

**PERANCANGAN PERAHU LIPAT SEBAGAI EVAKUASI  
KORBAN BENCANA BANJIR**

**Skripsi**



**Disusun oleh:  
Tegar Intifalda  
3331200080**

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

**2024**

**PERANCANGAN PERAHU LIPAT SEBAGAI EVAKUASI  
KORBAN BENCANA BANJIR**

**Skripsi**

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



Disusun oleh:

**Tegar Intifalda**

**3331200080**

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

**2024**

## TUGAS AKHIR

### Perancangan Perahu Lipat Sebagai Evakuasi Korban Bencana Banjir

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

**Tegar Intifalda**  
**3331200080**

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 17 Mei 2024

**Pembimbing Utama**



**Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng**  
NIP.198305102012121006

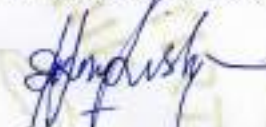


**Ir. Dedy Triawan Suprayogi, ST., M. Eng., Ph. D.**  
NIP.198206212022031001

**Anggota Dewan Penguji**



**Dr. Mekro Permama Pinem, ST., MT.**  
NIP.198902262015041002



**Erny Listijorini, ST., MT.**  
NIP. 197011022005012000



**Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng**  
NIP.198305102012121006



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

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



Tanggal, 11 Juni 2024  
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA

**Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng.**  
NIP. 198305102012121006

## HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi

### PERANCANGAN PERAHU LIPAT SEBAGAI EVAKUASI KORBAN BENCANA BANJIR

Yang dipersiapkan dan disusun oleh:

**Tegar Intifalda**

**3331200080**

Telah disetujui oleh dosen pembimbing skripsi

Pada tanggal 11 Juni 2024

Dosen Pembimbing 1,



**Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng**

**NIP. 198305102012121006**

Dosen Pembimbing 2,



**Ir. Dedy Triawan Supravogi, S.T., MEng, Ph.D**

**NIP. 198206212022031001**

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal 11 Juni 2024

Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



**Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng**

**NIP. 198305102012121006**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Tegar Intifalda

NPM : 3331200080

Judul : Perancangan Perahu Lipat Sebagai Evakuasi Korban Bencana Banjir

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

### MENYATAKAN

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

Cilegon, 17 Mei 2024



**Tegar Intifalda**

**NPM. 3331200080**

## KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puja dan puji syukur kepada kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Perancangan Perahu Lipat Sebagai Evakuasi Korban Bencana Banjir”. Selalu ingat, shalawat serta salam penulis curahkan kepada baginda Nabi Muhammad saw. yang selalu mengingat umatnya dan semoga kita semua mendapatkan syafa’atnya.

Laporan tugas akhir ini adalah memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program Strata-1 (S1) di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan bekerja sama selama penyusunan laporan tugas akhir ini, khususnya:

1. Allah SWT & Nabi Muhammad saw. yang telah melimpahkan segala rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan berjalan lancar.
2. Orang Tua dan keluarga yang telah membantu, mendoakan, dan memberikan dukungan setiap hari kepada anaknya yang telah menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir.
3. Bapak Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing 1 sekaligus Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
4. Bapak Ir. Dedy Triawan Suprayogi, ST., M.Sc., Ph.D., C.Eng., IPM selaku Dosen Pembimbing 2 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
5. Bapak Dr. Mekro Permana Pinem, S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
6. Bapak Dr. Mekro Permana Pinem, S.T., M.T selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

7. Ibu Dr. Ir. Ni Ketut Caturwati, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu membimbing penulis mulai dari awal perkuliahan sampai lulusnya penulis.
8. Seluruh Staff dan jajaran dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
9. Teman-teman dan abang-abang dari Teknik Mesin yang telah memberikan arahan dalam pelaksanaan tugas akhir.
10. Semua pihak yang telah mendoakan, mendukung, dan membantu dalam pelaksanaan tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir yang tidak disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari banyak bahwa penyusunan laporan tugas akhir terdapat kesalahan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, dibutuhkan kritik dan saran membangun sehingga penulis dapat memperbaiki laporan tugas akhir pada masa yang akan datang. Semoga laporan kerja praktik ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan ilmu pengetahuan bagi para pembacanya.

Serang, Mei 2024

Penulis

## **ABSTRAK**

### **Perancangan Perahu Lipat Sebagai Evakuasi Korban Bencana Banjir**

Disusun oleh:

**TEGAR INTIFALDA**

**NIM. 3331200080**

Sejak 5 tahun terakhir terdapat 679 korban jiwa bencana banjir mulai dari tahun 2019 - 2023 dan 4,246 jumlah kejadian bencana banjir mulai dari tahun 2019 - 2023 Terdapat 5 jenis perahu yang digunakan BNPB untuk mengevakuasi korban bencana banjir dengan harga yang mahal dan ada beberapa perahu yang perlu diisi udara sebelum mengevakuasi korban bencana banjir. Meskipun, BNPB sudah mempersiapkan perahu. Namun, tetap saja banyak korban jiwa akibat bencana korban banjir. Oleh karena itu, penelitian ini merupakan solusi untuk membantu dalam evakuasi korban bencana banjir berupa perancangan perahu lipat sebagai alat bantu evakuasi korban bencana banjir. Penelitian ini dilakukan untuk menadapatkan spesifikasi yang telah ditentukan dan mengetahui analisa Maxsurf Resistance dan Stability. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka digunakan metode Pahl dan Beitz dengan QFD. Maka didapatkan spesifikasi perahu, yaitu: DWT; 416 *kg* atau 0.416 *Ton*, dimensi perahu (pxl); 3.115x1.584, harga perahu lipat Rp. 5.404.100 (tanpa Mesin) dan Rp. 23.005.575 (dengan mesin), kapasitas penumpang bisa memuat minimal 4 orang, Cb; 0.842, massa perahu; 33.8 *kg*, dan Standar IMO; Pass. Hasil dari Maxsurf Resistance dengan kecepatan 6 knot menggunakan metode Holtrop Resistance sebesar 275.42 N dan Holtrop Power sebesar 1.14 hp sehingga membutuhkan daya mesin lebih dari 1.14 hp didapatkan Mesin Tempel 5 HP L HD5F dengan berat 21 *kg*. Hasil simulasi 6 kondisi di Maxsurf Stability telah lolos uji dari Standar IMO.

**Kata Kunci:** *Banjir, Maxsurf Resistance dan Stability, Perahu*



## **ABSTRACT**

### **Folding Boat Design for Evacuation of Flood Victims**

Written by:

**TEGAR INTIFALDA**

**NIM. 3331200080**

Since the last 5 years there have been 679 flood disaster fatalities from 2019 - 2023 and 4,246 total flood disaster events from 2019 - 2023 There are 5 types of boats used by BNPB to evacuate flood disaster victims with expensive prices and there are several boats that need to be filled with air before evacuating flood disaster victims. Although, BNPB has prepared boats. However, there are still many casualties due to flood victims. Therefore, this research is a solution to assist in the evacuation of flood victims in the form of designing a folding boat as a tool for evacuating flood victims. This research was conducted to obtain predetermined specifications and determine the Maxsurf Resistance and Stability analysis. To meet these needs, the Pahl and Beitz method with QFD is used. Then the boat specifications were obtained, namely: DWT; 416 kg or 0.416 Ton, boat dimensions (pxl); 3,115x1,584, folding boat price Rp. 5,404,100 (without engine) and Rp. 23,005,575 (with engine), passenger capacity can load at least 4 people, Cb; 0.842, boat mass; 33.8 kg, and IMO Standard; Pass. The results of Maxsurf Resistance with a speed of 6 knots using the Holtrop Resistance method of 275.42 N and Holtrop Power of 1.14 hp so that more than 1.14 hp engine power is needed, a 5 HP L HD5F Outboard Engine weighing 21 kg is obtained. The simulation results of 6 conditions in Maxsurf Stability have passed the test of the IMO Standard.

**Kata Kunci:** Boat, Flood, Maxsurf Resistance and Stability

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 <i>State of The Art</i> .....	5
2.2 Jenis Perahu Evakuasi Korban Bencana Banjir .....	6
2.2.1 14' Porta-Bote Hull.....	6
2.2.2 Keman Boat 2.6.....	7
2.2.3 Seabee - W270-S .....	8
2.2.4 Thetrekkers - S360L165.....	9
2.2.5 Liquidstar RB-320.....	9
2.3 Metode Perancangan Pahl & Beitz.....	10
2.4 <i>Quality Function Deployment (QFD)</i> .....	14
2.5 Maxsurf .....	16
2.5.1 Maxsurf Modeler .....	17
2.5.2 Maxsurf Resistance .....	17

2.5.3 Maxsurf Stability .....	18
2.8 <i>Block Coefficient</i> .....	19
2.9 <i>Dead Weight Tonnage (DWT)</i> .....	20
2.10 Draft.....	20
2.11 Antropometri .....	21
2.12 Prinsip Archimedes .....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	31
3.2 Penjelasan Diagram Alir Penelitian .....	32
3.2.1 Studi Literatur .....	33
3.2.2 Penentuan Requirement List .....	33
3.2.3 Skala Prioritas .....	34
3.2.4 Penentuan <i>House of Quality (HoQ)</i> .....	34
3.2.5 Penentuan Spesifikasi Perahu.....	35
3.2.6 Konsep Desain.....	36
3.2.7 Penentuan Varian Terbaik.....	37
3.2.8 Perancangan Perahu Lipat.....	41
3.2.9 Pembuatan Gambar Detail.....	41
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Perancangan Perahu Lipat .....	42
4.1.1 Perancangan Kursi Lipat .....	44
4.2 Mekanisme Perahu Lipat.....	45
4.3 Maxsurf .....	47
4.3.1 Maxsurf Modeler .....	47
4.3.2 Maxsurf Resistance .....	48
4.3.3 Maxsurf Stability .....	50
4.4 <i>Block Coefficient</i> .....	54
4.5 <i>Dead Weight Tonnage (DWT)</i> .....	54
4.6 Draft.....	55
4.7 Penentuan Material Perahu Lipat .....	58
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	62

5.2 Saran .....62

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> <i>Rescue Boat 2 In 1</i> .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Perahu Evakuasi Banjir Material Fiberglass dilapisi Karet .....	6
<b>Gambar 2.3</b> 14' Porta-Bote Hull .....	7
<b>Gambar 2.4</b> Keman Boat 2.6 .....	7
<b>Gambar 2.5</b> Seabee - W270-S .....	8
<b>Gambar 2.6</b> Thetreckers - S360L165 .....	9
<b>Gambar 2.7</b> Liquidstar RB-320 .....	10
<b>Gambar 2.8</b> Proses Perencanaan Desain Pahl and Beitz .....	14
<b>Gambar 2.9</b> Proses Penentuan Kebutuhan dan Ketentuan Pelanggan.....	15
<b>Gambar 2.10</b> <i>Quality Function Deployment Overview</i> .....	16
<b>Gambar 2.11</b> Maxsurf.....	17
<b>Gambar 2.12</b> Ukuran Tubuh Manusia yang Sering Digunakan Perancang Interior	22
<b>Gambar 2.13</b> Dimensi Antropometri untuk Perancangan Kursi.....	23
<b>Gambar 2.14</b> Dampak Landasan Tempat Duduk yang Terlalu Tinggi .....	25
<b>Gambar 2.15</b> Dampak Landasan Tempat Duduk yang Terlalu Rendah.....	25
<b>Gambar 2.16</b> Dampak Landasan Tempat Duduk yang Terlalu Lebar.....	26
<b>Gambar 2.17</b> Dampak Landasan Tempat Duduk yang Terlalu Sempit.....	26
<b>Gambar 2.18</b> Konsep Terapung-Melayang-Tenggelam .....	28
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	31
<b>Gambar 3.2</b> Fungsi Tingkat Pertama .....	36
<b>Gambar 3.3</b> Fungsi Tingkat Kedua.....	36
<b>Gambar 3.4</b> Fungsi Tingkat Ketiga .....	37
<b>Gambar 4.1</b> Perahu Lipat.....	42
<b>Gambar 4.2</b> Dimensi Panjang Perahu Lipat .....	42
<b>Gambar 4.3</b> Dimensi Tinggi Perahu Lipat .....	42
<b>Gambar 4.4</b> Dimensi Lebar Perahu Lipat .....	43
<b>Gambar 4.5</b> Perahu yang Sudah Terlipat.....	43

<b>Gambar 4.6</b> Perahu yang Sudah Terlipat.....	43
<b>Gambar 4.7</b> Kursi Lipat.....	44
<b>Gambar 4.8</b> Dimensi Tinggi Popliteal Kursi Lipat .....	44
<b>Gambar 4.9</b> Dimensi Panjang Popliteal Kursi Lipat .....	45
<b>Gambar 4.10</b> Mekanisme 1.....	45
<b>Gambar 4.11</b> Mekanisme 2.....	45
<b>Gambar 4.12</b> Mekanisme 3.....	46
<b>Gambar 4.13</b> Mekanisme 4.....	46
<b>Gambar 4.14</b> Mekanisme 5.....	47
<b>Gambar 4.15</b> Kecepatan 1 knot .....	48
<b>Gambar 4.16</b> Kecepatan 2 knot .....	49
<b>Gambar 4.17</b> Kecepatan 3 knot .....	49
<b>Gambar 4.18</b> Kecepatan 4 knot .....	49
<b>Gambar 4.19</b> Kecepatan 5 knot .....	50
<b>Gambar 4.20</b> Kecepatan 6 knot .....	50
<b>Gambar 4.21</b> Kondisi 1 – Draft 0.113 m.....	55
<b>Gambar 4.22</b> Kondisi 2 – Draft 0.152 m.....	55
<b>Gambar 4.23</b> Kondisi 3 – Draft 0.191 m.....	56
<b>Gambar 4.24</b> Kondisi 4 – Draft 0.223 m.....	56
<b>Gambar 4.25</b> Kondisi 5 – Draft 0.27 m.....	57
<b>Gambar 4.26</b> Kondisi 6 – Draft 0.308 m.....	57

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi 14' Porta-Bote Hull .....	6
<b>Tabel 2.2</b> Spesifikasi Keman Boat 2.6 .....	7
<b>Tabel 2.3</b> Spesifikasi Seabee - W270-S .....	8
<b>Tabel 2.4</b> Spesifikasi Thetrekkers - S360L165 .....	9
<b>Tabel 2.5</b> Spesifikasi Liquidstar RB-320 .....	10
<b>Tabel 2.6</b> Data Antropometri Posisi Duduk .....	24
<b>Tabel 3.1</b> <i>Requirement List</i> .....	33
<b>Tabel 3.2</b> Skala Prioritas <i>Wishes</i> dalam Desain Perahu Lipat.....	34
<b>Tabel 3.3</b> <i>House of Quality</i> .....	35
<b>Tabel 3.4</b> Varian Perahu .....	37
<b>Tabel 3.5</b> Kombinasi Hasil Varian .....	38
<b>Tabel 3.6</b> Pemillihan Varian Terbaik .....	40
<b>Tabel 4.1</b> Spesifikasi Perahu Lipat.....	43
<b>Tabel 4.2</b> Data Hidrostatik .....	48
<b>Tabel 4.3</b> Variasi Kecepatan .....	48
<b>Tabel 4.4</b> Kondisi 1 .....	51
<b>Tabel 4.5</b> Kondisi 2 .....	51
<b>Tabel 4.6</b> Kondisi 3 .....	52
<b>Tabel 4.7</b> Kondisi 4 .....	52
<b>Tabel 4.8</b> Kondisi 5 .....	53
<b>Tabel 4.9</b> Kondisi 6 .....	53
<b>Tabel 4.10</b> Draft .....	58
<b>Tabel 4.11</b> Kurs Mata Uang Per 28 Maret 2024 .....	58
<b>Tabel 4.12</b> Harga Material dan <i>Relative Cost</i> Kandidat Material Kerangka Kayu Perahu .....	59
<b>Tabel 4.13</b> Karakteristik dan <i>Cost Per Unit</i> Untuk Material Kandidat Kerangka Kayu Perahu .....	60
<b>Tabel 4.14</b> <i>Properties Material of Tarpaulin PVC for Boat</i> .....	60

**Tabel 4.15** Harga Perkiraan Perancangan Perahu Lipat .....61



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Banjir adalah fenomena hidrologi yang ditandai dengan terendahnya suatu wilayah geografis dalam jangka waktu tertentu. Banjir biasanya timbul akibat curah hujan terus menerus yang melebihi kapasitas sungai, danau, laut, dan sistem drainase untuk menampung volume air yang dihasilkan sehingga mengakibatkan luapan. Selain fenomena alam seperti peningkatan curah hujan, banjir juga dapat terjadi karena faktor perbuatan manusia (BPBD Kabupaten Grobogan, 2019).

Indonesia memiliki potensi bencana alam yang besar disebabkan posisi geografi dan letak Indonesia terletak pada pertemuan lempeng tektonik, seperti lempeng benua Asia, lempeng benua Australia, lempeng Samudera Hindia, dan lempeng Samudera Pasifik. Indonesia memiliki kerentanan yang tinggi terhadap berbagai bencana alam, seperti gunung berapi, gempa bumi, tsunami, banjir, dan tanah longsor (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2019).

Selain itu, Indonesia juga memiliki curah hujan yang tinggi. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan dirilis dalam laporan Badan Pusat Statistik tahun 2023, ditemukan bahwa Indonesia sering mengalami curah hujan pada periode Agustus hingga Februari. Curah hujan tahunan di negara ini diperkirakan mencapai 2,898 mm pada tahun 2022. Namun, terdapat variasi dalam frekuensi curah hujan di berbagai wilayah di negara ini (Badan Pusat Statistik, 2023). Tren curah hujan yang dilaporkan dikategorikan ke dalam tiga tingkatan berbeda, yaitu intensitas curah hujan 20, 50, dan 100 mm/hari (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2019).

Selain fenomena alam seperti curah hujan yang tinggi, banjir juga dapat terjadi akibat tindakan antropogenik. Contoh penting adalah

berkurangnya daerah aliran sungai akibat konversi lahan, serta praktik penggundulan hutan yang meningkatkan erosi dan ketergantungan pada sistem sungai. Selain itu, tindakan yang tidak bertanggung jawab, seperti pembuangan sampah yang tidak semestinya ke sungai dan pembangunan pemukiman disepanjang bantaran sungai, turut berkontribusi terhadap permasalahan tersebut diatas (Badan Penanggulangan Bencana Daerah Istimewa Yogyakarta, 2019).

Sejak 5 tahun terakhir terdapat 679 korban jiwa bencana banjir mulai dari tahun 2019 - 2023 dan 4,246 jumlah kejadian bencana banjir mulai dari tahun 2019 - 2023 (Data Informasi Bencana Indonesia, 2023). BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) sudah mempersiapkan perahu untuk mengevakuasi korban bencana banjir.

