	820,603	-10,13
874	3,8	841,709	10,9754
925	4	867,337	36,6036
856	4,2	832,663	1,93019
820	4,4	814,573	-16,16
792	4,6	800,503	-30,231
862	4,8	835,678	4,94526
925	5	867,337	36,6036
964	5,2	886,935	56,2015
880	5,4	844,724	13,9905
800	5,6	804,523	-26,211
769	5,8	788,945	-41,788
803	6	806,03	-24,703
856	6,2	832,663	1,93019
896	6,4	852,764	22,0307
862	6,6	835,678	4,94526
825	6,8	817,085	-13,648
750	7	779,397	-51,336
721	7,2	764,824	-65,909
806	7,4	807,538	-23,195
854	7,6	831,658	0,92516
802	7,8	805,528	-25,205
743	8	775,879	-54,854
792	8,2	800,503	-30,231
825	8,4	817,085	-13,648
873	8,6	841,206	10,4729
901	8,8	855,276	24,5433
945,9	9	877,839	47,1061
946	9,2	877,889	47,1563
921	9,4	865,327	34,5935
873	9,6	841,206	10,4729

825	9,8	817,085	-13,648
795	10	802,01	-28,723
825	10,2	817,085	-13,648
868	10,4	838,693	7,96034
915	10,6	862,312	31,5784
920	10,8	864,824	34,091
875	11	842,211	11,4779
830	11,2	819,598	-11,135
902	11,4	855,779	25,0458
900	11,6	854,774	24,0407
868	11,8	838,693	7,96034
825	12	817,085	-13,648

**Tabel I.4** Data Ketinggian Gelombang 5 Knot *In* Menuju Surut

<b>Pixel</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>mm</b>	<b>H</b>
633	1	860,513	-48,278
650	1,2	869,231	-39,56
671	1,4	880	-28,791
702	1,6	895,897	-12,894
710	1,8	900	-8,7912
684	2	886,667	-22,125
642	2,2	865,128	-43,663
665	2,4	876,923	-31,868
692	2,6	890,769	-18,022
714	2,8	902,051	-6,7399
730	3	910,256	1,4652
746	3,2	918,462	9,67033
722	3,4	906,154	-2,6374
705	3,6	897,436	-11,355
671	3,8	880	-28,791
620	4	853,846	-54,945
654	4,2	871,282	-37,509
692	4,4	890,769	-18,022
743	4,6	916,923	8,13187
775	4,8	933,333	24,5421
787	5	939,487	30,696
752	5,2	921,538	12,7473
721	5,4	905,641	-3,1502
698	5,6	893,846	-14,945
745	5,8	917,949	9,15751
798	6	945,128	36,337



821	6,2	956,923	48,1319
832	6,4	962,564	53,7729
802	6,6	947,179	38,3883
772	6,8	931,795	23,0037
720	7	905,128	-3,663
701	7,2	895,385	-13,407
683	7,4	886,154	-22,637
650	7,6	869,231	-39,56
697	7,8	893,333	-15,458
765	8	928,205	19,4139
800	8,2	946,154	37,3626
722	8,4	906,154	-2,6374
665	8,6	876,923	-31,868
700	8,8	894,872	-13,919
745	9	917,949	9,15751
781	9,2	936,41	27,619
825	9,4	958,974	50,1832
831	9,6	962,051	53,2601
835	9,8	964,103	55,3114
825	10	958,974	50,1832
800	10,2	946,154	37,3626
764	10,4	927,692	18,9011
731	10,6	910,769	1,97802
682	10,8	885,641	-23,15
702	11	895,897	-12,894
735	11,2	912,821	4,0293
752	11,4	921,538	12,7473
722	11,6	906,154	-2,6374
688	11,8	888,718	-20,073
650	12	869,231	-39,56

**Tabel I.5** Data Ketinggian Gelombang 6 Knot *Out* Menuju Surut

<b>Pixel</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>mm</b>	<b>H</b>
842	1	688,78	-41,108
867	1,2	700,976	-28,913
932	1,4	732,683	2,79454
985	1,6	758,537	28,6482
998	1,8	764,878	34,9897
994	2	762,927	33,0384
947	2,2	740	10,1116
902	2,4	718,049	-11,84

