

**PEMETAAN BATIMETRI MENGGUNAKAN SINGLEBEAM
ECHOSOUNDER SEBAGAI REKOMENDASI ALUR PELAYARAN DI
PELABUHAN PERIKANAN NUSANTARA BRONDONG KAB.
LAMONGAN, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Oleh:

**LUTFI OKTASYAH
NIM. 175080607111007**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN
KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021**

**PEMETAAN BATIMETRI MENGGUNAKAN SINGLEBEAM
ECHOSOUNDER SEBAGAI REKOMENDASI ALUR PELAYARAN
DI PELABUHAN PERIKANAN NUSANTARA BRONDONG KAB.
LAMONGAN, JAWA TIMUR**

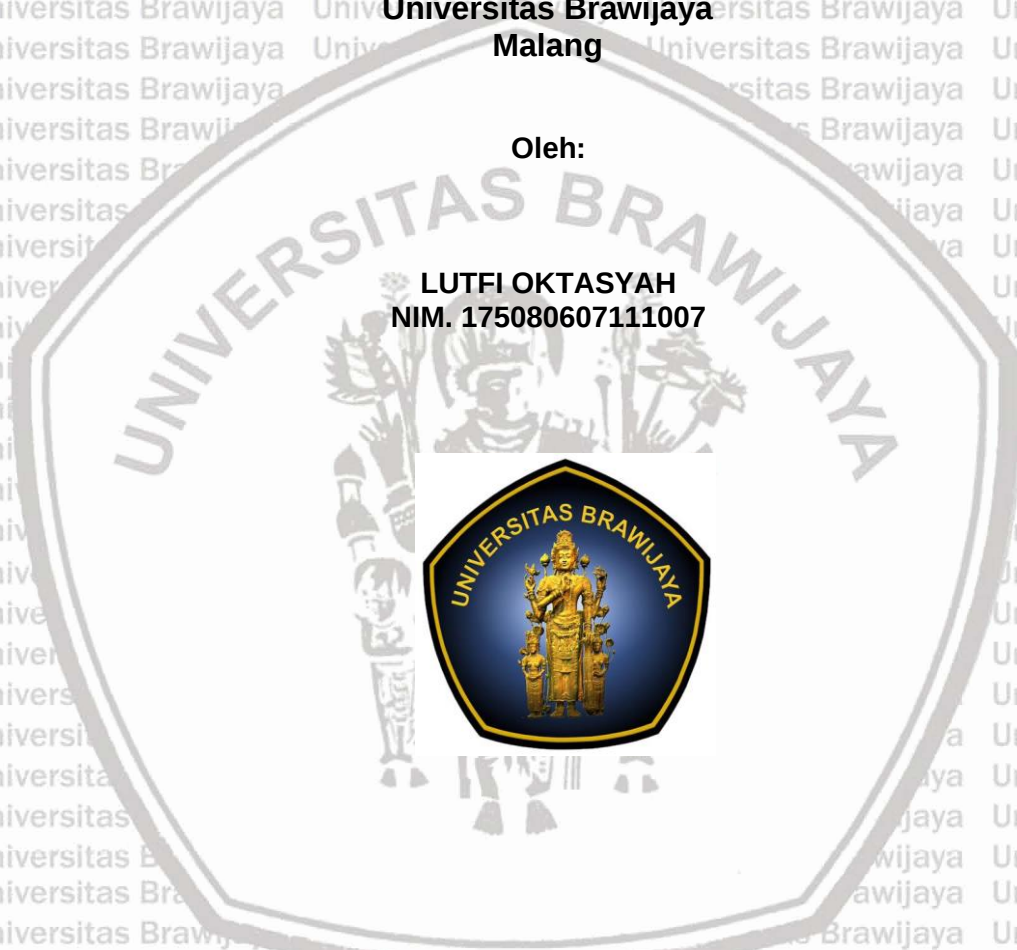
SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan**

**Universitas Brawijaya
Malang**

Oleh:

**LUTFI OKTASYAH
NIM. 175080607111007**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN
KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021**

LEMBAR PENGESAHAN**SKRIPSI**

**PEMETAAN BATIMETRI MENGGUNAKAN SINGLEBEAM ECHOSOUNDER
SEBAGAI REKOMENDASI ALUR PELAYARAN DI PELABUHAN PERIKANAN
NUSANTARA BRONDONG KAB. LAMONGAN, JAWA TIMUR**

Oleh:

LUTFI OKTASYAH
NIM.175080607111007

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 23 Desember 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Dr. Rudianto, MA
NIP. 195707 1519863 1 024
Tanggal : 30 / 12 / 2021



Andik Isdianto, ST., MT
NIP. 201309 820928 1 001
Tanggal : 30 / 12 / 2021

Mengetahui:
Ketua Jurusan
Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan
dan Kelautan



Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi., MT.
NIP. 19780717 200502 1 004

Tanggal: 30 / 12 / 2021

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Lutfi Oktasyah

NIM : 176080607111007

Judul Skripsi : Pemetaan Batimetri Menggunakan Singlebeam Echosounder Sebagai Rekomendasi Alur Pelayaran di Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong Kab. Lamongan, Jawa Timur

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah, tabel, gambar maupun ilustrasi lainnya yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi. Jika terdapat karya / pendapat / penelitian dari orang lain, maka saya telah mencantumkan sumber yang jelas dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Brawijaya, Malang.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.

Malang, 20 Desember 2021



Lutfi Oktasyah
NIM. 175080607111007

IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : Pemetaan Batimetri Menggunakan *Singlebeam Echosounder* Sebagai Rekomendasi Alur Pelayaran di Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong Kab. Lamongan, Jawa Timur

Nama Mahasiswa : Lutfi Oktasyah

NIM : 175080607111007

Program Studi : Ilmu Kelautan

PENGUJI PEMBIMBING:

Pembimbing 1 : Dr. Rudianto, MA

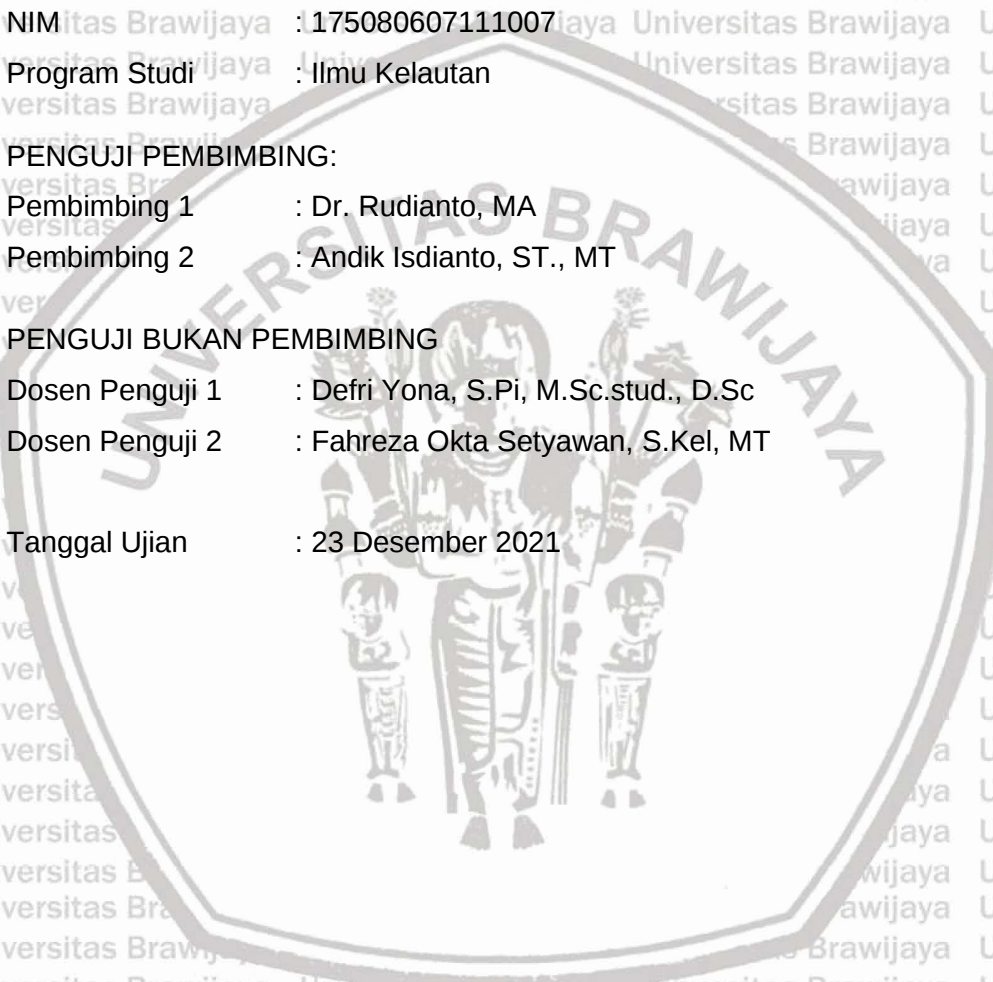
Pembimbing 2 : Andik Isdianto, ST., MT

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING

Dosen Penguji 1 : Defri Yona, S.Pi, M.Sc.stud., D.Sc

Dosen Penguji 2 : Fahreza Okta Setyawan, S.Kel, MT

Tanggal Ujian : 23 Desember 2021



RINGKASAN

LUTFI OKTASYAH. Pemetaan Batimetri Menggunakan *Single beam Echosounder* Sebagai Rekomendasi Alur Pelayaran di Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong Kab. Lamongan, Jawa Timur (dibawah bimbingan **Dr. Rudianto, MA dan Andik Isdianto, ST., MT**)

Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Brondong merupakan salah satu Pelabuhan Perikanan Nusantara berlokasi di Provinsi Jawa Timur sebagai Unit Pelaksana Teknis Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, Kementerian Kelautan yang dikelola oleh Pemerintah Pusat. PPN Brondong ditetapkan untuk aktivitas pembangunan dan pelaksanaan fasilitas pokok, fungsional dan penunjang pelabuhan perikanan. Tahun 2019, kapal di PPN Brondong sebanyak 207 kapal perikanan dengan ukuran 0-5 GT sebanyak 40 unit, 6-10 GT sebanyak 98 unit dan 11-30 GT sebanyak 69 unit dengan jumlah nelayan sebanyak 2063 nelayan. Banyaknya aktivitas perikanan dan pelayaran di PPN Brondong, sehingga diperlukan analisis profil kedalaman pada kondisi LWS dan HWS untuk memberikan rekomendasi alur pelayaran sesuai analisis peta batimetri di Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong.

Penelitian dilaksanakan pada 15 Maret – 12 November 2021 di PPN Brondong, Lamongan dengan menggunakan data primer dan sekunder. Pengukuran data kedalaman menggunakan *singlebeam echosounder* GPSMap 585 C pada 15 september 2021 dengan frekuensi 50 kHz dan 200 kHz menggunakan metode *stratified systematic with parallel transect*. Hasil pengukuran kedalaman kemudian dikoreksi terhadap pasang surut. Pengamatan pasang surut menggunakan *tide staff* bersamaan saat pemeruman berlangsung dan menggunakan pasang surut BIG sebagai data penunjang pada periode 1 – 30 September 2021 dengan interval setiap 60 menit.

Kedalaman perairan kondisi LWS berkisar 0 – 8.2 m, sedangkan kedalaman kondisi HWS berkisar 0 – 10.4 m. Tipe pasang surut di PPN Brondong tergolong harian tunggal (*diurnal tides*), dengan tipe kelerengan datar. Berdasarkan rekomendasi alur pelayaran pada kondisi LWS terjadi pukul 04.00 – 18.00 WIB dengan surut terendah pukul 18.00 WIB, kapal dengan ukuran 10 - 30 GT tidak dapat masuk ke kolam pelabuhan karena dangkalnya kedalaman sehingga kapal harus menunggu pada area tunggu masuk pelabuhan hingga waktu air pasang. Sedangkan pada kondisi HWS terjadi pada pukul 23.00 - 11.00 WIB dengan pasang tertinggi terjadi pada pukul 04.00 WIB. Kapal dengan bobot 30 GT atau yang lebih kecil dapat memasuki kolam pelabuhan dengan aman karena kedalaman di area bongkar muat ikan dan tempat labuh kapal berkisar antara 2.5 – 2.9 meter.

SUMMARY

LUTFI OKTASYAH. Bathymetry Mapping Using Single Beam Echosounder as a Recommendation for Shipping Lanes at Brondong Fishing Port, Lamongan Regency, East Java (under the guidance of **Dr. Rudianto, MA and Andik Isdianto, ST, MT**)

Brondong Nusantara Fishing Port (NFP) is one of the Indonesian Fishing Ports located in East Java Province as a Technical Implementing Unit under Directorate General of Capture Fisheries, Ministry of Marine Affairs which is managed by the Central Government. Brondong NFP is stipulated for the development and implementation of basic, functional, and supporting facilities for fishing ports. In 2019, there were 207 fishing vessels at Brondong NFP with 40 units of 0-5 GT, 98 units of 6-10 GT, and 69 units of 11-30 GT with a total of 2063 fishermen. The number of fishing and shipping activities in Brondong NFP, it is necessary to analyze the depth profile of LWS and HWS conditions to provide recommendations for shipping lanes according to the bathymetric map analysis at Brondong Nusantara Fishing Port.

The research was conducted on March 15 – November 12, 2021 at Brondong Nusantara Fishing Port, Lamongan and using primary and secondary data. Measurement of depth data using a single beam echosounder GPSMap 585 C on September 15, 2021, with a frequency of 50 kHz and 200 kHz using the stratified systematic with parallel transect method. The data obtained by sounding process corrected by tidal data. Tidal observations using tide staff at the same time as sounding and using BIG tides as supporting data for the period 1 – 30 September 2021 with interval of every 60 minutes.

Depth of the waters in the LWS conditions ranges from 0 - 8.2 m, while the depth of the HWS conditions ranges from 0 – 10.4 m. Tidal types in Brondong NFP are classified as single daily (diurnal tides), with a flat slope type. Based on the recommendation of shipping lanes in LWS conditions, which occur at 04.00 - 18.00 WIB with lowest tide conditions at 18.00 WIB, ships with a size of 10 - 30 GT cannot enter the harbor pond due to the shallow depth so that ships have to wait in the waiting area to enter the port until high tide. Meanwhile, in HWS conditions, it occurs at 23.00 - 11.00 WIB with the highest tide occurring at 04.00 WIB. Ships weighing 30 GT or smaller can safely enter the harbor pond because the depth in the fish loading and unloading area and the ship's berth ranges from 2.5 – 2.9 meters.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya yang diberikan sehingga menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **“Pemetaan Batimetri Menggunakan *Singlebeam Echosounder* Sebagai Rekomendasi Alur Pelayaran di Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong Kab. Lamongan, Jawa Timur”** yang disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana di Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih banyak kekurangan karena kurangnya pengalaman yang penulis punya. Oleh karena itu, penulis berharap para pembaca untuk memberikan masukan yang bersifat membangun untuk kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan penelitian ini memberikan manfaat bagi siapapun yang membaca laporan penelitian ini.

Malang, 20 Desember 2021

Lutfi Oktasyah
NIM. 175080607111007

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
------------------------------	---

IDENTITAS TIM PENGUJI.....	ii
----------------------------	----

UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
--------------------------	-----

RINGKASAN.....	iv
----------------	----

SUMMARY.....	v
--------------	---

KATA PENGANTAR.....	vi
---------------------	----

DAFTAR ISI.....	vii
-----------------	-----

DAFTAR GAMBAR.....	ix
--------------------	----

DAFTAR TABEL.....	x
-------------------	---

DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
----------------------	----

BAB I. PENDAHULUAN.....	1
-------------------------	---

1.1 Latar Belakang.....	1
-------------------------	---

1.2 Perumusan Masalah.....	3
----------------------------	---

1.3 Tujuan.....	3
-----------------	---

1.4 Manfaat.....	3
------------------	---

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
-------------------------------	---

2.1 Survei Batimetri.....	5
---------------------------	---

2.2 Pemeruman.....	5
--------------------	---

2.3 Singlebeam Echosounder.....	6
---------------------------------	---

2.4 Multibeam Echosounder.....	7
--------------------------------	---

2.5 Pasang Surut.....	8
-----------------------	---

2.4.1 Elevasi Muka Air.....	9
-----------------------------	---

2.6 Draft Kapal.....	10
----------------------	----



2.7 Alur Pelayaran	11
2.8 Penelitian Terdahulu	11
BAB III. METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.2.1 Alat Pengambilan dan Pengolahan Data.....	16
3.2.2 Bahan Pengolahan Data	17
3.3 Alur Penelitian	18
3.3.1 Persiapan Penelitian	18
3.3.2 Tahapan Pengambilan Data	19
3.3.3 Tahap Pengolahan Data	23
3.4 Analisa Draft Kapal	27
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	29
4.2 Pasang Surut PPN Brondong	29
4.3 Peta Batimetri PPN Brondong	33
4.3.1 Peta Batimetri Kondisi <i>Low Water Spring</i> (LWS).....	34
4.3.2 Peta Batimetri Kondisi <i>High Water Spring</i> (HWS)	35
4.4 Analisis Penampang Melintang.....	37
4.4.1 Analisa Penampang Melintang Kondisi LWS	37
4.4.2 Analisa Penampang Melintang Kondisi HWS.....	42
4.5 Rekomendasi Alur Pelayaran	46
4.5.1 Alur Pelayaran Kondisi Surut	49
4.5.2 Alur Pelayaran Kondisi Pasang	50
V. KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN.....	58

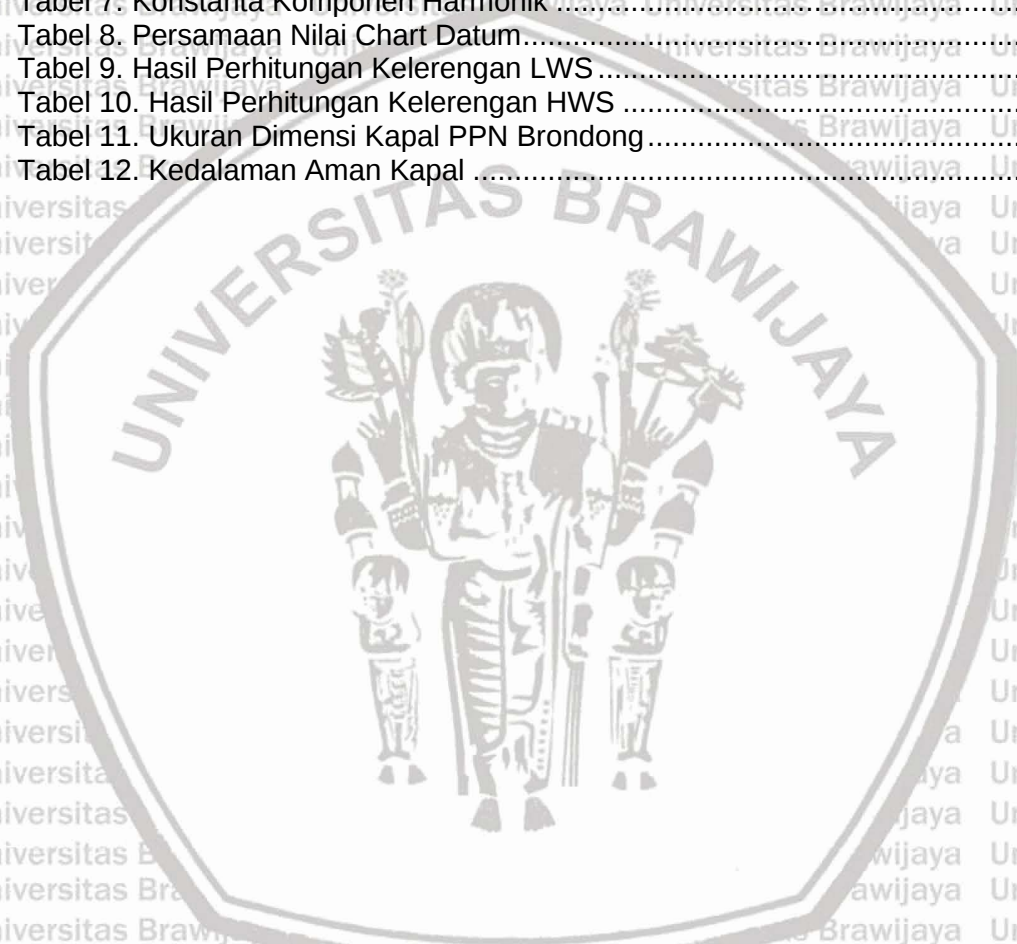
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Tipe Pasang Surut.....	9
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian.....	16
Gambar 3. Persiapan Penelitian.....	19
Gambar 4. Tahap Pengambilan Data.....	20
Gambar 5. Rencana Lajur Pemeruman.....	21
Gambar 6. Tahap Pengolahan Data.....	23
Gambar 7. Grafik Pasang Surut PPN Brondong bulan September 2021.....	30
Gambar 8. Hasil Jalur Pemeruman.....	33
Gambar 9. Peta Batimetri LWS.....	34
Gambar 10. Peta Batimetri 3D LWS.....	35
Gambar 11. Peta Batimetri HWS.....	36
Gambar 12. Peta Batimetri 3D HWS.....	36
Gambar 13. Peta Plot Cross Section LWS.....	38
Gambar 14. Grafik Cross Section Area Kolam Pelabuhan Kondisi LWS.....	39
Gambar 15. Grafik Cross Section Area Luar Pelabuhan Kondisi LWS.....	40
Gambar 16. Peta Plot Cross Section HWS.....	42
Gambar 17. Grafik Cross Section Area Kolam Pelabuhan Kondisi HWS.....	43
Gambar 18. Grafik Cross Section Area Luar Pelabuhan Kondisi HWS.....	44
Gambar 19. Kedalaman Alur Pelayaran.....	47
Gambar 20. Ukuran Lebar Alur Dua Jalur.....	48
Gambar 21. Peta Rekomendasi Pelayaran LWS.....	49
Gambar 22. Peta Rekomendasi Alur Pelayaran HWS.....	50

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Penelitian Terdahulu	12
Tabel 2. Alat Pengambilan dan Pengolahan Data Penelitian	17
Tabel 3. Bahan Pengolahan Data Penelitian	18
Tabel 4. Klasifikasi Pembagian Tipe Pasang Surut	25
Tabel 5. Klasifikasi Nilai Kemiringan Lereng	27
Tabel 6. Nilai Koefisiensi Korelasi (r)	31
Tabel 7. Konstanta Komponen Harmonik	32
Tabel 8. Persamaan Nilai Chart Datum	32
Tabel 9. Hasil Perhitungan Kelereng LWS	41
Tabel 10. Hasil Perhitungan Kelereng HWS	45
Tabel 11. Ukuran Dimensi Kapal PPN Brondong	46
Tabel 12. Kedalaman Aman Kapal	47



DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Data Hasil Pemeruman di PPN Brondong.....	58
Lampiran 2. Data Pasang Surut BIG Bulan September 2021.....	59
Lampiran 3. Dokumentasi Lapang	60



BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelabuhan ikan merupakan tempat perairan yang aman terhadap gelombang yang memiliki fasilitas untuk mendukung aktivitas penangkapan ikan seperti *breakwater*, kantor pelabuhan, tangka air, tempat pelelangan ikan, dermaga, pabrik es, tangki BBM, ruangan berpendingin dan tempat pelayanan kapal (Triatmodjo, 2010). Pelabuhan perikanan adalah pusat dari kegiatan perikanan tangkap untuk menjamin kegiatan perikanan tangkap yang terdapat di laut. Pelabuhan perikanan mempunyai fungsi sebagai penghubung antara kegiatan usaha di laut dan di darat dengan sistem dayaguna yang tinggi (Nurhayati & Atika, 2019).