Terdapat 5 jenis perahu yang digunakan BNPB untuk mengevakuasi korban bencana banjir. Semua jenis perahu tersebut memiliki kekurangan yang sama, yaitu tidak praktis, mahal, dan ada beberapa perahu yang perlu diisi udara sebelum mengevakuasi korban bencana banjir. Meskipun, BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) sudah mempersiapkan perahu untuk mengevakuasi korban bencana banjir. Namun, tetap saja banyak korban jiwa akibat bencana korban banjir. Oleh karena itu, penelitian ini merupakan solusi untuk membantu dalam evakuasi korban bencana banjir berupa perancangan perahu lipat sebagai alat bantu evakuasi korban bencana banjir.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan di atas, diperoleh rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana spesifikasi perahu lipat sebagai alat bantu evakuasi korban bencana banjir?
2. Bagaimana hasil analisa dari Maxsurf Resistance dan Stability perahu lipat sebagai alat bantu evakuasi korban bencana banjir?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka didapat tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Merancang perahu lipat sebagai alat bantu evakuasi korban bencana banjir sesuai spesifikasi
2. Menganalisa Maxsurf Resistance dan Maxsurf Stability perahu lipat sebagai alat bantu evakuasi korban bencana banjir

### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian perancangan ini berjalan sesuai dengan tujuannya. Berikut ini adalah batasan masalah tersebut:

1. Perahu lipat dirancang untuk mengevakuasi korban bencana banjir
2. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah Solidworks dan Maxsurf
3. Tidak merancang mesin perahu dan mannequin evakuasi korban bencana banjir
4. Spesifikasi desain perahu, yaitu:
  1. Dead Weight Tonnage (DWT):  $> 251.6$  kg
  2. Dimensi perahu (P×L):  $\leq 4,28$  m × 1,65 m
  3. Harga perahu lipat:  $\leq$  Rp. 71.665.000
  4. Kapasitas penumpang: Min 4 orang
  5. Koefisien blok (Cb): 0-1
  6. Massa perahu:  $\leq 49$  kg
  7. Stabilitas menggunakan standar International Maritime Organization (IMO): Pass

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil perancangan perahu lipat diharapkan memiliki manfaat dalam membantu mengevakuasi korban bencana banjir, yaitu:

1. Mengurangi jumlah korban jiwa akibat bencana banjir di Indonesia

2. Menjadi referensi BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) dalam membuat perahu evakuasi korban bencana banjir yang lebih murah

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *State of The Art*

Pada penelitian yang dilakukan oleh Budianto dan Gaguk Suhardjito (2017), melakukan penelitian mengenai pembuatan *rescue boat 2 in 1* untuk Wilayah Sungai Brantas didapatkan hasil spesifikasi, yaitu:

1. *Coefficient Block (Cb)* = 0.826
2. *Length Over All (LOA)* = 2.20 m
3. *Breadht (B)* = 0.72 m
4. *Height (H)* = 0.35 m
5. *Passenger Capacity* = 2 Persons



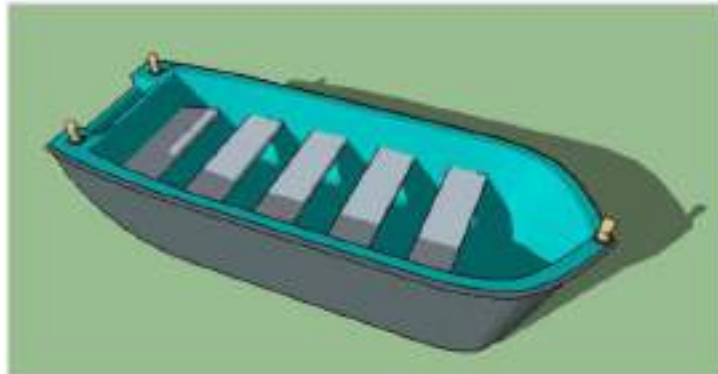
**Gambar 2.1** *Rescue Boat 2 In 1*

(Sumber: Budianto dan Gaguk Suhardjito, 2017)

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Suranto, P. J., & Nur, I., (2017), melakukan penelitian mengenai pembuatan perancangan perahu berbahan fiber glass berlapis karet untuk evakuasi korban bencana banjir didapatkan hasil spesifikasi, yaitu:

1. *Coefficient Block (Cb)* = 0.84
2. *Length Over All (LOA)* = 4.10 m
3. *Breadht (B)* = 1.5 m
4. *Height (H)* = 0.75 m

5. *Passenger Capacity* = 5 Persons



**Gambar 2.2** Perahu Evakuasi Banjir Material Fiberglass dilapisi Karet

(Sumber: Suranto, P. J., & Nur, I., 2017)

## 2.2 Jenis Perahu Evakuasi Korban Bencana Banjir

Terdapat 5 jenis perahu yang digunakan BNPB untuk mengevakuasi korban bencana banjir. Adapun 5 jenis perahu yang digunakan BNPB untuk mengevakuasi korban bencana banjir, yaitu:

### 2.1.1 14' Porta-Bote Hull

14' Porta-Bote Hull adalah perahu lipat portabel yang dirancang untuk dilipat agar mudah disimpan dan dipindahkan. Bahan yang digunakan dari perahu lipat tersebut adalah polipropilena. BNPB menggunakan perahu 14' Porta-Bote Hull sebagai salah satu perahu lipat untuk mengevakuasi korban bencana banjir.

**Tabel 2.1** Spesifikasi 14' Porta-Bote Hull

Nama	14' Porta-Bote Hull
Panjang	4.28 m
Lebar	1.52 m
Kapasitas Penumpang	4
Kapasitas Maksimum	367 kg
Material	Polypropylene Copolymer
Harga	Rp. 71,665,000



**Gambar 2.3** 14' Porta-Bote Hull

(Sumber: portabote.com)

### 2.1.2 Keman Boat 2.6

Perahu Keman 2.6 adalah perahu kecil yang diproduksi oleh Keman Boat dengan ruang untuk empat orang. Karena plastik polietilena sangat tahan lama dan tahan benturan sehingga perahu atau kapal kecil ini tidak dapat bocor.

**Tabel 2.2** Spesifikasi Keman Boat 2.6

Nama	Keman Boat 2.6
Panjang	2.6 m
Lebar	1.1 m
Kapasitas Penumpang	4
Kapasitas Maksimum	320 kg
Material	Polyethylene (PE)
Harga	Rp. 7,814,000



**Gambar 2.4** Keman Boat 2.6

(Sumber: kemanboat.com)

### 2.1.3 Seabee - W270-S

Perahu karet PVC Seabee adalah yang terbaik di kelasnya dan sangat dicari oleh masyarakat. Terbuat dari PVC, perahu ini stabil pada kecepatan tinggi dan lebih kuat terhadap benturan, sehingga ideal untuk penyelamatan, evakuasi, patroli, dan penggunaan untuk bersantai. Berikut ini adalah tipe ukuran yang tersedia untuk *speed boat* ini: W270-S, W350-S, W400-S, W435-S, W475-S, dan W525-S.

**Tabel 2.3** Spesifikasi Seabee - W270-S

Nama	Seabee - W270-S
Panjang	2.7 m
Lebar	1.5 m
Kapasitas Penumpang	5
Berat	45 kg
Material	Terpaulin PVC Semi Karet 0.9 mm; Lantai : Aluminium + Kayu Lapis Fiber
Harga	Rp. 19,250,000



**Gambar 2.5** Seabee - W270-S

(Sumber: blibli.com)



#### 2.1.4 Thetreckers - S360L165

Thetreckers - S360L165 adalah perahu aluminium yang digunakan oleh BNPB untuk mengevakuasi korban bencana banjir. Adapun spesifikasi sebagai berikut ini:

**Tabel 2.4** Spesifikasi Thetreckers - S360L165

Nama	Thetreckers - S360L165
Panjang	3.6 m
Lebar	1.65 m
Kapasitas Penumpang	4
Berat	Tidak tercantum
Material	Aluminium
Harga	Rp. 33,500,000



**Gambar 2.6** Thetreckers - S360L165

(Sumber: thetrekkers.com)

#### 2.1.5 Liquidstar RB-320

Liquidstar RB-320 adalah jenis perahu *rubber boat* yang umum digunakan oleh BNPB menggunakan perahu Liquidstar RB-320 sebagai salah satu perahu untuk mengevakuasi korban bencana banjir.

**Tabel 2.5** Spesifikasi Liquidstar RB-320

Nama	Liquidstar RB-320
Panjang	3.2 m
Lebar	1.6 m
Kapasitas Penumpang	5
Berat	40 kg
Material	Terpaulin PVC Semi Karet 0.9 mm
Harga	Rp. 17,650,000



**Gambar 2.7** Liquidstar RB-320

(Sumber: alibaba.com)

### **2.3 Metode Perancangan *Pahl & Beitz***

Pedoman VDI 2221 dan 2222 memberikan gambaran umum tentang alur kerja proses perancangan, serta detail spesifik domain dan produk. Bagian selanjutnya memberikan penjelasan rinci tentang proses kerja ini, dengan penekanan pada teknik mesin, berdasarkan pedoman ini. Deskripsi ini terutama bertumpu pada dasar-dasar sistem teknis, pendekatan sistematis, dan teknik pemecahan masalah secara umum. Tujuannya adalah untuk mencakup proses kerja dan pengambilan keputusan yang unik dalam bidang teknik mesin sambil menerapkan pernyataan umum pada persyaratan proses perancangan. Merencanakan dan mendefinisikan tugas, menentukan fungsionalitas yang diperlukan, menyusun solusi utama, membangun struktur modular, dan mendokumentasikan produk jadi secara menyeluruh adalah langkah-langkah dasar dalam proses

perencanaan dan desain (Nassersharif, 2022). Berikut ini penjelasan lebih lengkapnya:

### 1. Perencanaan dan Klarifikasi Tugas

Divisi teknik atau divisi perencanaan produk khusus menerima pekerjaan pengembangan produk dari divisi pemasaran. Sebelum memulai pengembangan produk, pekerjaan yang lebih spesifik harus diklarifikasi, terlepas dari apakah itu pesanan dari pelanggan tertentu atau proposal produk dari tahap perencanaan produk. Tujuan dari pendefinisian tugas adalah untuk mengumpulkan data mengenai kebutuhan produk dan pentingnya kondisi batas saat ini. Aktivitas ini menciptakan spesifikasi informasi dalam bentuk daftar persyaratan yang disesuaikan dan menyoroti pentingnya proses desain dan langkah kerja selanjutnya. Dokumen ini harus berfungsi sebagai dasar untuk fase desain dan fase selanjutnya, dan harus diperbarui secara berkala.

### 2. Desain Konseptual

Fase konsep dilakukan untuk mendefinisikan solusi mendasar setelah fase penjelasan tugas selesai. Untuk melakukan hal ini, masalah mendasar harus diselesaikan, struktur fungsional harus dibangun, prinsip-prinsip kerja yang tepat harus diidentifikasi, dan struktur kerja harus terhubung dengan prinsip-prinsip tersebut. Konsep tersebut berfungsi sebagai dasar untuk spesifikasi dasar. Namun, dalam banyak kasus, solusi tidak dapat dinilai hingga mengalami pengembangan lebih lanjut menjadi representasi yang lebih canggih. Spesifikasi ini mempertimbangkan kelayakan teknis, pemilihan material awal, dan gambar dimensi kasar. Perancang kemudian dapat meninjau tujuan dan batasan prinsip solusi dan secara umum mengevaluasi aspek-aspek penting.

### 3. Desain Perwujudan

Selama tahap ini, perancang mendefinisikan atau mengelompokkan sistem teknis berdasarkan kriteria teknis dan ekonomi, dimulai dengan konsep seperti struktur kerja dan prinsip-prinsip solusi. Spesifikasi referensi dibuat oleh desain yang

direalisasikan. Mengembangkan beberapa spesifikasi asli yang ditingkatkan secara bersamaan atau berurutan sering kali diperlukan untuk mendapatkan wawasan tambahan tentang manfaat dan kekurangan dari berbagai variasi. Fase proyek ini diakhiri dengan penilaian kriteria teknis dan ekonomi setelah persiapan konsep secara keseluruhan.

Informasi baru pada tingkat pengetahuan yang lebih tinggi dihasilkan dari proses ini. Evaluasi varian individu sering kali dapat menghasilkan pemilihan opsi yang tampak sangat menjanjikan, tetapi masih dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan konsep dan ide tambahan. Konfigurasi optimal dapat dicapai dengan menggabungkan elemen yang tepat dan menghilangkan elemen yang lemah. Perancang dapat memverifikasi fungsionalitas, kekuatan, kompatibilitas ruangan, dll. Dengan konfigurasi akhir ini, dan pada titik inilah kelayakan finansial proyek harus dievaluasi. Perancang kemudian harus mulai dengan perencanaan yang menyeluruh.

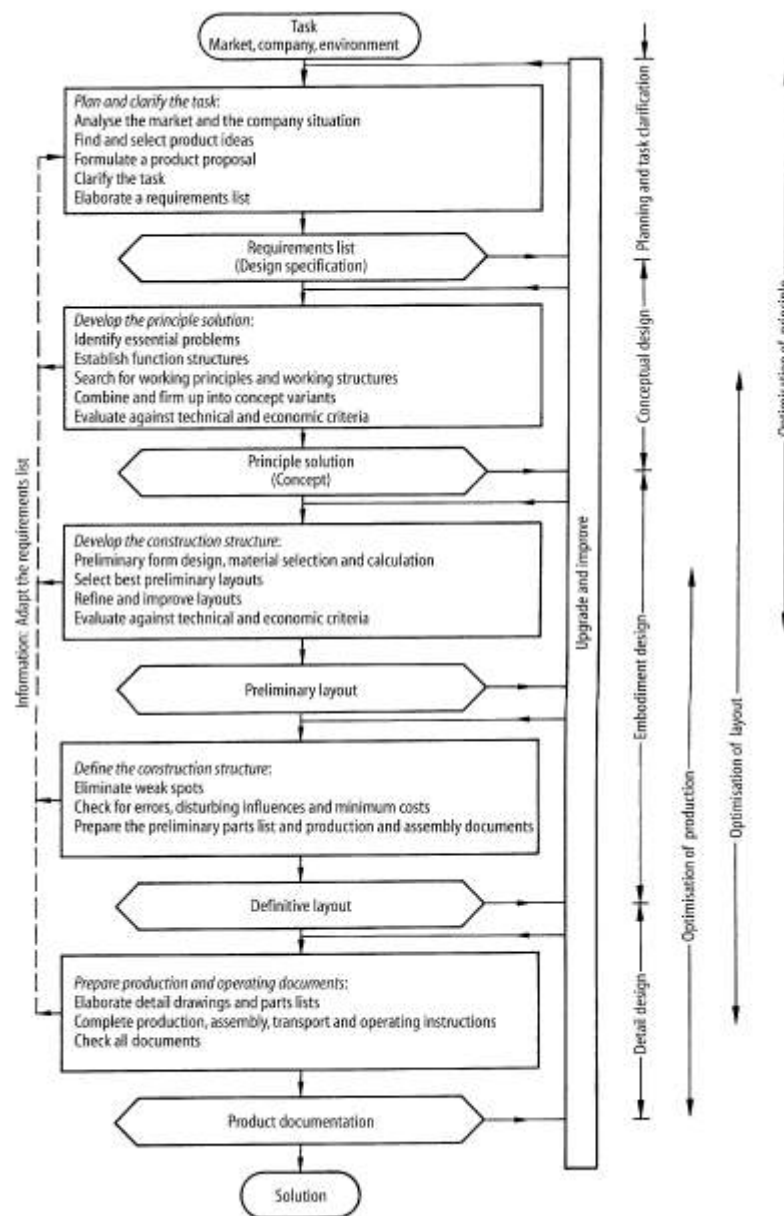
#### 4. Desain Detail

Lokasi, bentuk, ukuran, dan hasil akhir setiap bagian akan diputuskan pada tahap proses desain ini. Bahan juga akan ditentukan, kemampuan produksi akan dinilai, perkiraan biaya akan dibuat, dan semua gambar serta dokumentasi produksi lainnya akan dibuat. Spesifikasi data dikembangkan sebagai dokumen produksi selama fase perencanaan detail. Desainer harus tekun melalui fase ini atau konsep dan skema mereka dapat berubah secara tiba-tiba. Tidak benar jika ada anggapan bahwa perencanaan yang menyeluruh mengarah pada pengembangan isu-isu sampingan yang tidak penting atau tidak menarik. Kegagalan untuk memperhatikan detail sering kali menyebabkan kesulitan. Untuk meningkatkan kemajuan dan komponen serta menghemat biaya, koreksi harus selalu dilakukan pada saat ini dan langkah-langkah sebelumnya harus diulang, sehingga mengurangi kesalahan.

## 5. Proses Desain Keseluruhan

Desain terperinci pada bagian sebelumnya adalah generalisasi dari proses yang sesungguhnya. Pada kenyataannya, pembagian yang berbeda antara fase kerja dan hasil tidak diperlukan atau selalu memungkinkan. Namun demikian, setelah selesai, akan sangat bermanfaat bagi perancang untuk memahami urutan prosedur dan tugas yang paling penting yang diuraikan, karena hal ini akan membantunya mengatur pekerjaannya dan memastikan bahwa ia tidak melupakan apa pun. Mengembangkan model dan prototipe selama fase konsep sering kali bahkan diperlukan, khususnya ketika mencoba menjelaskan masalah dasar dalam domain elektronik, produksi massal, dan mekanika presisi.

Karena sifat khusus dari desain proses dan jumlah waktu, uang, dan upaya yang diperlukan untuk menghasilkan prototipe, mereka biasanya tidak ekonomis atau bahkan tidak layak. Di sisi lain, prototipe parsial dari sistem atau peralatan yang diusulkan dapat diuji menggunakan mesin saat ini atau peralatan pengujian khusus. Prototipe sering kali dibuat jauh sebelum produksi dalam produksi massal, bersama dengan pekerjaan pra-produksi untuk memastikan kelancaran proses produksi. Penjualan kembali barang pra-produksi ini masih diizinkan.



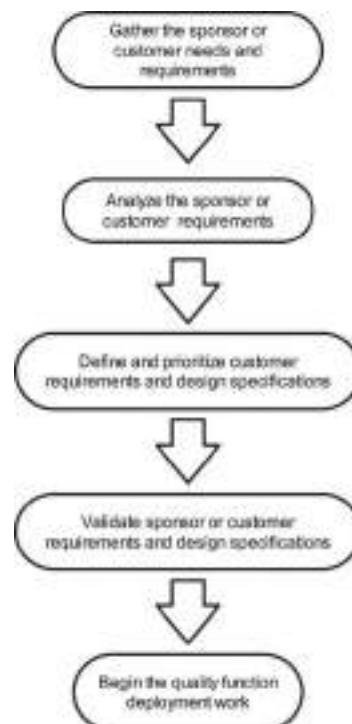
**Gambar 2.8** Proses Perencanaan Desain *Pahl and Beitz*

(Sumber: Pahl et al., 2007)

## 2.4 *Quality Function Deployment (QFD)*

Dalam proses desain, QFD adalah pendekatan yang terorganisir untuk menilai, membandingkan, dan memutuskan. Dengan menggunakan QFD, tim desain dapat memastikan kebutuhan dan keinginan pelanggan serta menilai bagaimana setiap fitur produk atau proses akan mempengaruhi desain akhir. Dalam QFD, kualitas menunjukkan keunggulan sebagai tujuan. Fungsi menjelaskan bagaimana tim desain akan memenuhi

spesifikasi desain dan persyaratan pelanggan, atau bagaimana proses atau produk akan bekerja untuk memuaskan mereka. Untuk memenuhi permintaan klien dan spesifikasi desain, penyebaran menentukan bagaimana tim desain akan mengatur upaya desain dan pengembangan. Proses ini dimulai dengan menentukan kebutuhan dan persyaratan pelanggan. Untuk mendefinisikan masalah untuk proses desain, tim desain telah mengumpulkan data dan membuat daftar apa yang dibutuhkan pelanggan.



