



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN KONSEP *SOLAR ENERGY ASSISTED WATER BUS*  
SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI RUTE MARUNDA-  
MUARA BARU, JAKARTA**

**I Wayan Suputra  
NRP 0411144000073**

**Dosen Pembimbing  
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**





---

**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN KONSEP *SOLAR ENERGY ASSISTED WATER BUS*  
SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI RUTE MARUNDA-  
MUARA BARU, JAKARTA**

**I Wayan Suputra  
NRP 0411144000073**

**Dosen Pembimbing  
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**



**FINAL PROJECT - MN 184802**

**CONCEPT DESIGN SOLAR ENERGY ASSISTED WATER  
BUS AS MEAN OF TRANSPORTATION ON MARUNDA-  
MUARA BARU ROUTE, JAKARTA**

**I Wayan Suputura  
NRP 0411144000073**

**Supervisor  
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2019**

## LEMBAR PENGESAHAN

### DESAIN KONSEP *SOLAR ENERGY ASSISTED WATER BUS* SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI RUTE MARUNDA- MUARA BARU, JAKARTA

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**I WAYAN SUPUTRA**  
NRP 0411144000073

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir.

Dosen Pembimbing II



**Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.**  
NPP 1993 2017 12045

Dosen Pembimbing I



**Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.**  
NIP 19761029 200212 1 003

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



**Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 16 NOVEMBER 2018

## LEMBAR REVISI

# DESAIN KONSEP *SOLAR ENERGY ASSISTED WATER BUS* SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI RUTE MARUNDA- MUARA BARU, JAKARTA

### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 02 NOVEMBER 2018

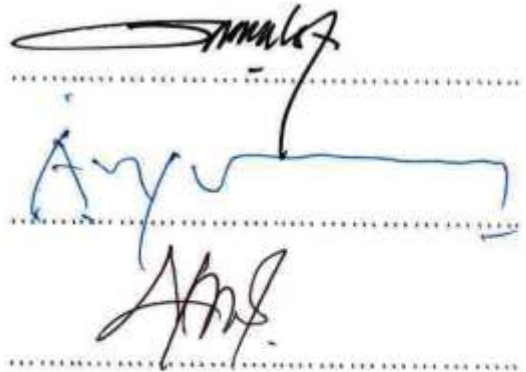
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**I WAYAN SUPUTRA**  
NRP 0411144000073

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

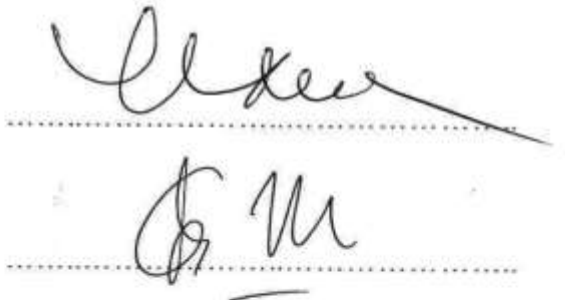
1. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.
2. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
3. Danu Utama, S.T., M.T.



.....  
.....  
.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.
2. Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.



.....  
.....

SURABAYA, 16 NOVEMBER 2018

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng., dan Gita Marina, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T., Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D., Danu Utama, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
3. Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS;
5. Kepada orang tua penulis bapak I Nyoman Murdika dan ibu Ni Wayan Dewi Ardiyanti, keluarga Kenjeran, keluarga Cipinang, dan keluarga di Bali atas kasih sayang dan doa yang diberikan;
6. Saudara, rekan, dan sahabat P 54-DEADRISE, TPKH-ITS dan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir;
7. Segenap staff UP-APK Suku Dinas Perhubungan dan Transportasi Jakarta Utara yang telah membantu pengumpulan data dan pengerjaan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 16 November 2018

I Wayan Suputra



# **DESAIN KONSEP *SOLAR ENERGY ASSISTED WATER BUS* SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI RUTE MARUNDA-MUARA BARU, JAKARTA**

Nama Mahasiswa : I Wayan Suputra  
NRP : 04111440000073  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : 1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
2. Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.

## **ABSTRAK**

Kapal penumpang sebagai sarana antar jemput terjadwal bagi warga Marunda untuk menghindari kepadatan lalu lintas darat menuju Muara Baru Jakarta, menempuh jarak 10.26 mil dengan mengangkut rata-rata 20 penumpang per hari. Namun dengan penggerak kapal yang masih menggunakan BBM, pengoperasian kapal hingga akhir 2016 sempat mengalami kendala, karena telatnya pasokan BBM menyebabkan kapal penumpang berhenti beroperasi. Tugas akhir ini bertujuan mendesain kapal penumpang dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi untuk penggerak kapal agar mengurangi penggunaan kendaraan bermotor dan penggunaan BBM yang berlebihan. Metode yang digunakan dalam mendesain kapal ini yaitu metode regresi linear. Ukuran utama kapal yang didapat adalah  $L_{OA} = 9.71$  m,  $B = 3.15$  m,  $T = 0.56$  m,  $H = 1.17$  m,  $B_1 = 1.06$  m,  $C_b = 0.429$ , dan  $V_s = 11$  knots dengan kapasitas jumlah penumpang 20 orang. Daya baterai sebesar 75 Kwh dan daya panel surya yang terpasang sebesar 3000 Wp.

Kata kunci – desain, regresi linear, *solar energy assisted*, *water bus*

# **CONCEPT DESIGN SOLAR ENERGY ASSISTED WATER BUS AS MEAN OF TRANSPORTATION ON MARUNDA-MUARA BARU ROUTE, JAKARTA**

Author : I Wayan Suputra  
Student Number : 04111440000073  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : 1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
2. Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

Passenger boats as scheduled shuttle facilities for Marunda residents to avoid the traffic congestion to Muara Baru Jakarta, taking 10.26 miles by carrying an average of 20 passengers per day. However with the propulsion of ships that still use fuel oil, ship operations until the end of 2016 had experienced problems. The late fuel supply caused the ship to stop operating. This final project is aimed to design passenger ship by using solar energy as an energy source for propulsion to reduce excessive use of vehicles and fuel. The method used in designing this ship was trend curve approach. The main dimensions obtained was LOA = 9.71 m, B = 3.15 m, T = 0.56 m, H = 1.17 m, B1 = 1.06 m, Cb = 0.429, and Vs = 11 knots with total passenger capacity of 20 people. The battery power is 75 Kwh and the installed solar panel power is 3000 Wp.

Keywords – design, solar energy assisted, trend curve approach, water bus

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR SIMBOL .....	xiv
Bab I PENDAHULUAN .....	1
I.1.    Latar Belakang Masalah.....	1
I.2.    Perumusan Masalah.....	1
I.3.    Tujuan.....	2
I.4.    Batasan Masalah.....	2
I.5.    Manfaat.....	2
I.6.    Hipotesis.....	2
Bab II STUDI LITERATUR .....	3
II.1.    Tinjauan Lokasi.....	3
II.1.1.  Marunda.....	3
II.1.2.  Muara Baru .....	4
II.2.    Desain Kapal .....	5
II.3.    Teori Desain Kapal.....	6
II.3.1. <i>Concept Design</i> .....	6
II.3.2. <i>Preliminary Design</i> .....	7
II.3.3. <i>Contract Design</i> .....	7
II.3.4. <i>Detail Design</i> .....	7
II.4.    Metode Desain Kapal .....	8
II.4.1. <i>Parent Design Approach</i> .....	8
II.4.2. <i>Trend Curve Approach</i> .....	8
II.4.3. <i>Iterative Design Approach</i> .....	8
II.4.4. <i>Optimization Design Approach</i> .....	8
II.5.    Tinjauan Pustaka .....	9
II.5.1.  Katamaran.....	9
II.5.2.  Jenis Lambung.....	9
II.5.3.  Bentuk Lambung Katamaran.....	10
II.5.4.  Sistem Panel Surya .....	11
II.5.5.  Motor Listrik .....	14
II.5.6. <i>Water Bus</i> .....	14
II.5.7.  Peralatan Keselamatan.....	15
II.6.    Tinjauan Teknis Desain Kapal .....	17
II.6.1.  Ukuran Utama Awal.....	17

II.6.2.	Perhitungan Hambatan kapal Katamaran .....	18
II.6.3.	Perhitungan Propulsi .....	20
II.6.4.	Perhitungan Berat .....	21
II.6.5.	Perhitungan Stabilitas .....	21
II.6.6.	Batasan Desain Katamaran.....	22
Bab III	METODOLOGI.....	25
III.1.	Proses Pengerjaan.....	25
III.1.1.	Pengumpulan Data.....	25
III.1.2.	Studi Literatur .....	26
III.1.3.	Analisis Data dan Penentuan Payload .....	26
III.1.4.	Penentuan Ukuran Utama .....	27
III.1.5.	Desain <i>Layout</i> Awal Kapal .....	27
III.1.6.	Kajian Teknis .....	27
III.1.7.	Pembuatan Desain Rencana Garis, Rencana Umum dan Desain 3 D.....	28
III.1.8.	Kesimpulan dan Saran .....	28
III.2.	Lokasi Pengerjaan .....	28
III.3.	Bagan Alir .....	29
Bab IV	ANALISIS TEKNIS .....	31
IV.1.	Data Hasil Survey.....	31
IV.2.	Penentuan <i>Payload</i> .....	33
IV.3.	Penentuan Ukuran Utama.....	34
IV.4.	Pembuatan Model Lambung .....	37
IV.5.	Pembuatan <i>Layout</i> Awal .....	42
IV.6.	Perhitungan Awal.....	42
IV.6.1.	Pertungan Froud Number.....	43
IV.6.2.	Perhitungan Koefisien.....	43
IV.6.3.	Perhitungan Hambatan Kapal Total ( $R_T$ ) dengan Metode <i>Slender Body</i> .....	43
IV.6.4.	Perhitungan Power .....	45
IV.7.	Pemilihan Mesin Induk .....	47
IV.8.	Penentuan Jumlah dan Kapasitas Baterai.....	48
IV.8.1.	Daya Listrik pada Peralatan Navigasi dan Komunikasi .....	48
IV.8.2.	Jumlah dan Kapasitas Baterai untuk Propulsi dan Navigasi.....	49
IV.9.	Penentuan Jumlah <i>Solar Panel</i> .....	50
IV.10.	Sistem Pengisian Baterai .....	52
IV.11.	Perhitungan Ketebalan Lapisan Lambung .....	53
IV.12.	Perhitungan Berat Kapal .....	54
IV.12.1.	Perhitungan DWT .....	54
IV.12.2.	Perhitungan Berat LWT.....	55
IV.13.	Perhitungan <i>Freeboard</i> .....	58
IV.14.	Perhitungan Stabilitas.....	59
IV.14.1.	Kondisi 20 Penumpang.....	59
IV.14.2.	Kondisi 20 Penumpang Menumpuk di <i>Portside</i> .....	61
IV.14.3.	Kondisi 10 Penumpang.....	63
IV.14.4.	Kondisi 10 Penumpang Menumpuk di <i>Portside</i> .....	65
IV.14.5.	Kondisi Penumpang Kosong .....	67
IV.15.	Perhitungan Trim.....	70
IV.16.	Pembuatan Desain Rencana Garis.....	71
IV.17.	Pembuatan Desain Rencana Umum (General Arrangement).....	72
IV.18.	Pembuatan <i>Safety Plan</i> .....	74

IV.18.1.	Perencanaan Pelampung Penolong ( <i>Life Buoy</i> ) .....	74
IV.18.2.	Perencanaan Baju Penolong ( <i>Life Jacket</i> ) .....	74
IV.18.3.	Perencanaan Pemadam Kebakaran ( <i>Fire Fighting</i> ).....	75
IV.19.	Pembuatan Desain 3D .....	75
Bab V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
V.1.	Kesimpulan.....	77
V.2.	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....		79
LAMPIRAN		
LAMPIRAN A	DATA PENDUKUNG DESAIN	
LAMPIRAN B	PERHITUNGAN TEKNIS	
LAMPIRAN C	RENCANA GARIS	
LAMPIRAN D	RENCANA UMUM DAN <i>SAFETY PLAN</i>	
LAMPIRAN E	MODEL 3 DIMENSI	
BIODATA PENULIS		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Wilayah Marunda.....	3
Gambar II. 2 Lokasi Dermaga Apung .....	4
Gambar II. 3 Wilayah Muara Baru .....	4
Gambar II. 4 Lokasi Dermaga Daerah Muara Baru .....	5
Gambar II. 5 Spiral Ship Design .....	6
Gambar II. 6 Jenis Lambung Katamaran.....	10
Gambar II. 7 Bentuk Lambung Katamaran .....	11
Gambar II. 8 Janis-jenis Sel Surya .....	12
Gambar II. 9 Solar Charge Controller .....	13
Gambar II. 10 Kapal Motor dengan BBM.....	14
Gambar II. 11 Jenis-jenis <i>Lifebuoy</i> .....	15
Gambar II. 12 <i>Lifejacket</i> .....	16
Gambar II. 13 Komponen Daya Mesin .....	20
Gambar IV. 1 Fasilitas Dermaga.....	31
Gambar IV. 2 Pengukuran Jarak Pelayaran.....	32
Gambar IV. 3 Grafik Jumlah Penumpang ( <i>Person</i> ) terhadap LOA (m) .....	35
Gambar IV. 4 Grafik LOA (m) dengan <i>Trendline</i> .....	35
Gambar IV. 5 Ukuran S/Lwl .....	37
Gambar IV. 6 Lambung C4 Pada Model Percobaan Komponen Hambatan .....	38
Gambar IV. 7 Mengatur Letak dan Panjang <i>Surface</i> .....	38
Gambar IV. 8 Hasil dari Proses Duplikat <i>Surface</i> .....	39
Gambar IV. 9 Pembentukan Control Point sesuai Tepi <i>Bodyplan</i> .....	39
Gambar IV. 10 Pengaturan Tinggi Sarat .....	40
Gambar IV. 11 Bentuk Model Lambung Tampak <i>Bodyplan</i> .....	40
Gambar IV. 12 Pengaturan Jumlah Lambung di Maxsurf.....	41
Gambar IV. 13 Tampak Perspektif Depan Model Lambung.....	42
Gambar IV. 14 <i>Layout</i> Awal Kapal Penumpang.....	42
Gambar IV. 15 Pemilihan Metode Perhitungan Hambatan.....	44
Gambar IV. 16 <i>Range</i> Kecepatan untuk Analisis Model .....	44
Gambar IV. 17 Grafik Nilai Hambatan Total ( $R_T$ ) terhadap kecepatan (knot) .....	45
Gambar IV. 18 Baterai Lithium-ion 50 volt.....	50
Gambar IV. 19 Luas Geladak dan Atap .....	51
Gambar IV. 20 Spesifikasi Solar Panel .....	51
Gambar IV. 21 Kurva Lengan GZ Kondisi 20 Penumpang .....	61
Gambar IV. 22 Kurva GZ Kondisi 20 Penumpang Menumpuk di <i>Portside</i> .....	63
Gambar IV. 23 Kurva Lengan GZ Kondisi 10 Penumpang .....	65
Gambar IV. 24 Kurva GZ Kondisi 10 Penumpang Menumpuk di <i>Portside</i> .....	67
Gambar IV. 25 Grafik Lengan GZ pada Kondisi Penumpang Kosong.....	69
Gambar IV. 26 Pembuatan Potongan Station, Buttock Line dan Waterline .....	72
Gambar IV. 27 Potongan Melintang Lambung Katamaran.....	72
Gambar IV. 28 Geldak Kapal dengan Akses ke Baterai .....	74
Gambar IV. 29 Peletakan Peralatan Keselamatan .....	75
Gambar IV. 30 Perspektif Depan Model 3D .....	76

## DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Batasan Perbandingan Ukuran Utama .....	23
Tabel II. 2 Batasan Kriteria Stabilitas .....	23
Tabel IV. 1 Rekapitulasi Manifes Penumpang KM Kerapu Lintasan V .....	32
Tabel IV. 2 Data Kapal Pembanding .....	34
Tabel IV. 3 Ukuran Utama Kapal Penumpang .....	36
Tabel IV. 4 Detail Model Lambung pada Percobaan Insell dan Molland .....	36
Tabel IV. 5 Penentuan Ukuran $Lwl/B_1$ .....	36
Tabel IV. 6 Perbandingan Ukuran Utama Kapal Katamaran .....	37
Tabel IV. 7 Karakteristik Hidrostatik Lambung Katamaran .....	41
Tabel IV. 8 Spesifikasi Mesin Induk .....	48
Tabel IV. 9 Rekapitulasi Penggunaan Daya Listrik untuk Navigasi dan Komunikasi .....	49
Tabel IV. 10 Kebutuhan Energi untuk 2 Trip .....	49
Tabel IV. 11 <i>Total Glass Weight</i> pada Lapisan Kulit Kapal .....	53
Tabel IV. 12 Tebal Lapisan Kulit .....	53
Tabel IV. 13 Perhitungan Komponen Berat DWT Kapal .....	54
Tabel IV. 14 Perhitungan Komponen Berat LWT .....	55
Tabel IV. 15 Rekapitulasi Komponen Berat LWT .....	57
Tabel IV. 16 Pemeriksaan Lambung Timbul .....	58
Tabel IV. 17 Loadcase Kondisi 20 Penumpang .....	60
Tabel IV. 18 Kondisi <i>Equilibrium</i> pada Loadcase 20 Penumpang .....	60
Tabel IV. 19 Kriteria Stabilitas Kondisi 20 Penumpang .....	61
Tabel IV. 20 Loadcase Pada Kondisi 20 Penumpang Menumpuk di <i>Portside</i> .....	62
Tabel IV. 21 Kondisi <i>Equilibrium</i> pada Loadcase 20 Penumpang Menumpuk di <i>Portside</i> .....	62
Tabel IV. 22 Kriteria Stabilitas Kondisi 20 Penumpang Menumpuk di <i>Portside</i> .....	63
Tabel IV. 23 Loadcase Pada Kondisi 10 Penumpang .....	64
Tabel IV. 24 Kondisi <i>Equilibrium</i> pada Loadcase 10 Penumpang .....	64
Tabel IV. 25 Kriteria Stabilitas Kondisi 10 Penumpang .....	65
Tabel IV. 26 Loadcase Pada Kondisi 10 Penumpang Menumpuk di <i>Portside</i> .....	66
Tabel IV. 27 Kondisi <i>Equilibrium</i> pada Loadcase 10 Penumpang Menumpuk di <i>Portside</i> .....	66
Tabel IV. 28 Kriteria Stabilitas Kondisi 10 Penumpang Menumpuk .....	67
Tabel IV. 29 Loadcase Pada Kondisi Penumpang Kosong .....	68
Tabel IV. 30 Kondisi <i>Equilibrium</i> Kapal pada Loadcase Penumpang Kosong .....	68
Tabel IV. 31 Kriteria Stabilitas Kondisi Penumpang Kosong .....	69
Tabel IV. 32 Kondisi Loadcase saat Kapal Kosong Dimuati <i>Air Ballast</i> .....	70
Tabel IV. 33 Kondisi <i>Equilibrium</i> saat Kapal Kosong Dimuati <i>Air Ballast</i> .....	70
Tabel IV. 34 Kondisi <i>Trim</i> pada Tiap <i>Loadcase</i> .....	71

## DAFTAR SIMBOL

$(1+\beta k)$	=	Catamaran viscous resistance interference
$\Delta$	=	Volume displacement (m <sup>3</sup> )
$\nabla$	=	Displacement kapal (ton)
$B$	=	Lebar keseluruhan kapal (m)
$B_1$	=	Lebar satu hull catamaran (m)
$C_b$	=	Koefisien blok
$C_{batt}$	=	Kapasitas baterai (Ah)
$C_f$	=	Koefisien hambatan gesek
$C_m$	=	Koefisien midship
$C_p$	=	Koefisien prismatic
$C_{tot}$	=	Koefisien hambatan total
$C_w$	=	Koefisien hambatan gelombang
$C_{wp}$	=	Koefisien water plane
DWT	=	Dead weight tonnage (ton)
$E_{batt}$	=	Energi Baterai (kWh)
$F_n$	=	Froud number
$g$	=	Percepatan gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
$H$	=	Tinggi lambung kapal (m)
LCB	=	Longitudinal center of bouyancy (m)
LCG	=	Longitudinal center of gravity (m)
LOA	=	Length overall (m)
$L_{pp}$	=	Length perperdicular (m)
$L_{wl}$	=	Length of waterline (m)
LWT	=	Light weight tonnage (ton)
$P_B$	=	Brake power (kW)
$P_E$	=	Effective power (kW)
$P_T$	=	Thrust power (kW)
$P_m$	=	Power panel maksimum (Watt)
$R_n$	=	Reynolds number
$R_t$	=	Hambatan total kapal (N)
$S$	=	Lebar demihull (m)
$T$	=	Sarat kapal (m)
$V_{batt}$	=	Tegangan baterai (Volt)
VCG	=	Vertical center of gravity (m)
$V_{max}$	=	Kecepatan maksimal kapal (knot)
$V_s$	=	Kecepatan dinas kapal (knot)
$\eta_d$	=	Efisiensi Baterai
$\eta_H$	=	Nilai efisiensi bentuk badan kapal
$\eta_{panel}$	=	Efisien panel surya
$\rho$	=	Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )
$\tau$	=	Catamaran Wafe Resistance Interference
$x_2$	=	Jumlah Baterai



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang Masalah

Konsumsi energi sektor transportasi di Indonesia pada tahun 2010 hingga 2015 masih didominasi oleh Bahan Bakar Minyak (BBM) dengan konsumsi final sebesar 178 juta *Barrel Oil Equivalent* (Fitriana, I. et al., 2017). Ketergantungan pada konsumsi BBM dapat membawa dampak negatif, seperti pada kasus kapal penumpang yang menghubungkan rute dermaga ujung Banjir Kanal Timur (BKT Marunda) dengan dermaga Muara Baru yang pernah tidak beroperasi karena telatnya pasokan BBM. (beritajakarta, 2016).

Motor elektrik dapat digunakan sebagai solusi untuk menggantikan penggunaan mesin konvensional dalam mengurangi permasalahan yang disebutkan di atas. Kebutuhan akan BBM diganti dengan baterai yang dapat diisi dengan menghubungkan langsung ke jaringan pengisian (*grid*). Pemasangan sumber energi terbarukan perlu dilakukan untuk mengontrol ketergantungan penggunaan *grid* (Yousif, F., et al, 2013), seperti pada saat mati listrik atau saat terjadi bencana dimana jaringan pengisian listrik terganggu.

Jakarta merupakan kota dengan tingkat kemacetan tertinggi ke-12 di dunia dengan rata-rata lama waktu kemacetan mencapai 63 jam dalam setahun (Inrix, 2017). Sebagai solusi maka perlu dikembangkan desain sarana transportasi air berupa kapal penumpang dengan menggunakan sumber energi non-BBM dengan bantuan panel surya sebagai energi terbarukan. Tujuannya untuk mengatasi ketergantungan akan penggunaan BBM berlebih sekaligus sebagai sarana agar terhindar dari kemacetan.

### I.2. Perumusan Masalah

Dengan melihat latar belakang diatas, maka pokok permasalahan yang harus dipecahkan adalah:

- a. Bagaimana membuat desain *water bus* yang sesuai dengan karakteristik jalur pelayaran Marunda-Muara Baru, meliputi ukuran utama, rencana garis (*Linesplan*) dan rencana umum (*General Arrangement*), *safety plan* serta model 3D
- b. Bagaimana menentukan daya panel surya dan kapasitas baterai untuk tenaga penggerak *water bus*

### **I.3. Tujuan**

Adapun tujuan yang akan dicapai dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah untuk:

- a. Mendapatkan desain *water bus* yang sesuai dengan karakteristik jalur pelayaran Marunda-Muara Baru, meliputi ukuran utama, rencana garis (*Linesplan*) dan rencana umum (*General Arrangement*), *safety plan* serta model 3D
- b. Mendapatkan daya panel surya dan kapasitas baterai untuk tenaga penggerak *water bus*

### **I.4. Batasan Masalah**

Batasan-batasan yang ada dalam penelitian ini adalah:

- a. Tidak menghitung konstruksi secara detail.
- b. Tidak dilakukan analisis ekonomis.

### **I.5. Manfaat**

Dari penulisan tugas akhir ini diharapkan memberikan manfaat :

- a. Menghasilkan desain sarana transportasi laut yang berupa *water bus* untuk menambah referensi desain armada kapal penumpang.
- b. Menghasilkan desain yang mampu menjadi bahan pertimbangan untuk mengembangkan kembali sarana *waterway* di beberapa wilayah Jakarta.

### **I.6. Hipotesis**

Penggunaan sarana transportasi darat dari Marunda menuju Muara Baru membutuhkan waktu yang lebih lama akibat kepadatan lalu lintas, sehingga desain *water bus* dengan sumber energi alternatif diharapkan dapat mengurangi waktu tempuh serta memenuhi kebutuhan sarana transportasi air.

## BAB II STUDI LITERATUR

### II.1. Tinjauan Lokasi

Adapun pengerjaan tugas akhir ini meninjau lokasi-lokasi yang terdapat dalam rute pelayaran yaitu;

#### II.1.1. Marunda

Marunda merupakan suatu wilayah yang berada di sebelah timur laut pusat kota Jakarta, dengan jarak kurang lebih 15 km dari pusat kota. Menurut penelusuran pada peta melalui internet pada Gambar II.1 dibawah, wilayah Marunda terletak pada 6°07' LS (Lintang Selatan) dan 106°57' BT (Bujur Timur) dengan *update* terakhir tahun 2018.



Gambar II. 1 Wilayah Marunda

(Google maps, 2018)

Secara administratif Marunda merupakan salah satu kelurahan yang merupakan bagian dari Kotamadya Jakarta Utara. Sebelah timur wilayah marunda terdapat sungai Kanal Banjir Timur (KBT). Sungai KBT sebagai saluran air yang melintasi 13 kelurahan di Jakarta Utara dengan panjang saluran  $\pm 23,5$  km serta kedalaman 7 m pada hilirnya (Putera, R. E., 2017).

Pada tahun 2013 tidak kurang dari 1800 warga Muara Baru, Penjaringan direlokasi ke Marunda akibat diadakan normalisasi Waduk Pluit (merdeka, 2013). Mereka mendapatkan fasilitas berupa dermaga apung yang letaknya di peta seperti pada Gambar II.2, kapal penumpang, beserta perangkatnya yang dikelola oleh Unit Pengelola Angkutan Perairan dan Kepelabuhan (UP-APK) dibawah Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Dermaga dan kapal





Gambar II. 4 Lokasi Dermaga Daerah Muara Baru  
(Google maps, 2018)

Pada Gambar II.4 menggambarkan tentang letak dermaga didalam wilayah Pelabuhan Perikanan Samudra Nizam Zachman (PPSNZ) Muara Baru, Penjaringan. Pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman Jakarta merupakan pusat kegiatan perikanan di Jakarta yang berada di bawah Direktorat Jendral Perikanan Tangkap.

Sebagai pelabuhan perikanan besar yang memiliki fasilitas fungsional seperti tempat pelelangan ikan, tempat penyimpanan dan pengolahan ikan serta unit pengelola limbah, PPSNZ menyerap sekitar 21.975 orang tenaga kerja pada tahun 2015 (Rahmantya, F.K. et al, 2016) diantara tenaga kerja tersebut adalah warga yang tinggal di Marunda.

## II.2. Desain Kapal

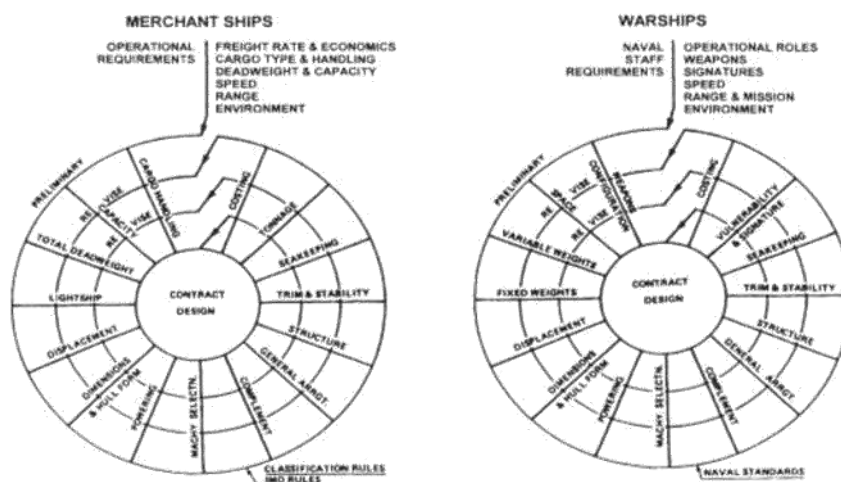
Dalam bidang perkapalan, proses pembangunan kapal didasarkan pada permintaan atau pemesanan. Sebelum dilakukan pembangunan kapal, terlebih dahulu seorang desainer membuat desain gambar kapal. Dalam mendesain gambar, seorang desainer membutuhkan data spesifik permintaan pemilik kapal atau kebutuhan di daerah operasi. Dimana data tersebut nantinya akan diterjemahkan dalam bentuk gambar. Proses desain dari sebuah kapal merupakan suatu proses yang berulang-ulang, dan saling berhubungan, yang nantinya terbagi lagi ke dalam beberapa tahap detail.

Pada umumnya, permintaan dari pemilik kapal yang biasa disebut *Owner's Requirement* adalah terdiri dari kapasitas daya angkut muatan (*payload*), kecepatan dinas, dan rute

pelayaran yang diminta. Peranan seorang desainer kapal adalah mampu menerjemahkan ketiga poin tersebut dan mampu melakukan proses desain kapal yang sesuai sehingga memberikan keuntungan pada saat pengoperasian kapal tersebut. Sedangkan di sisi lain, dalam proses desain kapal terdapat batasan-batasan yang dibuat oleh pemilik kapal, diantaranya adalah biaya kapal baik berupa biaya pembangunan ataupun biaya operasional, regulasi-regulasi yang berlaku, serta batasan wilayah operasional kapal seperti sarat di dermaga dan kondisi gelombang. Tugas utama seorang desainer kapal adalah mampu mendesain kapal yang dapat memenuhi keinginan pemilik kapal atau disebut *owner's requirements* dan batasan-batasan yang telah ditentukan oleh pemilik kapal.

### II.3. Teori Desain Kapal

Dalam mendesain kapal proses desain menggunakan proses berulang-ulang. Seluruh perencanaan dan analisis yang dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan.



Gambar II. 5 Spiral Ship Design

(Watson, 1998)

Desain ini digambarkan pada desain spiral (the spiral design) seperti pada Gambar II.5. Desain spiral membagi seluruh proses menjadi 4 tahapan yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design* (Watson, 1998).

#### II.3.1. Concept Design

*Concept design* atau desain konsep kapal merupakan tahap lanjutan setelah *Owner requirement* didapatkan. Desain konsep kapal bertujuan untuk mendefinisikan sebuah objek untuk memenuhi persyaratan *owner* dan mematuhi kendala/permasalahan yang ada. Konsep

bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, permesinan, biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Hasil dari tahapan konsep desain ini berupa gambar atau sketsa, baik sebagian ataupun secara lengkap.

### **II.3.2. Preliminary Design**

Tahapan yang kedua dalam proses desain adalah *preliminary design*. *Preliminary design* adalah langkah teknis lebih lanjut untuk memberikan detail pada konsep desain. Dalam hubungannya dengan diagram spiral, *preliminary design* ini merupakan iterasi kedua atau bisa dikatakan merupakan lintasan kedua pada diagram spiral. Adapun contoh dari penambahan detail seperti perhitungan kekuatan memanjang kapal, pengembangan bagian *midship* kapal, perhitungan yang lebih akurat mengenai berat dan titik berat kapal, sarat, stabilitas, dan lain-lain yang berdampak signifikan pada kapal.

### **II.3.3. Contract Design**

Tahap *contract design* merupakan tahap lanjutan setelah *preliminary design*, dengan tujuan pengembangan mendetail desain pada tahap sebelumnya yang memungkinkan pembangun kapal dapat memahami kapal yang akan dibuat serta mengestimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal.

Tujuan utama pada kontrak desain adalah pembuatan dokumen yang mendeskripsikan kapal yang akan dibuat. Selanjutnya dokumen tersebut akan menjadi dasar dalam kontrak atau perjanjian pembangunan antara pemilik kapal dan pihak galangan kapal. Adapun komponen dari *contract drawing* dan *contract specification* meliputi *Arrangement drawing*, *Structural drawing*, *Propulsion arrangement*, *Machinery selection*, *Generator selection*, *Electrical selection*.

Komponen-komponen di atas disebut juga dengan *key plan drawing*. *Key plan drawing* tersebut harus merepresentasikan secara detail fitur-fitur kapal sesuai dengan permintaan pemilik kapal.

### **II.3.4. Detail Design**

*Detail design* adalah tahap terakhir dari proses mendesain kapal. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja untuk membangun kapal. Tahapan ini mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses

konstruksi dan operasional kapal. Bagian terbesar dari pekerjaan ini adalah produksi gambar kerja yang diperlukan untuk proses produksi.

## **II.4. Metode Desain Kapal**

Secara umum, metode-metode dalam pendesainan kapal dapat dijabarkan antara lain sebagai berikut:

### **II.4.1. Parent Design Approach**

*Parent design approach* merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan mengambil satu set data kapal yang dijadikan sebagai acuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Kapal yang dijadikan sebagai acuan haruslah terbukti mempunyai performansi yang baik.

### **II.4.2. Trend Curve Approach**

*Trend Curve Approach* atau biasanya disebut dengan metode statistik menggunakan analisis regresi linear dari beberapa kapal pembanding untuk menentukan ukuran utama kapal. Regresi linear digunakan untuk mengukur besarnya pengaruh satu variabel bebas (variabel independent) terhadap variabel terikat (dependent). Dalam metode *Trend Curve Approach* ukuran beberapa kapal pembanding dikomparasi dimana variabel dihubungkan kemudian ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang.

### **II.4.3. Iterative Design Approach**

*Iterative design* adalah sebuah metode mendesain kapal yang berdasarkan pada proses siklus dari *prototyping*, *testing*, dan *analyzing*. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan fungsionalitas dari sebuah desain yang sudah ada seperti yang digambarkan oleh diagram spiral desain. Biasanya metode ini digunakan pada orang-orang tertentu saja (sudah berpengalaman dengan menggunakan *knowledge*).

### **II.4.4. Optimization Design Approach**

Metode optimasi digunakan untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimum. Dalam hal ini, desain yang optimum dicari dengan menemukan desain yang akan meminimalkan *economic cost* (biaya ekonomi agar seminimal mungkin). Adapun parameter dari optimasi ini adalah hukum fisika, kapasitas ruang muat, stabilitas, freeboard, trim, dan harga kapal itu sendiri.



## **II.5. Tinjauan Pustaka**

### **II.5.1. Katamaran**

Katamaran adalah kapal yang memiliki dua lambung atau badan yang dihubungkan oleh geladak atau *bridging platform* ditengahnya. *Platform* ini bebas dari permukaan air sehingga *slamming* dan *deck wetness* kapal dapat dikurangi. Penentuan ketinggian struktur bagian atas dari permukaan air merupakan fungsi dari tinggi gelombang pada rute yang dilalui.

Kapal katamaran cenderung untuk menghasilkan hambatan lebih kecil pada kecepatan yang sama dengan *monohull*. Semakin lebar jarak pisah antar lambung, maka semakin rendah hambatan katamaran (Jamaludin et al, 2013).

Katamaran memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan kapal monohull meliputi:

1. Pada kapal dengan lebar yang sama, tahanan gesek yang dihasilkan pada katamaran kecil, sehingga pada tenaga dorong yang sama, kecepatan yang dihasilkan relatif lebih besar.
2. Luas geladak dari katamaran lebih besar dibandingkan dengan luas geladak kapal *monohull*.
3. Stabilitas kapal lebih baik dengan tingkat keselamatan lebih tinggi.
4. Sudut oleng yang relatif rendah (0 .8) sehingga meningkatkan rasa nyaman dan tidak mudah terkena mabuk laut (*seasickness*).
5. Dengan kapasitas yang kecil, maka biaya operasional menjadi kecil.
6. Tidak perlu digunakan ballast untuk menjaga.

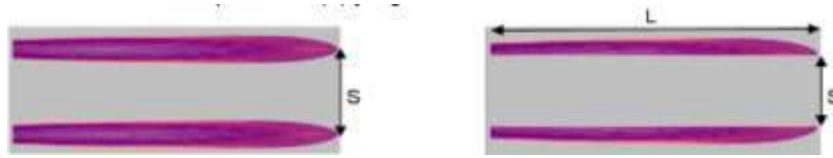
Katamaran juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu:

1. Teori dan standarisasi baik ukuran utama maupun perhitungan struktur masih minim karena merupakan teknologi baru belum ada yang baru.
2. Teknik pembuatan yang agak lebih rumit sehingga membutuhkan keterampilan yang khusus.
3. Dengan memiliki dua lambung, maka kemampuan maneuver kurang baik jika dibandingkan dengan kapal monohull.

### **II.5.2. Jenis Lambung**

Ada tiga jenis untuk lambung katamaran, dari jenis-jenis lambung katamaran yang digambarkan di Gambar II.6 berikut:

- a. Asimetris
- b. Simetris



Gambar II. 6 Jenis Lambung Katamaran  
(Jamaluddin et al, 2013)

**a. Katamaran Asimetris**

Pada bentuk kapal asimetris, lambung yang berbentuk lurus akan mengalami perubahan tekanan yang drastis berbeda dengan lambung yang lengkung, maka tekanan aliran akan berkurang dengan terdistribusinya aliran fluida mengikuti kelengkungan bentuk ujung depan. Aliran fluida diibagian sisi dalam lurus mengikuti bentuk kapal (lurus) sampai ke buritan kapal. Sehingga apabila diterapkan bentuk ini akan menimbulkan gelombang ke samping yang cukup besar.

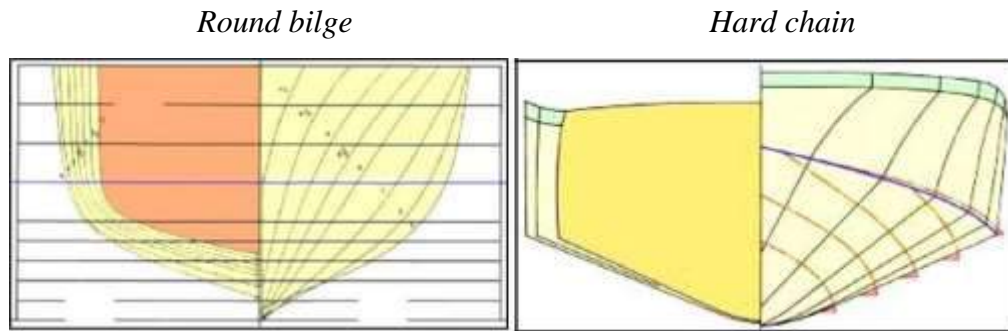
**b. Katamaran Simetris**

Dengan kedua lambung yang berbentuk lengkung, maka tekanan relatif lebih kecil apabila dibandingkan dengan katamaran asimetris sehingga tekanan pada penyangga relatif lebih kecil. Selain itu keunggulan lain dari katamaran simetris adalah pada *displacement* yang sama, saratnya lebih rendah dibanding asimetris sehingga faktor hambatannya pun lebih kecil (Jamaluddin et al, 2013).

**II.5.3. Bentuk Lambung Katamaran**

Bentuk lambung katamaran dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu:

- a. *Round bilge*
- b. *Hard chine*



Gambar II. 7 Bentuk Lambung Katamaran  
(*Catamaransites*, 2018)

Seperti tampak pada Gambar II.7, bentuk lambung *round bilge* memiliki bentuk yang lebih *smooth* apabila dibandingkan dengan *hard chine*, akan tetapi lambung tipe *hard chine* lebih sederhana bentuknya dan mudah dalam pengerjaan konstruksi.

Namun pada kecepatan lebih tinggi (*froude number* > 0.3) tipe lambung *hard chine* memiliki hambatan yang lebih besar dibandingkan tipe lambung *round bilge*. Hal itu disebabkan timbulnya semburan dan pecahan gelombang pada kecepatan tinggi (Nasirudin et al, 2013).

#### II.5.4. Sistem Panel Surya

Sistem panel surya pada kapal berfungsi sebagai pembangkit arus listrik yang dapat digunakan untuk mengaliri peralatan navigasi, elektronik atau menyalakan motor pada sistem propulsi. Sistem panel surya terdiri dari beberapa komponen;

##### 1. Panel Surya Fotovoltaik (PV)

Sel surya menghasilkan daya listrik dengan mengubah radiasi matahari menjadi arus listrik searah (DC) dengan menggunakan semikonduktor melalui efek fotovoltaik. Sel surya *photovoltaic (PV)* saling berhubungan dan dikemas di antara dua lapis bahan transparan untuk membentuk panel surya PV (Mustofa et al, 2014). Formula untuk menghitung daya keluaran tiap panel yaitu;

$$E_P = W_P * T_{SS} * T_{CF}$$

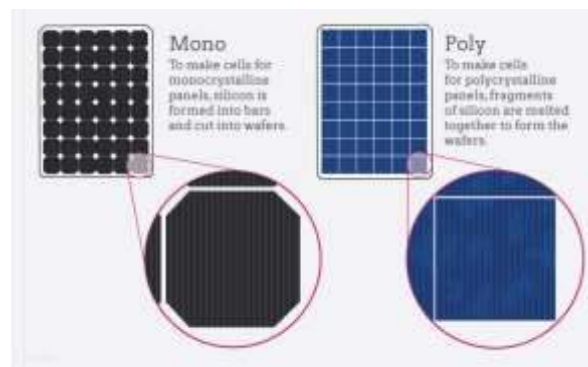
Daya keluaran pada tiap panel ( $E_P$ ) bergantung pada faktor-faktor seperti waktu rata-rata penyinaran matahari perhari dalam jam ( $T_{SS}$ ), daya yang didesain untuk tiap panel dalam watt hour ( $W_P$ ), serta faktor koreksi suhu ( $T_{CF}$ ).

Jakarta memiliki potensi energi matahari tahunan sebesar  $4,97 \text{ kW/m}^2$  (Rumbayan et al, 2012). Total potensi daya penyinaran matahari didapat dari besar radiasi matahari tiap  $\text{m}^2$

sebesar 1 kWh dikalikan dengan jam puncak penyinaran matahari. Sehingga didapatkan jam puncak penyinaran matahari di Jakarta selama 4,97 jam.

Sel surya di pasaran terdapat beberapa macam diantaranya *polycrystalline* dan *monocrystalline*. Pada proses pembuatan sel surya *polycrystalline* (p-Si) Silikon mentah dilebur dan dituangkan ke dalam cetakan persegi. Bahan kemudian didinginkan, dipotong dan disusun kedalam beberapa lapisan persegi yang sempurna.

