



TUGAS AKHIR - MN 141581

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

**Fajar Ramadhan
NRP 4113100052**

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

**Fajar Ramadhan
NRP 4113100052**

**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
DETAIL DESIGN STAGE FOR MONITORING INDONESIAN
SEA TERRITORIAL**

**Fajar Ramadhan
NRP 4113100052**

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

TUGAS AKHIR

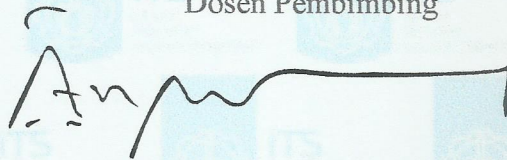
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

FAJAR RAMADHAN
NRP 4113100052

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

TUGAS AKHIR

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

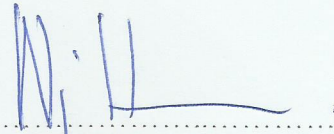
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

FAJAR RAMADHAN
NRP 4113100052

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng



2. Hasanudin, S.T., M.T.

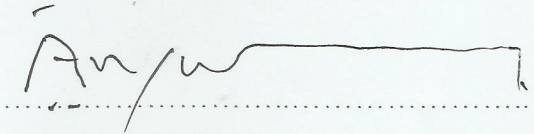


3. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



SURABAYA, 20 JULI 2017

Dipersembahkan untuk Keluarga, Almamater dan Bangsa

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir “**Pembuatan Detail 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 motivasi yang diberikan selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng; Hasanudin, S.T., M.T.; dan Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan Tugas Akhir ini;
3. Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya dan pemberian ijin dalam menggunakan fasilitas laboratorium selama pengerjaan Tugas Akhir ini;
4. Ir. I Ketut Suastika, S.T., M.T. selaku Dosen Wali atas bimbingan selama masa perkuliahan di Teknik Perkapalan FTK – ITS Surabaya;
5. Ardi Nugroho, S.T., M.T. selaku Dosen Desain Kapal yang telah memberikan berbagai masukan dalam menunjang perbaikan Tugas Akhir ini;
6. Keluarga Penulis, Ibu Wiwit Widianingsih, Bapak Siswanto, Adik Assakinah Siscahyaningsih yang telah memberikan doa dan dukungan baik moril maupun materil hingga penulis dapat meraih masa depan;
7. Putri Atika Afif atas waktu dan kebersamaannya serta motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
8. Dwiko Hardianto dan Ericza Damaranda sebagai teman satu tim *USV* yang telah banyak membantu. Dwi Agustin, Rizky Ramadhan, dan Bambang Kristanto atas bantuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, beserta teman – teman Submarine (P53) lainnya yang telah senantiasa menemani penulis selama masa perkuliahan;
9. Edo, dan Andre selaku teman - teman seperjuangan bimbingan Tugas Akhir;
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

Fajar Ramadhan

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

Nama Mahasiswa : Fajar Ramadhan
NRP : 4113100052
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara maritim, dengan total luas wilayah laut terbesar di dunia. Sehingga diperlukannya kapal patroli sebagai kapal pengintai yang dapat menjaga kedaulatan wilayah laut Indonesia yang akhir - akhir ini sedang ramai diperbincangkan. Di era teknologi dan komunikasi yang semakin berkembang ini, tugas manusia semakin terbantu dengan hadirnya teknologi yang semakin berkembang pesat. Dimana teknologi ini sudah mulai masuk pada dunia transportasi yang salah satunya adalah teknologi kapal tanpa awak atau yang biasa disebut *Unmanned Surface Vehicle*. Katamaran merupakan jenis kapal dengan lambung banyak (multi hull) yang dapat dikembangkan pada perairan Indonesia karena memiliki berbagai kelebihan. Dengan kecepatan tinggi, maka kapal diharuskan memiliki konstruksi yang kuat. Dalam perencanaan pembangunan kapal tanpa awak tersebut menggunakan sistem konstruksi melintang, dimana sistem konstruksi ini banyak digunakan pada kapal – kapal kecil pada umumnya (kurang dari 24 meter). Sehingga diperoleh berat ukuran konstruksi kapal tanpa awak tersebut sebesar 1.54 ton, dengan jarak gading sebesar 600 mm, profil gading biasa menggunakan profil “I 50x6” dan “I 50x7” mm. Sedangkan profil gading besar menggunakan profil “L 60x40x5” dan “L 60x40x6” mm. Dari hasil tersebut, konstruksi katamaran kapal tanpa awak telah memenuhi standart kelas Biro Klasifikasi Indonesia tentang aturan konstruksi kapal kecil dibawah 24 meter dan perhitungan berat komponen konstruksi tidak melebihi dari displasmen kapal dengan sarat yang telah ditentukan. Biaya pembangunan kapal baru sebesar Rp 5,953,791,605.52 dengan spesifikasi sistem propulsi elektrik, sehingga kapal ini layak untuk dibangun.

Kata kunci: Perairan Indonesia, Kapal Tanpa Awak, Katamaran, Konstruksi Melintang

DESIGN OF UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV) AT DETAIL DESIGN STAGE FOR MONITORING INDONESIAN SEA TERRITORIAL

Author : Fajar Ramadhan
ID No. : 4113100052
Dept. / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Indonesia is a maritime country with the biggest sea territory in the world. Patrol boat is needed as a scout boat as a guardian of Indonesian sea territory. Nowadays, human's duties are already assisted by advanced technology and communication. One of the many effect of these technologies in transportation sector is the development of Unmanned Surface Vehicle. Catamaran, a type of vessel with multi-hull, can be developed in Indonesian sea for its many advantages. The vessel have to have a strong construction in order to conduct a high speed operations. The Unmanned Surface Vessel designed in this final project is built with transverse framing system, a system usually used by small vessels (less than 24 m), with the construction weight of 1.54 ton, frame spacing of 600 mm, ordinary frames using "I 50x6" and "I 50x7", and web frame using "L 60x40x5" and "L 60x40x6". These results meets the BKI requirements about small vessels under 24 m construction and the weight added of construction components are not exceed the displacement of the vessel. The ship building cost is Rp 5,953,791,605.52 with specification of electrical propulsion system, so the ship is feasible to the built.