880	2,6	707,317	-22,571
861	2,8	698,049	-31,84
905	3	719,512	-10,376
932	3,2	732,683	2,79454
968	3,4	750,244	20,3555
952	3,6	742,439	12,5506
937	3,8	735,122	5,23357
911	4	722,439	-7,4494
892	4,2	713,171	-16,718
899	4,4	716,585	-13,303
952	4,6	742,439	12,5506
983	4,8	757,561	27,6726
998	5	764,878	34,9897
1009	5,2	770,244	40,3555
1028	5,4	779,512	49,6238
1001	5,6	766,341	36,4531
980	5,8	756,098	26,2092
954	6	743,415	13,5263
922	6,2	727,805	-2,0835
899	6,4	716,585	-13,303
874	6,6	704,39	-25,498
865	6,8	700	-29,888
922	7	727,805	-2,0835
941	7,2	737,073	7,18479
965	7,4	748,78	18,8921
985	7,6	758,537	28,6482
1010	7,8	770,732	40,8433
941	8	737,073	7,18479
922	8,2	727,805	-2,0835
892	8,4	713,171	-16,718
868	8,6	701,463	-28,425
844	8,8	689,756	-40,132
882	9	708,293	-21,596
900	9,2	717,073	-12,815
925	9,4	729,268	-0,6201
952	9,6	742,439	12,5506
966	9,8	749,268	19,3799
968	10	750,244	20,3555
928	10,2	730,732	0,84332
899	10,4	716,585	-13,303
885	10,6	709,756	-20,132

862	10,8	698,537	-31,352
856	11	695,61	-34,279
872	11,2	703,415	-26,474
890	11,4	712,195	-17,693
932	11,6	732,683	2,79454
968	11,8	750,244	20,3555
941	12	737,073	7,18479
920	12,2	726,829	-3,0591
881	12,4	707,805	-22,084
864	12,6	699,512	-30,376

**Tabel I.6** Data Ketinggian Gelombang 6 Knot *In* Menuju Surut

Pixel	Waktu (s)	mm	H
757	1	851,053	-30,714
784	1,2	865,263	-16,504
803	1,4	875,263	-6,5038
826	1,6	887,368	5,6015
809	1,8	878,421	-3,3459
772	2	858,947	-22,82
784	2,2	865,263	-16,504
812	2,4	880	-1,7669
833	2,6	891,053	9,28571
866	2,8	908,421	26,6541
908	3	930,526	48,7594
923	3,2	938,421	56,6541
915	3,4	934,211	52,4436
900	3,6	926,316	44,5489
880	3,8	915,789	34,0226
853	4	901,579	19,812
822	4,2	885,263	3,49624
805	4,4	876,316	-5,4511
843	4,6	896,316	14,5489
868	4,8	909,474	27,7068
832	5	890,526	8,7594
804	5,2	875,789	-5,9774
759	5,4	852,105	-29,662
764	5,6	854,737	-27,03
794	5,8	870,526	-11,241
835	6	892,105	10,3383
826	6,2	887,368	5,6015
801	6,4	874,211	-7,5564

784	6,6	865,263	-16,504
752	6,8	848,421	-33,346
730	7	836,842	-44,925
776	7,2	861,053	-20,714
798	7,4	872,632	-9,1353
822	7,6	885,263	3,49624
845	7,8	897,368	15,6015
850	8	900	18,2331
822	8,2	885,263	3,49624
805	8,4	876,316	-5,4511
781	8,6	863,684	-18,083
752	8,8	848,421	-33,346
772	9	858,947	-22,82
799	9,2	873,158	-8,609
812	9,4	880	-1,7669
836	9,6	892,632	10,8647
827	9,8	887,895	6,12782
802	10	874,737	-7,0301
775	10,2	860,526	-21,241
790	10,4	868,421	-13,346
822	10,6	885,263	3,49624
850	10,8	900	18,2331
864	11	907,368	25,6015
844	11,2	896,842	15,0752
823	11,4	885,789	4,02256
802	11,6	874,737	-7,0301
785	11,8	865,789	-15,977
762	12	853,684	-28,083

**LAMPIRAN II. Data Ketinggian Gelombang Menuju Pasang**

**Tabel II.1** Data Ketinggian Gelombang 4 Knot *Out* Menuju Pasang

<b>Pixel</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>mm</b>	<b>H</b>
818	1	1070,29	-23,175
837	1,2	1081,14	-12,317
865	1,4	1097,14	3,68254
875	1,6	1102,86	9,39683
871	1,8	1100,57	7,11111
853	2	1090,29	-3,1746
822	2,2	1072,57	-20,889
801	2,4	1060,57	-32,889