Sedangkan sel surya *monocrystalline* (mc-Si) terbuat dari satu batang silikon (ingot) yang berbentuk silinder. Untuk mengoptimalkan kinerja dan menurunkan biaya satu sel surya monokristalin, empat sisi dipotong dari ingot kemudian ingot diiris dan disusun membentuk beberapa lapisan silikon.

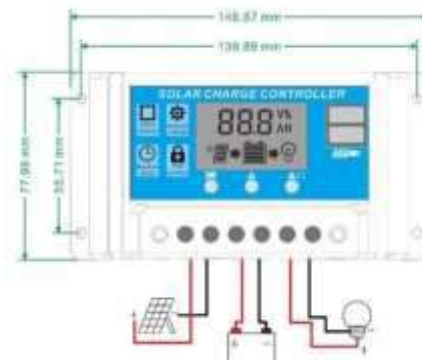


Gambar II. 8 Janis-jenis Sel Surya  
(civilsolar, 2017)

Panel surya yang dibentuk dari sel *monocrystalline* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan *polycrystalline*. Sel *monocrystalline* memiliki efisiensi yang lebih tinggi yaitu diangka 15-20% serta lebih efisien jika beroperasi di cuaca hangat. Sedangkan proses pembuatan sel *monocrystalline* yang lebih rumit membuat harganya menjadi lebih mahal.

## 2. Charge Controller

Tujuan dari *charge controller* adalah mengatur arus dari panel surya untuk mencegah baterai dari pengisian yang berlebihan. *Charge controller* mendeteksi ketika baterai terisi penuh kemudian menghentikan arus yang mengalir ke baterai dan juga mencegah baterai mengalirkan arus kembali ke panel surya di malam hari ketika gelap. Kebanyakan *charge controller* dilengkapi fitur pemutusan tegangan rendah, yang mendeteksi tegangan baterai dan jika tegangan baterai turun di bawah tingkat yang ditentukan sebelumnya (*cut-off voltage*) maka *charge controller* akan memutuskan arus.



Gambar II. 9 Solar Charge Controller  
(tokopedia, 2018)

Disarankan bahwa *controller* yang dipilih memiliki kapasitas sedikit lebih besar dari total hubungan arus pendek yang dihitung dari panel surya untuk memastikan bahwa alat tidak selalu beroperasi pada kondisi 100%, khususnya di daerah dengan suhu lingkungan yang lebih tinggi.

### 3. Baterai

Baterai berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi listrik. Baterai memiliki tiga komponen penting yaitu anode (kutub positif), katode (kutub negatif) dan elektrolit sebagai penghantarnya.

Kapasitas baterai dinyatakan dalam ampere jam ( $Ah = \text{kuat arus/Ampere} \times \text{waktu/hour}$ ), artinya baterai dapat memberikan/menyuplai sejumlah isinya secara rata-rata sebelum tiap selnya menyentuh tegangan/voltase turun (*drop voltage*). Namun, kemampuan penyimpanan sebenarnya energi baterai dapat bervariasi secara signifikan dari kapasitas "nominal" rated, dimana ada tiga faktor yang menentukan besar kecilnya kapasitas baterai yaitu jumlah bahan aktif, temperatur, waktu dan arus pengeluaran.

Untuk menghitung energi baterai yang bisa dipasang dengan menggunakan rumus *Battery Energi* (Nasirudin et al, 2016):

$$E_{batt} = \frac{V_{batt} \cdot C_{batt} \cdot x_2}{1000 \cdot \eta_d} \quad (II.1)$$

Dimana  $V_{batt}$  adalah tegangan nominal baterai dalam volt dan  $C_{batt}$  adalah kapasitas baterai dalam Ampere-jam,  $\eta_d$  adalah efisiensi pemakaian baterai yang menyatakan kehilangan energi selama proses pemakaian energi, dan  $x_2$  adalah jumlah baterai yang akan digunakan.

### II.5.5. Motor Listrik

Motor listrik yang digunakan sebagai sistem propulsi untuk kapal yang terdiri dari powerhead, gearbox dan propeller didalam satu unit. Motor listrik tempel dirancang untuk ditempelkan di bagian luar buritan kapal (*transom*). Pada *powerhead* terdapat motor DC bersikat (*brushed*) yang fungsinya seperti *engine* pada mesin dengan bahan bakar. *Powerhead* yang terletak di atas permukaan air menyebabkan motor DC tidak tenggelam.

Keuntungan penggunaan motor listrik sebagai sistem propulsi adalah biaya perawatan yang rendah, kebisingan yang terbatas, pengisian ulang tenaga surya, manuver yang lebih andal, dan operasi bebas emisi. Kerugiannya adalah rentang terbatas karena berat dan ukuran baterai.

### II.5.6. Water Bus

*Water bus* didefinisikan sebagai sebuah perahu (awalnya sebuah kapal uap, kemudian lebih sering perahu motor) membawa penumpang sebagai bagian dari layanan terjadwal. (oxforddictionaries, 2018). *Water bus* biasanya digunakan untuk menyediakan transportasi umum atau pribadi di lingkungan perkotaan.

Indonesia yang dua pertiga wilayahnya merupakan perairan telah memanfaatkan sarana bus air di sungai-sungai pada beberapa daerah seperti Sumatra, Kalimantan dan Jakarta. Sejak tahun 2013 Unit Pengelola Angkutan Perairan dan Kepelabuhan (UP-APK) dibawah Dinas Perhubungan dan Transportasi DKI Jakarta telah mengoperasikan KM Kerapu untuk mengangkut penumpang secara terjadwal dari Marunda menuju Muara Baru. Namun dengan penggerak kapal yang masih menggunakan BBM, pengoperasian kapal hingga akhir 2016 sempat mengalami kendala, karena telatnya pasokan BBM menyebabkan kapal penumpang berhenti beroperasi.(beritajakarta, 2016).



Gambar II. 10 Kapal Motor dengan BBM  
(beritajakarta, 2016)

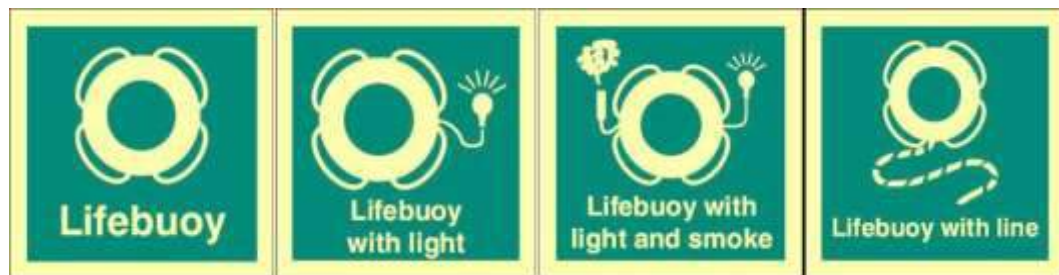
## II.5.7. Peralatan Keselamatan

Sesuai dengan *LSA code Reg. I/1.2.2*, seluruh perlengkapan *life saving appliances* harus mendapat persetujuan dari badan klasifikasi terkait terlebih dulu. Sebelum persetujuan diberikan, seluruh perlengkapan *life saving appliances* harus melalui serangkaian pengetesan untuk memenuhi standar keselamatan yang ada dan bekerja sesuai fungsinya dengan baik.

### 1. *Lifebuoy*

Menurut *LSA code Chapter II part 2.1*, spesifikasi umum *lifebuoy* antara lain sebagai berikut:

- Memiliki diameter luar tidak lebih dari 800 mm dan diameter dalam tidak kurang dari 400 mm
- Mampu menahan beban tidak kurang dari 14.5 kg dari besi di air selama 24 jam.
- Mempunyai massa tidak kurang dari 2.5 kg
- Tidak mudah terbakar atau meleleh meskipun terbakar selama 2 detik.
- Mempunyai kekuatan patah tidak kurang dari 5 kN



Gambar II. 11 Jenis-jenis *Lifebuoy*

(Fire Safety Sign, 1980)

Beberapa jenis *lifebuoy* seperti pada Gambar II.11. Dimana jenis-jenis *lifebuoy* dibedakan berdasarkan peralatan tambahan yang di pasang untuk fungsi tertentu.

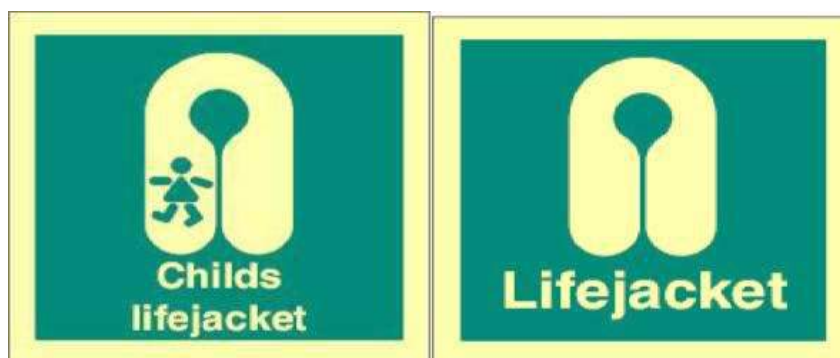
### 2. *Life Jacket*

Pada *LSA Code Chapter II Part 2.2* menjelaskan tentang persyaratan umum *lifejacket* sebagai berikut :

1. Tidak mudah terbakar atau meleleh meskipun terbakar selama 2 detik
2. *Lifejacket* dewasa harus dibuat sedemikian rupa sehingga:
  - Setidaknya 75% dari total penumpang yang belum terbiasa dapat dengan benar-benar menggunakan hanya dalam jangka waktu 1 menit tanpa bantuan, bimbingan atau penjelasan sebelumnya.

- Setelah demonstrasi, semua orang benar-benar dapat menggunakan dalam waktu 1 menit tanpa bimbingan
  - Nyaman untuk digunakan
  - Memungkinkan pemakai untuk melompat dari ketinggian kurang lebih 4.5 m ke dalam air tanpa cedera dan tanpa mencabut atau merusak lifejacket tersebut.
3. Sebuah *lifejacket* dewasa harus memiliki daya apung yang cukup dan stabilitas di air tenang
  4. Sebuah *lifejacket* dewasa harus memungkinkan pemakai untuk berenang jangka pendek ke survival craft.
  5. Sebuah *lifejacket* harus memiliki daya apung yang tidak kurang lebih dari 5% setelah 24 jam perendaman di air tawar.
  6. Sebuah *lifejacket* harus dilengkapi dengan peluit beserta tali.
  7. Setiap *lifejacket lights* harus:
    - Memiliki intensitas cahaya tidak kurang dari 0.75 cd di semua arah belahan atas
    - Memiliki sumber energi yang mampu memberikan intensitas cahaya dari 0.75 cd untuk jangka waktu minimal 8 jam.
    - Berwarna putih
  8. Jika lampu yang dijelaskan di atas merupakan lampu berkedip, maka:
    - Dilengkapi dengan sebuah saklar yang dioperasikan secara manual, dan
    - Tingkat berkedip tidak kurang dari 50 kedipan dan tidak lebih dari 70 kedip per menit dengan intensitas cahaya yang efektif minimal 0.75 cd.

penanda tempat penyimpanan *Lifejacket*. *Lifejacket* untuk anak kecil dan dewasa dibedakan simbol utnk memudahkan dalam hal penyimpanan dan pengambilan ketika terjadi hal yang tidak diinginkan.



Gambar II. 12 *Lifejacket*  
(*Fire Safety Sign*, 1980)



## II.6. Tinjauan Teknis Desain Kapal

### II.6.1. Ukuran Utama Awal

Ukuran utama kapal katamaran didapatkan dari metode *Trend Curve Approach* dengan mengkomparasi ukuran beberapa kapal pembanding dimana variabel dihubungkan kemudian ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang. Dari rumusan tersebut akan didapatkan ukuran utama sebagai berikut:

- a. LoA
- b. B
- c.  $B_1$
- d. S
- e. H
- f. T

Komponen-komponen berikutnya setelah didapatkan ukuran utama awal kapal adalah *main coefficient* yang meliputi *Froude Number* ( $F_n$ ), *Block Coefficient* ( $C_b$ ), *Prismatic Coefficient* ( $C_p$ ), *Midship Coefficient* ( $C_m$ ), dan *Waterplane Coefficient* ( $C_{wp}$ ). Berikut penjelasan masing-masing komponen tersebut:

#### 1. *Froude Number* ( $F_n$ )

Angka *Froude* merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan panjang kapal. Angka *Froude* dapat mendefinisikan kapal mana saja yang termasuk kapal lambat, kapal sedang, ataupun kapal cepat tergantung unsur-unsur yang dijelaskan di atas.

Formula Froude Number :

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \times Lwl}} \quad (\text{II.2})$$

#### 2. *Block Coefficient* ( $C_b$ )

Koefisien blok adalah perbandingan volume badan kapal yang tercelup terhadap volume balok yang menyelubunginya badan kapal yang tercelup. Rumus untuk menentukan koefisien blok yaitu :

$$C_b = \frac{\nabla}{Lwl \times B \times T} \quad (\text{II.3})$$

#### 3. *Prismatic Coefficient* ( $C_p$ )

Koefisien prismatic adalah perbandingan volume badan kapal yang tercelup dengan volume prisma dengan penampang sebesar gading terbesar dan panjang.

$$C_p = \frac{\nabla}{Lwl \times A_m} \quad (\text{II.4})$$

#### 4. *Midship Coefficient* ( $C_m$ )

Koefisien *midship* adalah perbandingan antara luasan gading terbesar dengan luasan persegi panjang yang melingkupinya.

$$C_m = \frac{A_m}{B \times T} \quad (\text{II.5})$$

#### 5. *Waterplane Coefficient* ( $C_{wp}$ )

Koefisien bidang air merupakan perbandingan antara luasan bidang air dengan luasan persegi panjang yang melingkupinya.

$$C_{wp} = \frac{A_{wp}}{L_{wl} \times B} \quad (\text{II.6})$$

### II.6.2. Perhitungan Hambatan kapal Katamaran

Perhitungan besar hambatan total kapal dilakukan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan sebagaimana yang diinginkan oleh *owner* (*owner's requirement*).

Komponen hambatan yang dialami oleh katamaran lebih kompleks dibandingkan monohull karena adanya efek interferensi antar kedua lambungnya. Efek interferensi ini dapat dibagi menjadi dua bagian pokok, yaitu :

- Interferensi viskositas

Adalah aliran disepanjang *demihull* simetris berbentuk tidak simetris akibat pengaruh keberadaan *demihull* yang lain. Pengaruh tersebut muncul karena adanya gelombang dari satu *demihull* yang memukul *demihull* lainnya, sehingga hambatan gesek akan berubah.

- Interferensi gelombang

Adalah hasil dari dua buah lambung yang bergerak sejajar, efek interferensi pada hambatan gelombang akan sangat berpengaruh.

#### 1. Koefisien Hambatan Gesek dan Gelombang

Hambatan kapal katamaran diasumsikan sebagai penjumlahan dari beberapa komponen hambatan. Untuk komponen koefisien interaksi hambatan pada *demihull* katamaran ditunjukkan seperti dalam persamaan (II.7).

$$(C_T)_{CAT} = (1 + \phi k) \sigma C_F + \tau C_W \quad (\text{II.7})$$

Dimana:

$\Phi$  = Faktor interferensi hambatan bentuk (*form*), yang diakibatkan oleh perubahan tekanan yang terjadi antara dua lambung

$\sigma$  = Faktor interferensi hambatan gesek (*friction*), yang diakibatkan oleh terjadinya

penambahan kecepatan aliran diantara dua lambung.

$\tau$  = Faktor interferensi hambatan gelombang (*wave*), yang diakibatkan oleh pertemuan dua moda gelombang (dari haluan) diantara kedua lambung.

Diketahui bahwa faktor interferensi  $\Phi$  dan  $\sigma$  sangat rumit dan kompleks dalam pemecahannya, maka Insel dan Molland (1991) memperkenalkan faktor  $\beta$  untuk mengkombinasikan faktor interfensi  $\Phi$  dan  $\sigma$  ke dalam interferensi hambatan viskos untuk tujuan praktis, menjadi:

$$(C_T)_{CAT} = (1 + \beta k) C_F + \tau C_W \quad (II.8)$$

Persamaan II.8 tersebut diaplikasikan secara luas untuk perhitungan hambatan lambung katamaran hingga saat ini.

## 2. Metode *Slender Body*

Metode *slender body* diaplikasikan untuk perhitungan hambatan lambung kapal *monohull* dan *multihull*, dengan mengasumsikan lambung kapal berbentuk simetris dan pipih dimana rasio antara panjang dengan volume demihull yang tercelup nilainya ( $L/V^{1/3} > 4.0$ ) (Jamaludin et al, 2013). Pada program '*Hullspeed-Maxsurf*', metode *Slender Body* menggunakan pendekatan Michell untuk menghitung hambatan gelombang dengan bilangan Froude  $< 1.0$ . Michell mengekspresikan hambatan gelombang dari dinding tipis samping lambung kapal sebagai:

$$R_w = \frac{4}{\pi} \rho V^2 v^2 \int_1^\infty \frac{\lambda^2}{\sqrt{\lambda^2 - 1}} |A(\lambda)|^2 d\lambda \quad (II.9)$$

Dimana

$$A(\lambda) = -iv\lambda \int e^{v\lambda^2 z + iv\lambda x} f(x, z) dz dx$$

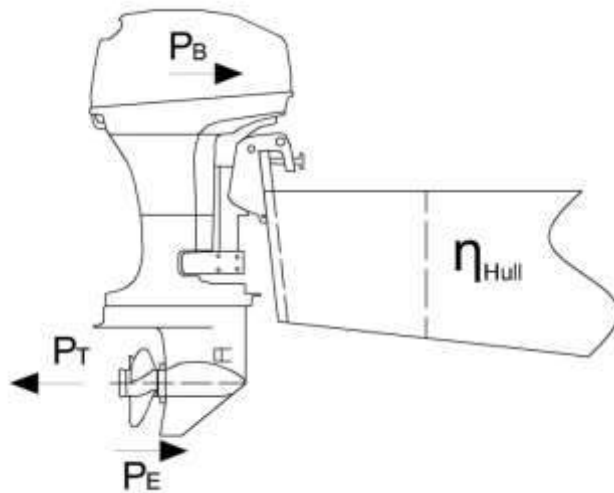
$V$  adalah kecepatan kapal,  $\rho$  densitas air,  $v = g/V^2$ ,  $g$  gravitasi,  $f(x, z)$  setengah dari lebar kapal,  $x$  koordinat memanjang (+ kedepan),  $z$  koordinat vertikal (dari permukaan air, + keatas),  $\lambda$  bidang basah kapal dibawah permukaan.

Metode tersebut menghitung *energy wave pattern* di permukaan air sebagai akibat gerak laju kapal, yang disebut hambatan gelombang. Dalam menghitung total hambatan, program ini menambahkan komponen hambatan viskos dengan menggunakan metode perhitungan koefisien hambatan gesek dan spesifikasi *form factor* tertentu. Perhitungan hambatan gesek umumnya menggunakan garis korelasi ITTC-1957 yang diperlihatkan pada persamaan (II.10).

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10}(Re) - 2)^2} \quad (II.10)$$

### II.6.3. Perhitungan Propulsi

Untuk menggerakkan suatu kapal dibutuhkan sebuah sistem penggerak yang dapat membuat kapal bergerak maju. Macam dari sistem penggerak kapal sangatlah bervariasi, baik itu sistem penggerak dengan bantuan mesin maupun tanpa bantuan mesin. Agar kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan maka perlu untuk disesuaikan dengan kapasitas dan daya dari mesin penggerak. Oleh karena itu diperlukannya perencanaan dan perhitungan terhadap kebutuhan daya penggerak kapal.



Gambar II. 13 Komponen Daya Mesin

Seperti dilihat pada Gambar II.13, kebutuhan daya mesin penggerak (*brake power*) dapat ditentukan nilainya setelah melakukan perhitungan komponen daya yang ada sebelumnya yaitu *effective power* ( $P_E$ ) dan *thrust power* ( $P_T$ ) secara beruntun. Berikut penjabaran dari masing-masing komponen daya menurut (Lewis, 1988):

1. *Effective Power* ( $P_E$ )

*Effective power* merupakan daya yang dibutuhkan untuk mendorong lambung melawan hambatan sehingga kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan harga  $P_E$  :

$$P_E = R_T \times V_s \tag{II.11}$$

Dimana  $R_T$  yaitu hambatan total kapal dalam kN dan  $V_s$  yaitu kecepatan dinas kapal dalam m/s.

2. *Thrust Power* ( $P_T$ )

*Thrust power* merupakan daya yang diakibatkan oleh gaya dorong *propeller* pada *velocity of advance* ( $v_a$ ). Terdapat pengurangan daya dari *effective power* karena efisiensi

lambung ( $\eta_H$ ) akrobat bentuk lambung kapal yang didesain. Perhiungan daya total setelah *thrust power* membutuhkan pemilihan daya *thrust* mesin yang cocok. Rumus yang digunakan:

$$P_T = P_E / \eta_H \quad (\text{II.12})$$

Dimana  $P_E$  yaitu *effective power* dalam HP atau kW, sedangkan  $\eta_H$  yaitu Efisiensi lambung kapal. Berdasarkan daya *thrust* yang dibutuhkan dari perhitungan maka ditentukan daya *thrust* mesin sebagai pertimbangan melalui spesifikasi mesin.

*Thrust power* yang dibutuhkan lambung dibandingkan dengan *thrust power* yang mampu diberikan oleh motor melalui spesifikasinya. Jika nilai *thrust power* yang mampu diberikan oleh motor penggerak lebih besar maka mesin dapat dipilih sebagai penggerak kapal.

### 3. Brake Power ( $P_B$ )

$P_B$  merupakan daya yang harus diberikan oleh motor penggerak utama untuk menggerakkan kapal pada *service speed*.  $P_B$  atau *Brake power* didapatkan melalui spesifikasi teknis mesin yang dipilih.

## II.6.4. Perhitungan Berat

Perhitungan berat pada kapal pada umumnya terbagi menjadi dua komponen, yaitu LWT (*Light Weight Tonnage*) dan DWT (*Dead Weight Tonnage*). LWT digolongkan menjadi beberapa bagian, diantaranya adalah berat fiber, berat peralatan dan perlengkapan, serta berat permesinan. Sedangkan untuk DWT dibagi terdiri atas beberapa komponen, meliputi berat *fresh water*, *crew* dan penumpang sekaligus barang bawaan. Perhitungan DWT ini dilakukan untuk satu kali perjalanan *round trip*.

## II.6.5. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan kesetimbangan dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain :

- a. Titik G (*grafity*) yaitu titik berat kapal.
- b. Titik B (*bouyancy*) yaitu titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup di dalam air.
- c. Titik M (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan ke atas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan ke atas pada sudut oleng.

Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam, yaitu :

- Keseimbangan stabil, letak titik G berada dibawah titik M.
- Keseimbangan labil, letak titik G berada diatas titik M.
- Keseimbangan indeferent, letak titik berat G berimpit dengan titik M.

Kemampuan apung kapal adalah kemampuan kapal untuk mendukung gaya berat yang dibebankan dengan menggunakan tekanan hidrostatis yang bekerja di bawah permukaan air dan memberikan daya dukung dengan gaya angkat statis pada kapal.

Dalam perhitungan stabilitas, penulis menggunakan *HSC 2000 Annex 7 International Code of Safety for High Speed Craft*. Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standart keselamatan .

Batasan-batasan yang harus dipenuhi antara lain adalah :

- a) Luas area dibawah kurva lengan pengembali (GZ curve) antara sudut  $0^{\circ}$  –  $30^{\circ}$  tidak boleh kurang dari  $0.55 \times 30^{\circ}/\theta$  m.deg.
- b) Lengan pengembali maksimum terjadi pada kondisi *heeling* sebaiknya terjadi pada sudut tidak kurang dari  $10^{\circ}$ .
- c) Luas area dibawah kurva lengan pengembali (GZ curve) dan HTL tidak boleh kurang dari 1.6040 m.deg.
- d) Untuk kapal penumpang, sudut *heeling* (oleng) pada perhitungan kondisi penumpang berkelompok pada satu sisi kapal tidak boleh lebih dari  $10^{\circ}$ .

#### **II.6.6. Batasan Desain Katamaran**

Dalam mendesain sebuah kapal dibutuhkan beberapa komponen untuk mendesain. komponen-komponen dalam mendesain kapal saling berkaitan. Sehingga ada nilai batasan atau nilai minimum maupun maksimum yang ditentukan berdasarkan kondisi dilapangan, perhitungan teknis, ataupun persyaratan-persyaratan yang dikeluarkan oleh pemegang regulasi baik nasional maupun internasional.

Batasan-batasan terdiri dari beberpa bagian yaitu, batasan ukuran utama kapal, batasan rasio ukuran utama, batasan kapasitas kapal dan batasan stabilitas kapal. Batasan ukuran utama ditentukan berdasarkan data kapal pembanding yang sudah diperoleh. Batasan rasio ukuran utama kapal didapatkan dari studi literature dan kapal-kapal katamaran yang sudah ada sekarang. Batasan kapasitas ditentukan berdasarkan prosentase dari selisih displacement kapal dengan jumlah LWT dan DWT agar bisa mengapung sesuai hukum Archimedes. Sedangkan batasan stabilitas ditentukan berdasarkan regulasi yang dikeluarkan *HSC Code 2000 Annex 7*.

Adapun batasan-batasan (*constraints*) tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Batasan perbandingan ukuran utama kapal didapatkan dari paper (Insel and Molland, 1992) tentang persyaratan untuk perhitungan ukuran kapal katamaran.

Tabel II. 1 Batasan Perbandingan Ukuran Utama

	Symbol		Min	Value	Max
L/B1	-	Insel & Molland (1992)	6		12
S/L	-	Insel & Molland (1992)	0,2		0.6
S/B1	-	Insel & Molland (1992)	0.9		4.1
B1/T	-	Insel & Molland (1992)	1.0		3.0
B1/B	-	Multi Hull Ships, hal. 61	0.15		0.3
CB	-	Insel & Molland (1992)	0.33		0.45

- b. Batasan stabilitas didapatkan dari *HSC Code 2000 Annex 7*.

Tabel II. 2 Batasan Kriteria Stabilitas

No.	Criteria	Syarat
1	Area 0 to 30	$Value \geq 0.55 \times 30^{\circ}/\theta$ m.deg
2	Angle of maximum GZ(intact)	$Value \geq 10^{\circ}$
3	Area between GZ and HTL	$Value \geq 1.6040$ m.deg
4	Passenger Crowding Heeling Arm	$Value < 10^{\circ}$

Halaman ini sengaja dikosongkan



## **BAB III METODOLOGI**

### **III.1. Proses Pengerjaan**

Secara umum tahap dari pengerjaan Tugas Akhir ini terdiri dari beberapa tahapan, antara lain:

#### **III.1.1. Pengumpulan Data**

Data yang dimaksud adalah segala acuan yang digunakan untuk menunjang desain kapal penumpang ini. Data yang dibutuhkan anatara lain:

##### **1. Jumlah Penumpang**

Data mengenai jumlah penumpang di Dermaga Marunda sangat diperlukan untuk menentukan *payload* dari kapal yang akan didesain. Sehingga akan direncanakan berapa kali angkut dalam sehari dan dapat ditentukan kebutuhan listrik untuk sumber tenaga. Data penumpang dapat berasal dari hasil survey langsung ke dermaga ataupun dengan data dari dinas terkait.

##### **2. Kondisi Perairan dari Dermaga Ujung BKT ke Pelabuhan Muara Baru**

Data teknis yang diperlukan adalah data tentang kedalaman perairan, jarak rute pelayaran, kondisi dan fasilitas dermaga yang ada. Dari kedalaman perairan didapatkan batasan tentang sarat kapal yang nantinya dirancang sehingga dapat mengurangi resiko kapal kandas. Jarak rute pelayaran perlu diketahui untuk mengetahui waktu tempuh kapal dalam sekali angkut. Kondisi dermaga dan fasilitas pelabuhan untuk menyesuaikan jumlah daya yang diperlukan kapal.

##### **3. Data Kapal Pembanding**

Pengumpulan data kapal pembanding dapat dilakukan dengan pencarian di web broker kapal dan konsultan desain. Data kapal pembanding yang dikumpulkan akan menjadi variabel-variabel yang digunakan dalam *Metode Trending Curve Approach* untuk menentukan ukuran utama awal kapal. Data kapal yang dikumpulkan meliputi kapal yang sudah ada dengan karakteristik yang sama atau mendekati sama dengan yang akan dirancang. Karakteristik yang dimaksud berupa jenis kapal, tipe lambung dan daerah pelayaran.

### **III.1.2. Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan beserta teori-teori yang terkait dengan Tugas Akhir ini. Studi yang dilakukan antara lain mengenai :

#### **1. Teori Desain Kapal**

Dalam proses mendesain kapal merupakan proses berulang-ulang, yaitu seluruh perencanaan dan analisis yang dilakukan secara berulang-ulang demi mencapai hasil yang maksimal. Desain ini digambarkan pada desain spiral (*the spiral design*). Desain spiral membagi seluruh proses menjadi 4 tahapan yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design*. (Watson, 1988)

Tahapan dari pengerjaan tugas akhir ini yaitu sampai pada konsep desain yang merupakan tahap lanjutan setelah adanya *Owner requirement*. Konsep bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Hasil dari tahapan konsep desain ini umumnya berupa gambar atau sketsa, baik sebagian ataupun secara lengkap.

#### **2. Water Bus sebagai Sarana Transportasi**

Perlu diketahui mengenai desain *Water Bus* ini menggunakan acuan kapal penumpang (*passanger ship*). Jadi rules yang dipakai mengacu pada peraturan kapal penumpang (*passanger ship*). *Water Bus* ini nanti fungsinya adalah sebagai sarana transportasi untuk menuju Dermaga Muara Baru atau sebaliknya.

#### **3. Kapasitas Baterai dan Panel Surya**

Konversi energi surya menjadi listrik terjadi pada perangkat semikonduktor yang disebut sel surya. Sel surya adalah unit yang hanya menghasilkan sejumlah tenaga listrik tertentu. Untuk menggunakan listrik tenaga surya untuk perangkat praktis, yang memerlukan voltase atau arus tertentu untuk operasi mereka, sejumlah sel surya harus dihubungkan bersamaan untuk membentuk panel surya. Kita juga harus memasang struktur dimana modul PV dipasang dan diarahkan ke arah matahari. Untuk sistem PV selama periode penyimpanan energi diperlukan, baterai untuk penyimpanan listrik sangat dibutuhkan.

### **III.1.3. Analisis Data dan Penentuan Payload**

Setelah didapatkan data-data yang diperlukan sudah terkumpul, selanjutnya dilakukan analisis data. Dari analisis data yang dilakukan maka akan didapat *Payload* kapal berupa jumlah penumpang yang akan diangkut oleh kapal tersebut.

#### III.1.4. Penentuan Ukuran Utama

Penentuan ukuran utama pada proses mendesain kapal ini menggunakan metode *trend curve approach* atau biasa disebut dengan regresi linear. Sebelumnya dilakukan pengumpulan data kapal perbandingan berupa ukuran utama sebagai variabel terikat dan jumlah penumpang sebagai variabel bebas. Kemudian data kapal diplot ke dalam grafik dengan bantuan *software microsoft excel*, tujuannya untuk memunculkan persamaan linear serta koefisien determinasi ( $R^2$ ) dari kedua variabel.

Besarnya kontribusi pengaruh variabel bebas (x) terhadap variabel terikat (y) dapat diprediksi dengan koefisien determinasi (R square) atau sering disimbolkan ( $R^2$ ). Syaratnya yaitu nilai hasil uji fungsi dalam analisis regresi bernilai signifikan, jika tidak maka nilai  $R^2$  tidak dapat digunakan. Jika dengan kurva linear menghasilkan nilai  $R^2$  yang kecil maka kurva dapat diganti dengan pilihan lain seperti polynomial, logarithmic, dan lain-lain agar mendapatkan nilai  $R^2$  yang besar.

Nilai awal ukuran utama dari metode regresi diperiksa menggunakan batasan perbandingan ukuran utama kapal. Rasio batasannya didapatkan dari paper (Insel dan Molland, 1992) tentang persyaratan untuk perhitungan ukuran kapal katamaran. Perhitungan ukuran utama kapal ini adalah untuk memastikan kapal yang akan didesain masih di dalam rasio ukuran utama kapal katamaran.

#### III.1.5. Desain *Layout* Awal Kapal

Setelah Payload atau jumlah muatan kapal ditentukan, selanjutnya dilakukan pendesainan awal *layout* kapal yang akan didesain. Pendesainan *layout* ini berdasarkan *payload* yang telah ditentukan tadi. Hasil dari desain *layout* awal ini adalah ukuran utama awal kapal, yaitu berupa panjang, lebar, tinggi, dan sarat kapal.

#### III.1.6. Kajian Teknis

Setelah didapatkan ukuran utama awal kapal, selanjutnya dilakukan kajian teknis. Kajian teknis disini adalah perhitungan-perhitungan teknis terkait pendesainan kapal. Pertama adalah perhitungan koefisien, yaitu meliputi *block coefficient* ( $C_B$ ), *midship coefficient* ( $C_M$ ), *Prismatic Coefficient* ( $C_p$ ), *Longitudinal Center of Bouyancy* (LCB), dan lain-lain. Setelah itu dilakukan perhitungan perbandingan ukuran utama. Perbandingan ini ada *rangeny*, dimana telah diatur dalam dikta-diktat desain kapal. Setelah itu dilakukan perhitungan hambatan kapal dan propulsi kapal untuk menentukan mesin yang digunakan.

Penentuan mesin juga menyesuaikan daya panel surya dan kapasitas baterai yang di perlukan.

Lalu dilakukan perhitungan DWT dan LWT serta dilakukan koreksi pada perhitungan tersebut dibandingkan dengan *displacement*. Setelah itu dilakukan perhitungan *freeboard* dan stabilitas kapal. Jika semua perhitungan yang telah dilakukan tersebut memenuhi maka akan didapatkan ukuran utama akhir kapal. Tetapi jika masih ada yang belum memenuhi, maka dilakukan perhitungan lagi dengan mengubah ukuran utama awal kapal sampai semua perhitungan diatas memenuhi.

### **III.1.7. Pembuatan Desain Rencana Garis, Rencana Umum dan Desain 3 D**

Setelah perhitungan dilakukan, maka akan didapatkan ukuran utama akhir kapal. Ukuran utama akhir kapal ini akan digunakan untuk mendesain Rencana Garis, Rencana Umum dan Desain 3 Dimensi dari kapal. Pembuatan desain Rencana Garis dilakukan dengan menggunakan *software maxsurf*. Setelah desain Rencana Garis selesai dilanjutkan desain Rencana Umum kapal dengan menggunakan *software Auto-Cad*. Untuk desain 3 Dimensi kapal menggunakan *program Rhinoceros ver 5*.

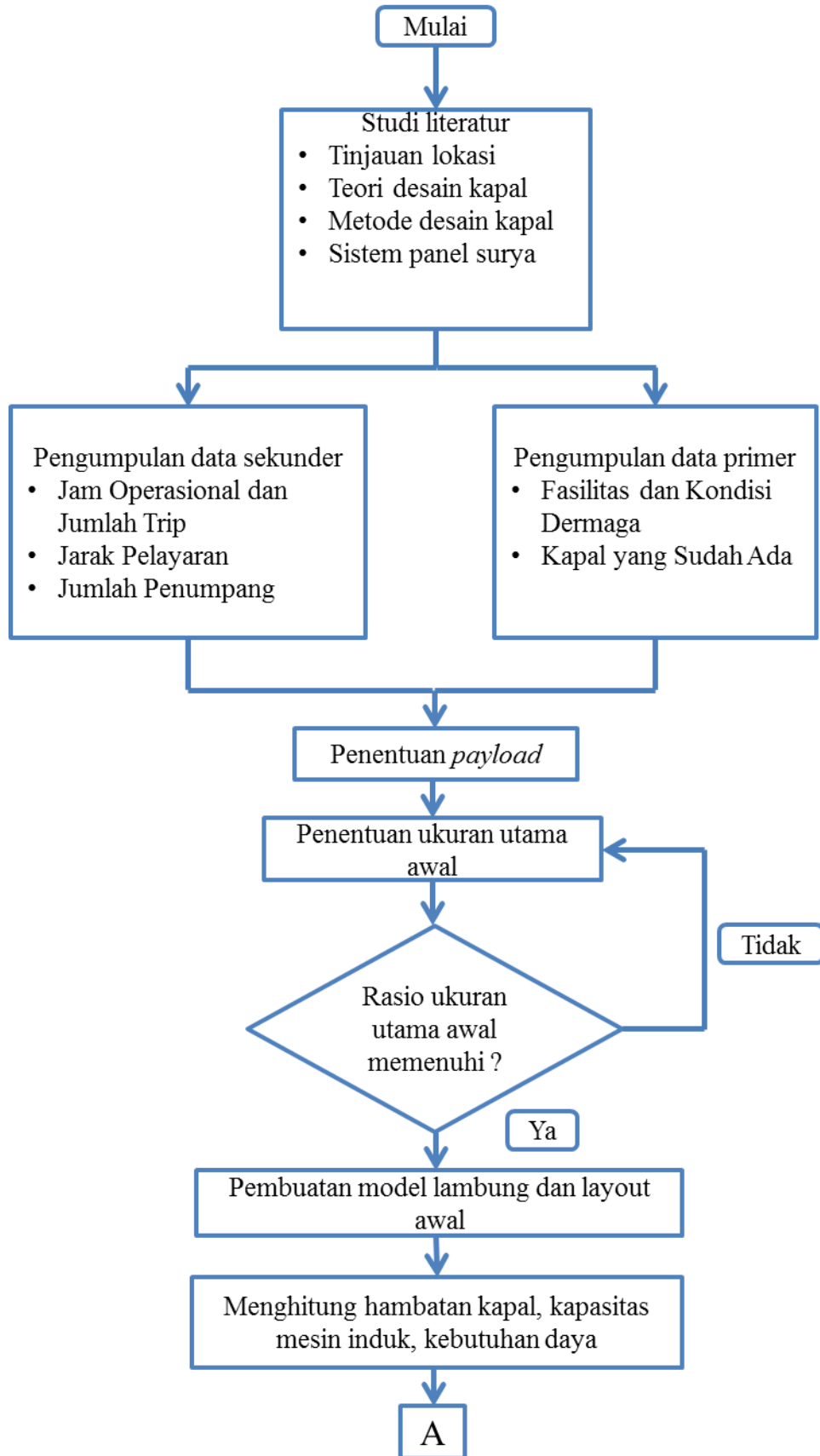
### **III.1.8. Kesimpulan dan Saran**

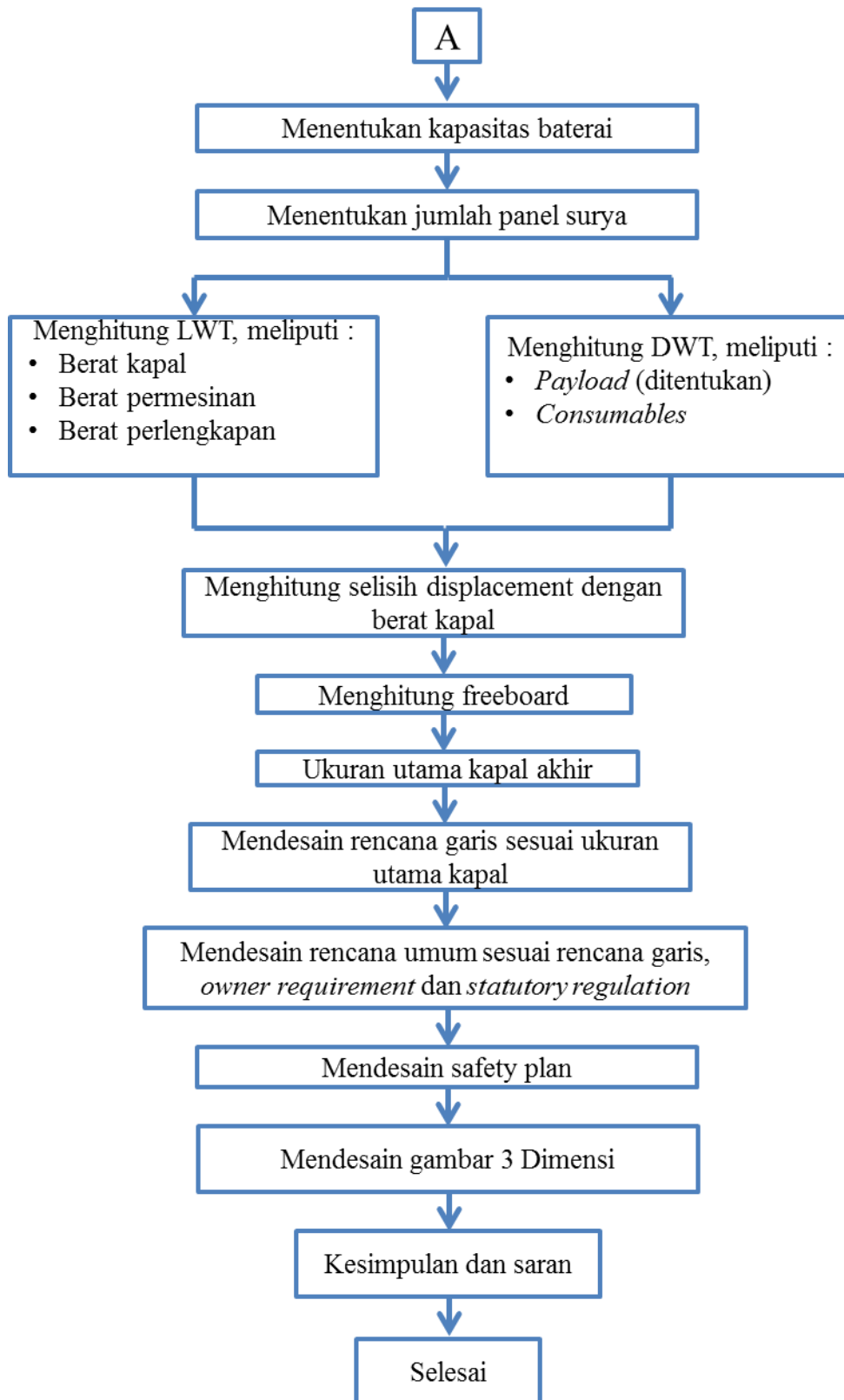
Setelah semua tahapan selesai dilakukan, kemudian ditarik kesimpulan dari analisis dan perhitungan. Kesimpulan berupa ukuran utama kapal dan koreksi keamanan terhadap standar yang sudah ada. Saran dibuat untuk menyempurnakan apa yang belum tercakup dalam proses pendesainan kapal ini. Langkah-langkah pengerjaan Tugas Akhir ini dapat dilihat di Bagan Alir pada Bagan Alir tentang Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir.