Perairan mempunyai peranan strategis bagi kehidupan sosial, ekonomi, pertahanan, keamanan, pemerintahan, dan lain sebagainya (Sitompul, 2019). Kedalaman di suatu perairan dapat berubah setiap waktu mengikuti ketinggian muka laut perairan tersebut maka diperlukan pengukuran kedalaman (batimetri) untuk mendapatkan kedalaman yang aktual (Catherinna *et al.*, 2015). Batimetri merupakan pengukuran kedalaman laut untuk memperoleh informasi profil kedalaman dan topografi dasar laut (Masrukhin *et al.*, 2014). Selain memberikan informasi kedalaman, batimetri juga dapat memberikan informasi untuk mengetahui navigasi pelayaran, pemanfaatan sumberdaya alam, dan simulasi dari adanya dampak kebencanaan (Pambuko & Umbara, 2013). Informasi batimetri merupakan faktor penting dalam suatu penelitian navigasi keselamatan pelayaran. (Kusumawati & Handoyo, 2015).

Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 45/KEPMEN-KP/2014 tentang Rencana Induk Pelabuhan

Perikanan Nasional (RIPPN), disebutkan bahwa pelabuhan perikanan adalah tempat kegiatan untuk melakukan sistem bisnis perikanan yang difungsikan untuk keperluan seperti bongkar muat ikan dan tempat kapal perikanan berlabuh dengan fasilitas keselamatan navigasi pelayaran dan penunjang kegiatan perikanan. Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Brondong merupakan salah satu pelabuhan perikanan nusantara berlokasi di Provinsi Jawa Timur yang termasuk Pelabuhan Perikanan Kelas B sebagai Unit Pelaksana Teknis Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, Kementerian Kelautan yang dikelola oleh Pemerintah Pusat. PPN Brondong merupakan pusat kegiatan perikanan laut dalam usaha perikanan tangkap. Wilayah kerja PPN Brondong ditunjuk untuk aktivitas pembangunan dan pelaksanaan fasilitas pokok, fungsional dan penunjang pelabuhan perikanan, seperti tempat tambat labuh, bongkar ikan, kesyahbandaran, pelelangan ikan, kegiatan alur pelayaran, kawasan industri serta fasilitas umum lainnya (Pudjiastuti & Poerwadi, 2018).

Berpedoman pada rekomendasi Bupati Lamongan Nomor: 523/1142/413.022.2007 tentang Penetapan Wilayah Kerja dan Operasional Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Brondong berlokasi di Kelurahan Brondong Kecamatan Brondong dengan luas 199.304 m². Wilayah kerja PPN Brondong mempunyai luas 433.304 m² terbagi menjadi wilayah kerja daratan 19.93 Ha dan wilayah kerja perairan 23.40 Ha. Menurut Dinas Kelautan Perikanan Tahun 2021, armada kapal yang berada di Pelabuhan Brondong pada tahun 2019 sebanyak 207 unit kapal perikanan dengan ukuran 0-5 GT sebanyak 40 unit, 6-10 GT sebanyak 98 unit dan 11-30 GT sebanyak 69 unit dengan jumlah nelayan pada Pelabuhan Brondong sebanyak 2063 nelayan. Banyaknya aktivitas perikanan dan pelayaran di PPN Brondong, sehingga diperlukannya alur pelayaran sebagai penanda untuk memandu kapal yang akan masuk dan keluar

pelabuhan agar terciptanya keamanan navigasi pelayaran pada perairan tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan hasil perumusan permasalahan yang terjadi di PPN Brondong, maka diperlukanya pembahasan lebih lanjut perihal perumusan masalah tersebut, antara lain:

1. Bagaimana profil kedalaman perairan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong, Lamongan?
2. Bagaimana perencanaan alur pelayaran yang baik untuk dilalui kapal di perairan Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan penelitian yang dapat dikemukakan peneliti merupakan sebagai berikut :

1. Melakukan analisis profil kedalaman di PPN Brondong pada kondisi *Low Water Spring* dan *High Water Spring*.
2. Memberikan rekomendasi alur pelayaran sesuai analisis peta batimetri di Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong.

1.4 Manfaat

Penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat berguna dan bermanfaat bagi banyak pihak, berikut manfaat pada penelitian ini:

1. Diharapkan penelitian yang telah dilakukan dapat memberikan informasi mengenai profil kedalaman dan rekomendasi alur pelayaran yang aman di PPN Brondong.

2. Penelitian yang telah dilakukan dapat dijadikan landasan dan referensi untuk penelitian selanjutnya untuk melakukan pengembangan di wilayah PPN Brondong.

3. Diharapkan untuk penelitian yang telah dilakukan dapat menjadi wadah kerjasama antara Universitas Brawijaya dengan instansi terkait di berbagai aspek.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Survei Batimetri

Batimetri merupakan aktivitas pengukuran kedalaman laut yang berisi informasi mengenai topografi dasar permukaan laut, yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pada bidang kelautan. Survei batimetri dilakukan dengan menggunakan metode akustik, dimana saat melakukan pemeruman menggunakan gelombang suara sehingga metode ini ramah lingkungan dan tidak merusak area yang dikaji (Febrianto *et al.*, 2015). Untuk mengetahui kedalaman perairan dan menganalisa morfologi dasar perairan tersebut, perlu dilakukan survei batimetri yang terdiri dari proses pengukuran, pengolahan data serta visualisasi peta pada dasar perairan tersebut (Catherinna *et al.*, 2015).

Pelaksanaan kegiatan survei batimetri memerlukan peralatan yang digunakan untuk mendapatkan nilai kedalaman pada suatu perairan. Dalam menentukan kedalaman tersebut, memanfaatkan metode gelombang akustik yang dipancarkan oleh *echosounder*. Kemudian saat melakukan penentuan posisi, *echosounder* dihubungkan ke GPS untuk menerima sinyal satelit agar mendapatkan posisi horizontal kapal saat pancaran gelombang akustik dipancarkan sampai gelombang pantulan diterima Kembali (Brammadi *et al.*, 2017). Survei batimetri memungkinkan dilakukan oleh beberapa instrumen survei seperti *singlebeam* dan *multibeam*, ADCPs, *Ecomapper Autonomous Underwater Vehicle* dan *sub-bottom profilers*.

2.2 Pemeruman

Pemeruman merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan model topografi dasar suatu perairan. Pemodelan dasar perairan tersebut meliputi beberapa proses seperti pengukuran, pengolahan dan visualisasi. Model

topografi dasar perairan tersebut dijadikan dalam permodelan permukaan digital dan garis kontur. Permodelan batimetri diperoleh berdasarkan interpolasi titik pengukuran kedalaman yang tersebar pada lokasi penelitian. Kerapatan titik pada pengukuran batimetri bergantung pada skala pemodelan dan tujuan survei yang akan dilakukan (Kautsar & Sasmito, 2013).

Pengukuran kedalaman dilakukan berdasarkan titik pemeruman yang telah dibuat, dan mewakili perairan yang akan di petakan. Jarak antar titik pemeruman pada lajur perum setidaknya sama dengan atau lebih rapat dibandingkan interval lajur pemeruman. Saat pelaksanaan pemeruman dilakukan penentuan posisi berdasarkan tiap titik pemeruman untuk mengetahui kedalaman pada posisi tersebut (Hidayat et al., 2014). Proses pemeruman mempunyai batas toleransi kesalahan kedalaman antara kedalaman titik fix pemeruman pada lajur utama dan lajur silang dihitung dengan persamaan (Badan Standarisasi Nasional, 2010) :

$$\pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

a = Kesalahan independen

b = Faktor kesalahan dependen

d = Kedalaman terukur

(b x d) = Kesalahan kedalaman yang dependen

2.3 Singlebeam Echosounder

Singlebeam echosounder adalah instrumen ukur kedalaman yang memancarkan gelombang suara tunggal. Penempatan *transducer* pada *singlebeam echosounder* dipasang pada bagian lambung atau sisi kapal survei. *Transducer* yang telah terpasang akan mengeluarkan gelombang suara pada frekuensi tertentu menyusuri kolom perairan. Kemudian pantulan gelombang

suara tersebut dipantulkan menuju kepermukaan dan diterima oleh *transreceiver*.

Kecepatan kapal pada saat melakukan kegiatan pemeruman menggunakan instrumen *singlebeam echosounder* berkisar antara 3-5 knots agar data yang diperoleh tidak terlalu renggang (Febrianto et al., 2015).

Kelebihan dari instrumen survei *singlebeam echosounder* yaitu dapat menampakkan profil dasar laut dan melakukan pengukuran kedalaman secara cepat dan dapat memudahkan navigasi pelayaran secara langsung. Berbeda dengan instrumen *multibeam echosounder*, kekurangan dari *singlebeam* adalah tidak didesain untuk menampilkan model dasar laut secara penuh, instrumen *singlebeam echosounder* lebih cocok digunakan untuk memperoleh sampel kedalaman dasar laut dengan pola tidak teratur maupun teratur pada perairan (Fachrurrozi et al., 2013).

2.4 Multibeam Echosounder

Multibeam echosounder (MBES) merupakan teknologi lanjutan dari *singlebeam echosounder*, dimana pada *multibeam echosounder* mampu memancarkan ratusan beam perairan dengan pola pancaran yang melintang dan melebar pada badan kapal. Setiap pancaran beam akan memperoleh satu titik kedalaman hingga mendapatkan membentuk profil topografi pada dasar perairan (Adi et al., 2017).

Hasil pengolahan data *multibeam Echosounder* mempunyai tingkat presisi yang tinggi dibandingkan *singlebeam echosounder* dalam menghasilkan peta batimetri. Selain itu, *multibeam echosounder* memiliki cakupan yang sangat luas dan memberikan gambaran dasar perairan dengan sangat baik (Manik, 2016).

Pernyataan tersebut juga serupa dengan yang disampaikan oleh (Che Hasan et al., 2014) bahwa *multibeam echosounder* merupakan alat yang sangat sesuai untuk melakukan pemetaan dasar perairan dikarenakan memiliki cakupan

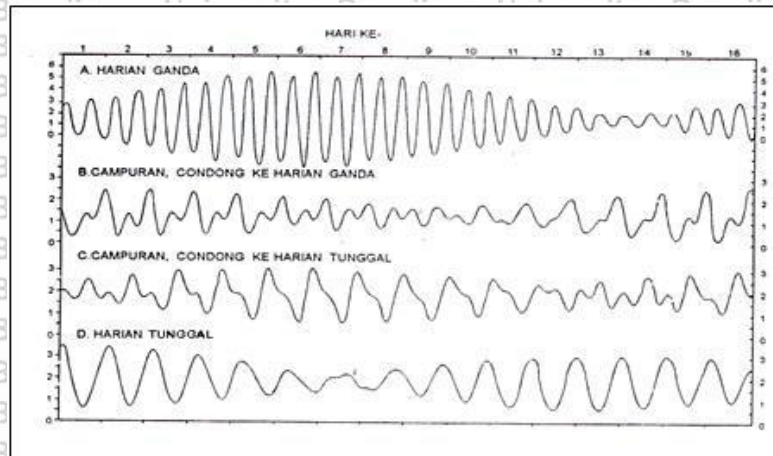
tutupan yang sangat luas dengan resolusi cakupan kedalaman yang tinggi.

Multibeam echosounder mempunyai tingkat pengolahan data yang cukup kompleks karena harus melakukan rangkaian koreksi supaya mendapatkan kedalaman yang akurat. Selain itu dalam pengolahan datanya *multibeam echosounder* menggunakan *software* yang memiliki harga lisensi yang cukup mahal (Brammadi *et al.*, 2017).

2.5 Pasang Surut

Pasang surut merupakan fluktuasi air laut secara berkala dari permukaan hingga bagian dalam dasar laut. Gerakan pasang surut ini, diakibatkan oleh adanya pengaruh astronomis antara bumi dan bulan, bumi dan matahari atau bulan dengan matahari (Surinati, 2007). Komponen pasut tergolong menjadi tiga bagian, bagian pertama yakni pada keadaan pasut *semi-diurnal* yang terdiri dari komponen M_2 , S_2 , N_2 , dan K_2 . Kemudian bagian kedua, yakni keadaan pasut saat *diurnal tide* yang terdiri dari komponen K_1 , O_1 , P_1 . Bagian ketiga yakni pada keadaan pasut *short periode* yang terdiri dari komponen M_4 dan MS_4 . Setiap komponen mempunyai periode yang berbeda-beda dan dihitung dalam satuan jam (Yoganda *et al.*, 2019).

Penentuan tipe pasang surut dapat dilakukan dengan dua cara, pertama menggunakan perhitungan *formzahl* menggunakan konstanta komponen harmonik untuk mengetahui tipe pasang surut pada perairan yang diamati. Kedua, yakni dengan membuat grafik dari hasil pengamatan, lalu melihat tipe pasang surut berdasarkan grafik (Gambar 1), sehingga dapat diketahui tipe pasang surut pada wilayah tersebut. Perairan Indonesia terbagi menjadi empat tipe pasang surut (Triatmodjo, 2010).



Sumber : Triatmodjo, 2010.

Gambar 1. Tipe Pasang Surut

- Harian ganda (*semi diurnal tide*): dua kali pasang dan dua kali surut
- Harian tunggal (*diurnal tide*): satu kali pasang dan satu kali surut.
- Campuran condong harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*): dua kali surut dan dua kali pasang, periode dan tinggi berbeda
- Campuran condong harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*): satu kali surut dan satu kali air pasang, periode dan tinggi sangat berbeda

2.4.1 Elevasi Muka Air

Penentuan dalam melakukan perencanaan dan pengembangan bangunan pantai, diperlukan pedoman yang telah ditetapkan sebagai acuan elevasi permukaan laut, berdasarkan pasang surut diperoleh elevasi perairan (Yoganda et al., 2019) :

- Highest High Water Level (HHWL)*: keadaan air tertinggi saat pasang surut purnama.
- Mean High Water Level (MHWL)*: keadaan rerata muka air tinggi selama 19 tahun.
- Mean Sea Level (MSL)*: keadaan muka air rata-rata antara air tinggi rerata dan air rendah rerata.

d. *Mean Low Water Level (MLWL)*: keadaan rerata muka air rendah selama 19 tahun.

e. *Lowest Low Water Level (LLWL)*: keadaan air terendah saat pasang surut purnama.

Elevasi permukaan laut didapatkan dari pengukuran lapang, dengan melakukan pengamatan fluktuasi permukaan laut, sehingga didapatkan data *time series* dari tinggi muka air laut tersebut. Dari data tinggi muka air, parameter fluktuasi yang didapat dengan melakukan analisa frekuensi tersebut terhadap fluktuasi muka air (Rusdin, 2011).

2.6 Draft Kapal

Draft kapal adalah jarak vertikal dari titik terendah (lunas kapal) sampai dengan *Length of Water Line (LWL)* atau panjang garis air. Draft kapal terletak pada bagian bawah kapal yang terendam air (Nopandri *et al.*, 2011). Serupa dengan yang disampaikan oleh Arnesen *et al.*, (2017), draft kapal merupakan jarak vertikal dari dasar lambung kapal ke garis air, yang menentukan kedalaman minimum air yang dapat dinavigasi dengan aman oleh kapal. Batas draft adalah ketinggian dari dasar laut ke garis air. Alur pelayaran harus mempunyai kedalaman yang sesuai dengan draft kapal yang ada pada pelabuhan tersebut, sehingga dapat dilalui dengan aman oleh kapal yang akan menggunakan pelabuhan tersebut dan mencegah terjadinya kapal karam (Darmawan, 2016).

Ketinggian kedalaman air untuk alur masuk pelayaran diharuskan dengan kedalaman yang cukup untuk melakukan pelayaran saat muka air terendah dengan bobot kapal bermuatan penuh. Kedalaman perairan diukur pada saat muka air referensi saat surut terendah pasang surut purnama (LLWS) agar kapal tidak terjadi karam (Triatmodjo, 2010).

2.7 Alur Pelayaran

Alur pelayaran merupakan perairan yang dianggap aman untuk dilakukan pelayaran oleh kapal apabila berdasarkan dari kedalaman, lebar dan bebas hambatan lainnya. Tujuan adanya alur pelayaran untuk mengarahkan kapal masuk ke kolam pelabuhan (Wardono & Andromeda, 2018). Dalam pembuatan alur pelayaran mempunyai beberapa persyaratan yang mempengaruhi pemilihan alur pelayaran tersebut seperti keadaan geografi dan meteorologi, *traffic* kapal, kondisi pasang surut, arus, gelombang serta fasilitas bantuan yang diberikan pada saat pelayaran (Syamsudin & Muliati, 2017).

Kolam pelabuhan dan alur pelayaran harus memiliki kondisi gelombang dan arus yang cukup tenang. Perancangan alur pelayaran dan kolam pelabuhan ditentukan oleh kapal terbesar yang akan masuk ke pelabuhan serta kondisi oseanografi dan meteorologi pada perairan tersebut. Alur pelayaran diberi tanda berupa pelampung dan lampu penanda. Umumnya pada area tersebut memiliki kedalaman dangkal, sehingga diperlukannya pengerukan untuk mendapatkan kedalaman yang memadai (Triatmodjo, 2010).