833	2,6	1078,86	-14,603
855	2,8	1091,43	-2,0317
872	3	1101,14	7,68254
885	3,2	1108,57	15,1111
861	3,4	1094,86	1,39683
842	3,6	1084	-9,4603
825	3,8	1074,29	-19,175
803	4	1061,71	-31,746
806	4,2	1063,43	-30,032
833	4,4	1078,86	-14,603
871	4,6	1100,57	7,11111
921	4,8	1129,14	35,6825
933	5	1136	42,5397
911	5,2	1123,43	29,9683
871	5,4	1100,57	7,11111
842	5,6	1084	-9,4603
793	5,8	1056	-37,46
833	6	1078,86	-14,603
859	6,2	1093,71	0,25397
898	6,4	1116	22,5397
925	6,6	1131,43	37,9683
876	6,8	1103,43	9,96825
851	7	1089,14	-4,3175
821	7,2	1072	-21,46
868	7,4	1098,86	5,39683
885	7,6	1108,57	15,1111
903	7,8	1118,86	25,3968
890	8	1111,43	17,9683
875	8,2	1102,86	9,39683
842	8,4	1084	-9,4603
835	8,6	1080	-13,46
853	8,8	1090,29	-3,1746
877	9	1104	10,5397
891	9,2	1112	18,5397
910	9,4	1122,86	29,3968
886	9,6	1109,14	15,6825
845	9,8	1085,71	-7,746
822	10	1072,57	-20,889

**Tabel II.2** Data Ketinggian Gelombang 4 Knot *In Menuju Pasang*

<b>Pixel</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>mm</b>	<b>H</b>
784	1	1082,78	-16,898
805	1,2	1094,44	-5,2315
815	1,4	1100	0,32407
834	1,6	1110,56	10,8796
827	1,8	1106,67	6,99074
814	2	1099,44	-0,2315
802	2,2	1092,78	-6,8981
790	2,4	1086,11	-13,565
805	2,6	1094,44	-5,2315
823	2,8	1104,44	4,76852
843	3	1115,56	15,8796
835	3,2	1111,11	11,4352
819	3,4	1102,22	2,5463
796	3,6	1089,44	-10,231
785	3,8	1083,33	-16,343
801	4	1092,22	-7,4537
819	4,2	1102,22	2,5463
834	4,4	1110,56	10,8796
877	4,6	1134,44	34,7685
838	4,8	1112,78	13,1019
811	5	1097,78	-1,8981
784	5,2	1082,78	-16,898
805	5,4	1094,44	-5,2315
819	5,6	1102,22	2,5463
833	5,8	1110	10,3241
811	6	1097,78	-1,8981
802	6,2	1092,78	-6,8981
789	6,4	1085,56	-14,12
790	6,6	1086,11	-13,565
815	6,8	1100	0,32407
821	7	1103,33	3,65741
830	7,2	1108,33	8,65741
841	7,4	1114,44	14,7685
822	7,6	1103,89	4,21296
808	7,8	1096,11	-3,5648
792	8	1087,22	-12,454
804	8,2	1093,89	-5,787
822	8,4	1103,89	4,21296
846	8,6	1117,22	17,5463

859	8,8	1124,44	24,7685
834	9	1110,56	10,8796
822	9,2	1103,89	4,21296
810	9,4	1097,22	-2,4537
798	9,6	1090,56	-9,1204
782	9,8	1081,67	-18,009
780	10	1080,56	-19,12

**Tabel II.3** Data Ketinggian Gelombang 5 Knot *Out* Menuju Pasang

Pixel	Waktu (s)	mm	H
778	1	1120,79	-17,88
809	1,2	1138,2	-0,4641
825	1,4	1147,19	8,52467
810	1,6	1138,76	0,0977
800	1,8	1133,15	-5,5203
789	2	1126,97	-11,7
765	2,2	1113,48	-25,183
782	2,4	1123,03	-15,633
802	2,6	1134,27	-4,3967
825	2,8	1147,19	8,52467
853	3	1162,92	24,255
844	3,2	1157,87	19,1988
821	3,4	1144,94	6,27748
807	3,6	1137,08	-1,5877
787	3,8	1125,84	-12,824
775	4	1119,1	-19,565
770	4,2	1116,29	-22,374
769	4,4	1115,73	-22,936
765	4,6	1113,48	-25,183
770	4,8	1116,29	-22,374
784	5	1124,16	-14,509
799	5,2	1132,58	-6,0821
825	5,4	1147,19	8,52467
857	5,6	1165,17	26,5022
872	5,8	1173,6	34,9292
866	6	1170,22	31,5584
835	6,2	1152,81	14,1426
811	6,4	1139,33	0,6595
799	6,6	1132,58	-6,0821
775	6,8	1119,1	-19,565
788	7	1126,4	-12,262