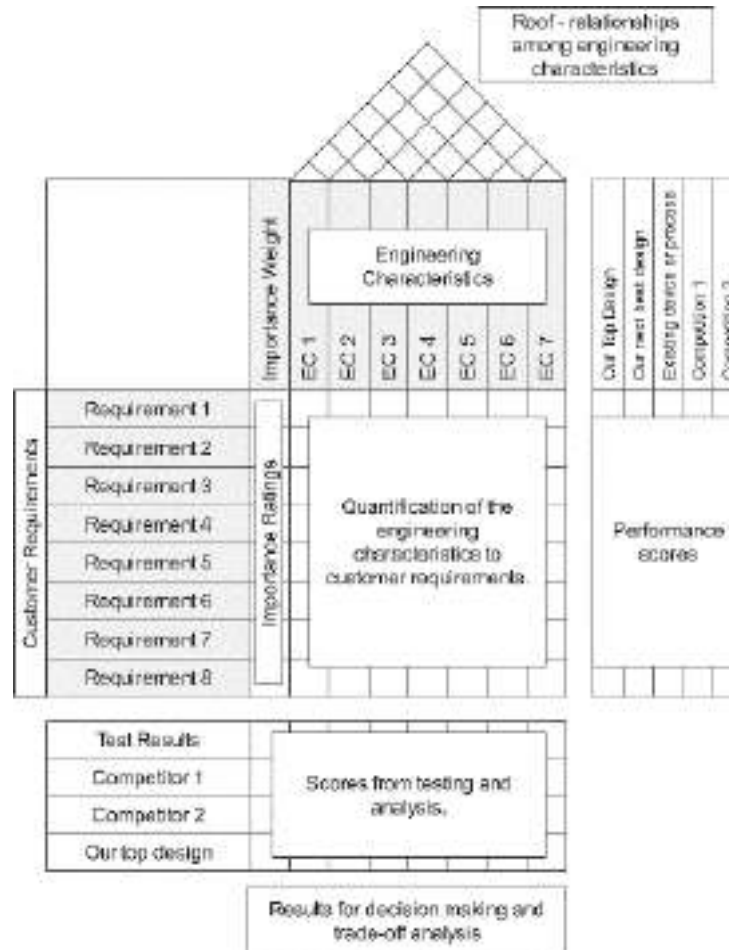
**Gambar 2.9** Proses Penentuan Kebutuhan dan Ketentuan Pelanggan

(Sumber: Nassersharif, 2022)

Matriks korelasi berbentuk atap yang berada di atas badan matriks utama inilah yang disebut sebagai "*House of Quality*". Tahap pertama dari proses *Quality Function Deployment* (QFD) empat tahap disebut HoQ. Dalam HoQ terdapat beberapa hal yang dibahas, di antaranya (Hoffman, 2014):

1. Tuntutan dan harapan pelanggan dalam hal metrik teknis dan kinerja
2. Mengukur kinerja untuk mendapatkan fitur atau perbaikan yang diperlukan

3. Memastikan spesifikasi setiap komponen produk, fitur, dan solusi yang dikumpulkan.
4. Detail diperoleh mengenai prosedur produksi.



**Gambar 2.10** *Quality Function Deployment Overview*  
(Sumber: Nassersharif, 2022)

## 2.5 Maxsurf

Maxsurf adalah perangkat lunak untuk mendesain dan analisa pada perahu. Terdapat berbagai macam desain dan analisa pada perangkat lunak, seperti modeler, resistance, stabilitas, struktur, dan simulasi pergerakan. Pada penelitian tugas akhir ini membahas analisa resistance dan stabilitas dari perahu lipat sebagai alat bantu evakuasi korban bencana banjir.





**Gambar 2.11** Maxsurf

(Sumber: maxsurf.net)

### **2.5.1 Maxsurf Modeler**

Berdasarkan penelitian dari Rachman R. pada tahun 2020, Maxsurf Modeler adalah sistem pemodelan tiga dimensi yang baik untuk digunakan, mampu memberi gambaran lingkungan yang jelas dan familier untuk pekerjaan desain. Menggunakan maxsurf memungkinkan untuk eksperimen sistematis dan pengoptimalan yang cepat dari setiap desain.

### **2.5.2 Maxsurf Resistance**

Berdasarkan penelitian dari Rachman R. pada tahun 2020, Maxsurf Resistance menyediakan sarana untuk memprediksi resistance lambung kapal. Berdasarkan penelitian dari Machfudin & Mujahid. pada tahun 2018, Ada beberapa metode perhitungan tahanan yang digunakan di maxsurf. Beberapa metode tahanan yang digunakan untuk pengujian antara lain: Savitsky Pre-Planing, Savitsky planing, Latiharju, Holtrop, Van Oortmerssent, Series 60, dan Delft I, II, III. Hasil perhitungan ini akan ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik, disamping itu juga Maxsurf dapat

memprediksi besarnya kecepatan maksimal dan besarnya efisiensi kapal. Pendekatan perhitungan Maxsurf yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan Metode Holtrop karena Metode Holtrop merupakan metode yang tepat digunakan pada kapal yang memiliki koefisien block ( $C_b$ ) besar yakni berkisar antara 0.7 sampai dengan 0.9. Holtrop (Lewis, 1988), mengemukakan hasil analisa statistik dari hasil test tahanan dan propulsi dari 191 model dengan jenis yang bervariasi dari kapal pengangkut (*ship carried*) yang dilakukannya di laboratorium uji model MARIN Belanda. Holtrop menyimpulkan bahwa untuk 95 % dari percobaan yang dilakukannya menghasilkan formula yang cukup akurat.

### **2.5.3 Maxsurf Stability**

Stabilitas kapal merupakan suatu kemampuan pada kapal untuk dapat kembali ke posisi semula setelah mendapatkan pengaruh gaya dari luar seperti gaya akibat angin dan gelombang. Stabilitas kapal terdiri dari dua katagori yakni stabilitas statis dan stabilitas dinamis. Perhitungan stabilitas statis diperuntukkan untuk kapal pada saat kondisi kapal sedang diam, sedangkan perhitungan stabilitas dinamis diperuntukkan saat kapal mengalami oleng besar yang disebabkan salah satunya karena cuaca buruk atau kondisi badai (Ahmad Fauzy, 2024).

Analisa stabilitas kapal sangat berkaitan erat dengan aspek keselamatan pada kapal. International Maritime Organization (IMO) sebagai organisasi maritim internasional mengeluarkan regulasi berupa aturan stabilitas yang harus dipenuhi oleh suatu kapal. Beberapa aturan yang harus dipenuhi oleh kapal sebagai persyaratan stabilitas kapal menurut ketentuan dan ketetapan IMO (International Maritime Organization) Code A.749 (18) Chapter 3 – *Design Criteria Applicable to All Ships* yang mensyaratkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1:
  - a. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng  $0^{\circ} - 30^{\circ}$  (deg)  $> 3,151$  m.deg.
  - b. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng  $0^{\circ} - 40^{\circ}$  (deg)  $> 5,157$  m.deg.
  - c. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng  $30^{\circ} - 40^{\circ}$  (deg)  $> 1,719$  m.deg.
2. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2: nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut  $30^{\circ} - 180^{\circ}$  (deg)  $> 0,2$  m.
3. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3: sudut pada nilai GZ maksimum  $> 25^{\circ}$  (deg).
4. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4: nilai GM awal pada sudut  $0^{\circ}$  (deg)  $> 0,15$  m.

## 2.8 *Block Coefficient*

Menurut Tupper and Rawson pada tahun 2001, Koefisien blok adalah rasio volume perpindahan terhadap volume blok persegi panjang yang sisi-sisinya sama. Berdasarkan penelitian Budi Santoso pada tahun 2009, Koefisien balok adalah perbandingan antara volume badan kapal yang berada di bawah permukaan air dengan volume balok yang dibentuk oleh panjang, lebar, dan tinggi balok. Koefisien blok juga dapat ditentukan dengan pertimbangan kecepatan kapal dimana untuk kapal cepat umumnya mempunyai  $C_b$  yang kecil dan sebaliknya, untuk kapal dengan kecepatan rendah mempunyai  $C_b$  yang besar. Koefisien blok dapat dinyatakan dengan formula, sebagai berikut:

$$C_b = \frac{V}{L \times B \times d} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

- $C_b$  = Koefisien Blok
- $V$  = Volume Tercelup ( $m^3$ )
- $B$  = Lebar perahu (m)
- $d$  = Draft (m)

## 2.9 *Dead Weight Tonnage (DWT)*

Menurut Sutini, S. pada tahun 2020, Dead Weight Tonnage (DWT) adalah kemampuan kapal untuk dapat dimuati beban seperti: muatan, air tawar, bahan bakar, perbekalan, minyak pelumas, penumpang, awak kapal dan lainnya, sampai pada draft tertentu dan pada cairan dengan densitas tertentu pula. Adapun rumus dari Dead Weight Tonnage (DWT), yaitu:

$$DWT = (Load\ Displacement - Light\ Displacement) \times 1,000$$

$$Light\ Displacement = L \times B \times light\ draft \times Cb$$

$$Load\ Displacement = L \times B \times load\ draft \times Cb$$

Keterangan:

DWT = *Dead Weight Tonnage (kg)*

L = Panjang perahu (m)

B = Lebar perahu (m)

d = Draft (m)

Cb = Koefisien Blok

## 2.10 *Draft*

Menurut Fajar pada tahun 2020, Draft kapal adalah suatu seri angka-angka yang diterapkan atau dilekatkan (dilas atau hanya dicat) di lambung kapal sebelah kanan dan kiri pada bagian depan (*forward*), dibagian tengah (*midship*) dan dibagian belakang (*after*), dimana angka-angka tersebut menunjukkan kedalaman bagian kapal yang masuk ke dalam air laut atau sungai. Adapun rumus dari draft, yaitu:

$$d = \frac{\left(\frac{m}{\rho}\right)}{\left(\frac{l}{p}\right)} \times 3$$

Keterangan:

m : massa

$\rho$  : *Density*

p : Panjang

l : Lebar

## 2.11 Antropometri

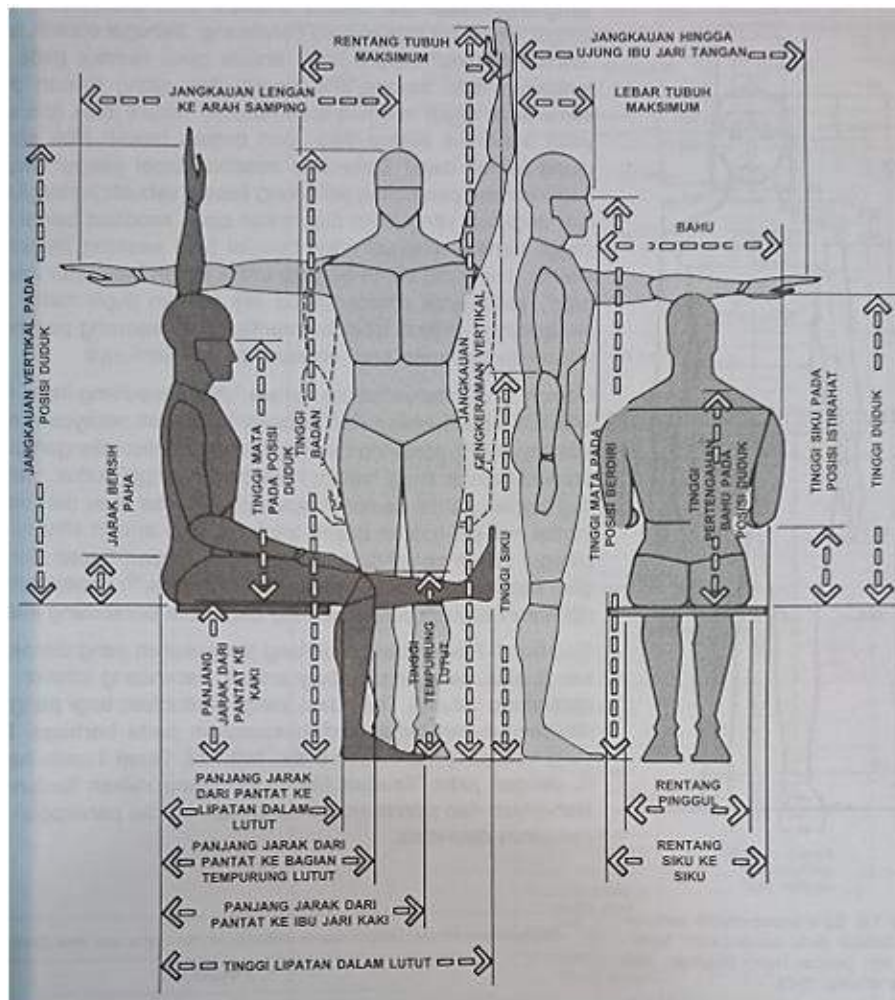
Antropometri merupakan salah satu cabang ilmu ergonomi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia yang dapat digunakan untuk merancang fasilitas yang ergonomis. Menurut (Wignjosoebroto, 2000) Kata antropometri berasal dari bahasa Yunani, yaitu kata *anthropos* (*man*) yang artinya manusia dan kata *metreinn* (*to measure*) yang artinya ukuran, sehingga antropometri adalah ilmu yang berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Menurut (Nurmianto dalam Prasetyo, 2011) bahwa antropometri adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik tubuh manusia dalam hal ukuran, bentuk, dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Antropometri secara luas dapat digunakan sebagai pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan atau desain produk maupun sistem kerja yang akan digunakan manusia. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data antropometri akan menentukan bentuk, ukuran, dan dimensi yang tepat pada produk yang dirancang serta manusia yang akan menggunakan produk tersebut sehingga perancang suatu produk harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangannya tersebut.

Menurut (Panero, 2003) berdasarkan cara pengukurannya, antropometri terbagi atas dua macam, yaitu:

1. Antropometri statis adalah pengukuran data yang mencakup pengukuran atas bagian - bagian tubuh seperti dimensi kepala, batang tubuh, dan anggota badan lainnya pada posisi standar (tegak sempurna). Pengukuran antropometri statis biasanya digunakan untuk mendesain barang - barang yang digunakan manusia seperti meja, kursi, dan pakaian.
2. Antropometri dinamis yaitu pengukuran yang dilakukan pada posisi tubuh sedang bekerja atau melakukan aktivitas. Dimensi yang diukur pada antropometri dinamis diambil secara linier (lurus) dan saat

pemakai melakukan aktivitasnya seperti ketinggian orang saat sedang berjalan.

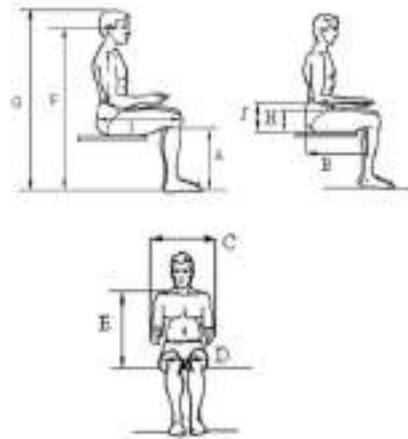
Menurut Panero (2003) data antropometri statik harus dibedakan berdasarkan suku bangsa dan umur manusia calon penghuninya. Sebagai contoh, data statik antropometri manusia Eropa akan berbeda dengan data statik manusia Asia, hal itupun dibedakan pula dalam hal umur. Khusus manusia Asia, juga telah dilakukan penelitian statik khususnya data standing height (ketinggian total manusia rata-rata) oleh UNESCO (1997), yang membedakan manusia asia berdasarkan umur dan tingkat pendidikannya, yaitu Sekolah Dasar (SD), Sekolah Menengah Pertama (SMP), Sekolah Menengah Umum (SMU), dan Pasca SMU.



**Gambar 2.12** Ukuran Tubuh Manusia yang Sering Digunakan Perancang Interior

(Sumber: Panero, 2003)

Menurut Panero (2003), tempat duduk merupakan elemen ruang interior yang paling jarang dirancang dengan seksama. Sebuah kursi yang secara antropometri benar, belum tentu nyaman. Jika rancangan suatu tempat duduk tidak memperhatikan sama sekali hal-hal yang berkenaan dengan dimensi manusia dan besar tubuhnya, tidaklah aneh bila rancangan tersebut tidak nyaman. Berikut adalah pedoman dimensi antropometri yang dibutuhkan bagi perancangan kursi.



**Gambar 2.13** Dimensi Antropometri untuk Perancangan Kursi  
(Sumber: Egi, 2010)

**Tabel 2.6** Data Antropometri Posisi Duduk  
(Panero, 2003)

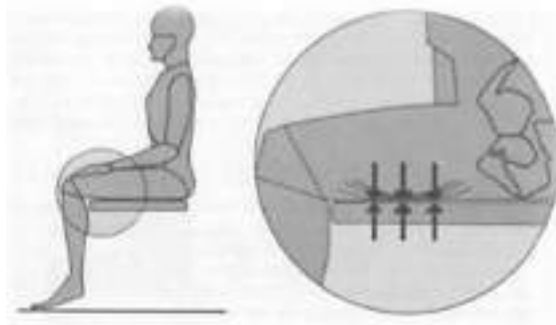
No	Data Antropometri	Cara Pengukuran
A	Tinggi Popliteal	Diperoleh dengan mengukur jarak vertikal dari lantai sampai lekukan lutut sebelah dalam. Subjek duduk tegak dengan mata memandang lurus ke depan dan lutut membentuk sudut siku-siku.
B	Jarak Antara Pantat-Popliteal	Diperoleh dengan mengukur jarak horizontal dari bagian terluar pantat sampai lekukan lutut sebelah dalam (Popliteal). Paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku.
C	Lebar Bahu	Diperoleh dengan mengukur jarak horizontal antara kedua lengan atas dan subjek duduk tegak dengan lengan atas merapat ke badan dan lengan bawah direntangkan ke depan.
D	Lebar Panggul	Diperoleh dengan mengukur subjek duduk tegak dan ukur jarak horizontal dari bagian terluar pinggul sisi kiri sampai bagian terluar pinggul sisi kanan.
E	Tinggi Bahu	Diperoleh dengan mengukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung tulang bahu yang menonjol pada saat subjek duduk tegak. Permukaan alas duduk sampai ujung tulang bahu yang menonjol pada saat subjek duduk tegak.
F	Tinggi Mata	Diperoleh dengan mengukur jarak vertikal dari lantai sampai ujung mata bagian dalam. Subjek duduk tegak dan memandang lurus ke depan.
G	Tinggi Duduk Tegak	Ukur jarak vertikal dari lantai sampai ujung atas kepala. Subjek duduk tegak dengan mata memandang lurus ke depan dan membentuk sudut siku-siku.
I	Pantat Ke Lutut	Ukur jarak horizontal dari bagian terluar pantat sampai ke lutut. Paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku.
J	Tinggi Siku	Ukur jarak vertikal dari alas kursi sampai bagian bawah siku.