Keywords: Indonesian Sea Territorial, *Unmanned Surface Vehicle*, Catamaran, Transverse Framing System

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 TABEL	xii
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	3
I.5. Manfaat	3
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. Aluminium.....	6
II.1.3. Pengertian Konstruksi	8
II.1.4. Macam – Macam Konstruksi Kapal	9
II.1.5. Perhitungan Konstruksi Kapal Kecil	13
II.1.5.1. Perhitungan Umum untuk Lambung Kapal	14
II.1.5.2. Penggunaan Peraturan Lambung Logam untuk Kapal Kecil.....	18
II.1.5.3. Peraturan dan Perhitungan Sekat Kedap pada Lambung Kapal	19
II.1.5.4. Perhitungan Tebal Pelat Kulit.....	20
II.1.5.5. Perhitungan Struktur Alas.....	21
II.1.5.6. Perhitungan Gading	22
II.1.5.7. Perhitungan Pelat Geladak Penghubung.....	23
II.1.5.8. Perhitungan Struktur Geladak Utama	23
II.1.5.9. Perhitungan Struktur Bangunan Atas	24
II.1.6. Perhitungan Stabilitas	25
II.2. Tinjauan Pustaka	28
II.2.1. Operational Requirement.....	28
II.2.2. Analisis Biaya Pembangunan Kapal.....	29
Bab III METODOLOGI	31
III.1. Diagram Alir	31
III.2. Tahap Pengerjaan.....	32
III.2.1. Tahap Identifikasi Masalah.....	32
III.2.2. Tahap Studi Literatur	32
III.2.3. Tahap Pengumpulan Data	32

III.2.4.	Tahap Pengolahan Data	33
III.2.5.	Tahap Perencanaan	33
III.2.6.	Perhitungan Biaya	33
III.2.7.	Kesimpulan dan Saran	34
Bab IV	ANALISIS TEKNIS	35
IV.1.	Umum	35
IV.2.	Penentuan Jenis Aluminium	35
IV.3.	Penentuan Jenis Konstruksi	37
IV.4.	Perhitungan Konstruksi Kapal Kecil.....	39
IV.4.1.	Perhitungan Beban pada Lambung Kapal	39
IV.4.2.	Perhitungan Beban pada Geladak dan Bangunan Atas Kapal	40
IV.4.3.	Perhitungan Beban pada Geladak Penghubung Lambung Kapal	40
IV.4.4.	Perhitungan dan Perencanaan Bulkheads	40
IV.4.5.	Perhitungan Faktor Material dan Penambahan Sifat Korosi.....	41
IV.4.6.	Perhitungan dan Perencanaan Struktur Alas.....	42
IV.4.7.	Perhitungan dan Perencanaan Struktur Sisi	43
IV.4.8.	Perhitungan dan Perencanaan Struktur Geladak.....	44
IV.4.9.	Rekapitulasi Konstruksi	45
IV.5.	Pembuatan Penampang Melintang Kapal	46
IV.6.	Perhitungan Koreksi Berat Kapal	47
IV.7.	Perhitungan Koreksi Trim dan Stabilitas Kapal	48
IV.8.	Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal	51
Bab V	KESIMPULAN DAN SARAN	55
V.1.	Kesimpulan	55
V.2.	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57

LAMPIRAN

LAMPIRAN A	PERHITUNGAN TEKNIS
LAMPIRAN B	GAMBAR PENAMPANG MELINTANG
LAMPIRAN C	GAMBAR 3D MODEL KONSTRUKSI
BIODATA	PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 <i>Unmanned Surface Vehicle</i>	6
Gambar II.2 <i>Speed Boat</i> Aluminium JAL 1028	8
Gambar II.3 Sistem Konstruksi Kapal.....	9
Gambar II.4 Sistem Konstruksi Melintang.....	10
Gambar II.5 Sistem Konstruksi Memanjang	11
Gambar II.6 Sistem Konstruksi Campuran.....	12
Gambar II.7 Definisi Panjang Konstruksi Kapal.....	14
Gambar II.8 Perbandingan Stabilitas pada Kapal <i>Monohull</i> dan Kapal <i>Catamaran</i>	28
Gambar IV.1 Konsep Desain <i>Unmanned Surface Vehicle (USV)</i>	38
Gambar IV.2 Detail Desain <i>Unmanned Surface Vehicle (USV)</i>	39
Gambar IV.3 Perencanaan Letak Sekat Tubrukan dan Sekat Depan Kamar Mesin	41
Gambar IV.4 Contoh Penampang Melintang Konstruksi Kapal	47
Gambar IV.5 <i>General Arrangement</i> USV “PLAT-N”	49
Gambar IV.6 Cara Peletakan 1 Baterai pada <i>Demihull</i>	49
Gambar IV.7 Perencanaan Ulang Penempatan Baterai	50

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Beban pada Lambung Kapal.....	17
Tabel II.2 <i>Correction Factors for Speed</i>	17
Tabel II.3 <i>Deck and Superstructure Loadings</i>	17
Tabel II.4 Sifat Material <i>Aluminium Alloy</i>	18
Tabel II.5 Nilai Konstanta Perhitungan Sekat Kedap.....	20
Tabel II.6 Tebal Pelat Sisi dan Alas	20
Tabel II.7 <i>Modulus Wrang / Floor</i>	21
Tabel II.8 Modulus Gading	22
Tabel IV.1 Perbandingan Aluminium Series.....	36
Tabel IV.2 Rekapitulasi Konstruksi	45
Tabel IV.3 Kondisi <i>Trim</i> pada 1 Loadcase.....	50
Tabel IV.4 Stabilitas Kapal	51
Tabel IV.5 Perincian Luasan Pelat dan Profil	51
Tabel IV.6 Biaya Pembangunan Awal	52
Tabel IV.7 Biaya Total Investasi Kapal	53