2.8 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan rangkuman penelitian terdahulu yang telah dilakukan dan menjadi acuan peneliti:

Tabel 1: Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Putu Angga Bujana, Yuwono	2014	Studi Penentuan Draft dan Lebar Kapal Terhadap Alur Pelayaran (Studi Kasus: Alur Pelayaran Barat Surabaya)	Penelitian dilakukan di perairan Alur Pelayaran Barat, Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Proses pengolahan dilakukan dengan beberapa tahapan seperti; transformasi system proyeksi, digitasi peta, import hasil sounding, perhitungan data pasut, analisis hasil perhitungan pasut, analisis draft dan lebar ideal	Hasil penelitian mengemukakan untuk kapal yang melintasi APBS, disarankan mempunyai draft kapal 6.1 m pada kondisi LWS dan 7.1 m pada kondisi HWS untuk lebar kapal 15 m. Sementara itu untuk kapal yang memiliki lebar 20 m, maksimal draft kapal 6 m pada kondisi LWS. Kapal yang bisa melintas APBS dengan sarat muatan pada kondisi LWS yaitu kapal penumpang berbobot maksimal 15.000 GRT, Kapal Barang berbobot maksimal 5.000 DWT, Kapal Ferry berbobot maksimal 10.000 DWT, Kapal RORO berbobot maksimal 5.000 DWT dan Kapal Tanker berbobot maksimal 5.000 DWT.
2.	Muhammad Didi Darmawan, Khosim	2016	Pembuatan Alur Pelayaran dalam Rencana Pelabuhan Marina Pantai Boom, Banyuwangi	Data yang digunakan pada penelitian adalah data pasang surut selama 15 hari, data batimetri dan data topografi. Penelitian dibagi menjadi dua bagian yaitu tahap persiapan	Hasil penelitian yaitu Rencana pembangunan dermaga sebaiknya dibangun 60 m kearah laut. Panjang dermaga 25 m untuk satu kapal Yacht 12 yang merapat. Pada kondisi LLWL dapat di lalui

No	Penulis	Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				yang terdiri dari identifikasi awal, studi literatur dan pengumpulan data. Selanjutnya tahap pengolahan dan analisis data. Setelah data terkumpul dilanjutkan ke tahap terakhir yakni tahap penyusunan laporan.	oleh kapal yang sudah ditentukan. Pada kondisi MSL, daerah yang tidak bisa dilalui saat LLWL dapat dilewati pada kondisi MSL oleh ketiga kapal yang telah ditentukan tersebut. Pada kondisi HHWL kapal Yacht Class 8 dan 6 bisa melewati pantai Boom. Tidak disarankan untuk pelayaran pada kondisi LLWL pada waktu 04.00-06.00 WIB bulan Nov 2015-Feb 2016 hingga 16.00-18.00 WIB bulan Juni-Agustus 2016.
3.	M. Fachrurrozi, Sugeng Widada dan Muhammad Helmi	2013	Studi Pemetaan Batimetri Untuk Keselamatan Alur Pelayaran di Pulau Parang, Kepulauan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah	Penelitian menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer meliputi data pemeruman menggunakan singlebeam dan tongkat ukur. Data sekunder meliputi data pasang surut selama 15 hari dan Peta RBI Pulau Parang Skala 1:25.000 tahun perekaman 2001. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif.	Hasil penelitian dikemukakan kedalaman di Pelabuhan Pulau Parang tergolong dangkal dengan kedalaman 0-2.7 m. Kapal draft 2.9 m dapat berlabuh di Pulau Parang. Untuk kapal dengan draft lebih besar dapat bersandar di luar area dermaga. Alur pelayaran menuju dermaga Pelabuhan Pulau Parang terdapat 2 jalur ketika pasang. Kedalaman alur berkisar antara 1-32 m. Tetapi pada kondisi surut, kapal harus memutar Pulau Kumbang agar dapat masuk ke

No	Penulis	Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
					dermaga.
4.	Elok Dyah Kusumawati, Gentur Handoyo, Hariadi	2015	Pemetaan Batimetri Untuk Mendukung Alur Pelayaran di Perairan Banjarmasin, Kalimantan Selatan	Penelitian menggunakan metode kuantitatif. Pengolahan data pasang surut menggunakan metode admiralty dan koreksi kedalaman menggunakan HYDROpro dan dimodelkan Terramodel. Pembuatan peta menggunakan AutoCAD 2007 dan pembuatan slope menggunakan milimeter blok dan kalkir. Pengamatan pasang surut dilakukan selama 7 hari dilakukan saat pemeruman dengan interval 30 menit. Dan data pasang surut selama 29 hari dengan interval 30 menit oleh PUSHIDROSAL. Pengambilan data kedalaman menggunakan <i>singlebeam echosounder</i> berpedoman sesuai SNI.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedalaman di perairan Banjarmasin berkisar 0- 22 m. Alur Pelayaran di ambang Barito memiliki 1 jalur masuk dan keluar. Gerbang masuk sungai baruto mempunyai kedalaman 6 m sehingga aman digunakan kapal nelayan ataupun kapal tongkang dengan draft kapal maksimal 5 meter.
5.	Safira Dwijayanti Hastari, Azis Rifai, Lilik Maslukah	2016	Pemetaan Batimetri dan Laju Sedimentasi Untuk Alur Pelayaran di Pelabuhan Perikanan	Penelitian ini menggunakan data primer meliputi data kedalaman, data pasut dengan interval 1 jam selama 15 hari	Hasil penelitian didapatkan bahwa kedalaman di PPP Tegalsari bervariasi. Kedalaman minimum untuk alur pelayaran adalah 3.51 m

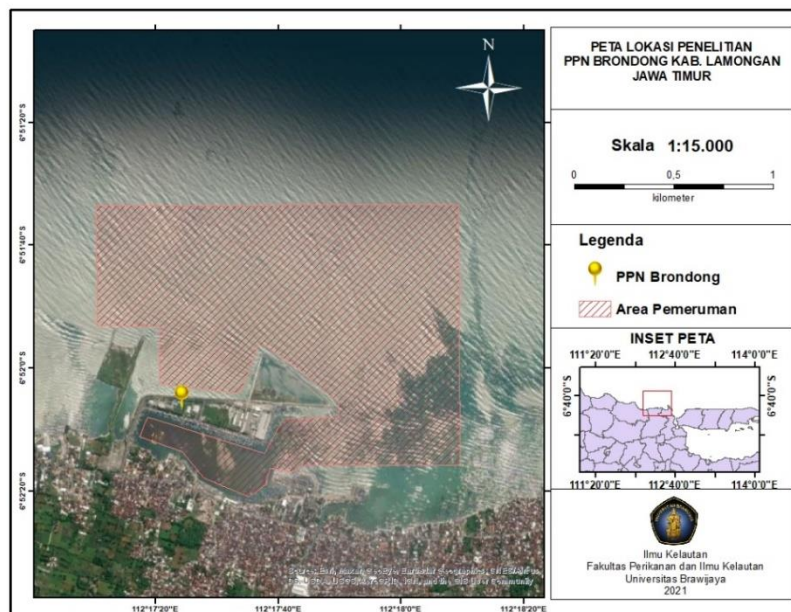
No	Penulis	Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			Pantai (PPP) Tegalsari, Tegal	serta sampel sedimen trap. Data sekunder diperoleh Peta RBI Wilayah Kota Tegal dengan skala 1:25.000 tahun 1999. Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan penentuan metode sampling menggunakan metode <i>sampling purposive</i>	dengan lebar minimum alur pelayaran 50 m. Laju sedimentasi di PPP Tegalsari berkisar 14,2346 g/m ² /hari hingga 16,5891 g/m ² /hari. Laju sedimentasi tertinggi berada di sisi timur <i>breakwater</i> dan berhadapan dengan arah arus serta laju sedimentasi terendah pada dalam kolam pelabuhan.

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 15 Maret - 12 November 2021 di

Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Brondong, Desa brondong, Kecamatan Brondong, Kab. Lamongan (Gambar 2). Luas cakupan wilayah penelitian untuk pemeruman data batimetri seluas 194.23 hektare.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Pengambilan data kedalaman dilakukan secara langsung, dengan mengambil beberapa data yang diperlukan untuk pengolahan data penelitian.

3.2.1 Alat Pengambilan dan Pengolahan Data

Dalam pengambilan dan pengolahan data, dibutuhkan software pengolahan data dan alat yang digunakan (Tabel 2) untuk membantu proses penelitian.

Tabel 2. Alat Pengambilan dan Pengolahan Data Penelitian

No.	Alat	Spesifikasi	Kegunaan
1.	Laptop	RAM 4 GB, AMD A8	Sebagai perangkat untuk melakukan pengolahan data penelitian
2.	Kamera	RAM 4 GB, 48 MP	Untuk dokumentasi kegiatan pengolahan data di Pushidrosal
3.	Alat Tulis	-	Untuk mencatat ketinggian pasang surut secara <i>real time</i>
4.	Rambu ukur	Ukuran 0.5 m x 3 m	Untuk mengukur pasang surut secara <i>real time</i>
5.	Life jacket	-	Untuk keselamatan pada saat pengambilan data
6.	GPS	Garmin eTrex GPS	Menentukan koordinat suatu lokasi
7.	Kapal	-	Sebagai alat transportasi saat pemeruman
8.	Singlebeam Echosounder	GPS Map 585 C	Alat dalam pengukuran batimetri
9.	Software Google Earth Pro	-	Untuk mendapatkan peta dasar
10.	Software AutoCAD	Versi 2007	Untuk pembuatan trackline
11.	Software Mapsource	GARMIN Mapsource	Export data hasil pemeruman dari echosounder ke laptop
12.	Software Global Mapper	Versi 17	Untuk mengubah format data menjadi GPX
13.	Software Microsoft Excel	Tahun 2016	Untuk melakukan pengolahan data pemeruman dan koreksi pasang surut
14.	Software Surface Modelling System	Versi 13.1	Untuk proses interpolasi kedalaman.
15.	Software Map Info	Pro	Untuk proses pemberian kontur dan interpolasi
16.	Software ArcMap	Versi 10.3	Untuk Proses Layouting pada hasil akhir peta
17.	Microsoft Word	Versi 2016	Untuk Melakukan Penyusunan Laporan

3.2.2 Bahan Pengolahan Data

Dalam pengolahan data penelitian, dibutuhkan bahan yang digunakan (Tabel 3) untuk membantu proses penelitian.

Tabel 3. Bahan Pengolahan Data Penelitian

No.	Bahan	Kegunaan
1.	Data kedalaman hasil pemeruman	Sebagai data utama untuk pengolahan data
2.	Data pasang surut	Untuk koreksi data batimetri dan mengetahui nilai dan tipe pasang surut
3.	Data Karakteristik Ukuran Dimensi Kapal	Sebagai acuan ukuran kapal dan draft kapal

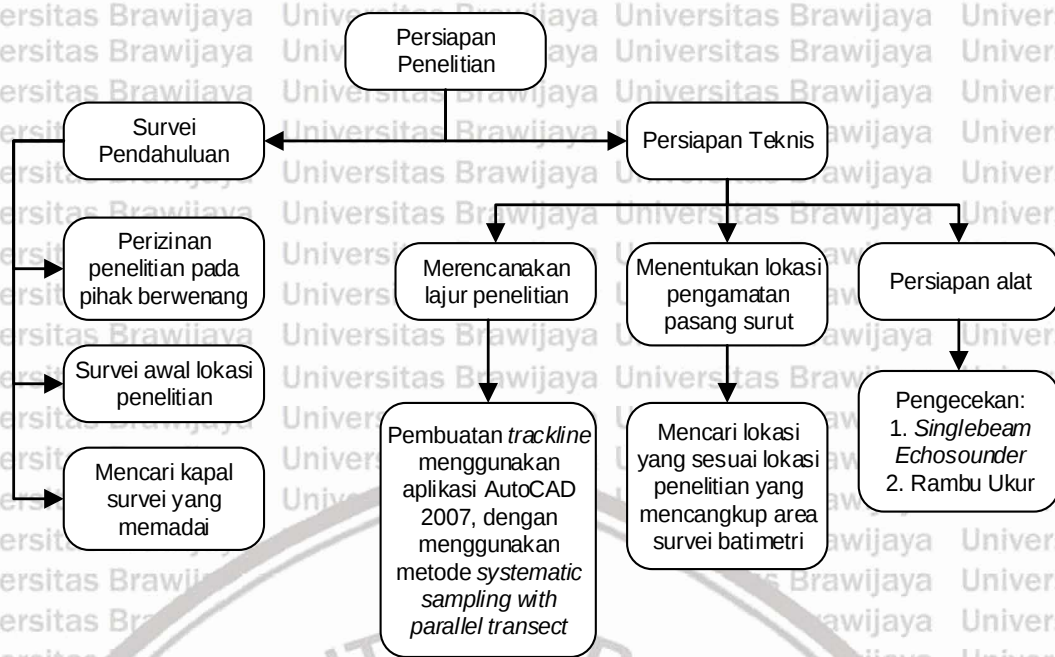
3.3 Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan menjadi tiga tahapan yang meliputi tahapan persiapan penelitian, tahapan pengambilan data dan tahapan pengolahan data.

Penelitian diawali dengan pencarian studi literatur pada lokasi yang dikaji, baik bersumber dari jurnal maupun buku mengenai batimetri untuk keselamatan alur pelayaran sesuai dengan permasalahan yang terjadi pada lokasi penelitian. Data yang digunakan yaitu data primer dan sekunder. Data primer didapatkan dengan cara mengambil data secara langsung pada saat pelaksanaan penelitian, sedangkan data sekunder diperoleh dengan cara mendapatkan data pada institusi terkait untuk mendapatkan data yang diperlukan.

3.3.1 Persiapan Penelitian

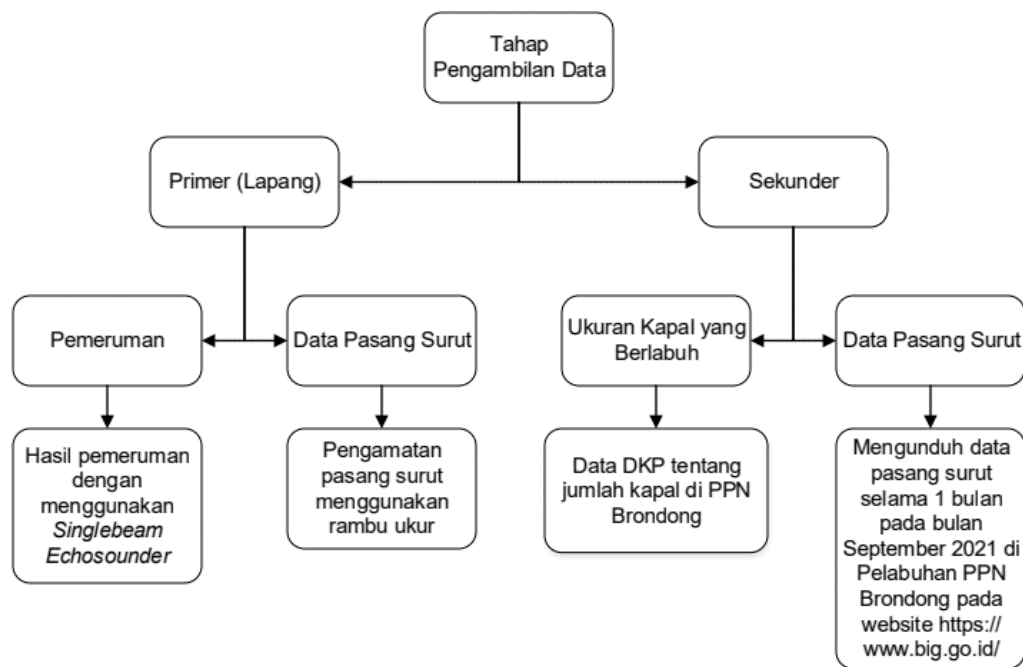
Tahapan persiapan (Gambar 3), merupakan tahapan awal pada penelitian ini sebelum melakukan survei batimetri. Tahapan persiapan diperuntukkan untuk mematangkan rencana sebelum melakukan pengambilan data lapang. Tahapan persiapan meliputi persiapan alat dan bahan yang diperlukan, perizinan pelaksanaan survei, survei pendahuluan yang meliputi memastikan kapal survei, pembuatan lajur perum, serta mempersiapkan tim survei sebelum melakukan pengambilan data lapang.



Gambar 3. Persiapan Penelitian

3.3.2 Tahapan Pengambilan Data

Tahapan pengambilan data (Gambar 4), terbagi menjadi dua bagian, yakni pengambilan data primer (lapang) dan data sekunder. Pengambilan data lapang dilakukan pada tanggal 14-16 September 2021, di Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong, Kab. Lamongan. Pengambilan data lapang meliputi data kedalaman menggunakan *Singlebeam Echosounder* GPSMap 585C dan pengamatan pasang surut menggunakan *tide staff* selama pemeruman berlangsung. Selanjutnya, untuk pengambilan data sekunder meliputi data pasang surut yang diperoleh dengan cara mengunduh data pasang surut di daerah penelitian melalui web resmi <https://www.big.go.id/> untuk melengkapi data lapang yang telah dilakukan dan ukuran draft kapal yang terdapat di PPN Brondong kepada DKP Lamongan dan Kantor Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong.

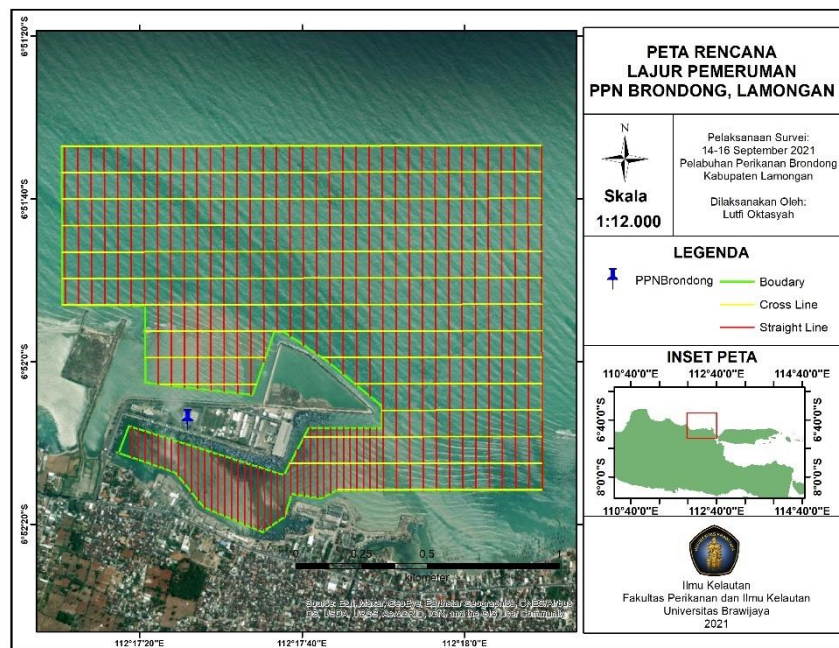


Gambar 4. Tahap Pengambilan Data

3.3.2.1 Data Kedalaman

Pengambilan data kedalaman diambil secara langsung menggunakan *Singlebeam Echosounder* GPSMap 585C mengikuti *trackline* yang telah dibuat sebelumnya pada perairan PPN Brondong, Kab. Lamongan. Proses pemeruman menggunakan frekuensi 50 kHz dan 200 kHz dengan menggunakan pancaran gelombang suara diatur setiap 3 detik pada *Singlebeam Echosounder* GPSMap 585C sesuai dengan pedoman IHO. Penggunaan dual frekuensi pada instrumen *singlebeam echosounder* akan memberikan hasil yang berbeda, pada frekuensi rendah akan memberikan nilai pantulan akustik yang lebih tinggi dibandingkan frekuensi dengan nilai yang besar pada perairan yang sama (Hamuna et al., 2014). Sebelum melakukan pengambilan data kedalaman, perlu melakukan dengan beberapa tahapan perencanaan seperti pembuatan rencana lajur perum atau *trackline* (Gambar 5), sesuai dengan ketentuan survei hidrografi berdasarkan Badan Standarisasi Nasional tentang survei hidrografi

menggunakan *singlebeam echosounder* tahun 2010 yang berpedoman pada aturan *International Hydrographic Organization*. Penentuan tingkat kerapatan tiap garis lajur perum atau *trackline* dapat berbeda-beda sesuai kondisi wilayah pada perairan tersebut.



Gambar 5. Rencana Lajur Pemeruman

Pemeruman kedalaman mengikuti lajur perum yang telah dibuat berdasarkan kondisi perairan yang ada di PPN Brondong. Berdasarkan pedoman Badan Standarisasi Nasional (2010), tentang survei batimetri menggunakan *singlebeam echosounder*, lajur perum di PPN Brondong dibagi menjadi dua orde, yakni orde khusus dan orde satu. Orde khusus merupakan area kritis yang kedalaman dibawah lunas minim dan dapat membahayakan kapal, seperti alur masuk pelabuhan dan tempat sandar kapal, sedangkan orde satu merupakan area alur pendekatan pelabuhan, daerah lalu lintas kapal yang cukup padat yang mempunyai kedalaman dibawah lunas cukup memadai dengan kedalaman kurang dari 100 m.

Straight line dibuat tegak lurus garis pantai dengan interval maksimal satu centimeter dari skala survei. Pada orde khusus, *straight line* dibuat dengan

interval 25 meter, sedangkan pada orde satu *straight line* dibuat dengan interval tiap lajur 50 meter. Sementara itu untuk lajur silang (*cross line*) dibuat dengan interval tiap lajur sejauh 100 meter. Lajur silang (*cross line*) berfungsi untuk memastikan ketelitian posisi *sounding* dan reduksi pasang surut. Jarak antar lajur silang adalah 10 kali lebar lajur utama dan membentuk sudut 60° hingga 90° terhadap lajur utama (*straight line*).