### **III.2. Lokasi Pengerjaan**

Pengerjaan Tugas Akhir ini untuk menghasilkan desain kapal yang sesuai dan karakteristik jalur pelayaran pada teluk jakarta untuk rute Marunda-Muara Baru. Selain itu desain kapal diharapkan berguna untuk mengenalkan inovasi baru alternatif transportasi kepada masyarakat kelurahan Marunda dan Penjaringan, Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta.

### III.3. Bagan Alir





## **BAB IV**

### **ANALISIS TEKNIS**

#### **IV.1. Data Hasil Survey**

Pada Tugas Akhir ini dilakukan dua survey, yaitu mencari data langsung ke lokasi dan mencari data secara online. Lokasi survey yaitu lahan yang dikelola Unit Pengelola Angkutan Perairan dan Kepelabuhan (UP-APK) yang selain terdapat di muara kanal banjir Timur (KBT) Marunda, juga terdapat di sebelah Timur pelabuhan perikanan Nizam Zachman daerah Muara Baru, Penjaringan.

Lahan tersebut dijadikan sebagai pelabuhan kecil untuk penyeberangan. Pada lahan di daerah Marunda Fasilitas pelabuhan berupa kantor dan dermaga berukuran 9 m x 4 m yang tersusun dari kubus apung berbahan *High Density Poly Ethilene* (HDPE). Dermaga pada Gambar IV.1 berfungsi sebagai tempat untuk menaikan penumpang serta dapat menjadi tempat berlabuh kapal, demikian juga dengan dermaga di Muara Baru.



Gambar IV. 1 Fasilitas Dermaga

Dari hasil penelusuran informasi melalui website resmi pemerintah provinsi DKI Jakarta diketahui bahwa jam operasional penyeberangan dimulai pada pukul 07.00 WIB kapal dijadwalkan berangkat dari dermaga Marunda menuju ke Muara Baru (beritajakarta, 2016). Kapal kembali dari Muara Baru pada pukul 17.30 WIB untuk membawa penumpang kembali ke dermaga Marunda. Jadi terdapat 1 kali round trip untuk 1 hari. Informasi tersebut didukung dengan Tanya jawab penulis dengan kepala dermaga Marunda.

Pengukuran jarak pelayaran dilakukan melalui web *google maps*, dimana didapatkan lintasan terpendek antara kedua titik sepanjang 19 km atau berjararak 10.26 mil laut, dimana 1 km sama dengan 0,54 mil laut. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar IV.2.



Gambar IV. 2 Pengukuran Jarak Pelayaran  
(Googlemaps, 2018)

Kondisi kepadatan lalu lintas melalui jalur darat dengan rute menuju ke Muara Baru disurvei juga melalui web yang sama selama 2 minggu. Contoh hasil survey dapat dilihat pada lampiran data pendukung. Diambil 2 kondisi lalu lintas pada pagi dan sore hari pada waktu operasional yang direncanakan untuk kapal, dengan rata-rata waktu tempuh jalur darat selama 1 jam 20 menit.

Data penumpang didapatkan melalui rekapitulasi manifes penumpang pada tahun 2015 sampai pada awal 2017, karena layanan penyeberangan dari awal 2017 hingga saat survey sedang tidak berjalan. Menurut tanya jawab penulis dengan petugas pelabuhan di Marunda, kapal berhenti beroperasi karena sudah waktunya naik dok tetapi belum dilakukan doking. Data berupa rekapitulasi didapatkan melalui kunjungan ke kantor UP-APK.

Tabel IV. 1 Rekapitulasi Manifes Penumpang KM Kerapu Lintasan V  
(Unit Pengelola Angkutan Perairan dan Kepelabuhan, 2017)

DARI : MARUNDA KE : MUARA BARU

	Tahun 2015	Keberangkatan		Penumpang		Rata-rata		
Bulan	<b>JANUARI</b>	22	Kali	444	Orang	20.2	21	Orang
	<b>FEBRUARI</b>	22	Kali	427	Orang	19.4	20	Orang
	<b>MARET</b>	24	Kali	507	Orang	21.1	22	Orang
	<b>APRIL</b>	25	Kali	586	Orang	23.4	24	Orang
	<b>MEI</b>	23	Kali	520	Orang	22.6	23	Orang
	<b>JUNI</b>	25	Kali	554	Orang	22.2	23	Orang
	<b>JULI</b>	22	Kali	464	Orang	21.1	22	Orang
	<b>AGUSTUS</b>	25	Kali	534	Orang	21.4	22	Orang
	<b>SEPTEMBER</b>	25	Kali	510	Orang	20.4	21	Orang
	<b>OKTOBER</b>	26	Kali	442	Orang	17.0	17	Orang
	<b>NOVEMBER</b>	25	Kali	394	Orang	15.8	16	Orang



	<b>DESEMBER</b>	23	Kali	389	Orang	16.9	17	Orang
	<b>TOTAL</b>	287	Kali	5771	Orang			
<b>Bulan</b>	<b>Tahun 2016</b>	<b>Keberangkatan</b>		<b>Penumpang</b>		<b>Rata-rata</b>		
	<b>JANUARI</b>	23	Kali	444	Orang	19.3	20	Orang
	<b>FEBRUARI</b>	22	Kali	428	Orang	19.5	20	Orang
	<b>MARET</b>	25	Kali	517	Orang	20.7	21	Orang
	<b>APRIL</b>	24	Kali	569	Orang	23.7	24	Orang
	<b>MEI</b>	19	Kali	442	Orang	23.3	24	Orang
	<b>JUNI</b>	20	Kali	346	Orang	17.3	18	Orang
	<b>JULI</b>	13	Kali	187	Orang	14.4	15	Orang
	<b>AGUSTUS</b>	17	Kali	353	Orang	20.8	21	Orang
	<b>SEPTEMBER</b>	15	Kali	242	Orang	16.1	17	Orang
	<b>OKTOBER</b>	19	Kali	304	Orang	16.0	16	Orang
	<b>NOVEMBER</b>	12	Kali	171	Orang	14.3	15	Orang
	<b>DESEMBER</b>	18	Kali	272	Orang	15.1	16	Orang
	<b>TOTAL</b>	227	Kali	4275	Orang			
<b>Bulan</b>	<b>Tahun 2017</b>	<b>Keberangkatan</b>		<b>Penumpang</b>		<b>Rata-rata</b>		
	<b>JANUARI</b>	8	Kali	116	Orang	14.5	15	Orang
	<b>FEBRUARI</b>		Kali		Orang			Orang
	<b>MARET</b>		Kali		Orang			Orang
	<b>APRIL</b>		Kali		Orang			Orang
	<b>MEI</b>		Kali		Orang			Orang
	<b>JUNI</b>		Kali		Orang			Orang
	<b>JULI</b>		Kali		Orang			Orang
	<b>AGUSTUS</b>		Kali		Orang			Orang
	<b>SEPTEMBER</b>		Kali		Orang			Orang
	<b>OKTOBER</b>		Kali		Orang			Orang
	<b>NOVEMBER</b>		Kali		Orang			Orang
	<b>DESEMBER</b>		Kali		Orang			Orang
	<b>TOTAL</b>	8	Kali	116	Orang			

Tabel IV.1 diatas merupakan rekapitulasi manifes penumpang dari tahun 2015 hingga 2017 untuk keberangkatan menuju ke Muara Baru. Hasil rekapitulasi sudah di konsultasikan dengan pengelola dermaga Marunda untuk memastikan validasinya.

#### IV.2. Penentuan *Payload*

Langkah awal yang dilakukan untuk mendesain kapal adalah menentukan *Owner's Requirement*. Dalam tugas akhir ini, didasarkan pada jumlah penumpang yang diangkut dari Dermaga Marunda. Dalam penentuan jumlah muatan ini juga harus memperhatikan jumlah penumpang yang terjadi di daerah tersebut.

Pada Tabel IV.1 diatas menunjukkan jumlah keberangkatan yang terjadi serta jumlah penumpang yang diangkut setiap bulan selama tahun 2015. Jumlah keberangkatan selama tahun 2015 sebanyak 287 kali dengan mengangkut 5771 orang, maka jumlah rata-rata penumpang yang diangkut tiap keberangkatan selama tahun 2015 sebanyak 21 orang.

Dengan cara yang sama pada paragraf sebelumnya maka dari Tabel IV.1 dapat diperoleh jumlah rata-rata penumpang yang diangkut tiap keberangkatan selama tahun 2016 sebanyak 19 orang. Rekapitulasi manifes tahun 2017 tidak di gunakan karena jumlah data yang terbatas akibat layanan penyeberangan sedang tidak berjalan. *Payload* diambil dari jumlah rata-rata penumpang yang diangkut tiap keberangkatan selama tahun 2015 dan 2016 sebanyak 20 orang.

Untuk berat tiap penumpang diasumsikan berat per orang (*2008 IS Code part A Chapter 3*): 0.075 ton untuk barang bawaan diasumsikan 0.005 ton untuk masing-masing penumpang, sehingga berat penumpang 1.6 ton.

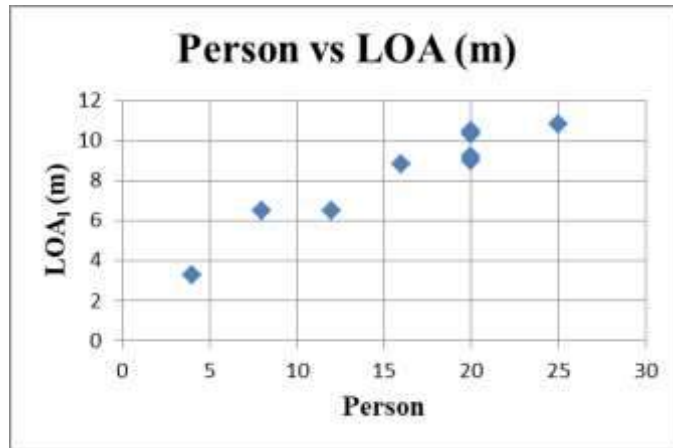
### IV.3. Penentuan Ukuran Utama

Penentuan ukuran utama pada proses mendesain kapal ini menggunakan *Metode Trending Curve Approach* atau biasa disebut dengan regresi linear sederhana. Sebelumnya dilakukan pengumpulan data kapal pembanding.

Tabel IV. 2 Data Kapal Pembanding

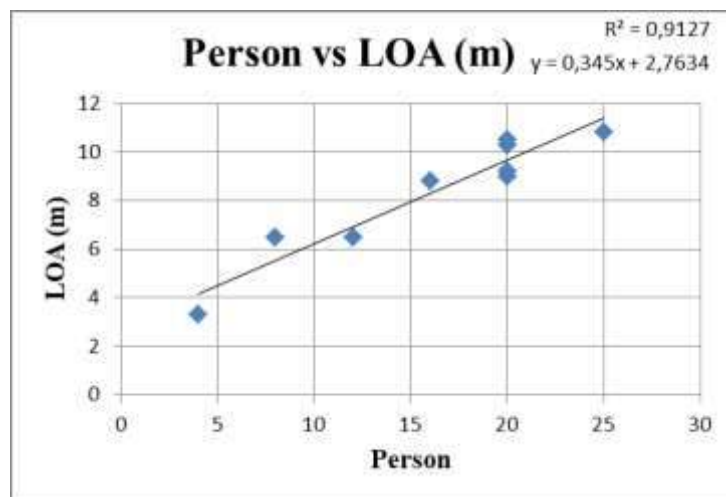
No	Nama Kapal	Ukuran				Sumber	Passenger (Person)
		L (m)	B (m)	T (m)	D (m)		
1	Sun Cr Z9	3,3	1,65	0,3	0,64	alibaba.com	4
2	E-Maran 8	6,5	2,3	0,28	1,04	koreaturbine.com	8
3	SunRider (12 Pass)	6,5	2,5	0,5	1,1	navaltboats.com	12
4	E-Maran 16	8,8	2,3	0,32	1,04	koreaturbine.com	16
5	SunRider (20 Pass)	9	3	0,6	1,1	navaltboats.com	20
6	Sun Cr Z30	9,2	3	0,6	1,1	alibaba.com	20
7	FBI 1032 KA	10,3	3,2	0,55	1,2	fiberboat-indonesia.com	20
8	JC-1032	10,5	3,4	0,6	1,2	javaneseboat.com	20
9	FRP Catamaran China	10,8	3,8	0,67	1,3	sftindustries.en.made-in-c	25

Sesuai dengan Tabel IV-2 ukuran utama yang dibandingkan sebagai variabel terikat berupa LoA, B, H dan T sedangkan untuk variabel bebas berupa jumlah penumpang (*person*). Setelah dilakukan penyusunan kemudian diplot kedalam grafik dengan bantuan *software microsoft excel* untuk menentukan hubungan antara kedua jenis variabel tersebut.



Gambar IV. 3 Grafik Jumlah Penumpang (*Person*) terhadap LOA (m)

Gambar IV.3 merupakan hasil plot jumlah penumpang (*person*) terhadap L kapal pemandang. Sumbu X grafik merupakan jumlah penumpang sedangkan sumbu Y grafik merupakan panjang L. Selanjutnya dari grafik dilakukan regresi linear dengan memunculkan *trendline* dibantu oleh *microsoft excel* dengan perintah *trendline linear* pada menu bar *layout*. Untuk menarik rumusan dapat dilakukan dengan mencentang *display equation* dan *display R-squared chart value* pada *trendline option*.



Gambar IV. 4 Grafik LOA (m) dengan *Trendline*

Pada Gambar IV.4 nilai  $R^2$  yang didapat sebesar 0.915 dimana nilainya memungkinkan persamaan hasil regresi untuk dapat digunakan. Persamaan yang didapatkan berupa persamaan linear  $Y = 0.3315(X) + 2.8818$  dimana X merupakan jumlah penumpang dan Y merupakan panjang LOA (m). Dari persamaan tersebut nilai payload sebesar 20 orang dapat dimasukkan sebagai nilai X sehingga didapatkan nilai Y sebesar 9,71 m.

Dengan menggunakan cara yang sama pada paragraf sebelumnya maka didapatkan ukuran utama awal pada Tabel IV.3 dibawah,

Tabel IV. 3 Ukuran Utama Kapal Penumpang

No	Ukuran	Rumus	R <sup>2</sup>	Nilai	Satuan
1	LoA	0,345*P+2,7634	0,9127	9,71	m
2	B	0,0911*P+1,3267	0,8717	3,15	m
3	H	0,0234*P+0,7035	0,7319	1,17	m
4	T	0,019*P+0,1857	0,7527	0,56	m

Penentuan ukuran lambung katamaran menggunakan Tabel IV.4 dibawah, yang berisi detail model lambung untuk percobaan *insell* dan *molland* tentang komponen hambatan kapal katamaran. Pada tabel terdapat beberapa nilai L/B yang merupakan perbandingan nilai Lwl dengan lebar *demihull* (B<sub>1</sub>).

Tabel IV. 4 Detail Model Lambung pada Percobaan Insell dan Molland  
(Insel, M., Molland, A.F, 1991)

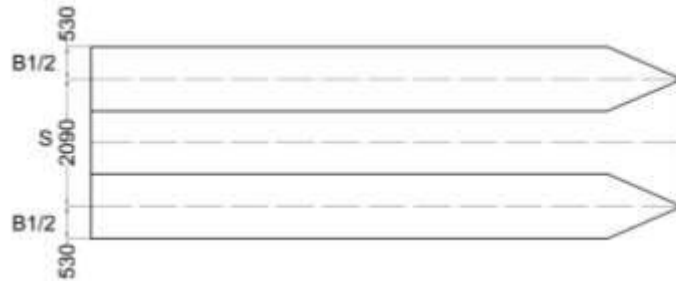
Model	C3	C4	C5
L(m)	1,600	1,600	1,600
L/B	7,000	9,000	11,000
B/T	2,000	2,000	2,000
L/∇ <sup>1/3</sup>	6,273	7,417	8,479
C <sub>B</sub>	0,397	0,397	0,397
C <sub>P</sub>	0,693	0,693	0,693

Nilai L berdasarkan Tabel IV.4 diatas untuk kapal yang didesain diasumsikan 1.02 Lwl, maka nilai Lwl didapat sebesar 9.52 m. Kemudian dipilih nilai Lwl/B<sub>1</sub> pada model C4 sebesar 9 karena nilai B<sub>1</sub>/T yang didapat paling mendekati nilai pada table IV.4. Penentuan ukuran Lwl/B<sub>1</sub> seperti pada Tabel IV.5 dibawah.

Tabel IV. 5 Penentuan Ukuran Lwl/B<sub>1</sub>

	Model			Satuan
	C3	C4	C5	
Lwl/B <sub>1</sub>	7	9	11	-
B <sub>1</sub>	1,36	1,06	0,87	m
B <sub>1</sub> /T	2,43	1,89	1,55	-

Untuk jarak  $S$  (*separation*) didapatkan melalui penggambaran sketsa dari ukuran-ukuran yang didapat sebelumnya. Pada Gambar IV.5 nilai  $S$  didapat sebesar 2.09 m dengan nilai perbandingan  $S/Lwl$  sebesar 0,22.



Gambar IV. 5 Ukuran  $S/Lwl$

Dari ukuran utama kapal dan ukuran lambung katamaran yang telah didapatkan maka dapat dibuat perbandingan sesuai dengan referensi yang dikumpulkan pada Tabel II.1. Perbandingan ukuran utama dengan ukuran lambung disajikan pada Tabel IV.6.

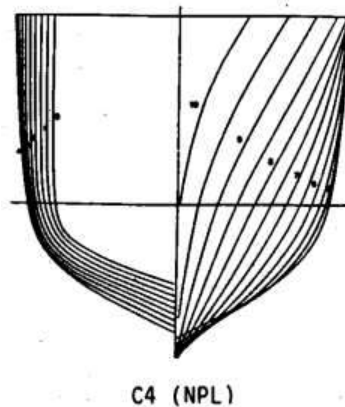
Tabel IV. 6 Perbandingan Ukuran Utama Kapal Katamaran

	Symbol		Min	Value	Max
L/B1	-	Insel & Molland (1992)	6	9	12
S/L	-	Insel & Molland (1992)	0.2	0.22	0.6
S/B1	-	Insel & Molland (1992)	0.9	1.98	4.1
B1/T	-	Insel & Molland (1992)	1.0	1.89	3.0
B1/B	-	Multi Hull Ships, hal. 61	0.15	0.29	0.3
CB	-	Insel & Molland (1992)	0.33	0.43	0.45

Untuk penentuan kecepatan dinas dilakukan dengan mengestimasi waktu tempuh terhadap jarak yang sudah di ukur. Estimasi mengacu pada jam operasional kapal yang berangkat pukul 07.00 WIB dengan jam masuk kerja tempat pelelangan ikan dan pabrik-pabrik ikan kurang lebih pukul 08.00 WIB, berdasarkan penelusuran melalui internet. Kecepatan 11 knot dipilih sebagai kecepatan dinas untuk menempuh jarak 10.26 mil dengan waktu tempuh 56 menit atau sekitar 1 jam sehingga dapat lebih cepat dibandingkan dengan melalui rute darat saat terjadi kepadatan lalu lintas.

#### IV.4. Pembuatan Model Lambung

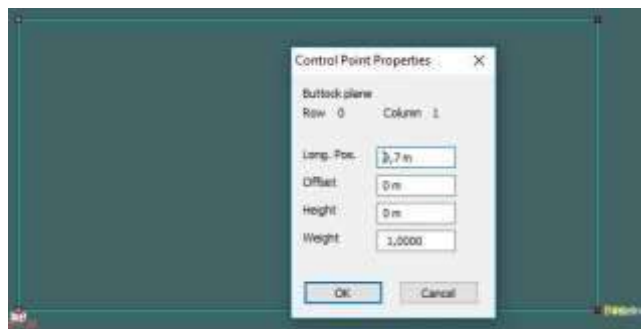
Pembuatan model lambung menggunakan referensi dari linesplan model pada percobaan insell dan molland. Dari linesplan pada gambar IV.6 dibawah, kemudian dilakukan penggambaran ulang dengan bantuan *software Maxsurf Modeller Advanced* sampai karakteristiknya mendekati nilai pada Tabel IV.4 .



Gambar IV. 6 Lambung C4 Pada Model Percobaan Komponen Hambatan  
(Insel, M., Molland, A.F, 1991)

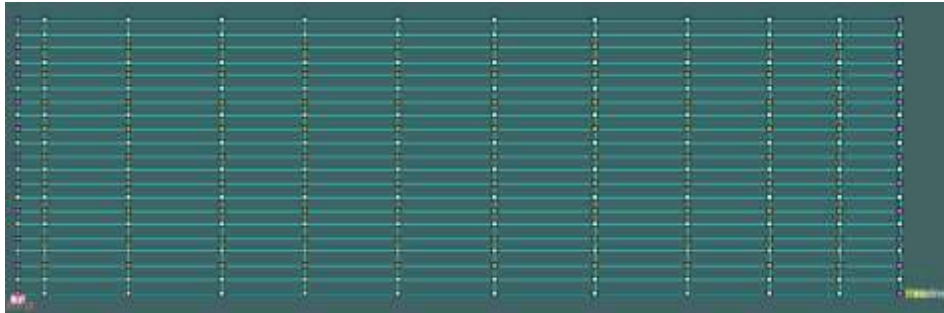
Ukuran yang digunakan pada pembuatan model lambung meliputi  $L = 9.71$  m;  $B = 3.15$  m;  $H = 1.17$  m;  $T = 0.56$  m;  $Lwl = 9.52$  m;  $B1 = 1.06$  m;  $S = 2.09$  m. Kemudian nilai CB dan CP dibuat agar mendekati nilai pada Tabel IV.4 .

Langkah awal untuk menggambar ulang bentuk *linesplan* yaitu memasukan gambar referensi kedalam program dengan perintah *import image background* dan tampilan fokus pada program maxsurf diatur agar tampak *bodyplan*. Berikutnya menentukan titik acuan (*zero pint*) dan titik referensi (*reference point*), dalam kasus ini titik referensi yaitu setengah lebar kapal sehingga gambar referensi linesplan akan diskala oleh program.



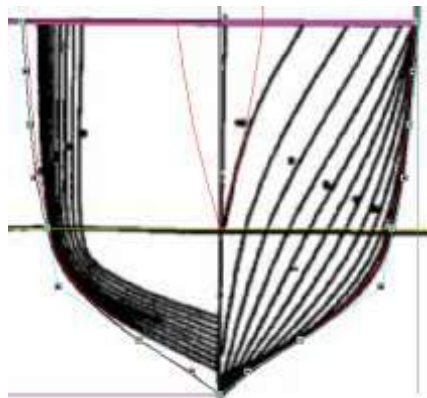
Gambar IV. 7 Mengatur Letak dan Panjang *Surface*

*Surface* dibuat dengan perintah *add surface buttock plane* , dimana ukuran panjang *surface* sama dengan panjang lambung pada ukuran utama. Lalu ditambahkan *control point* secukupnya dengan perintah *add control point* secara vertikal dan satu buah *control point* pada arah horisontal.



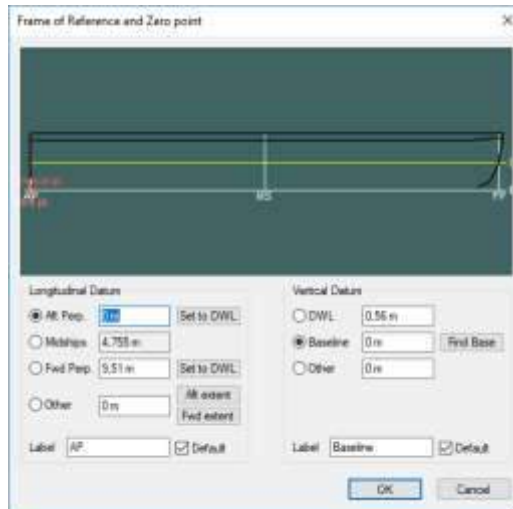
Gambar IV. 8 Hasil dari Proses Duplikat *Surface*

Kemudian *surface* diduplikat searah vertikal sesuai tingginya lalu dilakukan penyatuan (*bonding*) seperti pada Gambar IV.8 . Jumlah duplikat disesuaikan dengan kebutuhan, dimana biasanya setengah badan kapal katamaran membutuhkan minimal 6 *surface*, tetapi kapal yang didesain menggunakan 10 *surface*. Tampak depan *surface* diatur dengan cara menggeser *control point* agar mengikuti tepi terluar *bodyplan*.



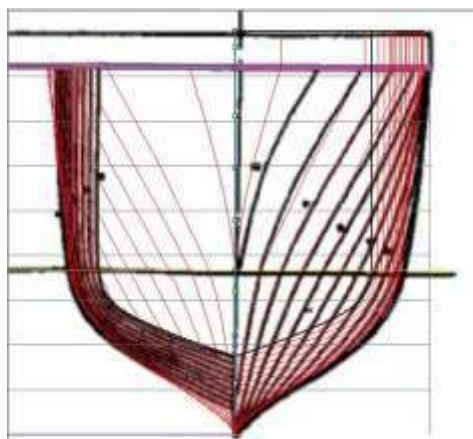
Gambar IV. 9 Pembentukan Control Point sesuai Tepi *Bodyplan*

Tinggi sarat air sesuai ukuran utama di-*input* melalui perintah *data frame of reference* dengan memasukkan nilai DWL setinggi nilai sarat air. Program akan mendeteksi letak titik AP, *midship* dan FP di sepanjang garis air seperti tampak pada Gambar IV.10.



Gambar IV. 10 Pengaturan Tinggi Sarat

Penambahan *station* dilakukan menggunakan perintah *design grid add section*. Penambahan section sejumlah yang tertera pada *body plan* referensi yaitu sebanyak 11 (ST 0 sampai ST 10) dengan jarak sepanjang garis air (*waterline*) model. Dengan mengatur *control point* maka tiap *section* dibuat agar bentuknya mendekati *bodyplan* referensi.



Gambar IV. 11 Bentuk Model Lambung Tampak *Bodyplan*

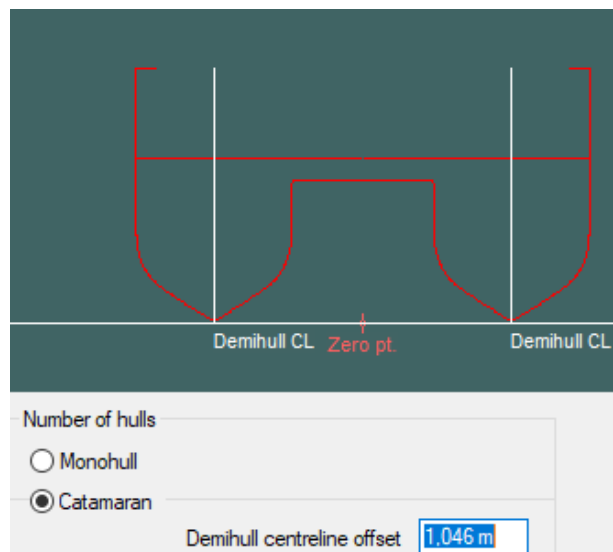
Kemudian dilakukan pengecekan terhadap karakteristik bawah air dari model kapal dengan perintah *calculate hydrostatics*. Koefisien-koefisien pada model seperti  $C_B$  dan  $C_P$  dibuat agar mendekati *bodyplan* referensi. Dari proses pembuatan model lambung didapatkan besarnya koefisien blok ( $C_B$ ) senilai 0.409 dan koefisien prismatic ( $C_P$ ) senilai 0.696 seperti pada Tabel IV.7 dibawah.



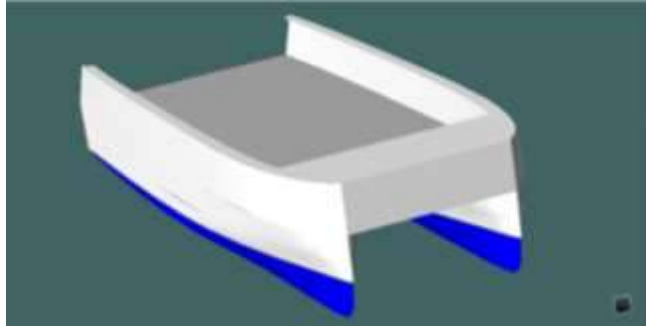
Tabel IV. 7 Karakteristik Hidrostatik Lambung Katamaran

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	5,041	t
2	Volume (displaced)	4,918	m <sup>3</sup>
3	Draft Amidships	0,560	m
4	Immersed depth	0,560	m
5	WL Length	9,511	m
6	Beam max extents o	3,172	m
7	Wetted Area	26,261	m <sup>2</sup>
8	Max sect. area	0,774	m <sup>2</sup>
9	Waterpl. Area	15,930	m <sup>2</sup>
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,668	
11	Block coeff. (Cb)	0,427	

Setelah model lambung selesai, agar program *maxsurf* dapat mengidentifikasi model tersebut, maka jumlah lambung harus diganti dari *monohull* menjadi *catamaran* pada perintah vessel type dengan memasukan nilai dari 0.5 S (jarak pisah) sebagai koordinat dari *centerline demihull* seperti pada Gambar IV.12. Untuk hasil dari pembentukan 3 dimensi model lambung katamaran dapat dilihat pada Gambar IV.13.



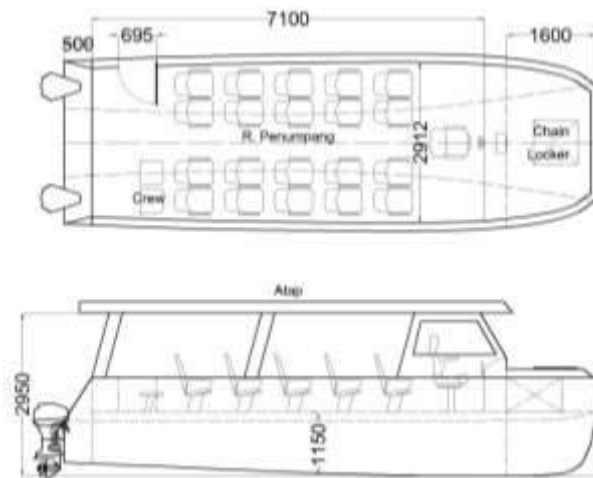
Gambar IV. 12 Pengaturan Jumlah Lambung di *Maxsurf*



Gambar IV. 13 Tampak Perspektif Depan Model Lambung

#### IV.5. Pembuatan Layout Awal

*Layout* awal kapal digunakan sebagai acuan utama untuk mengetahui apakah ukuran utama mampu menampung jumlah penumpang maksimum yang telah direncanakan. Di samping itu juga untuk melihat gambaran umum dari bentuk kapal sebelum dilakukan perhitungan teknis. *Layout* awal pada Gambar IV.14 dibawah juga berfungsi untuk menggambarkan tata letak awal dari muatan yang ada di dalam kapal dimulai dari letak tempat duduk, ruangan-ruangan dan tempat penyimpanan lain.



Gambar IV. 14 *Layout* Awal Kapal Penumpang

#### IV.6. Perhitungan Awal

Setelah didapatkan ukuran utama kapal serta desain lines plan, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan perhitungan awal. Perhitungan awal meliputi perhitungan *froud number*, perhitungan coefficient ( $C_b$ ,  $C_m$ ,  $C_p$ , dan  $C_{wp}$ ) serta *displacement* dan volume *displacement*. Perhitungan awal ini dilakukan sebagai langkah awal dalam perhitungan teknis, salah satunya untuk menghitung nilai hambatan dan propulsi kapal.

#### IV.6.1. Pertungan Froud Number

Angka *Froude* merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan panjang kapal. *Froud Number* dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \times Lwl}} \quad (IV.1)$$

Dimana  $v$  dalam m/s sehingga didapatkan nilai  $Fn$  sebesar 0.585.

#### IV.6.2. Perhitungan Koefisien

a. *Midship Coefficient* ( $C_m$ )

$$C_m = \frac{A_m}{B \times T} \quad (IV.2)$$

Dimana  $A_m$  merupakan luas area potongan melintang *midship* yang tercelup saat keadaan penuh, nilai  $C_m$  didapat sebesar 0.592.

b. *Waterplane Coefficient* ( $C_{wp}$ )

$$C_{wp} = \frac{A_{wp}}{Lwl \times B} \quad (IV.3)$$

Dimana  $A_{wp}$  adalah luas bidang pada garis air setinggi sarat dan  $B$  adalah lebar lambung setinggi sarat. Maka didapatkan nilai  $C_{wp}$  sebesar 0.774.

#### IV.6.3. Perhitungan Hambatan Kapal Total ( $R_T$ ) dengan Metode *Slender Body*

*Slender body method* diaplikasikan untuk perhitungan hambatan lambung kapal *monohull* dan *multihull*, dengan mengasumsikan lambung kapal berbentuk simetris dan pipih dimana rasio antara panjang dan lebar kapal yang besar ( $L/V^{1/3} > 4.0$ ). Perhitungan dilakukan menggunakan *software maxsurf resistance*.

1. Menghitung *Slenderness Ratio*

*Slenderness ratio* yaitu nilai perbandingan yang menyatakan kerampingan bentuk lambung kapal. Rumusnya yaitu :

$$SR = \frac{Lwl}{\sqrt[3]{V}} \text{ dimana } 4.0 < SR \quad (IV.4)$$

Volume displamen yang dimaksud dalam persamaan diatas yaitu volume untuk *demihull*. Dari perhitungan didapatkan *slenderness ratio* sebesar 7.055 yang berarti metode ini baik untuk digunakan dalam menghitung hambatan model kapal.

## 2. Memilih Metode Analisis

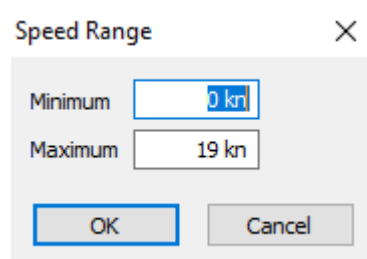
Pemilihan metode dapat dilakukan melalui menu *analysis* pada program *Maxsurf Resistance*. Pemilihan metode dilakukan dengan cara mencentang *analytical slender body method* pada menu seperti pada Gambar IV.15 dibawah.



Gambar IV. 15 Pemilihan Metode Perhitungan Hambatan

## 3. Menentukan Range kecepatan

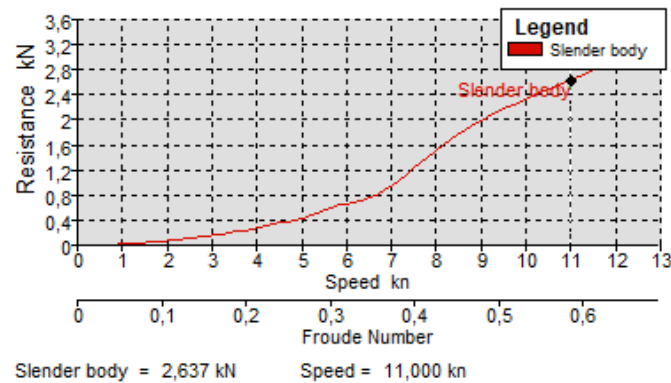
Penentuan *range* kecepatan dilakukan dengan memasukan nilai kecepatan maksimum dan minimum pada menu *analysis*. Nilai minimum kecepatan sebesar 0 kn sementara nilai maksimum pada kecepatan yang menyebabkan  $F_n$  mendekati 1, sehingga dipilih kecepatan maksimum yaitu 19 kn.



Gambar IV. 16 Range Kecepatan untuk Analisis Model

#### 4. Analisis dan Pembahasan Hasil

Untuk melakukan perhitungan hambatan dengan menggunakan metode *slender body* perintah yang digunakan pada menu *analysis* yaitu *solve resistance analysis*. Dengan perintah tersebut maka *software* akan menghitung *mesh* pada model lambung kapal.



Gambar IV. 17 Grafik Nilai Hambatan Total ( $R_T$ ) terhadap kecepatan (knot)

Hasil perhitungan hambatan disajikan baik dalam bentuk grafik maupun bentuk tabel. Untuk melihat grafik dilakukan pada menu *window* dengan mencentang perintah *graph* seperti pada Gambar IV.17 sementara untuk melihat tabel dengan mencentang perintah *result*. Dari grafik hasil perhitungan didapatkan nilai hambatan total ( $R_T$ ) untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan 11 knot yaitu sebesar 2.637 kN.

#### IV.6.4. Perhitungan Power

Setelah nilai hambatan total kapal diketahui, maka tahap selanjutnya adalah menghitung daya yang dibutuhkan kapal untuk menentukan motor penggerak yang digunakan. Pada tahap perhitungan awal daya kapal terdapat beberapa komponen yang harus dicari. Komponen-komponen tersebut meliputi *Effective Power* ( $P_E$ ) dan *Thrust Power* ( $P_T$ ) Berikut rumus-rumus untuk mencari elemen-elemen tersebut:

##### 1. *Effective Power* ( $P_E$ )

*Effective power* merupakan daya yang dibutuhkan untuk mendorong lambung melawan hambatan sehingga kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan harga EHP:

$$P_E = R_T \times V_s \quad (IV.5)$$

Dimana:

$R_T$  = Hambatan total kapal (kN) didapat sebesar 2.637 kN

$V_s$  = Kecepatan dinas kapal (m/s) sebesar 5.66 m/s

$P_E$  = 2.637 kN x 5.66 m/s = 14.921 kW

## 2. Thrust Power ( $P_T$ )

*Thrust power* merupakan daya yang diakibatkan oleh gaya dorong *propeller* pada *velocity of advance* ( $v_a$ ). Terdapat pengurangan daya dari *effective power* karena efisiensi lambung ( $\eta_H$ ) akibat bentuk lambung. Perhiungan daya total setelah *thrust power* membutuhkan pemilihan daya *thrust* mesin yang cocok. Tahap perhitungan sebagai berikut:

$$P_T = P_E / \eta_H \quad (IV.6)$$

Dimana:

$P_E$  = *Effective Power* (HP) / (kW)

$\eta_H$  = Efisiensi lambung

Untuk penentuan efisiensi lambung;

$$\eta_H = (1 - t)/(1 - w)$$

Dimana:

$w$  = *Wake friction*

$w = 0.3 C_B + 10 CV C_B - 0.23 D/\sqrt{B T}$  untuk kapal dengan *twin screw*

$w = 0.093$

$t$  = *Thrust deduction*

$$t = 0.325 C_B - 0.1885 D/\sqrt{B T}$$

Nilai  $t = 0.096$

$$\eta_H = (1 - 0.090)/(1 - 0.087) = 0.998$$

$$P_T = 14.921 \text{ kW}/0.997 = 14.957 \text{ kW}$$

Karena *twin screw*, maka  $P_T$  untuk 1 mesin;

$$P_T = 7.479 \text{ kW}$$

Maka *thrust power* yang harus diberikan satu buah mesin untuk mendorong lambung kapal sebesar 7.479 kW. Berdasarkan daya *thrust* yang dibutuhkan dari perhitungan maka ditentukan daya *thrust* mesin sebagai pertimbangan melalui spesifikasi teknis mesin sebagai berikut;

Power input =	15,5 kW	
Power output =	22 kW	(Propeller Shaft)
Thrust =	150 da N	(Propeller)
	1,5 kN	
Va =	5,13 m/s	
Thrust Power =	<b>7.965 kW</b>	
Total Efisiensi =	49%	

*Thrust power* yang dibutuhkan lambung sebesar 7.479 kW dibandingkan dengan *thrust power* yang mampu diberikan oleh motor melalui spesifikasinya sebesar 7.965 kW. Nilai *thrust power* yang mampu diberikan oleh motor listrik lebih besar, maka mesin dapat dipilih sebagai penggerak kapal.

### 3. Brake Power ( $P_B$ )


$P_B$  merupakan daya yang harus diberikan oleh motor penggerak utama untuk menggerakkan kapal pada *service speed*. *Brake power* didapatkan melalui spesifikasi teknis mesin yang dipilih. Besarnya *brake power* sama dengan *input power* mesin sebesar 15,5 kW.

## IV.7. Pemilihan Mesin Induk

Proses pemilihan mesin induk dilakukan dengan mempertimbangkan berat mesin, daya mesin, serta harga dan konsumsi daya listrik. Dari katalog yang sudah dikumpulkan penulis, didapatkan mesin kapal beserta spesifikasinya. Tabel IV.8 merupakan spesifikasi mesin yang dipilih untuk kapal ini.

Dari katalog yang dijelaskan di Tabel IV.8, mesin yang digunakan adalah *Aquawatt* dengan tipe *Green Power*. Kapasitas daya mesin secara berkelanjutan sebesar 15.5 kW. Jumlah ini mencukupi kebutuhan *propulsi* kapal.

Tabel IV. 8 Spesifikasi Mesin Induk  
(Aquawatt catalogue, 2018)

Type R for Single Lever Control		
Power input/output	15,5 kW / 13 kW	
Transom height	20 inch	
Nominal voltage	50 V	
Current from battery max	320 Amp	
Weight	94kg	
Propeller size	12 inch	
Thrust with standart propeller	150 da N	
Maximum speed	23 knots	
Range of use	Rivers, lakes, coast, fresh and satlt water	
Battery	lithium battery 50 V 160-600 Ah or AGM batteries from 150 Ah	

#### IV.8. Penentuan Jumlah dan Kapasitas Baterai

Langkah berikutnya adalah menentukan jumlah dan kapasitas baterai yang akan dipasang. Dalam penentuan jumlah dan kapasitas baterai disesuaikan dengan kebutuhan daya dan dimensi baterai agar memungkinkan untuk disimpan didalam lambung kapal. Energi yang dilingkupi oleh baterai digunakan untuk mengaliri listrik baik untuk sistem propulsi maupun untuk peralatan listrik lainnya.

##### IV.8.1. Daya Listrik pada Peralatan Navigasi dan Komunikasi

Peralatan elektronik yang terdapat pada kapal yaitu peralatan navigasi, komunikasi, serta penerangan untuk ruang penumpang. Melalui spesifikasi alat-alat tersebut, dapat ditentukan besar pemakaian daya, serta tegangan dan arus yang digunakan. Kemudian dilakukan rekapitulasi ke dalam Tabel IV.9.