DAFTAR SIMBOL

L_H	=	jarak antara bagian paling depan dan bagian paling belakang dari kapal [m]
L_{WL}	=	jarak antara bagian paling depan dan bagian paling belakang pada perotongan kapal dengan bidang garis air [m]
L	=	panjang konstruksi kapal [m]
B	=	lebar kapal [m]
H	=	tinggi kapal [m]
T	=	sarat kapal [m]
S	=	jarak antara demihull [m]
F_b	=	dinding kapal yang tidak tenggelam [m]
a	=	jarak gading [m]
v	=	kecepatan kapal [kn]
Δ	=	displacement kapal [t]
D	=	berat displacement kapal atau berat lightweight dan deadweight [ton]
ρ	=	berat jenis air yang dipindahkan [t/m^3]
V	=	volume yang tercelup dalam bidang garis air [m^3]
P_d	=	beban yang bekerja pada kapal [kN/m^2]
F_v	=	faktor koreksi kecepatan
P_{dD}	=	beban yang bekerja pada geladak dan bangunan atas kapal [kN/m^2]
P_{sl}	=	beban yang bekerja pada geladak penghubung lambung kapal [kN/m^2]
k	=	material faktor
$R_{p0.2}$	=	0.2 % yield strength of the aluminium alloy in [N/mm^2]
R_m	=	ultimate tensile strength of the aluminium alloy in [N/mm^2]
t	=	tebal pelat [mm]
t_k	=	Penambahan tebal akibat korosi [mm]
a	=	stiffener spacing in [m]
W	=	Modulus penegar / penguat [cm^3]
h_1	=	pressure head in [m] measured from bulkhead bottom edge up to bulkhead deck
h_2	=	pressure head in [m] measured from the center of the stiffener up to the bulkhead deck
l	=	panjang penegar / penguat dalam / panjang tidak ditumpu [m]
b	=	lebar minimum pelat lunas [mm]
N	=	power tiap mesin utama [kW]
F_T	=	luasan pelat dudukan mesin utama [cm^2]
LCG	=	jarak titik berat kapal secara memanjang kapal [m]
VCG	=	jarak titik berat kapal secara vertikal kapal berdasarkan <i>baseline</i> kapal [m]
LCB	=	jarak titik <i>bouyancy</i> kapal secara memanjang kapal [m]
VCB	=	jarak titik <i>bouyancy</i> kapal secara vertikal berdasarkan <i>baseline</i> kapal [m]

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia dikenal sebagai Negara Maritim atau Negara Kepulauan terbesar di dunia dengan total luas negara sebesar 5.193.250 km² yang mencakup luas daratan dan lautan. Dimana ²/₃ luas Indonesia adalah lautan dengan luasan sebesar 3.257.483 km² (Wikipedia,2016). Sehingga banyak pulau – pulau di Indonesia yang terpisah karena lautan. Lautan Indonesia pun memiliki batas sesuai hukum laut Internasional, yaitu dengan menggunakan teritorial laut sepanjang 12 mil laut serta Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) sepanjang 200 mil laut yang searah dengan penjuruan mata angin. Hal ini harus mendapat perhatian khusus dari pemerintah untuk mengamankan kedaulatan negara. Alat Utama Sistem Senjata atau dikenal dengan ALUTSISTA menjadi kunci utama penjaga keamanan negara. Sehingga diperlukannya kapal patroli sebagai kapal pengintai yang dapat menjaga kedaulatan wilayah laut Indonesia yang akhir-akhir ini sedang ramai diperbincangkan, mulai dari penculikan Indonesia di wilayah perbatasan, penyelundupan barang ilegal, hingga kasus ilegal fishing oleh negara lain.

Sementara, masalah yang dihadapi oleh TNI AL sebagai institusi yang berwenang dalam pertahanan laut adalah terbatasnya jumlah kapal patroli, jumlah personil, 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 tanpa awak. Dengan adanya teknologi kapal tanpa awak atau yang biasa disebut *Unmanned Surface Vehicle*, maka kapal tersebut diharapkan dapat menggantikan tugas manusia dalam melakukan tugasnya yang berarti dapat mengurangi jumlah personil sehingga kebutuhan dana dapat dialihkan untuk menambah jumlah armada kapal patroli *USV*.

Sebagai platform dari *USV* ini adalah kapal dengan tipe katamaran. Katamaran merupakan jenis kapal dengan lambung banyak (multi hull) yang dapat dikembangkan pada perairan Indonesia karena berbagai kelebihan yang dapat diberikan, yaitu tersedianya luas permukaan geladak yang besar, tingkat stabilitas yang lebih baik, dan

dapat dikembangkan untuk bergerak pada kecepatan tinggi. Salah satu pengembangan konfigurasi baru dari katamaran yaitu katamaran lambung tak sejajar.

Pada pembuatan "*Konsep Desain Unmanned Surface Vehicle (USV)*", perencanaan kapal patroli tersebut hanya sebatas konsep lambung katamaran yang akan digunakan. Konsep lambung tersebut hanya meliputi bentuk lambung katamaran yang dapat menampung komponen – komponen yang dapat membantu tugas TNI AL tersebut.

Unmanned surface vehicle harus memiliki bentuk dan konstruksi yang dapat mengapung di atas air dengan kecepatan dan kapasitas tertentu. Dalam proses pembuatan kapal tersebut, diperlukan sebuah sistem perancangan konstruksi, bentuk dan desain detail yang sempurna. Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai bentuk konstruksi katamaran dalam membantu tugas TNI AL untuk memonitoring perairan Indonesia sebagai lanjutan dari pembuatan "*Konsep Desain Unmanned Surface Vehicle (USV)*".

I.2. Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana kajian teknis *bagiaan – bagian konstruksi Unmanned Surface Vehicle (USV)* dalam membantu tugas TNI AL untuk memonitoring perairan Indonesia?
2. Bagaimana desain *penampang melintang konstruksi Unmanned Surface Vehicle (USV)* dalam membantu tugas TNI AL untuk memonitoring perairan Indonesia?
3. Bagaimana desain 3D Model Unmanned Surface Vehicle (USV) dalam membantu tugas TNI AL untuk memonitoring perairan Indonesia?
4. Bagaimana analisa biaya pembangunan dari *Unmanned Surface Vehicle (USV)* dalam membantu tugas TNI AL untuk memonitoring perairan Indonesia?

