



**TUGAS AKHIR - MN 141581**

**PEMBUATAN KONSEP DESAIN *UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)* UNTUK MONITORING WILAYAH PERAIRAN INDONESIA**

**Dwiko Hardianto  
NRP 4113100075**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**





**TUGAS AKHIR - MN 141581**

**PEMBUATAN KONSEP DESAIN *UNMANNED SURFACE VEHICLE* (USV) UNTUK MONITORING WILAYAH PERAIRAN INDONESIA**

**Dwiko Hardianto  
NRP 4113100075**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**



**FINAL YEAR PROJECT - MN 141581**

**DESIGN OF UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV) AT  
CONCEPT DESIGN STAGE FOR MONITORING INDONESIA  
SEA TERRITORIAL**

**Dwiko Hardianto  
NRP 4113100075**

**Supervisor  
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2017**

# LEMBAR PENGESAHAN

## PEMBUATAN KONSEP DESAIN *UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)* UNTUK MONITORING WILAYAH PERAIRAN INDONESIA

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada


Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**DWIKO HARDIANTO**  
NRP 4113100075


Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing

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

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



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

SURABAYA, 20 JULI 2017

## LEMBAR REVISI

### PEMBUATAN KONSEP DESAIN *UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)* UNTUK MONITORING WILAYAH PERAIRAN INDONESIA

#### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 7 Juli 2017

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

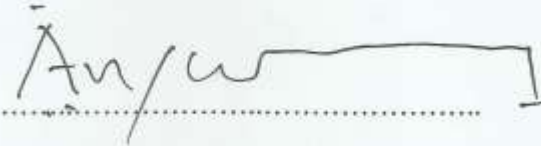
Oleh:

**DWIKO HARDIANTO**  
NRP 4113100075

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Wing Hendropresetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng. .... 
2. Hasanudin, S.T., M.T ..... 
3. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng. .... 

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. .... 

SURABAYA, 20 JULI 2017

Dipersembahkan untuk Mama, Papa, dan Kakak Penulis

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir **“PEMBUATAN KONSEP DESAIN *UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)* UNTUK MONITORING WILAYAH PERAIRAN INDONESIA”** dapat diselesaikan dengan baik.

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

1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Departemen Teknik Perkapalan ITS atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. 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;
3. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Wali;
4. Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng., Hasanudin, S.T., M.T., Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji dosen akhir.
5. Ardi Nugroho Yulianto, S.T., M.T selaku Dosen yang telah memberi masukan;
6. Keluarga Penulis, Ibu Lilik Yuniarsih, Bapak Hariadi, Kakak Nurima Hanifalina, yang telah menjadi motivator dan mendukung penuh penulis untuk meraih masa depan;
7. Dwi Agustin selaku orang spesial selama masuk di Teknik Perkapalan, Fajar Ramadhan dan Ericza Damaranda sebagai teman satu tim USV yang telah banyak membantu;
8. Edo dan Andre selaku teman seperjuangan bimbingan Tugas Akhir dan teman-teman P53Submarine;
9. Alif dan teman-teman Robotik dan Roboboat atas bantuan pendalaman materi TA;
10. Dan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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, Juli 2017

Dwiko Hardianto



# **PEMBUATAN KONSEP DESAIN *UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)* UNTUK MONITORING WILAYAH PERAIRAN INDONESIA**

Nama Mahasiswa : Dwiko Hardianto  
NRP : 4113100075  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

## **ABSTRAK**

Indonesia dengan luas wilayah laut hampir dua pertiga dari luas daratannya, menjadi perhatian khusus dari pemerintah untuk melindungi keamanan dan kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI). Dengan luas wilayah perairan yang cukup besar maka wilayah perairan yang harus dijaga oleh pemerintah tidaklah sedikit. Dalam Tugas Akhir ini dibuat konsep desain Kapal Tanpa Awak yang selanjutnya disebut *Unmanned Surface Vehicle (USV)* yang dirasa dapat memenuhi kebutuhan monitoring wilayah perairan Indonesia. Proses desain USV berupa perhitungan teknis, Rencana Garis, Rencana Umum, dan model tiga dimensi dapat dilakukan setelah mendapatkan ukuran utama. Ukuran utama kapal ditentukan dari kebutuhan *platform* yang digunakan pada USV berdasarkan *operational requirements* dan *decision tree* yang digunakan untuk menentukan tipe lambung, material, dan sistem propulsi. Pada akhirnya didapatkan hasil desain USV dengan tipe lambung katamaran dan menggunakan sistem propulsi elektrik. Ukuran utama yang didapatkan adalah  $L_{pp} = 6.94$  m;  $B = 3.5$  m;  $H = 1.27$  m;  $T = 0.5$  m;  $S/L = 0.196$ . Nilai *freeboard* dan stabilitas kapal memenuhi sesuai standar *Non-Convention Vessel Standard (NCVS)* dan *HSC Annex 7 Multihull 2000*.

Kata kunci: Kapal Tanpa Awak, katamaran, Perbatasan Laut, USV

# **DESIGN OF UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV) AT CONCEPT DESIGN STAGE FOR MONITORING INDONESIA SEA TERRITORIAL**

Author : Dwiko Hardianto  
ID No. : 4113100075  
Dept. / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

## **ABSTRACT**

Indonesia, with two-thirds of its area consist of water, is getting a special attention from the goverment to protect its security and sovereignty. Those not a little water area to be maintained by Indonesian government. In this final project, a design concept of an Unmanned Surface Vehicle will be able to fulfill the needs of monitoring the territorial waters of Indonesia. The USV design process is in the form of thecnical calculations, lines plan, general arrangement, and three dimensional model. Those can be done after getting the main dimenssions. The main dimenssions of the USV is determined by needs of platform based on operational requirement and decision tree used to specify the type of hull, material, and propulsion systems. At the end of the pprocess, is obtained an Unmanned Surface Vehicle with catamaran hull type and using electric propulsion system. The main dimensions obtained from the calculation are  $L_{pp} = 6.94$  m;  $B = 3.5$  m;  $H = 1.27$  m;  $T = 0.5$  m;  $S/L = 0.196$ . The value of freeboard and the stability meets the standard of Non-Convention Vessel Standard (NCVS) and HSC Annex 7 Multihull 2000.

Keywords: Catamaran, Sea Territorial, Unmanned Surface Vehicle, USV

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR SIMBOL .....	xiii
Bab I PENDAHULUAN .....	1
I.1.    Latar Belakang Masalah.....	1
I.2.    Perumusan Masalah.....	2
I.3.    Tujuan.....	2
I.4.    Batasan Masalah.....	2
I.5.    Manfaat.....	2
I.6.    Hipotesis.....	3
Bab II STUDI LITERATUR .....	5
II.1.    Dasar Teori.....	5
II.1.1. <i>Unmanned Surface Vehicle (USV)</i> .....	5
II.1.2.  Lambung Kapal .....	6
II.1.3.  Perhitungan Kebutuhan Daya Penggerak .....	9
II.1.4.  Perhitungan Stabilitas .....	9
II.1.5.  Perhitungan <i>Freeboard</i> .....	10
II.1.6.  Sistem Navigasi Manual dan Otomatis .....	11
II.1.7.  Desain Spiral .....	12
II.2.    Tinjauan Pustaka .....	13
II.2.1.  Operational Requirement.....	13
II.3.    Tinjauan Wilayah .....	13
Bab III METODOLOGI .....	15
III.1.   Diagram Alir .....	15
III.2.   Tahap Pengerjaan .....	16
III.2.1.  Tahap Identifikasi Masalah.....	16
III.2.2.  Tahap Studi Literatur .....	16
III.2.3. <i>Operational Requirements</i> .....	16
III.2.4.  Tahap Pengumpulan Data .....	16
III.2.5.  Tahap Pengolahan Data .....	17
III.2.6.  Tahap Perencanaan .....	17
III.2.7.  Kesimpulan dan Saran .....	18
Bab IV ANALISIS TEKNIS .....	19
IV.1.   Umum.....	19
IV.2. <i>Operational Requirements</i> .....	19
IV.2.1.  Fungsi dan Tugas .....	20
IV.2.2.  Wilayah Operational .....	20

IV.2.3.	Kecepatan .....	20
IV.2.4.	Kemampuan Operasional .....	20
IV.3.	Penentuan <i>Platform</i> .....	21
IV.4.	<i>Decision Tree</i> .....	22
IV.4.1.	Tipe Lambung .....	22
IV.4.2.	Material .....	24
IV.4.3.	Sistem Propulsi.....	24
IV.5.	Penentuan Ukuran Utama .....	25
IV.6.	Perhitungan Koefisien Utama Kapal .....	27
IV.7.	Perhitungan Teknis .....	30
IV.7.1.	Perhitungan Hambatan Kapal.....	30
IV.7.2.	Perhitungan Daya Konsumsi Baterai .....	30
IV.7.3.	Perhitungan Berat Aluminium Kapal .....	33
IV.7.4.	Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan.....	35
IV.7.5.	Perhitungan Permesinan .....	35
IV.7.6.	Perhitungan LWT .....	36
IV.7.7.	Perhitungan DWT.....	36
IV.7.8.	Perhitungan Displasemen Kapal .....	36
IV.7.9.	Perhitungan <i>Freeboard</i> .....	36
IV.7.10.	Perhitungan Trim.....	37
IV.7.11.	Perhitungan Stabilitas.....	38
IV.8.	Sistem Propulsi <i>Unmanned Surface Vehicle</i> .....	39
IV.9.	Perencanaan Monitoring Wilayah Perairan .....	40
IV.10.	Pembuatan <i>Lines Plan</i> .....	41
IV.11.	Pembuatan <i>General Arrangement</i> .....	44
IV.11.1.	<i>Side Elevation</i> .....	44
IV.11.2.	<i>Deck Tunnel</i> .....	44
IV.11.3.	<i>Demihull</i> .....	45
IV.12.	Permodelan 3 Dimensi.....	45
IV.13.	Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal.....	47
Bab V	KESIMPULAN DAN SARAN .....	51
V.1.	Kesimpulan .....	51
V.2.	Saran .....	51
DAFTAR PUSTAKA	.....	53
LAMPIRAN		
LAMPIRAN A	PERHITUNGAN TEKNIS	
LAMPIRAN B	DESAIN USV PLAT-N	
BIODATA PENULIS		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Kapal Tanpa Awak di Bidang Militer.....	5
Gambar II.2 <i>Flat Bottom Hull</i> .....	7
Gambar II.3 <i>Deep V-hull</i> .....	7
Gambar II.4 <i>Round Bottom Hull</i> .....	8
Gambar II.5 <i>Multihull</i> .....	8
Gambar II.6 Perbandingan Stabilitas Katamaran dan <i>Monohull</i> .....	10
Gambar II.7 Desain Spiral.....	12
Gambar II.8 Wilayah Territorial Indonesia dengan Malaysia.....	13
Gambar II.9 Daerah Operasional <i>USV</i> .....	14
Gambar III.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	15
Gambar IV.1 <i>Decision Tree</i> .....	22
Gambar IV.2 <i>Monohull</i> .....	22
Gambar IV.3 Katamaran .....	23
Gambar IV.4 Trimaran .....	23
Gambar IV.5 <i>Layout</i> Tampak Depan .....	26
Gambar IV.6 <i>Layout</i> Tampak Samping .....	26
Gambar IV.7 <i>Layout</i> Tampak Atas .....	26
Gambar IV.8 Perhitungan Hidrostatik pada <i>Maxsurf</i> .....	28
Gambar IV.9 Hasil Perhitungan Hidrostatik pada <i>Maxsurf</i> .....	29
Gambar IV.10 Luasan Area Hull .....	34
Gambar IV.11 Luasan Area <i>Deck</i> .....	34
Gambar IV.12 Diagram Sistem Propulsi.....	39
Gambar IV.13 Diagram Alur Sistem Monitoring .....	41
Gambar IV.14 Lines Plan USV PLAT-N.....	42
Gambar IV.15 <i>Size Surfaces</i> .....	42
Gambar IV.16 Pengaturan Jumlah <i>Station</i> .....	43
Gambar IV.17 <i>Side Elevation</i> USV PLAT-N .....	44
Gambar IV.18 <i>Deck Tunnel</i> USV PLAT-N .....	45
Gambar IV.19 <i>Demihull</i> USV PLAT-N.....	45
Gambar IV.20 Permodelan Lambung 3 Dimensi Tampak Depan .....	46
Gambar IV.21 Permodelan Lambung 3 Dimensi Tampak Samping.....	46
Gambar IV.22 Pemodelan Detail 3 Dimensi Tampak Samping .....	47
Gambar IV.23 Pemodelan Detail 3 Dimensi Tampak Depan .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Pengurangan Lambung Timbul Tipe B .....	11
Tabel IV.1 <i>Operational Requirements</i> .....	21
Tabel IV.2 Komponen <i>Platform</i> .....	21
Tabel IV.3 Hasil pemilihan dari <i>Decision Tree</i> .....	25
Tabel IV.4 Hambatan Kapal .....	30
Tabel IV.5 Spesifikasi Motor .....	31
Tabel IV.6 Spesifikasi Baterai .....	31
Tabel IV.7 Daya Konsumsi Baterai untuk 20 Knots .....	32
Tabel IV.8 Daya Konsumsi Baterai untuk 12 Knots .....	33
Tabel IV.9 Daya Konsumsi Baterai untuk 5 knots .....	33
Tabel IV.10 Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan .....	35
Tabel IV.11 Perhitungan Berat Permesinan .....	35
Tabel IV.12 Rekapitulasi Titik Berat LWT .....	36
Tabel IV.13 Pengecekan Displasemen Kapal .....	36
Tabel IV.14 Rekapitulasi Lambung Timbul .....	37
Tabel IV.15 Kondisi <i>Trim</i> pada Tiap <i>Loadcase</i> .....	38
Tabel IV.16 Stabilitas Kapal .....	38
Tabel IV.17 Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal .....	48

## DAFTAR SIMBOL

$\rho$	= Massa Jenis (ton/m <sup>3</sup> )
$\nabla$	= <i>Volume Displacement</i> (m <sup>3</sup> )
$\Delta$	= <i>Displacement</i> (ton)
$\mu d$	= <i>Propulsive Efficiency</i>
$\mu h$	= <i>Hull Efficiency</i>
$\mu o$	= <i>Open water test</i>
$\mu r$	= <i>Rotative Efficiency</i>
$\mu R$	= <i>Reduction Gear Efficiency</i>
$\mu s$	= <i>Shaft Efficiency</i>
$A_E/A_0$	= <i>Expanded Area Ratio</i>
$A_T$	= <i>Immersed Area at the Transom of Zero Speed</i> (m <sup>2</sup> )
B	= Lebar Kapal (m)
BHP	= <i>Brake Horse Power</i>
C	= <i>Resistance coefficient, 1.2</i>
$C_A$	= Koefisien Tahanan Udara
$C_b$	= <i>Block Coefficient</i>
$C_{FO}$	= Koefisien Tahanan Gesek
$C_{KG}$	= Koefisien Titik Berat Baja
$C_m$	= <i>Midship Section Coefficient</i>
$C_P$	= <i>Prismatic Coefficient</i>
$C_S$	= Gaya Tekan Baja (N)
$C_{SO}$	= Koefisien Berat Baja Tergantung Tipe Kapal (ton/m <sup>3</sup> )
$C_V$	= <i>Viscous Coefficient</i>
$C_{wp}$	= <i>Waterplan Coefficient</i>
D	= Diameter Propeller (m)
$D_A$	= Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan <i>superstructure</i> dan <i>deck house</i>
DHP	= <i>Delivery Horse Power</i>
EHP	= <i>Effective Horse Power</i>
$F_n$	= <i>Froude Number</i>
g	= percepatan gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
$h_B$	= Tinggi Pusat Bulb dari Baseline (m)
$h_s$	= Tinggi Standard Bangunan Atas (m)
KG	= <i>Center of Gravity</i>
Lwl	= <i>length of waterline</i> (m)

LCB	= <i>Longitudinal Center of Bouyancy</i>
LCG	= <i>Longitudinal Center of Gravity</i>
$L_R$	= Panjang bagian kapal yang mengalami tahanan langsung (m)
$l_s$	= Jumlah Panjang Efektif Bangunan Atas (m)
$n$	= Putaran Propeller
P/D	= <i>Pitch Ratio</i>
$R_a$	= <i>Air resistance</i> (ton)
$R_f$	= <i>Friction resistance</i> (ton)
$R_n$	= <i>Reynolds Number</i>
$R_w$	= <i>Water resistance</i> (ton)
$R_{tot}$	= <i>Total resistance</i> (ton)
$r_B$	= Tahanan tekanan hambatan dari haluan gembung dekat permukaan air
$s$	= Jarak Pelayaran (nm)
S	= Luas Bidang Basah ( $m^2$ )
$S_{app}$	= Luas Bidang Basah dengan Tambahan ( $m^2$ )
$S_{bilgekeel}$	= Luas <i>Bilge Keel</i> ( $m^2$ )
$S_{rudder}$	= Luas <i>Rudder</i> yang tercelup air ( $m^2$ )
$S_{tot}$	= Luas Bidang Basah Total ( $m^2$ )
SFR	= <i>Specific Fuel Rate</i> (ton/kWh)
SHP	= <i>Shaft Horse Power</i>
$t$	= <i>Thrust deduction</i>
T	= Sarat Kapal (m)
$T_a$	= Sarat Buritan (m)
$T_f$	= Sarat Haluan (m)
THP	= <i>Thrust Horse Power</i>
V	= <i>Velocity</i> (knots)
$V_a$	= <i>Speed of Advance</i> (m/s)
$V_H$	= Volum Ruang Tertutup di atas Geladak Cuaca ( $m^3$ )
$V_r$	= Total Volum Ruang Muat ( $m^3$ )
$V_s$	= Kecepatan kapal (m/s)
$V_U$	= Volum Geladak di bawah Geladak Cuaca ( $m^3$ )
$V_1$	= Volum Geladak Penumpang ( $m^3$ )
$V_2$	= Volum Geladak Navigasi ( $m^3$ )
$V_{tot}$	= Total Volum <i>Superstructure</i> ( $m^3$ )
W	= Gaya Berat (N)
w	= <i>Wake Fraction</i>
Z	= Jumlah Daun Propeller



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1. Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan negara maritim dengan luas wilayah laut terbesar di dunia dengan luas lautan hampir dua pertiga dari luas daratannya dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia setelah Canada. Hal ini menjadi perhatian khusus dari pemerintah untuk melindungi keamanan dan kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI). Terlebih lagi Indonesia yang terletak di perlintasan Internasional dua benua (Asia-Australia) dan dua samudara (Hindia-Pasifik) mempunyai zona perbatasan laut Indonesia yang mengandung banyak kerawanan dan sensitivitas konflik.

Alat Utama Sistem Senjata atau dikenal dengan ALUTSISTA menjadi kunci utama dalam menjaga keamanan negara. Untuk menjaga keamanan dan kedaulatan negara dalam hal ini adalah wilayah laut Indonesia yang begitu luas, maka diperlukan armada Angkatan Laut yang memadai. Dibutuhkannya kapal patroli sebagai tameng menjaga keamanan serta kedaulatan wilayah laut Indonesia. Termasuk isu-isu globalisasi terutama yang menyangkut human trafficking, perompak laut, perdagangan ilegal, illegal fishing, dan lain-lain telah meningkatkan kerawanan-kerawanan di daerah perbatasan.

Sementara, masalah yang dihadapi oleh TNI AL sebagai institusi yang berwenang dalam pertahanan laut adalah terbatasnya jumlah personel, kapal patroli, peralatan dan perlengkapan, dan dana yang dimiliki. Di era teknologi dan komunikasi yang semakin berkembang ini, tugas manusia semakin terbantu dengan hadirnya teknologi berupa robot. Teknologi ini sudah mulai masuk pada dunia transportasi yang salah satunya adalah kapal permukaan. Dengan berkembangnya teknologi robot kapal permukaan atau yang biasa disebut *Unmanned Surface Vehicle*, maka tugas manusia dapat digantikan dalam melakukan tugas-tugasnya yang berarti dapat mengurangi resiko keselamatan dari personel yang bertugas.

## **I.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan *operational requirement Unmanned Surface Vehicle (USV)* untuk monitoring wilayah perairan Indonesia?
2. Bagaimana cara mendapatkan ukuran utama untuk *Unmanned Surface Vehicle (USV)*?
3. Bagaimana desain rencana garis dan rencana umum untuk *Unmanned Surface Vehicle (USV)*?
4. Bagaimana desain 3D model yang sesuai untuk *Unmanned Surface Vehicle (USV)*?

## **I.3. Tujuan**

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memperoleh *operational requirement* sesuai kebutuhan monitoring laut.
2. Mendapatkan ukuran utama untuk *Unmanned Surface Vehicle (USV)*.
3. Mendapatkan desain rencana garis dan rencana umum untuk *Unmanned Surface Vehicle (USV)*.
4. Mendapatkan desain 3D model yang sesuai untuk *Unmanned Surface Vehicle (USV)*.

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

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Desain meliputi ukuran dan *general arrangement* kapal.
2. Desain lambung yang digunakan adalah jenis lambung katamaran.
3. Fungsi *Unmanned Surface Vehicle (USV)* ini non tempur hanya untuk monitoring.
4. Masalah teknis yang dibahas sebatas konsep desain.
5. Perhitungan kekuatan memanjang kapal diabaikan.
6. Data yang digunakan adalah data sekunder.

## **I.5. Manfaat**

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Mendukung pemerintah Indonesia dalam menjaga keamanan dan kedaulatan di perairan Indonesia
2. Menambah wawasan tentang *Unmanned Surface Vehicle (USV)* yang dapat berfungsi sebagai alat militer dan non-militer di Indonesia.

## **I.6. Hipotesis**

Desain *Unnamed Surface Vehicle* (USV) dapat digunakan untuk tugas monitoring wilayah perairan Indonesia. Dengan adanya Kapal Tanpa awak maka dapat mengurangi risiko kerja.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB II**

### **STUDI LITERATUR**

#### **II.1. Dasar Teori**

Pada Bab II ini berisikan tentang dasar teori dan tinjauan pustaka dari topik utama dalam pembuatan Tugas Akhir ini. Dasar teori berisi uraian singkat tentang landasan teori yang mempunyai keterkaitan langsung dan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam Tugas Akhir ini.