803	7,2	1134,83	-3,8349
832	7,4	1151,12	12,4573
856	7,6	1164,61	25,9404
877	7,8	1176,4	37,7382
851	8	1161,8	23,1314
839	8,2	1155,06	16,3898
799	8,4	1132,58	-6,0821
784	8,6	1124,16	-14,509
806	8,8	1136,52	-2,1495
823	9	1146,07	7,40107
844	9,2	1157,87	19,1988
828	9,4	1148,88	10,2101
800	9,6	1133,15	-5,5203
780	9,8	1121,91	-16,756
773	10	1117,98	-20,689

**Tabel II.4** Data Ketinggian Gelombang 5 Knot *In Menuju Pasang*

<b>Pixel</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>mm</b>	<b>H</b>
736	1	1106,29	-29,64
755	1,2	1117,14	-18,783
769	1,4	1125,14	-10,783
793	1,6	1138,86	2,93168
801	1,8	1143,43	7,50311
797	2	1141,14	5,21739
763	2,2	1121,71	-14,211
728	2,4	1101,71	-34,211
730	2,6	1102,86	-33,068
733	2,8	1104,57	-31,354
755	3	1117,14	-18,783
773	3,2	1127,43	-8,4969
802	3,4	1144	8,07453
822	3,6	1155,43	19,5031
835	3,8	1162,86	26,9317
803	4	1144,57	8,64596
789	4,2	1136,57	0,64596
765	4,4	1122,86	-13,068
742	4,6	1109,71	-26,211
779	4,8	1130,86	-5,0683
800	5	1142,86	6,93168
825	5,2	1157,14	21,2174
846	5,4	1169,14	33,2174



859	5,6	1176,57	40,646
834	5,8	1162,29	26,3602
812	6	1149,71	13,7888
792	6,2	1138,29	2,36025
751	6,4	1114,86	-21,068
778	6,6	1130,29	-5,6398
791	6,8	1137,71	1,78882
802	7	1144	8,07453
827	7,2	1158,29	22,3602
835	7,4	1162,86	26,9317
840	7,6	1165,71	29,7888
821	7,8	1154,86	18,9317
801	8	1143,43	7,50311
774	8,2	1128	-7,9255
739	8,4	1108	-27,925
745	8,6	1111,43	-24,497
789	8,8	1136,57	0,64596
805	9	1145,71	9,78882
823	9,2	1156	20,0745
804	9,4	1145,14	9,21739
788	9,6	1136	0,07453
753	9,8	1116	-19,925
738	10	1107,43	-28,497

**Tabel II.5** Data Ketinggian Gelombang 6 Knot *Out* Menuju Pasang

<b>Pixel</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>mm</b>	<b>H</b>
837	1	1007,23	-15,527
844	1,2	1010,21	-12,548
875	1,4	1023,4	0,64303
891	1,6	1030,21	7,45154
855	1,8	1014,89	-7,8676
844	2	1010,21	-12,548
827	2,2	1002,98	-19,783
791	2,4	987,66	-35,102
814	2,6	997,447	-25,314
844	2,8	1010,21	-12,548
862	3	1017,87	-4,8889
890	3,2	1029,79	7,026
901	3,4	1034,47	11,7069
848	3,6	1011,91	-10,846
801	3,8	991,915	-30,846

842	4	1009,36	-13,4
861	4,2	1017,45	-5,3144
937	4,4	1049,79	27,026
993	4,6	1073,62	50,8558
925	4,8	1044,68	21,9196
901	5	1034,47	11,7069
844	5,2	1010,21	-12,548
823	5,4	1001,28	-21,485
805	5,6	993,617	-29,144
803	5,8	992,766	-29,995
878	6	1024,68	1,91962
912	6,2	1039,15	16,3877
933	6,4	1048,09	25,3239
951	6,6	1055,74	32,9835
872	6,8	1022,13	-0,6336
855	7	1014,89	-7,8676
842	7,2	1009,36	-13,4
899	7,4	1033,62	10,8558
934	7,6	1048,51	25,7494
965	7,8	1061,7	38,9409
922	8	1043,4	20,643
900	8,2	1034,04	11,2813
884	8,4	1027,23	4,47281
845	8,6	1010,64	-12,123
895	8,8	1031,91	9,15366
921	9	1042,98	20,2175
910	9,2	1038,3	15,5366
875	9,4	1023,4	0,64303
835	9,6	1006,38	-16,378
821	9,8	1000,43	-22,336