Akibat dari desain kursi yang tidak ergonomis dapat menimbulkan pengaruh yang kurang baik bagi penggunanya, akibat tersebut antara lain:

A. Tinggi Tempat Duduk

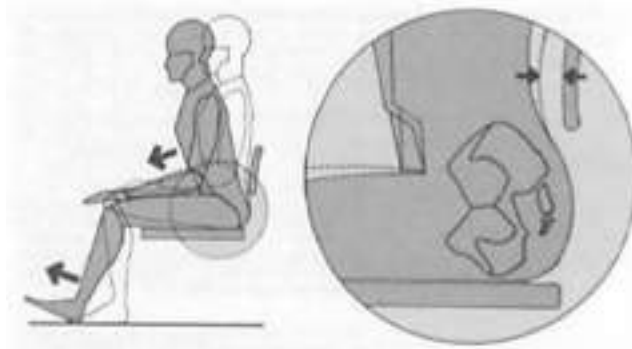
Jika landasan tempat duduk letaknya terlalu tinggi dapat menyebabkan bagian bawah paha akan tertekan dan peredaran darah dapat terhambat.





**Gambar 2.14** Dampak Landasan Tempat Duduk yang Terlalu Tinggi  
(Sumber: Panero, 2003)

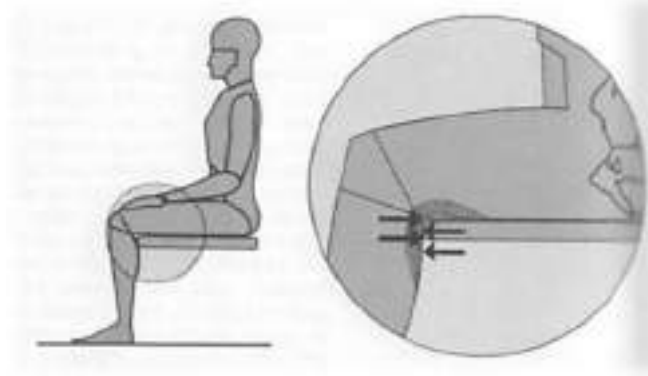
Jika landasan tempat duduk yang letaknya terlalu rendah dapat menyebabkan kaki terjulur ke depan, menjauhkan tubuh dari keadaan stabil. Sebagai tambahan, pergerakan tubuh ke depan akan menjauhkan punggung dari sandaran sehingga penopangan lumbar tidak terjaga dengan tepat.



**Gambar 2.15** Dampak Landasan Tempat Duduk yang Terlalu Rendah  
(Sumber: Panero, 2003)

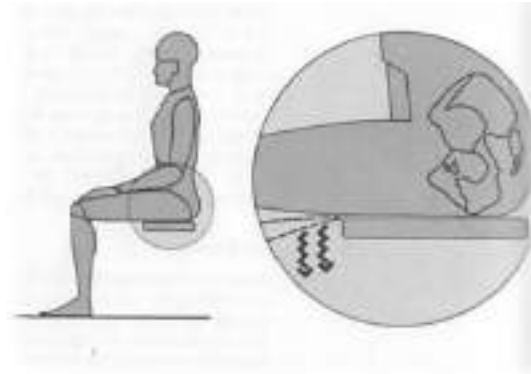
## B. Kedalaman Tempat Duduk

Bila kedalaman landasan tempat duduk terlalu panjang, bagian ujung dari tempat duduk akan menekan daerah tepat dibelakang lutut dan menimbulkan ketidaknyamanan serta gangguan pada peredaran darah.



**Gambar 2.16** Dampak Landasan Tempat Duduk yang Terlalu Lebar  
(Sumber: Panero, 2003)

Jika landasan tempat duduk terlalu sempit akan menghilangkan penopangan yang terletak pada bagian paha. Hal ini dapat menimbulkan perasaan terjatuh atau terjungkal dari kursi.



**Gambar 2.17** Dampak Landasan Tempat Duduk yang Terlalu Sempit  
(Sumber: Panero, 2003)

Menurut (Egi, 2010) Ada tiga prinsip dasar yang digunakan dalam mengaplikasikan data antropometri agar bisa menghasilkan rancangan produk, fasilitas, maupun stasiun kerja yang sesuai dengan ukuran tubuh dari poplasi pemakai yaitu:

- A. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran ekstrim (*Design for extreme individuals*) Pada prinsip ini, rancangan produk dibuat agar dapat mengakomodasikan mereka yang memiliki ukuran yang terkecil atau yang terbesar (dipilih salah satu) dengan orientasi bahwa rancangan yang dibuat tetap bisa digunakan oleh mayoritas populasi yang ada.
- B. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu (*Design for adjustable range*) Pada prinsip ini, perancangan suatu produk yang ukurannya dapat diubah-ubah sehingga cukup fleksibel dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh, baik oleh mereka yang memiliki ukuran tubuh terkecil hingga yang terbesar. Data antropometri yang umum diaplikasikan adalah rentang nilai persentil ke 5 s/d 95 persentil.
- C. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata (*Design for average*) Dalam prinsip ini, rancangan produk didasarkan pada rata-rata ukuran tubuh populasi. Rancangan produk yang dibuat berdasarkan prinsip ini banyak dijumpai pada perancangan produk atau fasilitas yang digunakan untuk umum seperti kursi kereta api, bus, dan fasilitas umum lainnya yang dipakai oleh orang banyak. Namun, masalah yang dihadapi adalah sedikit sekali mereka yang berbeda dalam ukuran rata-rata sehingga rancangan produk yang dibuat tidak sesuai mayoritas populasi yang ada.

## 2.12 Prinsip Archimedes

Pada penelitian Bagiyo Suwasono pada tahun 2019 dengan judul Teori Dan Panduan Praktis Hidrodinamika Kapal Hukum Archimedes menjelaskan tentang Hidrodinamika kapal yang dimana berkaitan dengan perilaku air sekitar kapal. Hukum Archimedes yang menyatakan apabila suatu benda yang tenggelam dalam fluida, maka akan mengalami adanya gaya apung sebesar berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut. Dalam konteks kapal, hukum ini menjelaskan mengapa kapal bisa

mengapung. Ketika kapal bergerak melalui air, hidrodinamika memainkan peran penting dalam mengelola gaya-gaya yang bekerja pada kapal, termasuk gaya hambat dan gaya angkat. Prinsip Bernoulli dan hukum gerak Newton juga berlaku untuk menjelaskan bagaimana kapal dapat bergerak dan mengatasi hambatan air. Pemahaman hidrodinamika ini sangat penting dalam desain kapal untuk memastikan kinerja yang optimal dan keamanan selama berlayar.

Penerapan praktis Hukum Archimedes dijelaskan dalam penelitian Acep Hidayat, ST, MT pada tahun 2011 dengan judul Mekanika Fluida Dan Hidrolika. Menurut Hukum Archimedes, “Benda yang berada dalam zat cair akan mengalami pengurangan berat sama dengan berat zat cair yang dipindahkan”. Salah satu alat yang sering digunakan untuk menentukan massa jenis zat cair adalah hidrometer. Hidrometer: Perangkat ini digunakan untuk menentukan berat jenis larutan. Diagram kestabilan kapal, pusat gravitasi (G), pusat daya apung (B), dan metasenter (M) pada orientasi kapal tegak dan miring merupakan tempat yang paling krusial dalam kestabilan kapal.



**Gambar 2.18** Konsep Terapung-Melayang-Tenggelam

(Sumber: eandroidfisika)

Mengapung; Benda dikatakan terapung dalam zat cair jika tidak seluruh bagian benda tercelup dalam zat cair. Hal ini terjadi karena massa jenis benda lebih kecil daripada massa jenis zat cair ( $\rho_b < \rho_f$ ). Melayang; Benda dikatakan melayang dalam zat cair apabila keseluruhan permukaan benda tercelup dalam zat cair dan benda diam. Kondisi ini dapat terjadi karena massa jenis benda sama dengan massa jenis zat cair ( $\rho_b = \rho_f$ ). Tenggelam; Benda dikatakan tenggelam dalam zat cair apabila benda jatuh ke bawah/dasar wadah saat dimasukkan ke dalam zat cair tersebut. Hal ini terjadi karena massa jenis benda lebih besar daripada massa jenis zat cair ( $\rho_b > \rho_f$ ).

Berdasarkan penelitian Syamsul Asri, Wahyuddin Mustafa, Farianto Fachruddin, Zulkifli, dan Moh. Rizal Firmansyah pada tahun 2020 dengan judul Perbaikan Sistem Daya Apung Perahu Fiberglass Guna Meningkatkan Keselamatan Operasi Budidaya Rumput Laut di Kabupaten Jeneponto. Sebuah benda yang mengambang bebas di air mengalami gaya ke bawah akibat gravitasi. Jika massa suatu benda adalah  $m$ , maka gaya tersebut adalah  $mg$  dan disebut beratnya. Ketika suatu benda berada dalam keadaan setimbang, maka benda tersebut harus diberi gaya yang sama besar dan berlawanan arah yang disebut gaya apung. Prinsip ini dikembangkan oleh filsuf Archimedes, yang hidup antara tahun 287 dan 212 M. Tinggal di Syracuse dan Sisilia. "Bila suatu benda dicelupkan ke dalam zat cair, benda tersebut mengalami tekanan ke atas sebesar berat zat cair yang ditekan.

Berdasarkan penelitian Syamsul Asri, Wahyuddin Mustafa, Farianto Fachruddin, Zulkifli, dan Moh. Rizal Firmansyah pada tahun 2020 dengan judul Perbaikan Sistem Daya Apung Perahu Fiberglass Guna Meningkatkan Keselamatan Operasi Budidaya Rumput Laut di Kabupaten Jeneponto. Sebuah benda yang mengambang bebas di air mengalami gaya ke bawah akibat gravitasi. Jika massa suatu benda adalah  $m$ , maka gaya tersebut adalah  $mg$  dan disebut beratnya. Ketika suatu benda berada dalam keadaan setimbang, maka benda tersebut harus diberi gaya yang sama besar dan berlawanan arah yang disebut gaya apung. Prinsip ini

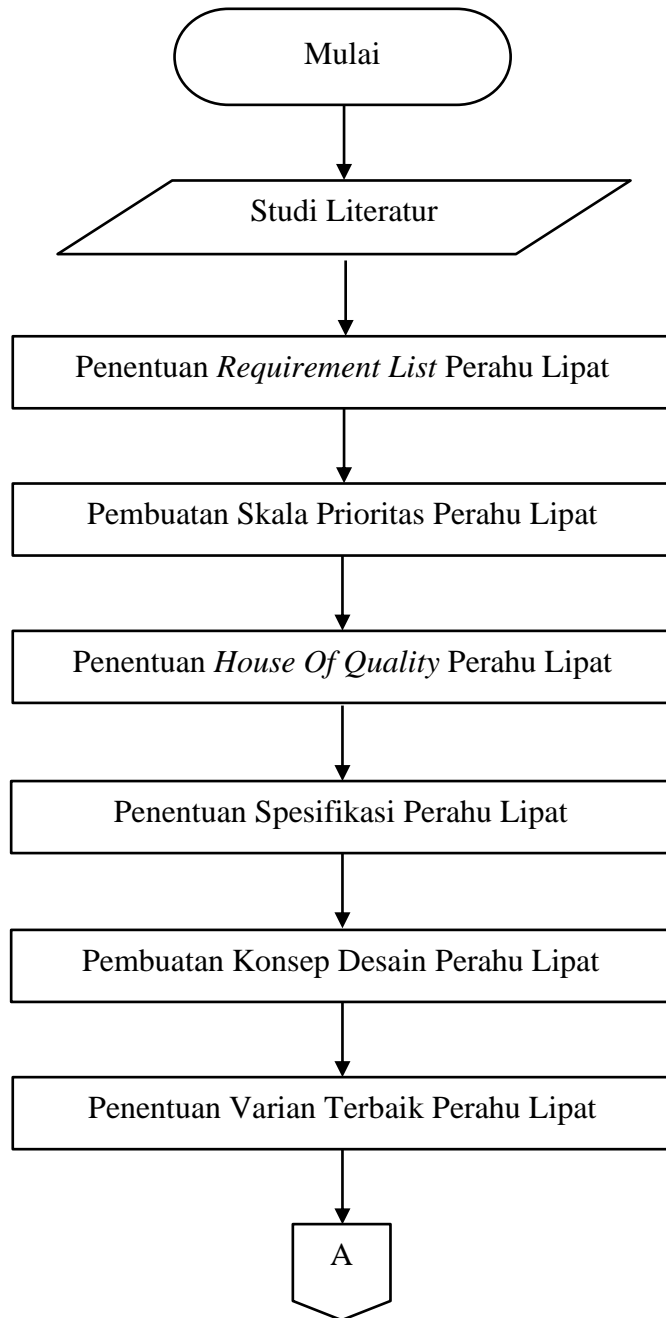
dikembangkan oleh filsuf Archimedes, yang hidup antara tahun 287 dan 212 M. Tinggal di Syracuse dan Sisilia. “Bila suatu benda dicelupkan ke dalam zat cair, benda tersebut mengalami tekanan ke atas sebesar berat zat cair yang ditekan.

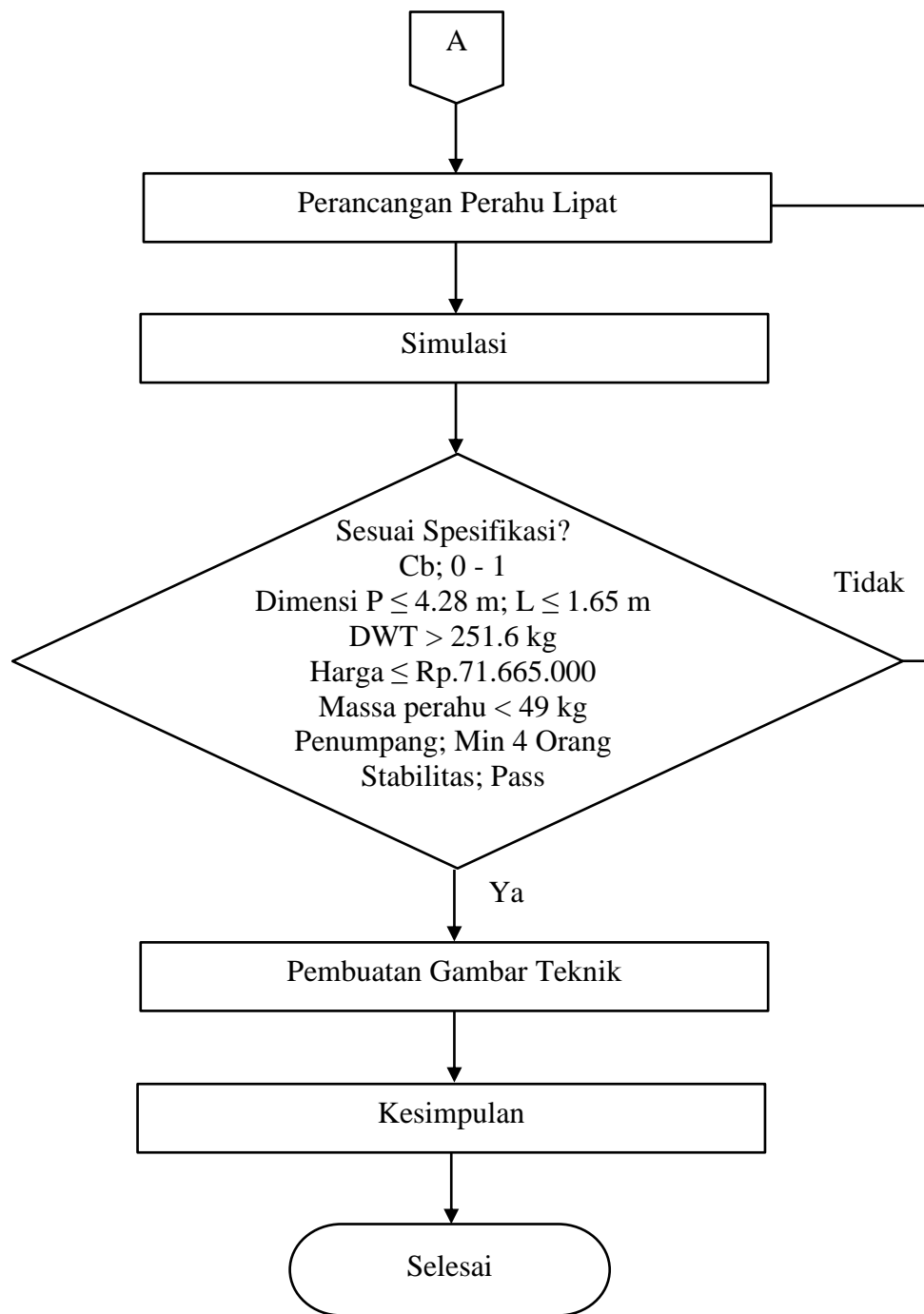
# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir penelitian untuk desain perahu lipat dengan menggunakan metode perancangan Pahl & Beitz.





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Penjelasan Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan diagram alir penelitian yang telah diurutkan dalam melaksanakan penelitian ini. Proses tersebut diawali dengan studi literatur, menentukan *requirement list*, menentukan *house of quality*, menentukan



spesifikasi perahu lipat, melakukan perancangan perahu lipat, analisa stabilitas dan resistance hasil simulasi dari perahu lipat yang telah dirancang, dan membuat gambar teknik hasil perancangan. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai diagram alir penelitian pada Gambar 3.1.

### 3.2.1 Studi Literatur

Langkah awal dalam memulai penelitian dengan cara pengumpulan sumber sebagai referensi yang berasal dari artikel jurnal penelitian, buku, serta sumber yang bersifat ilmiah lainnya. Dari cara itulah kita bisa mendapatkan ide dan optimasi sesuatu.

### 3.2.2 Penentuan *Requirement List*

Setelah melakukan studi literatur, Langkah selanjutnya masuk kedalam tahapan pengelompokan *requirement list*. Didalamnya terdapat beberapa point seperti fungsi, geometri, material, fabrikasi sampai biaya yang akan dikelompokan menjadi kebutuhan (*Demand*) dan juga harapan (*Wishes*). *Requirement list* didapatkan berdasarkan kebutuhan konsumen. kebutuhan (D) merupakan persyaratan yang perlu dicapai dalam membuat perahu lipat. Sedangkan untuk harapan (W) merupakan tambahan pada calon desain, jika tidak bisa terpenuhi maka tidak akan menghilangkan fungsinya.