##### **II.1.1. *Unmanned Surface Vehicle (USV)***

*Unmanned Surface Vehicle (USV)* atau *Autonomous Surface Vehicle (ASV)* adalah kendaraan tanpa awak/kru yang dioperasikan di atas permukaan air (Wikipedia, 2017), seperti terlihat pada gambar II.1.

*Unmanned Surface Vehicle (USV)* atau yang bisa disebut kapal tanpa awak telah digunakan untuk berbagai operasi militer sejak perang dunia ke dua. Semakin berkembangnya jaman yang diikuti juga dengan perkembangan teknologi yang pesat, membuat Negara-negara maju berlomba-lomba mengembangkan teknologi USV ini untuk memperkuat pertahanan dan keamanan Negara masing-masing. Dalam bidang militer USV mempunyai beberapa fungsi antara lain :

- Intelijen, pengawasan, dan pengintaian
- Anti kapal selam dan anti ranjau laut
- Patroli perbatasan



Gambar II.1 Kapal Tanpa Awak di Bidang Militer  
Sumber: ASVGlobal.com

### II.1.2. Lambung Kapal

Salah satu bagian terpenting dari badan kapal adalah lambung kapal. Lambung kapal merupakan bagian dari kapal yang memberikan daya apung, dimana daya apung tersebut dipengaruhi oleh bentuk lambung kapal. Bentuk lambung kapal juga dapat mempengaruhi kapal dari segi stabilitas kapal, kecepatan, konsumsi bahan bakar, daya mesin, serta sarat (*draft*) perairan pada saat kapal beroperasi.

a. Adapun dari kemampuan gerak kapal dipermukaan air dibedakan menjadi beberapa tipe. Tipe-tipe dari lambung kapal antara lain :

1. *Displacement Hull*

Displacement hull adalah tipe lambung kapal yang memungkinkan kapal bergerak dengan membelah air sehingga cocok digunakan oleh kapal yang berlayar di perairan tenang dan berombak. Kapal dengan lambung jenis ini umumnya bergerak lamban dan mengonsumsi banyak bahan bakar. Displacement hull umumnya digunakan untuk kapal berbobot besar dan bermuatan banyak seperti kapal niaga. Kapal dengan tipe lambung seperti ini memiliki *Froude Number* ( $Fn_v$ )  $< 1$ .

2. *Semi-Planning Hull*

Berbeda dengan tipe displacement hull, tipe jenis lambung ini memiliki gaya angkat hidrodinamik. Berat kapal ini akan disangga oleh gaya hidrodinamik yang timbul karena adanya deviasi aliran di sekitar dasar kapal bagian buritan. Sehingga, mengakibatkan kapal menjadi trim (sarat depan dan belakang kapal berbeda). Kapal dengan tipe lambung seperti ini memiliki *Froude Number* yaitu  $1 < Fn_v < 3$ .

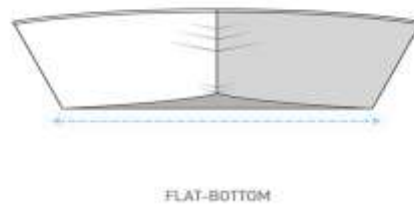
3. *Planning Hull*

Planning hull adalah jenis lambung kapal yang memungkinkan kapal dapat melaju dengan cepat di permukaan air dimana terdapat perubahan sarat yang signifikan ketika kapal dalam keadaan diam dan ketika kapal dalam keadaan bergerak. Tipe lambung ini dapat ditandai dengan kondisi hamper seluruh berat kapal disangga oleh gaya angkat hidrodinamik, dan hanya sebagian kecil berat kapal yang bertumpu pada gaya angkat hidrostatis. Kapal dengan tipe lambung seperti ini memiliki *Froude Number* ( $Fn_v$ )  $> 3$ .

b. Dengan kondisi perairan yang berbeda-beda, maka bentuk lambung kapal didesain dengan berbeda juga. Untuk bentuk lambung kapal antara lain :

### 1. *Flat Bottom Hull*

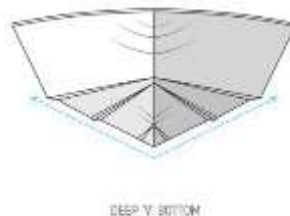
Lambung kapal alas datar (*flat bottom hull*) ini dibuat dengan bagian bawah yang datar dan umumnya digunakan oleh kapal dengan sarat rendah seperti kapal penangkap ikan yang dioperasikan di sungai dan danau. Karena bagian bawahnya yang datar dan kurang memberi tekanan ke dalam air, lambung kapal yang termasuk kategori *planning hull* ini tidak cocok digunakan di perairan yang berombak besar karena tidak stabil.



Gambar II.2 *Flat Bottom Hull*

### 2. *Deep V Hull*

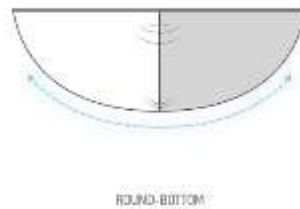
Lambung kapal dengan bentuk *deep V hull* memungkinkan kapal lebih stabil di perairan berombak besar. Karena memiliki dasar lambung yang lancip atau V dan mampu memberi tekanan ke dalam air, kapal dengan bentuk lambung V akan lebih stabil di perairan berombak besar. Sayangnya, lambung kapal yang juga termasuk kategori *planning hull* ini tidak cocok untuk berbelok dengan kecepatan tinggi. Bentuk lambung yang lancip ke bawah dapat membuat kapal penggunanya kehilangan keseimbangan bahkan terbalik ketika berbelok dengan kecepatan tinggi.



Gambar II.3 *Deep V-hull*

### 3. *Round Bottom Hull*

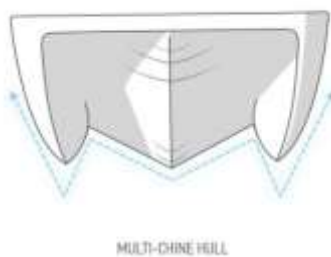
Lambung kapal alas bulat (*round bottom hull*) digunakan untuk kapal dengan kecepatan rendah dengan bobot besar. Lambung kapal kategori displacement hull ini memungkinkan kapal besar melaju di air dengan kecepatan rendah. Daya tekan ke bawah lambung bulat ini memang lebih rendah daripada lambung berbentuk huruf V dan masih dapat terguling jika beban tidak seimbang tapi resiko tersebut dapat dihindari dengan membuat lunas kapal yang tepat ketika membangun lambung jenis ini.



Gambar II.4 *Round Bottom Hull*

### 4. Multi Hull

Lambung kapal kategori displacement hull yang satu ini berbeda dengan yang lain karena jumlahnya lebih dari satu untuk satu kapal. Lambung ini disebut multi lambung atau multihull. Kapal catamaran dan trimaran adalah jenis kapal yang menggunakan lambung multihull. Keunggulannya terletak pada kestabilannya yang tinggi ketika berlayar sambil memotong air karena jarak antara satu lambung dengan lambung lainnya cukup lebar. Namun, karena kapal pengguna banyak lambung ini umumnya lebar, kapal membutuhkan ruang lebih untuk berbelok sehingga pengemudi kapal harus memastikan keberadaan kapal lain ketika akan berbelok untuk menghindari kecelakaan.



Gambar II.5 *Multihull*



### II.1.3. Perhitungan Kebutuhan Daya Penggerak

Perhitungan kebutuhan daya penggerak utama agar kapal dapat beroperasi sesuai dengan perencanaan adalah sebagai berikut:

- *Effective Horse Power* (EHP)

$$EHP = R_T \times V_s \dots\dots\dots(2.1)$$

- *Delivery Horse Power* (DHP)

$$DHP = EHP / \eta_D \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_O \times \eta_{RR} \dots\dots\dots(2.1)$$

- *Break Horse Power* (BHP)

$$BHP = DHP + (X \% \times DHP) \dots\dots\dots(2.1)$$

X = Faktor tambahan (koreksi letak kamar mesin dan koreksi daerah pelayaran).

### II.1.4. Perhitungan Stabilitas

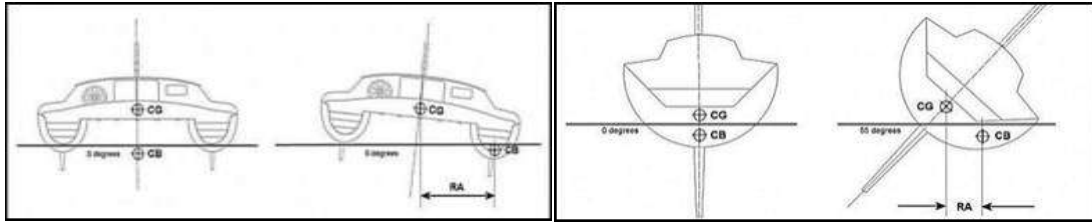
Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ).

Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu:

- a. Faktor internal yaitu tata letak barang/cargo, bentuk ukuran kapal, kebocoran karena kandas atau tubrukan
- b. Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai

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 Safety of Life at Sea (SOLAS) atau International Maritime Organization (IMO).

Untuk kapal katamaran khususnya *high speed catamaran* dengan lebar kapal yang besar dan sarat rendah, pada tahun 2007 IMO merevisi *Intact Stability Code* yang pada awalnya mensyaratkan sudut pengembali maksimum GZ tidak kurang dari 25° untuk diubah menjadi 10° dengan mengacu pada *HSC 2000 Annex 7*. Revisi tersebut dilakukan karena ada banyaknya laporan *high speed catamaran* yang kesulitan untuk memenuhi kriteria stabilitas tersebut.



Gambar II.6 Perbandingan Stabilitas Katamaran dan *Monohull*  
 Sumber: Satriawansyah, 2016

### II.1.5. Perhitungan *Freeboard*

*Freeboard* adalah hasil pengurangan tinggi kapal dengan sarat kapal dimana tinggi kapal termasuk tebal kulit dan lapisan kayu jika ada, sedangkan sarat T diukur pada sarat musim panas.

Besarnya *freeboard* adalah panjang yang diukur sebesar 96% panjang garis air (LWL) pada 85% tinggi kapal *moulded*. Untuk memilih panjang *freeboard*, pilih yang terpanjang antara  $L_{pp}$  dan 96% LWL pada 85% Hm. Lebar *freeboard* adalah lebar *moulded* kapal pada *midship* (  $B_m$  ). Dan tinggi *freeboard* adalah tinggi yang diukur pada *midship* dari bagian atas *keel* sampai pada bagian atas *freeboard deck beam* pada sisi kapal ditambah dengan tebal pelat *stringer* (senta) bila geladak tanpa penutup kayu.

Adapun langkah untuk menghitung *freeboard* berdasarkan *Non Convention Vessel Standard* sebagai berikut :

- Input Data yang Dibutuhkan

1. Perhitungan

- a. Tipe kapal

Tipe A : adalah kapal yang:

1. didesain hanya untuk mengangkut kargo curah cair; atau
2. memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka dengan alasan kenyataan bahwa tangki kargo hanya memiliki lubang akses yang kecil, ditutup dengan penutup baja atau bahan lain dengan paking kedap air; dan
3. memiliki permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.

Kapal tipe A: tanker, LNG *carrier*

Kapal tipe B: kapal yang tidak memenuhi persyaratan pada kapal tipe A.

Kapal tipe B: *Grain carrier, ore carrier, general cargo, passenger ships*

b. *Freeboard standard*

Yaitu *freeboard* yang tertera pada Tabel *Standard Freeboard* sesuai dengan tipe kapal.

c. Koreksi

- Koreksi untuk kapal yang panjang kurang dari 100 m
- koreksi blok koefisien ( $C_b$ )
- Koreksi tinggi kapal
- Tinggi standard bangunan atas dan koreksi bangunan atas
- Koreksi bangunan atas
- Minimum *Bow height*

Tabel II.1 Pengurangan Lambung Timbul Tipe B

Panjang (L)	$\leq 100$ m	110 m	120 m	$\geq 130$ m
Pengurangan (cm)	4	5	8	12

Sumber: NCVS, 2009

Apabila pada kapal tipe B dilengkapi dengan penutup palkah dari baja ringan, lambung timbul kapal dikurangi sesuai pada Tabel II.1. Besarnya pengurangan untuk panjang kapal diantara besaran tersebut di atas didapat dengan Interpolasi Linier.

### II.1.6. Sistem Navigasi Manual dan Otomatis

Navigasi adalah ilmu pengetahuan dalam menentukan posisi kapal di laut dengan mengemudikan kapal secara aman dari suatu tempat ke tempat lain. Sistem navigasi biasanya terdiri dari beberapa perangkat digital maupun analog, untuk yang analog biasanya dilengkapi dengan kompas analog yang dapat mengetahui arah mata angin yang berguna sebagai acuan arah kapal, untuk perangkat digital sudah terdapat *GPS* atau *Global Positioning System* yaitu sebuah perangkat yang dapat menerima lokasi keberadaan kapal dengan mengacu pada satelit yang bergerak mengitari bumi.

Pergerakan kapal yang otomatis termasuk kedalam suatu sistem navigasi. Sistem ini dinamakan *Autopilot* atau biasa juga disebut dengan *waypoint*. Sistem *Autopilot* akan membuat sebuah kapal tanpa awak atau disingkat *Unmanned Surface Vehicle (USV)*, bergerak secara teratur mengikuti titik tuju (*waypoint*) yang telah diatur pada *Ground Control Station*.

*First-person View (FPV)* atau dikenal juga dengan *Remote-person View (RPV)* merupakan metode yang digunakan untuk mengontrol sebuah wahana atau kendaraan

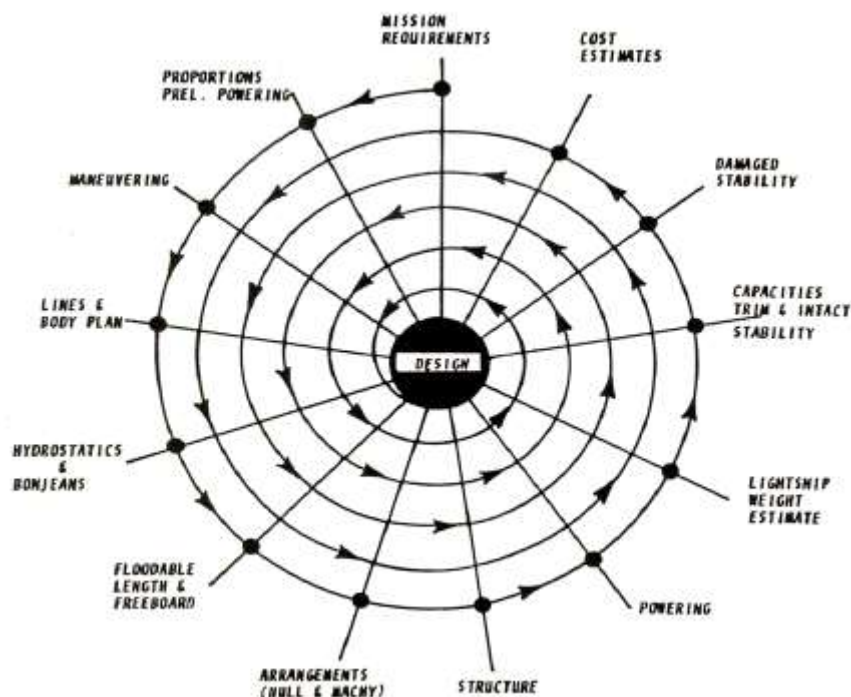
radio control dari sudut pandang pilot. Dengan kamera yang diletakkan pada wahana tak berawak tersebut operator dapat melakukan pengendalian wahana dengan mudah. Adanya *FPV* dapat memudahkan operator dalam mengetahui arah, kondisi sekitar maupun lokasi yang dituju.

### II.1.7. Desain Spiral

Proses desain merupakan proses yang dilakukan secara berulang-ulang hingga menghasilkan suatu desain yang sesuai dengan apa yang diinginkan. Dalam *design process* pembangunan kapal baru terdapat beberapa tahapan desain, yaitu antara lain (Taggart, 1980) :

1. *Concept design*
2. *Preliminary design*
3. *Contract design*
4. *Detail design*

Empat tahap desain diatas dapat digambarkan dalam suatu *design spiral* (Evans, 1959) yang merupakan suatu proses *iterasi* mulai dari persyaratan-persyaratan yang diberikan oleh *owner* kapal hingga pembuatan *detail design* yang siap digunakan dalam proses produksi.



Gambar II.7 Desain Spiral  
Sumber: Researchgate.net

## II.2. Tinjauan Pustaka

Berisi referensi dan/atau hasil penelitian terdahulu yang relevan yang digunakan untuk menguraikan teori, temuan, dan bahan penelitian atau desain lain yang diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran atau konsep yang akan digunakan dalam penelitian atau desain.

### II.2.1. Operational Requirement

Operational requirement yang akan dirancang untuk memenuhi kebutuhan militer, mempertimbangkan beberapa faktor seperti:

- Fungsi dan tugas,
- Kecepatan,
- Kedalaman, dan
- Kemampuan operasional

(Putra, 2015)

## II.3. Tinjauan Wilayah

Laut Sulawesi di barat Samudra Pasifik dibatasi oleh Kepulauan Sulu, Laut Sulu, dan Pulau Mindanao, Filipina, di utara, di timur oleh rantai Kepulauan Sangihe, di selatan oleh Sulawesi, dan di barat oleh Kalimantan, Indonesia. (Wikipedia, 2016).



Gambar II.8 Wilayah Territorial Indonesia dengan Malaysia

Sumber: BNPP

Laut Sulawesi baru-baru ini menarik perhatian internasional karena aktivitas bajak laut yang tak hanya merampok kapal nelayan kecil namun juga kapal komersil

lainnya. Selain itu di dalam daerah Laut Sulawesi terdapat blok minyak yang sangat melimpah dan seringkali terjadi gesekan antara kedua Negara antara Indonesia dengan Malaysia. Blok minyak tersebut adalah blok ambalat, blok laut luas mencakup 15.235 kilometer persegi yang terletak di Laut Sulawesi atau Selat Makassar dan berada di dekat perpanjangan perbatasan darat antara Sabah, Malaysia, dan Kalimantan Timur, Indonesia. Ambalat merupakan milik negara Indonesia sebagai Negara kepulauan. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya penandatanganan Perjanjian Tapal Batas Kontinen Indonesia-Malaysia pada tanggal 27 Oktober 1969, yang ditandatangani di Kuala Lumpur, telah diratifikasi pada tanggal 7 November 1969 (Wikipedia, 2017).

Aster Blok Ambalat terindikasi mengandung cadangan minyak yang cukup besar, blok yang saat ini dikelola perusahaan minyak dan gas bumi asal Italia ENI, ternyata mampu memproduksi sekitar 30.000-40.000 barel perhari, hal ini terindikasi setelah dilakukannya pengeboran terhadap lima sumur, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menegaskan, bahwa Blok Ambalat merupakan bagian dari wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI). Berikut merupakan wilayah Blok Ambalat yang akan dijadikan sebagai daerah operasional Kapal Tanpa Awak pada Gambar II.9.

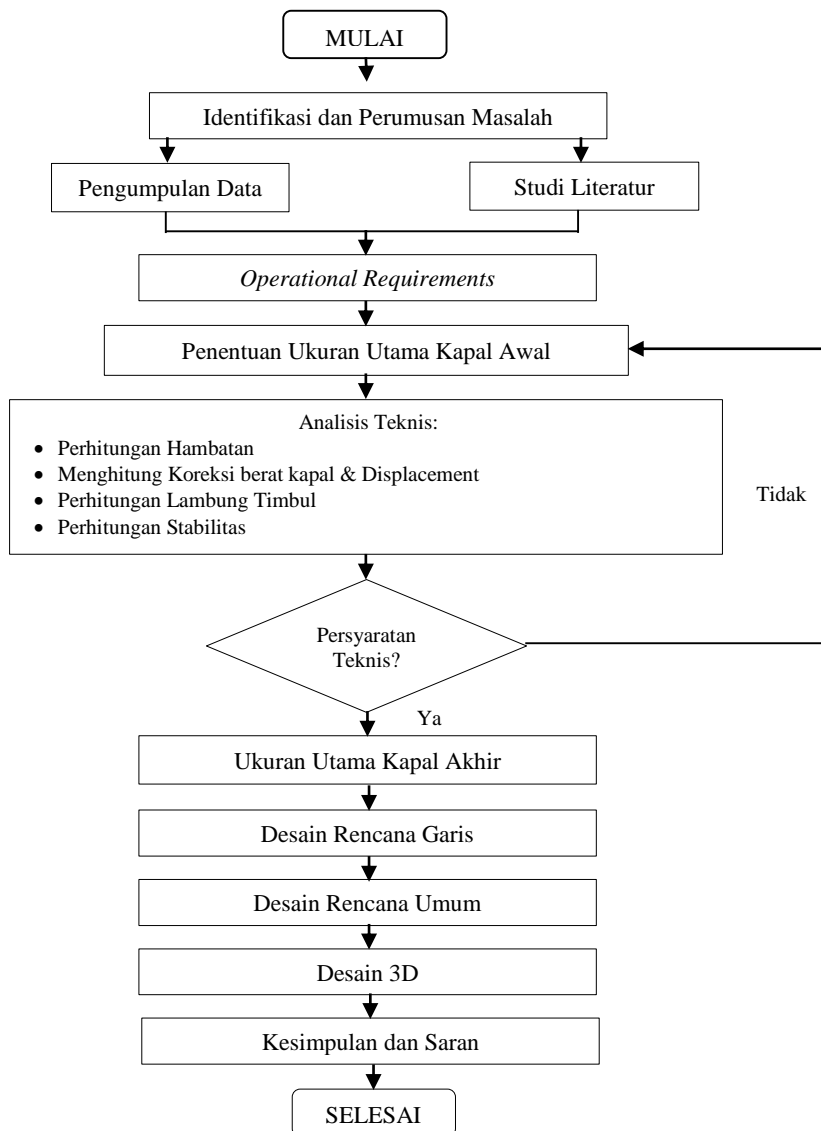


Gambar II.9 Daerah Operasional USV  
Sumber: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)

# BAB III METODOLOGI

## III.1. Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir pengerjaan Tugas Akhir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Dimulai dari identifikasi dan perumusan masalah kemudian pengumpulan data dan studi literature untuk mendapatkan *operational requirements*, dilanjutkan pembuatan *layout* awal untuk menentukan ukuran utama awal kapal, kemudian analisis teknis, pembuatan lines plan, general arrangement, dan 3D model kapal.