Tabel IV. 9 Rekapitulasi Penggunaan Daya Listrik untuk Navigasi dan Komunikasi

No	Jenis Peralatan	Merk	Jumlah (Unit)	V (Volt)	I (Ampere)	Arus (Current)	Daya Output (Watt)	Endurance (hour)	
Navigasi Komunikasi									
1	Marine GPS	GARMIN GPSMap 2108	1	24	0,4	DC	9,6	2	
2	RADAR Scanner	GARMIN GMP 18	1	12	2,7	DC	33,5		
3	VHF Radio	Anysecu RS- 506M	1	12	4,5	DC	50		
4	Magnetic Compass	Bochi	1	12	0,21	DC	2,5		
							Total =	95,6	
Penerangan									
5	Lampu <i>Ceilling LED</i>	ZDN	1	12			3	2	
6	Lampu Navigasi	Plastimo	4	12	0,84	DC	10		
							Total =	43	
							Daya total =	138,6	Watt
							=	0,139	kW
							Energi total =	0,277	kWh

Dari perhitungan yang dilakukan melalui Tabel IV.9 didapatkan bahwa daya total yang dibutuhkan peralatan elektronik sebesar 0.139 kW.

#### IV.8.2. Jumlah dan Kapasitas Baterai untuk Propulsi dan Navigasi

Kebutuhan daya 1 trip merupakan total daya yang dibutuhkan untuk propulsi dan peralatan navigasi komunikasi. Untuk daya mesin ( $P_B$ ) pada kecepatan dinas, dibutuhkan sebesar 31 kW. Sedangkan untuk peralatan navigasi dan komunikasi sebesar 0.139 kW. Kebutuhan daya 1 trip didapatkan sebesar 31.139 kW.

Tabel IV. 10 Kebutuhan Energi untuk 2 Trip

Jarak Tempuh	=	19	Km
	=	19000	m
Kecepatan Dinas	=	5.66	m/s
Waktu Tempuh dalam 1 kali trip	=	3358	s
	≈	1	hours
Kebutuhan Daya 1 Trip	=	31.14	Kw
Kebutuhan Energi 1 Trip	=	31.14	Kwh
Sehari 2 trip	=	62.28	Kwh

Dari 2 trip yang direncanakan dan waktu tempuh dengan kecepatan dinas adalah 1 jam dalam sekali beroperasi, seperti yang dijelaskan di Tabel IV.10 energi yang terpakai sebesar

62.28 kWh per-harinya. Untuk memenuhi kebutuhan daya sebesar 62.28 kWh, baterai yang dipilih seperti yang dijelaskan di Gambar IV.18.

Merk: Aquawatt

Tipe: Lithium-ion

Dimensi: 1190 x 340 x 330 (mm)

Untuk menghitung jumlah baterai yang bisa dipasang dengan menggunakan rumus *Battery Energi* (Nasirudin et al, 2016)

$$E_{\text{batt}} = \frac{V_{\text{batt}} \cdot C_{\text{batt}} \cdot x_2}{1000 \cdot \eta_d}$$

Untuk mendapatkan nilai  $x_2$  maka persamaan menjadi;

$$x_2 = \frac{E_{\text{batt}} \cdot 1000 \cdot \eta_d}{V_{\text{batt}} \cdot C_{\text{batt}}}$$

Dengan mengambil nilai  $\eta_d = 85\%$  dan  $C_{\text{batt}} = 160 \text{ Ah}$ , maka dari perhitungan didapatkan nilai  $x_2$  sebanyak 8 buah untuk dua mesin. Pada sistem penggerak *tween screw* direncanakan memiliki 4 buah baterai pada masing-masing mesin. Kapasitas energi yang mampu disimpan dalam baterai diperoleh sebesar 75 kWh jika dihitung dengan persamaan oleh Nasirudin (Nasirudin et al, 2016). Bentuk baterai dapat dilihat pada Gambar IV.18.



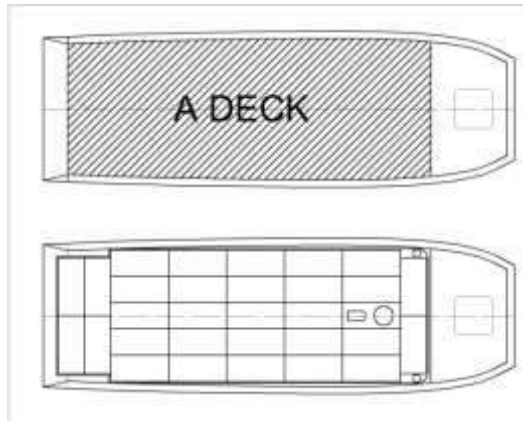
Gambar IV. 18 Baterai Lithium-ion 50 volt  
(Aquawatt catalogue, 2016)

#### IV.9. Penentuan Jumlah Solar Panel

Pertimbangan pemilihan panel surya adalah kapasitas daya yang dihasilkan dan ukuran dimensi dari panel surya untuk mengetahui jumlah panel surya yang bisa diletakkan pada kapal yang di desain.

Nantinya *solar panel* yang sudah ditentukan akan diletakkan di atap kapal, sehingga luas atap kapal yang digunakan juga menentukan jumlah *solar cell*. Luas atap yang direncanakan berasal dari sketsa pada layout dengan hasil sketsa dapat dilihat pada Gambar

IV.19. Luas geladak pada layout awal sebesar 21.364 m<sup>2</sup>, maka direncanakan luas atap maksimal seluas geladak, namun dari sketsa didapat luas sebesar 20.832 m<sup>2</sup>.



Gambar IV. 19 Luas Geladak dan Atap

Dengan dimensi panel 1196 x 541 x 40 (dalam mm) sehingga panel surya yang dapat dipasang pada atap kapal sejumlah 30 buah. Kapal ini menggunakan panel surya “Solarimba” tipe *100 W Mono Crystalline Solar Panel* dimana 1 (satu) panel surya ini bisa menghasilkan daya 100 Wp, seperti yang dijelaskan pada spesifikasinya di Gambar IV.20.

**Deskripsi Produk**

"SILAKAN DIBORONG GAN MUMPLING HARGA SEDANG PROMO :)"

**100 W MONO- CRYSTALLINE SOLAR PANEL**  
 Peak Power : 100 W  
 Grade : A  
 Merk : Solarimba  
 Power Tolerance (%) : +/- 3%  
 Cell Efficiency : 18%  
 Open Circuit Voltage (Voc) : 21.6 V  
 Short Circuit Current (Isc) : 6.1 A  
 Maximum Power Voltage (Vmp) : 18 V  
 Maximum Power Current (Imp) : 5.56 A  
 Number of Cell (Pcs) : 36 (4 x 9) Pcs  
 Operating Temperature (C) : -40 C to +85 C  
 Dimensions (mm) : 1196 x 541 x 30 mm  
 Weights (Kg) : 7 Kg

\*Periksa kembali output solar panel yang akan anda beli apakah sesuai dgn harapan anda dan belilah yang murah tapi tidak

Pilih Bank

- \* Berlaku untuk 16 bank. [Bandingkan](#) →
- \*\* Harga cicilan belum termasuk ongkos kirim, bea admin dan asuransi
- \*\*\* Minimum pembelian berbeda-beda tiap bank

**HARGA GROSIR**

2 - 3	Rp 975.000
≥ 4	Rp 950.000

**INFORMASI PENJUAL**

*Solarimba*

Gambar IV. 20 Spesifikasi Solar Panel

(Sumber : tokopedia.com)

Nilai total energi yang dihasilkan oleh sistem panel surya sebesar 14,9 kWh dengan penyinaran matahari di Jakarta selama 4,97 jam (Rumbayan et al, 2012). Energi tersebut hanya bisa memenuhi 24 % kebutuhan energi total untuk propulsi dan navigasi.

#### IV.10. Sistem Pengisian Baterai

Pada sistem pengisian baterai menggunakan *solar charge controller* yaitu alat yang digunakan untuk mengatur arus serta tegangan yang mengalir dari *solar panel* ke baterai. *Charge controller* berfungsi sebagai penghenti arus listrik antara *solar panel* dan baterai saat baterai telah mencapai keadaan penuh, otomatis akan melakukan *charge* saat daya baterai dibawah 5% dan mengatur kelebihan tegangan dan arus dari *solar panel* ke baterai.

Sumber pengisian utama baterai berasal dari energi listrik PLN. Untuk konsumen yang menggunakan energi listrik yang besar, PLN memasok kebutuhan listriknya melalui Jaringan Tegangan Menengah (JTM) ke gardu distribusi Sekunder yang dibangun pada lokasi-lokasi tertentu dan disalurkan kembali ke trafo tiang *step down* didekat pusat-pusat pelanggan. Selanjutnya penyaluran distribusi daya listrik tersebut diteruskan melalui Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 Volt ke meter-meter pelanggan. Jenis trafo yang umum digunakan pada distribusi JTR adalah trafo dengan 1 Fasa.

Lama waktu pengisian dari stasiun pengisian ke baterai dapat dihitung dengan cara mengurangi kebutuhan energi 1 hari (2 trip) dengan energi yang dapat diisi oleh panel surya. Kemudian dari kebutuhan energy yang harus diisi baterai, dibagi dengan daya pengisian baterai dimana juga memperhatikan efisiensi baterai.

Kebutuhan energi 2 trip	=	62,28	Kwh
Efisiensi Baterai	=	85%	
Energi Oleh Panel Surya	=	14,91	kWh
Kebutuhan energi yang harus diisi	=	47,37	kWh
Max Charge Voltage	=	50	V
Max Charge Current	=	160	A
Daya pengisian Baterai	=	8000	VA
	=	8	kW
Lama Waktu Pengisian	=	6,97	hours
	≈	7	hours

Waktu minimal untuk pengisian menggunakan sumber listrik darat selama 7 jam. Proses pengisian baterai direncanakan untuk dilakukan di Dermaga Muara Baru karena jam

operasional kapal yang baru akan melakukan trip kedua pada pukul 17.30 WIB. Sehingga terdapat rentan waktu lebih dari 7 jam untuk melakukan pengisian.

#### IV.11. Perhitungan Ketebalan Lapisan Lambung

Perhitungan tebal lapisan lambung secara lengkap dapat dilihat pada bagian lampiran. Tebal lapisan kulit kapal direncanakan menggunakan *fiberglass* dimana perhitungan untuk kapal penumpang katamaran berbahan *fiberglass* menggunakan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) *Volume VII Part 3, Rules for Small Vessel up to 24 m* edisi tahun 2013.

Menghitung beban pada kulit bagian alas dan kulit bagian sisi. Masing-masing beban di hitung pada bagian  $\geq 0,4 L \div \text{fore}$  dan pada  $< 0,4 L \div \text{aft}$ . Kemudian menghitung faktor koreksi karena kecepatan, faktor koreksi yang di hitung untuk daerah kulit alas dan kulit sisi.

Faktor koreksi dan besarnya beban digunakan pada perhitungan *total glass weight* ( $\text{g/m}^2$ ) menyatakan berat *fiberglass* per satuan luas. *Total glass weight* dihitung pada bagian *shell bottom* dan *shell side*. Untuk tebal kulit bangunan atas diasumsikan lebih tipis dari pada *shell bottom* dan *shell side*. Dari perhitungan diperoleh hasil seperti yang dijelaskan pada Tabel IV.11 di bawah ini.

Tabel IV. 11 *Total Glass Weight* pada Lapisan Kulit Kapal

Shell bottom	GWB =	$1.57 * b * F_p * F_{vb} * (Pd_{Bm})^{0.5}$	=	1907.06	[g/m <sup>2</sup> ]
	GWB (min) =	$1.1 * (350 + 5L) * (Pd_{Bm})^{0.5}$	=	1946.27	[g/m <sup>2</sup> ]
	GWB (min) > GWS			=	
Shell side	GWS =	$1.57 * b * F_p * F_{vs} * (Pd_{Bs})^{0.5}$	=	1625.19	[g/m <sup>2</sup> ]
	GWS (min) =	$1.1 * (350 + 5L) * (Pd_{Bs})^{0.5}$	=	1715.01	[g/m <sup>2</sup> ]
	GWS (min) > 1200				

Dari nilai *total glass weight* dapat dicari tebal lapisan kulit dengan ketebalan spesifik sebesar 0.7 mm per 300  $\text{g/m}^2$ . Pada tabel Tabel IV.12 dapat diperoleh tebal lapisan kulit bagian alas, sisi dan bangunan atas dengan mengasumsikan tebal bangunan atas lebih kecil dari alas dan sisi.

Tabel IV. 12 Tebal Lapisan Kulit

Tebal kulit	Shell bottom =	4.72 mm	$\approx$	5 mm
	Shell side =	4.15 mm	$\approx$	5 mm
	deck house =	4 mm		

#### IV.12. Perhitungan Berat Kapal

Berat kapal dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian DWT (*Dead Weight Tonnage*) dan LWT (*Light Weight Tonnage*). Jumlah total dari berat LWT dan DWT tidak boleh melebihi *margin displacement*. Dimana *margin displacement* adalah 0-5 %. Berikut akan dijelaskan satu per satu bagian dari DWT dan LWT.

##### IV.12.1. Perhitungan DWT

*Dead Weight Tonnage* merupakan berat dari muatan atau barang yang bisa dipindahkan dari kapal. Pada Tugas Akhir ini DWT terdiri dari berat penumpang dan berat kru. Penumpang kapal berjumlah 20 orang dengan asumsi berat 75 kg mengacu pada *IS Code part A Chapter 3* dan berat barang bawaanya diasumsikan 5 kg. Untuk jumlah kru kapal diasumsikan 3 orang dengan berat sama seperti penumpang.

Tabel IV. 13 Perhitungan Komponen Berat DWT Kapal

<b>Berat Kapal Bagian DWT</b>			
<b>No</b>	<b>Komponen</b>	<b>Value</b>	<b>Unit</b>
<b>1</b>	<b>Berat Penumpang dan Barang Bawaan</b>		
	Jumlah penumpang	20,00	persons
	Berat penumpang	75,00	kg/person
	Berat barang bawaan	5,00	kg/person
	<b>Berat total penumpang</b>	1500,00	kg
	<b>Berat total barang bawaan penumpang</b>	100,00	kg
	<b>Berat total</b>	1600,00	kg
		<b>1,60</b>	<b>ton</b>
<b>2</b>	<b>Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan</b>		
	Jumlah crew kapal	3,00	persons
	Berat crew kapal	75,00	kg/persons
	Berat barang bawaan	5,00	kg/persons
	<b>Berat total crew kapal</b>	225,00	kg
	<b>Berat total barang bawaan crew kapal</b>	15,00	kg
	<b>Berat total</b>	240,00	kg
		<b>0,24</b>	<b>ton</b>
<b>Total Berat Bagian DWT</b>			
<b>No</b>	<b>Komponen Berat Kapal Bagian DWT</b>	<b>Value</b>	<b>Unit</b>
1	Berat penumpang dan barang bawaan	1,60	ton
2	Berat crew kapal dan barang bawaan	0,24	ton
	<b>Total</b>	<b>1,84</b>	<b>ton</b>

Dari Tabel IV.13, perhitungan komponen berat DWT kapal dapat diketahui bahwa total berat komponen DWT sebesar 1,84 ton.

#### IV.12.2. Perhitungan Berat LWT

*Light Weight Tonnage* merupakan berat kapal kosong, yaitu berat keseluruhan kapal tanpa adanya penumpang dan kru. Berat LWT meliputi berat kulit lambung kapal, berat konstruksi, berat sistem panel surya dan peralatan-peralatan yang dipasang dikapal. Perhitungan luasan kulit menggunakan software *Maxsurf Modeler Advance*.

Untuk berat kulit kapal didapatkan dengan mengalikan volume lapisan *fiberglass* dengan massa jenis *fiber*. Ketebalan minimal lapisan *fiber* pada Tabel IV.12 dikalikan dengan luas permukaan bagian-bagian kapal seperti luas alas, luas sisi dan luas bangunan atas. Setelah volume lapisan didapat kemudian dikalikan dengan massa jenis bahan sehingga didapatkan berat lapisan kulit.

Untuk penentuan berat dan ukuran komponen yang lain berdasarkan katalog yang dipilih. Berat LWT selengkapnya dapat dilihat di Tabel IV.14.

Tabel IV. 14 Perhitungan Komponen Berat LWT

<b>Berat Kapal Bagian LWT</b>				
<b>No</b>	<b>Item</b>	<b>Value</b>	<b>Unit</b>	
<i>Dari software Maxsurf Pro &amp; Autocad, didapatkan luasan permukaan bagian -bagian kapal</i>				
<b>1</b>	<b>Berat Lambung</b>			
	Luas bottom	13,33	m <sup>2</sup>	
	Luasan sisi	47,81	m <sup>2</sup>	
	Luas deck haluan	4,63	m <sup>2</sup>	
	Luas transom	2,73	m <sup>2</sup>	
	Total luas	68,49	m <sup>2</sup>	
	Tebal lapisan lambung	5,00	mm	
		0,005	m	
	Volume shell = luas x tebal	0,33	m <sup>3</sup>	
	<i>r</i> FRP	1,60	ton/m <sup>3</sup>	
		1600,00	kg/m <sup>3</sup>	
	<b>Berat Total</b>		548,4	kg
			<b>0,548</b>	<b>ton</b>
<b>2</b>	<b>Berat Konstruksi Kapal</b>			
	Berat konstruksi berdasarkan asumsi yaitu 50% dari berat kulit lambung kapal			

	Luas area kulit (bottom, side, transom)	66,678	m <sup>2</sup>
	Tebal pelat lambung	0,005	m
	Volume kulit	0,333	m <sup>3</sup>
	r FRP	1,600	ton/m <sup>3</sup>
	Berat Kulit Lambung	0,533	ton
	<b>Berat Konstruksi Lambung</b>	<b>0,411</b>	<b>ton</b>
<b>3</b>	<b>Berat Main Deck dan Tunnel</b>		
	Luas main deck	27,95	m <sup>2</sup>
	Luas tunnel	10,71	m <sup>2</sup>
	Luas total	38,66	m <sup>2</sup>
	Ketebalan lapisan FRP	0,005	m
	Berat jenis FRP	1600,00	kg/m <sup>3</sup>
	Volume deck dan tunnel	0,193	m <sup>3</sup>
	<b>Berat total</b>	<b>309,28</b>	<b>kg</b>
		<b>0,309</b>	<b>ton</b>
<b>4</b>	<b>Berat Bangunan Atas Kapal + Kaca</b>		
	Luas bangunan atas	44,737	m <sup>2</sup>
	Luasan permukaan Kaca	3,31	m <sup>2</sup>
	Ketebalan kulit bangunan atas	4,00	mm
	Ketebalan kaca	4,00	mm
	Berat jenis FRP	1600,00	kg/m <sup>3</sup>
	Berat jenis kaca polycarbonate	2580,00	kg/m <sup>3</sup>
	Volume kulit bangunan atas	0,179	m <sup>3</sup>
	Volume kaca	0,013	m <sup>3</sup>
	Berat kulit bangunan atas	286,316	kg
	Berat kaca	34,180	kg
	<b>Berat total</b>	<b>320,497</b>	<b>kg</b>
		<b>0,320</b>	<b>ton</b>
<b>Berat total kulit dan konstruksi</b>		<b>1,589</b>	<b>ton</b>
<b>5</b>	<b>Equipment &amp; Outfitting</b>		
	Jangkar	15,00	kg
	Tali pada jangkar	10,00	kg
	Tali towing	10,00	kg
	Tali tambat depan	5,11	kg
	Tali tambat belakang	5,11	kg
	Railing	6,10	kg
	Kursi baris 5	44,00	kg
	Kursi baris 4	44,00	kg
	Kursi baris 3	44,00	kg
	Kursi baris 2	44,00	kg



	Kursi baris 1	44,00	kg
	Kursi ruang kemudi	30,00	kg
	Kursi kru	10,00	kg
	Terpal pelindung	5,29	kg
	life jackets	30,00	kg
	Lifebuoy (3)	7,50	kg
	Pemadam (2)	12,00	kg
	VHF/DSC Radio	2,00	kg
	MF/HF Controller	5,00	kg
	GPS Antenna	3,00	kg
	Kompas Magnetik	1,00	kg
	RADAR Scanner	8,00	kg
	<b>Berat Total</b>	<b>385,12</b>	<b>kg</b>
		<b>0,39</b>	<b>ton</b>
<b>6</b>	<b>Sistem Panel Surya</b>		
	<b>Baterai</b>		
	Berat	150,00	kg
	jumlah	6,00	unit
		<b>800,00</b>	<b>kg</b>
	<b>Panel Surya</b>		
	Berat	7,00	kg
	jumlah	30,00	unit
		<b>210,00</b>	<b>kg</b>
	<b>Berat Outboard Motor</b>		
	<i>Diambil dari katalog Aquawatt</i>		
	Jumlah Outboard motor	2,00	unit
	Berat Outboard motor	94,00	kg/unit
		188,00	kg
		1298,00	
		<b>1,114</b>	<b>ton</b>

Tabel IV. 15 Rekapitulasi Komponen Berat LWT

<b>Total Berat Bagian LWT</b>			
<b>No</b>	<b>Komponen Berat Kapal Bagian LWT</b>	<b>Value</b>	<b>Unit</b>
1	Berat lambung dan konstruksi	1,589	ton
2	Equipment outfitting	0,385	ton
3	Sistem panel surya	1,114	ton
	<b>Total</b>	<b>3,09</b>	<b>ton</b>

Selisih antara berat *displacement* hasil perkalian L, B, T, koefisien blok dan massa jenis air laut dengan total berat DWT + LWT harus berada dalam *margin* 0% sampai 5% dari total gaya angkat (*displacement*).

Tabel IV- 1 Rekapitulasi Berat DWT dan LWT

<b>Total Berat Kapal (DWT + LWT)</b>			
<b>No</b>	<b>Komponen Berat Kapal</b>	<b>Value</b>	<b>Unit</b>
1	Berat Kapal Bagian DWT	1,84	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	3,09	ton
<b>Total</b>		<b>4,928</b>	<b>ton</b>

Pada model lambung kapal diketahui bahwa total gaya angkat sebesar 5.041 ton sedangkan total berat DWT dan LWT sebesar 4,928 ton maka didapat selisih sebesar +2.2 % dari total gaya angkat, sehingga memenuhi *margin* yang disyaratkan.

#### **IV.13. Perhitungan *Freeboard***

Untuk perhitungan *Freeboard* , Kapal yang didesain merupakan kapal dengan panjang kurang dari 24 m serta membawa lebih dari 12 penumpang sehingga termasuk kapal kecil non komersil. Perhitungan lambung timbul menggunakan ketentuan *NCVS (Non-Convention Vessel Standard) Indonesian Flag Chapter VI* untuk kapal dengan panjang  $\leq 15$  meter.

Tabel IV. 16 Pemeriksaan Lambung Timbul

	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yang di Syartkan	0,25	m
Lambung Timbul Sebenarnya	0,61	m
Kondisi	Accepted	

Tinggi lambung timbul menurut *NCVS Chapter VI Appendix 5* tidak boleh kurang dari 250 mm unuk kapal dengan panjang  $\leq 15$  m yang berlayar di laut terbatas. Dari hasil pengurangan tinggi geladak dengan tinggi sarat didapatkan nilai lambung timbul aktual sebesar 0,61 m sehingga masih memenuhi persyaratan.

#### IV.14. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi pada proses desain kapal. Dalam desain ini analisis stabilitas menggunakan bantuan *software Maxsurf Stability Enterprise*. Kriteria stabilitas yang digunakan adalah kriteria stabilitas untuk kapal jenis umum dan kapal penumpang katamaran yang mengacu pada *HSC Code 2000 Annex 7*. Kriteria tersebut antara lain sebagai berikut :

- a. Luas area dibawah kurva lengan pengembali (*GZ curve*) antara sudut  $0^{\circ} - 30^{\circ}$  tidak boleh kurang dari 4,727 m deg.
- b. Lengan GZ maksimum terjadi pada kondisi *heel* dengan sudut tidak kurang dari  $10^{\circ}$ .
- c. Luas area dibawah kurva lengan pengembali (*GZ curve*) dan HTL tidak boleh kurang dari 1.6040 m.deg.
- d. akibat penumpukan penumpang pada salah satu sisi kapal Sudut kemiringan kapal ketika kondisi *equilibrium* tidak boleh melebihi  $10^{\circ}$ .

Pada *software Maxsurf Stability Enterprise* menggunakan permodelan 3 dimensi lambung kapal yang tahap pembuatannya dibahas pada subbab IV.4. Model yang telah dibuat di *Maxsurf Modeler Advanced* disimpan dan dibuka menggunakan program *Maxsurf Stability Enterprise*. Setelah model dibuka, selanjutnya proses perhitungan stabilitas dan trim dapat dilakukan.

Dalam analisis perhitungan stabilitas ini digunakan beberapa kriteria kondisi pemuatan (*Loadcase*) untuk mengetahui keseimbangan kapal secara melintang atau oleng pada masing-masing kondisi. Pada desain kapal ini akan diperiksa koreksi stabilitas pada kondisi saat kapal dimuati 20 penumpang, 10 penumpang, dan penumpang kosong. Selain itu juga koreksi stabilitas diperikasa pada kondisi yang dipengaruhi oleh perilaku penumpang, dimana terjadi pada saat penumpang berkumpul disalah satu sisi kapal. Hasil Analisis dengan menggunakan *Maxsurf Stability Enterprise* diuraikan sebagai berikut:

##### IV.14.1. Kondisi 20 Penumpang

Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Tabel IV.17 berikut:

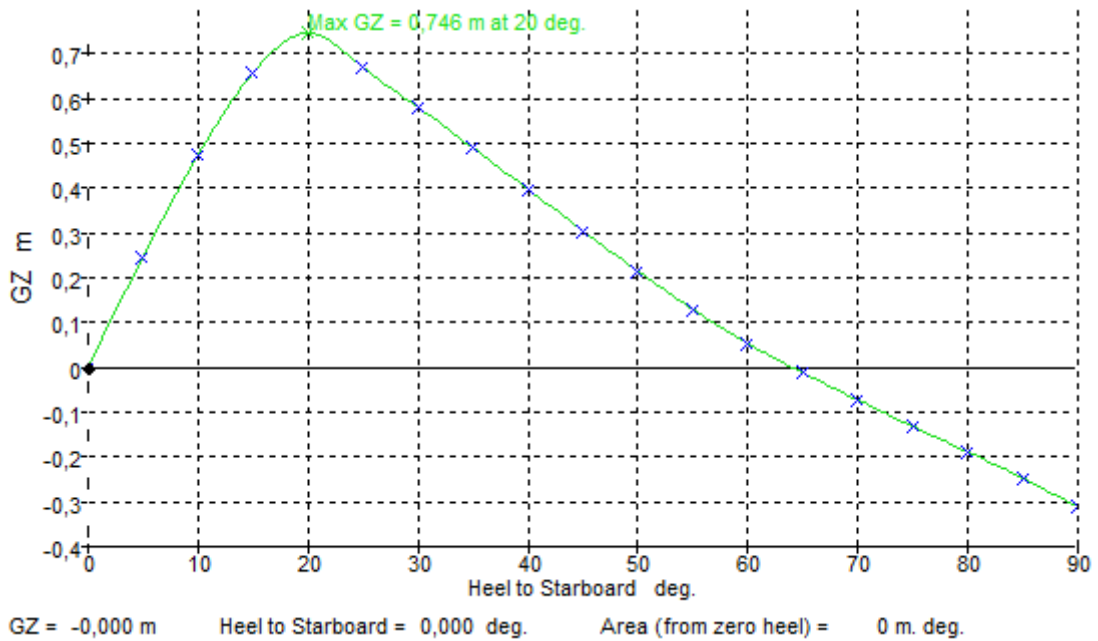
Tabel IV. 17 *Loadcase* Kondisi 20 Penumpang

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
1	Passenger	20	0,080	1,600			4,229	0,000	1,454
2	Crew	3	0,080	0,240			2,792	0,000	1,637
3	Sistem panel surya	1	1,115	1,115			3,650	0,000	1,243
4	Lambung dan konstruksi	1	1,268	1,268			4,228	0,000	0,735
5	Bangunan atas	1	0,320	0,320			4,623	0,000	2,882
6	Equipment	1	0,385	0,385			5,005	0,000	1,589
7	Ballast	1	0,000	0,000			0,000	0,000	0,000
8	<b>Total Loadcase</b>			<b>4,928</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>4,114</b>	<b>0,000</b>	<b>1,333</b>
9	<b>FS correction</b>								<b>0,000</b>
10	<b>VCG fluid</b>								<b>1,333</b>

Untuk kondisi *equilibrium* kapal dimana titik gaya tekan dan gaya berat berada pada satu garis, dapat dilihat pada Tabel IV.18 .Dari hasil running di *Maxsurf Stability Enterprise* diperoleh garfik seperti pada Gambar IV.20.

Tabel IV. 18 Kondisi *Equilibrium* pada *Loadcase* 20 Penumpang

Draft Amidships m	0,551
Displacement t	4,928
Heel deg	0,0
Draft at FP m	0,534
Draft at AP m	0,567
Draft at LCF m	0,553
Trim (+ve by stern) m	0,033
WL Length m	9,501
Beam max extents on WL m	3,170
Wetted Area m <sup>2</sup>	25,833
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	15,803
Prismatic coeff. (Cp)	0,669
Block coeff. (Cb)	0,429
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,653
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,771
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,111
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,040
KB m	0,372
KG fluid m	1,359
Bmt m	3,843
BML m	17,885
GMt corrected m	2,856
GML m	16,898
KMt m	4,215
KML m	18,257
Immersion (TPc) tonne/cm	0,162
MTC tonne.m	0,088
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,246
Max deck inclination deg	0,1995
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1995



Gambar IV. 21 Kurva Lengan GZ Kondisi 20 Penumpang

Berdasarkan kriteria stabilitas untuk kapal penumpang katamaran yang mengacu pada *HSC Code 2000 Annex 7*, diperoleh hasil yang dilampirkan di Lampiran. Untuk kriteria yang harus dipenuhi, semua kriteria memenuhi seperti yang ditampilkan di Tabel IV.19.

Tabel IV. 19 Kriteria Stabilitas Kondisi 20 Penumpang

No.	Criteria	Syarat	Value	Satuan	Status
a.	Area 0 to 30°	Value ≥ 4.727 m.deg	8,851	m.deg	Pass
b.	Angle of maximum GZ(intact)	Value ≥ 10°	20,0	deg	Pass
c.	Area between GZ and HTL	Value ≥ 1.604 m.deg	5,235	m.deg	Pass

#### IV.14.2. Kondisi 20 Penumpang Menumpuk di Portside

Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). Input data beban dapat dilihat pada Tabel IV.20 berikut:

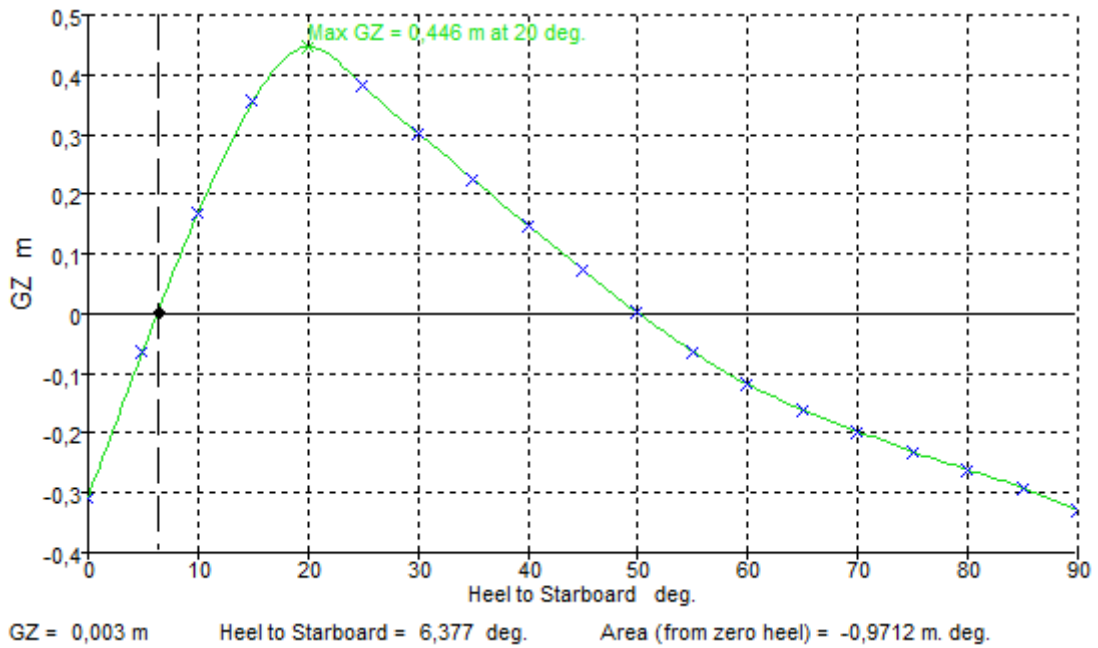
Tabel IV. 20 *Loadcase* Pada Kondisi 20 Penumpang Menumpuk di *Portside*

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
1	Passenger	20	0,080	1,600			4,440	0,955	1,594
2	Crew	3	0,080	0,240			2,792	0,000	1,637
3	Sistem panel surya	1	1,115	1,115			3,650	0,000	1,243
4	Lambung dan konstruksi	1	1,268	1,268			4,228	0,000	0,735
5	Bangunan atas	1	0,320	0,320			4,623	0,000	2,882
6	Equipment	1	0,385	0,385			5,005	0,000	1,589
7	Ballast	1	0,000	0,000			0,000	0,000	0,000
8	<b>Total Loadcase</b>			<b>4,928</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>4,182</b>	<b>0,310</b>	<b>1,379</b>
9	<b>FS correction</b>								<b>0,000</b>
10	<b>VCG fluid</b>								<b>1,379</b>

Untuk kondisi *equilibrium* kapal dimana titik gaya tekan dan gaya berat berada pada satu garis, dapat dilihat pada Tabel IV.21. Dari hasil running di *Maxsurf Stability Enterprise* diperoleh garfik seperti pada Gambar IV.22.

Tabel IV. 21 Kondisi *Equilibrium* pada *Loadcase* 20 Penumpang Menumpuk di *Portside*

Draft Amidships m	0,547
Displacement t	4,928
Heel deg	6,3
Draft at FP m	0,542
Draft at AP m	0,552
Draft at LCF m	0,548
Trim (+ve by stern) m	0,009
WL Length m	9,536
Beam max extents on WL m	3,139
Wetted Area m <sup>2</sup>	25,655
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	15,499
Prismatic coeff. (Cp)	0,670
Block coeff. (Cb)	0,363
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,552
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,770
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,182
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,103
KB m	0,395
KG fluid m	1,379
BMt m	3,719
BML m	17,729
GMt corrected m	2,729
GML m	16,739
KMt m	4,091
KML m	18,016
Immersion (TPc) tonne/cm	0,159
MTC tonne.m	0,087
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,235
Max deck inclination deg	6,3234
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0551



Gambar IV. 22 Kurva GZ Kondisi 20 Penumpang Menumpuk di *Portside*

Penumpukan seluruh penumpang pada salah satu sisi kapal mengakibatkan kondisi awal lengan GZ bernilai negatif karena pada sudut  $0^\circ$  kapal sudah memiliki momen melintang yang menyebabkan kapal *heeling*. Nilai luas area dibawah kurva GZ pada Gambar IV.22 sebesar 2,737 m.deg. Besar sudut *heeling* saat kondisi *equilibrium*, yang menjadi kriteria stabilitas dapat dilihat di Tabel IV.22.

Tabel IV. 22 Kriteria Stabilitas Kondisi 20 Penumpang Menumpuk di *Portside*

No.	Criteria	Syarat	Value	Satuan	Status
d.	<i>Angle of equilibrium</i>	$Value < 10^\circ$	6,3	deg	<b>Pass</b>

#### IV.14.3. Kondisi 10 Penumpang

Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). Input data beban dapat dilihat pada Tabel IV.21 berikut:

Tabel IV. 23 *Loadcase* Pada Kondisi 10 Penumpang

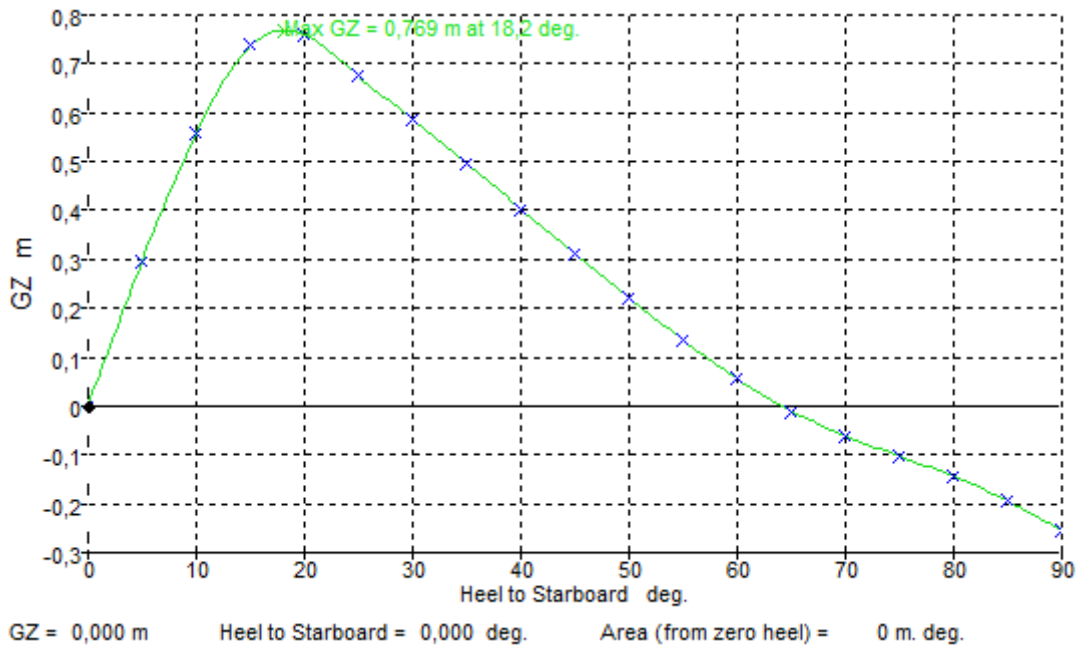
	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
1	Passenger	10	0,080	0,800			5,523	0,000	1,454
2	Crew	3	0,080	0,240			2,792	0,000	1,637
3	Sistem panel surya	1	1,115	1,115			3,650	0,000	1,243
4	Lambung dan konstruksi	1	1,268	1,268			4,228	0,000	0,735
5	Bangunan atas	1	0,320	0,320			4,623	0,000	2,882
6	Equipment	1	0,385	0,385			5,005	0,000	1,589
7	Ballast	1	0,000	0,000			0,000	0,000	0,000
8	<b>Total Loadcase</b>			<b>4,128</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>4,342</b>	<b>0,000</b>	<b>1,310</b>
9	<b>FS correction</b>								<b>0,000</b>
10	<b>VCG fluid</b>								<b>1,310</b>

Untuk kondisi *equilibrium* kapal dimana titik gaya tekan dan gaya berat berada pada satu garis, dapat dilihat pada tabel IV.24 . Dari hasil running di *Maxsurf Stability Enterprise* diperoleh garfik seperti pada Gambar IV.23.

Tabel IV. 24 Kondisi *Equilibrium* pada *Loadcase* 10 Penumpang

Draft Amidships m	0,509
Displacement t	4,153
Heel deg	0,0
Draft at FP m	0,536
Draft at AP m	0,481
Draft at LCF m	0,505
Trim (+ve by stern) m	-0,055
WL Length m	9,502
Beam max extents on WL m	3,152
Wetted Area m <sup>2</sup>	24,030
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	15,374
Prismatic coeff. (Cp)	0,647
Block coeff. (Cb)	0,383
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,628
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,762
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,317
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,056
KB m	0,343
KG fluid m	1,363
BMt m	4,422
BML m	20,523
GMt corrected m	3,402
GML m	19,503
KMt m	4,765
KML m	20,866
Immersion (TPc) tonne/cm	0,158
MTc tonne.m	0,085
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,247
Max deck inclination deg	0,3315
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,3315





Gambar IV. 23 Kurva Lengan GZ Kondisi 10 Penumpang

Berdasarkan kriteria stabilitas untuk kapal penumpang katamaran yang mengacu pada *HSC Code 2000 Annex 7*, diperoleh hasil yang dilampirkan di Lampiran. Untuk kriteria-kriteria yang harus dipenuhi ditampilkan di Tabel IV.25.

Tabel IV. 25 Kriteria Stabilitas Kondisi 10 Penumpang

No.	Criteria	Syarat	Value	Satuan	Status
a.	Area 0 to 30°	Value ≥ 4.727 m.deg	8,47	m.deg	Pass
b.	Angle of maximum GZ(intact)	Value ≥ 10°	18,2	deg	Pass
c.	Area between GZ and HTL	Value ≥ 1.604 m.deg	3,638	m.deg	Pass

#### IV.14.4. Kondisi 10 Penumpang Menumpuk di *Portside*

Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). Input data beban dapat dilihat pada Tabel IV.26 berikut:

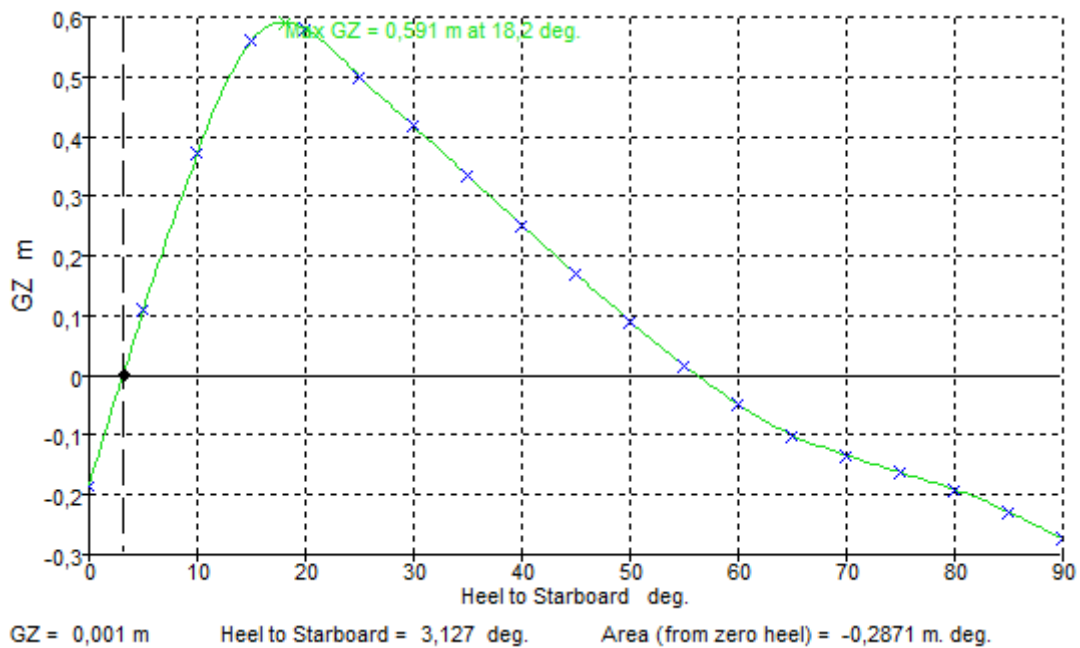
Tabel IV. 26 *Loadcase* Pada Kondisi 10 Penumpang Menumpuk di *Portside*

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
1	Passenger	10	0,080	0,800			4,440	0,955	1,594
2	Crew	3	0,080	0,240			2,792	0,000	1,637
3	Sistem panel surya	1	1,115	1,115			3,650	0,000	1,243
4	Lambung dan konstruksi	1	1,268	1,268			4,228	0,000	0,735
5	Bangunan atas	1	0,320	0,320			4,623	0,000	2,882
6	Equipment	1	0,385	0,385			5,005	0,000	1,589
7	Balas	1	0,000	0,000			0,000	0,000	0,000
8	<b>Total Loadcase</b>			<b>4,128</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>4,133</b>	<b>0,185</b>	<b>1,337</b>
9	<b>FS correction</b>								<b>0,000</b>
10	VCG fluid								<b>1,337</b>

Untuk kondisi *equilibrium* kapal dimana titik gaya tekan dan gaya berat berada pada satu garis, dapat dilihat pada Tabel IV.27. Dari hasil running di *Maxsurf Stability Enterprise* diperoleh garfik seperti pada Gambar IV.24.