I.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan kajian teknis bagian – bagian konstruksi *Unmanned Surface Vehicle (USV)* dalam membantu tugas TNI AL untuk memonitoring perairan Indonesia.
2. Mendapatkan desain penampang melintang konstruksi *Unmanned Surface Vehicle (USV)* dalam membantu tugas TNI AL untuk memonitoring perairan Indonesia.
3. Mendapatkan desain 3D Model *Unmanned Surface Vehicle (USV)* dalam membantu tugas TNI AL untuk memonitoring perairan Indonesia.

4. Mengetahui analisa biaya pembangunan dari *Unmanned Surface Vehicle (USV)* dalam membantu tugas TNI AL *untuk* memonitoring perairan Indonesia.

I.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Detail Desain hanya sebatas Konstruksi.
2. Analisis dan pengolahan data kapal menggunakan bantuan *software Maxsurf* dan *software Autodesk Inventor*.
3. Fungsi *Unmanned Surface Vehicle (USV)* ini hanya sebagai monitoring perairan Indonesia (non – tempur).
4. Komponen *Surveillance* hanya sebatas gambaran umum saja (komponen utama).
5. Data yang digunakan adalah data sekunder yang mengacu pada laporan tugas akhir berjudul “Pembuatan Konsep Desain *Unmanned Surface Vehicle (USV)* untuk Monitoring Wilayah Perairan Indonesia” disusun oleh Dwiko Hardianto (2017).

I.5. Manfaat

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

1. Mendukung penelitian tentang kapal tanpa awak di Indonesia.
2. Mendukung tugas pemerintahan Indonesia dalam menjaga keamanan dan kedaulatan perairan Indonesia khususnya TNI AL, dengan tugas memonitoring perairan.
3. Menambah wawasan tentang kapal tanpa awak yang akan dimiliki oleh TNI AL sebagai ALUTSISTA di Indonesia.

I.6. Hipotesis

Detail desain *Unmanned Surface Vehicles (USV)* ini diharapkan dapat menunjang pembuatan *USV* dalam membantu tugas patroli TNI AL untuk melindungi keamanan dan kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) yang dapat dikembangkan pada perairan Indonesia.

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) merupakan sebuah wahana tanpa awak yang dapat dioperasikan pada permukaan air (Wikipedia, 2016). USV dikendalikan otomatis melalui Ground Control Station (GCS) secara real time melalui telemetri dengan dioperasikan secara manual maupun memberikan masukan waypoint / lokasi – lokasi yang akan dituju.

Hampir seluruh negara sudah menggunakan bantuan kapal tanpa awak dalam menjalankan tugas di berbagai bidang. Sebagai contoh penggunaan kapal tanpa awak di bidang militer seperti halnya patroli perairan teritorial, anti kapal selam, dan masih banyak lainnya. Kapal tanpa awak tidak hanya digunakan sebagai kapal militer, melainkan dapat digunakan sebagai kapal riset, survey, inspeksi keadaan sekitar sungai, survey seismic, operasi penyelamatan, dan masih banyak lainnya. Tujuan dari penggunaan kapal tanpa awak ini yaitu untuk mengurangi risiko kepada kru atau awak badan kapal (ABK) yang bertugas. Pada saat ini, Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang banyak melakukan penelitian mengenai *Unmanned Surface Vehicle (USV)*. Salah satu contoh penelitian yang dilakukan oleh Nugroho, G. N. (2011) mengenai perancangan *steering* sebuah *Unmanned Surface Vehicle (USV)*, dihasilkan sebuah perhitungan yang dapat digunakan dalam mendesain sistem *steering* dalam hal ini rudder pada sebuah Unmanned Surface Vehicle atau kapal tanpa awak (Suja, 2015).

Pada setiap kapal tanpa awak harus terintegrasi dengan sensor posisi GPS, sonars (pendeteksi barang – barang yang ada disekitar kapal), dan kamera pengintai yang dapat digunakan untuk memudahkan pengoperasian kapal tanpa awak tersebut dilingkungan yang belum diketahui secara detail pada peta, serta juga dapat menghindari rintangan

yang diam maupun bergerak. Kapal tanpa awak tersebut juga diharuskan dapat beroperasi di berbagai kondisi cuaca maupun pada kondisi malam hari. Dalam pembuatan kapal tanpa awak, perangkat sistem propulsi maupun sistem tambahan yang digunakan dalam kapal tersebut dapat menyesuaikan dengan tugas yang akan dilakukan oleh kapal tanpa awak tersebut. Sehingga sistem yang terintegrasi pada kapal dan control ground station harus dapat memenuhi kriteria pengiriman jarak jauh operasional pada kapal tanpa awak tersebut.



Gambar II.1 *Unmanned Surface Vehicle*
Sumber: www.id.pinterest.com

Gambar II.1 merupakan salah satu contoh bentuk Unmanned Surface Vehicle (USV) yang digunakan sebagai monitoring wilayah perairan.

II.1.2. Aluminium

Pelat Aluminium adalah bahan logam berbentuk lembaran yang ringan dan kuat serta mudah dalam pengerjaan dan perawatan. Pelat aluminium sangat cocok digunakan di daerah tropis karena memiliki sifat yang tahan terhadap segala cuaca serta tidak mudah terbakar. Pelat aluminium ini juga mudah di bentuk dan dikerjakan. Pelat aluminium tersebut telah menjadi pilihan utama sebagai material yang sangat dibutuhkan dibanyak bidang industry serta harganya yang lebih murah dibandingkan dengan stainless steel. Berikut merupakan beberapa bidang industry yang terkait dengan penggunaan pelat aluminium antara lain:

- ✓ Industri alat – alat dapur,
- ✓ Perusahaan Konstruksi Reklame,
- ✓ Perusahaan Konstruksi Bangunan,
- ✓ Perusahaan Insulation,

- ✓ Perusahaan Metal Stamping,
- ✓ Perusahaan Galangan Kapal,
- ✓ Dan lain sebagainya.