Lajur pemeruman dapat berbentuk kumpulan garis lurus, lingkaran konsentrik atau metode lainnya sesuai metode dipakai. Untuk pendeteksian kedalaman ekstrim, lajur perum dibuat mengikuti keadaan perairan. Pemeruman harus dapat mewakili keseluruhan wilayah yang akan dipetakan, dengan lajur perum harus memperhatikan bentuk topografi dasar laut sehingga mampu mendeteksi perubahan kedalaman dengan arah tegak lurus garis pantai (Poerbandono & Djunarsjah, 2005).

3.3.2.2 Data Pasang Surut

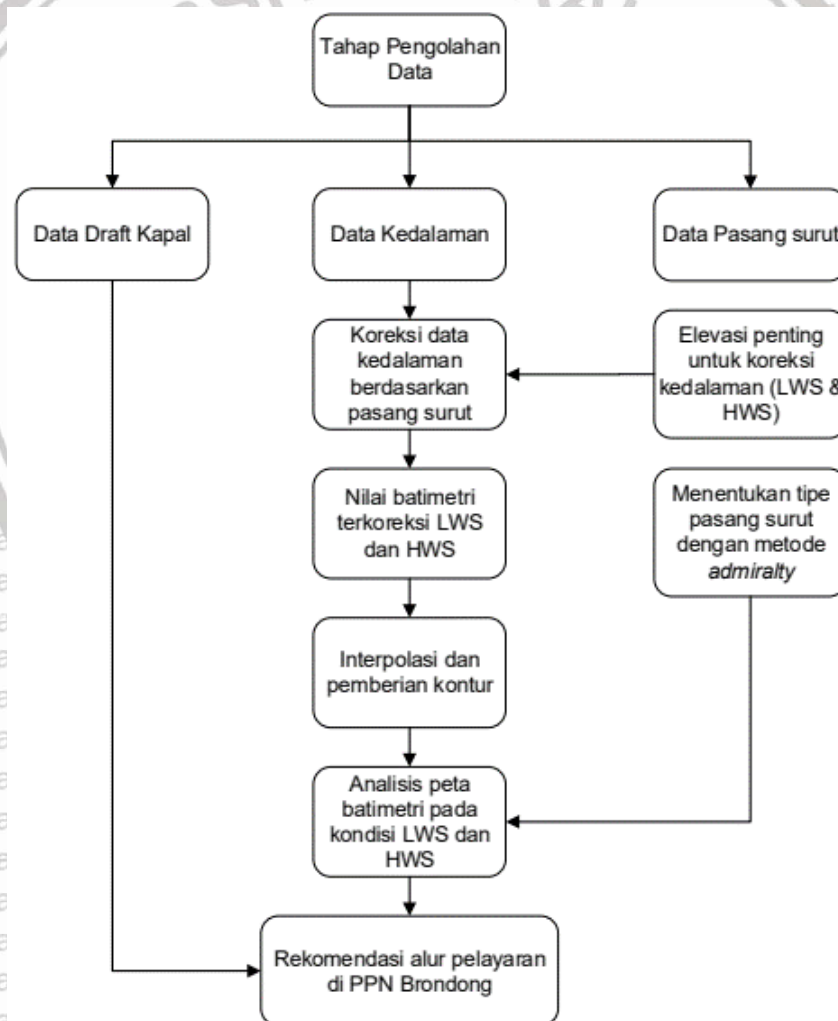
Pengamatan data pasang surut diposisikan pada tempat yang sudah ditentukan pada area penelitian, penentuan peletakan rambu ukur (*tide staff*) harus terendam air laut baik ketika kondisi pasang maupun surut agar pengamatan pasang surut berjalan baik. Pengamatan pasang surut dilaksanakan di pantai atau dermaga dengan menggunakan *tide staff* atau peralatan tide gauge lainnya (Safi' *et al.*, 2017). Pencatatan pasang surut berdasarkan ketinggian muka air pada saat melakukan pemeruman dengan interval pencatatan setiap 60 menit. Pasang surut berfungsi untuk melakukan koreksi kedalaman terhadap pasang surut sehingga dapat mengetahui nilai kedalaman yang sebenarnya.

Penggunaan pasang surut sekunder diperlukan, hal ini berfungsi untuk mendapatkan nilai elevasi penting dan mendapatkan konstanta komponen

harmonik pasang surut yang akan digunakan untuk mengetahui tipe jenis pasang surut di PPN Brondong menggunakan bilangan *formzahl*. Data sekunder pasang surut diperoleh dengan cara *mendownload* dari situs Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan laman web <https://www.big.go.id/> pada bulan dilaksanakan pemeruman.

3.3.3 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data (Gambar 6), meliputi digitasi garis pantai, melakukan koreksi kedalaman terhadap pasang surut, interpolasi, pemberian kontur, *cross section* dan melakukan *layouting* untuk menjadi peta rekomendasi alur pelayaran.



Gambar 6. Tahap Pengolahan Data

3.3.3.1 Pengolahan Data Pasang Surut

Data pasang surut yang telah diperoleh, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode *admiralty* untuk mendapatkan konstanta komponen harmonik dan elevasi perairan. Metode *admiralty* merupakan metode perhitungan yang digunakan untuk menghitung konstanta harmonik yakni amplitud dan beda fasa. Hasil yang diperoleh dari metode *admiralty* yakni konstanta harmonik (Mahatmawati et al., 2009). Setelah mendapatkan elevasi perairan tersebut, kemudian dilakukan pengoreksian data kedalaman terhadap pasang surut di wilayah PPN Brondong. Agar menghasilkan data kedalaman, pengamatan dan reduksi pasang surut harus dilakukan untuk koreksi pemeruman menggunakan chart datum (Badejo & Adewuy, 2019). Tipe pasang surut suatu perairan dapat diketahui menggunakan perhitungan bilangan *formzahl* (Fadilah et al., 2014).

$$F = \frac{AK1+AO1}{AM2+AS2} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- F : Konstanta pasut (*Formzahl*)
- AK1 : Amplitudo komponen pasut *diurnal* berdasarkan gaya tarik bulan dan matahari
- AO1 : Amplitudo komponen pasut *diurnal* berdasarkan gaya tarik bulan
- AM2 : Amplitudo komponen pasut *semi diurnal* berdasarkan gaya tarik bulan
- AS2 : Amplitudo komponen pasut *semi diurnal* gaya tarik bulan dan matahari

Pengklasifikasian tipe pasang surut (Tabel 4), dapat dilakukan perhitungan berdasarkan bilangan *formzahl*.

Tabel 4. Klasifikasi Pembagian Tipe Pasang Surut

Nilai Formzahl	Tipe Pasang Surut
$F < 0,25$	harian ganda (<i>semidiurnal tides</i>)
$0,25 < F < 1,50$	campuran, condong harian ganda (<i>mixed mainly semidiurnal tides</i>)
$1,50 < F < 3,00$	campuran condong harian tunggal (<i>mixed mainly diurnal tides</i>)
$F > 3,00$	harian tunggal (<i>diurnal tides</i>)

Elevasi perairan yang digunakan untuk melakukan pemetaan batimetri

alur pelayaran yaitu *Lowest Water Spring* (LWS) dan *Highest Water Spring* (HWS). Kajian mengenai keadaan pasang surut pada penelitian merupakan faktor penting dalam sebuah rencana pelabuhan. Elevasi perairan seperti LWS

maupun HWS sangat penting terhadap perencanaan pembangunan-pembangunan di daerah pelabuhan. Seperti elevasi HWS penting untuk pembuatan *breakwater*, dermaga sedangkan elevasi LWS digunakan untuk menentukan kedalaman alur pelayaran dan kolom pelabuhan (Winarno, 2012).

3.3.3.2 Pengolahan Data Batimetri

Data kedalaman tidak dapat langsung dilakukan interpolasi, perlu dilakukannya koreksi kedalaman terhadap pasang surut pada *software Microsoft Excel*. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kedalaman yang sesungguhnya. Nilai koreksi pasang surut merupakan nilai kedalaman yang akan dilakukan koreksi dengan nilai kedudukan permukaan air pada saat melakukan pemeruman. Berikut persamaan koreksi kedalaman terhadap pasang surut (Soeprapto, 1999):

$$rt = (TWLt - (MSL + ZO)) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

rt : Besar reduksi data kedalaman

TWLt : Tinggi muka air laut pada waktu pengukuran

MSL : Tinggi muka air laut rata-rata

Z_0 : Tinggi kedudukan muka surutan

Proses untuk mendapatkan nilai kedalaman yang sesungguhnya, hasil dari koreksi kedalaman terhadap pasang surut, kemudian dilakukan koreksi terhadap tingginya draft transduser pada saat pemeruman, dengan menggunakan persamaan:

$$D = dT - rt \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

D : Kedalaman sesungguhnya

dT : Nilai kedalaman setelah penambahan draft transduser

rt : Besar reduksi data kedalaman

Data kedalaman yang sudah terkoreksi tersebut, kemudian diberikan *boundary* sebagai batasan interpolasi menggunakan *software Surface Modelling System (SMS) 13.1* dengan metode interpolasi *Natural Neighbor*, dan ekstrapolasi dengan metode *Inverse Distance Weighted (IDW)*. *Output* dari *software SMS 13.1* kemudian di *input* ke dalam *software Mapinfo Discover* untuk pemberian interpolasi dengan metode *kriging* dan pemberian kontur. Metode *kriging* merupakan interpolator yang mempunyai banyak keunggulan dibandingkan interpolator lainnya seperti, dapat menggabungkan korelasi spasial pada data dan dapat menghitung variasi berdasarkan nilai yang diestimasi sehingga dapat diketahui (Siregar & Selamat, 2009). Setelah semua dilakukan, *output* dari *software Mapinfo Discover* dapat dilakukan proses *layouting* peta alur pelayaran pada *software ArcMap 10.3*.

Pembuatan garis penampang melintang (*cross section*) diperlukan untuk melakukan analisis kelerengan di lokasi penelitian. Pembuatan penampang

melintang digunakan untuk mengetahui bentuk morfologi pada lokasi penelitian (Nugraha *et al.*, 2015).

$$\tan \alpha = \frac{\Delta h}{L} \quad (5)$$

Keterangan:

α : Nilai besaran sudut kelereng

L : Jarak penarikan garis *cross section*

Δh : Besaran beda tinggi elevasi kedalaman

Pembagian klasifikasi nilai kelereng (Tabel 5), dapat berpedoman pada klasifikasi menurut (Van Zuidam, 1985).

Tabel 5. Klasifikasi Nilai Kemiringan Lereng

Klasifikasi	Kemiringan	
	Kelereng (%)	Morfologi (°)
Datar	0 – 2	0 – 2
Cukup Landai	2 – 7	2 – 4
Landai	7 – 15	4 – 8
Cukup curam	15 – 30	8 – 16
Curam	30 – 70	16 – 35
Terjal	70 – 140	35 – 55
Sangat Terjal	>140	>55

3.4 Analisa Draft Kapal

Alur pelayaran harus difasilitasi dengan informasi kedalaman perairan tersebut agar terciptanya keamanan bernavigasi kapal pada saat melakukan pelayaran. Kesalahan bernavigasi akibat ketidaksesuaian perhitungan kedalaman dengan draft kapal dapat berpotensi menyebabkan kapal karam yang membahayakan kapal tersebut. Penentuan kedalaman perairan pelabuhan menggunakan datum *Lowest Low Water Level* (LLWL) sebagai pedoman agar kapal dapat berlabuh dan beraktivitas dengan aman di perairan pelabuhan. Draft kapal bergantung pada berat total bawaan di atas kapal dan ukuran fisik kapal serta daya dukungnya harus dipertimbangkan sebelum mendekati dermaga (Arnesen *et al.*, 2017). Perhitungan kedalaman minimum yang aman untuk kapal

di wilayah pelabuhan berdasarkan draft maksimal kapal terbesar yang akan bersandar (Bujana & Yuwono, 2014):

$$H = d + G + R + P + S + K \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

H : Kedalaman total pada alur pelayaran

d : Draft kapal terbesar

G : Gerakan vertikal kapal

R : Ruang kebebasan bersih

P : Ketelitian Pengukuran (0.25 m)

S : Pengendapan sedimen antara dua pengerukan (0.25 m)

K : Toleransi Pengerukan (0.25 m)



BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

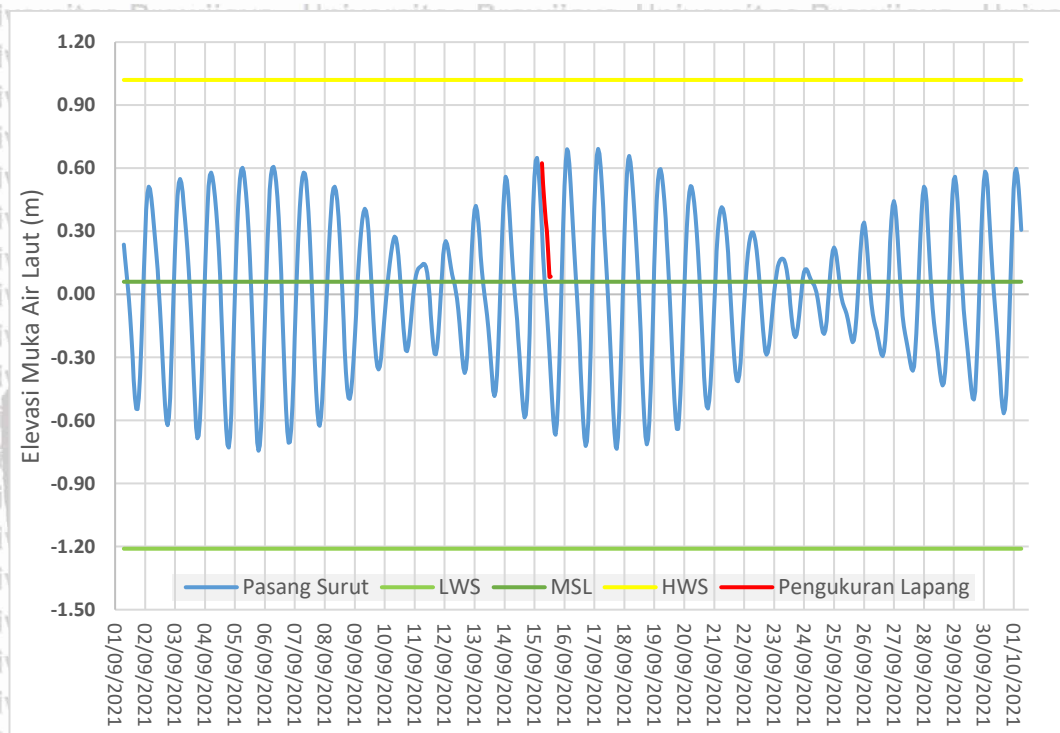
Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong berlokasi di Kelurahan Brondong, Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan. PPN Brondong tergolong dalam Pelabuhan Perikanan Kelas B sebagai Unit Pelaksana Teknis Dirjen Perikanan Tangkap yang dikelola Kementerian Kelautan Perikanan Pemerintahan Pusat. Batas kerja wilayah PPN Brondong seluas 43.30 Ha yang terdiri dari 19.93 Ha wilayah kerja daratan dan 23.40 Ha wilayah kerja perairan.

Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong merupakan pelabuhan perikanan terbesar di Jawa Timur. Banyak aktivitas penunjang perikanan yang dilakukan di PPN Brondong seperti bongkar muat ikan, tambat labuh kapal, pelelangan ikan, kegiatan alur pelayaran dan pembekalan kapal. Peranan dari pelabuhan perikanan yaitu sebagai penghubung antara kegiatan yang berada di darat dengan kegiatan di laut agar menciptakan ekosistem usaha yang berdaya guna tinggi. Banyaknya kegiatan yang dilakukan di PPN Brondong, sehingga terdapat rencana *masterplan* untuk melakukan reklamasi agar memberikan pelayanan terbaik untuk pengguna jasa pelabuhan.

4.2 Pasang Surut PPN Brondong

Pengamatan pasang surut dilakukan selama 8 jam pada tanggal 15 September 2021, bersamaan dengan dilakukannya pemeruman dari pukul 06.00 WIB - 14.00 WIB yang digunakan sebagai acuan untuk pasang surut sekunder. Data primer pasang surut dapat digunakan sebagai acuan kondisi lapang yang sebenarnya (Djati et al., 2014). Pasang surut sekunder yang digunakan merupakan pasang surut BIG dengan rentang waktu selama satu bulan pada tanggal 1-30 September 2021 dengan interval pengukuran setiap 60 menit.

Pasang surut sekunder dapat dijadikan sebagai data penunjang untuk data pasang surut primer (Catherinna *et al.*, 2015). Setelah mendapatkan data pasang surut primer dan sekunder yang telah disamakan skalanya, kemudian dilakukan penyetaraan pasang surut antara kedua data pasang surut tersebut untuk mendapatkan grafik pasang surut di perairan PPN Brondong (Gambar 7) pada periode bulan September 2021.



Gambar 7. Grafik Pasang Surut PPN Brondong bulan September 2021.

Hasil dari Grafik Pasut (Gambar 7), didapatkan pasang surut primer ditandai dengan garis merah, tidak jauh berbeda dibandingkan grafik prediksi BIG yang ditandai dengan garis biru. Hasil dari pengamatan pasang surut dan pasang surut BIG dilakukan uji statistik korelasi. Uji korelasi dimaksudkan untuk mengetahui hubungan antara nilai pasang surut pengamatan (x) dan pasang surut BIG (y) (Bertan *et al.*, 2016). Penentuan uji korelasi menggunakan uji korelasi *pearson* berdasarkan klasifikasi nilai koefisien korelasi (r) hubungan antar variabel (Tabel 6).

Tabel 6. Nilai Koefisiensi Korelasi (r) (Akoglu, 2018)

Nilai Koefisiensi Korelasi (r)	Tingkat Hubungan
0.00-0.199	Sangat Lemah
0.20-0.399	Lemah
0.40-0.599	Cukup
0.60-0.799	Kuat
0.80-1.00	Sangat Kuat

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai korelasi (r) sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n})(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n})}} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

r : Korelasi *Pearson*

x : Data pasang surut pengamatan

y : Data pasang surut BIG

n : Jumlah data

Berdasarkan pengklasifikasian tingkat hubungan korelasi (Tabel 6), dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan 7, diperoleh bahwa nilai uji korelasi *pearson* sebesar 0.98, dengan tingkat hubungan sangat kuat sehingga data dapat digunakan. Berdasarkan grafik pasang surut (Gambar 7), diketahui bahwa surut terendah yaitu -0.74 m dan pasang tertinggi yaitu 0.68 m.

Dapat dilihat fluktuasi kenaikan dan penurunan muka air laut. Dalam waktu satu hari dapat terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Diketahui juga bahwa pasang dimulai pukul 18.00 WIB hingga 04.00 WIB, sedangkan air mulai surut terjadi pukul 04.00 WIB hingga pukul 18.00 WIB. Keadaan muka air laut pada kondisi diatas MSL terjadi pada pukul 23.00 WIB hingga 11.00 WIB dengan pasang tertinggi terjadi pada pukul 04.00 WIB dan keadaan muka air laut pada

kondisi dibawah MSL terjadi pada pukul 12.00 WIB hingga pukul 22.00 WIB dengan surut terendah terjadi pada pukul 18.00 WIB.

Metode *admiralty* digunakan untuk mendapatkan amplitudo konstanta harmonik untuk mengetahui perhitungan *formzahl* agar mendapatkan tipe pasang surut pada suatu perairan dan mendapatkan elevasi perairan berdasarkan konstanta komponen harmonik. Penentuan tipe pasang surut dan penentuan *chart datum* di suatu perairan dapat didapatkan berdasarkan hasil analisa pasang surut berdasarkan konstanta komponen harmonik dengan menggunakan metode *admiralty* (Fitriana *et al.*, 2019). Hasil pengolahan data menggunakan metode *admiralty* berupa komponen harmonik (Tabel 7).

Tabel 7. Konstanta Komponen Harmonik

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A Cm	5.6	5.18	6.09	1.08	68.34	31.87	0.02	0.18	1.64	22.55
g°		-88	-22	330	248	289	233	190	-22	248

Berdasarkan konstanta harmonik (Tabel 7), diketahui bilangan *formzahl* 8.89. Menurut Fadilah *et al.*, (2014), bilangan *formzahl* $F > 3.00$ termasuk pasang surut tipe harian tunggal (*diurnal tides*), dimana hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari. Penentuan elevasi perairan dapat dilakukan berdasarkan dari nilai konstanta harmonik yang telah diperoleh sebelumnya menggunakan metode *admiralty*. Elevasi penting mempunyai fungsi sebagai muka surutan referensi untuk pembuatan alur pelayaran pada suatu pelabuhan.