Tabel IV. 27 Kondisi *Equilibrium* pada *Loadcase* 10 Penumpang Menumpuk di *Portside*

Draft Amidships m	0,498
Displacement t	4,128
Heel deg	3,1
Draft at FP m	0,480
Draft at AP m	0,517
Draft at LCF m	0,501
Trim (+ve by stern) m	0,036
WL Length m	9,503
Beam max extents on WL m	3,140
Wetted Area m <sup>2</sup>	23,652
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	15,100
Prismatic coeff. (Cp)	0,654
Block coeff. (Cb)	0,366
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,568
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,755
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,129
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	3,996
KB m	0,349
KG fluid m	1,337
BMt m	4,346
BML m	19,923
GMT corrected m	3,356
GML m	18,933
KMt m	4,688
KML m	20,242
Immersion (TPc) tonne/cm	0,155
MTc tonne.m	0,082
RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	0,242
Max deck inclination deg	3,1317
Trim angle (+ve by stern) deg	0,2196



Gambar IV. 24 Kurva GZ Kondisi 10 Penumpang Menumpuk di *Portside*

Penumpukan seluruh penumpang pada salah satu sisi kapal mengakibatkan kondisi awal lengan GZ bernilai negatif karena pada sudut  $0^\circ$  kapal sudah memiliki momen melintang yang menyebabkan kapal *heeling*. Nilai luas area dibawah kurva GZ pada Gambar IV.24 sebesar 5,264 m.deg. Besar sudut *heeling* saat kondisi *equilibrium*, yang menjadi kriteria stabilitas dapat dilihat di Tabel IV.28.

Tabel IV. 28 Kriteria Stabilitas Kondisi 10 Penumpang Menumpuk

No.	Criteria	Syarat	Value	Satuan	Status
d.	<i>Angle of equilibrium</i>	$Value < 10^\circ$	3,1	deg	<b>Pass</b>

#### IV.14.5. Kondisi Penumpang Kosong

Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). Input data beban dapat dilihat pada Tabel IV.29 berikut:

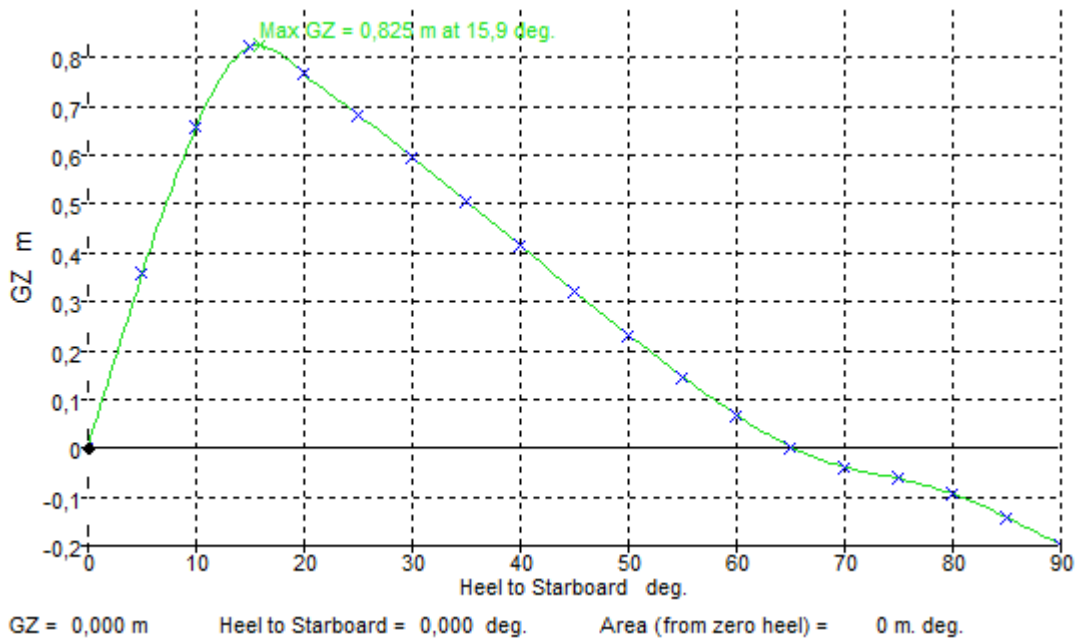
Tabel IV. 29 Loadcase Pada Kondisi Penumpang Kosong

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
1	Passenger	0	0,080	0,000			4,340	0,000	1,534
2	Crew	3	0,080	0,240			2,792	0,000	1,637
3	Sistem panel surya	1	1,115	1,115			3,650	0,000	1,243
4	Lambung dan konstruksi	1	1,268	1,268			4,228	0,000	0,735
5	Bangunan atas	1	0,320	0,320			4,623	0,000	2,882
6	Equipment	1	0,385	0,385			5,005	0,000	1,589
7	Ballast	1	0,000	0,000			0,000	0,000	0,000
8	<b>Total Loadcase</b>			<b>3,328</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>4,059</b>	<b>0,000</b>	<b>1,275</b>
9	<b>FS correction</b>								<b>0,000</b>
10	<b>VCG fluid</b>								<b>1,275</b>

Untuk kondisi *equilibrium* kapal dimana titik gaya tekan dan gaya berat berada pada satu garis, dapat dilihat pada Tabel IV.30. Dari hasil running di *Maxsurf Stability Enterprise* diperoleh garfik seperti pada Gambar IV.25.

Tabel IV. 30 Kondisi *Equilibrium* Kapal pada *Loadcase* Penumpang Kosong

Draft Amidships m	0,443
Displacement t	3,328
Heel deg	0,0
Draft at FP m	0,402
Draft at AP m	0,485
Draft at LCF m	0,451
Trim (+ve by stern) m	0,083
WL Length m	9,447
Beam max extents on WL m	3,120
Wetted Area m <sup>2</sup>	21,378
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	14,410
Prismatic coeff. (Cp)	0,641
Block coeff. (Cb)	0,382
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,606
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,741
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,051
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	3,899
KB m	0,311
KG fluid m	1,275
BMt m	5,153
BML m	22,759
GMt corrected m	4,188
GML m	21,794
KMt m	5,464
KML m	23,069
Immersion (TPc) tonne/cm	0,148
MTC tonne.m	0,076
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,243
Max deck inclination deg	0,4973
Trim angle (+ve by stern) deg	0,4973



Gambar IV. 25 Grafik Lengan GZ pada Kondisi Penumpang Kosong

Untuk kriteria yang harus dipenuhi, kriteria stabilitas yang harus dipenuhi ditampilkan pada Tabel IV.31.

Tabel IV. 31 Kriteria Stabilitas Kondisi Penumpang Kosong

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
a.	Area 0 to 30	Value $\geq 4.727$ m.deg	7,866	Pass
b.	Angle of maximum GZ(intact)	Value $\geq 10^0$	15,9	Pass
c.	Area between GZ and HTL	Value $\geq 1.604$ m.deg	6,982	Pass

Pada kapal tersedia tangki *ballast* dengan volume sebesar 1,56 m<sup>3</sup> yang mampu menampung *ballast* seberat *payload* kapal yaitu 1,6 ton. Perhitungan tangki *ballast* dapat dilihat pada lembar lampiran. Tujuan dari tangki tersebut yaitu mengurangi trim pada kapal. Kondisi pembebanan setelah kapal kosong dimuati air *ballast* dapat dilihat pada Tabel IV.32. Kondisi *equilibrium* setelah kapal kosong dimuati *ballast* dapat dilihat pada Tabel IV.33.

Tabel IV. 32 Kondisi Loadcase saat Kapal Kosong Dimuati Air *Ballast*

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
1	Passenger	0	0,080	0,000			4,340	0,000	1,534
2	Crew	3	0,080	0,240			2,792	0,000	1,637
3	Sistem panel surya	1	1,115	1,115			3,650	0,000	1,243
4	Lambung dan konstruksi	1	1,268	1,268			4,228	0,000	0,735
5	Bangunan atas	1	0,320	0,320			4,623	0,000	2,882
6	Equipment	1	0,385	0,385			5,005	0,000	1,589
7	Ballast	1	1,600	1,600			4,250	0,000	3,400
8	<b>Total Loadcase</b>			<b>4,928</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>4,121</b>	<b>0,000</b>	<b>1,965</b>
9	<b>FS correction</b>								<b>0,000</b>
10	VCG fluid								<b>1,965</b>

Tabel IV. 33 Kondisi Equilibrium saat Kapal Kosong Dimuati Air *Ballast*

Draft Amidships m	0,551
Displacement t	4,928
Heel deg	0,0
Draft at FP m	0,536
Draft at AP m	0,566
Draft at LCF m	0,553
Trim (+ve by stern) m	0,030
WL Length m	9,502
Beam max extents on WL m	3,170
Wetted Area m <sup>2</sup>	25,839
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	15,808
Prismatic coeff. (Cp)	0,669
Block coeff. (Cb)	0,429
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,653
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,771
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,116
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,042
KB m	0,372
KG fluid m	1,965
BMt m	3,844
BML m	17,901
GMt corrected m	2,251
GML m	16,308
KMt m	4,217
KML m	18,274
Immersion (TPc) tonne/cm	0,162
MTC tonne.m	0,085
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,194
Max deck inclination deg	0,1832
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1832

#### IV.15. Perhitungan Trim

*Trim* dapat didefinisikan sebagai kondisi kapal yang tidak *even* keel atau tinggi sarat air pada haluan dan buritan tidak sama. *Trim* terjadi sebagai akibat dari tidak meratanya momen statis dari penyebaran gaya berat. *Trim* dibedakan menjadi dua, yaitu *trim* haluan dan *trim* buritan. *Trim* haluan terjadi apabila sarat haluan lebih tinggi daripada sarat buritan. Begitu juga sebaliknya untuk *trim* buritan.

Berdasarkan *NCVS Indonesian Flag Chapter II, Section 37.8.1* nilai *trim* untuk kapal dengan panjang kurang dari 35 meter tidak boleh lebih dari  $L_{pp}/50$ . *Trim* dianalisis yang bersama koreksi stabilitas dengan menggunakan pada keadaan *equilibrium* kapal. Pada semua kondisi pemuatan, koreksi aktual *trim* kapal dapat dilihat pada tabel IV.34.

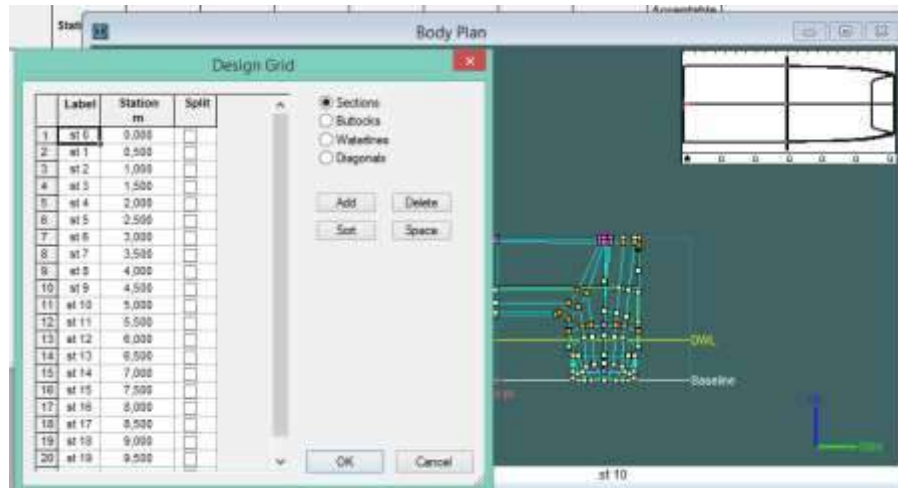
Tabel IV. 34 Kondisi *Trim* pada Tiap *Loadcase*

No.	Kondisi Muatan	Kriteria	Nilai (m)	Aktual (m)	Status
1	20 orang penumpang	$L_{pp}/50$	0,190	0,033	Pass
2	20 orang penumpang menumpuk di <i>portside</i>	$L_{pp}/50$	0,190	0,016	Pass
3	10 orang penumpang	$L_{pp}/50$	0,190	0,055	Pass
4	10 orang penumpang menumpuk di <i>portside</i>	$L_{pp}/50$	0,190	0,038	Pass
5	Penumpang kosong	$L_{pp}/50$	0,190	0,083	Pass

#### IV.16. Pembuatan Desain Rencana Garis

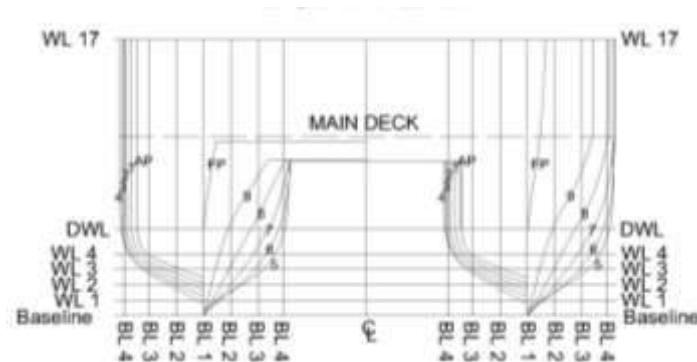
Setelah semua perhitungan yang dilakukan menggunakan model lambung awal selesai, langkah selanjutnya adalah pembuatan rencana garis atau *Lines Plan*. Rencana garis merupakan gambar pandangan atau gambar proyeksi badan kapal yang dipotong secara melintang (*body plan*), secara memanjang (*sheer plan*), dan horizontal memanjang (*half breadth plan*). Rencana garis ini dijadikan dasar untuk menentukan pembagian ruang di kapal, menentukan daya muat kapal, serta menghitung dan memeriksa kemampuan olah gerak kapal selama pelayaran.

Pada Tugas Akhir ini proses desain rencana garis atau *Lines Plan* menggunakan *software Maxsurf Modeler Advanced* kemudian akan disempurnakan di *software CAD*. Karena model lambung awal sudah dibuat sebelumnya maka pengerjaan selanjutnya dengan menggunakan *software Maxsurf Modeller Advance* adalah yaitu membagi model lambung ke dalam potongan-potongan *station*, *buttock line* dan *waterline* pada perintah *design grid* seperti pada Gambar IV.20



Gambar IV. 26 Pembuatan Potongan Station, Buttock Line dan Waterline

Setelah semua komponen *Design Grid* diatur, maka akan tampak bidang-bidang potongnya. Tiap-tiap pandangan kapal di-*export* dalam format .dxf supaya dapat dibuka pada lembar kerja *AutoCAD*. Tujuan menggunakan *AutoCAD* adalah untuk menyesuaikan desain rencana garis dengan aturan gambar yang ada. Gambar potongan melintang lambung kapal dapat dilihat pada Gambar IV.26, sementara gambar rencana garis secara utuh dapat dilihat pada lampiran desain rencana garis.



Gambar IV. 27 Potongan Melintang Lambung Katamaran

#### IV.17. Pembuatan Desain Rencana Umum (General Arrangement)

Dari gambar *Lines Plan* yang sudah di buat, maka dapat dibuat pula gambar *General Arrangement*. *General Arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal. Pembuatan *General Arrangement* dilakukan dengan bantuan *software CAD*.



Menurut (Taggart, 1980), hal yang harus ditentukan pada rencana umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain:

- a. Penentuan lokasi ruang utama
- b. Penentuan batas-batas ruangan
- c. Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
- d. Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan *General Arrangement* katamaran ini adalah penataan geladak utama yang baik agar memberikan ruang yang leluasa untuk penumpang dan menempatkan ruangan-ruangan utama beserta batas-batasnya terhadap lambung kapal dan bangunan atas. Adapun ruangan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

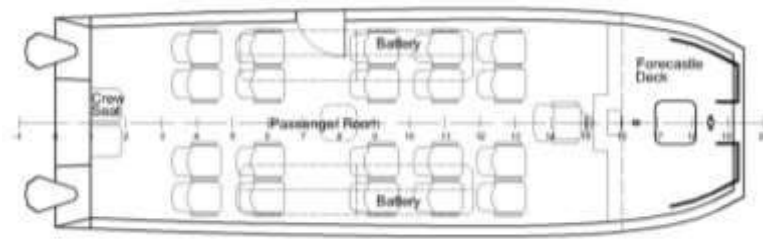
- a. Ruang penumpang
- b. Kamar mesin
- c. Tangki dan tata letak peralatan.

Pada saat yang bersamaan juga ditentukan kebutuhan lain yang harus diutamakan seperti:

- a. Sekat kedap masing-masing ruangan
- b. Stabilitas yang cukup
- c. Penyediaan akses yang cukup

Hal penting lain yang harus diperhatikan dalam pembuatan rencana umum *solar boat* yaitu penyediaan ruangan untuk meletakkan baterai, sistem pengisian serta akses saat perawatan pada baterai. Selain itu pada ruangan baterai juga harus terdapat sirkulasi udara supaya baterai tidak cepat panas.

Langkah pertama yang dilakukan untuk pembuatan *General Arrangement* katamaran adalah membuat sket peletakan peralatan yang terdapat pada *main deck*. Peralatan yang terdapat pada *main deck* terdiri dari kursi penumpang, kursi kru, tempat kemudi. Pembuatan sket dilakukan dengan mempertimbangkan aspek kenyamanan penumpang. Pengaturan tata letak ruang penumpang dapat dilihat pada Gambar IV.28 sementara gambar keseluruhan rencana umum dapat dilihat pada lampiran desain rencana umum.



Gambar IV. 28 Penataan Geladak Kapal dengan Akses ke Baterai

#### IV.18. Pembuatan *Safety Plan*

Dari gambar *General Arrangement* yang sudah di buat, maka dapat dibuat pula gambar *Safety Plan Arrangement* dari *water bus*. *Safety Plan Arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan keselamatan dengan fungsi dan perlengkapan pada kapal. Keselamatan di kapal termasuk peralatannya sangat diperhatikan, untuk itu aturan mengenai keselamatan di laut diatur dalam *Non-Convention Vessel Standard (NCVS) Chapter IV* tentang perlengkapan keselamatan.

##### IV.18.1. Perencanaan Pelampung Penolong (*Life Buoy*)

Mengacu pada “*NSCV, Chapter IV, Sect 9*”, ketentuan pelampung penolong pada kapal adalah sebagai berikut:

- Memiliki daya apung minimal 100 N di air tawar dengan massa minimal 2,5 kg
- Pelampung harus tersedia dan terdistribusi di sepanjang kapal pada kedua sisinya. Setidaknya satu pelampung di diletakkan pada ujung buritan
- Diletakkan dan dapat diambil dengan cepat, tidak dipasang dengan kondisi permanen
- Pelampung harus dilengkapi dengan tali pegangan

Pada kapal yang di desain akan diletakkan 3 buah pelampung penolong dimana 2 pelampung di masing-masing sisi kapal sementara satu pelampung pada buritan.

##### IV.18.2. Perencanaan Baju Penolong (*Life Jacket*)

Mengacu pada “*NSCV, Chapter IV, Sect 10*” persyaratan baju penolong adalah sebagai berikut:

- Baju penolong harus disediakan untuk setiap orang yang berada di kapal
- Penempatan baju penolong di tempat-tempat yang mudah dijangkau dan posisinya ditandai agar mudah terlihat.

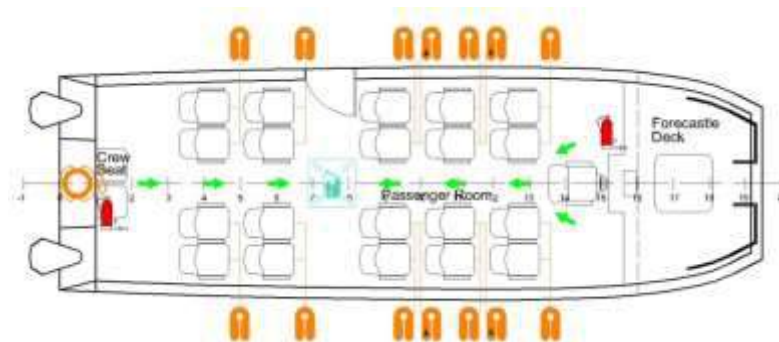
Pada kapal yang didesain, baju penolong untuk penumpang tersedia dibawah kursi masing-masing kursi penumpang agar mudah dijangkau.

#### IV.18.3. Perencanaan Pemadam Kebakaran (*Fire Fighting*)

Ada dua jenis peralatan di kapal yang digunakan untuk mengontrol kebakaran, yaitu *portable extinguishers* dan instalasi pemadam kebakaran tetap. *Portable extinguisher* untuk kebakaran skala kecil, dimana segera didapatkan sumber api dan dapat dengan cepat dipadamkan. Instalasi pemadaman tetap digunakan ketika kebakaran tidak dapat diatasi oleh *portable fire extinguisher* atau kemungkinan timbul bahaya yang lebih besar jika dikaitkan dengan luas area yang terbakar.

Pada kapal yang didesain menggunakan *portable fire extinguisher* berupa tabung APAR (alat pemadam api ringan) berisi *foam* dan *powder*.

Peletakan peralatan keselamatan pada ruang penumpang dapat dilihat pada gambar IV.29, sedangkan gambar *safety plan* keseluruhan dapat dilihat pada lampiran desain rencana umum dan *safety plan*.



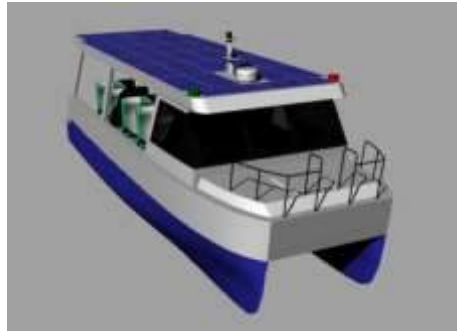
Gambar IV. 29 Peletakan Peralatan Keselamatan

#### IV.19. Pembuatan Desain 3D

Model 3D desain *water bus* sudah dapat dibuat ketika mendapatkan ukuran utama kapal dan ukuran lambung katamaran. Namun, model masih berbentuk *draft* dan masih dapat berubah sesuai dengan ketentuan analisis teknis. Bentuk *draft* model 3D kapal juga dibutuhkan untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal.

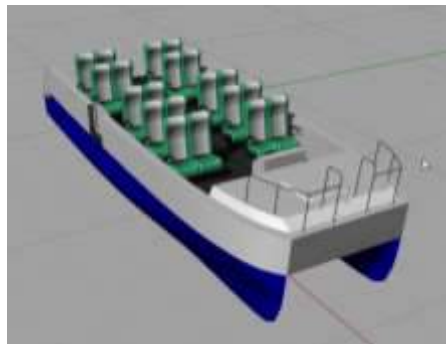
Tahap pertama pembuatan desain 3D *water bus* yaitu pembuatan model lambung katamaran seperti yang telah dibahas pada bab IV.4. Model lambung tersebut berfungsi sebagai *draft* untuk membantu melakukan analisis teknis dan pembuatan desain rencana umum serta rencana garis.

Tahap selanjutnya yaitu penyempurnaan model 3D setelah perhitungan teknis dan gambar rencana umum selesai dibuat. Penyempurnaan desain 3D meliputi pembuatan bangunan atas, penataan perlengkapan pada geladak dan atap. Penyempurnaan 3D dilakukan dengan bantuan *software rhinoceros*. Hasil dari tahap kedua adalah Gambar IV.30.



Gambar IV. 30 Perspektif Depan Model 3D

Hasil dari penataan perlengkapan kapal berupa kursi, meja kemudi dan peralatan keselamatan, dimana interior meliputi kursi penumpang serta meja kemudi dapat dilihat pada gambar IV.31.



Gambar IV. 31 Model 3D Interior Kapal

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1. Kesimpulan**

Dari analisis dan perhitungan teknis mengenai kapal penumpang bertenaga surya yang beroperasi di Dermaga Marunda – Dermaga Muara Baru Jakarta yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a) Didapatkan desain *water bus* dengan *payload* 20 penumpang untuk rute yang telah ditentukan. Ukuran utama kapal, yaitu :

$$L_H = 9,71 \text{ m}$$

$$L_{wl} = 9,52 \text{ m}$$

$$B = 3,15 \text{ m}$$

$$T = 0,56 \text{ m}$$

$$H = 1,17 \text{ m}$$

$$B_1 = 1,06 \text{ m}$$

$$S = 2,09 \text{ m}$$

$$V_s = 11 \text{ knots} = 5,66 \text{ m/s}$$

$$\Delta = 5,041 \text{ ton}$$

Desain Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), Desain *Safety Plan*, Desain 3 Dimensi kapal penumpang bertenaga surya dapat dilihat di lampiran.

- b) Didapatkan daya panel surya sebesar = 3000 Wp dengan Kapasitas baterai sebesar = 75 Kwh

#### **V.2. Saran**

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini masih banyak banyak perhitungan yang dilkaukan menggunakan asumsi dan pendekatan. Maka untuk menyempurnakan Tugas Akahir ini terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Perhitungan berat konstruksi kapal untuk diperinci agar mendekati dengan keadaan sesungguhnya.

2. Perlu dilakukan optimisasi ukuran utama dan ukuran lambung kapal penumpang katamaran pada desain ini, guna memperoleh nilai hambatan kapal yang seminimal mungkin.
3. Perlu adanya analisis ekonomis lebih mendalam mengenai rute penyeberangan dari Marunda menuju ke Muara Baru, Jakarta.

## DAFTAR PUSTAKA

- 2000 HSC Code. 2008. *International Code of Safety for High-Speed Craft*.
- Beritajakarta. (01 Juni 2016). Pasokan BBM Telat, KM Kerapu Tak Beroperasi. Diakses 12 Januari 2018, dari web site: <http://www.beritajakarta.id>
- Billah, Arif. (2014). *Desain Water Bus Sebagai Alat Transportasi dan Wisata Rute Probolinggo-Surabaya*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS
- Biro Klasifikasi Indonesia. 2013. *Rules for The Clasification and Construction Part.3 Special Ships*. Volume II, *Rules for Small Vessel Up to 24 Meters*. Jakarta.
- Civilsolar. (2017). Monocrystalline vs Polycrystalline Cells: What's the Difference. Diakses 20 April 2018, dari web site: <http://www.civilsolar.com>
- Fire Safety Sign. 1980. *Marine & Offshore safety*. Diakses: Maret 2018 dari: <http://fire-safetysign.com/>.
- Fitriana, I. et al. (2016). *Outlook Energi Indonesia 2017*. Jakarta. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
- Google Maps. 2017. *Peta Kelurahan Marunda dan Wilayah Muara Baru*. Retrieved April 2018, from : [www.maps.google.co.id](http://www.maps.google.co.id).
- Inrix. 2017. *Global Traffic Scorecard*. Diakses: 8 November 2018, dari: <http://inrix.com/>.
- Jamaluddin, Andi., Utama, I.K.A.P., Hamdani, M.A. 2010. *Kajian Interferensi Koefisien Hambatan pada Lambung Katamaran melalui Komputasi 'Slender Body Method'*. From : <https://www.researchgate.net/>. Diakses: Mei 2018
- Kementrian Perhubungan (KEMENHUB). 2009. *Non-Convention Vessel Standard Indonesian Flagged Chapter VI*. Jakarta : Kementrian Perhubungan Republik Indonesia.
- Kurniawati, H.A. 2013. *Ship Outfitting*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume I*. Jersey City: The Society of Naval Architectures and Marine Engineers.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume II*. Jersey City: The Society of Naval Architectures and Marine Engineers.
- Manen, J. D., & Oossanen, P. V. 1988. *Principles of Naval Architecture*. In E. V. Lewis, *Principles of Naval Architecture Second Revision (p. 153)*. Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Merdeka. (28 Januari 2013). 1800 Warga Muara Baru Direlokasi ke Rusun Marunda. Diakses 10 Januari 2018, dari web site: <http://www.merdeka.com>
- Molland, M., & Insel, A. F. 1992. *An Investigation Into the Resistance Components of High Speed Displacement Catamarans*. RINA.
- Moustafa, M., El-bokl, Essam E. (2014). *Solar Energy For River Nile Cruisers*. <https://pdfs.semanticscholar.org/>.
- Nasirudin, A., Chao, R., & Utama, I. K. A. P. 2016. *Solar Powered Boat Design Optimization*, MARTEC, Surabaya, Indonesia.
- Oxforddictionaries. *Water Bus*. Diakses 10 Januari 2018, dari web site : <http://en.oxforddictionaries.com>
- Putera, Rahman Ernanto (2017). *Desain Kapal Penumpang Di Banjir Kanal Timur Sebagai Moda Transportasi Alternatif Untuk Mengatasi Kemacetan*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS.

- Rahmantya, K. F. et al. (2016). Profil Pengelolaan Perikanan Pelabuhan Perikanan Samudra Nizam Zachman. Jakarta. Kementrian Kelautan dan Perikanan.
- Rumbayan, M., Abudureyimu, A. & Nagasaka, K. 2011. *Mapping of solar energy potential in Indonesia using artificial neural network and geographical information system*. Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, Japan
- Taggart, R. 1980. *Ship Design and Construction. The Society of Naval Architects and Marine Engineers*. NY.
- Tokopedia. *Solar Charge Controller 12 V- 24 V*. Diakses 10 April 2018, dari web site: <http://www.tokopedia.com>
- Watson, D. 1998. *Practical Ship Design (Vol.1)*. (R. Bhattacharyya, Ed). Oxford: Elsevier.
- Yousif, F., et, al. 2013. *Simulation of Hybrid PV- "3 Phase Grid" Electric Vehicle Charging System*. 7<sup>th</sup> International Conference on Renewable Energy Sources (RES '13), Malaysia



# LAMPIRAN

- Lampiran A Data Pendukung Desain
- Lampiran B Perhitungan Teknis
- Lampiran C Rencana Garis
- Lampiran D Rencana Umum Dan *Safety Plan*
- Lampiran E Model 3D

**LAMPIRAN A**  
**DATA PENDUKUNG DESAIN**

REKAPITULASI MANIFES PENUMPANG KM KERAPU LINTASAN V

DARI : MARUNDA KE : MUARA BARU

Tahun 2015	Tanggal																															Jumlah	Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
JANUARI	L	18	L				19	22	24	18		23	21	20	19	21	15		24	21	19	20	22	18		23	20		19	21	17	444	21
FEBRUARI		21	18	19	17		15		23	17	19	18	22	17		21	23	19	L	22	18		22	21	19	20	19	17			427	20	
MARET		26	22	21	23	19	15		25	21	L	22	20	23		20	23	21	18	20	L		19	23	21	22	25	16		20	22	507	22
APRIL	19	24	L	18		23	25	25	25	24	23		25	24	27	19	25	23		24	25	26	23	22	27		21	24	22	23	586	24	
MEI	L	17		25	23	19	21	29	24		22	24	23	L	17	L		26	24	23	19	28	25		23	22	18	22	26	20	520	23	
JUNI	23	L	26	21	27	18		25	24	25	23	27	19		22	21	20	19	24	18		24	22	21	23	20	16		22	24	554	23	
JULI	23	25	22	20		22	20	19	24	23	18		20	15	9	L	L	L		L	L	18	21	26	27		25	22	23	18	24	464	22
AGUSTUS	20		22	19	21	28	25	21		24	21	22	26	19	17		L	18	20	22	23	21		23	17	19	20	22	19	25	534	22	
SEPTEMBER	19	17	20	23	18		20	18	22	21	24	23		24	22	16	17	23	21		20	18	21	L	19	23		22	19	20	510	21	
OKTOBER	18	23	17		22		15	17	25	18		18	14	L	17	19	15		18	15	17	16	15	13		20	19	17	18	21	15	442	17
NOVEMBER		20	14	17	15	19	12		15	9	12	18	19	12		13	10	14	11	16	15		19	21	18	18	22	17		18	394	16	
DESEMBER	17	15	18	21	16		20	18	L	17	18	16		17	18	14	15	19	16		18	18		L	L	10		21	20	18	9	389	17

- = Hari Minggu (Libur)
- L = Hari libur nasional dan cuti bersama



REKAPITULASI MANIFES PENUMPANG KM KERAPU LINTASAN V

DARI : MARUNDA KE : MUARA BARU

Bulan	Tahun 2016	Tanggal																															Jumlah	Rata-rata	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
JANUARI	L	14	24	21	20		22	21	19	23	20	16	17	21		19	21	20	22	18	11	21	19	19	20	16							444	20	
FEBRUARI	18	19	20	17	19	16	L	18	16	19	23	13	15	15	22	20	20	21	21	18	20	22	14	22									428	20	
MARET	19	14	20	21	25	24	20	L	21	19	22	22	21	25	25	22	19	14	19	18	20	L	23	19	22	22	21						517	21	
APRIL	25	19	23	25	25	25	25	22	25	24	26	23	25		24	25	23	26	21	28			20	24	24	21	21						569	24	
MEI		24	22	18	L	L	6	21	23	29	29		27	21	23	23	26	23	23		19	29	25	31									442	24	
JUNI		21	24	12		10	25	23	27	16		16	17	17	15			4	14	14	18	15		24	18	16							346	18	
JULI	12		L	L	L	L	L	L		10	16	13	19	11				11	16	13			16	23	12	15							187	15	
AGUSTUS	18	19	21	27	25	22	15		22	26	19				L	20	23	21	23	17	19			16									353	21	
SEPTEMBER		10			18	19	18	18	19	L	10	18					14	19	17					9	14	17	22						242	17	
OKTOBER	17		22		15	17				7	12	18	19	12	13	15		11	10	15		21	18	18	26					18			304	16	
NOVEMBER				14	15	15	9	12				13	10	14	11			19	21	18														171	15
DESEMBER	18	21	16	21	16	17		18	15	17	16	14	15				9	6	10			L				15	15	13					272	16	

- = Hari Minggu (Libur)
- L = Hari libur nasional dan cuti bersama



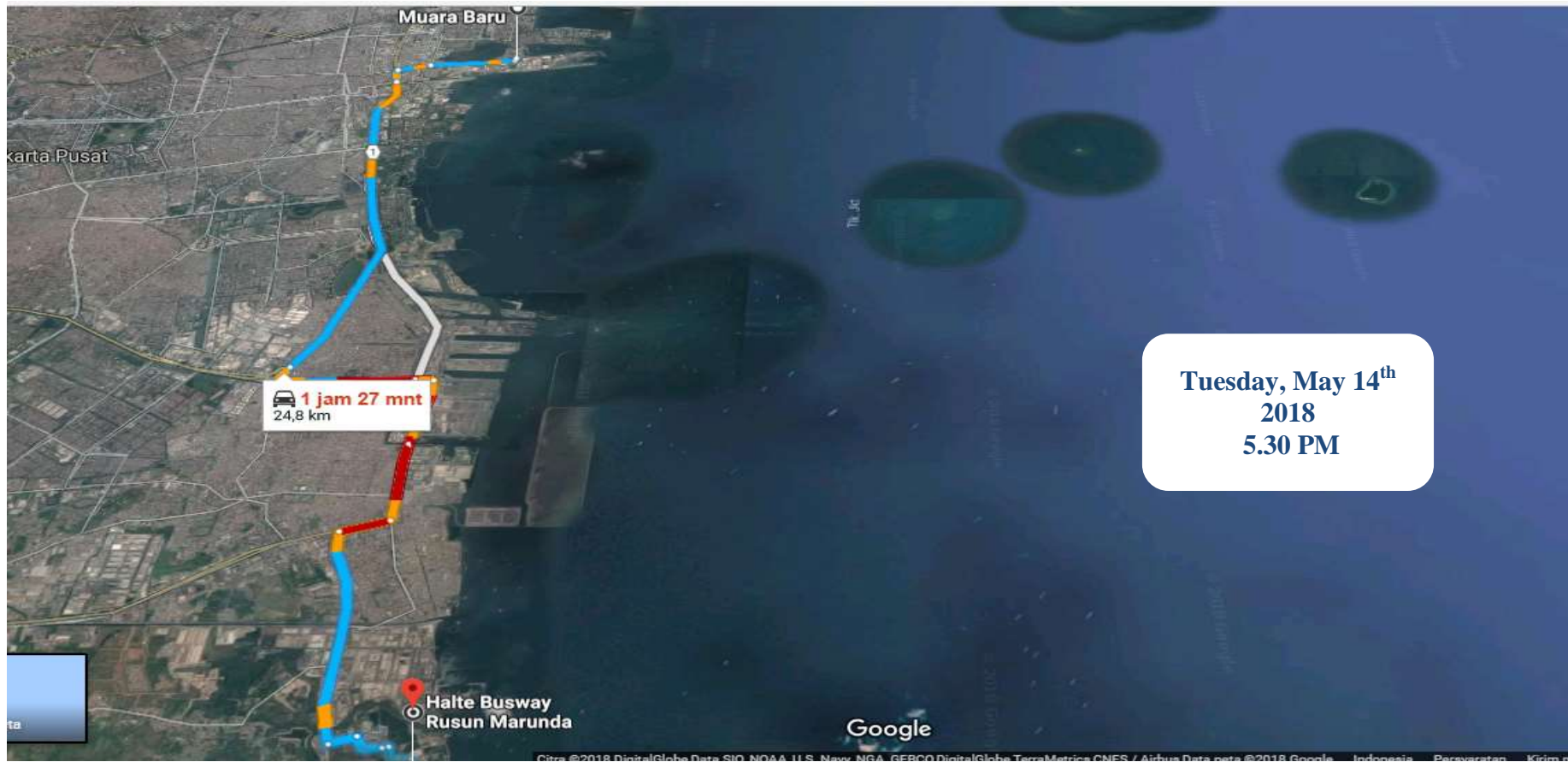
REKAPITULASI MANIFES PENUMPANG KM KERAPU LINTASAN V

DARI : MARUNDA KE : MUARA BARU

Bulan	Tahun 2017	Tanggal																															Jumlah	Rata-rata			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
JANUARI					9	10	6		19	18	21	15				18																				116	15
FEBRUARI																																					
MARET																																					
APRIL																																					
MEI																																					
JUNI																																					
JULI																																					
AGUSTUS																																					
SEPTEMBER																																					
OKTOBER																																					
NOVEMBER																																					
DESEMBER																																					

- = Hari Minggu (Libur)
- L = Hari libur nasional dan cuti bersama

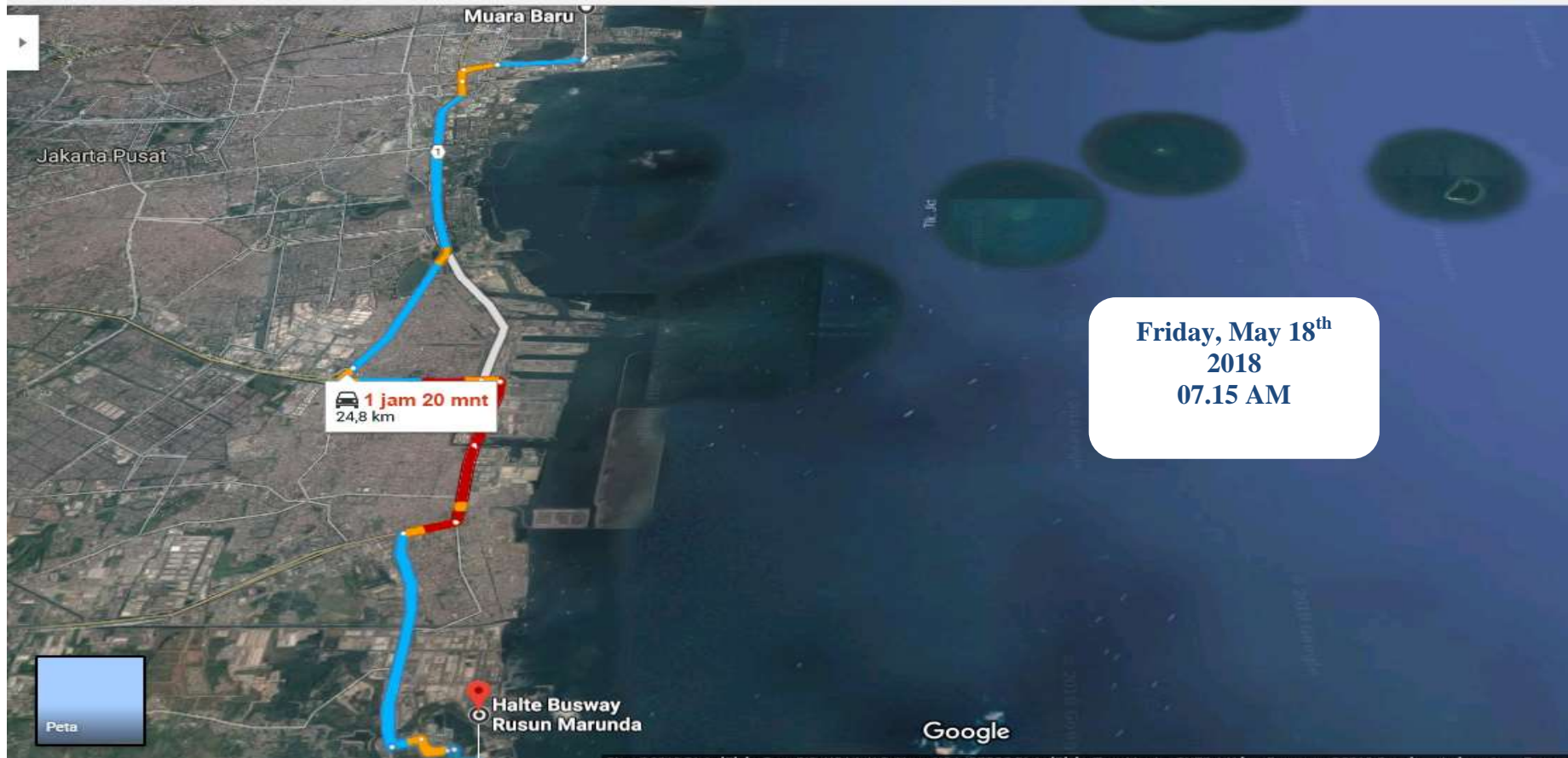




**Gambar A. 1. Waktu Tempuh Jalur Darat Saat Terjadi Kepadatan Lalu Lintas pada Jam 17.30 WIB**

(Googlemaps, 2018)