Kekuatan tarik aluminium murni adalah sebesar 90MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tarik berkisar hingga 600Mpa. Jenis dan pengaruh unsur – unsur paduan terhadap perbaikan sifat aluminium antara lain:

1. Silikon (Si)

Dengan atau tanpa paduan lainnya silikon mempunyai ketahanan terhadap korosi. Bila bersama aluminium ia akan mempunyai kekuatan yang tinggi setelah perlakuan panas, tetapi silikon mempunyai kualitas pengerjaan mesin yang jelek. Selain itu juga mempunyai koefisien panas yang rendah.

2. Tembaga (Cu)

Dengan unsur tembaga tersebut akan meningkatkan kekerasannya dan kekuatannya karena dapat memperhalus struktur butir dan akan mempunyai kualitas pengerjaan mesin yang baik, keuletan yang baik dan mudah dibentuk.

3. Magnesium (Mg)

Dengan unsur magnesium tersebut akan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan kualitas pengerjaan mesin yang baik, mudah di las serta menambah kekuatan yang cukup bagi aluminium tersebut.

4. Nikel (Ni)

Dengan unsur nikel tersebut membuat aluminium dapat bekerja pada temperature yang tinggi, biasanya digunakan untuk piston dan silinder head pada motor.

5. Mangan (Mn)

Dengan unsur mangan tersebut membuat aluminium sangat mudah untuk dibentuk, tahan korosi baik, sifat dan mampu lasnya baik.

6. Seng (Zn)

Biasanya unsur seng tersebut ditambahkan bersama – sama dengan unsur tembaga dalam prosentase yang kecil.

7. Ferro (Fe)

Penambahan unsur ferro tersebut dimaksud untuk mengurangi penyusutan, tapi penambahan ferro (Fe) yang besar akan menyebabkan struktur perubahan butir yang kasar, namun dapat diperbaiki dengan unsur Mg dan Cr.

8. Titanium (Ti)

Penambahan titanium pada aluminium dimaksud untuk mendapat struktur butir yang halus.

Aluminium telah menjadi bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan lambung kapal. Dimana aluminium mempunyai beberapa keunggulan yang telah disebutkan sebelumnya, dan memiliki kekurangan dari bahan lainnya. Seperti halnya dalam pengerjaannya butuh tenaga kerja khusus dan tidak dapat digabungkan dengan material logam yang mempunyai beda jenis (bisa mempercepat korosi kimiawi). Biasanya dalam pembuatan kapal menggunakan aluminium series 5000 dan 6000.



Gambar II.2 *Speed Boat* Aluminium JAL 1028
Sumber: www.aluminium-marine.com

Gambar II.2 merupakan salah satu contoh pembangunan speed boat ukuran 10 m dengan bahan aluminium yang digunakan sebagai kapal *Crew Boat* Seri JAL 1028.

II.1.3. Pengertian Konstruksi

Konstruksi secara umum berarti komponen – komponen suatu bangunan yang mendukung kekuatan bangunan tersebut agar tetap kokoh sesuai dengan desain. Dalam bidang perkapalan, konstruksi kapal merupakan komponen – komponen pada bangunan kapal yang mana terdiri dari badan kapal beserta bangunan atas (*super structure*). Dalam proses pembangunan kapal di galangan, pekerjaan didahului dengan mendesain konstruksi dan dilanjutkan dengan pembangunan konstruksi kapal yang diawali dengan peletakan lunas, dilanjutkan dengan konstruksi rangka / gading – gading, kulit kapal, geladak, dan kemudian anjungan maupun bangunan atas kapal. Namun, ada juga beberapa kondisi yang tidak mewajibkan dalam pembangunan kapal sesuai dengan pembangunan kapal secara umum dikarenakan ada komponen yang sulit untuk dilakukan pengerjaan sehingga ada perlakuan khusus pada sistem konstruksi tersebut.

Sistem konstruksi pada kapal secara umum terbagi atas beberapa macam sistem konstruksi, yaitu sistem konstruksi memanjang, melintang dan campuran.

Pada dasarnya, pemilihan jenis sistem konstruksi suatu kapal sangat ditentukan oleh beberapa faktor seperti halnya ukuran kapal, jenis kapal ataupun fungsi kapal tersebut. Sehingga hal tersebut dapat dijadikan dasar pertimbangan – pertimbangan dalam pemilihan sistem konstruksi kapal yang akan dibuat. Sistem konstruksi pada kapal terbagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian konstruksi alas / dasar, bagian konstruksi lambung / sisi, dan bagian konstruksi geladak.



Gambar II.3 Sistem Konstruksi Kapal
Sumber: www.marinepedia.org

Pada Gambar II.3 menggambarkan salah satu contoh sistem konstruksi yang terdapat pada kapal *monohull* dengan sistem *single hull*.

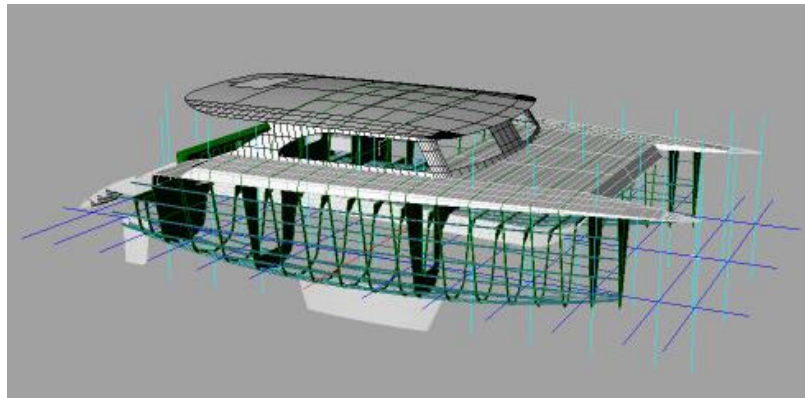
II.1.4. Macam – Macam Konstruksi Kapal

Pada dasarnya badan kapal terdiri dari komponen – komponen konstruksi yang letaknya melintang dan memanjang kapal. Umumnya, sistem konstruksi kapal yang dapat digunakan terbagi atas 3 macam sistem konstruksi antara lain adalah sebagai berikut:

1. Sistem Konstruksi Melintang (*Transverse Framing System*)

Sistem konstruksi melintang merupakan konstruksi dimana beban yang bekerja pada konstruksi diterima oleh pelat kulit dan balok – balok memanjang dari kapal dengan pertolongan balok – balok yang terletak secara melintang kapal. Dalam penggunaan sistem melintang ini, gading – gading (*frame*) dipasang secara vertikal atau mengikuti bentuk bodi kapal. Pada geladak

dipasang balok – balok geladak (deck beam) dengan jarak antara seperti jarak antara gading – gading. Ujung masing – masing balok geladak ditumpu oleh gading – gading yang terletak pada vertikal yang sama. Begitu pula dengan pemasangan wrang floor pada kapal, dimana jarak antara wrang sama dengan jarak antara gading – gading pada vertikal yang sama. Sehingga masing – masing wrang, gading, dan balok geladak membentuk sebuah rangkaian yang saling berhubungan dan terletak pada satu bidang vertikal sesuai penampang melintang kapal pada suatu tempat yang ditinjau. Jadi, sepanjang kapal berdiri rangkaian – rangkaian (framering) ini dengan jarak yang telah ditentukan oleh peraturan klasifikasi yang berlaku. Rangkaian ini hanya ditiadakan apabila pada tempat yang sama telah dipasang sekat melintang ataupun rangkaian lainnya yaitu gading besar. Gading besar (web frame) adalah gading – gading yang mempunyai bilah (web) yang sangat besar dibandingkan dengan gading biasa. Gading besar ini dihubungkan pula ujung – ujungnya dengan balok geladak yang mempunyai bilah yang besar pula (strong beam). Sedangkan sekat melintang kapal, merupakan unsur penguatan melintang badan kapal dan sekat untuk memisahkan ruangan jika terjadi kebocoran pada kapal tersebut.



Gambar II.4 Sistem Konstruksi Melintang
Sumber: www.kelsall.com

Pada Gambar II.4 merupakan contoh sistem konstruksi melintang kapal dengan menggunakan sistem *single hull*. Dimana jarak antara komponen membujur atau memanjang kapal lebih lebar dibandingkan dengan jarak antara komponen melintang kapal.

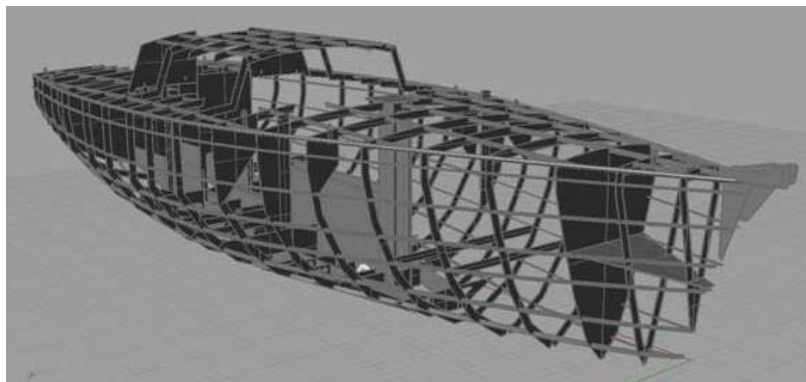
2. Sistem Konstruksi Memanjang (*Longitudinal Framing System*)

Sistem konstruksi memanjang merupakan sistem konstruksi dengan gading – gading utama yang tidak dipasang secara vertikal, melainkan dipasang

secara membujur / memanjang pada badan kapal dengan jarak diukur ke arah vertikal sekitar 600 mm – 1000 mm (bergantung pada besar kecilnya kapal). Fungsi dari komponen konstruksi membujur / memanjang adalah untuk mengatasi tegangan lengkung membujur (*longitudinal bending stress*) akibat sagging maupun hogging. Gading – gading ini (pada sisi) dinamakan pembujur sisi (*side longitudinal*). Pada setiap jarak tertentu (sekitar 3 – 5 m) dipasang gading – gading besar, sebagaimana gading – gading pada sistem konstruksi melintang kapal.

Pada alas maupun alas dalam kapal jika menggunakan *double bottom*, maka juga dipasang pembujur – pembujur kapal seperti halnya pembujur sisi dengan jarak yang sama pula. Pembujur – pembujur ini dinamakan pembujur – pembujur alas (*bottom longitudinal*), dan pembujur alas dalam (*inner bottom longitudinal*). Pada alas juga dipasang wrang – wrang, dan dihubungkan pada pelintang – pelintang sisi. Tetapi umumnya tidak pada tiap pelintang sisi, melainkan setiap dua atau lebih pelintang sisi (bergantung pada besar kecilnya kapal).

Pada geladak juga dipasang pembujur – pembujur seperti halnya pembujur – pembujur yang lain tersebut di atas. Pembujur – pembujur ini dinamakan pembujur geladak (*deck longitudinal*). Balok – balok geladak dengan bilah yang besar dipasang pada setiap pelintang sisi, dan disebut pelintang geladak (*deck transverse*). Konstruksi lainnya sama seperti halnya pada sistem melintang. Dengan demikian terlihat bahwa dalam sistem memanjang kapal yang dipasang membujur jauh lebih banyak jumlahnya daripada menggunakan sistem konstruksi melintang.



Gambar II.5 Sistem Konstruksi Memanjang

Sumber: www.google.co.id

Pada Gambar II.5 merupakan contoh sistem konstruksi memanjang kapal tanpa menggunakan *double bottom* (*single bottom*). Dimana jarak antara komponen membujur atau memanjang kapal lebih rapat dibandingkan dengan jarak antara komponen melintang kapal.