Persamaan perhitungan elevasi perairan (Tabel 8), menggunakan kondisi Low Water Spring (LWS), Mean Sea Level (MSL) dan High Water Spring (HWS).

Tabel 8. Persamaan Nilai Chart Datum (Fuad *et al.*, 2016)

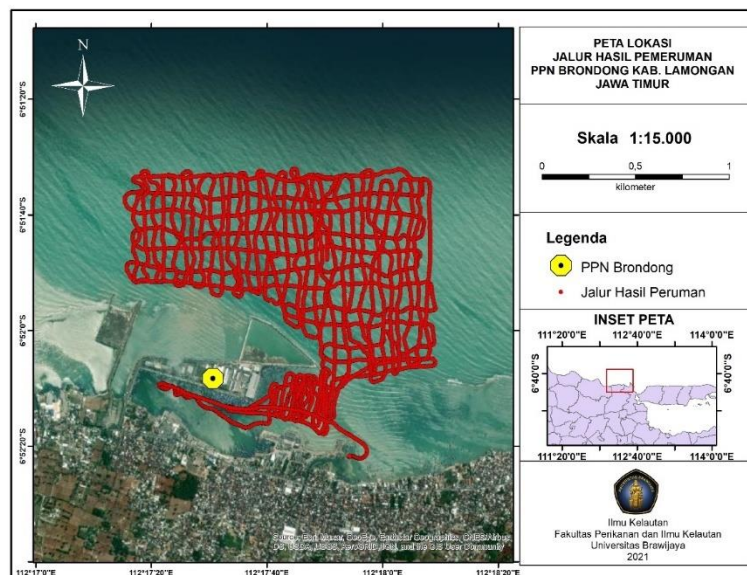
Chart Datum	Persamaan	Nilai (m)
HWS	$Z_0 + (AM_2 + AS_2) + (AK_1 + AO_1)$	1.02
MSL	S_0	0.06
LWS	$Z_0 - (AM_2 + AS_2) + (AK_1 + AO_1)$	-1.21

Hasil perhitungan nilai *chart datum* (Tabel 8), didapatkan bahwa nilai pada kondisi *High Water Spring (HWS)* sebesar 1.02 m, *Mean Sea Level (MSL)* sebesar 0.06 dan *Low Water Spring (LWS)* sebesar -1.21 dengan nilai tunggang pasang sebesar 2.23 m.

4.3 Peta Batimetri PPN Brondong

Pemeruman kedalaman perairan (Gambar 8), dilakukan selama satu hari yang dilaksanakan pada tanggal 15 September 2021 di PPN Brondong, Kab.

Lamongan dengan luas area pemeruman sekitar 194.23 hektare.



Gambar 8. Hasil Jalur Pemeruman

Hasil pemeruman (Gambar 8), berada pada lokasi wilayah kerja dari PPN Brondong yang dapat digolongkan menjadi 2 orde, yaitu perairan orde khusus dan orde satu yang berpedoman pada *International Hydrographic Organization*.

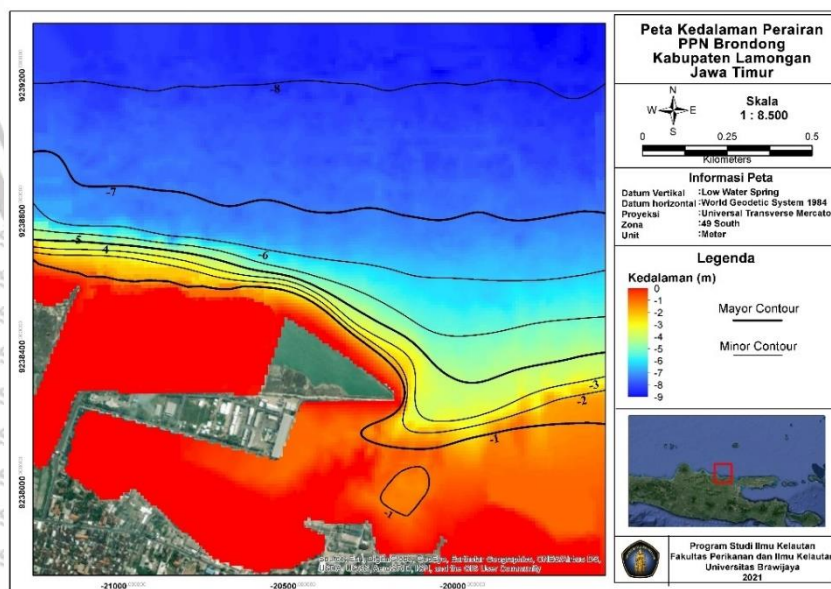
Proses pemeruman dilakukan untuk mengetahui kedalaman dan topografi dasar laut di PPN Brondong dengan mengikuti *trackline* yang telah dibuat. Proses pemeruman menggunakan kapal dengan kecepatan 3-5 knots dengan jarak yang telah ditempuh sejauh 56.6 km. Pengukuran kedalaman menggunakan metode akustik memerlukan biaya dan waktu yang sesuai dengan luasan area survei.

Maka dari itu, apabila semakin luas area survei, maka akan semakin banyak

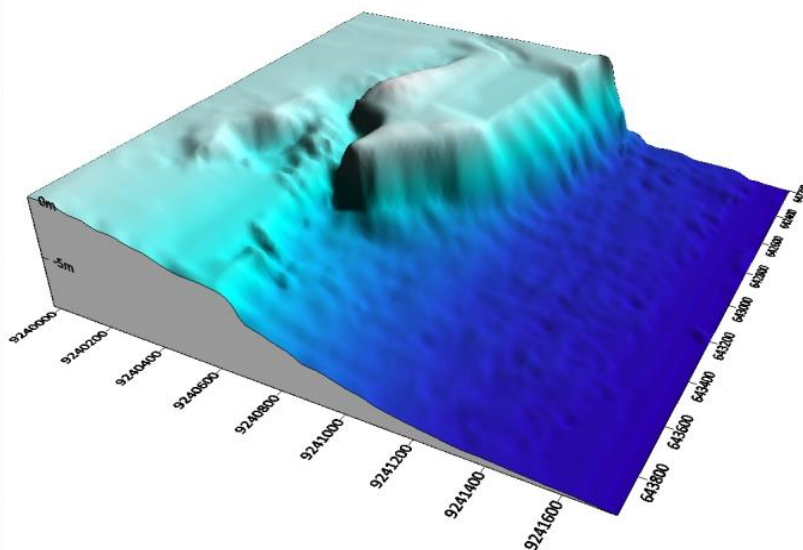
biaya dan semakin lama waktu yang dibutuhkan (Lubis et al., 2017). Hasil pemeruman berupa raw data dengan format .txt yang perlu dilakukan koreksi terhadap pasang surut sebelum dilanjutkan pada proses interpolasi. Data hasil pemeruman batimetri secara langsung berupa koordinat titik sampling, data kedalaman dan waktu pengambilan data harus dikoreksi terlebih dahulu sebelum dilakukan proses pembuatan peta batimetri (A. R. Nugraha & Saputro, 2013). Penentuan elevasi muka rencana pada penelitian di PPN Brondong menggunakan kondisi LWS dan HWS. Analisis pembuatan alur pelayaran dapat menggunakan elevasi muka perairan seperti LWS, MSL dan HWS yang berfungsi sebagai referensi kedalaman terendah sampai tertinggi bagi kapal yang akan melintasi suatu perairan (Bujana & Yuwono, 2014).

4.3.1 Peta Batimetri Kondisi *Low Water Spring* (LWS)

Berdasarkan peta batimetri pada kondisi LWS (Gambar 9), yang sebelumnya telah dilakukan pengoreksian kedalaman berdasarkan surut terendah atau LWS.



Gambar 9. Peta Batimetri LWS

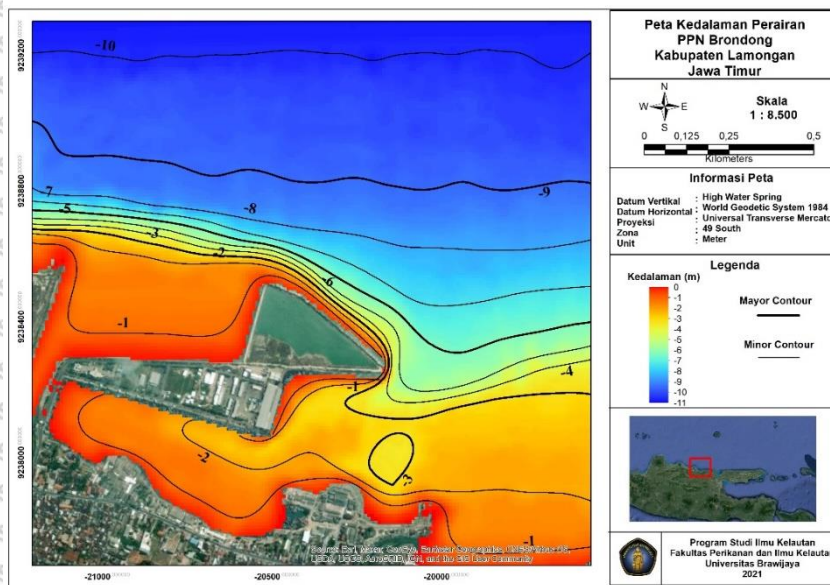


Gambar 10. Peta Batimetri 3D LWS

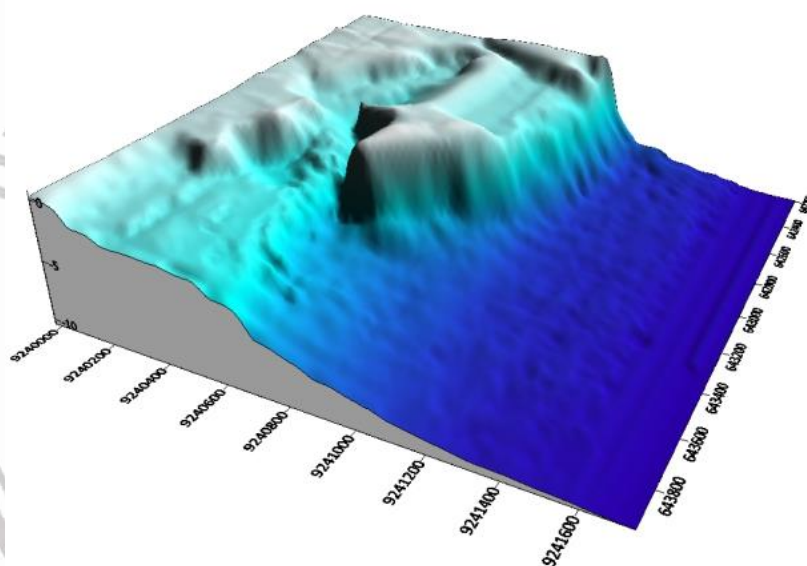
Peta batimetri kondisi LWS (Gambar 9), di PPN Brondong memiliki kedalaman berkisar antara 0 – 8.2 m. Kedalaman terdangkal pada surut terendah yaitu 0 m pada area dekat garis pantai. Pada area kolam pelabuhan bagian dalam yang ditandai dengan warna merah, memiliki kedalaman berkisar 0 – 0.6 meter, sedangkan di area kolam pelabuhan bagian luar, memiliki kedalaman berkisar antara 0 – 1.2 meter. Terdapat perubahan kedalaman yang cukup signifikan yang terletak pada bagian utara hasil reklamasi dari kedalaman 1 – 6 meter yang ditandai dengan perubahan warna kontur yang signifikan dan penumpukan garis kontur pada area tersebut. Kedalaman terdalam yaitu pada kedalaman 8.2 m yang berada pada bagian utara menuju laut lepas yang ditandai dengan warna biru tua.

4.3.2 Peta Batimetri Kondisi *High Water Spring* (HWS)

Berdasarkan peta pada batimetri kondisi HWS (Gambar 11), yang sebelumnya telah dilakukan pengoreksian kedalaman berdasarkan pasang tertinggi atau HWS.



Gambar 11. Peta Batimetri HWS



Gambar 12. Peta Batimetri 3D HWS

Peta batimetri kondisi HWS (Gambar 11), di PPN Brondong memiliki kedalaman berkisar antara 0 – 10,4 m. Kedalaman terdangkal pada saat pasang yaitu 0 m berada pada garis pantai. Pada area kolam pelabuhan bagian dalam yang ditandai dengan warna orange, memiliki kedalaman berkisar 1 – 2,6 meter, sedangkan di area kolam pelabuhan bagian luar, memiliki kedalaman berkisar antara 2 – 3,2 meter. Terdapat perubahan kedalaman yang cukup signifikan

yang terletak pada bagian utara hasil reklamasi dari kedalaman 1 - 7 meter yang ditandai dengan perubahan warna kontur yang signifikan dan penumpukan garis kontur pada area tersebut. Kedalaman terdalam pada yaitu kedalaman 10,4 meter yang berada pada bagian utara menuju laut lepas yang ditandai dengan warna biru tua.

4.4 Analisis Penampang Melintang

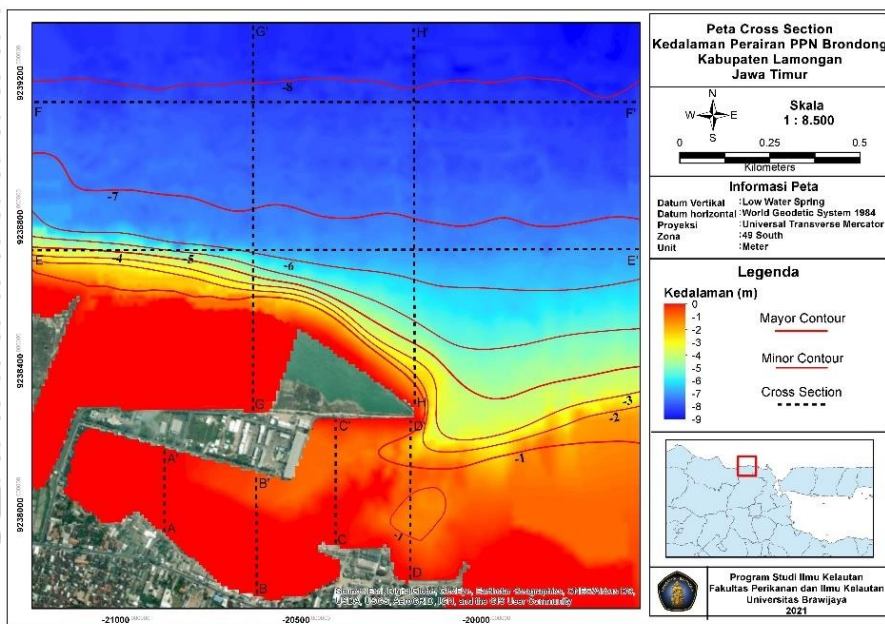
Pembuatan peta batimetri selain untuk melakukan pengukuran kedalaman perairan untuk mendapatkan profil kedalaman juga harus dilakukan analisa penampang melintang (*cross section*) untuk mengetahui kelerengan atau morfologi dasar perairan yang terdapat pada wilayah kajian. Analisa penampang melintang pada suatu perairan bertujuan untuk mengetahui perubahan profil pada dasar perairan (Wibawa *et al.*, 2017). Penentuan garis penampang melintang terbagi menjadi 8 segmen baik LWS maupun HWS.

Penentuan *plotting* tiap segmen terbagi menjadi dua area berbeda yaitu area kolam pelabuhan dan area luar pelabuhan. Penempatan penampang melintang pada area luar pelabuhan bertujuan untuk mengetahui profil kedalaman pada alur pendekatan pelayaran untuk persiapan memasuki pelabuhan, sedangkan penempatan penampang melintang pada area kolam pelabuhan bertujuan untuk mengetahui morfologi dasar laut sehingga mengurangi resiko terjadinya kandasnya kapal pada saat masuk kedalaman kolam pelabuhan hingga kapal berlabuh. Penentuan peletakan tiap segmen garis penampang melintang didasarkan pada hasil interpretasi yang telah diperkirakan dapat mewakili morfologi dasar laut pada daerah yang dikaji (Catherinna *et al.*, 2015).

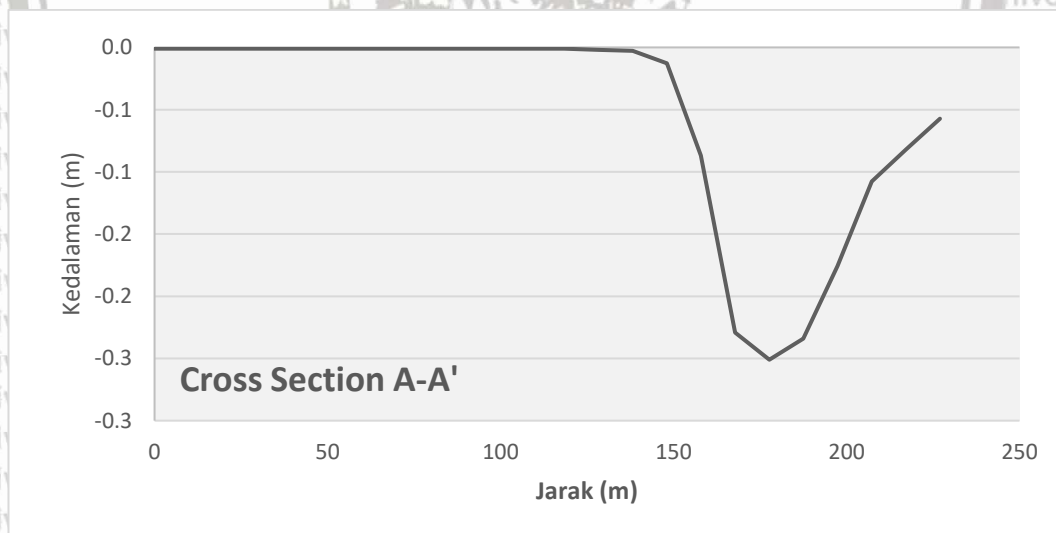
4.4.1 Analisa Penampang Melintang Kondisi LWS

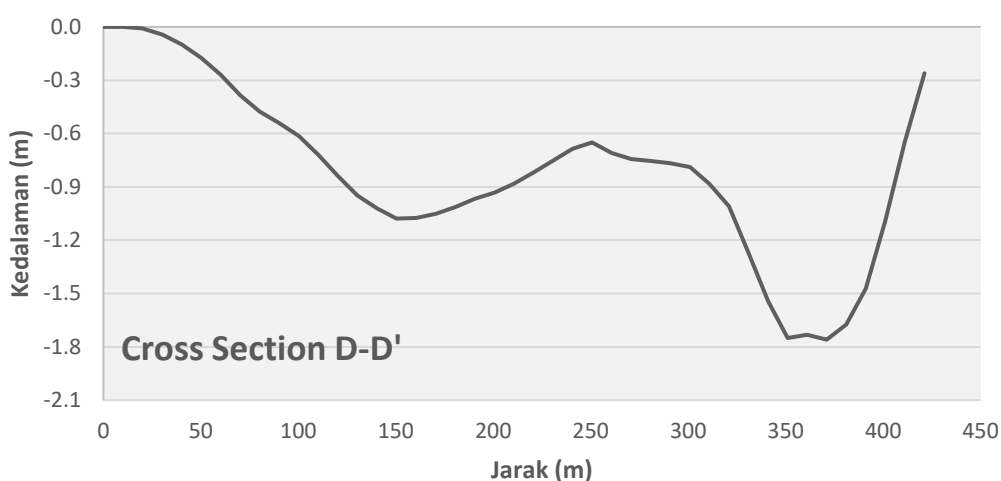
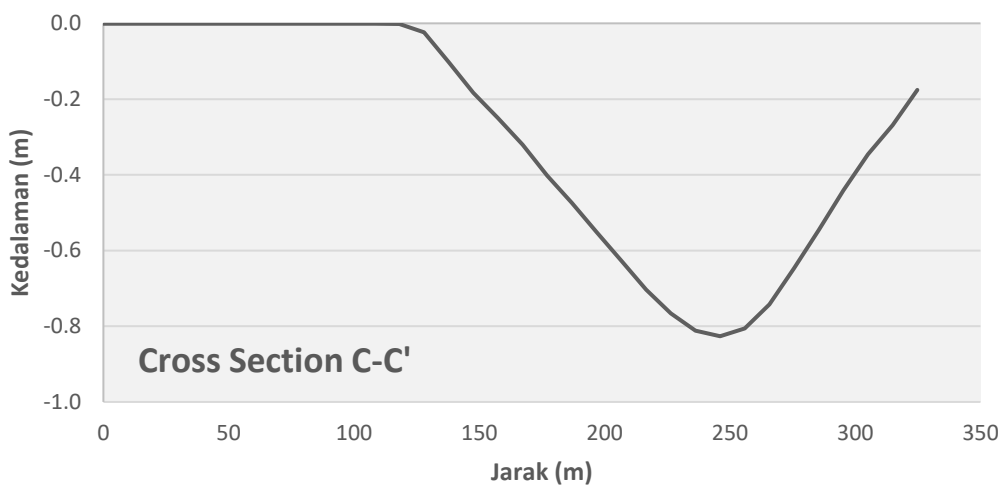
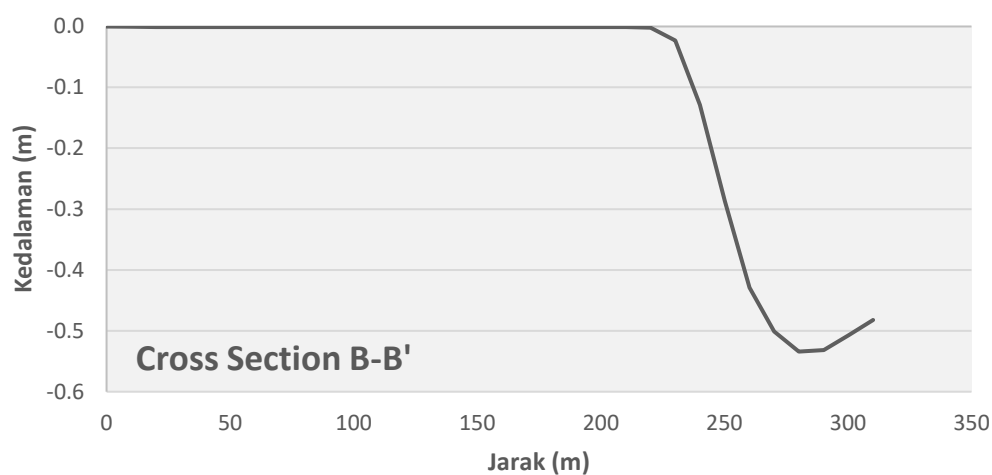
Penentuan penampang melintang kondisi LWS (Gambar 13), pada area kolam pelabuhan terbagi menjadi 4 segmen, yaitu Segmen A-A', Segmen B-B',