**Gambar A. 2. Waktu Tempuh Jalur Darat Saat Terjadi Kepadatan Lalu Lintas pada Jam 07.15 WIB**  
(Googlemaps, 2018)



**Gambar A. 3. Waktu Tempuh Jalur Darat Saat Terjadi Kepadatan Lalu Lintas pada Jam 06.30 WIB**

(Googlemaps, 2018)



**LAMPIRAN B**  
**PERHITUNGAN TEKNIS**

REKAPITULASI MANIFES PENUMPANG KM KERAPU LINTASAN V

DARI : MARUNDA KE : MUARA BARU

Bulan	Tahun 2015	Tanggal																														Jumlah	Rata-rata			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					31
JANUARI	L	18	L				19	22	24	18		23	21	20	19	21	15		24	21	19	20	22	18		23	20		19	21	17	444	21	22	20,2	
FEBRUARI		21	18	19	17		15		23	17	19	18	22	17		21	23	19	L	22	18		22	21	19	20	19	17			427	20	22	19,4		
MARET		26	22	21	23	19	15		25	21	L	22	20	23		20	23	21	18	20	L		19	23	21	22	25	16		20	22	507	22	24	21,1	
APRIL	19	24	L	18		23	25	25	25	24	23		25	24	27	19	25	23		24	25	26	23	22	27		21	24	22	23	586	24	25	23,4		
MEI	L	17		25	23	19	21	29	24		22	24	23	L	17	L		26	24	23	19	28	25		23	22	18	22	26	20		520	23	23	22,6	
JUNI	23	L	26	21	27	18		25	24	25	23	27	19		22	21	20	19	24	18		24	22	21	23	20	16		22	24	554	23	25	22,2		
JULI	23	25	22	20		22	20	19	24	23	18		20	15	9	L	L	L		L	L		18	21	26	27		25	22	23	18	24	464	22	22	21,1
AGUSTUS	20		22	19	21	28	25	21		24	21	22	26	19	17		L	18	20	22	23	21		23	17	19	20	22	19		25	534	22	25	21,4	
SEPTEMBER	19	17	20	23	18		20	18	22	21	24	23		24	22	16	17	23	21		20	18	21	L	19	23		22	19	20	510	21	25	20,4		
OKTOBER	18	23	17		22		15	17	25	18		18	14	L	17	19	15		18	15	17	16	15	13		20	19	17	18	21	15	442	17	26	17,0	
NOVEMBER		20	14	17	15	19	12		15	9	12	18	19	12		13	10	14	11	16	15		19	21	18	18	22	17		18	394	16	25	15,8		
DESEMBER	17	15	18	21	16		20	18	L	17	18	16		17	18	14	15	19	16		18	18		L	L	10		21	20	18	9	389	17	23	16,9	

pertahun 20,7

■ = Hari Minggu (Libur)

>>> 21 orang

L = Hari libur nasional dan cuti bersama

max 29 orang

REKAPITULASI MANIFES PENUMPANG KM KERAPU LINTASAN V

DARI : MARUNDA KE : MUARA BARU

Bulan	Tahun 2016	Tanggal																														Jumlah	Rata-rata			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					31
JANUARI	L	14		24	21	20		22	21		19	23	20	16	17	21		19	21	20	22	18		11	21	19	19	20	16		444	20	23	19,3		
FEBRUARI	18	19	20	17	19	16		L	18	16	19	23	13		15		15	22	20	20		21	21	18	20	22	14		22	428	20	22	19,5			
MARET	19	14	20	21	25		24	20	L	21	19	22		22	21	25	25	22	19		14	19	18	20	L	23		19	22	22	21	517	21	25	20,7	
APRIL	25	19		23	25	25	25	25	22		25	24	26	23	25		24	25	23	26	21	28		20	24	24	21	21			569	24	24	23,7		
MEI		24	22	18	L	L	6		21	23	29	29		27		21	23	23		26	23	23		19	29	25	31			442	24	19	23,3			
JUNI		21	22	12		10	25	23	27	16		16	17	17	15				4	14	14	18	15			24	18	16			346	18	20	17,3		
JULI	12			L	L	L	L	L	L		10	16	13	19	11					11	16	13			16		23	12	15		187	15	13	14,4		
AGUSTUS	18	19	21	27	25	22		15		22	26	19					L	20	23	21		23	17	19			16			353	21	17	20,8			
SEPTEMBER		10				18	19	18	18	19			L	10	18					14	19	17					9	14	17	22	242	17	15	16,1		
OKTOBER	17		22		15	17					7	12	18	19	12		13	15		11	10	15			21	18	18	26		18	304	16	19	16,0		
NOVEMBER				14	15		15	9	12								13	10	14	11											171	15	12	14,3		
DESEMBER	18	21	16		21	16	17		18	15		17	16	14	15					9	6	10					L			15	15	13	272	16	18	15,1

pertahun 18,9

■ = Hari Minggu (Libur)

>>> 19 orang

L = Hari libur nasional dan cuti bersama

max 31 orang

**REKAPITULASI MANIFES PENUMPANG KM KERAPU LINTASAN V**

DARI : MARUNDA      KE : MUARA BARU

Bulan	Tanggal																															Jumlah	Rata-rata					
	Tahun 2017	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			31				
JANUARI					9	10	6		19	18	21	15			18																					116	15	
FEBRUARI																																						
MARET																																						
APRIL																																						
MEI																																						
JUNI																																						
JULI																																						
AGUSTUS																																						
SEPTEMBER																																						
OKTOBER																																						
NOVEMBER																																						
DESEMBER																																						

8      14,5

■ = Hari Minggu (Libur)  
 L = Hari libur nasional dan cuti bersama

pertahun      15  
 >>>            15 orang  
 max            21 orang

Rata-rata penumpang 2 tahun = 20 orang

Rata-rata penumpang tiap bulan

rata-rata > 20 = 12 bulan

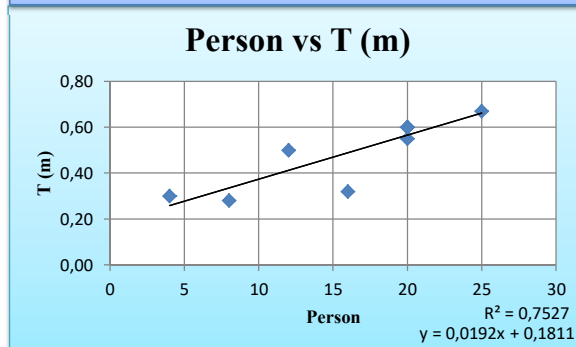
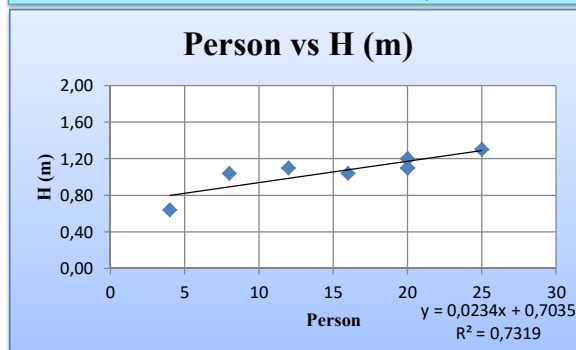
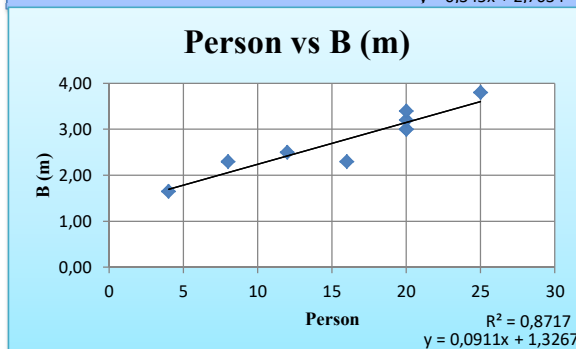
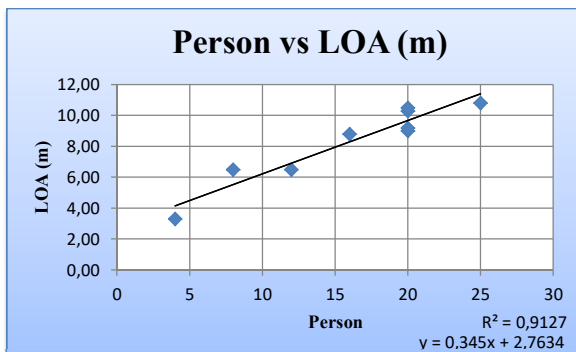
rata-rata ≤ 20 = 12 bulan

22,33333

**REGRESI LINEAR**

No	Nama Kapal	Ukuran				Sumber	Passen ger
		L (m)	B (m)	T (m)	D (m)		
1	Sun Cr Z9	3,30	1,65	0,30	0,64	alibaba.com	4
2	E-Maran 8	6,50	2,30	0,28	1,04	koreaturbine.com	8
3	SunRider (12 Pass)	6,50	2,50	0,50	1,10	navaltboats.com	12
4	E-Maran 16	8,80	2,30	0,32	1,04	koreaturbine.com	16
5	SunRider (20 Pass)	9,00	3,00	0,60	1,10	navaltboats.com	20
6	Sun Cr Z30	9,20	3,00	0,60	1,10	alibaba.com	20
7	FBI 1032 KA	10,30	3,20	0,55	1,20	fiberboat-indonesia.	20
8	JC-1032	10,50	3,40	0,60	1,20	javaneseboat.com	20
9	FRP Catamaran China	10,80	3,80	0,67	1,30	sftindustries.en.mad	25

Payload = 20 Orang



Pax = 20 person

<b>&gt; L</b>		<b>&gt; B</b>	
L =	$0,345 \cdot P + 2,7634$	B =	$0,0911 \cdot P + 1,3267$
L =	9,71 m	B =	3,15 m
<b>&gt; H</b>		<b>&gt; T</b>	
H =	$0,0234 \cdot P + 0,7035$	T =	$0,019 \cdot P + 0,1857$
H =	1,17 m	T =	0,56 m

Model	C3	C4	C5
L(m)	1,600	1,600	1,600
L/B	7,000	9,000	11,000
B/T	2,000	2,000	2,000
$L/\nabla^{1/3}$	6,273	7,417	8,479
$C_B$	0,397	0,397	0,397
$C_P$	0,693	0,693	0,693

	Model			Satuan
	C3	C4	C5	
L/B <sub>1</sub>	7	9	11	-
B <sub>1</sub>	1,36	1,06	0,87	m
B <sub>1</sub> /T	2,41	1,88	1,54	-

(Molland, M., & Insel, A. F., 1992)

#### Ukuran Lambung Katamaran

$$Lwl = L_{hull} / 1,02$$

$$= 9,52 \text{ m}$$

$$L/B_1 = 9,00$$

$$B_1 = 1,06 \text{ m}$$

$$B_1/T = 1,88$$

$$S = 2,09 \text{ m}$$

$$S/L = 0,22$$

$$C_B = 0,427$$

$$C_P = 0,668$$

$$\nabla = 2,317 \text{ m}^3$$

$$L/\nabla^{1/3} = 7,197$$

Insel & Molland (1992)

Model Maxsurf

Model Maxsurf

Model Maxsurf



**KAPAL PEMBANDING**

**1. Sun Cr Z9**



**6. Sun Cr Z30**



**2. E-Maran 8**



**7. FBI 1032 KA**



**3. SunRider (12 Pass)**



**8. JC-1032**



**4. E-Maran 16**



**9. FRP Catamaran China**



**5. SunRider (20 Pass)**



## Ukuran Utama dan Koefisien Awal

### 1. Persyaratan

1	Payload	20 1500 1,5	orang kg ton	A minimum weight of 75 kg shall be assumed for each passenger except that this value may be increased subject to the approval of the Administration. In addition, the mass and distribution of the luggage shall be approved by the Administration. (2008 IS Code part A Chapter 3)
2	Muatan	Manusia		
3	Jenis Kapal	Katamaran		

### 2. Ukuran Utama Awal

$L_H =$	9,71 m	
$L_{wl} =$	9,52 m	<i>Model hull maxsurf</i>
$B_0 =$	3,15 m	
$T_0 =$	0,56 m	
$H_0 =$	1,17 m	
$B1_0 =$	1,06 m	
$S =$	2,09 m	
$Vs =$	11 knots = 5,66 m/s	
$g =$	9,81 m/s <sup>2</sup>	
$\nabla =$	2,459 m <sup>3</sup>	
$\Delta =$	5,041 ton	<i>Model hull maxsurf</i>

#### >>> Batasan Ukuran Utama

$L/B_1 =$	9,00 Insel & Molland (1992)	→	$6 \leq L/B_1 \leq 12$	OK
$S/L =$	0,22 Insel & Molland (1992)	→	$0,2 \leq S/L \leq 0,6$	OK
$S/B_1 =$	1,98 Insel & Molland (1992)	→	$0,9 < S/B < 4,1$	OK
$B_1/T =$	1,88 Insel & Molland (1992)	→	$1,0 \leq B/T \leq 3,0$	OK
$B_1/B =$	0,29 Multi Hull Ships, hal. 61	→	$0,15 < B_1/B < 0,3$	OK
$L/\nabla^{1/3} =$	7,055 Insel & Molland (1992)	→	$6 \leq L/\nabla^{1/3} \leq 9$	OK
$CB =$	0,427 Insel & Molland (1992)	→	$0,33 \leq CB \leq 0,45$	OK

#### >>> Froude Number

$$Fn = Vs / \sqrt{g \cdot L}$$

$Fn = 0,585$



### 4. Perhitungan Koefisien Utama Awal

#### a. Koefisien Luas Midship

Ref: [www.catamaransite.com/catamaran\\_hull\\_design\\_formulas.html](http://www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html)

$$C_m = A_M / (T \cdot B_M)$$

$A_M = 0,35 \text{ m}^2$  (luas station midship)

$B_M = 1,050 \text{ m}$  (lebar lambung di *midship* setinggi sarat)

$C_M = 0,588$

#### d. Koefisien Bidang Garis Air

Ref: [www.catamaransite.com/catamaran\\_hull\\_design\\_formulas.html](http://www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html)

$$C_{WP} = A_{WP} / (B_{WL} \cdot L_{WL})$$

$A_{WP} = 7,880 \text{ m}^2$

$B_{WL} = 1,070 \text{ m}$

$C_{WP} = 0,774$



## Perhitungan Hambatan

Method : Slender Body

$R_T$	$R_R$	$R_W$	$R_F$	$R_V$	$R_{Cor}$	$R_{App}$	$R_{Air}$	$O_D$
yes	yes	yes	yes <sup>ITTC'57</sup>	yes	yes	yes	yes	no

Slenderness ratio (Molland et al.);

$$= L / \nabla^{1/3}$$

$$= 7,1 \quad (\text{Yes})$$

Minimum ratio

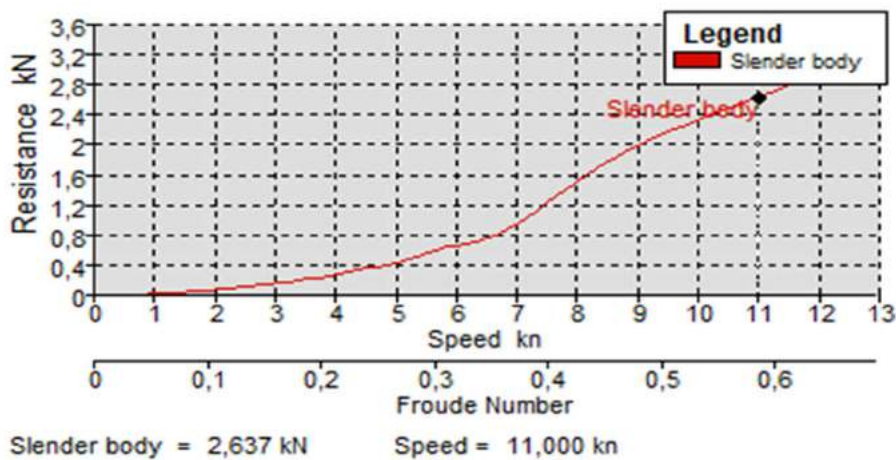
$$4 < L / \nabla^{1/3} \quad (\text{Maxsurf Manual})$$

Molland et al

$$(1+\beta k) = 3.03 (L / \nabla^{1/3})^{-0.4}$$

$$(1+\beta k) = 1,387$$

Hasil Perhitungan :



Menggunakan metode analisis *Slender Body* diperoleh;

$$R_t = 2,637 \quad \text{kN}$$

$$\text{EHP} = 14,926 \quad \text{kN}$$

Untuk kedua metode perhitungan, hasil dipilih menggunakan metode perhitungan dengan software dengan metode analisis yaitu metode *slender body*

$$R_t = 2,637 \quad \text{kN}$$

$$\text{EHP} = 14,926 \quad \text{kN}$$



## Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin

### Input Data

$L_{WL}$	=	9,52 m	
$T$	=	0,56 m	
$B$	=	3,15	
$C_B$	=	0,4	
$V_s$	=	5,7 m/s	
$D$	=	0,6 T	(asumsi) ; Diameter (0.6 s.d. 0.65) · T
	=	0,3 m	
$P/D$	=	1	(asumsi) ; Pitch Ratio (0.5 s.d. 1.4)
$z$	=	3 blade	(asumsi) ; Jumlah Blade
$A_E/A_0$	=	0,4	(asumsi) ; Expanded Area Ratio
$R_t$	=	2,637 kN	
$LCB$	=	-0,60 m dari midship	(Didapatkan dari model di maxsurf)

### Perhitungan Awal

$C_F$	=	0,002	(Model Maxsurf)
$C_A$	=	0,001	(Model Maxsurf)
$C_V$	=	0,003	(Model Maxsurf)
$w$	=	$0.3095C_B + 10C_V C_B - 0.23D/\sqrt{BT}$	(ref : PNA vol.II, hal.163)
	=	0,093	
$t$	=	$0.325C_B - 0.1885D/\sqrt{BT}$	(ref : PNA vol.II, hal.163)
	=	0,096	
$V_a$	=	$V_s(1-w)$	(ref : PNA vol.II, hal.146)
	=	5,130	

### Effective Power ( $P_E$ )

$PE$	=	$R_t \cdot V_s$	(ref : PNA vol.II, hal.153)
	=	14,921 kW	

**Thrust Power (P<sub>T</sub>)**

*Propulsive Coefficient Calculation*

$$\begin{aligned} \eta_H &= \text{Hull Efficiency} \\ &= (1-t)/(1-w) \\ &= 0,998 \\ P_T &= P_E/\eta_H \\ &= 14,957 \text{ kW} \\ &= 20,336 \text{ HP} \end{aligned}$$

(ref : PNA vol.II, hal.152)

$$1 \text{ HP} = 0,7355 \text{ kW}$$

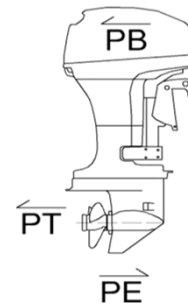
*\*Twin Screw*

$$P_T = 7,479 \text{ kW}$$

**Spesifikasi Teknis Mesin**

Power input =	15,5 kW
Power output =	13 kW
Thrust =	150 da N
	1,5 kN
V <sub>a</sub> =	5,13 m/s
Thrust Power =	8 kW
Total Efisiensi =	49%

(Propeller Shaft)  
(Standard popeller)



**Brake Power (P<sub>B</sub>)**

$$\begin{aligned} P_B &= \\ &= 15,5 \text{ kW} \end{aligned}$$

## Pemilihan Motor Penggerak

Untuk kapal twin screw maka *Thrust Power* yang dibutuhkan 1 buah mesin;  
 PB = 15,50 kW

### a. Pemilihan mesin utama



Sumber: *Aquawatt Catalogue 2018-en*

Merk : **Aquawatt**

Type : Green Thruster

Input power (continous) =	15,5 kW
Comparable petrol outboards =	20 HP
Propulsive power =	13 kW
Voltase =	50 volt
Thrust =	150 da N
=	1,5 kN
Thrust Power =	8 kW
Berat mesin (tanpa baterai) =	52 kg
Total berat mesin =	104 kg

Efisiensi = 49%

Jarak tempuh = 10,26 nm

Ref: *up-apk dishub*

Vs = 11 knot

*DKI Jakarta*

waktu tempuh 1 trip = 1 jam

Sehari ditentukan sebanyak 2 trip sesuai jam pergi-pulang kerja

Lama waktu operasi (h) = 2 jam

Kebutuhan daya mesin (Ps) = 31 kW

Energi untuk propulsi = waktu x kebutuhan daya mesin

= 62 kWh

### b. Pemilihan baterai

Sumber: *Aquawatt Catalogue 2018-en*

Baterai

Merek : **Aquawatt**

Type : Lithium-ion

Usable Energy =	7	kWh
Voltase Maksimum =	-	V
Voltase nominal =	50	V
Efisiensi =	85%	160 Ah



Jumlah baterai:

$$x_2 = \frac{E_{batt} \cdot 1000 \cdot \eta_d}{V_{batt} \cdot C_{batt}}$$

**E<sub>batt</sub> = Epropulsi + Enavigasi**  
 Epropulsi = 62 kWh  
 Enavigasi = 0,28 kWh  
 x<sub>2</sub> = 6,62 >>> 8 buah  
 jumlah = 8 buah

$$E_{batt} = \frac{V_{batt} \cdot C_{batt} \cdot x_2}{1000 \cdot \eta_d}$$

Energi dari baterai = 75 kWh  
 Dimensi Baterai  
     L = 1035 mm  
     B = 405 mm  
     H = 330 mm  
 Berat Baterai  
     1 Baterai = 100 Kg  
 Total berat baterai  
     Berat = 800 Kg  
     = 0,800 Ton

c. Penentuan Solar Panel

Merk : Solarimba *Sumber: (Tokopedia.com)*

Type : 250 W Mono Crystalline Solar Panel

Max Power	=	100	Wp
Optimum Power Voltage	=	18	V
Optimum Power Current	=	5,56	A
Open Circuit Voltage	=	21,6	V
Open Circuit Current	=	6,1	A
Cell Eficiency	=	18	%
Dimensi tiap panel;			
l <sub>SP</sub>	=	1,196	m
w <sub>SP</sub>	=	0,541	m
t	=	0,030	m
Berat	=	7	Kg



Jumlah panel;

$$\Sigma SP = \frac{A_{deck} (m^2)}{l_{SP} (m) \times w_{SP} (m)}$$

A deck	=	21,364 m <sup>2</sup> (AutoCAD)
ΣSP	=	33 Buah
	=	30 Buah (sesuai layout)
Berat total	=	0,21 ton

Lama Penyinaran Matahari	=	4,97	jam
Energi Total dari solar panel	=	14910	Wh
	=	14,91	kWh

d. Charge Controller

Short Sircuit Solar Panel	=	6,1	A
Jumlah Solar Panel	=	30	Buah
Berat	=	0,36	kg
Margin of Safety	=	20%	
Dimensi;			
L	=	0,188	m
W	=	0,09	m
t	=	0,048	m

Charge controller harus dapat menangani sejumlah arus pendek ( $I_{TSC}$ ) dari Solar Panel (M. M. Mustofa et al, 2014)

$$I_{TSC} = N_p * I_{SC}$$

$N_p$	=	6	(rangkaian paralel)
$I_{TSC}$	=	43,92	A

Merk : Y-SOLAR  
Type : M30

Sumber: (aliexpress.com)



Kapasitas	=	30	A
Voltase sistem	=	24	v
Jumlah	=	1,464	buah
	=	2	buah
Berat total	=	0,72	kg

## Peralatan Elektronik

### 1. Peralatan Navigasi & Komunikasi

1 set Marine GPS

Ref : bukalapak.com  
Merk : GARMIN GPSMap2108  
Spec :  
Supply voltage = 10 - 36 VDC  
P out = 7,5 W  
Consumption = 625 mA 12 V

1 set VHF Marine Radio

Ref : aliexpress.com  
Merk : Anysecu RS-506M  
Spec : 7390  
Supply voltage = 11,7 - 15,8 VDC  
P out = 50 W  
Consumption = 4500 mA 12 V

1 set Magnetic Compass

Ref : aliexpress.com  
Merk : BOCHI 65 Magnetic Compas  
Spec :  
Supply voltage = - VDC  
P out = 5 W  
Consumption = 417 mA 12 V

1 set RADAR Scanner

Ref : bukalapak.com  
Merk : GARMIN GMP 18  
Spec : #####  
Supply voltage = 10,5 - 30,5 VDC  
P out = 33,5 W  
Consumption = 2700 mA 12 V  
  
Total P Konsumsi = 62,5 W  
Lama Pemakaian = 2 Jam  
Energi dibutuhkan = 125 Wh

### 2. Penerangan

2 set lampu

Ref : tokopedia  
Merk : zdnmart  
Spec :  
Supply voltage = - VDC  
P out = 3 W  
Consumption = 250 mA 12

1 set Lampu Navigasi

Ref :  
Merk : Plastimo 12v  
Spec :  
Supply voltage = - VDC  
P out = 10 W  
Consumption = 840 mA 12 V  
  
Total P konsumsi = 13 W  
Lama Pemakaian = 2 Jam  
Energi dibutuhkan = 26 Wh



**GARMIN.GPS MAP 2108**



**Rp16.000.000** Cicilan 0%

Cicilan 0% - 3 bulan Rp2.333.333/bulan  
 Cicilan 0% - 6 bulan Rp1.666.666/bulan  
 Cicilan 0% - 12 bulan Rp1.333.333/bulan  
 Sama persisnya angsa. Cicilan tanpa kartu kredit.

Terwujud - ini akan barang  
 Masukkan jumlah yang diinginkan

**Belanja Sekarang**

Tambahkan ke Keranjang    Chat Pelapak

Kode QR untuk transaksi di aplikasi Bukalapak  
 Temukan QR akan kode QR di menu pencarian aplikasi Bukalapak.

**IP67 RS-506M Panjang Rentang VHF Marine Radio IP-X7 Baru dengan Fungsi DSC**



**FOB Referensi Harga: gantikan Harga Terbaru**

**US \$1-125.5** / Potongan / 2 Potongan/potongan (Min. Order)

Kemampuan Su: 1000 Potongan/potongan per Minggu  
 ppfy:  
 Port: shenzhen

**Hubungi Sekarang**    **Mulai Order**

**Kapal plastik kompas**



**FOB Referensi Harga: gantikan Harga Terbaru**

**US \$10-100** / Set / 1 Set/set kapal plastik kompas (Min. Order)

Kemampuan Su: 300 Set/set per Bulan kapal plastik kompas  
 ppfy:  
 Port: China Port

**Hubungi Sekarang**

atau Lihat  
 pembayaran: **YHS** **TT** **Checking** **Moile**

**Garmin GMP 18 HD Radar Scanner**



**Rp20.928.500**

Garmin GMP 18 HD Radar Scanner radar menawarkan tingkat yang baru kemampuan radar scanning.Mempertajam gambar radar Anda dengan kinerja defolasi tinggi.

GP 5 Alat Ukur Oriensi  
 32% 113 terjual  
 +00 Bukalapak

**LAMPU LED DOWNLIGHT**



*aplikasi untuk aki/solar cell*  
**@zdnmart**  
**3W 12VOLT DC**



**Plastimo Navigation Light Port 12V**

**101863 Rp** RRP: 84900 Rp You save 25.10%

Buy this product and earn **6 Coins** / **1003 Rp**

Size: 60 x 70 x 55 mm-Ral5021-Black    Quantity: 1

**ADD TO BASKET**

Order now and it will be delivered directly to you between **Tue, 1 May** and **Wed, 2 May**

Best price online audited by **redPrice**



**BEBAN LISTRIK**

No	Jenis Peralatan	Merk	Jumlah (Unit)	V (Volt)	I (Ampere)	Arus	Daya Output (Watt)	Endurance (hour)	
Navigasi Komunikasi									
1	Marine GPS	GARMIN	1	24	0,4	DC	9,6	2	
2	RADAR Scanner	GARMIN GMP	1	12	2,7	DC	33,5		
3	VHF Radio	Anysecu RS-506M	1	12	4,5	DC	50		
4	Magnetic Compas	Bochi	1	12	0,21	DC	2,5		
							Total =	95,6	
Penerangan									
5	Lampu Ceiling LED	ZDN	1	12			3	2	
6	Lampu Navigasi	Plastimo	4	12	0,84	DC	10		
							Total =	43	
							Daya total =	138,6	Watt
							=	0,139	kW
							Energi total =	0,277	kWh

energi total yang dipenuhi = (Esolar panel)/(Epropulsi + Enavigasi)  
 0,239  
 24%

## Pengisian Baterai

Jarak Tempuh	=	10,26	mil =	19,00	km
			=	19002	m
Kecepatan Dinas	=	5,66	m/s		
Waktu Tempuh dalam 1 kali trip	=	3358	s	0,93	hours
	≈	1,00	hours		
Kebutuhan Daya Total	=	31,14	Kw	(elektronik + prop)	
Kebutuhan Energi 1 Trip	=	31,14	Kwh		
Sehari 2 trip	=	62,28	Kwh		
Energi yang dibutuhkan 2 mesin	=	31,00	Kwh	(Kapasitas 6 Baterai)	
Energi Oleh Panel Surya	=	14,91	kWh		
Efisiensi Pengisian Baterai	=	85%			
Kebutuhan energi yang harus diisi	=	47,37	kWh		
Max Charge Voltage	=	50,00	V		
Max Charge Current	=	160,00	Ah		
Daya pengisian Baterai	=	Max Voltage * Max Current			
	=	8000,00	VA		
	=	8000,00	Watt		
	=	8,0	kW		
Lama Waktu Pengisian	=	6,97	hours		
	≈	7,0	hours		

## Equipment & Outfitting

### 1. Kursi

#### a. Penumpang

Jumlah kursi	=	20 unit	
Height	=	1,03 m	
Width	=	0,51 m	
Depth	=	0,69 m	
Berat kursi	=	11 kg	0,033
Berat Total	=	22 kg	0,022 ton



laut / perahu feri penumpang kursi / kursi dengan tahan air 2-seater , 3-seater

FOS Referensi Harga: [dapatkan Harga Terbaru](#)

**US \$160-300** / Potongan : 1 Potongan/potongan (Min. Order)

[Hubungi Sekarang](#) [Mulai Order](#)

[Meringkaskan Pesan](#)

Dukungan peris: [perdagangan Jaminan](#)  
untuk melindungi pesanan anda dari pembayaran untuk pengiriman

pembayaran: [VISA](#) [TT](#) [e-Checking](#) [Pay Later](#) More [v](#)

Pengiriman: [DISKON 50%](#) dari Layanan Pengiriman Laut Alibaba.com dari Tiongkok ke Amerika Serikat  
[Dapatkan kuota pengiriman](#)

#### b. Nahkoda

Jumlah kursi	=	1 unit	
Height	=	157 m	
Width	=	0,62 m	
Depth	=	1,5 m	
Berat kursi	=	30 kg	
Berat Total	=	30 kg	0,03 ton



kursi kursi percontohan perahu nelayan laut

FOS Referensi Harga: [dapatkan Harga Terbaru](#)

**US \$1,100-1,300** / Potongan : 1 Potongan/potongan kursi kursi percontohan perahu nelayan laut (Min. Order)

Kemampuan: [Se](#) 20000 Potongan/potongan per Tahun kursi kursi percontohan perahu

ppp: nelayan laut

Port: China Port

[Hubungi Sekarang](#)

[Chat Sekarang](#)

pembayaran: [VISA](#) [TT](#) [e-Checking](#) More [v](#)

#### c. Crew

Jumlah kursi	=	2 unit	
Height	=	0,9 m	
Width	=	0,42 m	
Depth	=	0,55 m	
Berat kursi	=	5 kg	
Berat Total	=	10 kg	0,01 ton



bus kota injeksi plastik kursi

FOS Referensi Harga: [dapatkan Harga Terbaru](#)

**US \$1-34** / Potongan : 500 Potongan/potongan (Min. Order)

[Hubungi Sekarang](#) [Mulai Order](#)

[Chat Sekarang](#)

Dukungan peris: [perdagangan Jaminan](#)  
untuk melindungi pesanan anda dari pembayaran untuk pengiriman

pembayaran: [VISA](#) [TT](#) [e-Checking](#) [Pay Later](#) More [v](#)

Pengiriman: [DISKON 50%](#) dari Layanan Pengiriman Laut Alibaba.com dari Tiongkok ke Amerika Serikat  
[Dapatkan kuota pengiriman](#)

## 2. Jangkar

Pemilihan jangkar mengacu pada perhitungan Z number.

$$Z = 0,6 * L * B * H_1 + A$$

ref : BKI Vol VII (2013) Part 3 :

Dimana :

Z	=	Equipment Number		
L	=	L Konstruksi	=	9,62 m
B	=	B Moulded	=	3,15 m
H <sub>1</sub>	=	H + 1/6*H <sub>keel</sub>	=	1,17 m
A	=	0.5 * Volume superstructure		
		Volume	=	17,83 m <sup>3</sup>
Z	=	29,326		

Dari katalog jangkar di BKI vol.VII tahun 2013 Part 3 annex F, dapat ditentukan berat dan jumlah jangkar dengan Z number 30 yakni :

for Motorcraft (Table F.2)

a. Jangkar

Jumlah	=	1	unit
Jangkar 1	=	15	kg
Jangkar 2	=	-	kg
		15	kg

b. Tali Jangkar

Panjang	=	25	m
Tebal	=	7	mm

c. Towing Line

Panjang	=	47,55	m
diameter	=	18	mm

Sementara itu dari website [http://www.alibaba.com/product-detail/Stainless-Steel-Carbon-Steel-Marine-Danforth\\_60253778742.html?spm=a2700.7724838.0.0.EGNsvr](http://www.alibaba.com/product-detail/Stainless-Steel-Carbon-Steel-Marine-Danforth_60253778742.html?spm=a2700.7724838.0.0.EGNsvr) didapatkan jangkar

**Defender**  
The Marine Outfitter Of Choice For Boating Enthusiasts Since 1938  
Phone: 800-628-8225 Fax: 800-654-1816 Int'l: 800-701-3400 Email: Contact Us

**Sea-Dog Folding Grapnel Anchor - 33 Lb**

- Approximate Boat Length: 26 to 32 Feet
- Weight: 33 Lbs
- Material: Hot-Dipped Galvanized Steel, Perfect for Small Watercraft

Item #: 002907GRA033  
Brand: Sea-Dog  
Model #: 318033  
Shipping Weight: 33.00 Lbs  
List Price: \$178.25  
Our Price: \$119.99  
Status: ● In Stock

Quantity:  [Add to Cart](#)

Certificate

Maka, jangkar yang dipilih dengan ialah :

Berat = 15 kg  
jumlah = 1 unit  
Berat total = 15 kg

### 3. Peralatan Navigasi dan Perlengkapan Lainnya

Belum ditemukan formula tentang perhitungan peralatan navigasi, sehingga beratnya diasumsikan sebesar = 300 kg

VHF/DSC Radio	2,00	kg
MF/HF Controller	5,00	kg
Monitor GPS	2,00	kg
Monitor Kompas	2,00	kg
Antena Radar	10,00	kg
Antena GPS	1,00	kg
Antena Kompas	6,00	kg

### 4. Peralatan Keselamatan (Life Jacket)

<https://special4u.en.alibaba.com/>

**SPRA-371 Best quality safety vest fashionable life jackets**

US \$3.38-6.9 / Piece  
100 Pieces (Min. Order)

Model Number: SPRA-371  
Brand Name: special4u  
Place of Origin: Zhejiang,China (Mainland)  
Type: Softback  
Size: 54\*56CML  
Material: waterProof thick foam

Add to Compare  Similar Products

Life jackets setidaknya mampu memenuhi jumlah semua penumpang dan kru diatas kapal, Jumlah life jacket ditentukan sebanyak 25 buah

## 5. Penutup Terpal



Area terbuka	=	12,35 m <sup>2</sup>	
Jumlah	=	2 tempat	
Luas terpal dibutuhkan	=	6,175 m <sup>2</sup>	
	=	6,2 m <sup>2</sup>	
Dimensi	;		
Panjang	=	5,4 m	
Lebar	=	1,4 m	
Berat kursi	=	350 gram/m <sup>2</sup>	
Luastotal terpal	=	15,12 m <sup>2</sup>	
Berat Total	=	5,29 kg	0,00529 ton

Tahan api tahan air kanvas untuk truk terpal

FOB Referensi Harga: [dapatkan Harga Terbaru](#)

**US \$2-5** / Meter meter persegi : 1 Potongan/potongan Tahan api tahan air kanvas untuk truk terpal (Min. Order)

[Hubungi Sekarang](#)

[Mulai Order](#)

[Chat Sekarang](#)

Dukungan penjaminan perdagangan Jaminan

- untuk melindungi pesanan anda dari pembayaran untuk pengiriman

pembayaran: [VISA](#) [Master](#) [TT](#) [e-Checking](#) [Pay Later](#) [More](#)

Pengiriman: [DISKON 50%](#) dari Layanan Pengiriman Laut Alibaba.com dari Tiongkok ke Amerika Serikat  
[Dapatkan kuota pengiriman](#)

## 6. Pemadam Kebakaran



Berat = 6 kg  
Bahan = Serbuk ABC

## Beban Pada Lambung

### Ukuran utama *public catamaran boat*

Lwl	=	9,52	m
LoA	=	9,71	m
L	=	9,62	m
B	=	3,15	m
T	=	0,56	m
H	=	1,17	m
C <sub>B</sub>	=	0,427	

Perhitungan beban pada lambung dan penentuan tebal kulit mengacu pada Biro Klasifikasi Indonesia. *Rules for The Classification and Construction Part.3 Special Ships. Volume II, Rules for Small Vessel Up to 24 Meters*

$$L \text{ konstruksi} = (Loa+Lwl)/2 \text{ m} = 9,62$$

$$V_{maks} = 12,5 \text{ knots}$$

$$a = 500,0 \text{ mm}$$

Standard frame spacing for FRP ships

*BKI Volume V Rules for FRP Ships 2016 Edition Sect 9.C.1*

### a. Correction factor for speed

FVB	=	1,039	≥	1	≈	1,039
FVS	=	1,002	≥	1	≈	1,002
FVF	=	6,281	≥	1	≈	6,281
FVL	=	1,034	>	1	≈	1,034
FVSF	=	1,012	>	1	≈	1,012
FVSL	=	1,030	>	1	≈	1,030

### b. Hull loadings (Motor craft)

Shell bottom

PdBM	≥ 0,4L to fore	=	29,26 kN/m <sup>2</sup>
	< 0,4L to aft	=	23,41 kN/m <sup>2</sup>
PdSM	≥ 0,4L to fore	=	22,84 kN/m <sup>2</sup>
	< 0,4L to aft	=	19,32 kN/m <sup>2</sup>

### c. Total glass weight of motor craft shell laminate [g/m<sup>2</sup>]

*BKI part 3 vol II sec. I-31/111*

b	=	400,00 mm		
Fp	=	0,54	l =	0,8
ψ	=	0,3	R =	0,0016
ρf	=	2,6		
ρH	=	1,2		

### Total glass weight of motor craft shell laminate [g/m<sup>2</sup>]

Shell bottom	GWB =	$1.57 \cdot b \cdot F_p \cdot F_{vb} \cdot (Pd_{Bm})^{0.5}$	=	1907,19	[g/m <sup>2</sup> ]
	GWB (min) =	$1.1 \cdot (350+5L) \cdot (Pd_{Bm})^{0.5}$	=	1946,52	[g/m <sup>2</sup> ]
	GWB (min) > GWS		=		
Shell side	GWS =	$1.57 \cdot b \cdot F_p \cdot F_{vs} \cdot (Pd_{Bs})^{0.5}$	=	1625,28	[g/m <sup>2</sup> ]
	GWS (min) =	$1.1 \cdot (350+5L) \cdot (Pd_{Bs})^{0.5}$	=	1715,21	[g/m <sup>2</sup> ]
	GWS (min) > 1200				

**6.2.2** The nominal laminate thickness from Table 1.8 is calculated in accordance with 3.1 with 0,70 mm per 300 g/m<sup>2</sup> of reinforcement

t layer	Tebal kulit	Shell bottom	=	4,54 mm	5 mm
		Shell side	=	4,00 mm	5 mm
		deck house	=	4 mm	4 mm

### Equipment

Nama	W (kg)	Jumlah	W (ton)	LCG (m)	KG (m)	W x LCG (t	W x KG (ton.m)
Jangkar	15,000	2	0,015	8,849	1,143	0,133	0,017
Tali pada jangkar	10,000	1	0,010	8,849	1,143	0,088	0,011
Tali towing	10,000	1	0,010	8,849	1,143	0,088	0,011
Tali tambat depan	5,114	1	0,005	8,849	1,143	0,045	0,006
Tali tambat belakang	5,114	2	0,005	1,500	1,065	0,008	0,005
Railing	6,100	1	0,006	9,445	2,416	0,058	0,015
Kursi baris 5	44,000	2	0,044	2,009	1,530	0,088	0,067
Kursi baris 4	44,000	2	0,044	2,909	1,530	0,128	0,067
Kursi baris 3	44,000	2	0,044	4,521	1,530	0,199	0,067
Kursi baris 2	44,000	2	0,044	5,409	1,530	0,238	0,067
Kursi baris 1	44,000	2	0,044	6,309	1,530	0,278	0,067
Kursi ruang kemudi	30,000	1	0,030	6,951	1,880	0,209	0,056
Kursi kru	10,000	1	0,010	0,713	1,500	0,007	0,015
Terpal pelindung	5,292	1	0,005	3,691	2,900	0,020	0,015
life jackets	30,000	30	0,030	4,229	1,303	0,127	0,039
Lifebuoy	7,500	2	0,008	2,750	1,786	0,021	0,013
Pemadam	12,000	2	0,012	4,254	1,786	0,051	0,021
VHF/DSC Radio	2,000	1	0,002	7,877	2,066	0,016	0,004
MF/HF Controller	5,000	1	0,005	7,877	2,066	0,039	0,010
Antenna GPS	3,000	1	0,003	7,877	2,066	0,024	0,006
Kompas Magnetik	1,000	1	0,001	7,877	2,066	0,008	0,002
RADAR scanner	8,000	1	0,008	7,021	3,256	0,056	0,026
<b>TOTAL</b>			<b>0,385</b>	<b>5,005</b>	<b>1,589</b>	<b>1,928</b>	<b>0,612</b>