**Tabel 3.1** *Requirement List*

<i>Requirement List</i>	Uraian	Demand (D) Wish (W)
Fungsi	Dapat mengevakuasi korban bencana banjir	D
Geometri	Mampu mengakomodasi minimal empat orang penumpang dewasa	D
Material	Memiliki total massa yang ringan	D
	Material perahu yang murah	W

Pembuatan	Bentuk perahu mudah dibuat	D
	Material perahu lipat tersedia dan mudah dicari	D
Perawatan	Mudah dirawat	D
	Biaya perawatan	W
Penggunaan	Kemudahan dalam memasang dan melipat perahu lipat	D
Biaya	Pembuatan biaya murah	W

### 3.2.3 Skala Prioritas

Elemen-elemen yang berubah menjadi kebutuhan (*Demands*) dan harapan (*Wishes*) untuk mendesain perahu lipat dikumpulkan berdasarkan daftar kebutuhan yang telah dibuat. Skala prioritas kemudian harus ditetapkan sesuai dengan item yang berubah menjadi keinginan.

**Tabel 3.2** Skala Prioritas *Wishes* dalam Perancangan Perahu Lipat

<i>Requirement List</i>	Matrik Korelasi			Sum	%	Rank
Material perahu yang murah	1	1		2	75	1
Biaya perawatan	0		1	1	25	2
Pembuatan biaya murah		0	0	0	0	3
Total				3	100	-

### 3.2.4 Penentuan *House of Quality (HoQ)*

Salah satu langkah dalam metode QFD (*Quality Function Deployment*) adalah mengidentifikasi rumah kualitas. Bagi para peneliti atau perancang yang ingin mendapatkan spesifikasi yang sesuai dengan keinginan dan kondisi pelanggan, HoQ secara fungsional sangat membantu. Dengan metode HoQ ini, segala sesuatu yang awalnya dijadikan patokan untuk menentukan desain dapat diterjemahkan. Berikut HoQ yang berhasil dibuat berdasarkan daftar kebutuhan yang diperoleh.

**Tabel 3.3 House of Quality**

Kepentingan		1	2	3	4	5
10	Sangat Penting					
5	Cukup					
1	Lebih Rendah					
	Relasi					
9	Kuat					
3	Sedang					
1	Lebih Rendah					
	Antar Relasi					
++	Sangat Kuat					
+	Kuat					
-	Sedang					
--	Lebih Rendah					

Kolom	1	2	3	4	5
Satuan	Cb	kg	(P x L) m	DWT	Rp
Sasaran	0-1	≤ 49.8	≤ (4.28 x 1.65) m	> 251.6	≤ Rp. 71.665.000

Baris			Perbaikan Kapasitas	Koefisien blok	Massa perahu lipat	Dimensi kearah lain	Dead Weight Tonnage	Biaya pembuatan
1	Fungsi	Dapat mengalami korban bencana banjir	10	9	9	9	1	1
2	Geometri	Mampu mengakomodasi minimal empat orang dewasa	10	9	9	9	9	1
3	Material	Memiliki total massa yang ringan	10	9	1	9	1	1
		Material perahu lipat yang murah	5	5	5	5	1	1
4	Perawatan	Bentuk perahu lipat sudah dibuat	5	5	1	1	1	1
		Material perahu lipat tersedia dan sudah dicari	5	1	1	1	1	5
5	Perawatan	Mudah dirawat	1	1	1	1	1	1
		Biaya perawatan murah	1	1	1	1	1	1
6	Penggunaan	Kemudahan dalam memasang dan melipat perahu lipat	10	5	5	1	5	5
7	Biaya	Pembuatan biaya murah	1	1	1	1	1	1
		SKOR		46	30	42	20	18
	Presentase		13.70%	17.3%	24.5%	28.1%	16.20%	
	Ranking		1	3	2	4	5	

### 3.2.5 Penentuan Spesifikasi Perahu

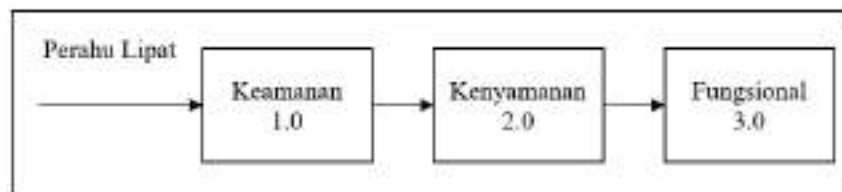
Berdasarkan hasil pembuatan *house of quality*, telah didapatkan spesifikasi teknis mengikuti *requirement list* yang ada pada bagian sebelumnya. Berikut ini merupakan spesifikasi yang dihasilkan untuk perahu lipat:

1. Dead Weight Tonnage (DWT): > 251.6 kg
2. Dimensi perahu (P×L): ≤ 4,28 m × 1,65 m
3. Harga perahu lipat: ≤ Rp. 71.665.000
4. Kapasitas penumpang: Min 4 orang
5. Koefisien blok (Cb): 0 - 1
6. Massa perahu: ≤ 49 kg
7. Stabilitas menggunakan standar International Maritime Organization (IMO): Pass

### 3.2.6 Konsep Desain

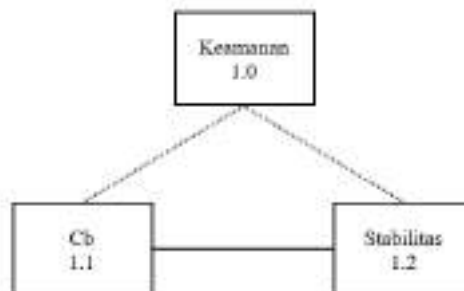
Spesifikasi teknis yang diperoleh secara langsung dapat ke tahap desain. Untuk menerjemahkan spesifikasi yang telah ditetapkan, perancang melalui tahap ini. Oleh karena itu, perlu untuk membuat konsep desain yang diperlukan sebelum melanjutkan proses desain. Membuat konsep desain diperlukan untuk menggambarkan fungsi umum perahu lipat dan membantu perancang menentukan pendekatan terbaik yang harus dilakukan saat mengimplementasikan perancangan. resistance, stablitas, dan kapasitas penumpang merupakan faktor utama yang perlu diperhatikan saat mendesain perahu lipat. Resistance dan stabilitas berkaitan dengan kemampuan perahu untuk mengevakuasi korban bencana banjir. Jika disusun secara berurutan, maka akan terlihat seperti ini.

#### 1. Fungsi Tingkat Pertama



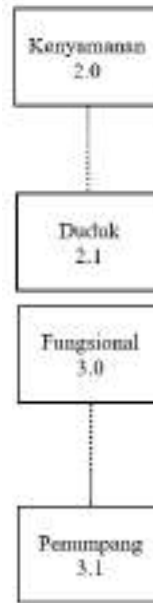
**Gambar 3.2** Fungsi Tingkat Pertama

#### 2. Fungsi Tingkat Kedua



**Gambar 3.3** Fungsi Tingkat Kedua

### 3. Fungsi Tingkat Ketiga



**Gambar 3.4** Fungsi Tingkat Ketiga

#### 3.2.7 Penentuan Varian Terbaik

Untuk mendesain perahu lipat, pilihan terbaik dipilih dari semua kombinasi spesifikasi yang memungkinkan. Proses ini dikenal sebagai pemilihan varian. Ada tiga jenis varian yang berbeda. Untuk memastikan variasi-variasi potensial ini, diperlukan lebih banyak penelitian terhadap literatur yang ada dan jenis perahu yang digunakan BNPB. Setelah banyak variasi diperoleh, kombinasi terbaik dapat dipilih.

**Tabel 3.4** Varian Perahu

No	Jenis Varian	A	B	C
1	Jenis Perahu	Landing Craft Boat	Inflatable Raft Boat	Folding Boat
2	Kapasitas Pemumpang	3	4	5
3	Kerangka Perahu	Aluminium	Wood	-
4	Body Perahu	Terpaulin	Rubber	-

Selanjutnya, varian-varian yang disebutkan di atas akan digabungkan untuk mengoptimalkan manfaatnya. Penggabungan tersebut menghasilkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 3.5** Kombinasi Hasil Varian

<b>Jenis Varian</b>	<b>Keterangan</b>
Varian 1 (1A-2A-3A-4A)	Landing Craft Boat - 3 - Aluminium - Terpaulin
Varian 2 (1A-2A-3A-4B)	Landing Craft Boat - 3 - Aluminium - Rubber
Varian 3 (1A-2A-3B-4A)	Landing Craft Boat - 3 - Wood - Terpaulin
Varian 4 (1A-2A-3B-4B)	Landing Craft Boat - 3 - Wood - Rubber
Varian 5 (1A-2B-3A-4A)	Landing Craft Boat - 4 - Aluminium - Terpaulin
Varian 6 (1A-2B-3A-4B)	Landing Craft Boat - 4 - Aluminium - Rubber
Varian 7 (1A-2B-3B-4A)	Landing Craft Boat - 4 - Wood - Terpaulin
Varian 8 (1A-2B-3B-4B)	Landing Craft Boat - 4 - Wood - Rubber
Varian 9 (1A-2C-3A-4A)	Landing Craft Boat - 5 - Aluminium - Terpaulin
Varian 10 (1A-2C-3A-4B)	Landing Craft Boat - 5 - Aluminium - Rubber
Varian 11 (1A-2C-3B-4A)	Landing Craft Boat - 5 - Wood - Terpaulin
Varian 12 (1A-2C-3B-4B)	Landing Craft Boat - 5 - Wood - Rubber
Varian 13 (1B-2A-3A-4A)	Inflatable Raft Boat - 3 - Alumunium - Terpaulin
Varian 14 (1B-2A-3A-4B)	Inflatable Raft Boat - 3 - Alumunium - Rubber
Varian 15 (1B-2A-3B-4A)	Inflatable Raft Boat - 3 - Wood - Terpaulin
Varian 16 (1B-2A-3B-4B)	Inflatable Raft Boat - 3 - Wood - Rubber
Varian 17 (1B-2B-3A-4A)	Inflatable Raft Boat - 4 - Aluminium - Terpaulin
Varian 18 (1B-2B-3A-4B)	Inflatable Raft Boat - 4 - Aluminium – Rubber

Varian 19 (1B-2B-3B-4A)	Inflatable Raft Boat - 4 - Wood - Terpaulin
Varian 20 (1B-2B-3B-4B)	Inflatable Raft Boat - 4 - Wood - Rubber
Varian 21 (1B-2C-3A-4A)	Inflatable Raft Boat - 5 - Aluminium - Terpaulin
Varian 22 (1B-2C-3A-4B)	Inflatable Raft Boat - 5 - Aluminium - Rubber
Varian 23 (1B-2C-3B-4A)	Inflatable Raft Boat - 5 - Wood - Terpaulin
Varian 23 (1B-2C-3B-4B)	Inflatable Raft Boat - 5 - Wood - Rubber
Varian 24 (1C-2A-3A-4A)	Folding Boat - 3 - Aluminium - Terpaulin
Varian 25 (1C-2A-3A-4B)	Folding Boat - 3 - Aluminium - Rubber
Varian 26 (1A-2A-3B-4A)	Folding Boat - 3 - Wood - Terpaulin
Varian 27 (1C-2A-3B-4B)	Folding Boat - 3 - Wood - Rubber
Varian 30 (1C-2B-3A-4A)	Folding Boat - 4 - Aluminium - Terpaulin
Varian 31 (1C-2B-3A-4B)	Folding Boat - 4 - Aluminium - Rubber
Varian 32 (1C-2B-3B-4A)	Folding Boat - 4 - Wood - Terpaulin
Varian 33 (1C-2B-3B-4B)	Folding Boat - 4 - Wood - Rubber
Varian 34 (1C-2C-3A-4A)	Folding Boat - 5 - Aluminium - Terpaulin
Varian 35 (1C-2C-3A-4B)	Folding Boat - 5 - Aluminium - Rubber
Varian 36 (1C-2C-3B-4A)	Folding Boat - 5 - Wood - Terpaulin
Varian 37 (1C-2C-3B-4B)	Folding Boat - 5 - Wood - Rubber

Berdasarkan hasil kombinasi dari seluruh varian di atas, didapatkan enam kombinasi varian yang mungkin dapat diterapkan pada perancangan perahu lipat sebagai evakuasi korban bencana banjir. Selanjutnya, enam varian tersebut dapat dievaluasi untuk memilih varian terbaiknya seperti yang akan disajikan pada tabel di bawah ini

**Tabel 3.6** Pemilihan Varian Terbaik

Pemilihan Varian Terbaik							
Daftar Kombinasi Varian	Evaluasi Solusi		Keputusan Akhir Terhadap Solusi				
	(+) (-) Tidak		(-) (-) Ditolak				
	(?) Kurang Informasi		(?) Perlu Mencari Informasi				
	(!) Perlu Ditinjau		(!) Perlu Ditinjau Kembali				
	Spesifikasi Perahu Lipat						
	Memenuhi Fungsi Utama						
	Memenuhi Kebutuhan Spesifikasi						
	Memiliki Tingkat Keamanan Yang Baik						
	Bentuk Yang Sederhana						
	Mudah Untuk Di Wujudkan						
A	B	C	D	E	Keterangan	Keputusan Akhir	
V1	-	-	!	!	!	Kurang Memenuhi Spesifikasi	-
V2	-	-	+	+	+	Kurang Memenuhi Spesifikasi	-
V3	-	-	+	+	+	Kurang Memenuhi Spesifikasi	-
V4	-	-	!	!	!	Kurang Memenuhi Spesifikasi	-
V5	+	+	!	!	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V6	+	+	+	+	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V7	+	+	+	+	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V8	+	+	!	!	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V9	+	+	!	!	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V10	+	+	+	+	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V11	+	+	+	+	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V12	+	+	!	!	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V13	-	-	!	!	!	Kurang Memenuhi Spesifikasi	-
V14	-	-	+	+	+	Kurang Memenuhi Spesifikasi	-
V15	-	-	+	+	+	Kurang Memenuhi Spesifikasi	-
V16	-	-	!	!	!	Kurang Memenuhi Spesifikasi	-
V17	+	+	!	!	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V18	+	+	+	+	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V19	+	+	+	+	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V20	+	+	!	!	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V21	+	+	!	!	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V22	+	+	+	+	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V23	+	+	+	+	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V24	+	+	!	!	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V25	-	-	!	!	!	Kurang Memenuhi Spesifikasi	-
V26	-	-	+	+	+	Kurang Memenuhi Spesifikasi	-
V27	-	-	+	+	+	Kurang Memenuhi Spesifikasi	-
V28	-	-	!	!	!	Kurang Memenuhi Spesifikasi	-
V29	+	+	!	!	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V30	+	+	+	+	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V31	+	+	+	+	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V32	+	+	!	!	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V33	+	+	!	!	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V34	+	+	+	+	+	Memenuhi Spesifikasi	+
V35	+	+	+	+	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!
V36	+	+	!	!	!	Hampir Memenuhi Spesifikasi	!



Berdasarkan tabel yang telah disajikan di atas, maka varian 34 yang terpilih untuk perancangan perahu sebagai evakuasi korban bencana banjir. Pemilihan varian ini didasarkan pada pertimbangan di awal bahwa untuk bisa menghasilkan evakuasi yang baik untuk korban bencana banjir dengan mempertimbangkan spesifikasi yang telah ditentukan. Sehingga diputuskan bahwa varian perahu lipat sebagai keterbaruan, mudah untuk diwujudkan, biaya pembuatan yang murah, kapasitas evakuasi korban bencana banjir minimal 4 orang, dan massa yang ringan. Selanjutnya, varian ini dapat langsung masuk ke dalam proses perancangan.

### **3.2.8 Perancangan Perahu Lipat**

Desain perahu lipat dapat diimplementasikan dengan menggunakan varian terbaik yang telah ditentukan pada pembahasan sebelumnya. Proses desain dimulai dengan gambar teknik dan dilanjutkan dengan analisis terhadap Maxsurf Resistance, Maxsurf Stabilitas, dan Dead Weight Tonnage. Dalam mendesain perahu lipat ini, hal yang paling penting adalah memastikan bahwa spesifikasi sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan sebelumnya.

### **3.2.9 Pembuatan Gambar Detail**

Tahap selanjutnya adalah menyelesaikan *Detail Engineering* dengan etiket setelah desain perahu lipat dibuat sesuai dengan spesifikasi. Pada tahap ini, gambar yang tepat dari setiap komponen perahu lipat dibuat, dimulai dengan dimensi dan rincian tentang material yang digunakan, ketebalan, dan massa total. Aplikasi CAD digunakan dalam proses pembuatan gambar detail ini. Gambar perahu lipat yang terperinci berfungsi sebagai gambar kerja. Apabila ada modifikasi maka digunakan sebagai dasar pembuatan gambar *as-built drawing*.

## BAB IV

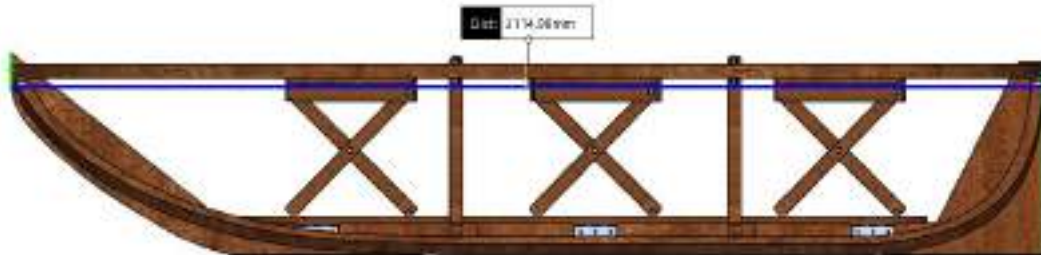
### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Perancangan Perahu Lipat

Pada perancangan sebuah perahu lipat harus memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Adapun perancangan perahu lipat yang telah dibuat dan memenuhi spesifikasi sebagai berikut ini:



**Gambar 4.1** Perahu Lipat



**Gambar 4.2** Dimensi Panjang Perahu Lipat



**Gambar 4.3** Dimensi Tinggi Perahu Lipat



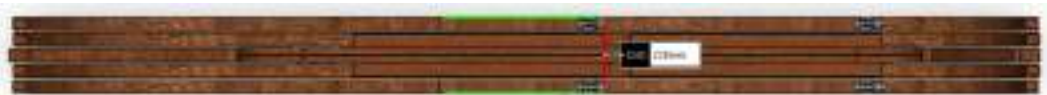
**Gambar 4.4** Dimensi Lebar Perahu Lipat

**Tabel 4.1** Spesifikasi Perahu Lipat

<i>Measurement</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
Dimension (pxlxt)	3.115 x 1.551 x 0.572	m
3 Kursi Lipat	15.08	kg
Perahu Lipat	82.4	kg
Block coeff. (Cb)	0.842	-
Material	Kayu Mahoni + Plastel 8820	-



**Gambar 4.5** Perahu yang Sudah Terlipat



**Gambar 4.6** Perahu yang Sudah Terlipat

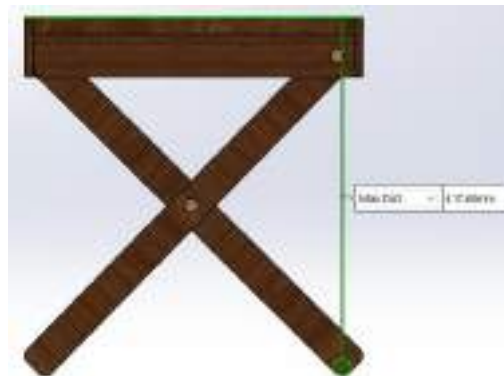
Terdapat perbandingan lebar perahu yang belum terlipat sebesar 1.551 m dan yang sudah terlipat sebesar 0.0228 m.