Gambar III.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

## **III.2. Tahap Pengerjaan**

### **III.2.1. Tahap Identifikasi Masalah**

Pada tahap awal ini dilakukan identifikasi permasalahan berupa:

1. Kemajuan teknologi robot yang semakin canggih di bidang maritim
2. Banyaknya pelanggaran yang terjadi di wilayah Laut Teritorial Indonesia
3. Mengurangi risiko kerja pada kapal dengan awak

### **III.2.2. Tahap Studi Literatur**

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan pada Tugas Akhir ini. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan serta teori-teori yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini, bisa dalam bentuk hasil penelitian sebelumnya agar bisa lebih memahami permasalahan dan pengembangan yang dilakukan. Studi yang dilakukan diantaranya:

➤ **Cara Kerja Kapal Tanpa Awak**

Perlu untuk diketahui bagaimana proses kerja kapal tanpa awak bisa berjalan, di mana kapal tanpa awak dikendalikan oleh sistem kendali jarak jauh berupa GPS atau satelit. Sehingga dapat ditentukan kebutuhan dari peralatan-peralatan atau *platform* yang akan digunakan pada kapal.

➤ **Metode Desain kapal**

Ada beberapa metode dalam proses mendesain kapal yang perlu diketahui dan dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam pemilihan metode mana yang sesuai.

### **III.2.3. Operational Requirements**

*Operational Requirements* dilakukan untuk menentukan kebutuhan operasional dari *Unmanned Surface Vehicle* dalam melakukan tugasnya. Kebutuhan operasional tersebut termasuk kebutuhan peralatan pada *Unmanned Surface Vehicle*.

### **III.2.4. Tahap Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data dalam Tugas Akhir ini adalah metode pengumpulan secara tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam tugas ini. Adapun data-data yang diperlukan antara lain:

1. *Data Platform*

Data mengenai komponen-komponen yang akan dipasang pada kapal tanpa awak. Data komponen didapatkan dari *web ASVGlobal.com* yang merupakan situs resmi



dari PT. ASV Global di Inggris dan USA tahun 2017. Dari data komponen tersebut nantinya akan didapatkan akumulasi berat komponen beserta dimensinya sehingga dapat diketahui *payload* kapal tersebut.

2. Data *Motor Inboard* dan baterai

Untuk mesin dan baterai yang akan digunakan nantinya akan diambil dari katalog mesin torqeedo dan *website* alibaba.com.

### III.2.5. Tahap Pengolahan Data

Dari data-data yang didapatkan, maka proses berikutnya adalah pengolahan data tersebut sebagai input dalam perhitungan selanjutnya. Pengolahan data tersebut dilakukan untuk mengetahui beberapa hal diantaranya:

1. *Payload*
2. Ukuran utama kapal
3. Menghitung kebutuhan mesin dan baterai
4. Menghitung *Light Weight Tonnage* dan *Dead Weight Tonnage*
5. Menghitung *displacement*
6. Menghitung *freeboard*
7. Menghitung stabilitas

### III.2.6. Tahap Perencanaan

Pada tahapan ini akan dilakukan proses perencanaan (desain) kapal dengan sistem penggerak hibrida. Perencanaan yang dilakukan terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Desain Rencana Garis

Pembuatan rencana garis dilakukan dengan bantuan *software maxsurf*. Setelah proses desain rencana garis selesai, proses berikutnya adalah menyempurnakan atau menyelesaikan desain rencana garis dengan bantuan *software AutoCad*.

2. Desain Rencana Umum

Dari rencana garis yang telah didesain, dibuatlah rencana umum dari tampak depan, samping, dan belakang. Di dalam rencana umum ini sudah termasuk penataan ruangan, peralatan, perlengkapan, muatan, dan hal lainnya.

3. Permodelan 3D

Dari rencana garis dan rencana umum yang telah diselesaikan, maka dibuatlah permodelan 3D dari desain kapal ini dengan bantuan *software maxsurf* dan *AutoCad*.

### **III.2.7. Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap ini dirangkum hasil desain yang didapat dan saran untuk pengembangan lebih lanjut. Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, selanjutnya ditarik kesimpulan dari analisis dan perhitungan. Kesimpulan berupa ukuran utama kapal dan koreksi terhadap standar yang ada.

Saran dibuat untuk menyempurnakan terhadap beberapa hal yang belum tercakup di dalam proses desain ini.

## **BAB IV**

### **ANALISIS TEKNIS**

#### **IV.1. Umum**

Analisis teknis pada kapal ini meliputi beberapa aspek, antara lain sebagai berikut:

1. Perhitungan dan pemeriksaan kriteria *freeboard* mengacu pada NCVS (*Non Convention Vessel Standard*) dan *International Convention on Tonnage Measurement of Ships* 1969 dari IMO (*International Maritime Organization*).
2. Pemeriksaan kondisi keseimbangan kapal meliputi pemeriksaan kriteria stabilitas berdasarkan *HSC 2000 Annex 7 Multihull Intact* dan kriteria trim berdasarkan NCVS 2009.

#### **IV.2. Operational Requirements**

Sebagai Negara kepulauan, secara geografis Indonesia terletak di antara dua benua, yaitu Benua Asia dan Benua Australia, dan dua Samudera, yaitu Samudera Pasifik dan Samudera Hindia. Dengan letak tersebut, Indonesia memiliki posisi yang strategis dalam geopolitik dan geo ekonomi regional dan global. Posisi ini disatu sisi memberikan peluang yang besar bagi Indonesia, namun di sisi lain juga memberikan berbagai tantangan dan ancaman. Indonesia dengan wilayah kepulauan yang terdiri atas 17 ribu pulau dengan luas wilayah perairan mencapai 5,8 juta km<sup>2</sup> rentan terhadap masalah teritori/perbatasan seperti *illegal trading, illegal mining, illegal dredging/sand, illegal migration, illegal logging, human trafficking, people smuggling, illegal fishing, sea piracy, dan contraband*. (Badan Nasional Pengelola Perbatasan, 2012).

Berdasarkan masalah yang dihadapi oleh pemerintah dalam menjaga wilayah perbatasan khususnya di laut, maka dalam menentukan *Operational requirement* dari *Unmanned Surface Vehicle (USV)* yang akan dirancang untuk memenuhi kebutuhan dalam beroperasi, mempertimbangkan beberapa faktor, sebagai berikut:

#### **IV.2.1. Fungsi dan Tugas**

USV ini didesain untuk melaksanakan tugasnya sebagai fungsi monitoring wilayah perairan Indonesia. Kegiatan monitoring tersebut berupa pengumpulan data, pengamatan (observasi), deteksi dan penyusupan.

Hasil dari pengumpulan data yang dilakukan oleh USV ini akan diterima langsung oleh TNI AL, selanjutnya pihak Angkatan Laut akan memutuskan tindakan yang akan dilakukan jika ditemukannya pelanggaran yang terjadi di wilayah perairan Indonesia.

#### **IV.2.2. Wilayah Operasional**

Wilayah operasional yang direncanakan dari desain USV ini adalah wilayah perairan Indonesia yang merupakan daerah operasi TNI AL yang memungkinkan terjadi konflik. Biasanya wilayah operasional USV ini tidak terlalu jauh dari sumber sinyal kecuali jika menggunakan satelit.

Adapun jika menginginkan USV beroperasi cukup jauh maka USV harus didampingi KRI yang sedang bertugas di sekitar wilayah operasi USV untuk melakukan pengisian sumber energi. USV ini akan beroperasi di wilayah Laut Sulawesi, tepatnya di daerah Blok Ambalat. Blok Ambalat merupakan daerah rawan konflik antar negara karena posisinya sebagai wilayah perbatasan Indonesia dengan Malaysia. Untuk detail wilayah operasional Blok Ambalat bisa dilihat pada Bab II.3.

#### **IV.2.3. Kecepatan**

Kecepatan merupakan salah satu faktor penting yang dibutuhkan sebuah kapal dalam melaksanakan tugas dan fungsinya. Untuk kapal yang berfungsi untuk monitoring umumnya memiliki kecepatan dinas yang tinggi. Kecepatan yang tinggi dibutuhkan guna mencapai lokasi tujuan dengan cepat maupun untuk menghindari kejaran musuh. Pada USV ini direncanakan menggunakan kecepatan 20 knot untuk beroperasi.

#### **IV.2.4. Kemampuan Operasional**

USV ini direncanakan dapat beroperasi diatas permukaan laut dalam kondisi cuaca apapun pada waktu siang dan malam. Selama kapal USV didampingi oleh KRI yang sedang bertugas untuk melakukan pengisian sumber energi dari USV, besar kemungkinan USV ini mampu beroperasi selama 24 jam tergantung dari daya baterai yang akan digunakan. Untuk perhitungan daya baterai bisa dilihat pada Bab IV.7.2

Berdasarkan uraian dari *operational requirements*, maka didapatkan ringkasan pada Tabel IV.1 sebagai berikut:

Tabel IV.1 Rekapitulasi *Operational Requirements*

<i>Operational Requirement</i>	
Fungsi dan tugas	Monitoring wilayah perairan Laut Indonesia
Wilayah operasional	Ambalat
Kecepatan	20 knots
Kemampuan Operasional	Siang dan Malan

### IV.3. Penentuan *Platform*

Setelah didapatkan kriteria dari *operational requirement*, maka langkah selanjutnya yaitu penentuan *platform* dari Kapal Tanpa Awak ini berdasarkan jumlah komponen yang akan dipasang pada kapal tersebut. Komponen-komponen yang akan dipasang pada Kapal Tanpa Awak ini dapat dilihat pada Tabel IV.2

Tabel IV.2 Komponen *Platform*

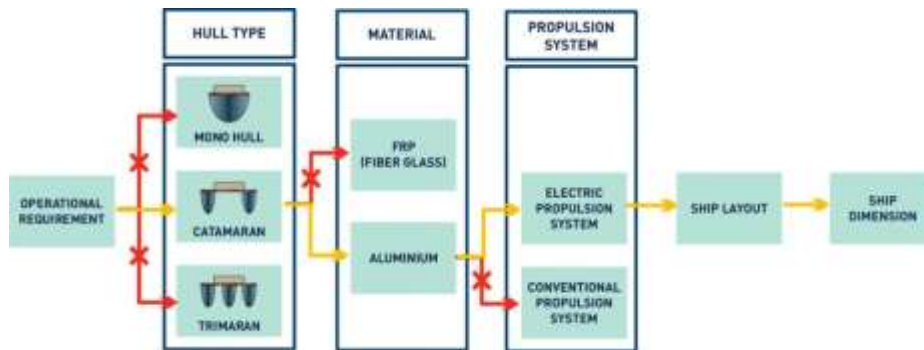
No	Komponen	Jumlah	Dimensi L x B x H (mm)	Berat (kg)
1	Main Engine	2	1000 x 500 x 400	320
2	Rudder	2 set	400 x 500	5
3	Propeller	2 set	∅ 300	1
4	High Voltage Battery	8	1660 x 964 x 171	2048
5	12V Battery	4	578 x 254 x 219	100
6	Charger	1	316 x 220 x 94.2	6.2
7	On Shore Power Connection	1	100 x 50 x 8	0.5
8	Regulator	1	150 x 100 x 30	0.2
9	Sistem Kelistrikan	1 set	500 x 300 x 50	3
10	Laptop	1	348 x 243 x 272	2.1
11	Microcontroller	2 set	150 x 100 x 30	0.24
12	GPS	1	68.5 x 82.6 x 25	0.12
13	Router	1	148.5 x 113.5 x 25	0.2
14	Kamera Thermal	1	300 x 300 x 300	30
<b>BERAT TOTAL</b>				<b>2516.72</b>

Sumber: [www.torqeedo.com](http://www.torqeedo.com)

Pada Tabel IV.2 menunjukkan jumlah komponen beserta dimensi dan berta total. Berat total komponen inilah yang akan dijadikan sebagai *payload* kapal. Sehingga *payload* Kapal Tanpa Awak adalah **2516.72 kg**.

#### IV.4. Decision Tree

*Decision Tree* atau Diagram Keputusan adalah sebuah alat yang digunakan untuk menentukan keputusan seperti menggunakan grafik pohon atau model keputusan dan kemungkinan penyebabnya. (wikipedia, 2017)



Gambar IV.1 *Decision Tree*

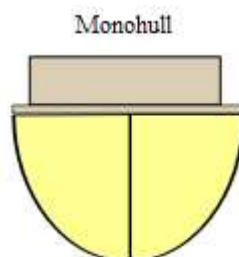
Sebelum memasuki proses perhitungan dan tahap desain, maka harus direncanakan kriteria-kriteria yang akan digunakan untuk USV dimulai dari kriteria yang paling berpengaruh pada proses desain seperti yang ditunjukkan pada gambar IV.1. Adapun kriteria-kriteria tersebut yaitu tipe lambung, material, dan sistem propulsi. Untuk penjelasan detailnya bisa dilihat pada sub sub bab berikut ini.

##### IV.4.1. Tipe Lambung

Dari *decision tree* pada Gambar IV.1 didapatkan tiga tipe lambung sebagai kandidat pilihan untuk USV. Tiga tipe lambung tersebut memiliki kelebihan dan kelemahan, sebagai berikut:

###### 1. Monohull

Lambung dengan tipe *monohull* memiliki kekurangan dalam hal stabilitas, mudah terjadi rolling, serta luasan dek yang relatif kecil.



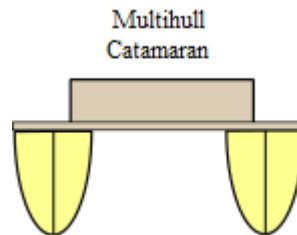
Gambar IV.2 *Monohull*

Sumber: <https://en.wikipedia.org/wiki/Multihull>

###### 2. Katamaran

Kelebihan lambung tipe katamaran dibandingkan dengan lambung tipe *monohull* yaitu:

- Luasan *deck* yang besar.
- Dapat mempertahankan kecepatan di laut dengan gelombang tinggi.
- Memiliki *platform* yang stabil.
- Biaya lebih efektif dibandingkan dengan tipe lambung lainnya dengan kemampuan yang sama. (Allan, R G, 1996)

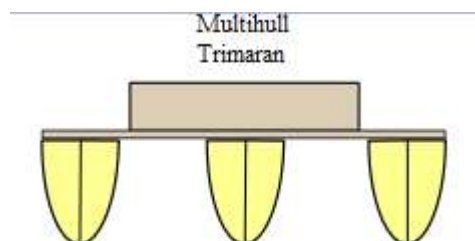


Gambar IV.3 Katamaran

Sumber: <https://en.wikipedia.org/wiki/Multihull>

### 3. Trimaran

Desain Trimaran dikatakan mustahil untuk tenggelam, karena salah satu *hull* (cadik) bisa menyeimbangkan kapal walau diterjang air pasang. Karena stabilitas yang dimiliki Trimaran sangat bagus, sehingga tipe lambung trimaran banyak digunakan untuk melintasi samudra. Lambung ini memiliki kecepatan yang lebih tinggi daripada *monohull* (konvensional) sehingga bisa bergerak cepat menjauhi bahaya (badai, dll). Namun tipe lambung trimaran memiliki kekurangan pada saat olah gerak kapal atau saat *maneuver*.



Gambar IV.4 Trimaran

Sumber: <https://en.wikipedia.org/wiki/Multihull>

Dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan dari ketiga tipe lambung di atas, maka jenis lambung yang akan digunakan adalah tipe lambung katamaran. Pemilihan tipe lambung ini berdasarkan pada kriteria desain yang akan dibuat, di mana kapal harus memiliki stabilitas yang baik serta olah gerak atau

*manouver* yang baik pula sehingga tipe lambung yang paling sesuai dengan kebutuhan Kapal Tanpa Awak adalah jenis katamaran.

#### **IV.4.2. Material**

Dari *decision tree* pada Gambar IV.1 didapatkan dua jenis material sebagai kandidat pilihan untuk USV. Dua jenis sistem material tersebut memiliki kelebihan dan kelemahan, sebagai berikut:

1. FRP (*fiber reinforcement plastic*)

Material jenis ini mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a. Material yang ringan
- b. Kuat
- c. Lebih fleksibel untuk dibentuk

Namun material FRP memiliki beberapa kerugian sebagai berikut:

- d. Menyebabkan polusi
- e. Tidak tahan panas

2. Aluminium

Jenis material yang akan digunakan Kapal Tanpa Awak adalah aluminium. Beberapa hal yang dipertimbangkan dalam pemilihan aluminium yaitu:

- a. Telah digunakan untuk kapal AL di dunia.
- b. Materialnya ringan.
- c. Meningkatkan kemampuan kamuflase.
- d. Korosi 100x lebih lambat.

(UKEssays, 2017)

Dari pertimbangan tersebut, maka jenis material yang akan digunakan adalah aluminium. Pemilihan jenis material ini berdasarkan pada kriteria desain USV yang akan dibuat, di mana kapal harus memiliki kemampuan kamuflase agar kapal tidak terlihat oleh pihak musuh. Selain itu pemilihan aluminium dikarenakan jenis material ini telah teruji dan sudah digunakan untuk kapal Angkatan Laut di dunia.

#### **IV.4.3. Sistem Propulsi**

Dari *decision tree* pada Gambar IV.1 didapatkan dua jenis sistem propulsi sebagai kandidat pilihan untuk USV. Dua jenis sistem propulsi tersebut memiliki kelebihan dan kelemahan, sebagai berikut:



1. *Electric Propulsion System*

Sistem propulsi berupa motor listrik mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a. Tidak menimbulkan kebisingan.
- b. Penyederhanaan sistem propulsi dalam menggerakkan kapal.
- c. Mengurangi gas emisi.

(Ajioka & Ohno, 2013)

2. *Conventional Propulsion System*

Sistem propulsi dengan menggunakan tenaga penggerak konvensional (tanpa motor listrik) mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a. Sulit dikendalikan secara otomatis untuk jenis kapal tanpa awak.
- b. Menimbulkan emisi gas buang.

Dari pertimbangan tersebut, maka sistem propulsi yang akan digunakan adalah *electric propulsion system*. Pemilihan jenis sistem propulsi ini berdasarkan pada kriteria desain USV yang akan dibuat, di mana kapal harus memiliki sistem propulsi yang mudah dikendalikan secara otomatis.

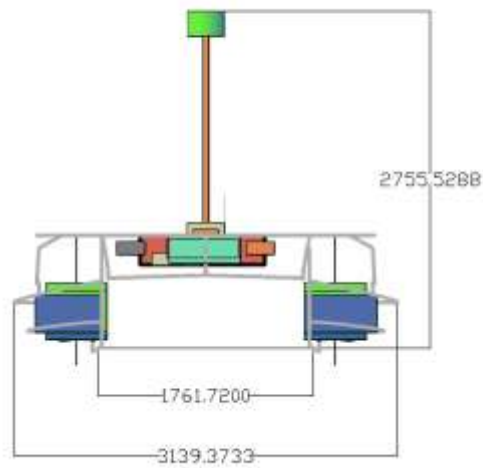
Berdasarkan uraian pemilihan dari *Decision Tree*, maka didapatkan ringkasan pada Tabel IV.3 sebagai berikut.

Tabel IV.3 Hasil pemilihan dari *Decision Tree*

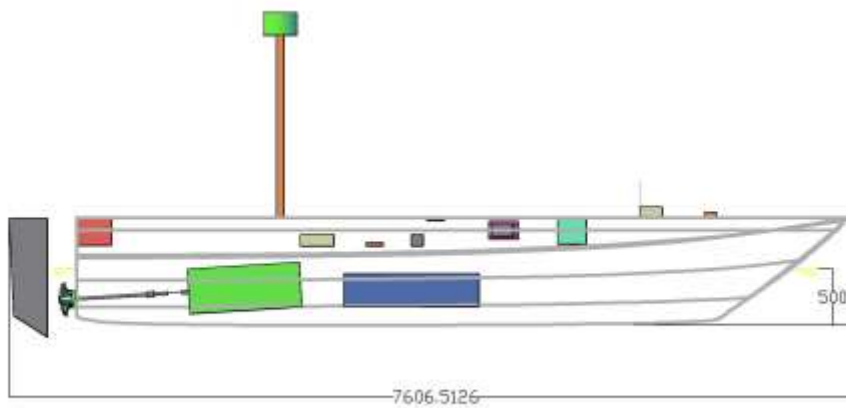
Kategori	Tipe
Tipe lambung	Katamaran
Material	Aluminium
Sistem propulsi	<i>Electric propulsion system</i>

**IV.5. Penentuan Ukuran Utama**

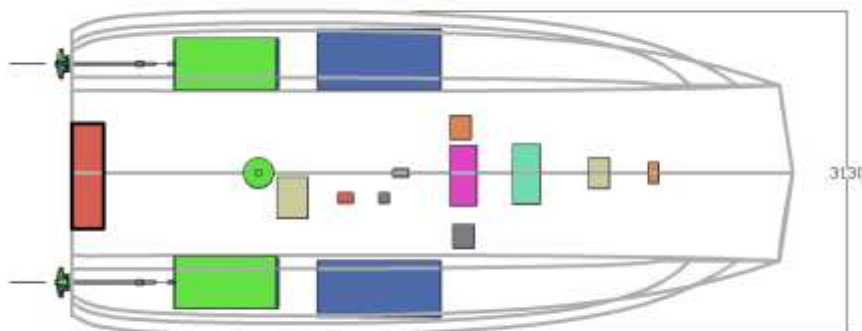
Setelah didapatkan hasil nilai *platform* dari berat total komponen beserta dimensi komponen yang akan digunakan, maka ukuran utama kapal awal bisa diambil dari *layout* awal berikut ini.