3. Sistem Konstruksi Campuran (*Mixed Framing System*)

Sistem konstruksi campuran merupakan sistem kombinasi antara kedua sistem sebelumnya, dapat diartikan bahwa sistem melintang dan memanjang dipakai bersama – sama dalam badan kapal. Dalam sistem ini, bagian konstruksi geladak dan alas dibuat menurut sistem memanjang, sedangkan sisinya menurut sistem melintang. Jadi, sisi – sisinya diperkuat dengan gading – gading melintang dengan jarak antara yang rapat seperti halnya dalam sistem melintang, sedangkan bagian konstruksi alas maupun konstruksinya diperkuat dengan pembujur – pembujur. Dengan demikian maka dalam mengikuti peraturan klasifikasi (rules) sisi – sisi kapal tunduk pada ketentuan yang berlaku untuk sistem melintang, sedangkan konstruksi alas dan geladaknya mengikuti ketentuan yang berlaku untuk sistem memanjang.



Gambar II.6 Sistem Konstruksi Campuran
Sumber: www.detik.com

Pada Gambar II.6 merupakan contoh sistem konstruksi campuran pada kapal KRI berbahan Aluminium.

II.1.5. Perhitungan Konstruksi Kapal Kecil

Pada dasarnya sistem konstruksi pada kapal kecil tidak jauh berbeda dengan sistem konstruksi kapal pada umumnya. Namun, ada beberapa peraturan khusus yang digunakan pada beberapa kapal. Contohnya pada kapal tanker, dimana kapal tersebut diwajibkan untuk menggunakan kulit ganda (*double hull*) guna mengurangi peluang pencemaran lingkungan karena kebocoran yang mungkin terjadi. Kebocoran kapal tanker dapat mengakibatkan terganggunya lingkungan di laut khususnya terhadap biota maupun hewan yang hidup dilingkungan laut dan garis pantai.

Konstruksi pada kapal, biasanya meliputi bagian lunas kapal, gading – gading kapal, geladak kapal, serta kulit kapal. Dalam penentuan ukuran konstruksi tiap bagian, peraturan yang digunakan adalah peraturan Biro Klasifikasi Indonesia mengenai kapal kecil kurang dari 24 m. Dalam pembuatan sebuah kapal, biasanya diawali dengan peletakan lunas kapal, dimana peletakan lunas kapal tersebut merupakan hari kelahiran kapal sehingga jika kapal tersebut harus melakukan survey tahunan maka umur kapal tersebut dihitung sejak tanggal peletakan lunas kapal (*keel laying*).

Gading – gading kapal merupakan struktur rangka dari kapal dimana kulit - kulit kapal diletakkan. Nama dari gading disesuaikan dengan tempatnya. Gading yang terletak disekitar haluan tersebut dinamakan gading haluan. Gading yang terletak pada tempat yang terlebar dari kapal disebut gading besar.

Geladak (*deck*) merupakan bagian lantai kapal, dimana geladak ini tergantung dari banyaknya geladak yang ada di kapal tersebut. Pada umumnya geladak yang berada dibawah sendiri dinamakan geladak dasar serta geladak yang di atas dinamakan geladak utama (*main deck*). Bila antara geladak dasar dan geladak atas terdapat geladak lagi, maka geladak tersebut dinamakan geladak antara.

Kulit kapal adalah pelat – pelat yang disambung menjadi lajur yang terdapat pada badan kapal atau disebut dengan *ship shell* (kulit kapal). Kegunaan kulit kapal yaitu sebagai berikut:

1. Untuk memberikan kekuatan struktur membujur kapal.
2. Menerima beban dari kapal dan muatannya.
3. Merupakan penutupan kedap air dari dasar hingga atas kapal.

Peraturan yang digunakan pada perhitungan konstruksi kapal kecil ini menggunakan peraturan dari Biro Klasifikasi Indonesia. Peraturan tersebut mengatur

tentang kapal kecil dengan panjang hingga 24 meter. Peraturan tersebut digunakan pada kapal dengan panjang L dari 6 meter sampai dengan 24 meter.

II.1.5.1. Perhitungan Umum untuk Lambung Kapal

Dimensi Utama

Dimensi utama merupakan ukuran dimensi kapal yang digunakan dalam menghitung formula dari bagian konstruksi yang dihitung dimana dimensi tersebut menggunakan satuan meter.

a. Panjang Lambung Kapal

Panjang lambung kapal “ L_H ” dalam satuan meter adalah jarak antara bagian paling depan dan bagian paling belakang dari kapal.

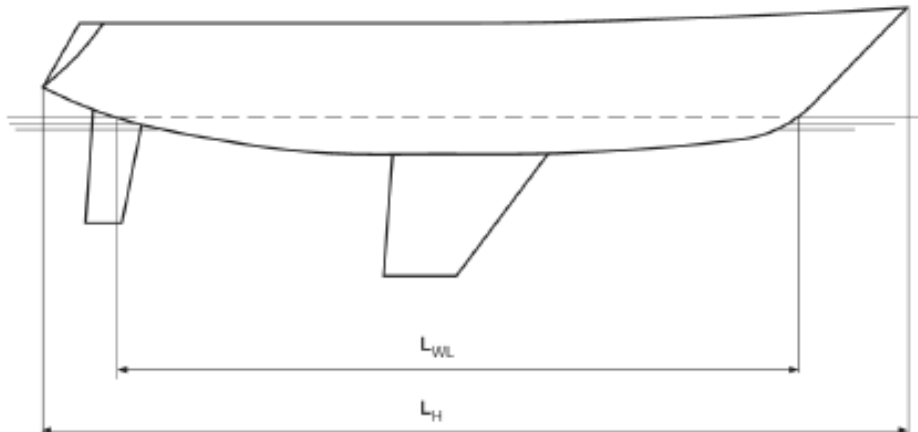
b. Panjang Garis Air

Panjang garis air “ L_{WL} ” dalam satuan meter adalah jarak antara bagian paling depan dan bagian paling belakang pada perotongan kapal dengan bidang garis air.

c. Panjang L Konstruksi

Panjang “L” konstruksi kapal kecil dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$L = \frac{L_H + L_{WL}}{2} \text{ [m]}$$