#### 4.1.1 Perancangan Kursi Lipat

Dalam merancang sebuah kursi lipat untuk perahu lipat. Dibutuhkan data antropometri sehingga menghasilkan kursi sesuai kebutuhan pria dewasa Indonesia. Berdasarkan dari data Antrpometri didapatkan panjang popliteal sebesar 394,2 mm dan tinggi popliteal sebesar 417.6 mm. Adapun perancangan kursi lipat disesuaikan dengan kebutuhan dari antropometri pria dewasa Indonesia. Adapun perancangan kursi lipat sebagai berikut ini:



**Gambar 4.7** Kursi Lipat



**Gambar 4.8** Dimensi Tinggi Popliteal Kursi Lipat



**Gambar 4.9** Dimensi Panjang Popliteal Kursi Lipat

#### **4.2 Mekanisme Perahu Lipat**

Mekanisme lipatan perahu lipat akan dijabarkan sebagai berikut ini:

Pada mekanisme pertama, merupakan tampilan pertama dari perahu lipat sebelum adanya lipatan.



**Gambar 4.10** Mekanisme 1

Pada mekanisme kedua, merupakan tampilan kedua dari perahu lipat setelah adanya lipatan disamping vertikal yang fungsinya sebagai penahan vertikal samping kerangka atas dan bawah pada kanan dan kiri.



**Gambar 4.11** Mekanisme 2

Pada mekanisme ketiga, merupakan tampilan ketiga dari perahu lipat setelah adanya lipatan disamping horizontal yang fungsinya sebagai penahan papan horizontal bawah samping kanan dan kiri.



**Gambar 4.12** Mekanisme 3

Pada mekanisme keempat, merupakan tampilan keempat dari perahu lipat setelah adanya lipatan papan yang fungsinya sebagai pondasi beban muatan yang diberikan seperti penumpang, operator, dan kursi.



**Gambar 4.13** Mekanisme 4

Pada mekanisme kelima, merupakan tampilan kelima dari perahu lipat setelah adanya lipatan kerangka samping atas dan bawah pada kiri dan kanan yang fungsinya sebagai kerangka awal dalam menopang seluruh beban muatan yang diberikan sekaligus memberikan bodi pada kerangka terluar perahu lipat.



**Gambar 4.14** Mekanisme 5

### **4.3 Maxsurf**

Simulasi perahu lipat dijalankan menggunakan Maxsurf Modeler untuk mendapatkan Data Hidrostatik, Maxsurf Resistance untuk mendapatkan data Holtrop Resistance dan Holtrop Power, dan Maxsurf Stability untuk mendapatkan kriteria standar International Maritime Organization (IMO).

#### **4.2.1 Maxsurf Modeler**

Sebelum Maxsurf Resistance dan Maxsurf Stability diperlukan Maxsurf Modeler untuk membaca desain Solidworks dengan mengubah file format dari Sldprt ke Iges. Selanjutnya RhinoCeros 7 membaca desain, mengatur titik koordinat, memutar desain, dan mengubah format file dari Iges ke Rhino .3dm. Setelah itu, Maxsurf Modeler baru bisa membaca desain dengan cara import file Rhino .3dm, mengatur frame of reference & zero point, dan draft. Berikut data hidrostatik yang didapatkan dari Maxsurf Modeler.

**Tabel 4.2** Data Hidrostatik

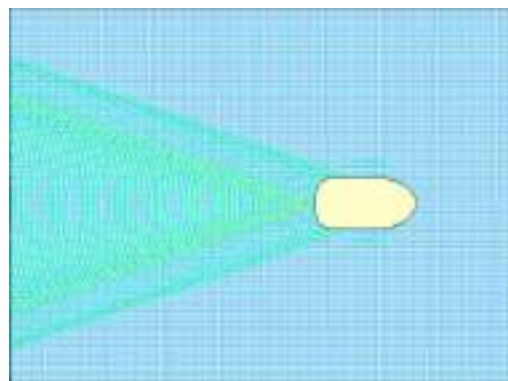
Measurement	Value	Units
Block coeff. (Cb)	0.842	-
Draft Amidships	0.47	m
Volume (displaced)	1.903	kg

#### 4.2.2 Maxsurf Resistance

Berdasarkan penelitian Purwo dan Iswadi pada tahun 2017 “Perancangan Perahu Berbahan Fiber Glass Berlapis Karet Untuk Evakuasi Bencana Banjir” untuk variasi kecepatan sebesar 6 knot. Oleh karena itu, pada penilitan ini variasi kecepatan mulai dari 0 – 6 knot. Untuk mendapatkan Holtrop Resistance dan Holtrop Power diperlukan perangkat lunak Maxsurf Resistance. Metode yang digunakan adalah metode Holtrop karena Metode Holtrop merupakan metode yang tepat digunakan pada kapal yang memiliki koefisien block (Cb) besar yakni berkisar antara 0.7 sampai dengan 0.9. Berikut hasil analisa Maxsurf Resistance.

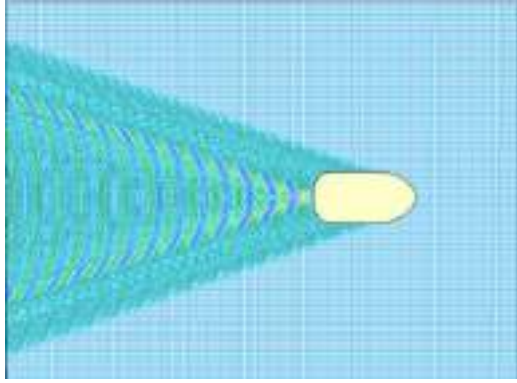
**Tabel 4.3** Variasi Kecepatan

Knot	Holtrop Resist (N)	Holtrop Power (hp)
1	11.92	0.008
2	41.74	0.058
3	89.29	0.185
4	217.39	0.6
5	261.67	0.903
6	275.42	1.14

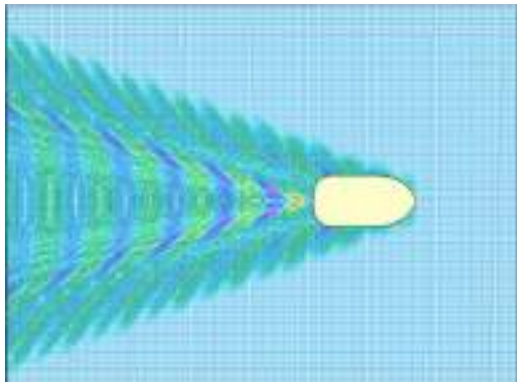


**Gambar 4.15** Kecepatan 1 knot

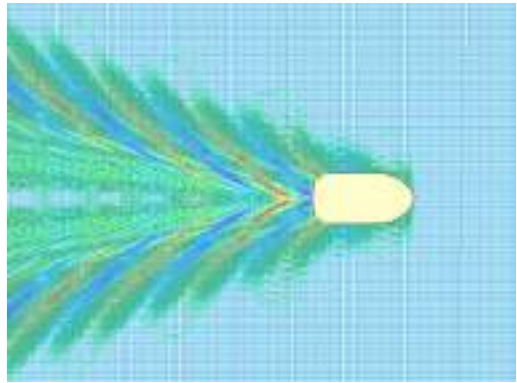




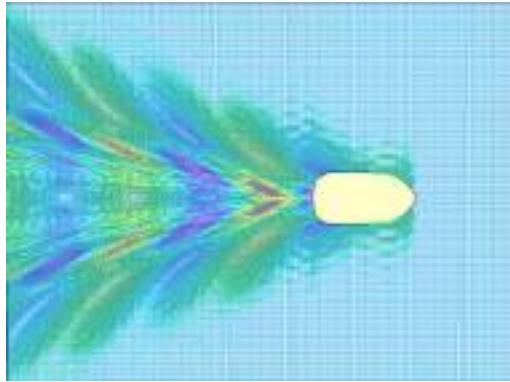
**Gambar 4.16** Kecepatan 2 knot



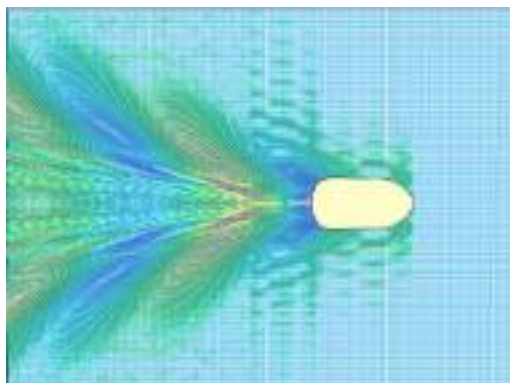
**Gambar 4.17** Kecepatan 3 knot



**Gambar 4.18** Kecepatan 4 knot



**Gambar 4.19** Kecepatan 5 knot



**Gambar 4.20** Kecepatan 6 knot

Dari tabel diatas pada kecepatan maksimal perahu lipat sebesar 6 knot memiliki 1.14 hp. Dari daya tersebut didapatkan spesifikasi mesin yang dibutuhkan untu perahu lipat, yaitu mesin Mesin Tempel 5 HP L HD5F dengan berat 21 kg.

### **4.2.3 Maxsurf Stability**

Untuk simulasi stabilitas didapatkan menggunakan perangkat lunak Maxurf Stability. Analisis ini berdasarkan IMO (International Maritime Organization) Code A.749 (18) Chapter 3 – *Design Criteria Applicable to All Ships*. Pada penelitian ini terdapat 6 kondisi. Berikut hasil analisa simulasi stabilitas dari perangkat lunak Maxsurf Stability.

1. Kondisi 1 – perahu lipat + kursi lipat + mesin perahu + operator mesin

Kondisi 1: Perahu lipat seberat 82.4 kg ditambah 3 kursi lipat seberat 15.08 kg ditambah mesin perahu 21 kg ditambah operator mesin perahu 62.9 kg. Dari hasil simulasi stabilitas di Maxsurf, kondisi 1 lolos uji berdasarkan standar IMO (International Maritime Organization) Code A.749 (18) Chapter 3 – *Design Criteria Applicable to All Ships*.

**Tabel 4.4** Kondisi 1

Kondisi	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	Area 0 to 30 (>)	3.151	m.deg	14.5863	Pass
	Area 0 to 40 (>)	5.157	m.deg	21.2327	Pass
	Area 30 to 40 (>)	1.719	m.deg	6.6464	Pass
	Max GZ at 30 or greater ( $\geq$ )	0.2	m	0.671	Pass
	Angle of maximum GZ ( $\geq$ )	25	deg	41.8	Pass
	Initial GMt ( $\geq$ )	0.15	m	4.245	Pass

2. Kondisi 2 – perahu lipat + kursi lipat + mesin perahu + operator mesin + 1 penumpang

Kondisi 2: Perahu lipat seberat 82.4 kg ditambah 3 kursi lipat seberat 15.08 kg ditambah mesin perahu 21 kg ditambah operator mesin perahu 62.9 kg ditambah 1 penumpang seberat 62.9 kg. Dari hasil simulasi stabilitas di Maxsurf, kondisi 2 lolos uji berdasarkan standar IMO (International Maritime Organization) Code A.749 (18) Chapter 3 – *Design Criteria Applicable to All Ships*.

**Tabel 4.5** Kondisi 2

Kondisi	Criteria	Value	Units	Actual	Status
2	Area 0 to 30 (>)	3.151	m.deg	12.715	Pass
	Area 0 to 40 (>)	5.157	m.deg	18.5043	Pass
	Area 30 to 40 (>)	1.719	m.deg	5.7893	Pass
	Max GZ at 30 or greater ( $\geq$ )	0.2	m	0.582	Pass
	Angle of maximum GZ ( $\geq$ )	25	deg	38.2	Pass
	Initial GMt ( $\geq$ )	0.15	m	3.068	Pass

3. Kondisi 3 – perahu lipat + kursi lipat + mesin perahu + operator mesin + 2 penumpang

Kondisi 3: Perahu lipat seberat 82.4 kg ditambah 3 kursi lipat seberat 15.08 kg ditambah mesin perahu 21 kg ditambah operator mesin perahu 62.9 kg ditambah 2 penumpang seberat 125.8 kg. Dari hasil simulasi stabilitas di Maxsurf, kondisi 3 lolos uji berdasarkan standar IMO (International Maritime Organization) Code A.749 (18) Chapter 3 – *Design Criteria Applicable to All Ships*.

**Tabel 4.6** Kondisi 3

Kondisi	Criteria	Value	Units	Actual	Status
3	Area 0 to 30 ( $\geq$ )	3.151	m.deg	11.3813	Pass
	Area 0 to 40 ( $\geq$ )	5.157	m.deg	16.6324	Pass
	Area 30 to 40 ( $\geq$ )	1.719	m.deg	5.2512	Pass
	Max GZ at 30 or greater ( $\geq$ )	0.2	m	0.527	Pass
	Angle of maximum GZ ( $\geq$ )	25	deg	37.3	Pass
	Initial GMt ( $\geq$ )	0.15	m	2.405	Pass

4. Kondisi 4 – perahu lipat + kursi lipat + mesin perahu + operator mesin + 3 penumpang

Kondisi 4: Perahu lipat seberat 82.4 kg ditambah 3 kursi lipat seberat 15.08 kg ditambah mesin perahu 21 kg ditambah operator mesin perahu 62.9 kg ditambah 3 penumpang seberat 188.7 kg. Dari hasil simulasi stabilitas di Maxsurf, kondisi 4 lolos uji berdasarkan standar IMO (International Maritime Organization) Code A.749 (18) Chapter 3 – *Design Criteria Applicable to All Ships*.

**Tabel 4.7** Kondisi 4

Kondisi	Criteria	Value	Units	Actual	Status
4	Area 0 to 30 ( $\geq$ )	3.151	m.deg	10.1353	Pass
	Area 0 to 40 ( $\geq$ )	5.157	m.deg	14.9724	Pass
	Area 30 to 40 ( $\geq$ )	1.719	m.deg	4.837	Pass
	Max GZ at 30 or greater ( $\geq$ )	0.2	m	0.487	Pass
	Angle of maximum GZ ( $\geq$ )	25	deg	39.1	Pass
	Initial GMt ( $\geq$ )	0.15	m	1.95	Pass

5. Kondisi 5 – perahu lipat + kursi lipat + mesin perahu + operator mesin + 4 penumpang

Kondisi 5: Perahu lipat seberat 82.4 kg ditambah 3 kursi lipat seberat 15.08 kg ditambah mesin perahu 21 kg ditambah operator mesin perahu 62.9 kg ditambah 4 penumpang seberat 251.6 kg. Dari hasil simulasi stabilitas di Maxsurf, kondisi 5 lolos uji berdasarkan standar IMO (International Maritime Organization) Code A.749 (18) Chapter 3 – *Design Criteria Applicable to All Ships*.

**Tabel 4.8** Kondisi 5

Kondisi	Criteria	Value	Units	Actual	Status
5	Area 0 to 30 (>)	3.151	m.deg	9.2933	Pass
	Area 0 to 40 (>)	5.157	m.deg	13.8521	Pass
	Area 30 to 40 (>)	1.719	m.deg	4.5588	Pass
	Max GZ at 30 or greater ( $\geq$ )	0.2	m	0.459	Pass
	Angle of maximum GZ ( $\geq$ )	25	deg	39.1	Pass
	Initial GMt ( $\geq$ )	0.15	m	1.645	Pass

6. Kondisi 6 – perahu lipat + kursi lipat + mesin perahu + operator mesin + 5 penumpang

Kondisi 6: Perahu lipat seberat 82.4 kg ditambah 3 kursi lipat seberat 15.08 kg ditambah mesin perahu 21 kg ditambah operator mesin perahu 62.9 kg ditambah 5 penumpang seberat 314.5 kg. Dari hasil simulasi stabilitas di Maxsurf, kondisi 5 lolos uji berdasarkan standar IMO (International Maritime Organization) Code A.749 (18) Chapter 3 – *Design Criteria Applicable to All Ships*.

**Tabel 4.9** Kondisi 6

Kondisi	Criteria	Value	Units	Actual	Status
6	Area 0 to 30 (>)	3.151	m.deg	8.6748	Pass
	Area 0 to 40 (>)	5.157	m.deg	13.0396	Pass
	Area 30 to 40 (>)	1.719	m.deg	4.3648	Pass
	Max GZ at 30 or greater ( $\geq$ )	0.2	m	0.44	Pass
	Angle of maximum GZ ( $\geq$ )	25	deg	39.1	Pass
	Initial GMt ( $\geq$ )	0.15	m	1.43	Pass

#### 4.4 *Block Coefficient*

Untuk mendapatkan nilai koefisien blok diperlukan data yang lengkap untuk menghitung koefisien blok. Didapatkan data berupa volume (*displaced*) sebesar  $1.903 \text{ m}^3$ , panjang perahu sebesar 3.115 m, lebar perahu 1.551 m, dan draft perahu sebesar 0.47. Dari data tersebut lalu masuk ke perhitungan  $C_b$ .

$$C_b = \frac{1.903}{3.115 \times 1.551 \times 0.47}$$
$$C_b = 0.838$$

Terdapat perbedaan yang menunjukkan Tingkat akurat dari simulasi di Maxsurf. Perhitungan manual mendapatkan nilai  $C_b$  sebesar 0.838 sedangkan perhitungan simulasi di Maxsurf mendapatkan nilai  $C_b$  sebesar 0.842. Jadi, selisih perbedaan antara perhitungan manual dengan perhitungan simulasi di Maxsurf sebesar 0.004. Nilai koefisien blok selalu berada dalam kisaran 0 hingga 1.