Gambar IV.5 *Layout Tampak Depan*



Gambar IV.6 *Layout Tampak Samping*



Gambar IV.7 *Layout Tampak Atas*

Ukuran utama pada kapal ini ditentukan berdasarkan berat total komponen beserta dimensi komponen yang akan digunakan, yang selanjutnya dimodelkan dengan menggunakan *software maxsurf* dan *autocad*. Sehingga didapatkan ukuran utama kapal sebagai berikut:

$L_H$  : 7.65 m

Lwl	: 6.94	m
L	: (L <sub>H</sub> + Lwl)/2 (BKI Part 3 Vol. VII)	
	: 7.30	m
B	: 3.13	m
B1	: 1.00	m
H	: 1.15	m
T	: 0.50	m
S	: 1.50	m

Ukuran utama awal tersebut kemudian disesuaikan dengan batasan–batasan perbandingan ukuran utama sebagai berikut:

L/B1	=	7.650	→	7 < L/B1 < 11	(Insel & Molland, 1992)
L/H	=	6.652	→	6 < L/H < 11	(Insel & Molland, 1992)
B/H	=	3.043	→	0.7 < B/H < 4.1	(Insel & Molland, 1992)
S/L	=	0.196	→	0.19 < S/L < 0.51	(Insel & Molland, 1992)
S/B1	=	1.500	→	0.9 < S/B < 4.1	(Insel & Molland, 1992)
B1/T	=	2.000	→	1.5 < B/T < 2.5	(Sahoo, Browne & Salas, 2004)
B1/B	=	0.286	→	0.15 < B1/B < 0.3	(Multi Hull Ships, hal 61)
CB	=	0.571	→	0.4 < CB < 0.55	(Sahoo, Browne & Salas, 2004)

Dari pengecekan batasan–batasan perbandingan ukuran utama tersebut dapat disimpulkan bahwa ukuran utama kapal memenuhi karena hasil perbandingan masuk dalam *range* yang telah ditentukan.

#### IV.6. Perhitungan Koefisien Utama Kapal

Perhitungan koefisien utama kapal bisa dilakukan dengan menggunakan harga dari angka *Froude* yang telah didapatkan berdasarkan ukuran utama yang telah disusun sebelumnya. Adapun koefisien utama kapal yang dimaksud antara lain *C<sub>b</sub>*, *C<sub>m</sub>*, *C<sub>wp</sub>*, *C<sub>p</sub>*, *Volume Displacement* (∇) dan *Displacement* (Δ).

- Angka Froude awal (*F<sub>NL</sub>*) dihitung dari ukuran utama awal yang sudah didapatkan sebelumnya dan kecepatan dinas yang diminta oleh *Ship owner*. Adapun rumus yang dipakai sebagai berikut

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{gL}} \dots\dots\dots (4.1)$$

Maka,

$$Fn = \frac{20}{\sqrt{9.8 \cdot 6.94}} \dots\dots\dots (4.2)$$

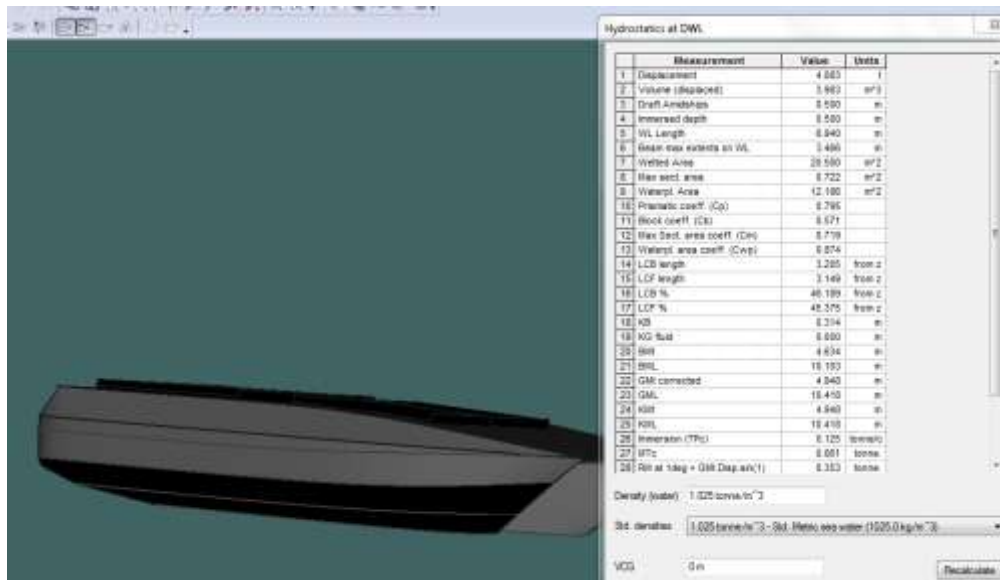
$$Fn = 1.2469$$

dimana  $V_s$  : kecepatan dinas [m/s]

$g$  : percepatan gravitasi [m/s<sup>2</sup>]

$L$  : panjang kapal [m]

Perhitungan *Volume Displacement* ( $\nabla$ ), *Displacement* ( $\Delta$ ), *Block Coefficient* ( $C_b$ ), *Midship coefficient* ( $C_m$ ), *Waterplane Coefficient* ( $C_{wp}$ ), dan *Prismatic Coefficient* ( $C_p$ ) dilakukan dengan mengambil data dari model yang telah dibuat di *maxsurf*, seperti ditunjukkan pada Gambar IV.8 dan IV.9



Gambar IV.8 Perhitungan Hidrostatik pada *Maxsurf*

Measurement	Value	Units
1 Displacement	4.083	t
2 Volume (displaced)	3.983	m <sup>3</sup>
3 Draft Amidships	0.500	m
4 Immersed depth	0.500	m
5 WL Length	8.940	m
6 Beam max extents on WL	3.466	m
7 Wetted Area	20.500	m <sup>2</sup>
8 Max sect. area	0.722	m <sup>2</sup>
9 Waterpl. Area	12.186	m <sup>2</sup>
10 Prismatic coeff. (Cp)	0.795	
11 Block coeff. (Cb)	0.571	
12 Max Sect. area coeff. (Cm)	0.719	
13 Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.874	
14 LCB length	3.205	from z
15 LCF length	3.149	from z
16 LCB %	46.189	from z
17 LCF %	45.375	from z
18 KB	0.314	m
19 KG fluid	0.000	m
20 BM	4.634	m
21 BML	10.103	m
22 GML corrected	4.948	m
23 GML	10.418	m
24 KM	4.948	m
25 KML	10.418	m
26 Immersion (TPC)	0.125	tonne/c
27 MTC	0.061	tonne
28 RM at 1deg = GML Disp. sin(1)	0.353	tonne

Density (water) 1.025 tonne/m<sup>3</sup>  
 Std. densities 1.025 tonne/m<sup>3</sup> - Std. Metric sea water (1025.0 kg/m<sup>3</sup>)  
 VCG 0 m  
 Recalculate

Gambar IV.9 Hasil Perhitungan Hidrostatik pada *Maxsurf*

- *Displacement* ( $\Delta$ )

$$\Delta = 4.083 \text{ ton}$$

- *Volume Displacement* ( $\nabla$ )

$$\nabla = \Delta / \rho \dots\dots\dots (4.3)$$

$$\begin{aligned} \nabla &= 4.083 / 1.025 \\ &= 3.983 \text{ [m}^3\text{]} \end{aligned}$$

- *Block Coefficient* ( $C_b$ )

$$C_b = \nabla / (\text{LBT}) \dots\dots\dots (4.4)$$

*(Practical Evaluation Of Resistance Of High-Speed Catamaran Hull Forms-Part 1)*

$$C_b = 0.571$$

- *Midship Coefficient* ( $C_m$ )

$$C_m = A_m / (\text{T} \cdot B_m) \dots\dots\dots (4.5)$$

*(www.catamaransite.com/catamaran\_hull\_design\_formulas.html)*

$$C_m = 0.719$$

- *WaterPlane Coefficient* ( $C_{wp}$ )

$$C_{wp} = A_{wp} / (B_{wl} \cdot L_{wl}) \dots\dots\dots (4.6)$$

*(www.catamaransite.com/catamaran\_hull\_design\_formulas.html)*

$$C_{wp} = 0.874$$

➤ *Prismatic Coefficient (Cp)*

$$C_p = \nabla / (A_s - L_{wl}) \dots\dots\dots ( 4.7 )$$

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

$$C_p = 0.795$$

**IV.7. Perhitungan Teknis**

Setelah didapatkan ukuran utama kapal, dan telah disesuaikan dengan batasan rasio ukuran utama kapal selanjutnya dilakukan perhitungan teknis meliputi perhitungan hambatan kapal, perhitungan berat aluminium kapal, perhitungan peralatan dan perlengkapan, perhitungan permesinan, perhitungan LWT, perhitungan DWT, trim, lambung timbul dan stabilitas.

**IV.7.1. Perhitungan Hambatan Kapal**

Perhitungan hambatan untuk USV ini didapatkan dari *software Maxsurf Resistance*. Berdasarkan nilai dari *froude number* diketahui bahwa USV ini berjenis *planning hull*, maka metode perhitungan hambatan USV ini menggunakan metode *savitsky* (Nazarov, 2010). Setelah diketahui nilai hambatan kapal total, maka selanjutnya menghitung EHP (*Effective Horse Power*), DHP (*Delivery Horse Power*) dan BHP (*Brake Horse Power*). Pada Tabel IV.4 merupakan rangkuman dari perhitungan hambatan USV.

Tabel IV.4 Hambatan Kapal

Hambatan	Nilai
Rt	4.6 kN
EHP	63.4381 kW
DHP	97.7718 kW
BHP	112.438 kW

Untuk detail perhitungan hambatan dan propulsi Kapal Tanpa Awak bisa dilihat pada Lampiran A.

**IV.7.2. Perhitungan Daya Konsumsi Baterai**

Perhitungan daya konsumsi baterai dilakukan untuk menentukan jarak dan waktu yang dapat ditempuh oleh USV selama beroperasi. Dalam perhitungan daya konsumsi baterai membutuhkan spesifikasi dari motor dan juga baterai yang digunakan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel IV.5 dan IV.6 sebagai berikut:

Tabel IV.5 Spesifikasi Motor

Torqeedo 80 HP	
Deep Blue system	Deep Blue i 1800 rpm
	<b>80 HP</b>
Input power (peak) in kW	66
Input power (continuous) in kW	50
Propulsive power in kW	> 32.4
Comparable petrol outboard (shaft power)	80 HP
Maximum overall efficiency in %	> 54
Integrated battery: usable energy in kWh	25.6 - 51.2
Nominal voltage	345
Final charging voltage	389
Motor weight without battery, including electronics in kg	80
Weight of 1 battery in kg	149
Total system weight example in kg	410
Maximum propeller speed in rpm at full load	1,800

Sumber: [www.torqeedo.com](http://www.torqeedo.com)

Tabel IV.6 Spesifikasi Baterai

Torqeedo Deep Blue Battery	
Deep Blue High-voltage system	Deep Blue 80
Nominal voltage	360 V
Maximum voltage	396 V
Maximum discharge capacity	55kW
Nominal charge	94Ah
Dimensions	1660x964x171 mm
Multiple batteries per motor	yes
Usable energy	30.5 kWh
Weight	256 kg
Waterproof	IP 67

Sumber: [www.torqeedo.com](http://www.torqeedo.com)

Berikut ini adalah hasil perhitungan daya konsumsi baterai berdasarkan kondisi pengoperasian:

- Kapal dioperasikan dengan kecepatan maksimal 20 knots
  - Berdasarkan dari perhitungan hambatan dan propulsi didapatkan:
 
$$\text{BHP} = 150.72 \text{ HP}$$

$$= 112.438 \text{ kW}$$
  - Motor yang digunakan sebesar:

80 HP (daya untuk satu motor)

160 HP = 119.36 kW (daya untuk dua motor)

Effisiensi motor  $\geq 54\%$ , diasumsikan effisiensi motor yang digunakan sebesar 70% (spesifikasi motor dapat dilihat pada Tabel IV.6).

- Sehingga *Power Discharge* Baterai

$P = \text{kebutuhan daya} : \text{eff. Motor}$

$$= 112.4376 : 70\%$$

$$= 160.6252 \text{ kW}$$

Dimana per motor membutuhkan daya sebesar  $160.6252 \text{ kW} : 2 = 80.3126 \text{ kW}$

- Masa Pakai Baterai

Satu baterai memiliki kapasitas 55 kW, sehingga untuk satu motor membutuhkan minimal dua baterai. Baterai yang digunakan sejumlah delapan buah baterai, berdasarkan kapasitas yang dapat dibawa oleh kapal. satu baterai memiliki *maximal usable energy* sebesar 30.5 kWh

Masa pakai baterai = *max. usable energy* baterai (kWh) : *power discharge* baterai (kW)

$$= 244 \text{ kWh} : 160.6252 \text{ kW}$$

$$= 1.519 \text{ h}$$

- Jarak maksimal

Dengan menggunakan dua motor dengan daya 80 HP dan menggunakan delapan buah baterai yang masa pakai baterai maksimal 1.519 jam maka jarak maksimal yang dapat ditempuh dalam sekali perjalanan oleh USV. Sebagai berikut:

$$\text{Kecepatan kapal} = 20 \text{ kn} = 10.288 \text{ m/s} = 37.04 \text{ km/h}$$

$$S = V \times t$$

$$= 37.04 \times 1.519$$

$$= 56.266 \text{ km.}$$

Berdasarkan uraian dari perhitungan daya konsumsi baterai, maka didapatkan ringkasan seperti yang ditunjukkan pada Tabel IV.7 sebagai berikut:

Tabel IV.7 Daya Konsumsi Baterai untuk 20 Knots

Daya Konsumsi Baterai	
Masa pakai baterai (8buah)	1.497 h
Kecepatan kapal	37.04 km/h
Jarak tempuh maksimal	56.266 km



2. Kapal dioperasikan dengan kecepatan 12 knots

Dalam menjalankan fungsi dan tugasnya sebagai kapal monitoring wilayah perairan, kecepatan USV dapat disesuaikan dengan kondisi operasionalnya. Kegiatan monitoring tersebut dapat berupa pengintaian dan penyusupan seperti yang telah dijelaskan pada sub bab IV.2.1. Cara yang digunakan untuk perhitungan daya konsumsi baterai menggunakan cara yang sama seperti yang ditunjukkan pada kondisi operasional nomor (satu). Sehingga didapatkan hasil untuk perhitungan daya konsumsi baterai ditunjukkan pada Tabel IV.8 sebagai berikut:

Tabel IV.8 Daya Konsumsi Baterai untuk 12 Knots

Daya Konsumsi Baterai	
Masa pakai baterai (8buah)	3.536 h
Kecepatan kapal	22.220 km/h
Jarak tempuh maksimal	78.584 km

3. Kapal dioperasikan dengan kecepatan 5 knots

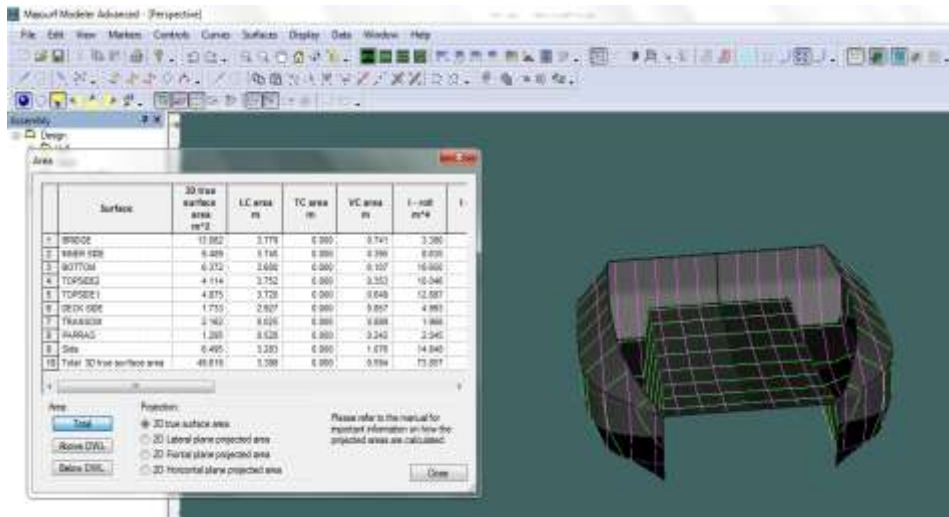
Dalam menjalankan fungsi dan tugasnya sebagai kapal monitoring wilayah perairan, kecepatan USV dapat disesuaikan dengan kondisi operasionalnya. Kegiatan monitoring tersebut dapat berupa pengumpulan data dan pengamatan (observasi). Cara yang digunakan untuk perhitungan daya konsumsi baterai menggunakan cara yang sama seperti yang ditunjukkan pada kondisi operasional nomor (satu). Sehingga didapatkan hasil untuk perhitungan daya konsumsi baterai ditunjukkan pada Tabel IV.9 sebagai berikut:

Tabel IV.9 Daya Konsumsi Baterai untuk 5 knots

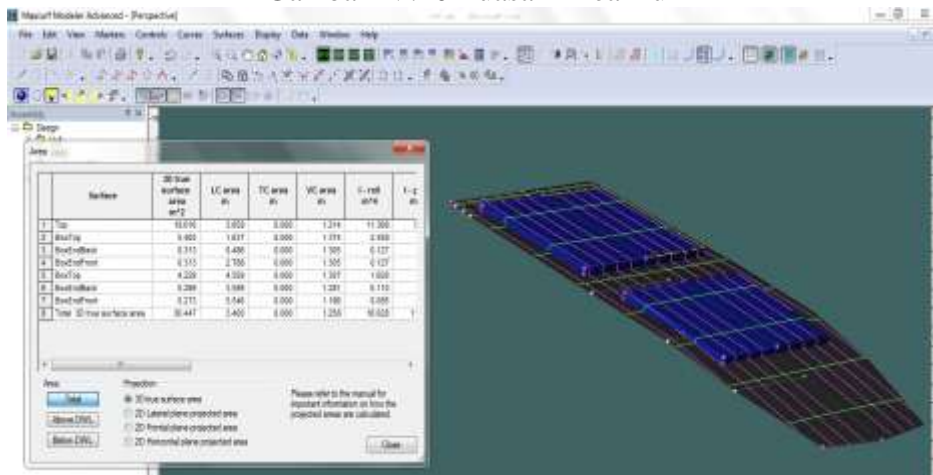
Daya Konsumsi Baterai	
Masa pakai baterai (8buah)	21.627 h
Kecepatan kapal	9.26 km/h
Jarak tempuh maksimal	200.271 km

### IV.7.3. Perhitungan Berat Aluminium Kapal

Perhitungan berat aluminium kapal didapatkan dengan menggunakan *software Maxsurf* untuk mencari luasan area dari lambung serta geladak. Selanjutnya luas area yang didapatkan dari *maxsurf* dikalikan dengan tebal aluminium yang akan digunakan serta dikalikan dengan massa jenis aluminium. Luas area dibagi menjadi dua bagian, luasan *deck* dan luasan *hull*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar IV.10 dan IV.11



Gambar IV.10 Luasan Area Hull



Gambar IV.11 Luasan Area Deck

Berdasarkan nilai yang ditunjukkan pada luasan *hull* dan *deck*, berikut adalah

hasil perhitungan berat aluminium kapal:

$$\text{Luasan hull} = 49.619 \text{ m}^2$$

$$\text{Luasan deck} = 30.447 \text{ m}^2$$

$$\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$$

$$t_{\text{lambung}} = 7 \text{ mm} = 0.007 \text{ m}$$

$$t_{\text{deck}} = 5 \text{ mm} = 0.005 \text{ m}$$

$$W_{\text{hull}} = \text{Luasan} \times t \times \rho$$

$$W_{\text{hull}} = 937.7991 \text{ kg}$$

$$= 0.937799 \text{ ton}$$

$$W_{\text{deck}} = \text{Luasan} \times t \times \rho$$

$$W_{\text{deck}} = 411.0345 \text{ kg}$$

$$= 0.411035 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total berat kapal} \\
 W &= W_{\text{hull}} + W_{\text{deck}} \\
 &= 1.348834 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

#### IV.7.4. Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

Perhitungan berat peralatan dan perlengkapan (*Ship Design and Efficiency, 2nd edition*) dapat dilihat pada Tabel IV.10 berikut.

Tabel IV.10 Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

No	Peralatan	Berat (kg)
1	<i>Charger</i>	6.2
2	<i>On Shore Power Connection</i>	0.5
3	<i>Regulator</i>	0.2
4	Sistem Kelistrikan	3
5	Laptop	2.1
6	<i>Microcontroller</i>	0.4
7	GPS	0.12
8	<i>Router</i>	0.2
9	<i>Thermal Camera</i>	30
Berat Total		42.72

Sehingga  $W$  peralatan dan perlengkapan total adalah 42.72 kg.

Titik berat dari peralatan dan perlengkapan adalah sebagai berikut:

$$\text{LCG} = -0.295 \text{ m, dibelakang midship}$$

$$\text{VCG} = 0.887 \text{ m, dari midship}$$

#### IV.7.5. Perhitungan Permesinan

Perhitungan berat permesinan (*Ship Design and Efficiency, 2nd edition*) dapat dilihat pada Tabel IV.11 berikut.

Tabel IV.11 Perhitungan Berat Permesinan

Komponen	Berat (kg)
Berat <i>main engine</i>	320
Berat <i>rudder</i>	5
Berat propeller	1
Berat <i>high voltage battery</i>	2048
Berat <i>12 V battery</i>	100
TOTAL	2474

Dari perhitungan komponen permesinan yang sudah dilakukan, didapatkan berat total permesinan adalah 2399 kg. Untuk detail perhitungan permesinan bisa dilihat pada Lampiran A. Titik berat dari permesinan adalah sebagai berikut:

$$\text{LCG}_M = -0.284 \text{ m}$$

$$\text{VCG} = 0.351 \text{ m}$$

#### IV.7.6. Perhitungan LWT

Berat LWT merupakan berat kapal kosong dan terdiri dari berat baja kapal, berat permesinan, dan peralatan yang digunakan. Tabel IV.12 merupakan rekapitulasi perhitungan berat LWT kapal yang didesain.

Tabel IV.12 Rekapitulasi Titik Berat LWT

LWT								
Hull			Deck			Construction		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
937.799	3.055	0.264	411.035	0.404	0.630	187.560	3.055	0.264
Mesin			Equipment					
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]			
2474.000	-0.284	0.351	42.720	-0.295	0.887			

#### IV.7.7. Perhitungan DWT

Komponen berat kapal DWT dalam Tugas Akhir ini bernilai nol, dikarenakan USV tidak membawa muatan kategori deadweight.