**Tabel II.6** Data Ketinggian Gelombang 6 Knot *In Menuju Pasang*

<b>Pixel</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>mm</b>	<b>H</b>
805	1	933,333	-32,899
823	1,2	943,333	-22,899
854	1,4	960,556	-5,6763
842	1,6	953,889	-12,343
801	1,8	931,111	-35,121
822	2	942,778	-23,454
845	2,2	955,556	-10,676
871	2,4	970	3,76812

882	2,6	976,111	9,87923
832	2,8	948,333	-17,899
812	3	937,222	-29,01
847	3,2	956,667	-9,5652
867	3,4	967,778	1,54589
892	3,6	981,667	15,4348
903	3,8	987,778	21,5459
921	4	997,778	31,5459
872	4,2	970,556	4,32367
845	4,4	955,556	-10,676
812	4,6	937,222	-29,01
802	4,8	931,667	-34,565
845	5	955,556	-10,676
882	5,2	976,111	9,87923
915	5,4	994,444	28,2126
946	5,6	1011,67	45,4348
963	5,8	1021,11	54,8792
921	6	997,778	31,5459
862	6,2	965	-1,2319
805	6,4	933,333	-32,899
879	6,6	974,444	8,21256
922	6,8	998,333	32,1014
935	7	1005,56	39,3237
944	7,2	1010,56	44,3237
929	7,4	1002,22	35,9903
908	7,6	990,556	24,3237
882	7,8	976,111	9,87923
833	8	948,889	-17,343
811	8,2	936,667	-29,565
821	8,4	942,222	-24,01
866	8,6	967,222	0,99034
898	8,8	985	18,7681
869	9	968,889	2,657
863	9,2	965,556	-0,6763
845	9,4	955,556	-10,676
838	9,6	951,667	-14,565
821	9,8	942,222	-24,01
801	10	931,111	-35,121

### LAMPIRAN III. Data Ketinggian Gelombang Kapal Lain

Tabel III.1 Data Ketinggian Gelombang Kapal 12 GT

Pixel	Waktu (s)	mm	H
661	1	693,171	-40,357
689	1,2	706,829	-26,699
695	1,4	709,756	-23,772
672	1,6	698,537	-34,991
752	1,8	737,561	4,0331
788	2	755,122	21,5941
822	2,2	771,707	38,1794
883	2,4	801,463	67,9355
847	2,6	783,902	50,3746
827	2,8	774,146	40,6185
778	3	750,244	16,716
680	3,2	702,439	-31,089
658	3,4	691,707	-41,821
677	3,6	700,976	-32,552
725	3,8	724,39	-9,1376
752	4	737,561	4,0331
745	4,2	734,146	0,61847
715	4,4	719,512	-14,016
673	4,6	699,024	-34,503
626	4,8	676,098	-57,43
568	5	647,805	-85,723
619	5,2	672,683	-60,845
677	5,4	700,976	-32,552
695	5,6	709,756	-23,772
716	5,8	720	-13,528
667	6	696,098	-37,43
590	6,2	658,537	-74,991
620	6,4	673,171	-60,357
685	6,6	704,878	-28,65
673	6,8	699,024	-34,503
699	7	711,707	-21,821
745	7,2	734,146	0,61847
801	7,4	761,463	27,9355
885	7,6	802,439	68,9111
830	7,8	775,61	42,0819
775	8	748,78	15,2526

767	8,2	744,878	11,3502
758	8,4	740,488	6,95993
739	8,6	731,22	-2,3084
815	8,8	768,293	34,7648
880	9	800	66,4721
872	9,2	796,098	62,5697
862	9,4	791,22	57,6916
794	9,6	758,049	24,5209
722	9,8	722,927	-10,601
719	10	721,463	-12,064
782	10,2	752,195	18,6672
815	10,4	768,293	34,7648
833	10,6	777,073	43,5453
852	10,8	786,341	52,8136
865	11	792,683	59,1551
805	11,2	763,415	29,8868
767	11,4	744,878	11,3502
761	11,6	741,951	8,42334
694	11,8	709,268	-24,26
637	12	681,463	-52,064