#### 4.5 *Dead Weight Tonnage (DWT)*

Untuk mendapatkan nilai Deadweight Tonnage (DWT) diperlukan data yang lengkap untuk menghitung Deadweight Tonnage (DWT). Diperlukan data panjang perahu, lebar perahu, draft seperti light draft dan load draft,  $C_b$ , dan massa jenis air tawar sebesar  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Dari data tersebut lalu masuk ke perhitungan Deadweight Tonnage (DWT).

$$DWT = (0.556 \text{ m}^3 - 0.14 \text{ m}^3) \times 1,000 \text{ kg/m}^3$$

$$DWT = 416 \text{ kg atau } 0.4 \text{ Ton}$$

$$\text{Light Displacement} = 3.115 \times 1.551 \times 0.04 \times 0.732$$

$$\text{Light Displacement} = 0.14 \text{ m}^3$$

$$\text{Load Displacement} = 3.115 \times 1.551 \times 0.132 \times 0.872$$

$$\text{Load Displacement} = 0.556 \text{ m}^3$$

Jadi, pada perancangan perahu lipat dapat dimuati beban sebesar  $416 \text{ kg atau } 0.416 \text{ Ton}$ .

#### 4.6 Draft

Untuk mendapatkan nilai draft diperlukan data yang lengkap untuk menghitung draft. Diperlukan data beban muatan, panjang perahu, lebar perahu, dan massa jenis air tawar sebesar  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Dari data tersebut lalu masuk ke perhitungan draft.

1. Kondisi 1 – perahu lipat + kursi lipat + mesin perahu + operator mesin

$$d = \frac{\left(\frac{181.3}{1000}\right)}{\left(\frac{1.551}{3.115}\right)} \times 3$$

$$d = 0.113 \text{ m}$$

Jadi, pada kondisi 1 memiliki draft sebesar 0.113 m.



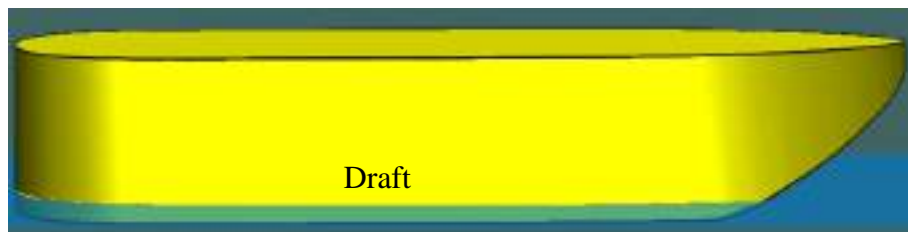
**Gambar 4.21** Kondisi 1 – Draft 0.113 m

2. Kondisi 2 – perahu lipat + kursi lipat + mesin perahu + operator mesin  
+ 1 penumpang

$$d = \frac{\left(\frac{244.2}{1000}\right)}{\left(\frac{1.551}{3.115}\right)} \times 3$$

$$d = 0.152 \text{ m}$$

Jadi, pada kondisi 2 memiliki draft sebesar 0.152 m.



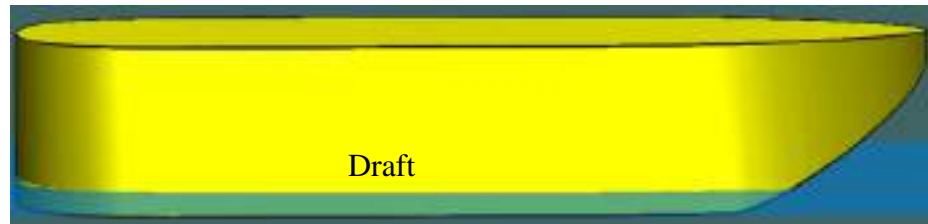
**Gambar 4.22** Kondisi 2 – Draft 0.152 m

3. Kondisi 3 – perahu lipat + kursi lipat + mesin perahu + operator mesin  
+ 2 penumpang

$$d = \frac{\left(\frac{307.1}{1000}\right)}{\left(\frac{1.551}{3.115}\right)} \times 3$$

$$d = 0.191 \text{ m}$$

Jadi, pada kondisi 3 memiliki draft sebesar 0.191 m.



**Gambar 4.23** Kondisi 3 – Draft 0.191 m

4. Kondisi 4 – perahu lipat + kursi lipat + mesin perahu + operator mesin  
+ 3 penumpang

$$d = \frac{\left(\frac{370}{1000}\right)}{\left(\frac{1.551}{3.115}\right)} \times 3$$

$$d = 0.223 \text{ m}$$

Jadi, pada kondisi 4 memiliki draft sebesar 0.223 m.



**Gambar 4.24** Kondisi 4 – Draft 0.223 m



5. Kondisi 5 – perahu lipat + kursi lipat + mesin perahu + operator mesin  
+ 4 penumpang

$$d = \frac{\left(\frac{432.9}{1000}\right)}{\left(\frac{1.551}{3.115}\right)} \times 3$$

$$d = 0.27 \text{ m}$$

Jadi, pada kondisi 5 memiliki draft sebesar 0.27 m.



**Gambar 4.25** Kondisi 5 – Draft 0.27 m

6. Kondisi 6 – perahu lipat + kursi lipat + mesin perahu + operator mesin  
+ 5 penumpang

$$d = \frac{\left(\frac{495.8}{1000}\right)}{\left(\frac{1.551}{3.115}\right)} \times 3$$

$$d = 0.308 \text{ m}$$

Jadi, pada kondisi 6 memiliki draft sebesar 0.308 m.



**Gambar 4.26** Kondisi 6 – Draft 0.308 m

**Tabel 4.10** Draft

Kondisi	Draft
1	0.113 m
2	0.152 m
3	0.191 m
4	0.223 m
5	0.27 m
6	0.308 m

Berdasarkan batas aman sebesar 0.47 m. Maka, dari hasil setiap kondisi berada di level aman dan stabil. Artinya, perancangan perahu lipat sudah sesuai spesifikasi yang ditentukan dan aman.

#### 4.7 Penentuan Material Perahu Lipat

Metode kuantitatif *cost per unit property* adalah metode yang digunakan untuk pemilihan material pada penelitian ini. Teknik ini digunakan untuk membatasi rentang pilihan yang mungkin. Evaluasi setiap pendekatan karakteristik sesuai untuk tahap awal dalam menentukan kebutuhan yang diperlukan. Penentuan harga material perahu lipat ditentukan dalam dolar karena pengaruh nilai jual mata uang rupiah terhadap mata uang dolar.

**Tabel 4.11** Kurs Mata Uang Per 28 Maret 2024

(Sumber: bi.go.id)

No	Mata Uang	Nilai	Kurs Jual	Kurs Beli
1	AUD	1	10400,58	10290,79
2	BND	1	11827,96	11703,32
3	CAD	1	11718,34	11600,9
4	CHF	1	17596,93	17419,92
5	CNH	1	2196,34	2174,22
6	CNY	1	2204,06	2182,07
7	DKK	1	2312,51	2289,17
8	EUR	1	17249,86	17071,92
9	GBP	1	20127,22	19915,92
10	HKD	1	2036,49	2016,2
11	JPY	100	10503,17	10397,98
12	KRW	1	11,8	11,68
13	KWD	1	51786,97	51255,04
14	LAK	1	0,76	0,75

No	Mata Uang	Nilai	Kurs Jual	Kurs Beli
15	MYR	1	3369,05	3332,71
16	NOK	1	1479,92	1464,97
17	NZD	1	9567,32	9467,4
18	PGK	1	4223,64	4063,32
19	PHP	1	283,44	280,42
20	SAR	1	4248,04	4205,55
21	SEK	1	1502,21	1486,9
22	SGD	1	11827,96	11703,32
23	THB	1	437,34	432,75
24	USD	1	15932,26	15773,74
25	VND	1	0,64	0,64

Pada harga material perahu lipat, mata uang yang dipakai adalah dollar Amerika dengan kurs mata uang pada tanggal 28 Maret 2024 sebesar Rp15.773,74. Dari harga material yang didapatkan untuk mengetahui besarnya nilai *relative cost*, *cost of per unit*.

#### 1. Kerangka Perahu

Pada material pertama yang digunakan merupakan kayu, berikut adalah kandidat material yang digunakan pada kayu berdasarkan referensi yang ada.

**Tabel 4.12** Harga Material dan *Relative Cost* Kandidat Material Kerangka Kayu Perahu

No	Material	Harga (USD/m)	Harga (Rp/m)	Relative Cost	Rank
1	Kayu Balsa	\$ 2.76	Rp. 44.000	2.78	2
2	Kayu Mahoni	\$ 2.41	Rp. 38.500	2.44	1
3	Kayu Jati	\$ 7.53	Rp. 120.000	7.6	3

Cara mendapatkan nilai *relative cost*:

$$\frac{\text{Rp}44.000}{\text{Rp}15.773,74} = 2.76$$

Pada komponen ini sifat yang diperlukan adalah *strength* / kekuatan sehingga didapat persamaan sebagai berikut:

$$\text{Cost of unit strenght} = \frac{C \times \rho}{S}$$

Keterangan:

*C* : *Relative Cost*

$\rho$  : *Density*

*S*: *Strength*

**Tabel 4.13** Karakteristik dan *Cost Per Unit* Untuk Material Kandidat Kerangka Kayu Perahu

No	Material	Cost of Unit Strength	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Relative Cost	Yield Strength (MPa)	Young's Modulus (Gpa)
1	Kayu Balsa	30.05	129.75	2.78	12	3
2	Kayu Mahoni	20.41	760	2.44	90.83	16.22
3	Kayu Jati	47.5	607	7.6	97.1	12.28

Berdasarkan tabel diatas didapat material dengan kekuatan dan harga terjangkau ada pada kayu mahoni. Jadi, varian terbaik adalah kayu mahoni.

## 2. Tarpaulin PVC

Pada material kedua yang digunakan merupakan tarpaulin, berikut adalah kandidat material yang digunakan pada tarpaulin berdasarkan referensi yang ada.

**Tabel 4.14** *Properties Material of Tarpaulin PVC for Boat*

No	Material	Total Weight (g/m <sup>2</sup> )	Tensile strength warp/weft (N/50 mm)
1	Heavy PVC	1450	3000/3000
2	Mainstream Plus	1050	3000/3000

No	Material	Total Weight (g/m <sup>2</sup> )	Tensile strength warp/weft (N/50 mm)
3	Yukon	1000	3000/3000
4	Plastel 8841	900	2900/2900
5	Plastel 8820	750	2800/2900

Berdasarkan tabel diatas maka didapatkanlah material Plastel 8820 sebagai material yang digunakan pada bodi perahu lipat. Setelah didapatkan material dan berikut adalah tabel harga perkiraan dari perancangan Perahu Lipat.

**Tabel 4.15** Harga Perkiraan Perancangan Perahu Lipat

No	Bahan atau Rincian Kegiatan	Volume		Biaya Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
		Angka	Satuan		
1	Balok Kayu Mahoni	16	m	Rp. 38.500	Rp. 616.000
2	Papan Kayu Mahoni	44	m	Rp 24.375	Rp. 1.072.500
3	Stick Kayu Mahoni	4	m	Rp. 8.900	Rp. 35.600
4	Pastel 8820	4	m	Rp. 90.000	Rp. 360.000
5	Kunci Jendela	4	-	Rp. 10.000	Rp. 40.000
6	Engsel Putar	8	-	Rp. 60.000	Rp. 480.000
7	Mesin Tempel L HD5F	5	hp	Rp. 17.601.475	Rp. 17.601.475
8	Pekerjaan Manufaktur	35	Jam	Rp. 80.000	Rp. 2.800.000
<b>Jumlah Tanpa Mesin Tempel</b>					Rp. 5.404.100
<b>Jumlah Dengan Mesin Tempel</b>					Rp. 23.005.575

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat harga total dari perancangan perahu lipat tanpa mesin tempel sebesar Rp. 5.404.100 dan perahu lipat dengan mesin tempel sebesar Rp. 23.005.575. Harga perahu lipat untuk evakuasi korban bencana banjir ini lebih murah dibandingkan 5 jenis perahu evakuasi korban bencana banjir tanpa mesin tempel dengan harga minimal Rp. 7.814.000 dan harga maksimal Rp. 71.665.000.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berikut ini beberapa kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini, diantaranya:

1. Maka didapatkan spesifikasi perahu, yaitu: DWT; 416 *kg* atau 0.416 *Ton*, dimensi perahu (pxl);  $3.115 \times 1.551$ , harga perahu lipat Rp. 5.404.100 (tanpa Mesin) dan Rp. 23.005.575 (dengan mesin), kapasitas penumpang bisa memuat minimal 4 orang,  $C_b$ ; 0.842, massa perahu; 82.4 *kg*, dan Standar IMO; Pass.
2. Hasil dari Maxsurf Resistance dengan kecepatan 6 knot menggunakan metode Holtrop Resistance sebesar 275.42 N dan Holtrop Power sebesar 1.14 hp sehingga membutuhkan daya mesin lebih dari 1.14 hp didapatkan Mesin Tempel 5 HP L HD5F dengan berat 21 *kg*. Hasil simulasi 6 kondisi di Maxsurf Stability telah lolos uji dari Standar IMO (International Maritime Organization) Code A.749 (18) Chapter 3 – *Design Criteria Applicable to All Ships*.

#### **5.2 Saran**

Berikut ini beberapa saran yang didapatkan pada penelitian ini, diantaranya:

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk meningkatkan kapasitas penumpang dan tetap memperhatikan nilai  $C_b$ , resistance, dan stability.
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk mengoptimisasi desain perahu.

## DAFTAR PUSTAKA

- 14 Porta-Bote Hull | Portable boats for hunting | Porta Bote. (2024, Maret 25).  
<https://portabote.ca/models/14-porta-bote-hull>.
- Ahmad Fauzy. (2024). Analisis Stabilitas Kapal Pada Saat Muatan Penuh Di KM. Adithya.
- Awwalin, R., Munazid, A., Suwasono, B., & Poundra, G. A. P. (2019). Teori dan Panduan Praktis Hidrodinamika Kapal Hukum Archimedes.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2019, Januari 25). Tren Curah Hujan. BMKG. <https://www.bmkg.go.id/iklim/?p=tren-curah-hujan>.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta. (2019, September 09). Tips Bencana Banjir. BPBD DIY. <http://bpbd.jogjaprov.go.id/tips-bencana-banjir>.
- BPBD Kabupaten Grobogan. (2019, Desember 08). Mitigasi Bencana Banjir. BPBD Kabupaten Grobogan. <http://bpbd.grobogan.go.id/berita/Mitigasi-Bencana-Banjir>
- Budi Santoso. (2009). Optimasi Koefisien Blok Kapal Dengan Fungsi Tujuan Biaya Pengadaan Minimal Pada Pembangunan Kapal.
- Egi, Bergita. (2010). Analisis Statistik Data Antropometri Untuk Menguji Keergonomisan Kursi dan Posisi Layar (Studi Kasus di Ruang Kuliah Lingkungan FKIP Kampus Mrican USD). Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Fajar Tyas Adi, & Priyo Suhadi. (2020). Komparasi Perhitungan Draft Survey Antara Metode Konvensional Dengan Metode Microsoft Excel Dalam Menghitung Berat Muatan Pada Kapal. *Jurnal Jalasena*, 2(1), 16 - 27. <https://doi.org/10.51742/jalasena.v2i1.158>
- Ghosh, S. (2024, April 23). Understanding Block Coefficient Of A Ship. *Marine Insight*. <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/understanding-block-coefficient-of-a-ship/>

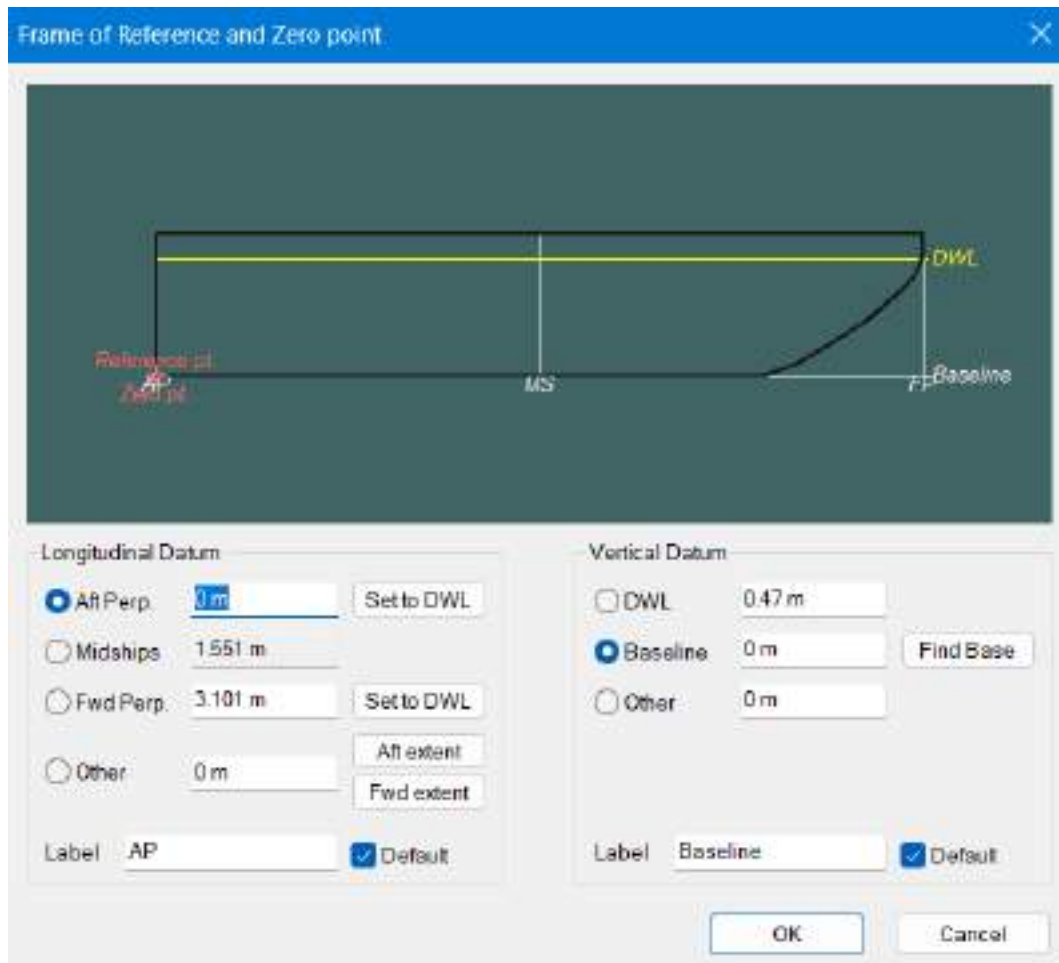
- Handling your vessel. (2023, September 4). Safe Transport Victoria. Retrieved March 22, 2024, from <https://safetransport.vic.gov.au/on-the-water/recreational-boating/handling-your-vessel/>.
- Hoffman, H. F. (2014). The Engineering Capstone Course Fundamentals for Students and Instructors.
- Igin Muhamad Ajiij, & Deddy Supriyatna. (2024). Penerapan Hukum Archimedes Pada Kapal Laut (Mekanika Fluida). *Kohesi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(2), 31–40. <https://doi.org/10.3785/kohesi.v3i2.2922>
- Intact and Damage Stability Analysis- Maxsurf. (2023, September 29). Maxsurf. <https://maxsurf.net/stability>.
- Julius, P., & Martin, Z. (2003). Dimensi manusia dan ruang Interior. Jakarta: Erlangga.
- Keman Boat 2.6 - Keman Boat. (2021, Maret 04.). Keman Boat. <https://www.kemanboat.com/perahu-plastik/keman-boat-26/>.
- Lewis, EV .(1988). Principle of Naval Architecture, volume two (second revision ). Resistance, Propulsion, and Vibration, The Society of Naval Architects and Marine Engineers. 601 Pavonia Avenue. Jersey City. NJ.
- Machfudin, A., & Mujahid, A. S. (2018, December 31). Studi Nilai Tahanan Kapal Feeder 500 Dwt Dengan Menggunakan Metode Numerik Dan Pengujian. *Inovtek Polbeng*, 8(2), 189. <https://doi.org/10.35314/ip.v8i2.727>
- Nassersharif, B. (2022). Engineering Capstone Design.
- Rachman, R., & Pranatal, E. (2020, July). Analisis Perbandingan Metode Simulasi Software Maxsurf Dengan Metode Matematis Untuk Perhitungan Hambatan Dan Daya Mesin Utama Kapal Tanker 6500 Dwt. In *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN)* (Vol. 2, No. 1, pp. 193-201).
- Resistance and Power Requirements calculated for any Maxsurf design. (2023, September 29). Maxsurf. <https://maxsurf.net/resistance-and-power-requirements>.