#### IV.7.8. Perhitungan Displasemen Kapal

Tabel IV.13 Pengecekan Displasemen Kapal

Komponen	Berat (ton)
DWT	0
LWT	3.866
Berat Kapal (DWT+LWT)	3.866
Displasemen ( $Lwl \times B \times T \times Cb \times \rho$ )	4.083
Selisih berat	0.22
Margin	5.3%

Berat kapal terdiri dari komponen LWT (*Light Weight Tonnage*) seperti yang ditunjukkan pada Tabel IV.13. Dari perhitungan yang dilakukan, didapatkan margin berat kapal sebesar 5.3%. Sedangkan margin maksimal berat kapal yang diijinkan adalah 10%, sehingga perhitungan berat kapal diterima.

#### IV.7.9. Perhitungan *Freeboard*

Lambung timbul atau *freeboard* merupakan daya apung cadangan kapal dan memiliki dampak langsung terhadap keselamatan Kapal Tanpa Awak itu sendiri. Besarnya nilai *freeboard* diukur dari jarak secara vertikal pada bagian midship kapal

dari tepi garis geladak hingga garis air atau *plimsol* di area midship. Dalam peraturan (*Non Conventional Vessel Standard*), perhitungan nilai *freeboard* dibedakan menjadi dua tipe sesuai dengan jenis dan kriteria kapal, yaitu kapal tipe A yang memiliki kriteria sebagai kapal yang didesain memuat muatan cair curah, memiliki akses bukaan ke kompartemen yang kecil, serta ditutup penutup bermaterial baja yang kedap, dan memiliki kemampuan menyerap air atau gas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh. Contoh jenis kapal yang termasuk pada tipe A adalah Tanker dan LNG Carrier. Sedangkan kapal tipe B adalah kapal yang tidak memenuhi kriteria dari kapal tipe A. Sehingga Kapal Tanpa Awak ini diasumsikan merupakan kapal dengan tipe B.

Perhitungan lambung timbul secara rinci dapat dilihat dalam lampiran. Perhitungan lambung timbul dan pada Tabel IV.14 merupakan rekapitulasi perhitungan lambung timbul yang mengacu pada formula yang diatur oleh (*Non Conventional Vessel Standard*).

Tabel IV.14 Rekapitulasi Lambung Timbul

Komponen Koreksi		<i>Freeboard</i>
<i>Freeboard Standard</i>	Fb 1	5.552 cm
Fb koreksi Cb	Fb 2	0 cm
Fb Koreksi <i>Depth</i>	Fb3	21.70 cm
Fb <i>Deduction</i>	Fb4	0 cm
Total <i>Freeboard</i> min	Fb'	21.70 cm

Lambung timbul minimum air laut untuk kapal tipe B adalah lambung timbul setelah dikoreksi dengan penambahan atau pengurangan. Besarnya lambung timbul tidak boleh kurang dari 15 cm. Berdasarkan Tabel IV.14, karena nilai Fb' adalah 21.70 cm, maka diambil nilai lambung timbul minimum yaitu 21.70 cm. *Freeboard* sebenarnya pada kapal ini adalah 77 cm. Karena Fb sebenarnya lebih besar dari Fb' (Fb minimal) maka *freeboard* Kapal Tanpa Awak telah **memenuhi** persyaratan lambung timbul NCVS.

#### IV.7.10. Perhitungan Trim

*Trim* adalah perbedaan tinggi sarat kapal antara sarat depan dan belakang. Sedangkan *even keel* merupakan kondisi di mana sarat belakang Tb dan sarat depan Ta dalam kondisi sama. *Trim* terbagi dua yaitu:

- *Trim* haluan
- *Trim* buritan

Berdasarkan aturan NCVS batasan untuk *trim* didasarkan pada selisih harga mutlak antara LCG dan LCB dengan batasan  $\leq Lpp/50$ . Apabila perhitungan tidak memenuhi syarat, maka dapat diperbaiki dengan cara menggeser letak muatan yang telah direncanakan sebelumnya pada gambar rencana umum awal atau mengubah volume tangki-tangki pada *loadcase stability*. Untuk detail perhitungan pemeriksaan sarat dan *trim* kapal dapat dilihat pada Tabel IV.15

Tabel IV.15 Kondisi *Trim* pada Tiap *Loadcase*

No	Kondisi	Batasan	Nilai	Status
1	Loadcase 1	0.138	0.1	Diterima

Kondisi *trim* kapal pada telah **memenuhi** kriteria dari NCVS 2009 yaitu *trim* kapal tidak melebihi nilai  $Lpp/50$  sebesar 0.138

#### IV.7.11. Perhitungan Stabilitas

Kapal Tanpa Awak yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standard stabilitas pelayaran dengan menggunakan standar *International Code of Safety for High Speed Craft (2000)*. Perhitungan stabilitas dilakukan dengan bantuan software *Maxsurf Stability Enterprise Education Version*. Kriteria stabilitas yang digunakan dalam perhitungan *software* adalah (HSC) Code 2000. Tabel IV.16 merupakan rangkuman hasil perhitungan yang telah dibandingkan dengan batasannya:

Tabel IV.16 Stabilitas Kapal

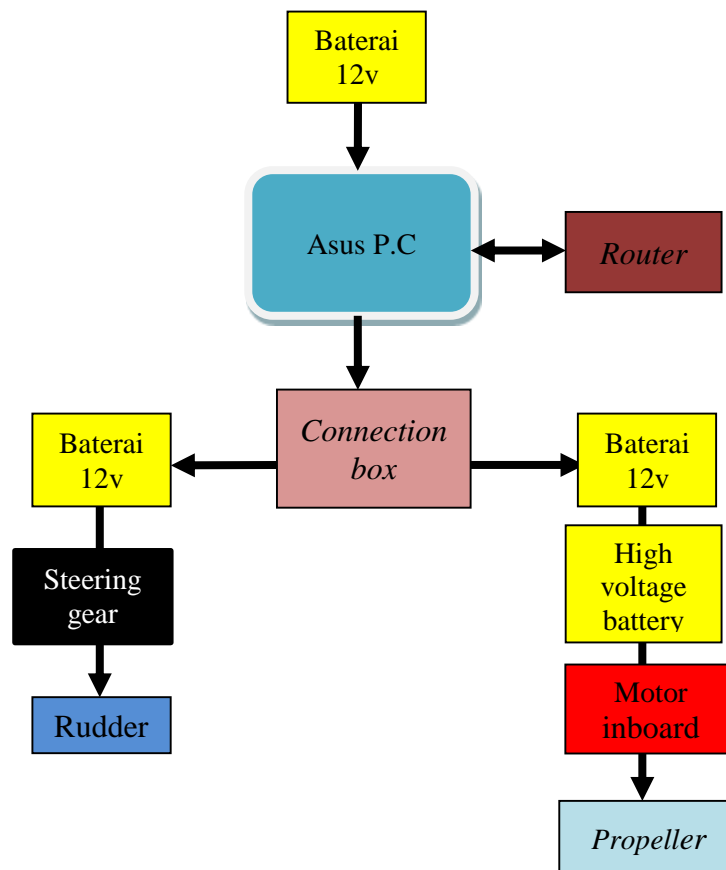
Data	Loadcase I	Kriteria HSC	Kondisi
$e_{0-30^\circ}$ (m.deg)	22.4569	$\geq 3.1513$	Diterima
Hw (deg)	0	$\leq 10$	Diterima
$\theta_{max}$ (deg)	31.8	$\geq 10$	Diterima

Keterangan *loadcase 1* adalah kapal mengangkut muatan 100% (muatan selalu penuh) karena muatan dari USV berupa baterai dan komponen elektrik lainnya yang selalu dibawa pada saat beroperasi.

#### IV.8. Sistem Propulsi *Unmanned Surface Vehicle*

Sistem propulsi adalah bagian terpenting agar USV dapat bergerak dan bermanuver dengan baik. Sistem propulsi USV ini menggunakan alat penggerak berupa Motor elektrik *inboard*, *High voltage battery*, *Regulator*, *Transmitter* dan *Receiver*, *Steering gear*, *Rudder*, dan *Propeller* (baling-baling). Dari semua komponen tersebut, pengaturan sistem dilakukan oleh laptop sebagai pusat pengendali USV yang diakses dan dikalibrasi terlebih dahulu oleh pilot di *Ground Control Station* baik secara langsung menggunakan kabel USB maupun secara tidak langsung menggunakan komunikasi *wireless*.

Berikut adalah diagram sistem propulsi untuk *unmanned surface vehicle*, ditunjukkan pada Gambar IV.12



Gambar IV.12 Diagram Sistem Propulsi

1. Baterai 12 Volt, sebagai catu daya untuk *supply* computer/laptop propulsi. Baterai yang digunakan adalah sebanyak 4 buah dengan rincian 1 buah untuk computer, 1 buah untuk *steering gear* dan 2 buah untuk motor *inboard*.
2. Laptop sebagai pusat pengendali USV yang diakses dan dikalibrasi terlebih dahulu oleh pilot di *Ground Control Station* (GCS) baik secara langsung menggunakan kabel USB maupun secara tidak langsung menggunakan komunikasi *wireless*.

Laptop akan diakses melalui *software Mission Planner* oleh pilot di *Ground Control Station* (GCS). Setelah itu, dikalibrasi untuk menentukan keakuratan koordinat GPS, keakuratan arah kompas, Motor *inboard*, dan *steering gear*. Ketika proses kalibrasi sudah selesai, maka dimasukkan koordinat-koordinat GPS untuk melakukan misi.

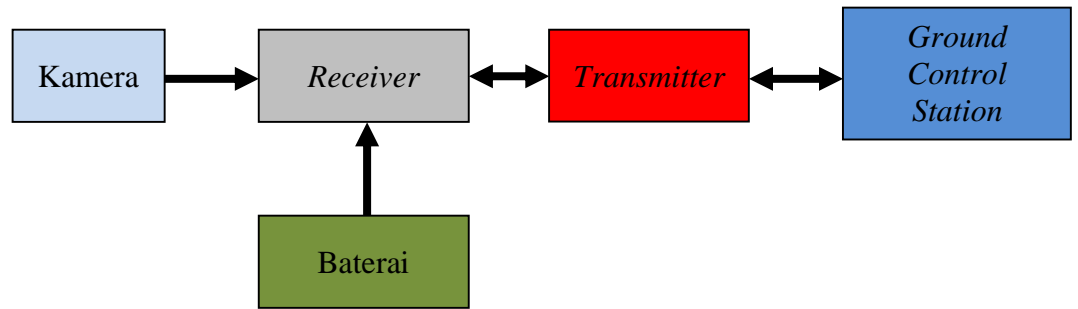
3. *Connection box* berfungsi sebagai koneksi dan manajemen sistem yang menggabungkan *motor dan steering gear*
4. *Steering gear* untuk menggerakkan *rudder*.
5. *Rudder*, kemudi kapal merupakan suatu alat kapal yang digunakan untuk mengubah dan menentukan arah gerak kapal, baik arah lurus maupun belok kapal.
6. Motor *inboard Torqeedo*, sebagai motor utama untuk menggerakkan kapal.
7. *Receiver RadioLink*, berfungsi untuk komunikasi antara *Ground Control Station* (GCS) ke USV ataupun sebaliknya secara *wireless*. Dengan adanya modul ini memungkinkan data pada USV dapat dipantau melalui GCS.
8. *Propeller 3 blades 300 mm*, sebagai pendorong kapal.
9. *Satelite Router* yang berfungsi untuk menghubungkan laptop pada USV dengan *Mission Planner* di *Ground Control Station* (GCS). Dengan adanya modul ini memungkinkan data pada USV dapat dipantau melalui GCS.

#### **IV.9. Perencanaan Monitoring Wilayah Perairan**

Berdasarkan masalah yang dihadapi oleh pemerintah dalam menjaga wilayah perbatasan khususnya di laut, maka kapal USV ini bertugas memonitoring masalah pelanggaran perbatasan yang terjadi di wilayah Ambalat. USV akan memberikan data visual berupa gambar dan *first person view* (fpv) dari kamera yang diletakkan pada USV, dimana data tersebut akan dikirim menuju pangkalan atau *base* dari TNI AL terdekat. Selanjutnya pihak berwenang-lah yang akan menindak lanjuti pelanggaran tersebut.

Berikut adalah diagram untuk menggambarkan alur sistem monitoring yang ditunjukkan pada Gambar IV.13





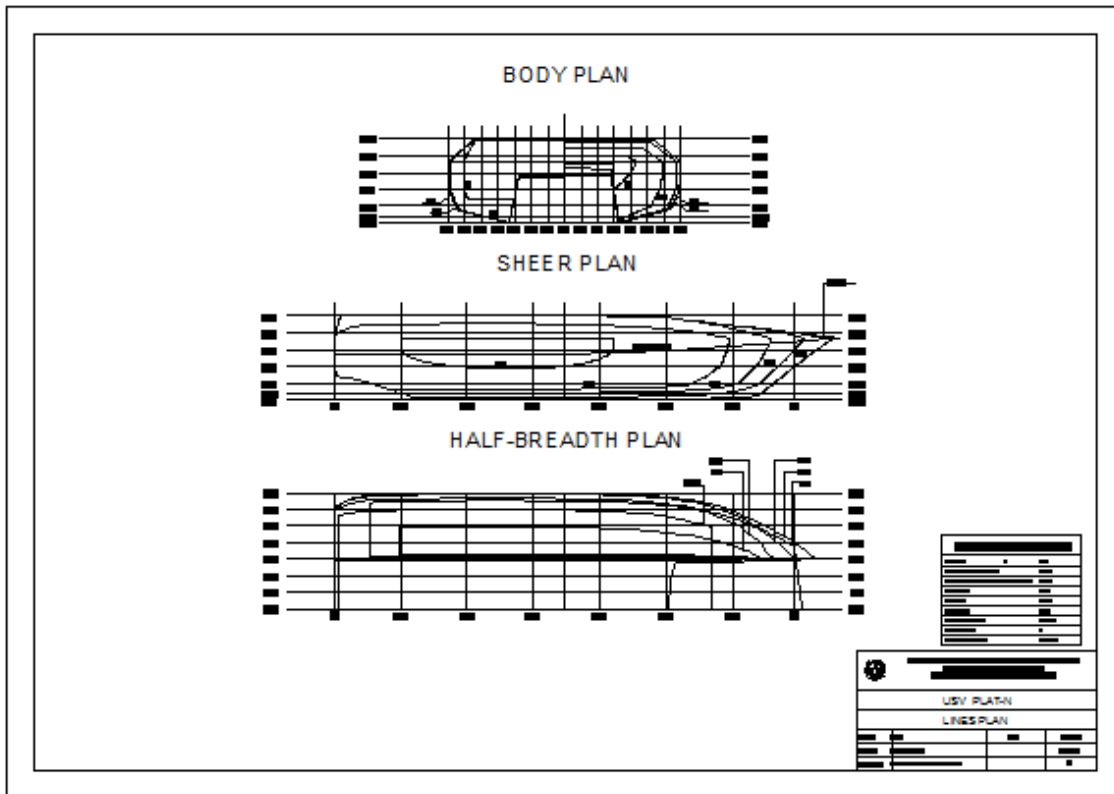
Gambar IV.13 Diagram Alur Sistem Monitoring  
Keterangan untuk diagram diatas, sebagai berikut:

1. Kamera adalah komponen utama untuk melakukan *monitoring* oleh USV. Kamera yang digunakan adalah kamera *thermal*. kamera *thermal* dipasang untuk dapat digunakan pada malam hari. Kamera diletakkan pada *main mast* USV.
2. *Transmitter*, berfungsi untuk mengirimkan citra gambar video dari USV ke *Ground Control Station* (GCS) secara *real time*, media komunikasi bersifat tanpa kabel (*wireless*).
3. *Ground Control Station* (GCS), sebagai pusat pengendalian USV oleh pilot. Perangkat yang digunakan dapat berupa laptop atau komputer untuk menampilkan citra gambar video dari kamera yang terdapat pada USV ke *Ground Control Station* (GCS) secara *real time*.

#### IV.10. Pembuatan *Lines Plan*

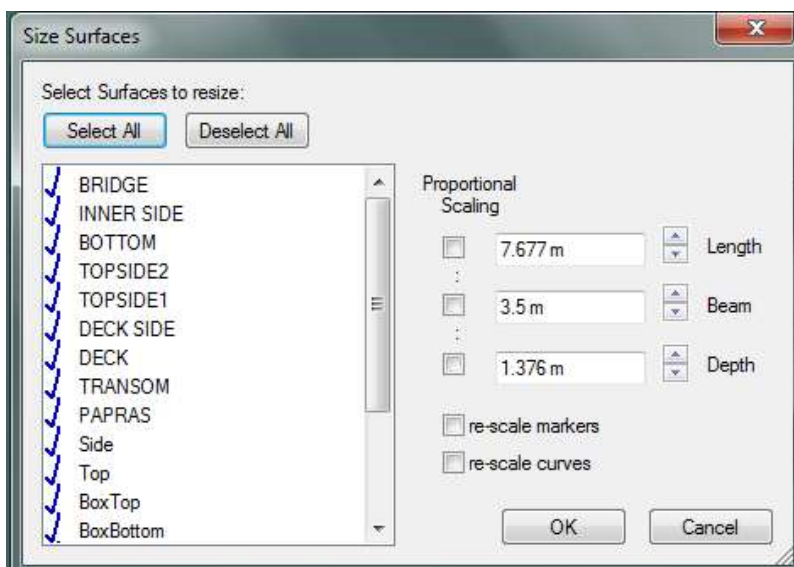
Dalam proses desain USV ini, pembuatan rencana garis dengan menggunakan *software Maxsurf Modeler*. *Design* tersebut diatur sedemikian rupa sehingga memiliki karakteristik yang sama dengan hasil tertentu (memiliki ukuran utama, *displacement*, CB, C<sub>P</sub>, dan LCB yang sama).

Untuk melihat *smooth* atau tidaknya permukaan desain, didalam *Maxsurf Modeler* telah disediakan pandangan dari beberapa sudut, yaitu tampak depan/belakang, tampak samping, tampak atas dan pandangan perspektif. Garis-garis dari berbagai sudut pandang itulah yang nantinya akan dijadikan sebagai rencana garis. Gambar IV.14 merupakan gambar rencana garis dari model yang telah dibuat.



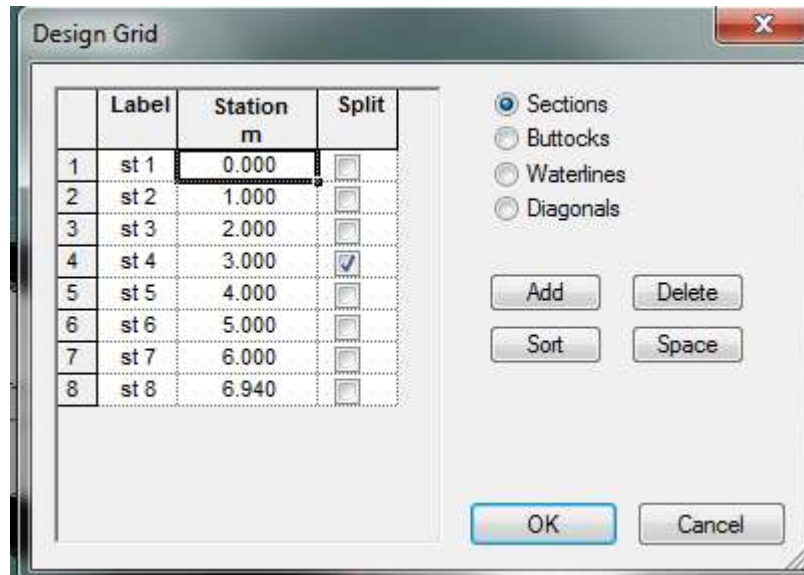
Gambar IV.14 Lines Plan USV PLAT-N

Setelah *design* dibuka, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, dan tinggi dari model yang dibuat. Caranya yaitu dengan mengubah ukuran *surface* pada menu *surface > size surface* kemudian akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar IV.15



Gambar IV.15 Size Surfaces

Untuk panjang diisi dengan Loa kapal, agar Lpp dapat sesuai dengan perhitungan. lebar dan tinggi disamakan dengan hasil perhitungan. Sedangkan untuk mengatur jumlah dan letak dari station, *Buttock line* dan *Water line*, dengan mengakses *menu data > design grid* dan akan muncul kotak dialog seperti pada gambar IV.16 berikut.



Gambar IV.16 Pengaturan Jumlah *Station*

Setelah ukuran sesuai kemudian ditentukan sarat dari model ini. Untuk memasukkan nilai sarat kapal dilakukan dengan mengakses *menu data > frame of reference*. Pada gambar tampak panjang Lwl kapal.

Setelah sarat kapal ditentukan selanjutnya dilakukan pengecekan nilai hidrostatis dari model yang dibuat, yaitu dengan mengakses *menu data > calculate hydrostatic*. Dari sini akan tampak data-data hidrostatis model. Jika data belum sesuai dengan perhitungan maka perlu dilakukan perubahan terhadap model. Namun ketika data hidrostatis telah sesuai maka model ini dapat langsung diexport ke format *dxf* untuk di perbaiki dengan software *CAD*.

Untuk menyimpan rencana garis dari model yang telah dibuat, buka salah satu pandangan dari model, kemudian klik *file > export > DXF and IGES*, atur skala 1:1, kemudian klik *ok* dan *save file* baru tersebut. Cara ini berlaku untuk semua pandangan dari model.

Setelah didapatkan *body plan*, *sheer plan* dan *halfbreadth plan*, langkah selanjutnya adalah menggabungkan ketiganya dalam satu *file dwg* yang merupakan output

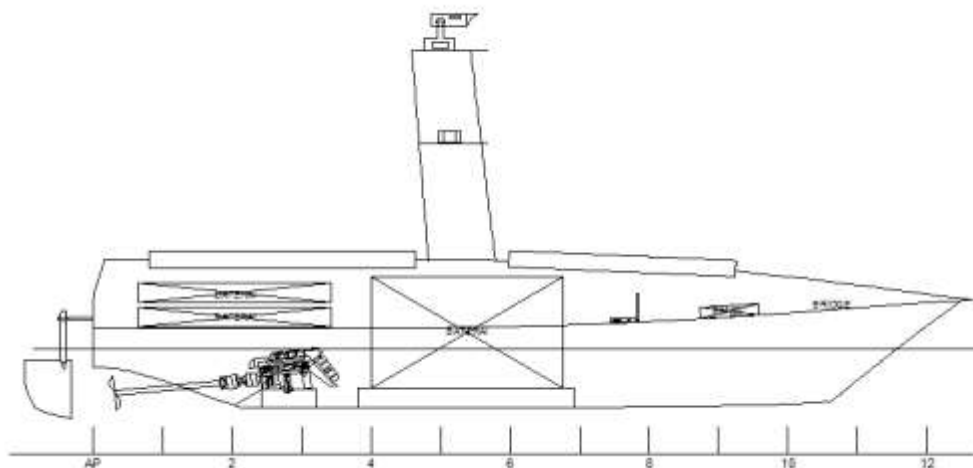
dari *software CAD*. Dalam proses penggabungan juga dilakukan sedikit *editing* pada rencana garis yang telah didapat.