**Tabel III.2** Data Ketinggian Gelombang Kapal Sekoci

<b>Pixel</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>mm</b>	<b>H</b>
817	1	715,88	-22,237
855	1,2	738,24	0,11555
896	1,4	762,35	24,2332
899	1,6	764,12	25,9979
880	1,8	752,94	14,8214
851	2	735,88	-2,2374
812	2,2	712,94	-25,179
827	2,4	721,76	-16,355
866	2,6	744,71	6,58613
894	2,8	761,18	23,0567
902	3	765,88	27,7626
904	3,2	767,06	28,9391
867	3,4	745,29	7,17437
823	3,6	719,41	-18,708
800	3,8	705,88	-32,237
847	4	733,53	-4,5903
866	4,2	744,71	6,58613
848	4,4	734,12	-4,0021

800	4,6	705,88	-32,237
823	4,8	719,41	-18,708
866	5	744,71	6,58613
904	5,2	767,06	28,9391
926	5,4	780	41,8803
883	5,6	754,71	16,5861
843	5,8	731,18	-6,9433
809	6	711,18	-26,943
798	6,2	704,71	-33,414
844	6,4	731,76	-6,355
877	6,6	751,18	13,0567
869	6,8	746,47	8,35084
850	7	735,29	-2,8256
812	7,2	712,94	-25,179
835	7,4	726,47	-11,649
844	7,6	731,76	-6,355
875	7,8	750	11,8803
899	8	764,12	25,9979
869	8,2	746,47	8,35084
847	8,4	733,53	-4,5903
830	8,6	723,53	-14,59
815	8,8	714,71	-23,414
814	9	714,12	-24,002
820	9,2	717,65	-20,473
810	9,4	711,76	-26,355
832	9,6	724,71	-13,414
851	9,8	735,88	-2,2374
868	10	745,88	7,76261
872	10,2	748,24	10,1155
888	10,4	757,65	19,5273
901	10,6	765,29	27,1744
884	10,8	755,29	17,1744
845	11	732,35	-5,7668
820	11,2	717,65	-20,473
865	11,4	744,12	5,9979
899	11,6	764,12	25,9979
890	11,8	758,82	20,7038
838	12	728,24	-9,8845

**Tabel III.3** Data Ketinggian Gelombang *Speedboat*

<b>Pixel</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>mm</b>	<b>H</b>
819	1	752	-5,4375
801	1,2	743	-14,4375
897	1,4	791	33,5625
877	1,6	781	23,5625
806	1,8	745,5	-11,9375
767	2	726	-31,4375
679	2,2	682	-75,4375
644	2,4	664,5	-92,9375
649	2,6	667	-90,4375
662	2,8	673,5	-83,9375
710	3	697,5	-59,9375
769	3,2	727	-30,4375
792	3,4	738,5	-18,9375
845	3,6	765	7,5625
878	3,8	781,5	24,0625
803	4	744	-13,4375
823	4,2	754	-3,4375
855	4,4	770	12,5625
896	4,6	790,5	33,0625
935	4,8	810	52,5625
940	5	812,5	55,0625
892	5,2	788,5	31,0625
853	5,4	769	11,5625
842	5,6	763,5	6,0625
800	5,8	742,5	-14,9375
866	6	775,5	18,0625
899	6,2	792	34,5625
940	6,4	812,5	55,0625
950	6,6	817,5	60,0625
901	6,8	793	35,5625
804	7	744,5	-12,9375
856	7,2	770,5	13,0625
882	7,4	783,5	26,0625
925	7,6	805	47,5625
930	7,8	807,5	50,0625
935	8	810	52,5625
933	8,2	809	51,5625
865	8,4	775	17,5625
800	8,6	742,5	-14,9375

737	8,8	711	-46,4375
760	9	722,5	-34,9375
783	9,2	734	-23,4375
847	9,4	766	8,5625
866	9,6	775,5	18,0625
901	9,8	793	35,5625
844	10	764,5	7,0625
810	10,2	747,5	-9,9375
755	10,4	720	-37,4375
710	10,6	697,5	-59,9375
769	10,8	727	-30,4375
841	11	763	5,5625
902	11,2	793,5	36,0625
878	11,4	781,5	24,0625
803	11,6	744	-13,4375
781	11,8	733	-24,4375
766	12	725,5	-31,9375