- Rudy, M.H. (2012). “Konsep Rancangan Floating Education Craft Sebagai Alternatif Pendidikan Karakter Bahari Berbasis Pariwisata”. Depok: : Universitas Indonesia.
- Suhardjito, G. (2017, December). Pembuatan Rescue Boat 2 In 1 untuk Wilayah Sungai Brantas. In Seminar MASTER PPNS (Vol. 2, No. 1, pp. 235-240).
- Suranto, P. J., & Nur, I. (2017). Perancangan Perahu Berbahan Fiber Glass Berlapis Karet Untuk Evakuasi Bencana Banjir. *Bina Teknika*, 13(1), 95-99.
- Sutini, S. (2020). Perhitungan Stabilitas Kapal Dengan Cara Menggunakan Aplikasi Untuk Memanfaatkan Teknologi Komputerisasi Menghadapi Revolusi Industri 4.0. *Elkom : Jurnal Elektronika Dan Komputer*, 13(1), 180-185. <https://doi.org/10.51903/elkom.v13i1.12>
- Tupper, E. C., and Kj Rawson. *Basic Ship Theory*. Elsevier, 2001. [http://books.google.ie/books?id=R7irlJvDccoC&printsec=frontcover&dq=Basic+Ship+Theory&hl=&cd=2&source=gbs\\_api](http://books.google.ie/books?id=R7irlJvDccoC&printsec=frontcover&dq=Basic+Ship+Theory&hl=&cd=2&source=gbs_api).
- Watson (2002) dalam Wahyuddin, 2011. *Teknik Produksi Kapal*. Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

## **LAMPIRAN**

## Maxsurf Modeler



Frame of Reference & Zero Point

Hydrostatics at DWL ✕

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	1903	kg
2	Volume (displaced)	1.903	m <sup>3</sup>
3	Draft Amidships	0.470	m
4	Immersed depth	0.470	m
5	WL Length	3.100	m
6	Beam max extents on WL	1.550	m
7	Wetted Area	7.631	m <sup>2</sup>
8	Max sect. area	0.729	m <sup>2</sup>
9	Waterpl. Area	4.217	m <sup>2</sup>
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.842	
11	Block coeff. (Cb)	0.842	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.877	
14	LCB length	1.410	from zero pt. (+ve fwd)
15	LCF length	1.467	from zero pt. (+ve fwd)
16	LCB %	45.485	from zero pt. (+ve fwd)
17	LCF %	47.327	from zero pt. (+ve fwd)
18	KB	0.240	m
19	KG fluid	0.000	m
20	BMT	0.389	m
21	BML	1.457	m
22	GM corrected	0.629	m
23	GML	1.697	m
24	KM	0.629	m
25	KML	1.697	m
26	Immersion (TPc)	0.042	tonne/cm
27	MTC	0.010	tonne.m
28	RM at 1deg = GMt Disp sin(1)	20.889	kg.m
29	Length:Beam ratio	2.000	
30	Beam:Draft ratio	3.298	
31	Length:Vol <sup>0.333</sup> ratio	2.502	
32	Precision	Medium	61 stations

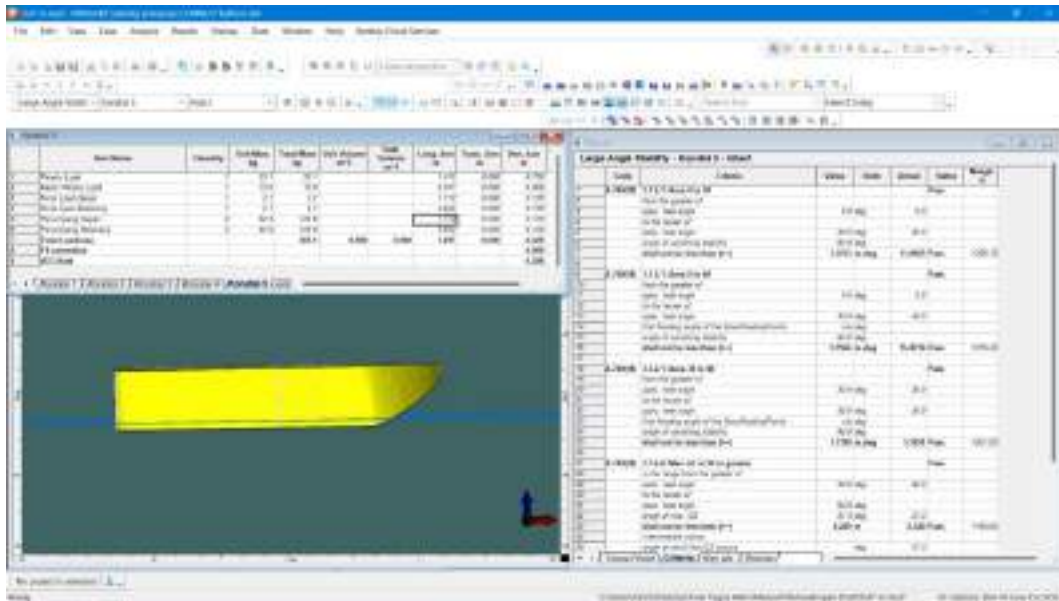
Density (water)

Std. densities

VCG

Hydrostatics at DWL





Large Angle Stability - Criteria

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18)	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
2		from the greater of					
3		spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
4		to the lesser of					
5		spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
6		angle of vanishing stability	90.0	deg			
7		shall not be less than ( $\geq$ )	3.1513	m.deg	14.5863	Pass	+362.86
8							
9	A.749(18)	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
10		from the greater of					
11		spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
12		to the lesser of					
13		spec. heel angle	40.0	deg	40.0		
14		first flooding angle of the DownfloodingPoints	n/a	deg			
15		angle of vanishing stability	90.0	deg			
16		shall not be less than ( $\geq$ )	5.1566	m.deg	21.2327	Pass	+311.76
17							
18	A.749(18)	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
19		from the greater of					
20		spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
21		to the lesser of					
22		spec. heel angle	40.0	deg	40.0		
23		first flooding angle of the DownfloodingPoints	n/a	deg			
24		angle of vanishing stability	90.0	deg			
25		shall not be less than ( $\geq$ )	1.7189	m.deg	6.6464	Pass	+266.67
26							
27	A.749(18)	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
28		in the range from the greater of					
29		spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
30		to the lesser of					
31		spec. heel angle	90.0	deg			
32		angle of max. GZ	41.8	deg	41.8		
33		shall not be less than ( $\geq$ )	0.200	m	0.671	Pass	+235.50
34		intermediate values					
35		angle at which this GZ occurs		deg	41.8		
36							
37	A.749(18)	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
38		shall not be less than ( $\geq$ )	25.0	deg	41.8	Pass	+67.27
39							
40	A.749(18)	3.1.2.4: Initial GMT				Pass	
41		spec. heel angle	0.0	deg			
42		shall not be less than ( $\geq$ )	0.150	m	4.245	Pass	+2730.00
43							

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18)	<b>3.1.2.1: Area 0 to 30</b>				<b>Pass</b>	
2		<i>from the greater of</i>					
3		<i>spec. heel angle</i>	0.0	deg	0.0		
4		<i>to the lesser of</i>					
5		<i>spec. heel angle</i>	30.0	deg	30.0		
6		<i>angle of vanishing stability</i>	90.0	deg			
7		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>3.1513</b>	<b>m deg</b>	<b>12.7150</b>	<b>Pass</b>	<b>+303.48</b>
8							
9	A.749(18)	<b>3.1.2.1: Area 0 to 40</b>				<b>Pass</b>	
10		<i>from the greater of</i>					
11		<i>spec. heel angle</i>	0.0	deg	0.0		
12		<i>to the lesser of</i>					
13		<i>spec. heel angle</i>	40.0	deg	40.0		
14		<i>first flooding angle of the DownfloodingPoints</i>	n/a	deg			
15		<i>angle of vanishing stability</i>	90.0	deg			
16		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>5.1566</b>	<b>m deg</b>	<b>18.5043</b>	<b>Pass</b>	<b>+258.85</b>
17							
18	A.749(18)	<b>3.1.2.1: Area 30 to 40</b>				<b>Pass</b>	
19		<i>from the greater of</i>					
20		<i>spec. heel angle</i>	30.0	deg	30.0		
21		<i>to the lesser of</i>					
22		<i>spec. heel angle</i>	40.0	deg	40.0		
23		<i>first flooding angle of the DownfloodingPoints</i>	n/a	deg			
24		<i>angle of vanishing stability</i>	90.0	deg			
25		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>1.7189</b>	<b>m deg</b>	<b>5.7893</b>	<b>Pass</b>	<b>+236.80</b>
26							
27	A.749(18)	<b>3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater</b>				<b>Pass</b>	
28		<i>in the range from the greater of</i>					
29		<i>spec. heel angle</i>	30.0	deg	30.0		
30		<i>to the lesser of</i>					
31		<i>spec. heel angle</i>	90.0	deg			
32		<i>angle of max. GZ</i>	38.2	deg	38.2		
33		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0.200</b>	<b>m</b>	<b>0.582</b>	<b>Pass</b>	<b>+191.00</b>
34		<i>intermediate values</i>					
35		<i>angle at which this GZ occurs</i>		deg	38.2		
36							
37	A.749(18)	<b>3.1.2.3: Angle of maximum GZ</b>				<b>Pass</b>	
38		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>25.0</b>	<b>deg</b>	<b>38.2</b>	<b>Pass</b>	<b>+52.73</b>
39							
40	A.749(18)	<b>3.1.2.4: Initial GMt</b>				<b>Pass</b>	
41		<i>spec. heel angle</i>	0.0	deg			
42		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0.150</b>	<b>m</b>	<b>3.068</b>	<b>Pass</b>	<b>+1945.33</b>
43							



	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18)	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
2		from the greater of					
3		spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
4		to the lesser of					
5		spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
6		angle of vanishing stability	90.0	deg			
7		shall not be less than (>=)	3.1513	m.deg	11.3813	Pass	+251.16
8							
9	A.749(18)	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
10		from the greater of					
11		spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
12		to the lesser of					
13		spec. heel angle	40.0	deg	40.0		
14		first flooding angle of the DownfloodingPoints	n/a	deg			
15		angle of vanishing stability	90.0	deg			
16		shall not be less than (>=)	5.1566	m.deg	16.6324	Pass	+222.55
17							
18	A.749(18)	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
19		from the greater of					
20		spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
21		to the lesser of					
22		spec. heel angle	40.0	deg	40.0		
23		first flooding angle of the DownfloodingPoints	n/a	deg			
24		angle of vanishing stability	90.0	deg			
25		shall not be less than (>=)	1.7189	m.deg	5.2512	Pass	+205.50
26							
27	A.749(18)	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
28		in the range from the greater of					
29		spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
30		to the lesser of					
31		spec. heel angle	90.0	deg			
32		angle of max. GZ	37.3	deg	37.3		
33		shall not be less than (>=)	0.200	m	0.527	Pass	+163.50
34		intermediate values					
35		angle at which this GZ occurs		deg	37.3		
36							
37	A.749(18)	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
38		shall not be less than (>=)	25.0	deg	37.3	Pass	+49.09
39							
40	A.749(18)	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
41		spec. heel angle	0.0	deg			
42		shall not be less than (>=)	0.150	m	2.405	Pass	+1503.33
43							

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18)	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
2		from the greater of					
3		spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
4		to the lesser of					
5		spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
6		angle of vanishing stability	90.0	deg			
7		shall not be less than ( $\geq$ )	3.1513	m.deg	10.1353	Pass	+221.62
8							
9	A.749(18)	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
10		from the greater of					
11		spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
12		to the lesser of					
13		spec. heel angle	40.0	deg	40.0		
14		first flooding angle of the DownfloodingPoints	n/a	deg			
15		angle of vanishing stability	90.0	deg			
16		shall not be less than ( $\geq$ )	5.1566	m.deg	14.9724	Pass	+190.35
17							
18	A.749(18)	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
19		from the greater of					
20		spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
21		to the lesser of					
22		spec. heel angle	40.0	deg	40.0		
23		first flooding angle of the DownfloodingPoints	n/a	deg			
24		angle of vanishing stability	90.0	deg			
25		shall not be less than ( $\geq$ )	1.7189	m.deg	4.8370	Pass	+181.40
26							
27	A.749(18)	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
28		in the range from the greater of					
29		spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
30		to the lesser of					
31		spec. heel angle	90.0	deg			
32		angle of max. GZ	39.1	deg	39.1		
33		shall not be less than ( $\geq$ )	0.200	m	0.487	Pass	+143.50
34		Intermediate values					
35		angle at which this GZ occurs		deg	39.1		
36							
37	A.749(18)	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
38		shall not be less than ( $\geq$ )	25.0	deg	39.1	Pass	+56.36
39							
40	A.749(18)	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
41		spec. heel angle	0.0	deg			
42		shall not be less than ( $\geq$ )	0.150	m	1.950	Pass	+1200.00
43							

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18)	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
2		from the greater of					
3		spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
4		to the lesser of					
5		spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
6		angle of vanishing stability	90.0	deg			
7		shall not be less than (>=)	3.1513	m.deg	9.2933	Pass	+194.90
8							
9	A.749(18)	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
10		from the greater of					
11		spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
12		to the lesser of					
13		spec. heel angle	40.0	deg	40.0		
14		first flooding angle of the DownfloodingPoints	n/a	deg			
15		angle of vanishing stability	90.0	deg			
16		shall not be less than (>=)	5.1566	m.deg	13.8521	Pass	+168.63
17							
18	A.749(18)	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
19		from the greater of					
20		spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
21		to the lesser of					
22		spec. heel angle	40.0	deg	40.0		
23		first flooding angle of the DownfloodingPoints	n/a	deg			
24		angle of vanishing stability	90.0	deg			
25		shall not be less than (>=)	1.7189	m.deg	4.5588	Pass	+165.22
26							
27	A.749(18)	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
28		in the range from the greater of					
29		spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
30		to the lesser of					
31		spec. heel angle	90.0	deg			
32		angle of max. GZ	39.1	deg	39.1		
33		shall not be less than (>=)	0.200	m	0.459	Pass	+129.50
34		intermediate values					
35		angle at which this GZ occurs		deg	39.1		
36							
37	A.749(18)	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
38		shall not be less than (>=)	25.0	deg	39.1	Pass	+56.36
39							
40	A.749(18)	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
41		spec. heel angle	0.0	deg			
42		shall not be less than (>=)	0.150	m	1.645	Pass	+996.67
43							

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18)	<b>3.1.2.1: Area 0 to 30</b>				Pass	
2		<i>from the greater of</i>					
3		<i>spec. heel angle</i>	0.0	deg	0.0		
4		<i>to the lesser of</i>					
5		<i>spec. heel angle</i>	30.0	deg	30.0		
6		<i>angle of vanishing stability</i>	90.0	deg			
7		<b>shall not be less than (<math>\geq</math>)</b>	<b>3.1513</b>	<b>m.deg</b>	<b>8.6748</b>	<b>Pass</b>	<b>+175.28</b>
8							
9	A.749(18)	<b>3.1.2.1: Area 0 to 40</b>				Pass	
10		<i>from the greater of</i>					
11		<i>spec. heel angle</i>	0.0	deg	0.0		
12		<i>to the lesser of</i>					
13		<i>spec. heel angle</i>	40.0	deg	40.0		
14		<i>first flooding angle of the DownfloodingPoints</i>	n/a	deg			
15		<i>angle of vanishing stability</i>	90.0	deg			
16		<b>shall not be less than (<math>\geq</math>)</b>	<b>5.1566</b>	<b>m.deg</b>	<b>13.0396</b>	<b>Pass</b>	<b>+152.87</b>
17							
18	A.749(18)	<b>3.1.2.1: Area 30 to 40</b>				Pass	
19		<i>from the greater of</i>					
20		<i>spec. heel angle</i>	30.0	deg	30.0		
21		<i>to the lesser of</i>					
22		<i>spec. heel angle</i>	40.0	deg	40.0		
23		<i>first flooding angle of the DownfloodingPoints</i>	n/a	deg			
24		<i>angle of vanishing stability</i>	90.0	deg			
25		<b>shall not be less than (<math>\geq</math>)</b>	<b>1.7189</b>	<b>m.deg</b>	<b>4.3648</b>	<b>Pass</b>	<b>+153.93</b>
26							
27	A.749(18)	<b>3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater</b>				Pass	
28		<i>in the range from the greater of</i>					
29		<i>spec. heel angle</i>	30.0	deg	30.0		
30		<i>to the lesser of</i>					
31		<i>spec. heel angle</i>	90.0	deg			
32		<i>angle of max. GZ</i>	39.1	deg	39.1		
33		<b>shall not be less than (<math>\geq</math>)</b>	<b>0.200</b>	<b>m</b>	<b>0.440</b>	<b>Pass</b>	<b>+120.00</b>
34		<i>Intermediate values</i>					
35		<i>angle at which this GZ occurs</i>		deg	39.1		
36							
37	A.749(18)	<b>3.1.2.3: Angle of maximum GZ</b>				Pass	
38		<b>shall not be less than (<math>\geq</math>)</b>	<b>25.0</b>	<b>deg</b>	<b>39.1</b>	<b>Pass</b>	<b>+56.36</b>
39							
40	A.749(18)	<b>3.1.2.4: Initial GMT</b>				Pass	
41		<i>spec. heel angle</i>	0.0	deg			
42		<b>shall not be less than (<math>\geq</math>)</b>	<b>0.150</b>	<b>m</b>	<b>1.430</b>	<b>Pass</b>	<b>+853.33</b>
43							