#### IV.11. Pembuatan *General Arrangement*

Dari gambar *Lines Plan* yang sudah di buat, maka dapat dibuat pula gambar *General Arrangement* dari *Unmanned Surface Vehicle*. *General Arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal. Pembuatan *General Arrangement* dilakukan dengan bantuan *software AutoCAD 2007*.

##### IV.11.1. *Side Elevation*

Pada permodelan rencana umum *Unmanned Surface Vehicle* ini dilakukan pemroyeksian *layout* kapal tampak samping. Jarak gading pada kapal ini adalah 0,6 m. Detail permodelan rencana umum USV PLAT-N tampak samping dapat dilihat pada Gambar IV.17 berikut.

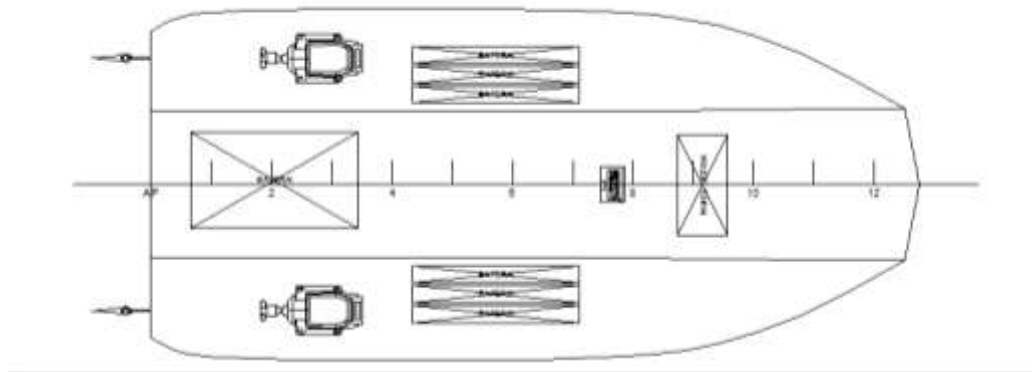


Gambar IV.17 *Side Elevation* USV PLAT-N

Pada proyeksi kapal tampak samping dapat dilihat bahwa kapal tidak memiliki *double bottom*. Kapal Tanpa Awak ini hanya memiliki 1 buah *bridge* yang menghubungkan kedua lambung.

##### IV.11.2. *Deck Tunnel*

*Layout bridge* pada rencana umum diproyeksikan tampak atas. Pada bagian ini permodelan *layout* dilakukan pada *deck tunnel* dari katamaran seperti pada Gambar IV.18

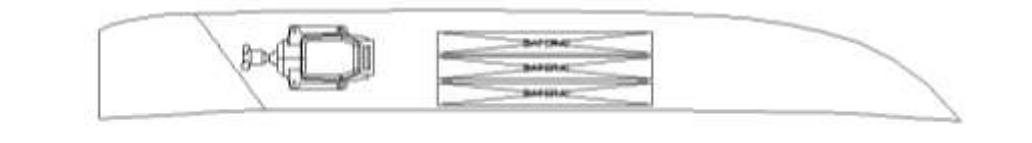


Gambar IV.18 *Deck Tunnel* USV PLAT-N

*Deck tunnel* difungsikan sebagai geladak untuk penempatan baterai dan komponen-komponen elektronik.

#### IV.11.3. *Demihull*

*Layout demihull* pada rencana umum USV PLAT-N diproyeksikan pada pandangan atas seperti pada Gambar IV.19.



Gambar IV.19 *Demihull* USV PLAT-N

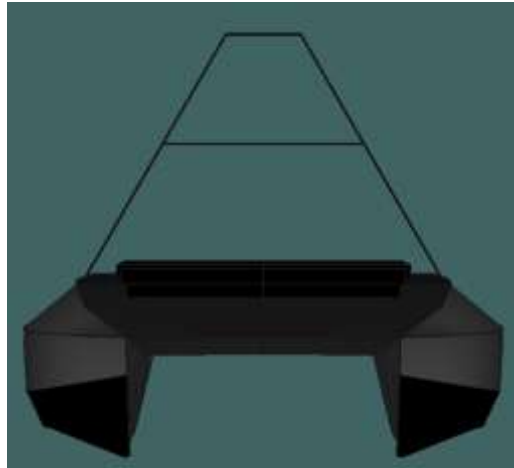
*Demihull* difungsikan sebagai peletakkan motor dan baterai. Dalam gambar IV.13 menunjukkan baterai yang dapat diletakkan di satu lambung berjumlah 3 buah baterai.

#### IV.12. Permodelan 3 Dimensi

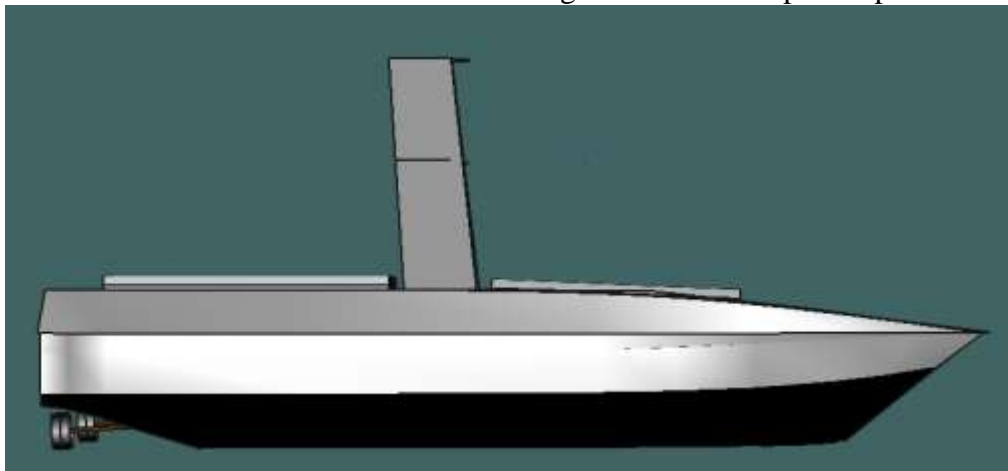
Pemodelan 3 dimensi kapal telah dilakukan pada tahap pembuatan layout untuk menentukan ukuran utama awal, selanjutnya dilakukan penyesuaian ukuran dimensi kapal awal dengan ukuran dimensi kapal akhir setelah melalui hasil perhitungan teknis yang telah dilakukan.

Pada tahap awal permodelan lambung menggunakan *software Maxsurf Modeler*. Model dibuat dengan memasukkan *buttock plane surface*, selanjutnya menambahkan *control point* sejumlah yang diinginkan, kemudian *control point* tersebut diatur sedemikian rupa sehingga memiliki karakteristik yang sama dengan hasil tertentu (memiliki ukuran utama, *displacement*, CB, C<sub>P</sub>, dan LCB yang sama).

Pada proses pengerjaan permodelan 3D pada lambung dengan menggunakan *Maxsurf Modeler* ini didapatkan bentuk model *hull* dan *main deck*,. Kemudian untuk menampilkan bentuk *hull* secara pejal dengan menggunakan menu *rendering* pada *toolbar* yang tersedia sehingga didapatkan bentuk seperti pada Gambar IV.20 dan IV.21 berikut.

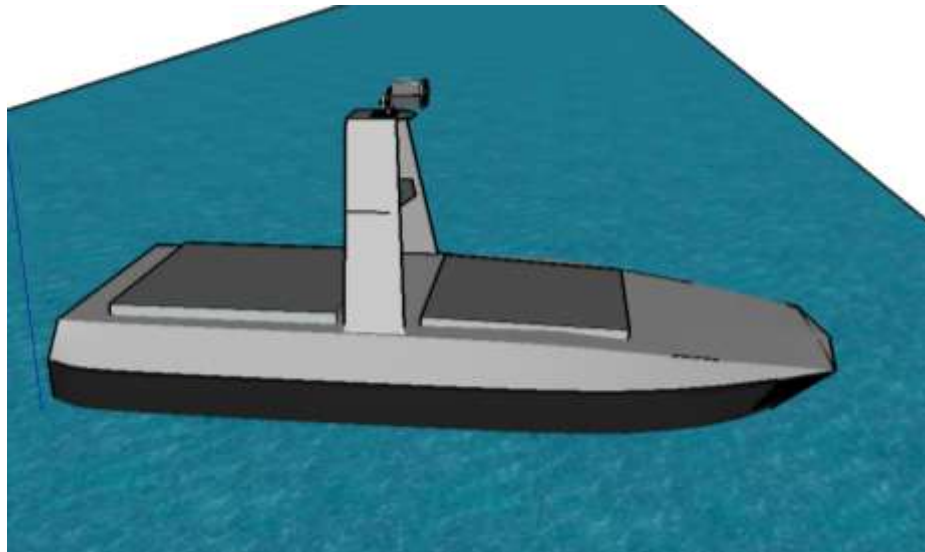


Gambar IV.20 Permodelan Lambung 3 Dimensi Tampak Depan

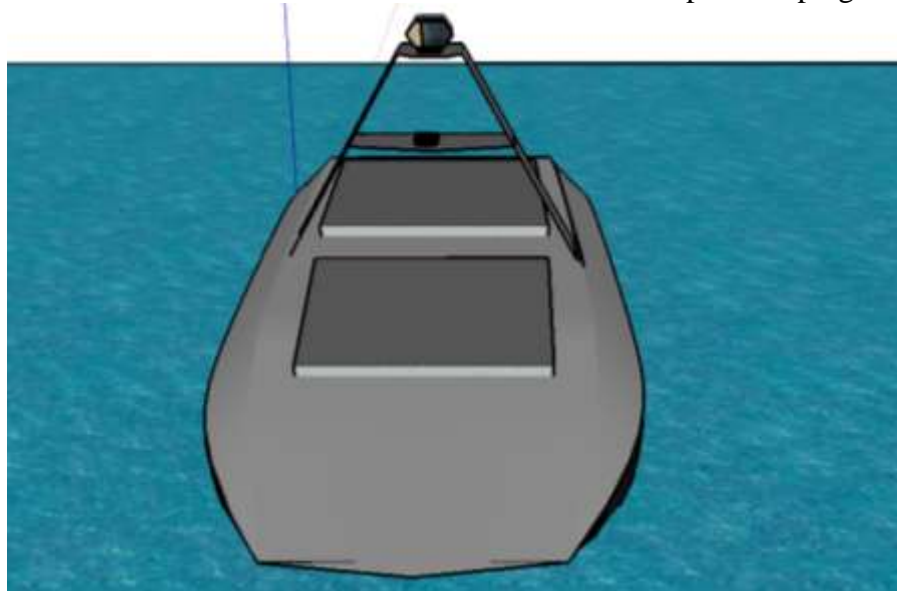


Gambar IV.21 Permodelan Lambung 3 Dimensi Tampak Samping

Selanjutnya pembuatan detail 3 dimensi dari USV *file* dari *maxsurf* diekspor ke *software sketchup* 2016. Desain 3 dimensi dari USV dapat dilihat pada Gambar IV. 22 dan IV. 23



Gambar IV.22 Pemodelan Detail 3 Dimensi Tampak Samping



Gambar IV.23 Pemodelan Detail 3 Dimensi Tampak Depan

#### **IV.13. Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal**

Berdasarkan (PERTAMINA, 2007) biaya pembangunan dikelompokkan menjadi dua jenis biaya yaitu biaya langsung (direct cost) dan biaya tidak langsung (indirect cost). Biaya langsung merupakan jenis biaya yang secara dikeluarkan langsung dalam bentuk fisik untuk pembangunan kapal antara lain adalah biaya untuk pembelian material pelat dan profil, system permesinan dan perpipaan, biaya pekerja, biaya launching dan testing, serta biaya inspeksi dan sertifikasi. Sedangkan untuk biaya tidak langsung adalah biaya yang melibatkan proses atau jasa untuk kapal secara tidak langsung seperti biaya desain, biaya asuransi, biaya pengiriman barang, biaya persewaan, tender, dan lain sebagainya.

Dalam perhitungan estimasi biaya pembangunan terdapat 5 tahap yang dibagi berdasarkan tingkat akurasi dan kelengkapan data dari setiap komponen yang digunakan. Tingkat akurasi dari estimasi biaya pembangunan dipengaruhi oleh tahapan desain dari suatu kapal dan tingkat penyelesaian pekerjaan. 5 Tahapan tersebut meliputi:

1. Conceptual or screening estimate (estimate class 5)
2. Study feasibility estimate (estimate class 4)
3. Budgetary or control estimate (estimate class 3)
4. Control or bid/tender estimate (estimate class 2)
5. Check estimate (estimate class 1)

Tahapan desain yang digunakan untuk membangun *Unmanned Surface Vehicle* adalah conceptual or screening estimate (estimate class 5). Lebih detailnya ditunjukkan dalam Tabel IV.17, sebagai berikut:

Tabel IV.17 Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal

Cost	Detail	%	\$
<b>DIRECT COST</b>	<b>1. Hull Part</b>		
	1.a. Aluminium plate and profile	21.00	\$4,747.22
	1.b. Hull outfit, deck machinery and accommodation	7.00	\$1,582.41
	1.c. Paint and cathodic protection/ICCP	2.00	\$452.12
	1.d. Coating (BWT only)	1.50	\$339.09
	1.e. Hull spare part, tool, and inventory	0.30	\$67.82
	<b>Subtotal (1)</b>	<b>31.80</b>	<b>\$7,188.65</b>
	<b>2. Machinery Part</b>		
	2.a. Propulsion system and accessories	12.00	\$2,712.70
	2.b. Main engine and accessories	3.50	\$791.20
	2.c. Machinery spare part and tool	0.50	\$113.03
	<b>Subtotal (2)</b>	<b>16.00</b>	<b>\$3,616.93</b>
	<b>3. Electric Part</b>		
	3.a. Electric power source and accessories	3.00	\$678.17
	3.b. Lighting equipment		\$339.09



		1.50	
	3.c. Radio and navigation equipment	2.50	\$565.15
	3.d. Cable and equipment	1.00	\$226.06
	3.e. Electric spare part and tool	0.20	\$45.21
	<b>Subtotal (3)</b>	<b>8.20</b>	<b>\$1,853.68</b>
	<b>4. Construction cost</b>		
	Consumable material, rental equipment and labor	20.00	\$4,521.16
	<b>Subtotal (4)</b>	<b>20.00</b>	<b>\$4,521.16</b>
	<b>5. Launching and testing</b>		
	<b>Subtotal (5)</b>	<b>1.00</b>	<b>\$226.06</b>
	<b>6. Inspection, survey and certification</b>		
<b>Subtotal (6)</b>	<b>1.00</b>	<b>\$226.06</b>	
<b>TOTAL I (sub 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)</b>	<b>78.00</b>	<b>\$17,632.53</b>	
<b>INDIRECT COST</b>	7. Design cost	3.00	\$678.17
	8. Insurance cost	1.00	\$226.06
	9. Freight cost, import duties, IDC, Q/A, guarantee engineer, handling fee, guarantee & warranty cost.	2.50	\$565.15
	<b>TOTAL II (sub 7+ 8 + 9)</b>	<b>6.50</b>	<b>\$1,469.38</b>
<b>MARGIN</b>	<b>TOTAL III</b>	<b>5.00</b>	<b>\$1,130.29</b>
<b>GRAND TOTAL (I + II + III)</b>		<b>89.50</b>	<b>\$20,232.20</b>

Data yang tertera pada Tabel IV.17 Dengan tingkat akurasi yang relative kecil, sehingga dapat digunakan untuk perkiraan biaya pembangunan kapal. Data yang tertera pada Tabel IV.17 telah disesuaikan dengan kebutuhan dalam pembangunan USV.

Dengan menggunakan nilai tukar rupiah terhadap USD pada tanggal 1 Juni 2017 sebesar Rp 13.388,00 per USD didapatkan biaya pembangunan kapal awal sebesar Rp 270,868,679,00. Biaya tersebut kemudian harus dikoreksi dan disesuaikan dengan perhitungan yang lebih detail.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

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

Setelah dilakukan analisis teknis, maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Didapatkan *operational requirement* dari *Unmanned Surface Vehicle* (USV) yang akan dirancang untuk memenuhi kebutuhan dalam beroperasi, mempertimbangkan beberapa faktor, sebagai berikut:
  - Fungsi dan tugas : monitoring wilayah perairan Laut Indonesia
  - Wilayah operasional : Ambalat
  - Kecepatan : 20 knots
  - Kemampuan operasional : siang dan malam
2. Penentuan ukuran utama *Unmanned Surface Vehicle* berdasarkan *platform* yang dibutuhkan oleh kapal. Dari data tersebut, kemudian dibuat *layout* awal dan didapatkan ukuran utama akhir setelah dilakukan analisis teknis, sebagai berikut

Ukuran Utama USV PLAT-N yang didesain yaitu:

- Lpp (Panjang) = 6.94 m
  - B (Lebar) = 3.5 m
  - H (Tinggi) = 1.27 m
  - T (Sarat) = 0.5 m
  - S/L = 0.196m
  - V = 20 knots
3. Desain *Lines Plan* dan *General Arrangement* telah dibuat dan dilampirkan pada lampiran.
  4. Desain 3D telah dibuat dan dilampirkan pada lampiran.

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

1. Dapat dikembangkan lebih lanjut tentang desain USV catamaran asimetris.
2. Dapat dikembangkan untuk penggunaan energi penggerak dengan sistem propulsi hibrida sehingga USV dapat digunakan lebih lama dan lebih jauh.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajioka, Yushifumi & Kiyoshi Ohno. (2013). *Hitachi Review* (Vol. 2). Japan.
- Alibaba. (2016). *Material*. Retrieved June 15, 2017 from Alibaba web site: [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)
- Allan, Robert G. (1996). *Application and Advantages of Catamarans for Coastal Patrol Vessels*.
- ASVglobal. (2017). *Data Sheet*. Retrieved February 15, 2017 from ASV Global web site: <https://www.asvglobal.com/>
- Dubrovsky, Victor A. (2009). *Multi-Hulls: Some New Options as the Result of Science Development*. Rusia.
- Bertram, Volker. *Unmanned Surface Vehicles – A Survey*. Retrieved April 26, 2017 from web site: [https://www.researchgate.net/publication/228393498\\_Unmanned\\_Surface\\_Vehicles-A\\_Survey](https://www.researchgate.net/publication/228393498_Unmanned_Surface_Vehicles-A_Survey)
- Catamaransite. (2017). *Catamaran Design Formulas*. Retrieved April 26, 2017 from web site: [http://www.catamaransite.com/catamaran\\_hull\\_design\\_formulas.html](http://www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html)
- HSC Annex 7 *Stability of Multihull Craft*. (2000). International Code of Safety for High-Speed Craft. London.
- International Maritime Organization (IMO). (Consolidated Edition 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended (SOLAS 1974)*. London: IMO Publishing.
- Kementerian Perhubungan. (2009). *Standar Kapal Non-Konvensi Berbendera Indonesia*. Jakarta.
- Molland, M., & Insel, A. F. 1992. *An Investigation Into the Resistance Components of High Speed Displacement Catamarans*. RINA.
- Nazarov, Albert. (2010). *Power Catamarans: Design for Performance*. Thailand.
- Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory* (5th ed., Vol. 1). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Sahoo, Prasanta K & Marcos Salas & Schwetz. (2007). *Practical Evaluation of Resistance of High-Speed Catamaran Hull Forms-Part I*. Australia.
- Satriawansyah, M. H. (2016). Tugas Akhir. *Desain Kapal Penumpang Katamaran Untuk Rute Dermaga Boom Marina, Banyuwangi-Pelabuhan Benoa*. Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Taggart, R. (1980). *Ship Design and Construction*. New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Torqueedo. (2017). *Propulsion System*. Retrieved March 2, 2017 from Torqeedo web site: <http://www.torqueedo.com/en>
- UKessays. (2015). *Advantages Of Aluminium As A Shipbuilding Material Engineering Essay*. UK: UKessays.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.
- Wikipedia. (2017). Ambalat. Retrieved March 10, 2017 from Wikipedia web site: <https://id.wikipedia.org/wiki/Ambalat>. Wikipedia Ambalat.
- Wikipedia. (2017). Laut Sulawesi. Retrieved Juny 6, 2017 from Wikipedia web site: [https://id.wikipedia.org/wiki/Laut\\_Sulawesi](https://id.wikipedia.org/wiki/Laut_Sulawesi).
- Wikipedia. (2017). Ambalat. Retrieved March 10, 2017 from Wikipedia web site: <https://id.wikipedia.org/wiki/Ambalat>.