Segmen C-C' dan Segmen D-D', kemudian untuk area luar pelabuhan dibagi menjadi 4 segmen, yaitu Segmen E-E', Segmen F-F', Segmen G-G' dan Segmen H-H'

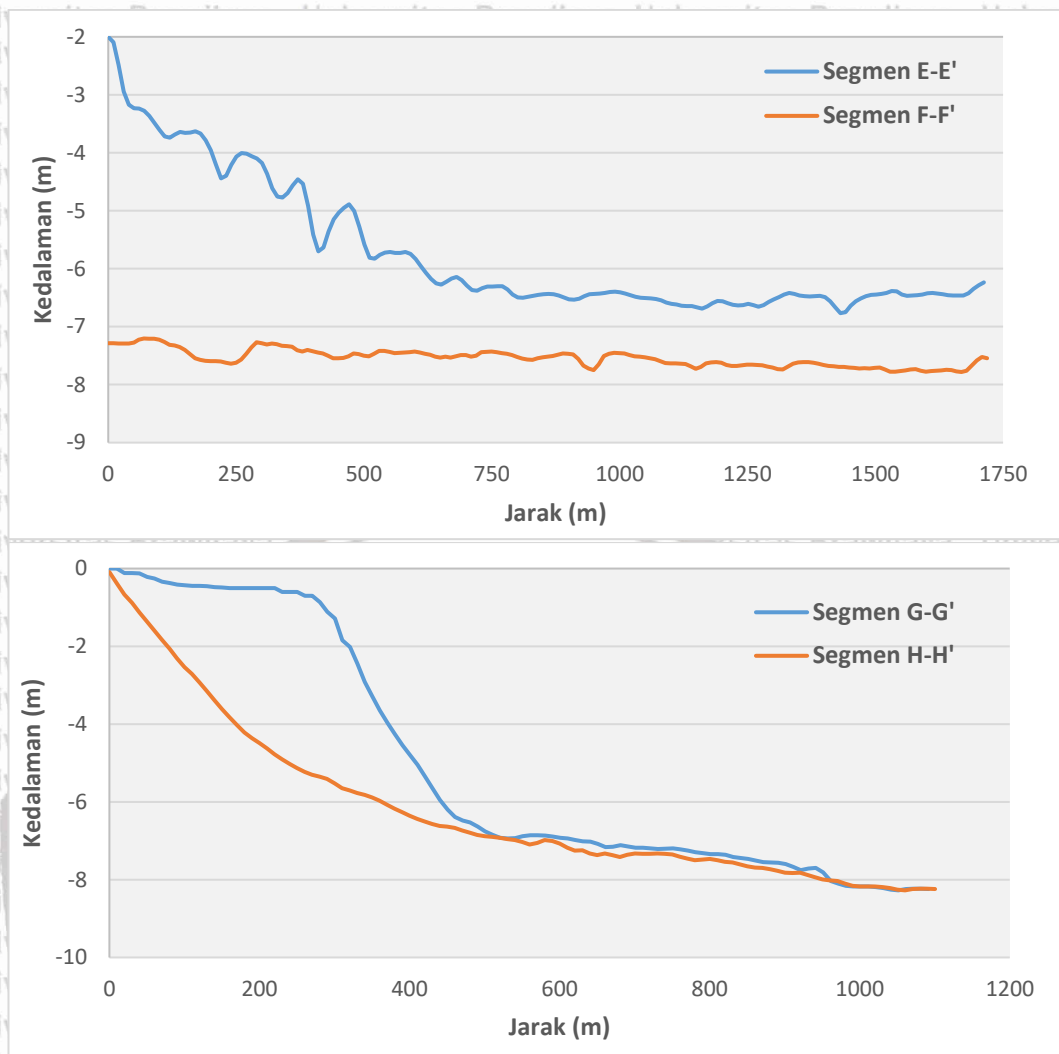


Gambar 13. Peta *Plot Cross Section LWS*





Gambar 14. Grafik Cross Section Area Kolam Pelabuhan Kondisi LWS



Gambar 15. Grafik Cross Section Area Luar Pelabuhan Kondisi LWS

Penarikan garis *cross section* (Gambar 13), pada area kolam pelabuhan memiliki jarak penarikan garis pada tiap segmen berbeda-beda dikarenakan mengikuti topografi pelabuhan. Jika dilihat pada grafik penampang melintang area kolam pelabuhan (Gambar 14), Segmen A-A' berjarak 255.32 m, Segmen B-B' berjarak 305.59 m, Segmen C-C' berjarak 326.76 m dan Segmen D-D' berjarak 417.78 m. Kemudian grafik penampang melintang pada area luar pelabuhan (Gambar 15), terbagi menjadi 4 segmen, yaitu Segmen E-E' dengan jarak 1727.21 m, Segmen F-F' dengan jarak 1725.09, Segmen G-G' dengan jarak 1090.09 m dan Segmen H-H' dengan jarak penampang melintang 1103.31 m.

Elevasi kedalaman didapatkan berdasarkan beda kedalaman pada tiap garis penampang melintang. Nilai elevasi kedalaman kolam pelabuhan (Gambar 14), pada Segmen A-A' mempunyai elevasi kedalaman 0.25 m, Segmen B-B' mempunyai mempunyai elevasi kedalaman 0.53 m, Segmen C-C' mempunyai elevasi kedalaman 0.83 m, Segmen D-D' mempunyai elevasi kedalaman 1.76 m. Kemudian nilai elevasi kedalaman area luar kolam pelabuhan (Gambar 15), pada Segmen E-E' mempunyai elevasi kedalaman 4.77 m, Segmen F-F' mempunyai elevasi kedalaman 0.58 m, Segmen G-G' mempunyai elevasi kedalaman 8.71 m, dan Segmen H-H' mempunyai elevasi kedalaman 8.59 m. Perhitungan nilai kelerengan (Tabel 9), dilakukan setelah mengetahui jarak dan elevasi pada tiap segmen penampang melintang. Untuk mengetahui kelerengan pada dasar perairan dapat menggunakan persamaan (W. A. Nugraha *et al.*, 2015). Setelah sudut kelerengan sudah diketahui, dapat dilakukan penentuan klasifikasi tipe kelerengan dengan acuan (Van Zuidam, 1985).

Tabel 9. Hasil Perhitungan Kelerengan LWS

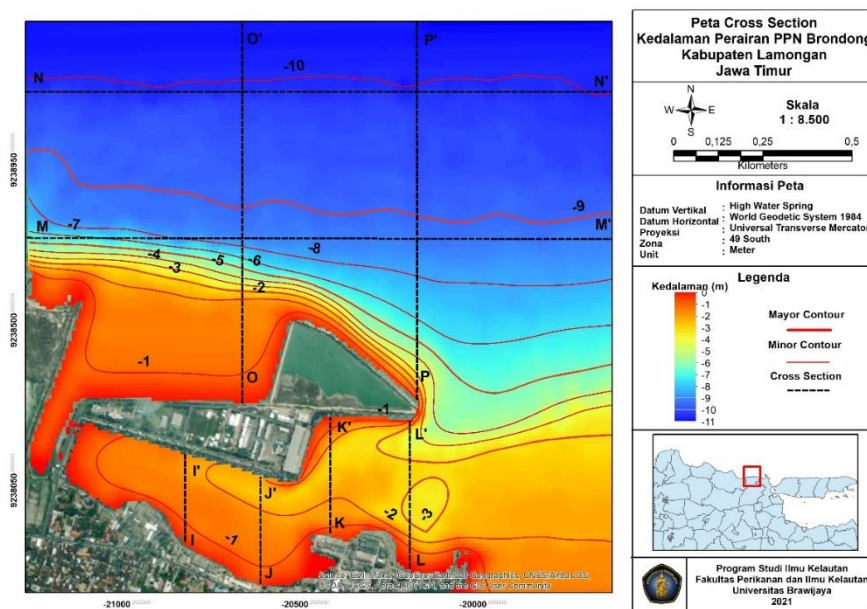
Segmen	Jarak (m)	Elevasi (m)	Kelerengan (°)	Tipe Kelerengan
A-A'	255.32	0.25	0.05	Datar atau Sangat Datar
B-B'	305.59	0.53	0.05	Datar atau Sangat Datar
C-C'	326.76	0.83	0.1	Datar atau Sangat Datar
D-D'	417.78	1.76	0.2	Datar atau Sangat Datar
E-E'	1727.21	4.77	0.15	Datar atau Sangat Datar
F-F'	1725.09	0.58	0.02	Datar atau Sangat Datar
G-G'	1090.09	8.71	0.46	Datar atau Sangat Datar
H-H'	1103.31	8.59	0.44	Datar atau Sangat Datar

Hasil nilai kelerengan LWS (Tabel 9), diketahui bahwa kelerengan dasar laut di Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong, Kab. Lamongan diklasifikasikan kedalam tipe kelerengan datar atau sangat datar. Hal tersebut

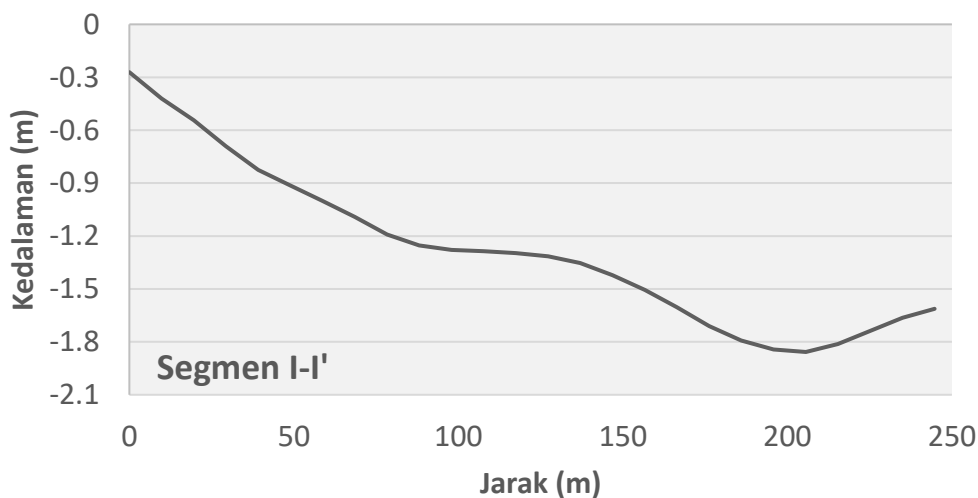
dapat diketahui berdasarkan pada sudut kelereng dasar perairan dengan kisaran antara 0–2° yang termasuk tipe kelereng datar atau sangat datar (Van Zuidam, 1985).

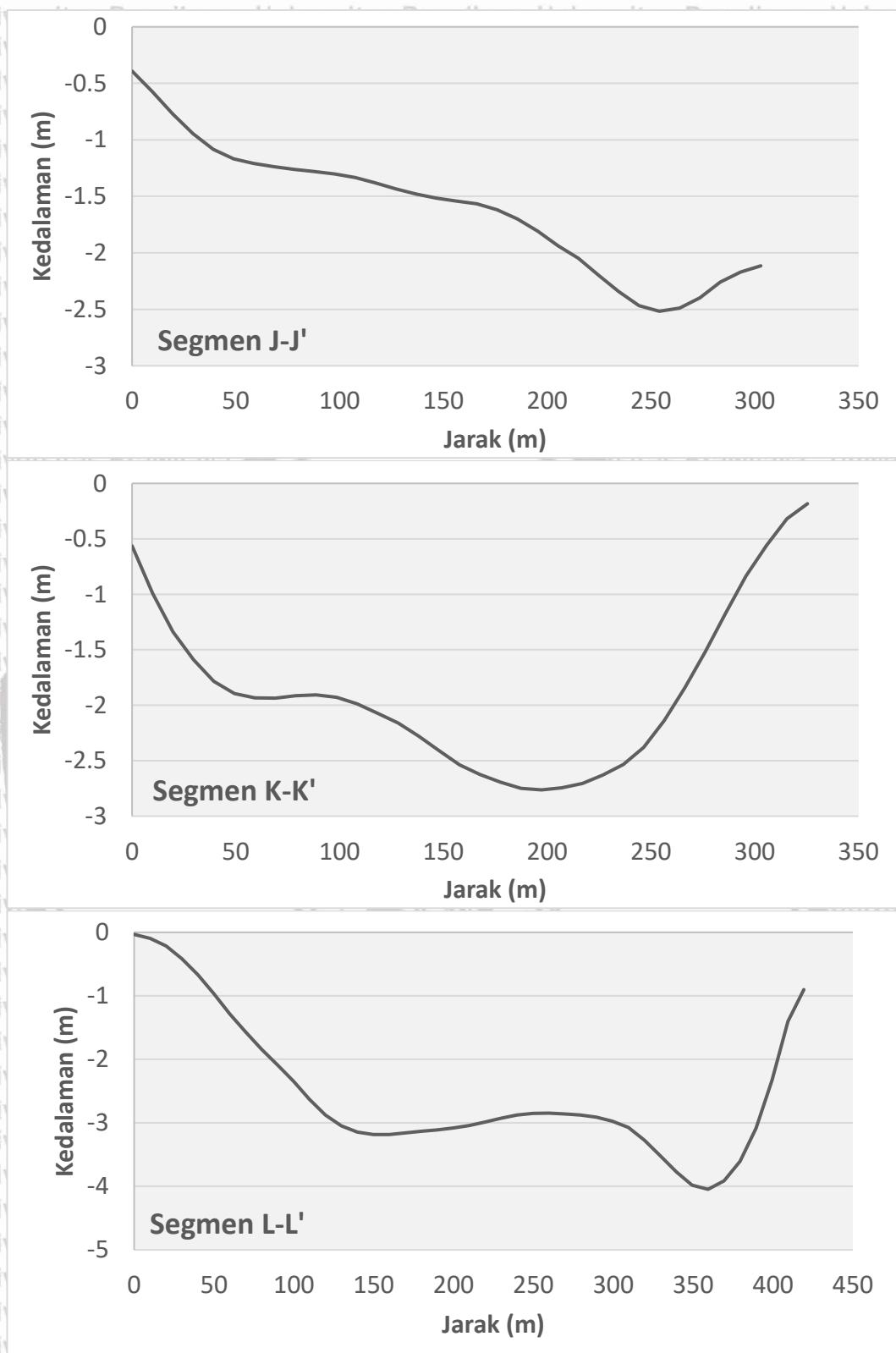
4.4.2 Analisa Penampang Melintang Kondisi HWS

Penentuan penampang melintang kondisi HWS (Gambar 16), area kolam pelabuhan terbagi menjadi 4 segmen, yaitu Segmen I-I', Segmen J-J', Segmen K-K' dan Segmen L-L', kemudian untuk area luar pelabuhan dibagi menjadi 4 segmen, yaitu Segmen M-M', Segmen N-N', Segmen O-O' dan Segmen P-P'.

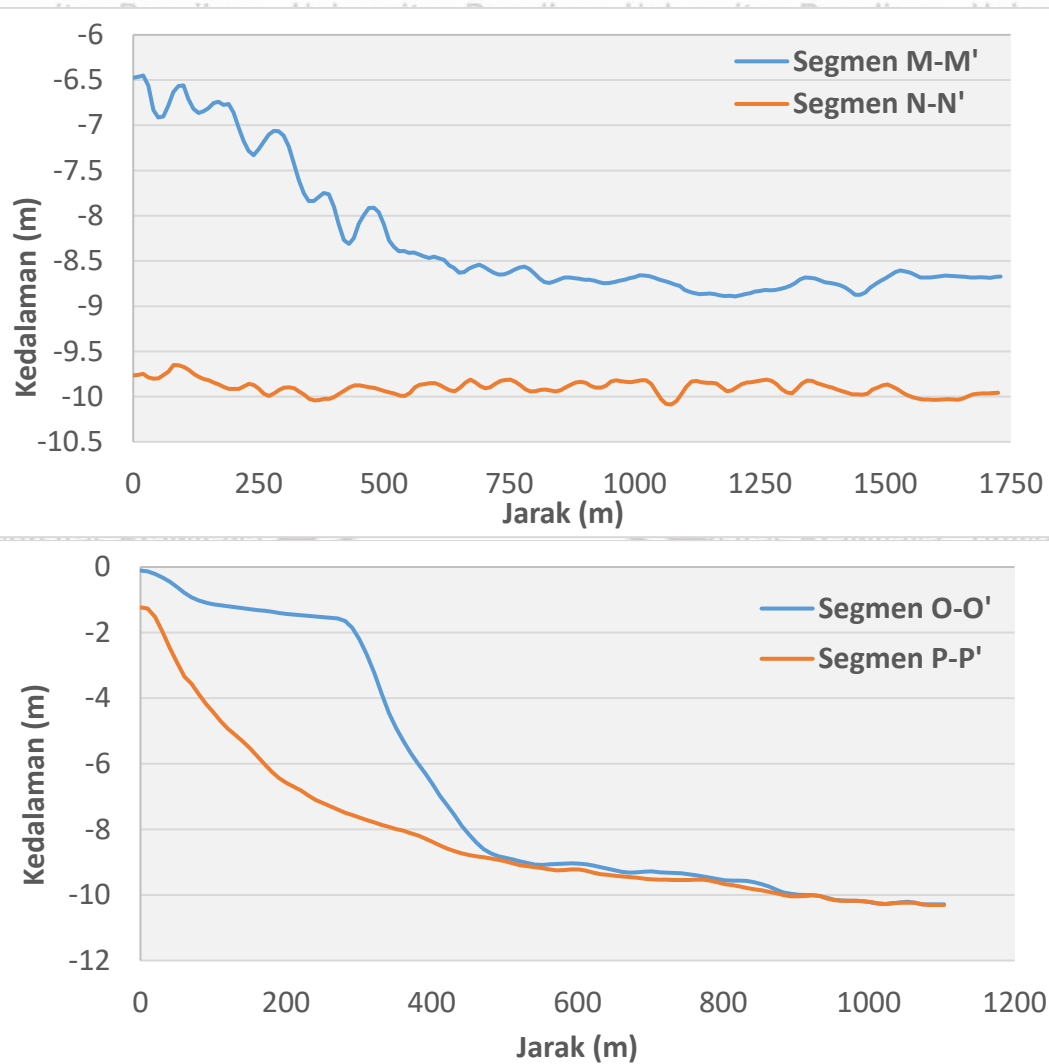


Gambar 16. Peta Plot Cross Section HWS





Gambar 17. Grafik Cross Section Area Kolam Pelabuhan Kondisi HWS



Gambar 18. Grafik Cross Section Area Luar Pelabuhan Kondisi HWS

Penarikan garis cross section (Gambar 16), pada area kolam pelabuhan memiliki jarak penarikan garis penampang melintang pada tiap segmen berbeda dikarenakan mengikuti topografi pelabuhan. Jika dilihat pada grafik penampang melintang area kolam pelabuhan (Gambar 17), Segmen I-I' mempunyai jarak 244.74 m, Segmen J-J' mempunyai jarak 302.94 m, Segmen K-K' mempunyai jarak 325.43 m dan Segmen L-L' berjarak 419.36 m. Kemudian grafik penampang melintang pada area luar pelabuhan (Gambar 18), dengan terbagi menjadi 4 segmen, yaitu Segmen M-M' dengan jarak 1729.9 m, Segmen N-N' dengan jarak 1725.08, Segmen O-O' dengan jarak 1103.31 dan Segmen P-P' dengan jarak penampang melintang 1103.13 m.