LCG = 0,007 dari midship

VCG = 1,589 dari baseline

### Berat DWT

Part	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	Momen LCG	Momen VCG
Penumpang + bawaan	1,600	4,229	1,454	6,767	2,326
Crew	0,240	2,792	1,637	0,670	0,393
<b>TOTAL (DWT)</b>	<b>1,840</b>	<b>4,042</b>	<b>1,478</b>	<b>7,437</b>	<b>2,719</b>

### Sistem Panel Surya

Part	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	Momen LCG	Momen VCG
Main Engine	0,104	-0,280	1,003	-0,029	0,104
Solar panel	0,210	4,105	2,956	0,862	0,621
Baterai	0,800	4,041	0,822	3,233	0,658
Solar charge controller	0,001	3,946	2,956	0,004	0,003
<b>TOTAL</b>	<b>1,115</b>	<b>3,650</b>	<b>1,243</b>	<b>4,070</b>	<b>1,386</b>

Part	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	Momen LCG	Momen VCG
Penumpang	1,600	4,229	1,454	6,767	2,326
Crew	0,240	2,792	1,637	0,670	0,393
Sistem panel surya	1,115	3,650	1,243	4,070	1,386
Lambung dan konstruksi	1,268	4,228	0,735	5,362	0,932
Bangunan atas	0,320	4,623	2,882	1,482	0,924
Equipment	0,385	5,005	1,589	1,928	0,612
<b>TOTAL</b>	<b>4,929</b>	<b>4,114</b>	<b>1,334</b>	<b>20,278</b>	<b>6,573</b>

TOTAL LWT			TOTAL DWT		
Berat (ton)	LCG (m)	VCG (m)	Berat (ton)	LCG (m)	VCG (m)
3,089	4,157	1,248	1,840	4,042	1,478
BERAT TOTAL			DISPLACEMENT		
Berat (ton)	LCG (m)	VCG (m)	Berat (ton)	LCB (m)	VCB (m)
4,929	4,114	1,334	5,041	4,155	0,387

Selisih Displacement Trim  
 [ton] % -0,04 0,05  
 0,112 2,2% OK



### Ship dimensions

$L_{OA}$	=	9,71 m	
$L_{WL}$	=	9,52 m	
$B$	=	3,15 m	
$B_1$	=	1,06 m	
$H$	=	1,17 m	
$T$	=	0,56 m	
$V_s$	=	11,00 knot	
$V_s$	=	5,66 m/s	
$CB$	=	0,43	
$LCB$	=	4,155 m	dari model maxsurf
$VCB$	=	0,387 m	dari model maxsurf
$\rho_{fiber}$	=	1,60 ton/m <sup>3</sup>	
$\rho_{kaca}$	=	2,58 ton/m <sup>3</sup>	
Tebal lambung	=	0,005 m	
Tebal sisi	=	0,005 m	
Tebal superstructure	=	0,004 m	

### 1. Lambung

#### A. Kulit lambung dan konstruksi

	Bagian	Luas (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	M LCG (ton.m)	M VCG (ton.m)
>	Bottom							
	inner bottom (6)	6,655	0,033	0,053	4,213	0,189	0,224	0,010
	outter bottom (5)	6,670	0,033	0,053	4,210	0,189	0,225	0,010
>	Side							
	inner side (7)	6,202	0,031	0,050	5,042	0,418	0,250	0,021
	inner side (8)	3,919	0,020	0,031	4,895	0,668	0,153	0,021
	inner side (9)	4,811	0,024	0,038	5,054	0,888	0,195	0,034
	outter side (4)	6,200	0,031	0,050	5,042	0,418	0,250	0,021
	outter side (3)	3,915	0,020	0,031	4,893	0,668	0,153	0,021
	outter side (2)	7,655	0,038	0,061	4,874	0,961	0,298	0,059
>	Sisi Bangunan Atas							
	side	12,310	0,062	0,098	4,874	1,471	0,480	0,145
	side1	2,800	0,014	0,022	4,829	1,786	0,108	0,040
>	Depan Bangunan Atas							
	bumper	1,331	0,007	0,011	9,667	1,471	0,103	0,016
	front1	0,314	0,002	0,003	9,635	1,786	0,024	0,004
	front2	2,987	0,015	0,024	8,926	1,786	0,213	0,043
>	Transom							
		0,909	0,014	0,022	0,000	0,604	0,000	0,013
	TOTAL			0,548	4,886	0,835	2,678	0,457

Berat konstruksi = 0,4 ton

Ref: Parametric ship design chapter 11, Watson dan Gilfilan hal 11-25

$LCB = 44\% Lwl$

$LCG_{demi} = -0.15 + LCB$

= 0,29 %Lwl dari AP

= 2,781 m dari AP

$VCG_{demi} = 0.01D (46.6 + 0.135(0.81 - C_B) \cdot (L/D)^2) + 0.008D(L/B - 6.5)$

= 0,316 m dari baseline

**B. Brigde**

	Bagian	Luas (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )	W (ton)
>	Brigde			
	tunnel	10,712	0,054	0,086
	TOTAL			0,086

LCG 4,972 m

VCG 1,010 m

**C. Main Deck**

	Bagian	Luas (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )	W (ton)
>	Deck			
	main deck	27,948	0,140	0,224
	TOTAL			0,224

LCG 4,988 m

VCG 1,156 m

No	Bagian	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	M LCG (ton.m)	M VCG (ton.m)
1.	Kulit lambung	0,548	4,886	0,835	2,678	0,457
2.	Konstruksi	0,411	2,781	0,316	1,143	0,130
3.	Bridge	0,086	4,972	1,010	0,426	0,087
4.	Main Deck	0,224	4,988	1,156	1,115	0,258
	TOTAL	1,268	4,228	0,735	5,362	0,932

**2. Deck House & Atap**

	Bagian	Luas (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	M LCG (ton.m)	M VCG (ton.m)
>	Sisi Deckhouse							
	side2	2,159	0,009	0,014	6,956	2,517	0,096	0,035
	side3	1,676	0,007	0,011	3,534	2,371	0,038	0,025
	side4	1,676	0,007	0,011	0,776	2,371	0,008	0,025
>	Depan Bangunan Atas							
	front3	1,688	0,007	0,011	7,813	2,443	0,084	0,026
>	Atap							
	alas	20,832	0,083	0,133	4,146	2,956	0,553	0,394
	sisi luar	3,098	0,012	0,020	4,146	3,057	0,082	0,061
	atas	1,227	0,005	0,008	4,687	3,156	0,037	0,025
	sisi dalam	1,549	0,006	0,010	4,146	3,106	0,041	0,031
	alas dalam	9,171	0,037	0,059	4,205	3,110	0,247	0,183
	depan luar	0,553	0,002	0,004	7,937	3,057	0,028	0,011
	depan dalam	0,276	0,001	0,002	7,937	3,106	0,014	0,005
	belakang luar	0,553	0,002	0,004	0,274	3,057	0,001	0,011
	belakang dalam	0,276	0,001	0,002	0,274	3,106	0,000	0,005
>	Kaca							
		3,312	0,013	0,034	7,364	2,517	0,252	0,086
	TOTAL			0,320	4,623	2,882	1,482	0,924

**Perhitungan Berat Kapal (DWT dan LWT)**

Berat Kapal Bagian DWT			
No	Komponen	Value	Unit
1	<b>Berat Penumpang dan Barang Bawaan</b>		
	Jumlah penumpang	20,00	persons
	Berat penumpang	75,00	kg/person
	Berat barang bawaan	5,00	kg/person
	<b>Berat total penumpang</b>	1500,00	kg
	<b>Berat total barang bawaan penumpang</b>	100,00	kg
	<b>Berat total</b>	1600,00	kg
		<b>1,60</b>	<b>ton</b>
2	<b>Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan</b>		
	Jumlah crew kapal	3,00	persons
	Berat crew kapal	75,00	kg/persons
	Berat barang bawaan	5,00	kg/persons
	<b>Berat total crew kapal</b>	225,00	kg
	<b>Berat total barang bawaan crew kapal</b>	15,00	kg
	<b>Berat total</b>	240,00	kg
		<b>0,24</b>	<b>ton</b>
<b>Total Berat Bagian DWT</b>			
No	Komponen Berat Kapal Bagian DWT	Value	Unit
1	Berat penumpang dan barang bawaan	1,60	ton
2	Berat crew kapal dan barang bawaan	0,24	ton
	<b>Total</b>	<b>1,84</b>	<b>ton</b>

Berat Kapal Bagian LWT			
No	Item	Value	Unit
<i>Dari software Maxsurf Pro &amp; Autocad, didapatkan luasan permukaan bagian -bagian kapal</i>			
1	<b>Berat Lambung</b>		
	Luas bottom	13,33	m <sup>2</sup>
	Luasan sisi	47,81	m <sup>2</sup>
	Luas deck haluan	4,63	m <sup>2</sup>
	Luas transom	2,73	m <sup>2</sup>
	<b>Total luas</b>	68,49	m <sup>2</sup>
	Tebal lapisan lambung	5,00	mm
		0,005	m
	Volume shell = luas x tebal	0,34	m <sup>3</sup>
	<i>r</i> FRP	1,60	ton/m <sup>3</sup>
		1600,00	kg/m <sup>3</sup>
	<b>Berat Total</b>	548,0	kg
	<b>0,548</b>	<b>ton</b>	

## Perhitungan Berat Kapal (DWT dan LWT)

2	<b>Berat Konstruksi Kapal</b>		
	Berat konstruksi berdasarkan asumsi yaitu 50% dari berat kulit lambung kapal		
	Luas area kulit (bottom, side, transom)	68,495	m <sup>2</sup>
	Tebal pelat lambung	0,005	m
	Volume kulit	0,342	m <sup>3</sup>
	r FRP	1,600	ton/m <sup>3</sup>
	Berat Kulit Lambung	0,548	ton
	<b>Berat Konstruksi Lambung</b>	<b>0,411</b>	<b>ton</b>
3	<b>Berat Main Deck dan Tunnel</b>		
	Luas main deck	27,95	m <sup>2</sup>
	Luas tunnel	10,71	m <sup>2</sup>
	Luas total	38,66	m <sup>2</sup>
	Ketebalan lapisan FRP	0,005	m
	Berat jenis FRP	1600,00	kg/m <sup>3</sup>
	Volume deck dan tunnel	0,193	m <sup>3</sup>
	<b>Berat total</b>	<b>309,28</b>	<b>kg</b>
	<b>0,309</b>	<b>ton</b>	
4	<b>Berat Bangunan Atas Kapal + Kaca</b>		
	Luas bangunan atas	44,737	m <sup>2</sup>
	Luasan permukaan Kaca	3,31	m <sup>2</sup>
	Ketebalan kulit bangunan atas	4,00	mm
	Ketebalan kaca	4,00	mm
	Berat jenis FRP	1600,00	kg/m <sup>3</sup>
	Berat jenis kaca polycarbonate	2580,00	kg/m <sup>3</sup>
	Volume kulit bangunan atas	0,179	m <sup>3</sup>
	Volume kaca	0,013	m <sup>3</sup>
	Berat kulit bangunan atas	286,316	kg
	Berat kaca	34,180	kg
	<b>Berat total</b>	<b>320,497</b>	<b>kg</b>
		<b>0,320</b>	<b>ton</b>
<b>Berat total kulit dan konstruksi</b>		<b>1,589</b>	<b>ton</b>
5	<b>Equipment &amp; Outfitting</b>		
	Jangkar	15,00	kg
	Tali pada jangkar	10,00	kg
	Tali towing	10,00	kg
	Tali tambat depan	5,11	kg
	Tali tambat belakang	5,11	kg

## Perhitungan Berat Kapal (DWT dan LWT)

Railing	6,10	kg
Kursi baris 5	44,00	kg
Kursi baris 4	44,00	kg
Kursi baris 3	44,00	kg
Kursi baris 2	44,00	kg
Kursi baris 1	44,00	kg
Kursi ruang kemudi	30,00	kg
Kursi kru	10,00	kg
Terpal pelindung	5,29	kg
life jackets	30,00	kg
Lifebuoy (3)	7,50	kg
Pemadam (2)	12,00	kg
VHF/DSC Radio	2,00	kg
MF/HF Controller	5,00	kg
GPS Antenna	3,00	kg
Kompas Magnetik	1,00	kg
RADAR Scanner	8,00	kg
<b>Berat Total</b>	<b>385,12</b>	<b>kg</b>
	<b>0,39</b>	<b>ton</b>
<b>6</b>	<b>Sistem Panel Surya</b>	
	<b>Baterai</b>	
Berat	100,00	kg
jumlah	8,00	unit
	<b>800,00</b>	<b>kg</b>
	<b>Panel Surya</b>	
Berat	7,00	kg
jumlah	30,00	unit
	<b>210,00</b>	<b>kg</b>

Perhitungan Berat Kapal (DWT dan LWT)

<b>Berat Outboard Motor</b>		
<i>Diambil dari katalog Aquawatt</i>		
Jumlah Outboard motor	2,00	unit
Berat Outboard motor	52,00	kg/unit
	104,00	kg
<b>Berat Total</b>	<b>1114,00</b>	<b>ton</b>

<b>Total Berat Bagian LWT</b>			
No	Komponen Berat Kapal Bagian LWT	Value	Unit
1	Berat lambung dan konstruksi	1,589	ton
2	Equipment outfitting	0,385	ton
3	Sistem panel surya	1,11	ton
	<b>Total</b>	<b>3,09</b>	<b>ton</b>

<b>Total Berat Kapal (DWT + LWT)</b>			
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	Berat Kapal Bagian DWT	1,84	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	3,09	ton
<b>Total</b>		<b>4,928</b>	<b>ton</b>

<b>Batasan Kapasitas Kapal Sesuai Hukum Archimedes</b>			
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	Displacement = $2 \times L \times B \times T \times \rho$	5041,00	kg
2	DWT	1840,00	kg
3	LWT	3087,82	kg
4	Displacement = DWT + LWT	4927,82	kg
	<b>Selisih</b>	<b>113,18</b>	<b>kg</b>
		<b>2,2</b>	<b>%</b>

## Perhitungan Free Board

*Water Bus* merupakan kapal penumpang dengan panjang kurang dari 24 m. Sehingga untuk menghitung lambung timbul tidak dapat menggunakan ketentuan *Internasional Convention on Load Lines (ICLL)* 1966. Oleh sebab itu, perhitungan lambung timbul *catamaran boat* menggunakan aturan *Non-Convention Vessel Standart (NCVS) Indonesian Flagged* sebagai referensi

### Input Data

H	=	1,17 m	$\nabla\Delta$	=	15,58 m <sup>3</sup>
d	=	0,85 · H	B <sub>1</sub>	=	1,06 m
	=	0,996 m	C <sub>B</sub>	=	$\nabla/(L \cdot B \cdot d)$
L	=	Lwl		=	0,427
	=	9,52 m	T	=	0,56 m
L	=	9,52 m			

### 1. Tipe Kapal

(NCVS) *Indonesian Flagged - Chapter 6 Section 5.1.2* menyebutkan bahwa :

Kapal Tipe A adalah :

- a. Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah cair
- b. Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka.
- c. Kapal yang memiliki tingkat keselamatan yang tinggi terhadap banjir.

Kapal Tipe B adalah selain kapal Tipe A.

Sehingga *Water Bus* termasuk kapal **Tipe B**

### 2. Penetapan Lambung Timbul Syarat

(NCVS) *Indonesian Flagged - Chapter 6 Appendix 5.3.a* menyebutkan bahwa :

Marka yang digunakan terhadap kapal dengan panjang  $\leq 15$  meter ditetapkan langsung sebesar :

Lambung timbul tidak boleh kurang dari 250 mm untuk kapal yang berlayar dilaut terbatas.

### 3. Batasan

Lambung Timbul Sebenarnya

$$F_b = H - T = 0,61 \text{ m}$$

*Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Total*

**Kondisi = Diterima**

	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yang di Syaratkan	0,25	m
Lambung Timbul Sebenarnya	0,61	m
Kondisi	Accepted	

Kondisi :

20 Penumpang

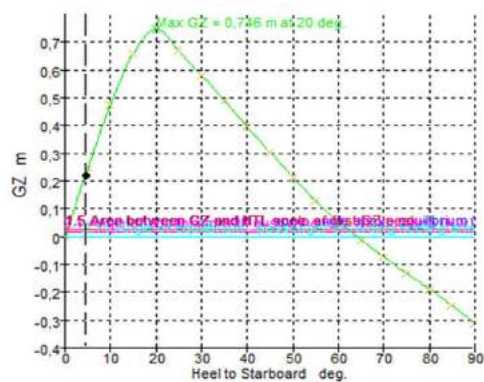
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.1 Area 0 to 30</b>				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0	deg	0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30	deg			
	angle of max. GZ	20	deg	20		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	higher heel angle	30	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,151	m.deg			
	<b>shall be greater than (&gt;)</b>	4,7265	m.deg	8,8508	Pass	87,26
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.2 Angle of max. GZ</b>				Pass	
	<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	10	deg	20	Pass	100
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.5 Area between GZ and HTL</b>				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	0				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	0	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	0	kn			
	turn radius: R =	200	m			
	$h = KG - \text{mean draft} / 2$	1,084	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	0	m			
	additional area: A =	0	m <sup>2</sup>			
	height of lateral resistance: H =	0	m			
	cosine power: n =	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	0,5, 0,5	deg			
	to the lesser of					
	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15,0 (15,5)	deg			



	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	62,1, 62,1	deg			
	<b>Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than (&gt;=)...</b>					<b>Pass</b>
	<b>Hpc + Hw</b>	1,604	m.deg	5,2345	<b>Pass</b>	226,34
	<b>Ht + Hw</b>	1,604	m.deg	5,2345	<b>Pass</b>	226,34
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0		
	Model windage area		m^2	11,887		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	1,17		
	Total windage area		m^2	11,887		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	1,17		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,024		
	Area under GZ curve, from 0,5 to 15,5 deg.		m.deg	5,5974		
	Area under GZ curve, from 0,5 to 15,5 deg.		m.deg	5,5974		
	Area under Hpc + Hw, from 0,5 to 15,5 deg.		m.deg	0,363		
	Area under Ht + Hw, from 0,5 to 15,5 deg.		m.deg	0,363		

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	4,7265	m.deg	8,8508	Pass	+87,26
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10,0	deg	20,0	Pass	+100,00
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1,6040	m.deg	5,2345	Pass	+226,34
	Ht + Hw	1,6040	m.deg	5,2345	Pass	+226,34

Draft Amidships m	0,551
Displacement t	4,928
Heel deg	0,0
Draft at FP m	0,534
Draft at AP m	0,567
Draft at LCF m	0,553
Trim (+ve by stern) m	0,033
WL Length m	9,501
Beam max extents on WL m	3,170
Wetted Area m^2	25,833
Waterpl. Area m^2	15,803
Prismatic coeff. (Cp)	0,669
Block coeff. (Cb)	0,429
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,653
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,771
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,111
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,040
KB m	0,372
KG fluid m	1,359
BMT m	3,843
BML m	17,885
GMT corrected m	2,856
GML m	16,898
KMt m	4,215
KML m	18,257
Immersion (TPC) tonne/cm	0,162
MTc tonne.m	0,088
RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	0,246
Max deck inclination deg	0,1995
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1995

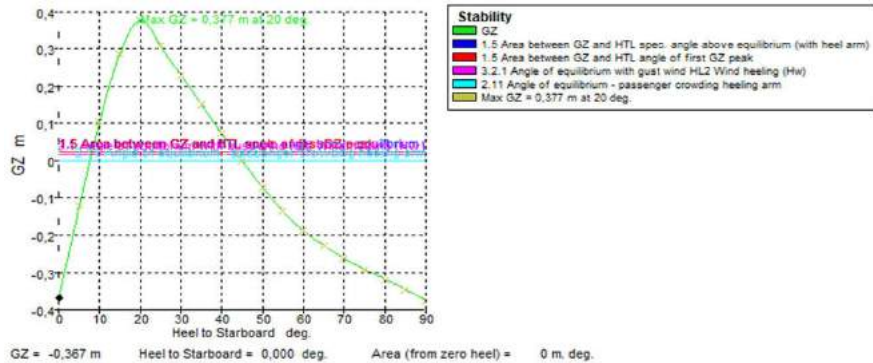


Kondisi : 20 Penumpang Menumpuk di *Portside*

Titik Berat *Loadcase*

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long-Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
1	Passenger	20	0,080	1,600			4,440	0,955	1,594
2	Crew	3	0,080	0,240			2,792	0,000	1,637
3	Sistem panel surya	1	1,115	1,115			3,650	0,000	1,243
4	Lambung dan konstruksi	1	1,268	1,268			4,228	0,000	0,735
5	Bangunan atas	1	0,320	0,320			4,623	0,000	2,882
6	Equipment	1	0,385	0,385			5,005	0,000	1,589
7	Balast	1	0,000	0,000			0,000	0,000	0,000
8	Total Loadcase			4,928	0,000	0,000	4,182	0,310	1,379
9	FS correction								0,000
10	VCG fluid								1,379

	Mass (ton)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	M LCG (m)	M VCG (m)	M TCG (m)
<b>Berdiri</b>	0,8	4,650	1,734	0,700	3,720	1,387	0,560
<b>Duduk</b>	0,8	4,229	1,454	1,210	3,383	1,163	0,968
<b>Total</b>	1,6	4,440	1,594	0,955	7,103	2,550	1,528



Draft Amidships m	0,547
Displacement t	4,928
<b>Heel deg</b>	<b>6,3</b>
Draft at FP m	0,542
Draft at AP m	0,552
Draft at LCF m	0,548
Trim (+ve by stern) m	0,009
WL Length m	9,536
Beam max extents on WL m	3,139
Wetted Area m²	25,655
Waterpl. Area m²	15,499
Prismatic coeff. (Cp)	0,670
Block coeff. (Cb)	0,363
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,552
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,770
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,182
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,103
KB m	0,395
KG fluid m	1,379
BMT m	3,719
BML m	17,729
GMT corrected m	2,729
GML m	16,739
KMT m	4,091
KML m	18,016
Immersion (TPc) tonne/cm	0,159
MTc tonne.m	0,087
RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	0,235
Max deck inclination deg	6,3234
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0551

Angle of Equilibrium (Heeling deg.) = 6,3 deg

Kondisi :

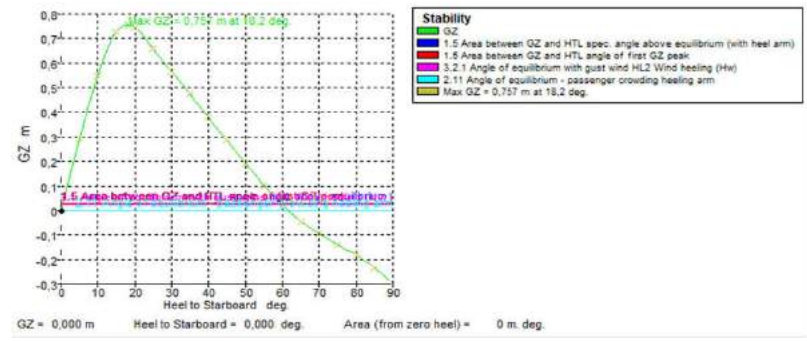
**10 Penumpang**

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.1 Area 0 to 30</b>				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0	deg	0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30	deg			
	angle of max. GZ	18,2	deg	18,2		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	higher heel angle	30	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,151	m.deg			
	<b>shall be greater than (&gt;)</b>	4,8588	m.deg	8,4699	Pass	62,91
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.2 Angle of max. GZ</b>				Pass	
	<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	10	deg	18,2	Pass	81,82
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.5 Area between GZ and HTL</b>				Pass	
	Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / \text{disp. } D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $n_{Pass} =$	0				
	passenger mass: $M =$	0,075	tonne			
	distance from centre line: $D =$	0	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	1				
	vessel speed: $v =$	0	kn			
	turn radius: $R =$	200	m			
	$h = KG - \text{mean draft} / 2$	1,109	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: $P =$	56	Pa			
	area centroid height (from zero point): $h =$	0	m			
	additional area: $A =$	0	m <sup>2</sup>			
	height of lateral resistance: $H =$	0	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	0,5, 0,5	deg			
	to the lesser of					
	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15,0 (15,5)	deg			

	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	59,6, 59,6	deg			
	<b>Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than (&gt;=)...</b>					<b>Pass</b>
	<b>Hpc + Hw</b>	1,604	m.deg	6,0071	<b>Pass</b>	274,51
	<b>Ht + Hw</b>	1,604	m.deg	6,0071	<b>Pass</b>	274,51
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0		
	Model windage area		m^2	12,284		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	1,15		
	Total windage area		m^2	12,284		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	1,15		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,029		
	Area under GZ curve, from 0,5 to 15,5 deg.		m.deg	6,4443		
	Area under GZ curve, from 0,5 to 15,5 deg.		m.deg	6,4443		
	Area under Hpc + Hw, from 0,5 to 15,5 deg.		m.deg	0,4372		
	Area under Ht + Hw, from 0,5 to 15,5 deg.		m.deg	0,4372		

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	5,1991	m.deg	8,4699	Pass	+62,91
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10,0	deg	18,2	Pass	+81,82
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1,6040	m.deg	6,0071	Pass	+274,51
	Ht + Hw	1,6040	m.deg	6,0071	Pass	+274,51

Draft Amidships m	0,509
Displacement t	4,153
Heel deg	0,0
Draft at FP m	0,536
Draft at AP m	0,481
Draft at LCF m	0,505
Trim (+ve by stern) m	-0,055
WL Length m	9,502
Beam max extents on WL m	3,152
Wetted Area m^2	24,030
Waterpl. Area m^2	15,374
Prismatic coeff. (Cp)	0,647
Block coeff. (Cb)	0,383
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,628
Waterpl. area coeff. (Cwpl)	0,762
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,317
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,056
KB m	0,343
KG fluid m	1,363
BMT m	4,422
BML m	20,523
GMt corrected m	3,402
GML m	19,503
KMt m	4,765
KML m	20,866
Immersion (TPc) tonne/cm	0,158
MTc tonne.m	0,085
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,247
Max deck inclination deg	0,3315
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,3315

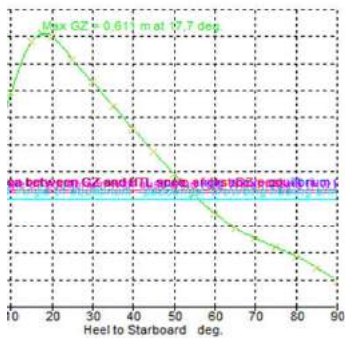


## 10 Penumpang Menumpuk di Portside

### Titik Berat Loadcase

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
1	Passenger	10	0,080	0,800			4,440	0,955	1,594
2	Crew	3	0,080	0,240			2,792	0,000	1,637
3	Sistem panel surya	1	1,115	1,115			3,650	0,000	1,243
4	Lambung dan konstruksi	1	1,268	1,268			4,228	0,000	0,735
5	Bangunan atas	1	0,320	0,320			4,623	0,000	2,882
6	Equipment	1	0,385	0,385			5,005	0,000	1,589
7	Balast	1	0,000	0,000			0,000	0,000	0,000
8	<b>Total Loadcase</b>			<b>4,128</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>4,133</b>	<b>0,185</b>	<b>1,337</b>
9	FS correction								0,000
10	VCG fluid								1,337

	Mass (ton)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	M LCG (m)	M VCG (m)	M TCG (m)
<b>Berdiri</b>	0,4	4,229	1,734	0,700	1,692	0,694	0,28
<b>Duduk</b>	0,4	4,650	1,454	1,210	1,860	0,582	0,484
<b>Total</b>	0,8	4,440	1,594	0,955	3,552	1,275	0,764



Stability
1.5 Area between GZ and HTL spec. angle above equilibrium (with heel arm)
1.5 Area between GZ and HTL angle of first GZ peak
3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2 Wind heeling (Hw)
2.11 Angle of equilibrium - passenger crowding heeling arm
Max GZ = 0.611 m at 17.7 deg.

Draft Amidships m	0,498
Displacement t	4,128
Heel deg	3,7
Draft at FP m	0,479
Draft at AP m	0,516
Draft at LCF m	0,501
Trim (+ve by stern) m	0,038
WL Length m	9,506
Beam max extents on WL m	3,135
Wetted Area m²	23,614
Waterpl. Area m²	15,047
Prismatic coeff. (Cp)	0,655
Block coeff. (Cb)	0,361
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,560
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,755
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,129
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,001
KB m	0,351
KG fluid m	1,326
BMt m	4,321
BML m	19,847
GMT corrected m	3,345
GML m	18,871
KMt m	4,663
KML m	20,157
Immersion (TPc) tonne/cm	0,154
MTC tonne.m	0,082
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,241
Max deck inclination deg	3,6974
Trim angle (+ve by stern) deg	0,2266

Angle of Equilibrium (Heeling deg.) = 3,7 deg

Kondisi :

0 Penumpang (Kosong)

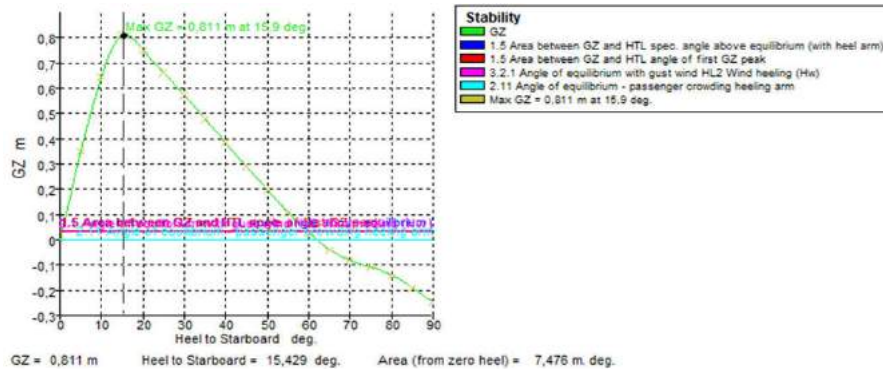
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.1 Area 0 to 30</b>				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0	deg	0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30	deg			
	angle of max. GZ	15,9	deg	15,9		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	higher heel angle	30	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,151	m.deg			
	<b>shall be greater than (&gt;)</b>	5,9419	m.deg	8,0054	Pass	34,73
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.2 Angle of max. GZ</b>				Pass	
	<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	10	deg	15,9	Pass	59,09
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.5 Area between GZ and HTL</b>				Pass	
	Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / \text{disp. } D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $n_{Pass}$ =	0				
	passenger mass: $M$ =	0,075	tonne			
	distance from centre line: $D$ =	0	m			
	cosine power: $n$ =	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: $a$ =	1				
	vessel speed: $v$ =	0	kn			
	turn radius: $R$ =	200	m			
	$h = KG - \text{mean draft} / 2$	1,054	m			
	cosine power: $n$ =	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: $a$ =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: $P$ =	56	Pa			
	area centroid height (from zero point): $h$ =	0	m			
	additional area: $A$ =	0	m <sup>2</sup>			
	height of lateral resistance: $H$ =	0	m			
	cosine power: $n$ =	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	0,5, 0,5	deg			
	to the lesser of					
	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15,0 (15,5),	deg			



	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	62,2, 62,2	deg			
	<b>Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than (&gt;=)...</b>					<b>Pass</b>
	<b>Hpc + Hw</b>	1,604	m.deg	7,1074	<b>Pass</b>	343,1
	<b>Ht + Hw</b>	1,604	m.deg	7,1074	<b>Pass</b>	343,1
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0		
	Model windage area		m^2	12,9		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	1,118		
	Total windage area		m^2	12,9		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	1,118		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,037		
	Area under GZ curve, from 0,5 to 15,5 deg.		m.deg	7,6643		
	Area under GZ curve, from 0,5 to 15,5 deg.		m.deg	7,6643		
	Area under Hpc + Hw, from 0,5 to 15,5 deg.		m.deg	0,5569		
	Area under Ht + Hw, from 0,5 to 15,5 deg.		m.deg	0,5569		

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	5,9419	m.deg	8,0054	Pass	+34,73
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10,0	deg	15,9	Pass	+59,09
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1,6040	m.deg	7,1074	Pass	+343,10
	Ht + Hw	1,6040	m.deg	7,1074	Pass	+343,10

Draft Amidships m	0,443
Displacement t	3,328
Heel deg	0,0
Draft at FP m	0,402
Draft at AP m	0,485
Draft at LCF m	0,451
Trim (+ve by stern) m	0,083
WL Length m	9,447
Beam max extents on WL m	3,120
Wetted Area m^2	21,378
Waterpl. Area m^2	14,410
Prismatic coeff. (Cp)	0,641
Block coeff. (Cb)	0,382
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,606
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,741
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,051
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	3,899
KB m	0,311
KG fluid m	1,275
BMt m	5,153
BML m	22,759
GMt corrected m	4,188
GML m	21,794
KMt m	5,464
KML m	23,069
Immersion (TPc) tonne/cm	0,148
MTC tonne.m	0,076
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,243
Max deck inclination deg	0,4973
Trim angle (+ve by stern) deg	0,4973



	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
1	Passenger	0	0,080	0,000			4,340	0,000	1,534
2	Crew	3	0,080	0,240			2,792	0,000	1,637
3	Sistem panel surya	1	1,115	1,115			3,650	0,000	1,243
4	Lambung dan konstruksi	1	1,268	1,268			4,228	0,000	0,735
5	Bangunan atas	1	0,320	0,320			4,623	0,000	2,882
6	Equipment	1	0,385	0,385			5,005	0,000	1,589
7	<b>Total Loadcase</b>			<b>3,328</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>4,059</b>	<b>0,000</b>	<b>1,275</b>
8	FS correction								<b>0,000</b>
9	VCG fluid								<b>1,275</b>

Ballast	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	M LCG	M VCG
Fore	0,40	1,25	0,80	0,50	0,32
Aft	0,40	7,25	0,85	2,90	0,34
	0,80	4,25	0,83	3,40	0,66

Tangki 2 Fr 8 m

$$L = 1,45 \text{ m} \quad V = 0,39 \text{ m}^3$$

$$B = 0,45 \text{ m}$$

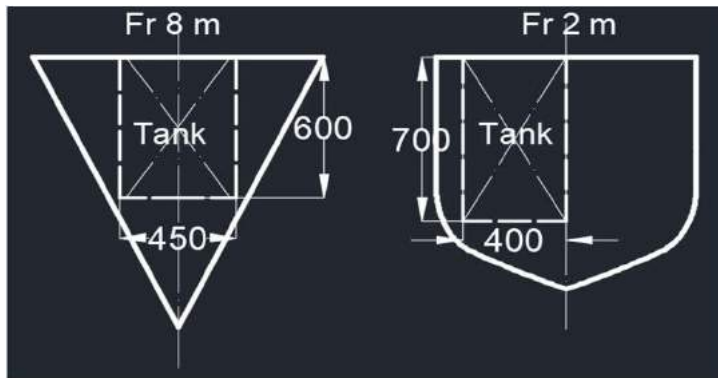
$$D = 0,6 \text{ m}$$

Tangki 1 Fr 2 m

$$L = 1,39 \text{ m} \quad V = 0,39 \text{ m}^3$$

$$B = 0,4 \text{ m}$$

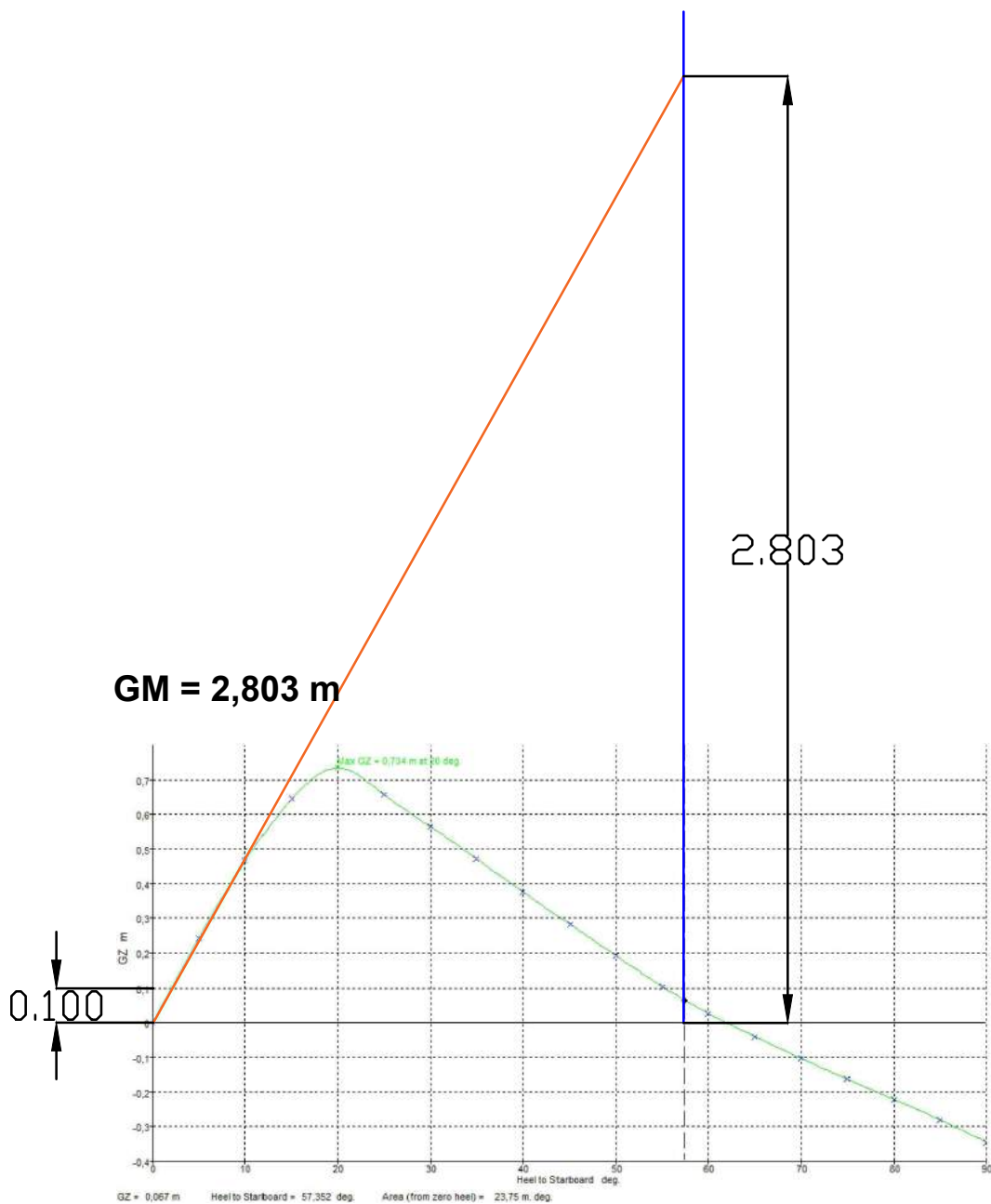
$$D = 0,7 \text{ m}$$



Draft Amidships m	0,551
Displacement t	4,928
Heel deg	0,0
Draft at FP m	0,536
Draft at AP m	0,566
Draft at LCF m	0,553
Trim (+ve by stern) m	0,030
WL Length m	9,502
Beam max extents on WL m	3,170
Wetted Area m <sup>2</sup>	25,839
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	15,808
Prismatic coeff. (Cp)	0,669
Block coeff. (Cb)	0,429
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,653
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,771
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,116
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,042
KB m	0,372
KG fluid m	1,965
BMt m	3,844
BML m	17,901
GMt corrected m	2,251
GML m	16,308
KMt m	4,217
KML m	18,274
Immersion (TPc) tonne/cm	0,162
MTC tonne.m	0,085
RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	0,194
Max deck inclination deg	0,1832
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1832



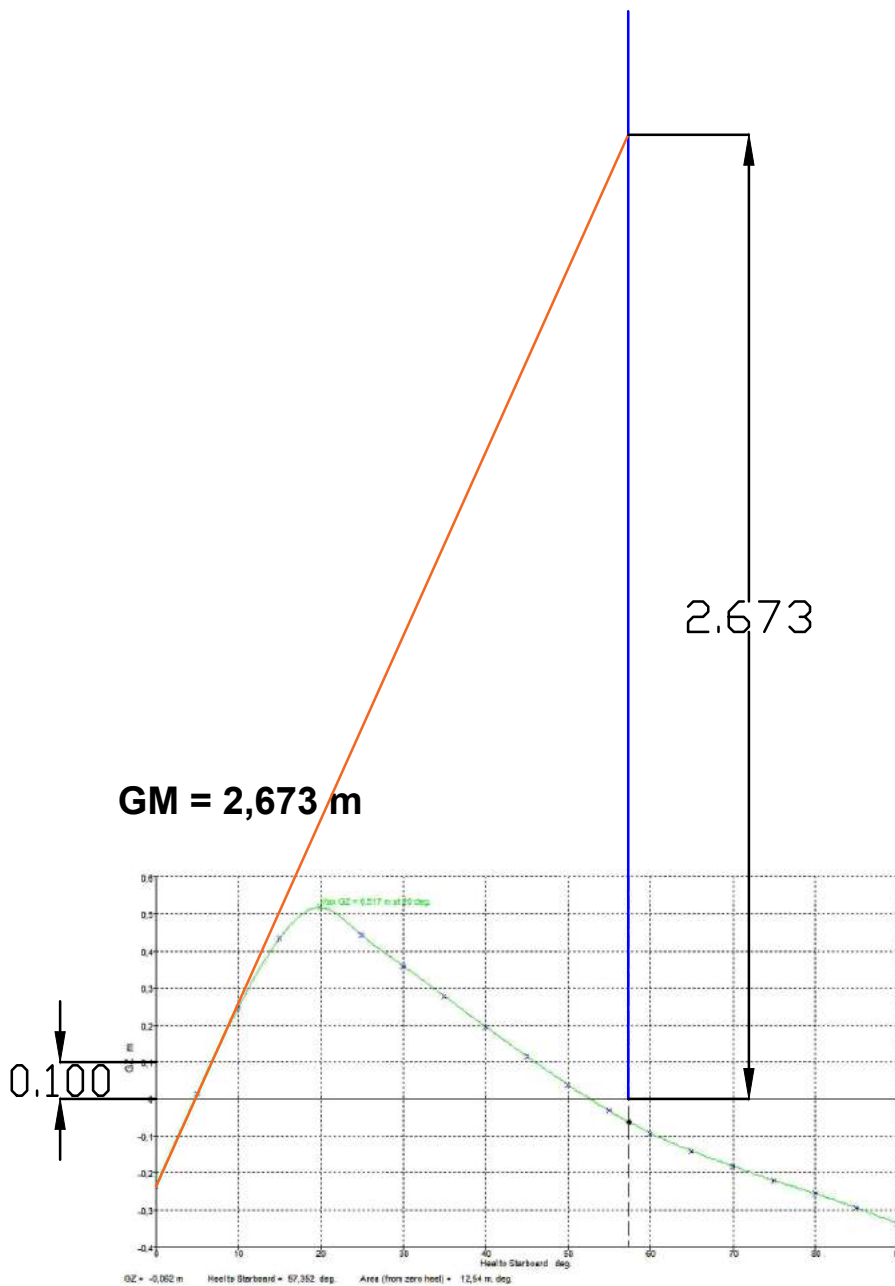
# Tinggi Metasenter (GM) Pada Kondisi 20 Penumpang