Halaman ini sengaja dikosongkan

**LAMPIRAN A**  
**PERHITUNGAN TEKNIS**





Hasil Perhitungan Hambatan pada Maxsurf											
No.	Speed (kn)	Fn Lwl	Fn Vol.	savitsky pre-planning (kN)	savitsky pre-planning (hp)	savitsky planning (kN)	savitsky planning (hp)	slender body (kN)	slender body (hp)	Wyman [kN]	Wyman [hp]
1	0	0	0	--	--	--	--	--	--	--	--
2	0.5	0.031	0.068	--	--	--	--	0	0.003	0	0.009
3	1	0.062	0.135	--	--	--	--	0	0.022	0.1	0.07
4	1.5	0.094	0.203	--	--	--	--	0.2	0.311	0.1	0.236
5	2	0.125	0.271	--	--	--	--	0.4	1.197	0.2	0.56
6	2.5	0.156	0.339	--	--	--	--	0.9	3.107	0.3	1.093
7	3	0.187	0.406	--	--	--	--	1.5	6.372	0.5	1.889
8	3.5	0.218	0.474	--	--	--	--	2.2	10.598	0.6	3
9	4	0.249	0.542	--	--	--	--	4.6	25.182	0.8	4.478
10	4.5	0.281	0.609	--	--	--	--	4.7	28.936	1	6.375
11	5	0.312	0.677	--	--	--	--	8.1	55.77	1.3	8.745
12	5.5	0.343	0.745	--	--	--	--	7.8	59.542	1.5	11.64
13	6	0.374	0.813	--	--	--	--	6.6	54.812	1.8	15.112
14	6.5	0.405	0.88	--	--	--	--	6.5	58.55	2.1	19.213
15	7	0.437	0.948	--	--	--	--	8	77.094	2.5	23.997
16	7.5	0.468	1.016	2.4	25.333	--	--	10.3	106.366	2.9	29.515
17	8	0.499	1.083	3.2	35.03	--	--	12.6	139.605	3.2	35.82
18	8.5	0.53	1.151	3.7	43.11	--	--	14.7	172.125	3.7	42.965
19	9	0.561	1.219	4	50.102	--	--	16.3	201.886	4.1	51.002
20	9.5	0.592	1.287	4.2	55.156	--	--	17.4	228.554	4.6	59.983
21	10	0.624	1.354	4.4	60.111	--	--	18.3	252.689	4.8	66.278
22	10.5	0.655	1.422	4.5	65.016	--	--	19	274.898	5	72.395
23	11	0.686	1.49	4.6	69.719	--	--	19.5	295.939	5.2	78.626
24	11.5	0.717	1.557	4.7	74.999	3.2	50.422	19.9	316.355	5.4	84.956
25	12	0.748	1.625	4.8	80.268	3.3	54.296	20.3	336.495	5.5	91.369
26	12.5	0.78	1.693	4.9	85.207	3.4	58.179	20.7	356.659	5.7	97.852
27	13	0.811	1.761	5	90.393	3.5	62.068	21	377.076	5.8	104.392
28	13.5	0.842	1.828	5.2	96.17	3.5	65.967	21.4	397.828	6	110.977
29	14	0.873	1.896	5.3	102.741	3.6	69.887	21.7	418.985	6.1	117.597
30	14.5	0.904	1.964	5.5	109.393	3.7	73.845	22	440.428	6.2	124.243
31	15	0.935	2.031	--	--	3.8	77.862	22.3	462.488	6.3	130.905
32	15.5	0.967	2.099	--	--	3.8	81.959	22.7	484.737	6.4	137.575
33	16	0.998	2.167	--	--	3.9	86.157	23	507.606	6.5	144.246
34	16.5	1.029	2.235	--	--	4	90.479	23.3	530.717	6.6	150.912
35	17	1.06	2.302	--	--	4	94.944	23.6	554.064	6.7	157.566
36	17.5	1.091	2.37	--	--	4.1	99.572	23.9	577.997	6.8	164.203
37	18	1.122	2.438	--	--	4.2	104.38	24.2	601.993	6.9	170.818
38	18.5	1.154	2.506	--	--	4.3	109.386	24.5	626.412	7	177.406
39	19	1.185	2.573	--	--	4.4	114.604	24.8	651.058	7	183.964
40	19.5	1.216	2.641	--	--	4.5	120.05	25.1	675.757	7.1	190.488
41	20	1.247	2.709	--	--	4.6	125.736	25.4	701.015	7.1	196.974

## Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin

### Input Data

$L_{WL}$	=	6.940	m		
$T$	=	0.500	m		
$B$	=	3.500	m		
$C_B$	=	0.571			
$V_{max}$	=	10.288	m/s		
$V_s$	=	10.288	m/s		
$D$	=	0.6 T		(asumsi)	; Diameter (0.6 s.d. 0.65) · T
	=	0.300	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
$R_t$	=	1.600	kN		
$LCB$	=	3.205	m dari AP		(Didapatkan dari model di maxsurf)

### Perhitungan Awal

$1+\beta k$	=	1.5815196			
$C_F$	=	$0.075/[(\log_{10} Rn-2)]^2$		(ITTC 1957)	
	=	0.0022459			
$T/L_{wl}$	=	0.0720461			
$C_A$	=	$0.006 (L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205$		untuk $T/L_{wl} > 0.04$	(ref : PNA vol.II, hal.93)
$C_A$	=	0.0008			
$C_V$	=	$(1+\beta k) \cdot C_F + C_A$		(ref : Insell; Molland)	
	=	0.0043431			
$w$	=	$0.3095 C_b + 10 C_v C_b - 0.23 D/\sqrt{BT}$		untuk twin screw	
	=	0.1493643		(ref : PNA vol.II, hal.163)	
$t$	=	$0.325 C_b - 0.1885 D/\sqrt{BT}$			
	=	0.1428272		(ref : PNA vol.II, hal.163)	
$V_a$	=	Speed of Advance			
	=	$V \cdot (1-w)$		(ref : PNA vol.II, hal.146)	
	=	8.751			

### Effective Horse Power (EHP)

EHP	=	$R \cdot T \cdot V$		(ref : PNA vol.II, hal.153)	
	=	16.461	kW	1 HP =	0.746 kW
	=	22.065416	HP		
				44.1308311	

### Propulsive Coefficient Calculation

$\eta_H$	=	Hull Efficiency		(ref : PNA vol.II, hal.152)	
	=	$((1-t))/((1-w))$			
	=	1.0076849			

$\eta_o$	=	Open Water Test Propeller Efficiency	(diasumsikan)				
	=	0.65	(asumsi berdasarkan hasil percobaan open water test propeller pada umumnya)				
$\eta_r$	=	Rotative Efficiency	(ref : Ship Resistance and Propulsion modul 7 hal 180)				
	=	$0.9737 + 0.111(CP - 0.0227 LCB) - 0.06327 P/D$					
	=	0.9905994				$0.97 \leq \eta_r \leq 1.07$	
$\eta_D$	=	Quasi-Propulsive Coefficient	(ref : PNA vol.II, hal.153)				
	=	$\eta_H \cdot \eta_O \cdot \eta_r$					
	=	0.6488378					
<b>Delivery Horse Power (DHP)</b>							
DHP	=	EHP/ $\eta_D$	(ref : Ship Resistance and Propulsion modul 7 hal 179)				
	=	34.007597 kW					
<b>Brake Horse Power Calculation (BHP)</b>							
BHP	=	DHP + ( X%DHP)					
X%	=	Koreksi daerah pelayaran wilayah Asia Timur antara 15%-20% DHP)					
X%	=	15%	(Parametric Design Chapter 11, hal 11-29)				
BHP	=	<b>39.109</b>	<b>kW</b>				
BHP	=	<b>52.42</b>	<b>HP</b>	1 HP =	0.746	kW	
	@	26.21229	HP	=	19.5544	kW	

## Penentuan Motor Listrik dan Baterai

### Input Data :

BHP	=	52.42	HP	@	26.21229 HP
	=	39.10873711	kW		
Vs	=	20	knot	=	10.288 m/s

### Spec Motor :

Torqeedo 80 HP	
<b>Deep Blue system</b>	<b>Deep Blue i 1800 rpm</b>
	<b>80 HP</b>
Input power (peak) in kW	66
Input power (continuous) in kW	50
Propulsive power in kW	> 32.4
Comparable petrol outboard (shaft power)	80 HP
Maximum overall efficiency in %	> 54
Integrated battery: usable energy in kWh	25.6 - 51.2
Nominal voltage	345
Final charging voltage	389
Motor weight without battery, including	80
Weight of 1 battery in kg	149
Total system weight example in kg	410
Maximum propeller speed in rpm at full	1,800

### Spec Baterai :

Torqeedo Deep Blue Battery	
<b>Deep Blue High-voltage system</b>	<b>Deep Blue 80</b>
Nominal voltage	360 V
Maximum voltage	396 V
Maximum discharge capacity	55kW
Nominal charge	94Ah
Dimensions	1660x964x171 mm
Multiple batteries per motor	yes
Usable energy	30.5 kWh
Weight	256 kg
Waterproof	IP 67

## Perhitungan Konsumsi Baterai

Input Data :

BHP	=	52.42	HP	@	26.21229 HP
	=	39.10874	kW		19.55437 kW
1 HP	=	0.746	kW		
Vs	=	20	knot	=	10.288 m/s

jadi kebutuhan daya motor yang digunakan adalah 80 HP

$$160 \text{ HP} = 119.36 \text{ kW}$$

$$\text{effisiensi motor} = 70\%$$

### Power discharge baterai

P=kebutuhan daya / effisiensi motor

$$P = 112.4376 / 70\%$$

$$55.86962 \text{ kW}$$

$$@ 27.93481 \text{ kW}$$

per motor membutuhkan daya sebesar 80.31259 kW

dimana 1 baterai memiliki kapasitas 55 kW

sehingga untuk 1 motor membutuhkan minimal 2 baterai

### Masa pakai baterai

max usable energy (kWh) / power discharge baterai (kW)

$$\text{max usable energy baterai} = 30.5 \text{ kWh}$$

$$\text{karena menggunakan total 8 baterai maka} = 244 \text{ kWh}$$

$$\text{jadi masa pakai baterai} = 4.367311 \text{ h}$$

$$262.0386 \text{ menit}$$

### Jarak maksimal

Dengan menggunakan 2 motor dengan daya 80hp menggunakan 8 baterai yang masa pakai baterai maksimal 1.519065h maka jarak maksimal yang dapat ditempuh dalam sekali perjalanan

$$S = V \times t \quad 20 \text{ kn} = 10.288 \text{ m/s}$$

$$161.7652 \text{ km} = 37.04 \text{ km/h}$$

## Perhitungan Konsumsi Baterai

Input Data :

BHP	=	10.59	HP	@	5.295 HP
	=	7.897343	kW		3.95007 kW
1 HP	=	0.746	kW		
Vs	=	5	knot	=	2.572 m/s

jadi kebutuhan daya motor yang digunakan adalah 80 HP

160 HP	=	119.36	kW
efisiensi motor		70%	

### Power discharge baterai

P=kebutuhan daya / efisiensi motor

$$P = 7.897343 / 70\%$$

$$11.28192 \text{ kW}$$

$$@ 5.640959 \text{ kW}$$

per motor membutuhkan daya sebesar 5.640959 kW

dimana 1 baterai memiliki kapasitas 55 kW

sehingga untuk 1 motor membutuhkan minimal 1 baterai

### Masa pakai baterai

max usable energy (kWh) / power discharge baterai (kW)

$$\text{max usable energy baterai} = 30.5 \text{ kWh}$$

$$\text{karena menggunakan total 8 baterai maka} = 244 \text{ kWh}$$

$$\text{jadi masa pakai baterai} = 21.62753 \text{ h}$$

$$1297.652 \text{ menit}$$

### Jarak maksimal

Dengan menggunakan 2 motor dengan daya 80hp menggunakan 8 baterai yang masa pakai baterai maksimal 21.62753h maka jarak maksimal yang dapat ditempuh dalam sekali perjalanan

$$S = V \times t \quad 5 \text{ kn} = 2.572 \text{ m/s}$$

$$200.2709 \text{ km} = 9.26 \text{ km/h}$$



### Perhitungan Berat Alumunium Kapal

**Menghitung berat alumunium kapal  
dengan menggunakan metode maxsurf**

Luasan area setinggi deck kapal

Luasan hull = 49.619 m<sup>2</sup>

Luasan dek = 30.447 m<sup>2</sup>

p = 2700 kg/m<sup>3</sup>

t<sub>lambung</sub> = 7 mm = 0.007 m

t<sub>dek</sub> = 5 mm = 0.005 m

W<sub>hull</sub> = Luasan x t x p

W<sub>hull</sub> = 937.7991 kg

= 0.937799 ton

W<sub>deck</sub> = Luasan x t x p

W<sub>deck</sub> = 411.0345 kg

= 0.411035 ton

Total berat kapal

W = W<sub>hull</sub> + W<sub>deck</sub>

= 1.348834 ton



## Perhitungan Lambung Timbul

Unmanned Surface Vehicle merupakan kapal 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*.

### Input Data

H	=	1.27	m	$\nabla$	=	1.99	m <sup>3</sup>
d	=	0.85 · H		B <sub>1</sub>	=	1.00	m
	=	1.0795	m	C <sub>B</sub>	=	$\nabla / (L \cdot B \cdot d)$	
L	=	L <sub>wl</sub>			=	0.5710	
	=	6.94	m				
L	=	6.94	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 USV termasuk kapal **Tipe B**

### 2. Lambung Timbul Standar (Fb<sub>1</sub>)

Fb <sub>1</sub>	=	0,8 L	cm	Untuk kapal dengan L < 50 m
Fb <sub>1</sub>	=	5.552	cm	
	=	0.0555	m	

#### II. Lambung Timbul Awal (fb) untuk kapal Type B

fb = 0,8 L cm, untuk L sampai dengan 50 m  
 fb =  $(L/10)^2 + (L/10) + 10$  cm, untuk L lebih dari 50 m

Catatan : L adalah panjang kapal dalam meter

### Koreksi

#### 1. Koefisien Block

Koreksi C<sub>B</sub> hanya untuk kapal dengan C<sub>B</sub> > 0.68

C <sub>B</sub>	=	0.5710	Tidak ada koreksi
----------------	---	--------	-------------------

#### 2. Depth (D)

L/15	=	0.46267	
D	=	1.27	m

jika,  $D < L/15$  ; tidak ada koreksi

jika,  $D > L/15$  ; lambung timbul standar ditambah dengan  $20 (D - L/15)$  cm

D > L/15 maka, lambung timbul menjadi

$$20 \left( D - \frac{L}{15} \right) = 16.147 \text{ cm}$$

Sehingga nilai lambung timbul menjadi  $Fb_2 = 5.744 + 13.427 = 21.6986667$  cm

#### 3. Koreksi Bangunan Atas

Kapal tidak memiliki bangunan atas, maka tidak ada koreksi bangunan atas.

Sehingga, koreksi pengurangan lambung timbul bangunan atas = 0 cm





Stabilitas							
No	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.1 Area 0 to 30</b>				Pass	
2		from the greater of					
3		spec. heel angle	0.00	deg	0		
4		to the lesser of					
5		spec. heel angle	30.00	deg	30		
6		angle of max. GZ	31.8	deg			
7		first downflooding angle	n/a	deg			
8		higher heel angle	30.00	deg			
9		required GZ area at higher heel angle	3.151	m.deg			
10		shall be greater than (>)	3.151	m.deg	22.4569	Pass	612.69
11							
12	HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.2 Angle of max. GZ</b>				Pass	
13		shall not be less than (>=)	10	deg	31.8	Pass	218.18
14							
15	HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.5 Area between GZ and HTL</b>				Pass	
16		Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
17		number of passengers: nPass =	0				
18		passenger mass: M =	0.075	tonne			
19		distance from centre line: D =	0	m			
20		cosine power: n =	0				
21		Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi)					
22		constant: a =	1				
23		vessel speed: v =	0	kn			
24		turn radius: R =	200	m			
25		h = KG - mean draft / 2	-0.066	m			
26		cosine power: n =	0				
27		Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
28		constant: a =	1.50102				
29		wind model	Pressure				
30		wind pressure: P =	56	Pa			
31		area centroid height (from zero point): h =	0	m			
32		additional area: A =	0	m^2			
33		height of lateral resistance: H =	0	m			
34		cosine power: n =	0				
35		Area integrated from the greater of					
36		angle of equilibrium (with heel arm)	0.0, 0.0	deg			
37		to the lesser of					
38		spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15.0 (15.0)	deg			
39		first downflooding angle	n/a	deg			
40		angle of vanishing stability (with heel arm)	12.4, 112.4	deg			
41		<b>Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than (&gt;=)...</b>				Pass	
42		<b>Hpc + Hw</b>	1.604	m.deg	6.4116	Pass	299.73
43		<b>Ht + Hw</b>	1.604	m.deg	6.4116	Pass	299.73
44		Intermediate values					
45		Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0		
46		Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0		
47		Model windage area		m^2	4.366		
48		Model windage area centroid height (from zero point)		m	0.98		
49		Total windage area		m^2	4.366		
50		Total windage area centroid height (from zero point)		m	0.98		
51		Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0.006		
52		Area under GZ curve, from 0.0 to 15.0 deg.		m.deg	6.4977		
53		Area under GZ curve, from 0.0 to 15.0 deg.		m.deg	6.4977		
54		Area under Hpc + Hw, from 0.0 to 15.0 deg.		m.deg	0.0861		
55		Area under Ht + Hw, from 0.0 to 15.0 deg.		m.deg	0.0861		
56							
57	HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2</b>				Pass	
58		Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
59		number of passengers: nPass =	0				
60		passenger mass: M =	0.075	tonne			
61		distance from centre line: D =	0	m			
62		cosine power: n =	0				
63		Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi)					
64		constant: a =	1				
65		vessel speed: v =	0	kn			
66		turn radius: R =	0	m			
67		h = KG - mean draft / 2	-0.066	m			
68		cosine power: n =	0				
69		Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
70		constant: a =	1.50102				
71		wind model	Pressure				
72		wind pressure: P =	56	Pa			
73		area centroid height (from zero point): h =	0	m			
74		additional area: A =	0	m^2			
75		H = mean draft / 2	0.335	m			
76		cosine power: n =	0				
77		<b>Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (&lt;=)...</b>				Pass	
78		<b>Wind heeling (Hw)</b>	10	deg	0	Pass	99.97
79		Intermediate values					
80		Model windage area		m^2	4.366		
81		Model windage area centroid height (from zero point)		m	0.98		
82		Total windage area		m^2	4.366		
83		Total windage area centroid height (from zero point)		m	0.98		
84		Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0.004		

## Perhitungan Trim

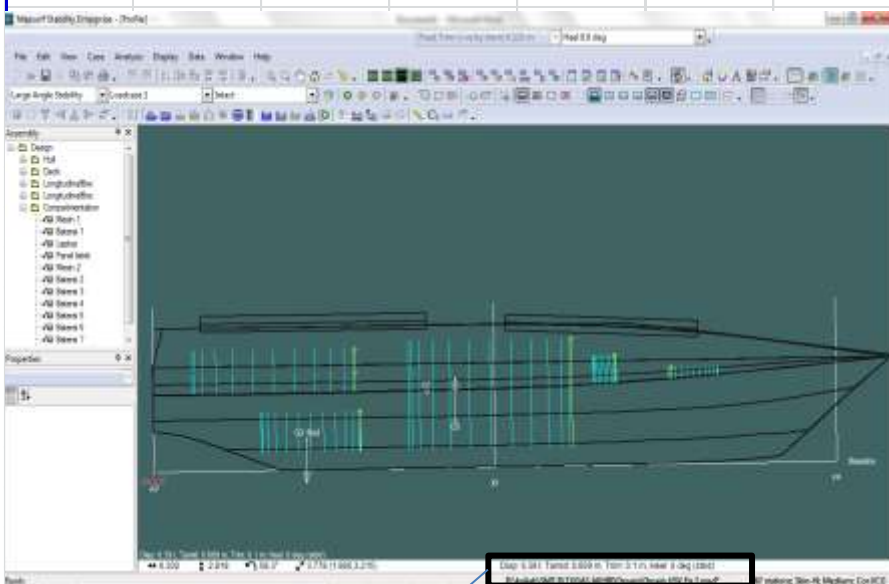
Adapun batasan untuk trim menurut aturan NVCS 2009 adalah dengan batasan  $< L_{pp}/50$

Input Data

$L_{pp} = 6.94 \text{ m}$

$L_{pp}/50 = 0.1388 \text{ m}$

Berdasarkan hasil perhitungan trim dengan menggunakan software maxsurf didapatkan nilai trim sebesar  $0.1 \text{ m}$  maka, perhitungan trim USV memenuhi standar aturan NVCS 2009



Disip: 6.391, Tamid: 0.569 m, Trim: 0.1 m, Heel: 0 deg (stbd)

D:\kuliah\SMT 8\TUGAS AKHIR\Desain\Desain USV Fir 2.msd\*

No	Nama Barang	Jumlah	Dimensi (mm)	Berat (kg)	Keterangan
1	Main Engine	2	1000x512x376	320	Inboard Motor Torqeedo 80 hp
2	Rudder	2 set	400x500	5	stainless steel (AISI 316)
3	Propeller	2 set	Ø 300	1	Spare propeller v19/p4000
4	High Voltage Battery	8	1660 x 964 x 171	2048	Torqeedo Deep Blue High-Voltage 345 V
5	12 V Battery	4	578x254x219	100	Untuk start-up baterai High Voltage & Komponen robotika kapal
6	Charger	1	316 x 220 x 94.2	6.2	Fast charger 1700 W - Power 26-104
7	On Shore Power Connection	1	100x50x80	0.5	asumsi
8	Regulator	1	150x100x30	0.2	Voltage Regulator - 12V
9	Sistem kelistrikan	1 set	500x300x50	3	asumsi
10	Laptop	1	348 x 243 x 272	2.1	Laptop Asus
11	Microcontroller	2 set	150x100x30	0.4	Ardupilot Mega, STM32F4
12	GPS	1	68.5 x 82.6 x 25	0.12	Eksternal
13	Router	1	148.5 x 113.5 x 25	0.2	N300 Multi WAN WiFi Router
14	Thermal Camera	1	300x50x30	30	TVC4510-2132-IP-S
			<b>TOTAL</b>	<b>2516.72</b>	

No	Sumber
1	<a href="http://www.torqeedo.com/en/products/inboards/deep-blue-40-80i-1800/M-3301-00.html">http://www.torqeedo.com/en/products/inboards/deep-blue-40-80i-1800/M-3301-00.html</a>
2	<a href="http://www.nauticexpo.com/prod/vetus/product-21508-215091.html">http://www.nauticexpo.com/prod/vetus/product-21508-215091.html</a>
3	<a href="http://www.torqeedo.com/en/products/accessories/propellers-and-fins/spare-propeller-v10-p350/1912-00.html">http://www.torqeedo.com/en/products/accessories/propellers-and-fins/spare-propeller-v10-p350/1912-00.html</a>
4	<a href="http://www.torqeedo.com/en/products/batteries/deep-blue-high-voltage-battery/4101-00.html">http://www.torqeedo.com/en/products/batteries/deep-blue-high-voltage-battery/4101-00.html</a>
5	<a href="http://www.torqeedo.com/en/products/batteries/power-26-104/2103-00.html">http://www.torqeedo.com/en/products/batteries/power-26-104/2103-00.html</a>
6	<a href="http://www.torqeedo.com/en/products/accessories/charging-equipment/fast-charger-1700-w---power-26-104/2210-00.html">http://www.torqeedo.com/en/products/accessories/charging-equipment/fast-charger-1700-w---power-26-104/2210-00.html</a>
7	-
8	<a href="https://www.sparkfun.com/products/12766">https://www.sparkfun.com/products/12766</a>
9	-
10	<a href="https://www.asus.com/id/">https://www.asus.com/id/</a>
11	<a href="http://www.ardupilot.co.uk/">http://www.ardupilot.co.uk/</a>
12	<a href="http://www.indogpstrack.com/gps-vessel-tracker-s-101/">http://www.indogpstrack.com/gps-vessel-tracker-s-101/</a>
13	<a href="http://www.dlink.co.id/product/n300-multi-wan-wifi-router-2/?lang=id">http://www.dlink.co.id/product/n300-multi-wan-wifi-router-2/?lang=id</a>
14	<a href="http://www.chinahpws.com/en/index.php?m=content&amp;c=index&amp;a=show&amp;catid=55&amp;id=34&amp;gclid=COLp0L2Qv9QCFdIWaAodgJcDCQ">http://www.chinahpws.com/en/index.php?m=content&amp;c=index&amp;a=show&amp;catid=55&amp;id=34&amp;gclid=COLp0L2Qv9QCFdIWaAodgJcDCQ</a>