Elevasi kedalaman didapatkan berdasarkan beda kedalaman pada tiap garis penampang melintang. Nilai Elevasi kedalaman kolam pelabuhan (Gambar 17), pada segmen I-I' mempunyai elevasi kedalaman 1.59 m, Segmen J-J' mempunyai elevasi kedalaman 2.13 m, Segmen K-K' mempunyai elevasi kedalaman 2.58 m, Segmen L-L' mempunyai elevasi kedalaman 4.01 m. Kemudian nilai elevasi kedalaman area luar kolam pelabuhan (Gambar 18), pada Segmen M-M' mempunyai elevasi kedalaman 2.45 m, Segmen N-N' mempunyai elevasi kedalaman 0.43 m, Segmen O-O' mempunyai elevasi kedalaman 10.12 m, dan Segmen P-P' mempunyai elevasi kedalaman 9.08 m. Perhitungan nilai kelerengan (Tabel 10), dilakukan setelah mengetahui jarak dan elevasi pada tiap segmen penampang melintang. Setelah sudut kelerengan sudah diketahui, dapat dilakukan penentuan klasifikasi tipe kelerengan dengan acuan (Van Zuidam, 1985).

Tabel 10. Hasil Perhitungan Kelerengan HWS

Segmen	Jarak (m)	Elevasi (m)	Kelerengan (°)	Tipe Kelerengan
I-I'	244.74	1.59	0.37	Datar atau Sangat Datar
J-J'	302.94	2.13	0.40	Datar atau Sangat Datar
K-K'	325.43	2.58	0.45	Datar atau Sangat Datar
L-L'	419.36	4.01	0.55	Datar atau Sangat Datar
M-M'	1729.9	2.45	0.18	Datar atau Sangat Datar
N-N'	1725.08	0.43	0.08	Datar atau Sangat Datar
O-O'	1103.31	10.12	0.52	Datar atau Sangat Datar
P-P'	1103.13	9.08	0.47	Datar atau Sangat Datar

Hasil nilai kelerengan (Tabel 10), diketahui bahwa kelerengan dasar laut di Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong, Kab. Lamongan diklasifikasikan dalam tipe kelerengan datar atau sangat datar. Hal tersebut dapat diketahui

berdasarkan pada sudut kelerengan dasar perairan dengan kisaran antara 0–2° yang termasuk tipe kelerengan datar atau sangat datar (Van Zuidam, 1985).

4.5 Rekomendasi Alur Pelayaran

Perhitungan analisa kapal ideal yang dapat melalui suatu perairan memerlukan data pasang surut, peta batimetri dan ukuran kapal terbesar yang berlabuh (Bujana & Yuwono, 2014). Data draft kapal diperlukan untuk mengetahui jarak vertikal dari titik terendah lunas kapal sampai dengan *Length of Water Line* (LWL) atau panjang garis air. Draft tiap kapal dapat berbeda-beda tergantung pada ukuran kapal tersebut. Ukuran dimensi kapal (Tabel 11), diperoleh dari Kesyahbandaran PPN Brondong:

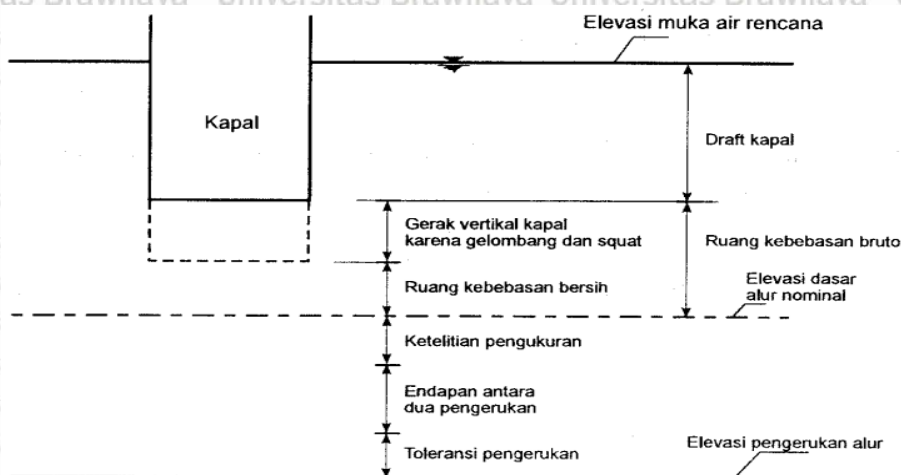
Tabel 11. Ukuran Dimensi Kapal PPN Brondong

Bobot Kapal (GT)	Panjang Total (m)	Lebar (m)	Draft (m)
10	8.65	4.2	1.05
20	11.7	5.1	1.3
30	13	6.5	1.5

Ukuran dimensi kapal (Tabel 11), diketahui ukuran kapal terbesar yang terdapat di PPN Brondong yaitu kapal dengan ukuran dimensi 30 GT (Panjang = 13 m; Lebar = 6.5 m; Draft = 1.5 m), kemudian terdapat kapal dengan bobot 20 GT dengan ukuran (Panjang = 11.7 m; Lebar = 5.1 m; Draft = 1.3 m) dan dimensi kapal terkecil dengan bobot kapal sebesar 10 GT (Panjang = 8.65 m; Lebar = 4.2 m; Draft = 1.05 m). Menurut Triatmodjo (2010), untuk nilai draft pada kapal, perlu ditambahkan nilai koreksi salinitas dan kondisi muatan sebesar 0.3 m. Penggunaan ukuran kapal terbesar di suatu pelabuhan dapat dijadikan acuan untuk pembuatan kedalaman dan lebar pada pembuatan alur pelayaran di suatu pelabuhan (Hastari *et al.*, 2016).

Perhitungan kedalaman yang aman untuk penentuan alur pelayaran merupakan faktor penting yang harus diperhitungkan dalam penentuan alur

(Triatmodjo, 2010). Penentuan kedalaman aman pelayaran (Gambar 19), dapat dilakukan perhitungan menurut Triatmodjo, (2010) menggunakan persamaan 6.



Sumber : Triatmodjo, 2010.

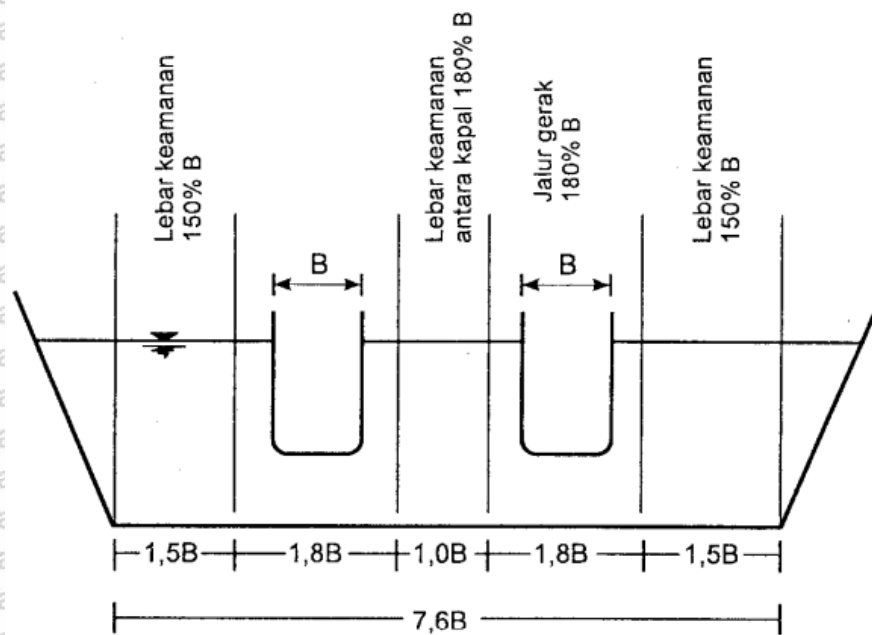
Gambar 19. Kedalaman Alur Pelayaran

Berdasarkan kedalaman aman alur pelayaran (Gambar 19), dan telah ditambahkan dengan koreksi salinitas dan muatan, diketahui bahwa kedalaman perairan yang aman (Tabel 12), untuk penentuan alur pelayaran berdasarkan ukuran kapal di PPN Brondong.

Tabel 12. Kedalaman Aman Kapal

No	Bobot Kapal (GT)	Kedalaman Aman (m)
1.	10	2.1
2.	20	2.4
3.	30	2.6

Lebar alur pelayaran (Gambar 20), di PPN Brondong di desain untuk dapat bersimpangan secara bersamaan. Lebar alur pelayaran harus memastikan sistem masuk dan keluar pelabuhan. Hal ini harus disesuaikan pada ukuran karakteristik kapal yang terdapat pada perairan tersebut. Perhitungan lebar kapal untuk dua jalur (Bruun, 1981):



Sumber : Bruun, 1981.

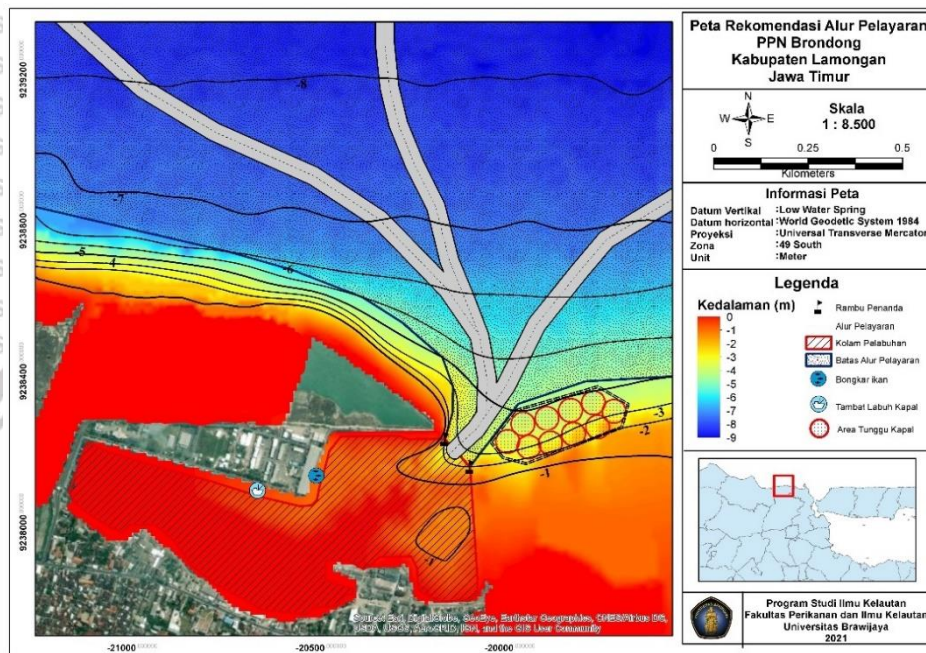
Gambar 20. Ukuran Lebar Alur Dua Jalur

Lebar jalur untuk penentuan alur pelayaran di PPN Brondong (Gambar 20), berdasarkan kapal terbesar dengan ukuran 30 GT (Panjang = 13 m; Lebar = 6.5 m; Draft = 1.5 m) yaitu sebesar 50 m. Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP), merupakan fasilitas yang disediakan pelabuhan untuk menjamin keselamatan pelayaran, efisiensi dan kenyamanan (Djunarsjah & Wisayantono, 2018).

Pembuatan alur pelayaran berdasarkan alur terbaik untuk dilalui kapal baik untuk masuk maupun keluar pelabuhan. Alur di desain agar dapat digunakan ketika bersimpangan dengan satu kapal lain. Alur pada luar kolam pelabuhan dibagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian barat, bagian utara dan bagian timur. Alur bagian barat digunakan untuk kapal yang akan masuk maupun keluar menuju perairan yang berada di sebelah barat PPN Brondong. Alur bagian utara digunakan untuk kapal yang akan masuk maupun keluar menuju perairan laut utara dan alur bagian timur digunakan untuk kapal yang akan masuk maupun keluar menuju perairan yang berada di sebelah timur PPN Brondong.

4.5.1 Alur Pelayaran Kondisi Surut

Pembuatan alur pelayaran di Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong kondisi LWS (Gambar 21), perlu memperhatikan beberapa faktor untuk penentuan alur pelayaran seperti kedalaman perairan, waktu pasang surut dan ukuran draft kapal yang terdapat pada PPN Brondong.



Gambar 21. Peta Rekomendasi Pelayaran LWS

Berdasarkan analisa peta alur pelayaran kondisi LWS (Gambar 21), kondisi perairan mulai surut terjadi pada pukul 04.00 - 18.00 WIB, dimana keadaan muka air laut pada kondisi dibawah MSL terjadi pukul 12.00 - 22.00 WIB dengan surut terendah terjadi pukul 18.00 WIB. Bentuk morfologi dasar laut pada kondisi LWS tergolong datar. Kedalaman aman yang disarankan untuk penentuan alur pelayaran berdasarkan ukuran kapal terbesar yaitu 2.6 m dengan lebar alur pelayaran sebesar 50 m.

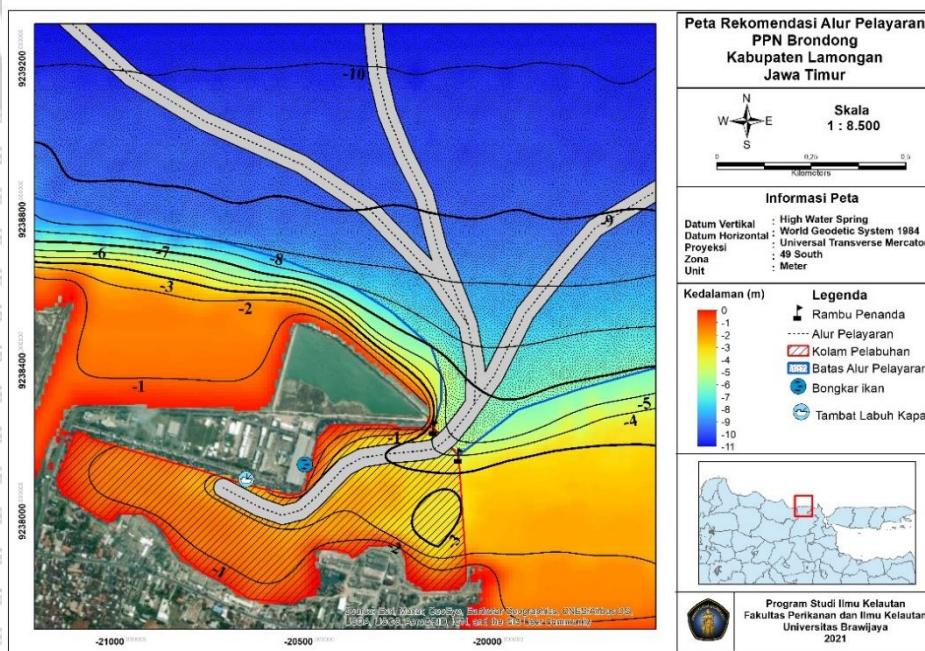
Kapal dengan ukuran 10 – 30 GT tidak dapat masuk ke kolam pelabuhan disebabkan dangkalnya kedalaman di area tambat kapal dan tempat bongkar muat ikan berkisar 0.5 – 1 meter. Hal ini diperkuat dengan pendapat Suherman (2010), dimana kedalaman yang tersedia di kolam pelabuhan PPN Brondong

pada kondisi LWS berkisar < 3 m. Sehingga tidak disarankan untuk kapal tersebut masuk kolam pelabuhan pada waktu tersebut karena beresiko menyebabkan kapal kandas. Direkomendasikan untuk kapal yang akan memasuki kolam pelabuhan pada kondisi LWS, dapat menunggu pada area tunggu masuk pelabuhan atau area tambat sementara hingga waktu air pasang dapat memasuki kolam pelabuhan dengan aman.

Penentuan jari-jari penambat dapat menggunakan persamaan total panjang kapal (Loa) + $4.5H$ (Triatmodjo, 2010). Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui bahwa diameter penambat kapal pada area tambat sementara yaitu 62 meter. Peletakkan area tunggu berdasarkan kedalaman yang cukup untuk kapal dan terlindung terhadap gelombang (Triatmodjo, 2010).

4.5.2 Alur Pelayaran Kondisi Pasang

Alur pelayaran di Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong kondisi HWS (Gambar 22), berdasarkan kedalaman aman untuk pembuatan rekomendasi alur pelayaran di PPN Brondong.



Gambar 22. Peta Rekomendasi Alur Pelayaran HWS

Berdasarkan analisa peta alur pelayaran kondisi HWS (Gambar 22), keadaan muka air laut mulai pasang pukul 18.00 - 04.00 WIB, dimana keadaan muka air laut diatas MSL terjadi pukul 23.00 - 11.00 WIB dengan pasang tertinggi terjadi pukul 04.00 WIB, dengan bentuk morfologi dasar laut pada kondisi HWS di pelabuhan tergolong datar. Kedalaman aman yang disarankan untuk penentuan alur pelayaran berdasarkan ukuran kapal terbesar yaitu 2.6 m dengan lebar alur pelayaran sebesar 50 m. Kedalaman perairan di area tambat kapal dan bongkar muat ikan berkisar 2 - 2.9 meter, sehingga dapat direkomendasikan kapal dengan bobot 30 GT atau yang lebih kecil dapat memasuki kolam pelabuhan dengan aman. Aktivitas bongkar muat hasil tangkapan dilakukan pada dermaga bongkar muat yang telah disediakan. Panjang dermaga bongkar muat di PPN Brondong sekitar 160 m. Berpedoman Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor PER.08/MEN/2012 Bagian Keempat mengenai Klasifikasi Pelabuhan Perikanan disebutkan bahwa panjang dermaga di PPN sekurang-kurangnya 150 m, dengan kedalaman kolam sekurang-kurangnya -3 m. Pelaksanaan aktivitas bongkar muat dapat dilakukan hingga 10 - 30 kapal secara bersamaan dengan estimasi waktu bongkar muat tiap kapal selama 1 sampai dengan 2 jam.

Disarankan pada kapal yang akan memasuki kolam pelabuhan yang ditandai dengan adanya sepasang menara, untuk mengurangi kecepatan kapal dikarenakan dangkalnya kedalaman yang terdapat di kolam pelabuhan, dan jalur alur pelayaran di desain untuk dapat bersimpangan sehingga memungkinkan berpapasan dengan kapal lain yang akan keluar pelabuhan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di PPN Brondong, dapat diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Kedalaman perairan pada kondisi LWS adalah 0 m – 8.2 m, sedangkan kedalaman pada kondisi HWS adalah 0 m – 10.4 m. Profil dasar kelerengan di PPN Brondong tergolong tipe lereng yang datar baik pada kondisi LWS maupun HWS.

2. Kondisi LWS terjadi pukul 04.00 WIB - 18.00 WIB, dimana keadaan muka air laut pada kondisi dibawah MSL terjadi pukul 12.00 WIB - 22.00 WIB dengan surut terendah pukul 18.00 WIB. Kapal dengan ukuran bobot 10 GT - 30 GT tidak dapat masuk ke kolam pelabuhan karena kedalaman di area tambat kapal dan tempat bongkar muat ikan berkisar 0.5 – 1 meter, sehingga kapal harus menunggu di area tunggu masuk pelabuhan hingga air pasang agar kapal dapat memasuki kolam pelabuhan. Sedangkan pada kondisi HWS, terjadi pukul 18.00 WIB - 04.00 WIB, dengan kondisi air diatas MSL terjadi pukul 23.00 WIB - 11.00 WIB dengan pasang tertinggi terjadi pukul 04.00 WIB, kapal dengan ukuran bobot 10 GT - 30 GT dapat memasuki kolam pelabuhan, karena kedalaman perairan di area tambat kapal dan bongkar muat ikan berkisar 2 - 2.9 meter.

Direkomendasikan untuk kapal yang akan memasuki kolam pelabuhan yang ditandai dengan adanya sepasang menara, untuk mengurangi kecepatan kapal karena dangkalnya kedalaman di kolam pelabuhan dan kemungkinan berpapasan dengan kapal lain yang akan keluar pelabuhan.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai rekomendasi alur pelayaran di PPN Brondong, perlu dilakukannya pengerukan di area kolam pelabuhan khususnya tempat tambat labuh kapal dan bongkar muat ikan hingga kedalaman perairan minimal 2.6 m pada kondisi LWS sehingga aktivitas perikanan di PPN Brondong tidak terganggu dan mengurangi resiko kandasnya kapal pada saat masuk atau keluar pelabuhan di PPN Brondong.



DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A. P., Manik, H. M., & Pujiyati, S. (2017). Integrasi Data Multibeam Batimetri Dan Mosaik Backscatter Untuk Klasifikasi Tipe Sedimen. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 7(1), 77–84. <https://doi.org/10.24319/jtpk.7.77-84>
- Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 18(3), 91–93. <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>
- Arnesen, M. J., Gjestvang, M., Wang, X., Fagerholt, K., Thun, K., & Rakke, J. G. (2017). A traveling salesman problem with pickups and deliveries, time windows and draft limits: Case study from chemical shipping. *Computers & Operations Research*, 77, 20–31. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.07.017>
- Badan Standarisasi Nasional. (2010). *Survei hidrografi untuk singlebeam echosounder*.
- Badejo, O. T., & Adewuy, G. K. (2019). Bathymetric Survey and Topography Changes Investigation of Part of Badagry Creek and Yewa River, Lagos State, Southwest Nigeria. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 22(4), 1–16. <https://doi.org/10.9734/JGEESI/2019/v22i430153>
- Bertan, C. V., Dundu, A. K. T., & Mandagi, R. J. M. (2016). *Pengaruh Pendayagunaan Sumber Daya Manusia (Tenaga Kerja) Terhadap Hasil Pekerjaan (Studi Kasus Perumahan Taman Mapanget Raya(Tamara))*. 8.
- Brammadi, S., Nugraha, A. L., Sudarsono, B., & Mudita, I. (2017). Analisis Pengolahan Data Multibeam Echosounder Menggunakan Perangkat Lunak Mb-System dan CARIS HIPS and SIPS Berdasarkan Standar S-44 IHO 2008. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), 10.
- Bruun, P. (1981). *Port Engineering Volume 1*. Gulf Publishing Co. USA.
- Bujana, P. A., & Yuwono. (2014). Studi Penentuan Draft Dan Lebar Ideal Kapal Terhadap Alur Pelayaran (Studi Kasus: Alur Pelayaran Barat Surabaya). *GEOID*, 10(1), 59–64.
- Catherinna, M., Subarjo, P., & Satriadi, A. (2015). *Pemetaan Batimetri Perairan Anyer, Banten Menggunakan Multibeam Echosounder System (MBES)*. 4(1), 253–261.
- Che Hasan, R., Ierodiconou, D., Laurenson, L., & Schimel, A. (2014). Integrating Multibeam Backscatter Angular Response, Mosaic and Bathymetry Data for Benthic Habitat Mapping. *PLoS ONE*, 9(5), e97339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097339>

Darmawan, M. D. (2016). Pembuatan Alur Pelayaran dalam Rencana Pelabuhan Marina Pantai Boom, Banyuwangi. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), G186–G191. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.17259>

Djati, R., Atmodjo, W., & Indrayanti, E. (2014). Studi Pola Arus di Perairan Benteng Portugis, Kabupaten Jepara. *JURNAL OSEANOGRAFI*, 3(4), 511–518.

Djunarsjah, E., & Wisayantono, D. (2018). *Kajian Standar Penilaian Kelayakan Pelabuhan Makassar Dalam Mendukung Konsep Tol Laut*. 5(2), 21–34.

Fachrurrozi, M., Widada, S., & Helmi, M. (2013). *Studi Pemetaan Batimetri Untuk Keselamatan Pelayaran di Pulau Parang, Kepulauan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah*. 2(3), 310–317.

Fadilah, Suripin, & Sasongko. (2014). Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. *Maspari Journal*, 6(1), 1–12.

Febrianto, T., Hestirianoto, T., & Agus, S. B. (2015). Pemetaan Batimetri Di Perairan Dangkal Pulau Tunda, Serang, Banten Menggunakan Singlebeam Echosounder. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 6(2), 139–147. <https://doi.org/10.24319/jtpk.6.139-147>

Fitriana, D., Oktaviani, N., & Khasanah, I. U. (2019). Analisa Harmonik Pasang Surut Dengan Metode Admiralty Pada Stasiun Berjarak Kurang Dari 50 KM. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 6(1), 38–48. <https://doi.org/10.36754/jmkg.v6i1.113>

Fuad, M. A. Z., Sambah, A. B., Isdianto, A., & Andira, A. (2016). Pemetaan batimetri sebagai informasi dasar untuk penempatan fish apartment di perairan Bangsring, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur (Bathymetry mapping as basic information for fish apartment placement in Bangsring waters, Banyuwangi, East Java). *DEPIK*, 5(3). <https://doi.org/10.13170/depik.5.3.5655>

Hamuna, B., Pujiyati, S., & Hestirianoto, T. (2014). Karakterisasi Pantulan Akustik Karang Menggunakan Echosounder Single Beam. *Jurnal Integrasi*, 6(2), 129–133.

Hastari, S. D., Rifai, A., & Maslukah, L. (2016). Pemetaan Batimetri Dan Laju Sedimentasi Untuk Alur Pelayaran Di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Tegalsari, Tegal. *Jurnal Oseanografi*, 5(2), 234–242.

Hidayat, A., Sudarsono, B., & Sasmito, B. (2014). Survei Bathimetri Untuk Pengecekan Kedalaman Perairan Wilayah Pelabuhan Kendal. *Jurnal Geodesi Undip*, 3(1), 13.

Kautsar, M. A., & Sasmito, B. (2013). Aplikasi Echosounder Hi-Target Hd 370 Untuk Pemeruman di Perairan Dangkal (Studi Kasus : Perairan Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 2(4), 18.

Kusumawati, E. D., & Handoyo, G. (2015). Pemetaan Batimetri Untuk Mendukung Alur Pelayaran Di Perairan Banjarmasin, Kalimantan Selatan. *Jurnal Oseanografi*, 4(4), 706–712.

Lubis, M. Z., Surya, G., Anggraini, K., & Kausarian, H. (2017). Penerapan Teknologi Hidroakustik Di Bidang Ilmu Dan Teknologi Kelautan. *Oseana*, 42(2), 34–44.

Mahatmawati, A. D., Efendy, M., & Siswanto, A. D. (2009). *Perbandingan Fluktuasi Muka Air Laut Rerata (Mlr) Di Perairan Pantai Utara Jawa Timur Dengan Perairan Pantai Selatan Jawa Timur*. 2, 9.

Manik, H. M. (2016). Acoustical Measurement and Biot Model for Coral Reef Detection and Quantification. *Advances in Acoustics and Vibration*, 2016, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2016/2350615>

Masrukhin, M. A. A., Sugianto, D. N., & Satriadi, A. (2014). Studi Batimetri Dan Morfologi Dasar Laut Dalam Penentuan Jalur Peletakan Pipa Bawah Laut. *Jurnal Oseanografi*, 3(1), 94–104.

Nopandri, R., Fauziyah, & Rozirwan. (2011). Stabilitas Statis Kapal Bottom Gillnet di Pelabuhan Perikanan Nusantara Sungailiat Bangka Belitung. *Maspari Journal*, 1, 63–69.

Nugraha, A. R., & Saputro, S. (2013). *Pemetaan Batimetri dan Analisis Pasang Surut untuk Menentukan Elevasi Lantai dan Panjang Dermaga 136 di Muara Sungai Mahakam, Sanga-Sanga, Kalimantan Timur*. 16(1), 10.

Nugraha, W. A., Rochaddi, B., & Rifai, A. (2015). Studi Batimetri dan Berkurangnya Daratan di Wilayah Pesisir Tugu Semarang. *JURNAL OSEANOGRAPHI*, 4(2), 442–450.

Nurhayati, D., & Atika, D. (2019). Analisis Kinerja Operasional Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Eretan Indramayu. *Barakuda 45: Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 1(1), 33–45. <https://doi.org/10.47685/barakuda45.v1i1.18>

Pambuko, D. M., & Umbara, R. F. (2013). *Identifikasi Kedalaman Laut (Bathymetry) berdasarkan Warna Permukaan Laut pada Citra Satelit menggunakan Metode ANFIS*. 9(2), 12.

Poerbandono, & Djunarsjah. (2005). *Survei Hidrografi*. Refika Aditama.

Pudjiastuti, S., & Poerwadi, B. S. (2018). *Rencana Zonasi Kawasan Strategis Nasional (RZ KSN) Kawasan Perkotaan Gerbangkertosusila*. 337.

Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Nomor: PER.08/MEN/2012. Tentang Kepelabuhan Perikanan.

Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor: 45/KEPMEN-KP/2014. Tentang Rencana Induk Pelabuhan Perikanan Nasional

Rusdin, A. (2011). Penentuan Elevasi Permukaan Air Berdasarkan Data Series Tinggi Tekanan Air. *Mektek*, 13(2), 7.

Safi', A. F., Pratomo, D. G., & Cahyadi, M. N. (2017). Pengamatan Pasang Surut Air Laut Sesaat Menggunakan GPS Metode Kinematik. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), G178–G182. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24757>

Siregar, V., & Selamat, M. B. (2009). Interpolator Dalam Pembuatan Kontur Peta Batimetri. *E-Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 1(1), 39–47.

Sitompul, M. K. (2019). *Molome Kegiatan Bongkar Barang Di Pt.Lintang Samudera Pada Tahun 2018*. 1(1), 5.

Soeprapto. (1999). *Pasut Laut Dan Chart Datum*. Gajah Mada University Press.

Suherman, A. (2010). Alternatif Strategi Pengembangan Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong Lamongan Jawa Timur. *Jurnal Saintek Perikanan*, 5(2), 88–97.

Surinati, D. (2007). Pasang Surut Dan Energinya. *Jurnal Oseana*, 32(1), 15–22.

Syamsudin, A. P., & Muliati, Y. (2017). Studi Perencanaan Alur Pelayaran Optimal Berdasarkan Hasil Pemodelan Software SMS-8.1 di Kolong Bandoeng, Belitung Timur. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 3(1), 10.

Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset Yogyakarta.

Van Zuidam, R. A. (1985). *Aerial Photo – Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smith Publisher,.

Wardono, & Andromeda, V. F. (2018). Keadaan Darurat Pada Saat Olah Gerak Memasuki Alur Pelayaran Sempit Sungai Kapuas di Mt. Anggraini Excellent. *Dinamika Bahari*, 9(1), 2243–2258. <https://doi.org/10.46484/Db.V9i1.91>

Wibawa, D. P., Subardjo, P., & Rochaddi, B. (2017). Pemetaan Batimetri Di Perairan Juntinyuat, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat. *Jurnal Oseanografi*, 6(1), 30–38.

Winarno, D. J. (2012). *Kajian Hidro-Oseanografi Pasang Surut Dan Arus Pasang Surut Dalam Pengembangan Infrastruktur Pelabuhan Di Teluk Lampung*. 10.

Yoganda, M., Hendri, A., & Suprayogi, I. (2019). *Kajian Pasang Surut Dengan Metode Least Square Di Perairan Kabupaten Bengkalis*. 6(1), 1–9.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Pemeruman di PPN Brondong

Data Batimetri PPN 2021-a - Notepad

File Edit Format View Help

TRANSDUCER 20 cm

Grid Lat/Lon hddd.ddddd?

Datum WGS 84

Header	Name	Start	Time	Elapsed Time	Depth	Temperature	Average Speed	Link	Length	Leg	Time	km	8	kph	Speed	Leg	Course
Track	ACTIVE	LOG	30/01/2002	05:56:56	AM	(UTC+7)	07:02:18		53.2	km	8						
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:56:56			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:56:59			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:57:02			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:57:05			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:57:08			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:57:11			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:57:14			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:57:17			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:57:20			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:57:23			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:57:26			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:57:29			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:57:32			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87270			E112.29840	15/09/2021	05:57:35			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:57:38			AM	(UTC+7)	27				5		00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:57:41			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:57:44			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:57:47			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:57:50			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:57:53			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:57:56			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:57:59			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:58:02			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:58:05			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:58:08			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:58:11			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:58:14			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29842	15/09/2021	05:58:17			AM	(UTC+7)	27				0.8		00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29842	15/09/2021	05:58:20			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29842	15/09/2021	05:58:23			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29842	15/09/2021	05:58:26			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29842	15/09/2021	05:58:29			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29842	15/09/2021	05:58:32			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29842	15/09/2021	05:58:35			AM	(UTC+7)	27						00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29841	15/09/2021	05:58:38			AM	(UTC+7)	27				1.4		00:00:03
Trackpoint	S6.87273			E112.29840	15/09/2021	05:58:41			AM	(UTC+7)	27				1		00:00:03

Ln 1, Col 1

80%

Windows (CRLF)

Lampiran 2. Data Pasang Surut BIG Bulan September 2021

Pasang Surut PPN Brondong September 2021																								
Tgl/Jam	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	29.2	22.7	16.5	10.3	3.4	-4.9	-14.5	-25.0	-35.3	-43.8	-48.9	-49.1	-43.9	-33.2	-18.2	-0.6	17.3	33.3	45.8	53.7	56.8	55.7	51.4	45.4
2	38.5	31.5	24.5	17.2	8.9	-0.8	-12.1	-24.4	-36.7	-47.3	-54.5	-56.8	-53.3	-43.8	-29.3	-11.3	7.9	26.1	41.4	52.4	58.6	60.4	58.6	54.2
3	48.4	41.8	34.6	26.5	17.1	6.0	-6.9	-21.0	-35.4	-48.3	-58.0	-62.9	-61.7	-54.2	-41.0	-23.5	-3.7	16.0	33.6	47.6	57.1	62.2	63.4	61.5
4	57.4	51.8	44.9	36.6	26.5	14.4	0.3	-15.4	-31.5	-46.5	-58.6	-66.0	-67.4	-62.4	-51.2	-35.1	-15.8	4.4	23.5	39.8	52.3	60.6	64.8	65.7
5	63.8	59.7	53.6	45.6	35.5	23.0	8.2	-8.3	-25.5	-41.8	-55.6	-65.1	-68.9	-66.4	-57.8	-43.8	-26.2	-6.7	12.6	30.1	44.5	55.3	62.3	65.7
6	66.1	63.8	59.0	51.8	42.1	29.8	15.1	-1.3	-18.4	-34.9	-49.2	-59.7	-65.1	-64.8	-58.7	-47.5	-32.4	-15.0	3.0	20.0	34.9	46.9	55.6	61.1
7	63.5	63.0	59.6	53.5	44.7	33.2	19.5	4.2	-11.8	-27.2	-40.5	-50.6	-56.3	-57.1	-53.0	-44.5	-32.5	-18.2	-3.1	11.7	25.2	36.8	45.8	52.3
8	56.0	56.8	54.8	50.0	42.4	32.2	19.9	6.4	-7.5	-20.4	-31.4	-39.5	-43.8	-44.3	-41.0	-34.4	-25.4	-14.9	-3.7	7.4	17.8	27.0	34.7	40.7
9	44.6	46.2	45.2	41.5	35.0	26.2	15.7	4.3	-6.8	-16.7	-24.3	-28.9	-30.3	-28.8	-24.6	-18.7	-11.8	-4.6	2.4	8.9	14.8	20.2	24.9	28.8
10	31.7	33.0	32.3	29.2	23.8	16.2	7.2	-2.2	-10.7	-17.3	-21.1	-21.6	-19.0	-14.0	-7.4	-0.4	6.0	11.0	14.5	16.6	17.7	18.3	18.8	19.4
11	20.0	19.9	18.7	15.7	10.7	3.8	-4.2	-12.1	-18.8	-22.7	-23.1	-19.7	-12.7	-3.4	7.0	16.7	24.4	29.1	30.8	29.5	26.4	22.3	18.3	14.9
12	12.3	10.0	7.3	3.6	-1.7	-8.5	-16.2	-23.7	-29.4	-31.9	-30.1	-23.7	-13.1	0.5	15.1	28.7	39.3	45.8	47.6	45.1	39.3	31.8	23.8	16.5
13	10.4	5.3	0.6	-4.5	-10.6	-18.1	-26.4	-34.3	-40.4	-42.9	-40.6	-32.8	-19.9	-3.2	15.2	32.9	47.6	57.3	61.4	59.8	53.6	44.5	34.0	23.8
14	14.7	6.9	-0.1	-6.9	-14.5	-23.1	-32.6	-41.8	-49.2	-53.1	-51.9	-44.6	-31.3	-13.2	7.8	28.9	47.5	61.3	69.1	70.4	66.0	57.4	46.4	34.9
15	23.9	14.0	5.1	-3.5	-12.7	-22.7	-33.7	-44.6	-54.1	-60.2	-61.3	-56.1	-44.3	-26.7	-5.1	18.0	39.6	57.2	69.1	74.5	73.5	67.5	58.0	46.9
16	35.5	24.6	14.4	4.5	-6.0	-17.4	-29.8	-42.4	-54.0	-62.7	-66.7	-64.5	-55.6	-40.1	-19.8	3.3	26.3	46.6	62.1	71.6	74.7	72.4	65.9	56.8
17	46.5	35.9	25.4	14.8	3.6	-8.7	-22.1	-36.0	-49.3	-60.2	-67.0	-68.0	-62.5	-50.3	-32.6	-11.3	11.3	32.5	50.1	62.7	69.7	71.3	68.4	62.3
18	54.2	45.0	35.2	24.8	13.5	1.0	-12.7	-27.1	-41.2	-53.4	-62.2	-65.9	-63.5	-54.9	-40.7	-22.4	-2.0	18.2	36.2	50.4	59.9	64.6	65.1	62.2
19	56.8	49.8	41.5	32.1	21.4	9.5	-3.8	-17.8	-31.6	-44.0	-53.4	-58.6	-58.6	-53.1	-42.4	-27.7	-10.6	7.0	23.5	37.3	47.6	54.1	57.0	56.7
20	53.9	49.2	42.8	35.0	25.6	14.9	2.9	-9.8	-22.4	-33.7	-42.5	-47.8	-48.8	-45.2	-37.5	-26.3	-13.0	1.0	14.4	26.1	35.3	41.8	45.6	47.0
21	46.2	43.5	39.1	33.0	25.3	16.2	6.0	-4.7	-15.2	-24.4	-31.4	-35.4	-35.9	-33.0	-27.0	-18.7	-9.1	0.9	10.3	18.6	25.2	30.0	33.2	34.9
22	35.0	33.7	31.0	26.6	20.7	13.5	5.3	-3.1	-11.0	-17.4	-21.7	-23.3	-22.2	-18.6	-13.2	-6.6	0.1	6.4	11.6	15.7	18.6	20.6	21.8	22.4
23	22.5	21.8	20.1	17.2	12.9	7.4	1.2	-4.9	-10.2	-13.7	-14.9	-13.6	-9.9	-4.5	1.7	7.7	12.7	16.0	17.5	17.5	16.3	14.6	13.0	11.7
24	10.7	9.8	8.5	6.4	3.3	-0.8	-5.3	-9.5	-12.5	-13.4	-11.7	-7.3	-0.7	7.2	15.1	21.8	26.2	27.8	26.6	23.2	18.2	12.9	8.0	4.2
25	1.5	-0.4	-1.9	-3.8	-6.3	-9.5	-13.0	-15.9	-17.3	-16.3	-12.3	-5.2	4.2	14.8	25.0	33.3	38.5	39.7	37.2	31.4	23.7	15.2	7.4	0.9
26	-3.9	-7.2	-9.6	-11.8	-14.4	-17.4	-20.6	-23.1	-23.8	-21.7	-16.3	-7.3	4.3	17.4	30.2	40.8	47.6	49.8	47.3	40.8	31.5	21.0	10.8	2.1
27	-4.7	-9.7	-13.4	-16.6	-19.8	-23.4	-27.1	-30.0	-30.9	-28.9	-23.0	-13.1	0.0	15.1	30.3	43.4	52.6	56.8	55.7	49.8	40.4	29.2	17.7	7.4
28	-1.1	-7.7	-12.9	-17.5	-22.0	-26.8	-31.7	-35.8	-37.9	-36.8	-31.5	-21.7	-7.9	8.5	25.6	41.1	53.1	60.1	61.4	57.4	49.2	38.4	26.8	15.8
29	6.2	-1.8	-8.5	-14.6	-20.7	-27.2	-33.9	-39.9	-43.9	-44.5	-40.7	-31.8	-18.3	-1.4	17.1	34.8	49.6	59.5	63.9	62.7	56.7	47.6	36.8	25.9
30	15.9	7.0	-0.9	-8.5	-16.4	-24.8	-33.6	-41.8	-48.1	-51.1	-49.3	-42.2	-29.7	-13.0	6.2	25.5	42.6	55.6	63.2	65.2	62.1	55.3	46.2	36.2

Lampiran 3. Dokumentasi Lapangan



Keadaan Lokasi Penelitian Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong,
Kabupaten Lamongan.



Kunjungan dan Pengurusan Perizinan Untuk Melakukan Penelitian di PPN
Brondong, Lamongan.



Proses Pemasangan dan Perakitan *Singlebeam Echosounder*



Pengamatan *Trackline* Saat Pemeruman



Pengambilan Data Pasang Surut



Keadaan Kapal yang Berlubuh di PPN Brondong