**GM Maxsurf;**

GMt corrected m	2,856
-----------------	-------

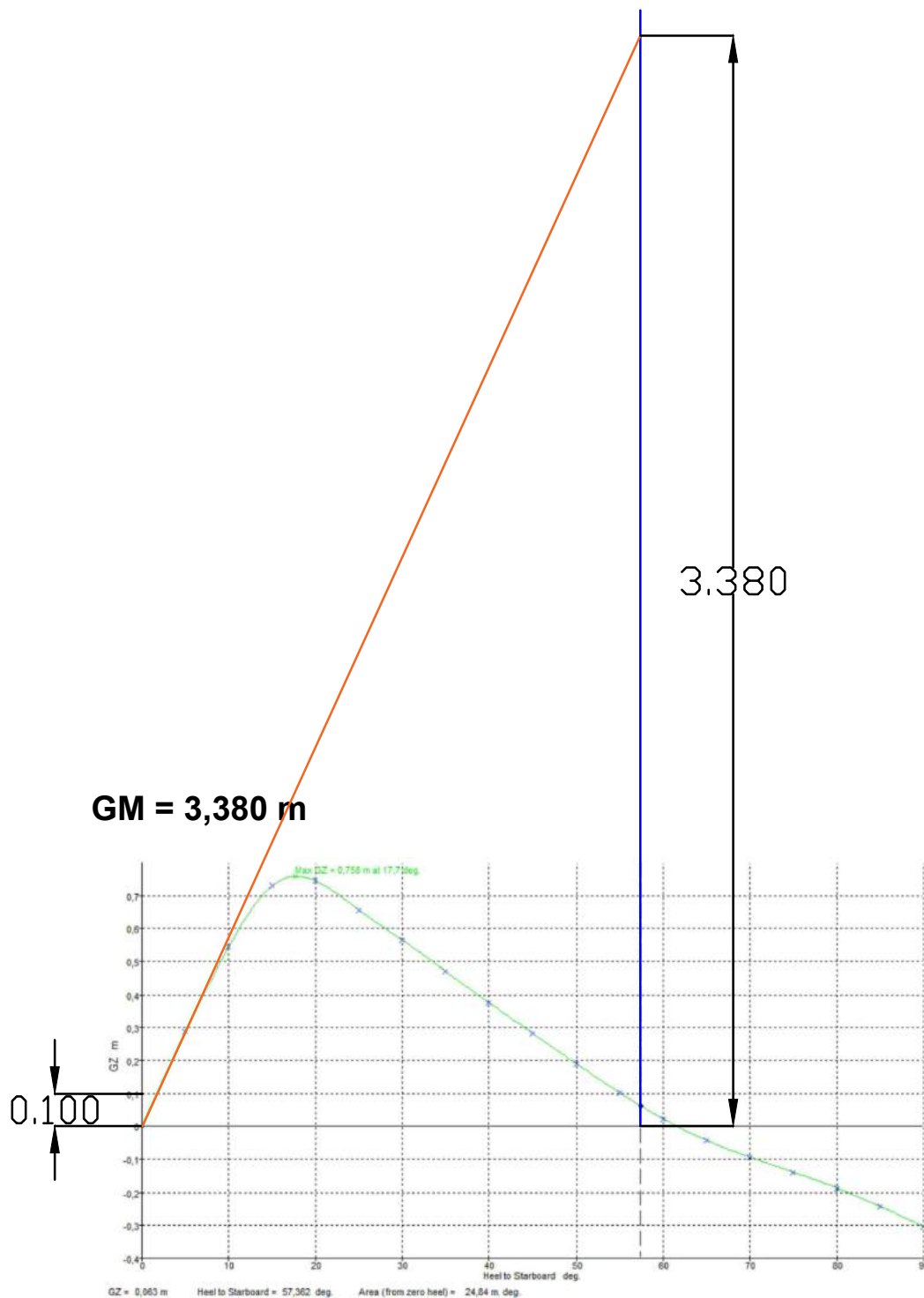
# Tinggi Metasenter (GM) Pada Kondisi Penumpukan 20 Penumpang di *Portside*



**GM Maxsurf;**

GMt corrected m	2,729
-----------------	-------

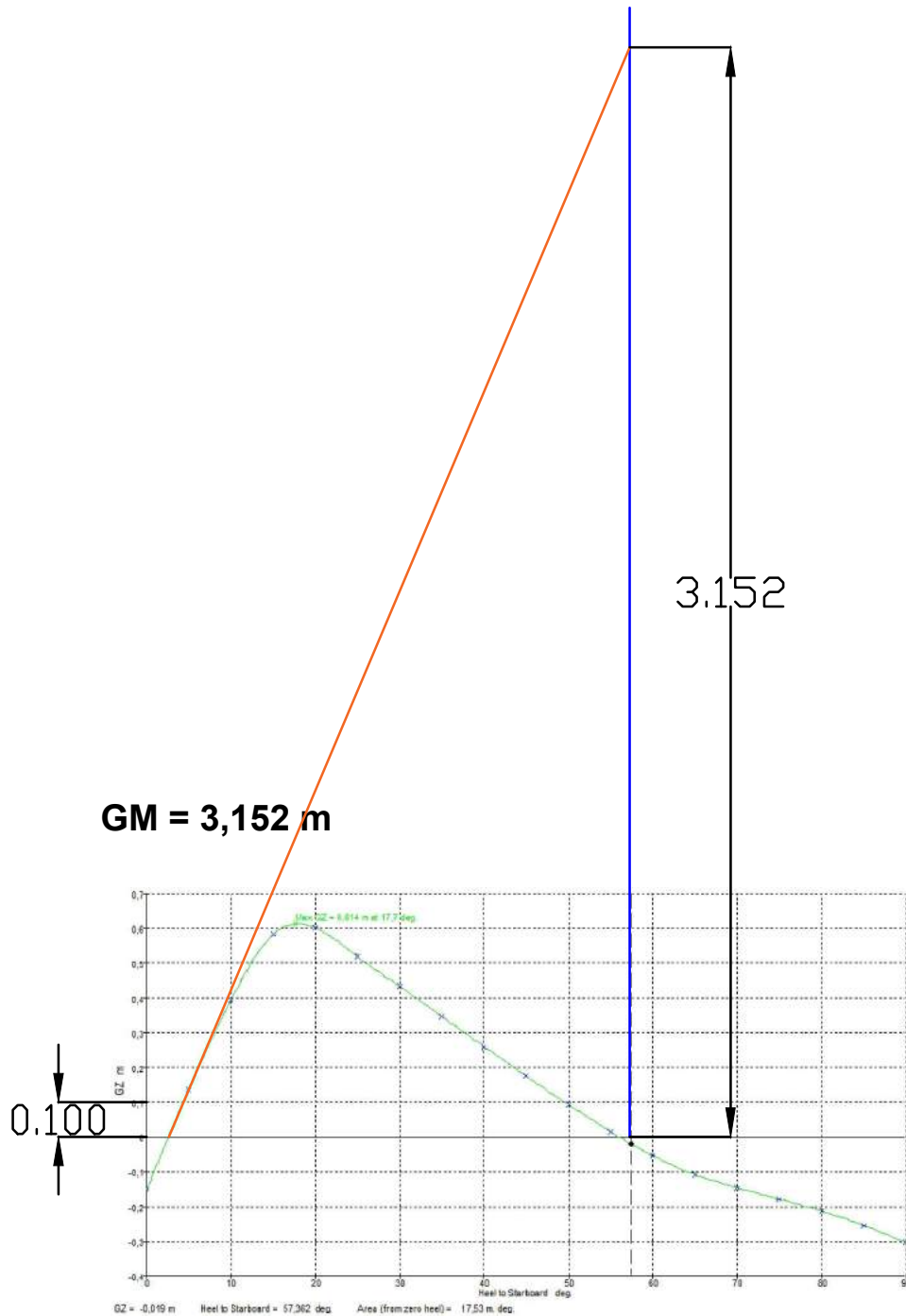
# Tinggi Metasenter (GM) Pada Kondisi 10 Penumpang



**GM Maxsurf;**

GMt corrected m	3,402
-----------------	-------

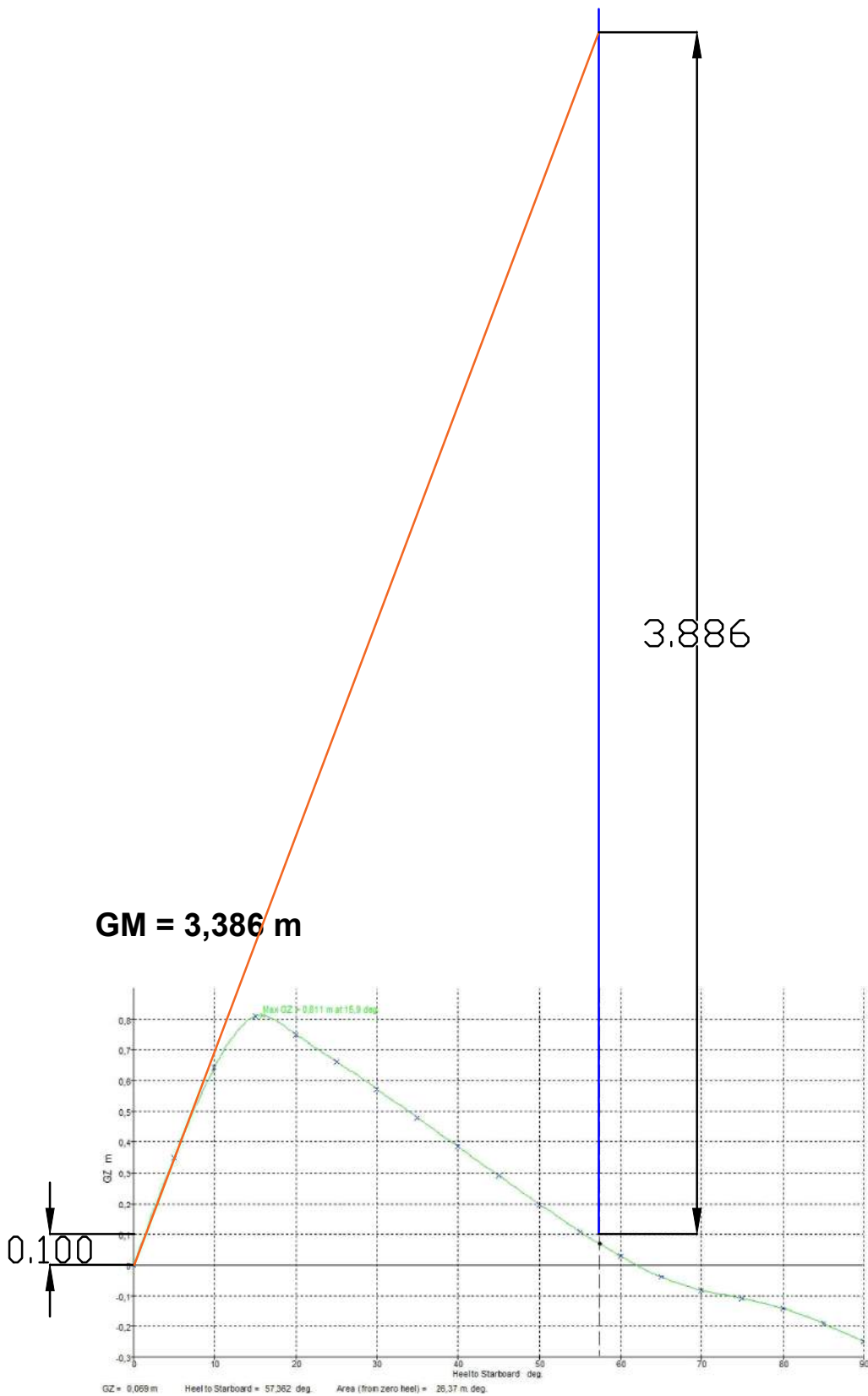
# Tinggi Metasenter (GM) Pada Kondisi Penumpukan 10 Penumpang di *Portside*



**GM Maxsurf;**

GMt corrected m	3,356
-----------------	-------

# Tinggi Metasenter (GM) Pada Kondisi Penumpang Kosong



**GM Maxsurf;**

GMt corrected m	4,188
-----------------	-------

### Perhitungan Trim Kapal

Batasan untuk trim menurut rule NVCS 2009 Chapter 2 Sect 37.8.1 adalah dengan batasan  $\text{Trim} < L_{pp}/50$  untuk  $L_{pp} < 35\text{m}$

Input Data

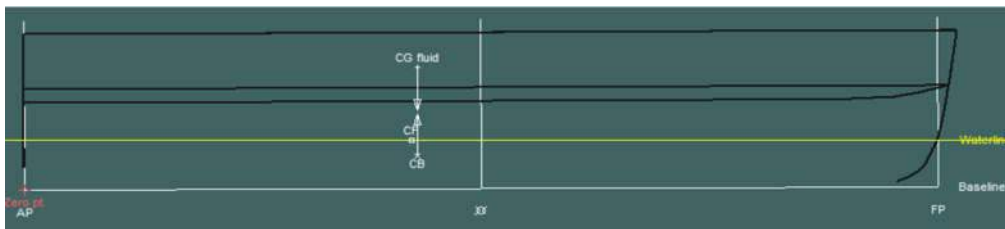
$$\begin{aligned} L_{pp} &= 9,523 \text{ m} \\ L_{pp}/50 &= 0,190 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan trim dengan menggunakan software maxsurf didapatkan nilai trim aktual sebesar

No.	Kondisi Muatan	Kriteria	Nilai (m)	Aktual (m)	Status
1	20 orang penumpang	$L_{pp}/50$	0,190	0,008	Pass
	20 orang penumpang menumpuk	$L_{pp}/50$	0,190	0,016	Pass
3	10 orang penumpang	$L_{pp}/50$	0,190	0,029	Pass
	10 orang penumpang menumpuk	$L_{pp}/50$	0,190	0,038	Pass
5	Penumpang kosong	$L_{pp}/50$	0,190	0,060	Pass

maka, perhitungan trim USV memenuhi standar aturan NVCS 2009

Hasil Pengukuran >



Disp: 4,633 t, Tamid: 0,55 m, Trim: 0,028 m, Heel: 0 deg (stbd)

$$\text{Trim} = 0,028 \text{ m}$$

**LAMPIRAN C**  
**RENCANA GARIS**

### BODY PLAN

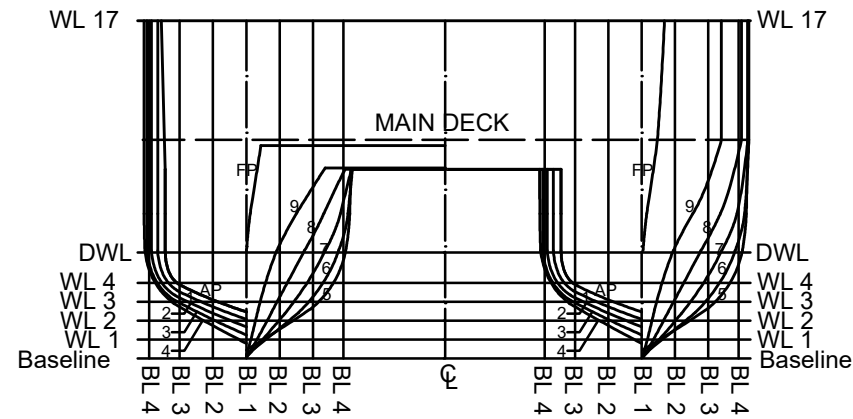


Table of Height Above Baseline				
STATION	BUTTOCK LINE (m)			
	1	2	3	4
AP	0,080	0,174	0,273	-
ST 1	0,124	0,206	0,295	-
ST 2	0,167	0,240	0,322	-
ST 3	0,207	0,274	0,353	0,475
ST 4	0,246	0,310	0,391	0,510
ST 5	0,045	0,151	0,266	0,499
ST 6	0,021	0,154	0,318	0,625
ST 7	0,000	0,198	0,440	0,810
ST 8	0,000	0,314	0,639	1,092
ST 9	0,000	0,590	0,942	-
FP	0,000	-	-	-

### SHEER PLAN

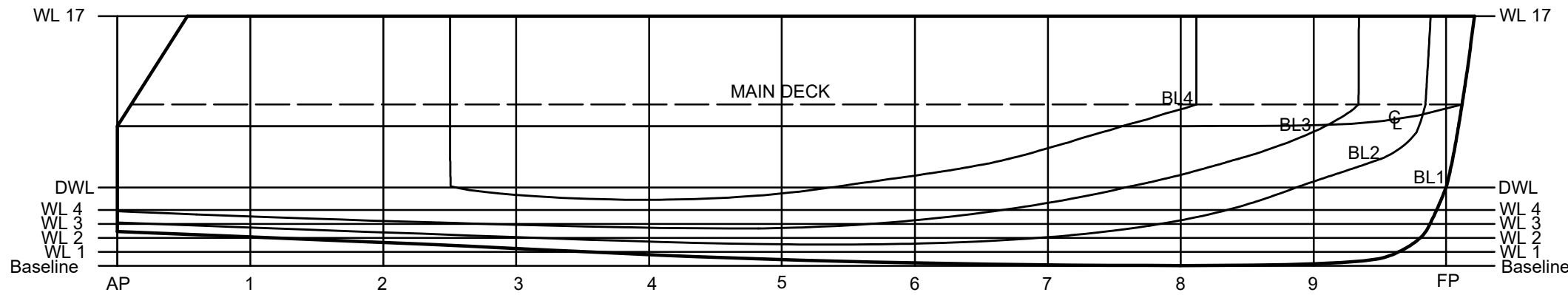
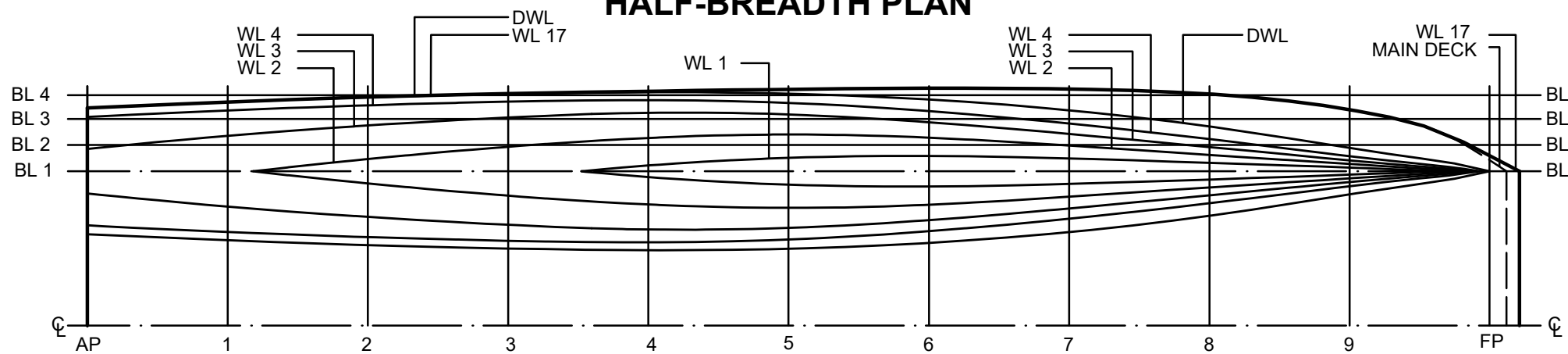


Table of Half-Breadth Measured from BL 1					
STATION	WATER LINE (m)				DWL
	1	2	3	4	
AP	-	-	0,150	0,366	0,426
ST 1	-	-	0,239	0,410	0,466
ST 2	-	0,082	0,309	0,445	0,499
ST 3	-	0,165	0,362	0,470	0,522
ST 4	0,040	0,224	0,393	0,480	0,533
ST 5	0,096	0,254	0,390	0,468	0,531
ST 6	0,109	0,233	0,337	0,413	0,491
ST 7	0,092	0,179	0,259	0,328	0,418
ST 8	0,063	0,116	0,169	0,223	0,308
ST 9	0,030	0,055	0,079	0,108	0,163
FP	0,000	-	-	-	-

### HALF-BREADTH PLAN



PRINCIPAL DIMENSION	
KM. KERAPU EVO	
Length Overall	: 9.71 m
Length of Waterline	: 9.52 m
Breadth Overall	: 3.15 m
Breadth Waterline	: 1.06 m
Depth	: 1.17 m
Draught	: 0.56 m
Service Speed	: 11 knots

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

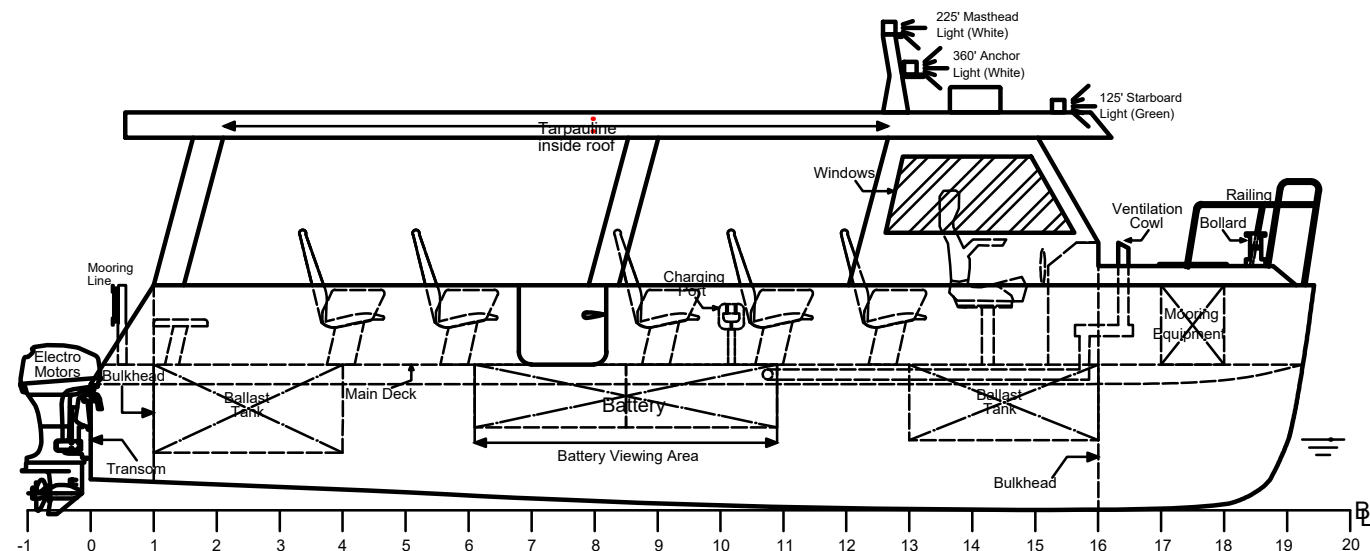
KM KERAPU EVO

### LINESPLAN

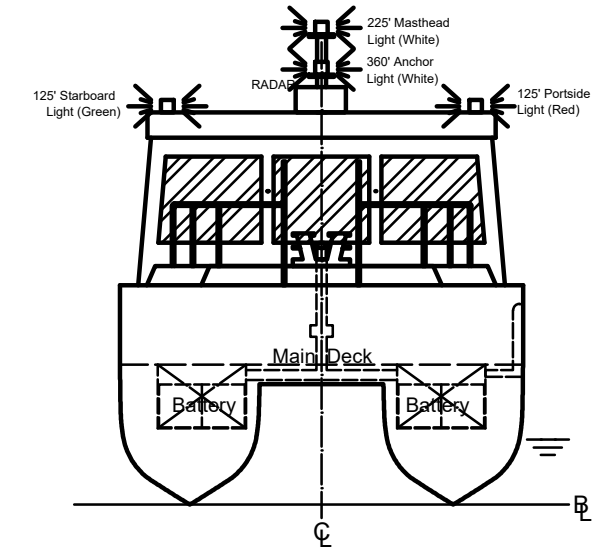
SCALE	SIGN	DATE	REMARK
: 1 : 40			
DRAWN : I WAYAN SUPUTRA			NRP :
CHECKED : AHMAD NASIRUDIN S.T., M.Eng			4114100073
APPROVED : AHMAD NASIRUDIN S.T., M.Eng			



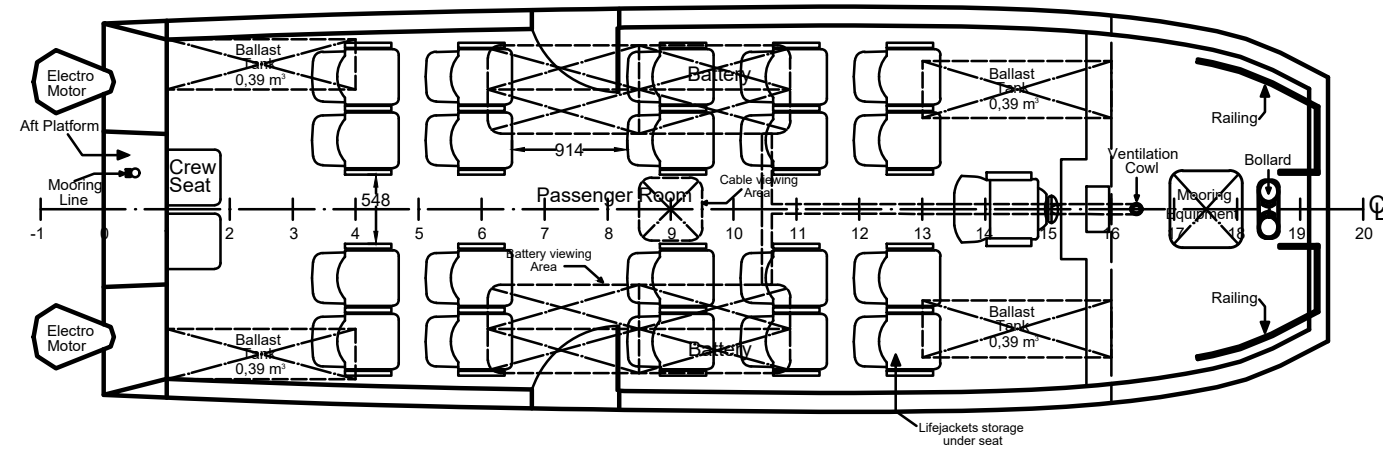
**LAMPIRAN D**  
**RENCANA UMUM DAN *SAFETY PLAN***



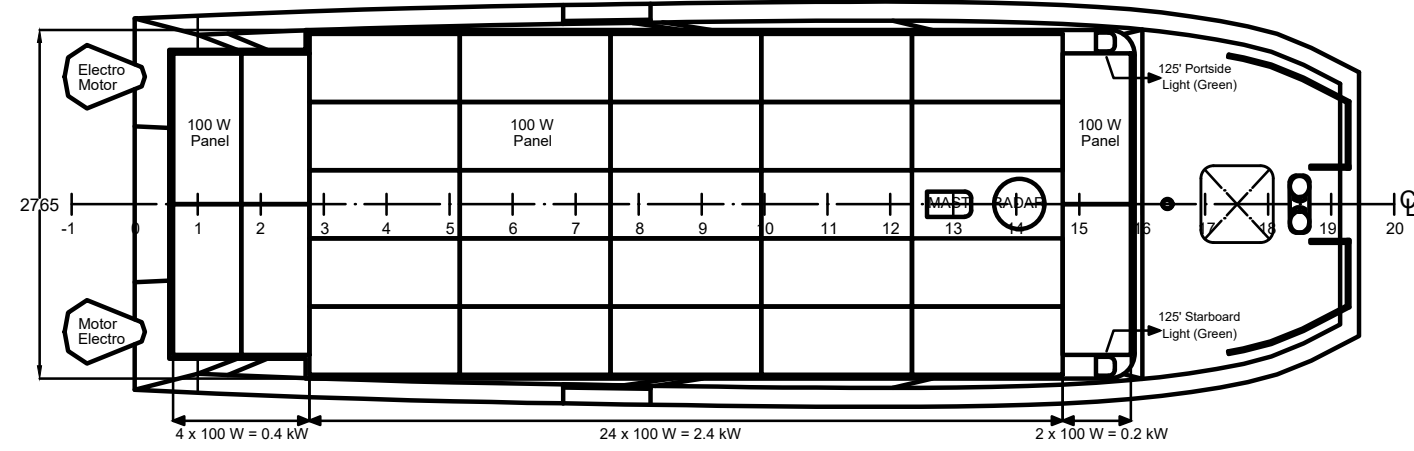
**SIDE VIEW**



**FRONT ELEVATION**




**MAIN DECK**



**TOP VIEW**

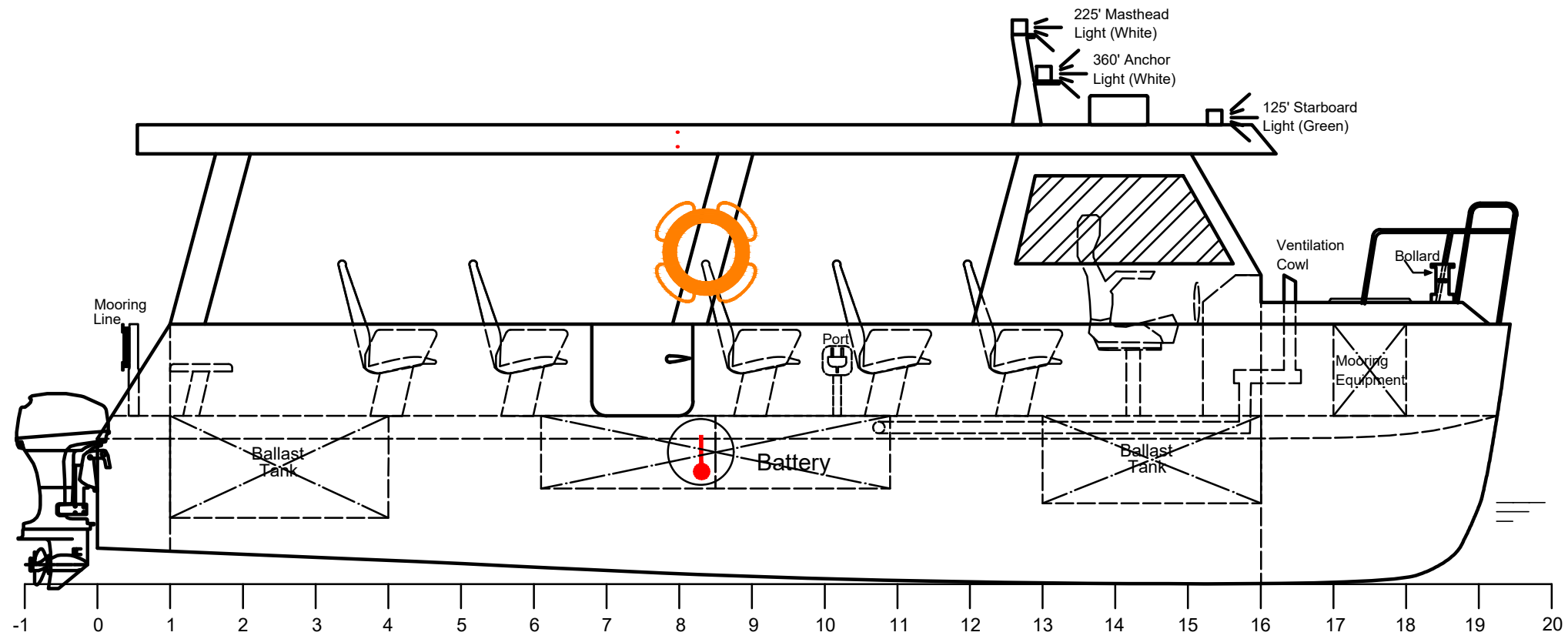
PRINCIPAL DIMENSION	
KM. KERAPU EVO	
Length Overall	: 9.71 m
Length of Waterline	: 9.52 m
Breadth Overall	: 3.15 m
Breadth Waterline	: 1.06 m
Depth	: 1.17 m
Draught	: 0.56 m
Service Speed	: 11 knots


**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE**  
**FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY**  
**SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY**

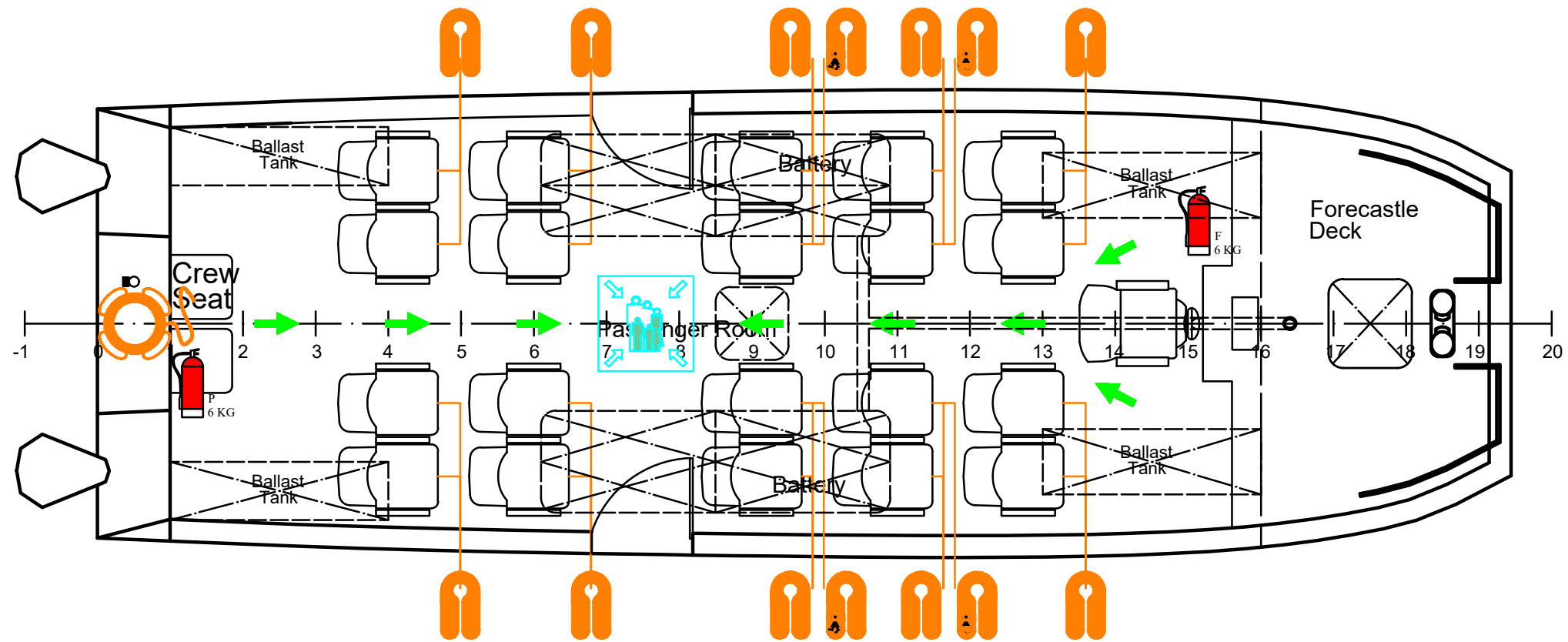
**KM KERAPU EVO**

**GENERAL ARRANGEMENT**

SCALE	SIGN	DATE	REMARK
: 1 : 60			
DRAWN : I WAYAN SUPUTRA			NRP :
CHECKED : AHMAD NASIRUDIN S.T., M.Eng			4114100073
APPROVED : AHMAD NASIRUDIN S.T., M.Eng			



**SIDE VIEW**



**MAIN DECK**

**SAFETY PLAN EQUIPMENTS**

SYMBOL	DESCRIPTION	LOCATION
	MUSTER STATION	- Passenger Room (Mid)
	LIFEBUOY	- Passenger Room
	LIFEBUOY WITH LINE	- Passenger Room
	CHILDS LIFEJACKET	- Passenger Room
	LIFEJACKET LIGHTS	- Passenger Room

**FIRE PLAN EQUIPMENTS**

SYMBOL	DESCRIPTION	LOCATION
	HEAT DETECTOR	- Battery
	PORTABLE FIRE EXTINGUISHER (POWDER)	- Passenger Room
	PORTABLE FIRE EXTINGUISHER (FOAM)	- Passenger Room

**PRINCIPAL DIMENSION  
KM. KERAPU EVO**

Length Overall	: 9.71 m
Length of Waterline	: 9.52 m
Breadth Overall	: 3.15 m
Breadth Waterline	: 1.06 m
Depth	: 1.17 m
Draught	: 0.56 m
Service Speed	: 11 knots



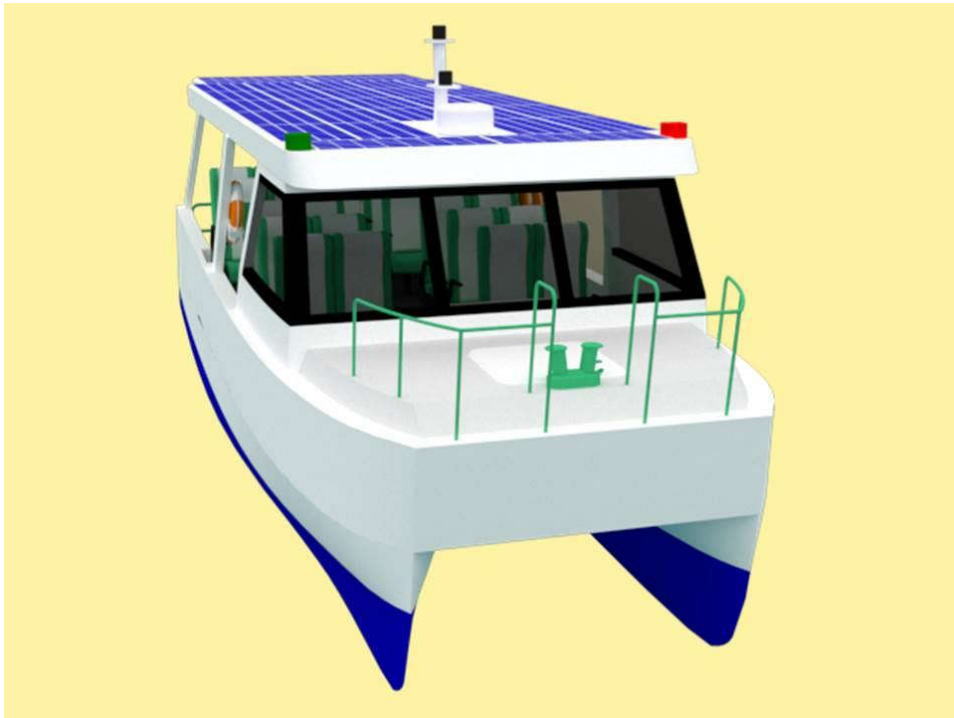
**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY**

**KM KERAPU EVO**

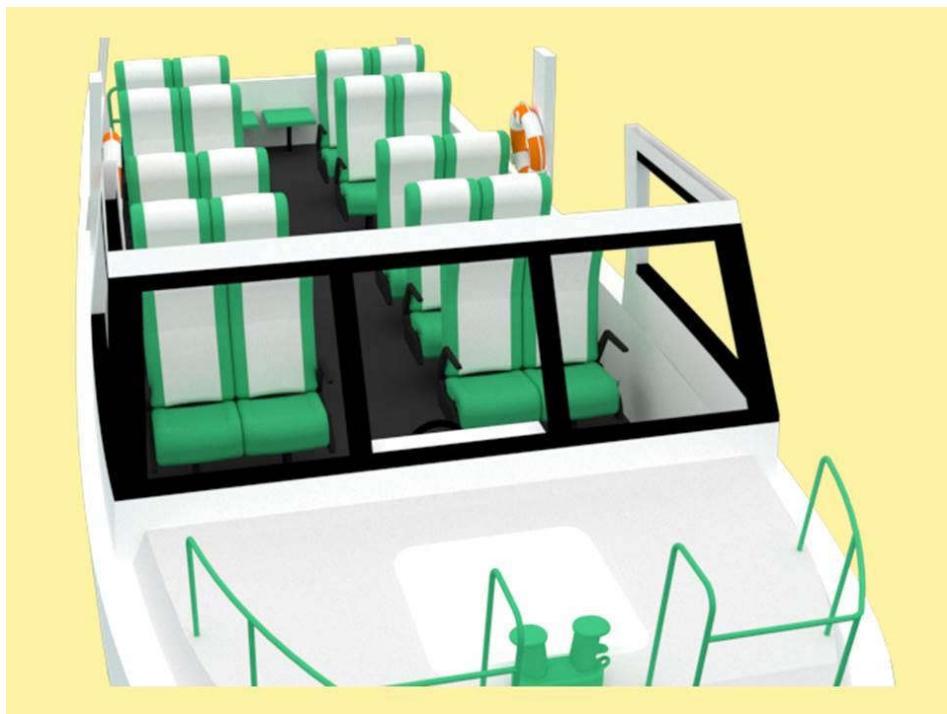
**SAFETY PLAN**

SCALE	SIGN	DATE	REMARK
SCALE : 1 : 40			
DRAWN : I WAYAN SUPUTRA			NRP :
CHECKED : AHMAD NASIRUDIN S.T., M.Eng			4114100073
APPROVED : AHMAD NASIRUDIN S.T., M.Eng			

**LAMPIRAN E**  
**MODEL 3 DIMENSI**



**Gambar E. 1. 3D Kapal Tampak Perspektif Depan**



**Gambar E. 2. 3D Interior Kapal Tampak Perspektif Depan**



**Gambar E. 3. 3D Kapal Tampak Perspektif Belakang**



**Gambar E. 4. 3D Interior Kapal Tampak Perspektif Belakang**

## BIODATA PENULIS



I Wayan Suputra Mahardika, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Jakarta pada 12 Januari 1996 silam, Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Yayasan Semen Holcim, kemudian melanjutkan ke SDS Semen Holcim, SMPN 103 Jakarta dan SMAN 39 Jakarta. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2014 melalui jalur SMITS.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, Penulis pernah menjadi Ketua Divisi Minat Bakat Departemen Dalam Negeri Himatekpal FTK ITS 2016/2017 serta Koordinator Acara Lomba Karya Tulis Ilmiah Maritim Nasional (LOKARINA) SAMPAN 10.

Email: [iwayansuputra39@gmail.com](mailto:iwayansuputra39@gmail.com)