PERHITUNGAN EQUIPMENT & OUTFITTING								
INPUT DATA :								
	Lpp =	6.94		Cb =	0.571			
	B =	1.00		Cm =	0.719			
	H =	1.27		Cp =	0.795			
	T =	0.50		Cw =	0.874			
	Fn =	1.246857		Lcb =	3.21			
Titik Berat Hull								
<i>Ref: Parametric ship design chapter 11, Watson dan Gilfilan hal 11-22</i>								
Berat 1 lambung		=	937.7991	kg				
LCG <sub>1 hull</sub>		=	- 0.15 + LCB					
		=	3.06	m	dari AP			
VCG <sub>1 hull</sub>		=	0.01D (46.6 + 0.135(0.81 - C <sub>B</sub> ) · (L/D) <sup>2</sup> ) + 0.008D(L/B - 6.5)					
		=	0.264089	m	dari baseline			
LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
937.799	3.055	0.264	411.035	0.404	0.630	187.560	3.055	0.264
Mesin			Equipment					
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]			
2474.000	-0.284	0.351	42.720	-0.295	0.887			

## Perhitungan Berat Total dan Titik Berat Total

<b>Berat Baja</b>			
W <sub>al</sub>	=	1.349	ton
<b>Berat Peralatan dan Perlengkapan</b>			
W <sub>E&amp;O</sub>	=	0.043	ton
<b>Berat Permesinan</b>			
W <sub>M</sub>	=	2.474	ton
<b>Berat LWT</b>			
LWT	=	W <sub>Al</sub> + W <sub>E&amp;O</sub> + W <sub>M</sub>	
	=	3.866 ton	
<b>Berat Total</b>			
W	=	LWT + DWT	
	=	3.866 ton	
<b>Berat DWT</b>			
DWT	=	0 ton	

Perhitungan :

Selisih Displacement & Berat Kapal = 0.22 ton

Selisih dalam % = 5.3%

Kondisi = **Accepted** (Batasan kondisi= 2-10%)



## Building Cost Calculation

*Ref: Pedoman Pembuatan Perkiraan Biaya (Cost Estimate), Direktorat Pengolahan,  
PERTAMINA*

**Input Data :**

Aluminium Weight = 1.349 ton

6063 aluminium sheet & plate for ship building  
 FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)  
**US \$2,500-4,539 / Ton** 1 Ton/Tons (Min. Order)  
 Supply Ability: 890 Ton/Tons per Week  
 Port: any port in China  
 Contact Supplier Start Order  
 Trade Assurance Payment protection On-time shipment Product quality protection

*Ref: Alibaba.com*

### Reference Cost

Yang dijadikan acuan dalam perhitungan adalah biaya Aluminium plate and profile

$$\text{\$ Aluminium Plate} = W_s \times UP_s$$

$$W_{AI} = \text{AluminiumWeight} \qquad \%_s = \% \text{ biaya Aluminium dari biaya total}$$

$$= 1.349 \text{ ton} \qquad = 21.00 \%$$

$$UP_{AI} = \text{Unit Price for Aluminium}$$

$$= \$3519.50 / \text{ton}$$

$$\text{\$ Aluminium Plate} = \$4,747.22$$

### Example of Detail Cost Calculation

Perhitungan dilakukan dengan melakukan perbandingan antara persentase detail dengan reference cost, dalam hal ini yang dijadikan acuan adalah Aluminium plate and profile cost

$$\text{\$ Detail} = (\% \text{ Detail} / \% \text{ Reference}) \times \text{\$ Reference}$$

ex:

Ingin mencari biaya detail dari design cost (\$ Design)

$$\% \text{ Detail} = \% \text{ Design}$$

$$= 3.00 \% \text{ (Total Cost)}$$

$$\% \text{ Reference} = \% \text{ Aluminium Plate and Profile}$$

$$= 21.00 \% \text{ (Total Cost)}$$

$$\text{\$ Reference} = \text{\$ Aluminium Plate and Profile}$$

$$= \$4,747.22$$

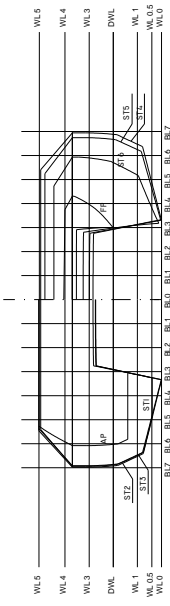
$$\% \text{ Design} = (003 / 021) \times 4,747$$

$$= \$678.17$$

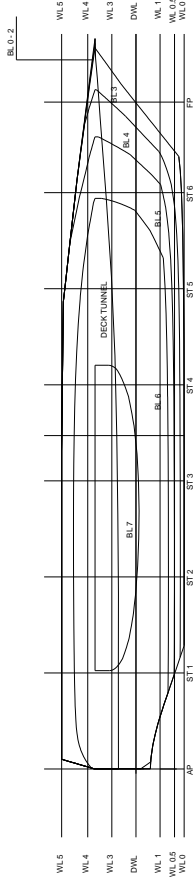
<b>Table of Building Cost Calculation Calculation</b>			
<b>SUMMARY CONCEPTUAL ESTIMATE - SEA WATER (SW)</b>			
<b>Cost</b>	<b>Detail</b>	<b>%</b>	<b>\$</b>
<b>DIRECT COST</b>	<b>1. Hull Part</b>		
	1.a. Aluminium plate and profile	21.00	\$4,747.22
	1.b. Hull outfit, deck machiney and accommodation	7.00	\$1,582.41
	1.c. Paint and cathodic protection/ICCP	2.00	\$452.12
	1.d. Coating (BWT only)	1.50	\$339.09
	1.e. Hull spare part, tool, and inventory	0.30	\$67.82
	<b>Subtotal (1)</b>	<b>31.80</b>	<b>\$7,188.65</b>
	<b>2. Machinery Part</b>		
	2.a. Propulsion system and accessories	12.00	\$2,712.70
	2.b. Main engine and accessories	3.50	\$791.20
	2.c. Machinery spare part and tool	0.50	\$113.03
	<b>Subtotal (2)</b>	<b>16.00</b>	<b>\$3,616.93</b>
	<b>3. Electric Part</b>		
	3.a. Electric power source and accessories	3.00	\$678.17
	3.b. Lighting equipment	1.50	\$339.09
	3.c. Radio and navigation equipment	2.50	\$565.15
	3.d. Cable and equipment	1.00	\$226.06
	3.e. Electric spare part and tool	0.20	\$45.21
	<b>Subtotal (3)</b>	<b>8.20</b>	<b>\$1,853.68</b>
<b>4. Construction cost</b>			
Consumable material, rental equipment and labor	20.00	\$4,521.16	
<b>Subtotal (4)</b>	<b>20.00</b>	<b>\$4,521.16</b>	
<b>5. Launching and testing</b>			
<b>Subtotal (5)</b>	<b>1.00</b>	<b>\$226.06</b>	
<b>6. Inspection, survey and certification</b>			
<b>Subtotal (6)</b>	<b>1.00</b>	<b>\$226.06</b>	
<b>TOTAL I (sub 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)</b>	<b>78.00</b>	<b>\$17,632.53</b>	
<b>INDIRECT COST</b>	7. Design cost	3.00	\$678.17
	8. Insurance cost	1.00	\$226.06
	9. Freight cost, import duties, IDC, Q/A, guarantee engineer, handling fee, guarantee & warranty cost.	2.50	\$565.15
	<b>TOTAL II (sub 7+ 8 + 9)</b>	<b>6.50</b>	<b>\$1,469.38</b>
<b>MARGIN</b>	<b>TOTAL III</b>	<b>5.00</b>	<b>\$1,130.29</b>
<b>GRAND TOTAL (I + II + III)</b>		<b>89.50</b>	<b>\$20,232.20</b>

**LAMPIRAN B**  
**DESAIN USV PLAT-N**

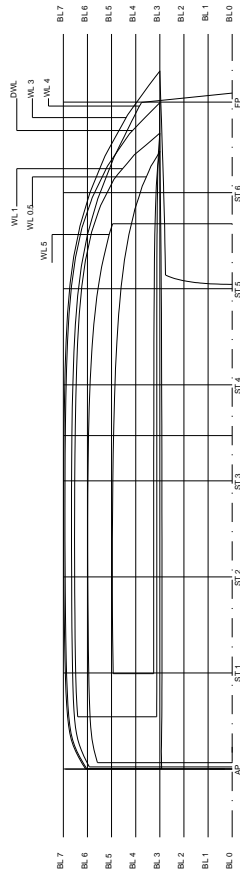
# BODY PLAN




# SHEER PLAN



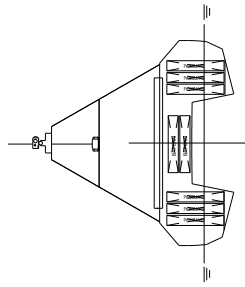
# HALF-BREADTH PLAN



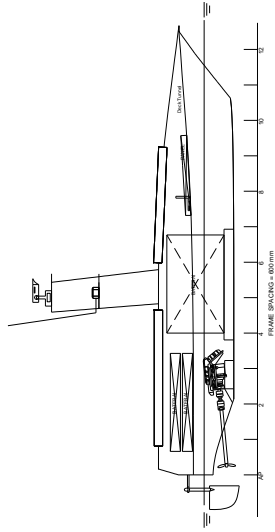
PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	USV
LENGTH OF OVERALL	7.00m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	6.00m
BREADTH	3.00m
HEIGHT (H)	1.27m
DRAUGHT (D)	0.60m
DISPLACE (DIS)	30 TONNE
CONV. WEIGHTS	1 : 100MP

 DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
<b>USV PLAT-N</b>	
<b>LINES PLAN</b>	
SCALE	DATE
DRAWN	DATE REVISION
APPROVED	BY YUSRI DA'ARIFAH A.S.S., Ph.D.
	BY

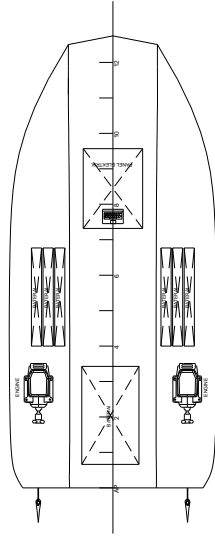
FRONT VIEW



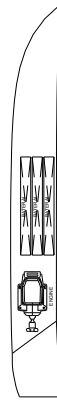
PROFILE VIEW



DECK TUNNEL



DEMIHULL



PRINCIPAL DIMENSIONS	
DISPLACEMENT	1000
LENGTH	10.00
BREADTH	2.00
DEPTH	1.00
WATERLINE LENGTH	10.00
WATERLINE BREADTH	2.00
WATERLINE DEPTH	1.00
WATERLINE AREA	10.00
WATERLINE PERIMETER	14.00

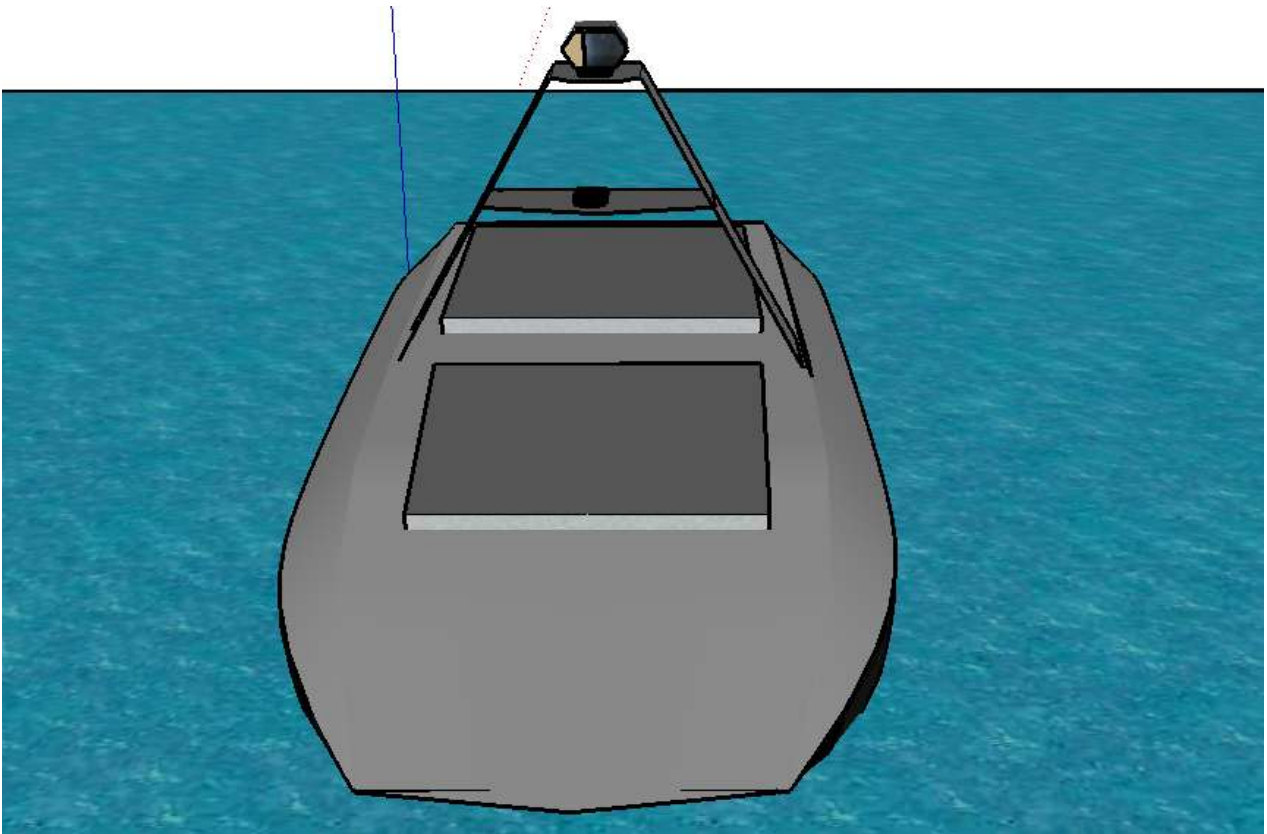
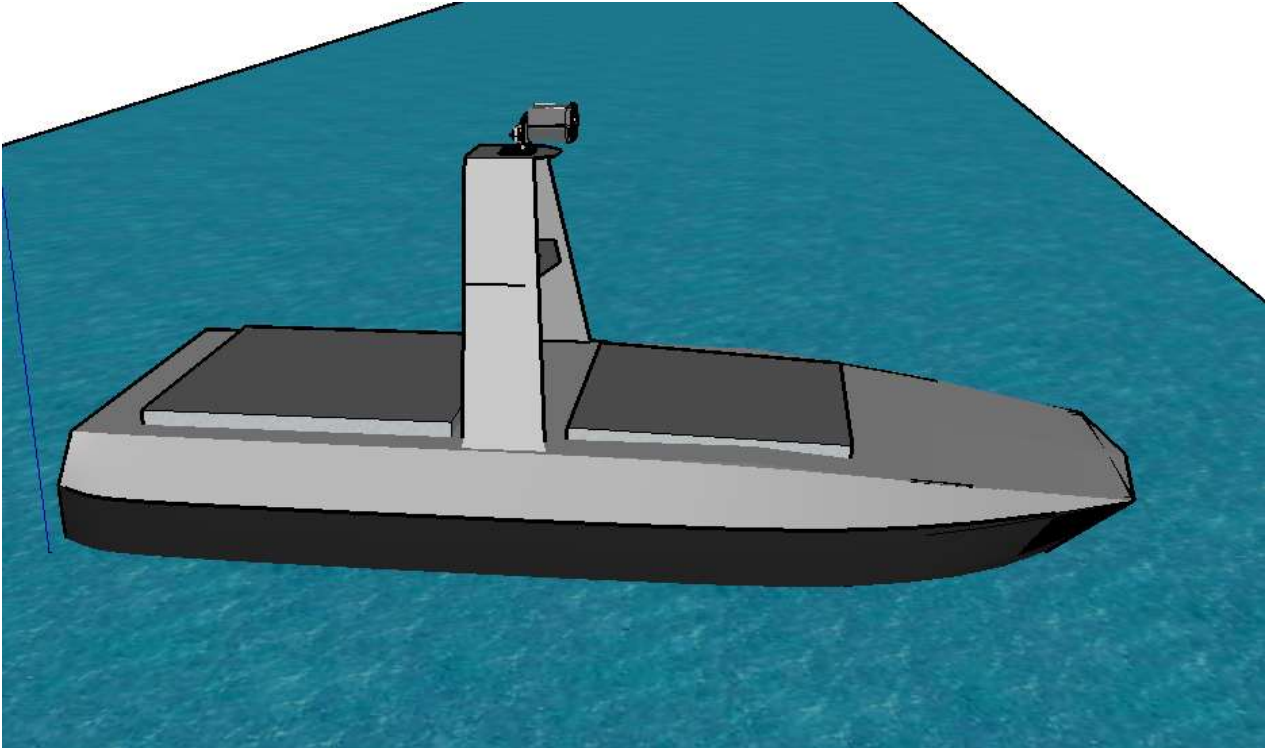
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING  
 FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

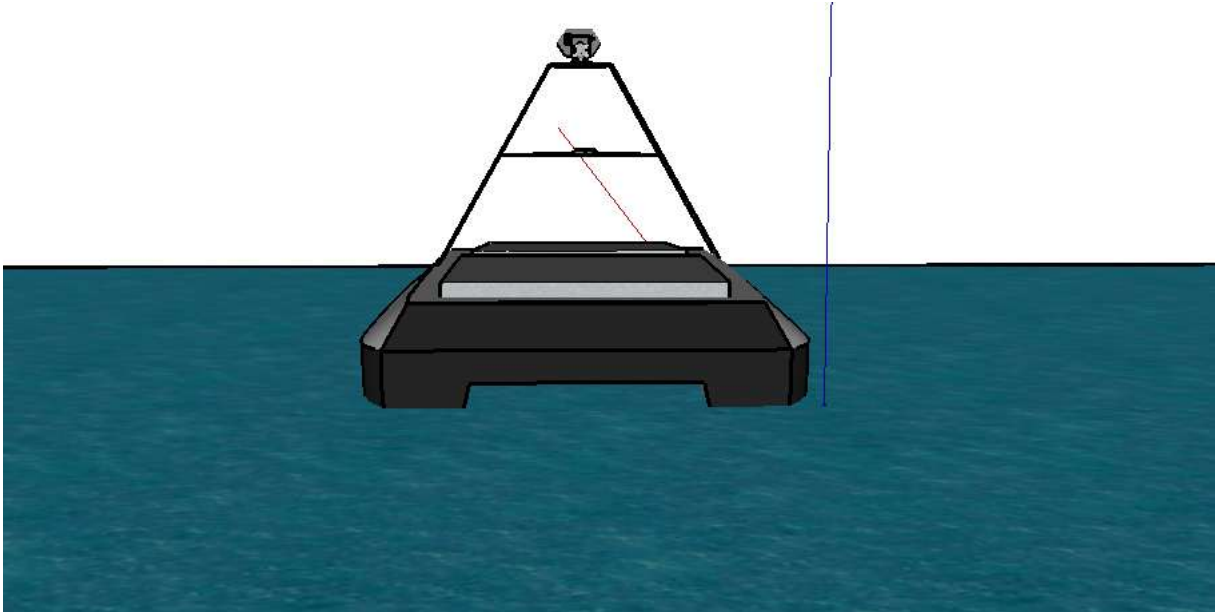
USV PLAT-N

GENERAL ARRANGEMENT

SCALE	DATE	REVISION
1:1		
DATE		
APPROVED		

DESIGNED BY: [Name]  
 CHECKED BY: [Name]  
 APPROVED BY: [Name]





## BIODATA PENULIS



**DWIKO HARDIANTO** dilahirkan di Pasuruan, 20 Oktober 1995. Penulis merupakan anak ke-2 dari 2 bersaudara dalam keluarga. Dibesarkan di “Kota Santri” Pasuruan dan menamatkan pendidikan formal tingkat SD di SDN Kandang Sapi 2 Pasuruan, tingkat SMP di SMPN 3 Pasuruan dan tingkat SMA di SMAN 1 Pasuruan hingga melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis diterima di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS pada tahun 2013 melalui jalur Program Kemitraan dan Mandiri.

Di Jurusan Teknik Perkapalan, Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, Penulis aktif berkegiatan di Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan (HIMATEKPAL) sebagai kepala divisi Biro Hydromodelling 2014-2015, Wakil Kepala Biro Hydromodelling 2015-2016. Untuk kepanitiaan dalam acara di Institut antara lain menjadi Koordinator Acara Nasdarc SAMPAN 9 ITS tahun 2015. Penulis juga sempat mengikuti beberapa pelatihan , baik pelatihan pembentukan *soft skill* seperti LKMM dan pelatihan yang menunjang kebutuhan akademis selama perkuliahan, seperti pelatihan perangkat lunak AutoCAD dan Maxsurf. Penulis pernah mengikuti perlombaan kapal cepat RC Nasional dan perlombaan solarboat di Jepang.

Email: [dwiko.pd@gmail.com](mailto:dwiko.pd@gmail.com) / [dwikohardianto.95@gmail.com](mailto:dwikohardianto.95@gmail.com)

Phone: +62 857 558 2001