Gambar II.7 Definisi Panjang Konstruksi Kapal

Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Pada Gambar II.7 merupakan definisi dari panjang konstruksi kapal yang dihitung.

d. Lebar

Lebar kapal “**B**” dalam satuan meter adalah jarak maksimum lebar dari salah satu sisi kulit terluar kapal hingga ke salah satu sisi yang lain.

e. Tinggi

Tinggi pada kapal “**H**” dalam satuan meter adalah jarak vertikal antara bagian bawah dan atas kapal.

f. Sarat

Sarat pada kapal “**T**” dalam satuan meter adalah jarak vertikal antara bagian bawah kapal dengan bidang garis air.

g. Freeboard

Freeboard “**Fb**” (dinding kapal yang tidak tenggelam) dalam satuan meter adalah jarak vertikal dari bidang garis air hingga bagian atas geladak kapal yang memiliki ujung paling bawah. Dimana pada kasus dari kapal geladak terbuka atau kapal dengan geladak sebagian, freeboard dihitung dari bidang garis air hingga bagian atas pinggiran lambung perahu.

h. Jarak Gading

Jarak gading pada kapal “**a**” dalam satuan meter dari gading memanjang dan melintang diukur dari salah satu gading ke gading berikutnya.

i. Kecepatan

Kecepatan pada kapal “**v**” dalam satuan knots merupakan kecepatan maksimum dari kapal yang beroperasi pada kondisi air tenang.

j. Displacement

Berat displacement “**D**” dalam satuan ton adalah berat dari kapal pada saat siap akan beroperasi, dapat disamakan dengan penjumlahan dari lightweight dan deadweight.

$$D = V \cdot \rho$$

Keterangan: ρ = berat jenis air yang dipindahkan [t/m³]

V = volume yang tercelup dalam bidang garis air [m³]

k. Perbedaan Kapal (tightness)

- Open Craft

Kapal tanpa geladak apapun, wilayah operasi yang diijinkan sangat terbatas.

- Partially-decked Craft
Kapal dengan geladak bagian depan memiliki panjang paling sedikit 0,33 L and memiliki geladak belakang, selain itu terbuka.
- Decked Craft
Kapal dengan geladak menerus yang kedap air dari bagian belakang kapal hingga bagian depan kapal, wilayah operasi yang diijinkan hingga laut lepas.

1. Jenis – Jenis Kapal

- Sailing Dinghy
Sailing boat without a ballast keel, without cabin.
- Cruising Centreboarder
Sailing boat with cabin, but without ballast keel.
- Keel Boat
Sailing boat with ballast keel (with or without cabin).
- Sailing Yacht
Decked craft with cabin, fixed engine installation and ballast keel.
- Motor Boat
Open or partially-decked boat propelled by outboard motor or fixed engines.
- Motor Yacht
Decked craft with cabin and fixed engine installation.
- Motor Sailer
Decked craft with cabin, sail rig and fixed engine installation, suitable for main propulsion.

Prinsip Dasar untuk Penentuan Beban

Untuk menghitung tebal pelat atau modulus penampang dari penegar (profil) suatu konstruksi harus diketahui besarnya beban yang bekerja pada pelat atau penegar tersebut. Untuk itu harus betul – betul dipahami beban - beban mana yang dipergunakan dalam perhitungan konstruksi tersebut. Dalam perhitungan beban pada lambung kapal terbagi atas 2 daerah konstruksi. Dimana bagian konstruksi tersebut yaitu daerah buritan ($< 0,4 L$) dan daerah haluan ($\geq 0,4 L$).

a. Beban pada Lambung Kapal

Perhitungan beban yang bekerja pada lambung kapal didefinisikan pada tabel berikut ini:

Tabel II.1 Beban pada Lambung Kapal

Hull area	Motor craft	Sailing craft and motorsailers
	Design loading [kN/m ²]	
Shell bottom ≥ 0,4 L ÷ fore < 0,4 L ÷ aft	P _{dBM}	P _{dBS}
	2,7 L + 3,29 2,16 L + 2,63	3,29 L - 1,41 2,63 L - 1,13
Shell side ≥ 0,4 L ÷ fore < 0,4 L ÷ aft	P _{dSM}	P _{dSS}
	1,88 L + 1,76 1,5 L + 1,41	2,06 L - 2,94 1,65 L - 2,35

Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

b. Correction Factors for Speed

Tabel II.2 Correction Factors for Speed

Loading area	Correction factor
Shell bottom	$F_{VB} = 0,34 \cdot \sqrt{\frac{v}{\sqrt{L_{WL}}}} + 0,355 \geq 1,0$
Shell side	$F_{VS} = \left(0,024 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0,91 \right) (1,018 - 0,0024 \cdot L) \geq 1,0$
Internal structural members Floors	$F_{VF} = \left(0,78 \cdot \sqrt{\frac{v}{\sqrt{L_{WL}}}} - 0,48 \right) (1,335 - 0,01 \cdot L) \geq 1,0$
Web frame at WL Bottom longitudinal frames	$F_{VBW} = 0,075 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0,73 > 1,0$ F_{VL}
Transverse frames Webs at side	$F_{VSP} = \left(0,1 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0,52 \right) (1,19 - 0,01 \cdot L) > 1,0$ F_{VSW}
Side longitudinal frames	$F_{VSL} = \left(0,14 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0,47 \right) (1,07 - 0,008 \cdot L) > 1,0$
L _{WL} and v see A.5 : $v_{max} = 12 \cdot \sqrt[4]{L}$ [kn]	

Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

c. Beban pada Geladak dan Bangunan Atas

Perhitungan beban yang bekerja pada geladak dan bangunan atas kapal didefinisikan pada tabel berikut ini:

Tabel II.3 Deck and Superstructure Loadings

Area		Sailing- and motor craft ³ Design loads P _{dD} [kN/m ²]	
Main deck		0,26 L + 8,24	
Cabins	h ≤ 0,5 m	deck ¹	0,235 L + 7,42
		wall	0,26 L + 8,24
Deckhouses	h > 0,5 m	deck ^{1,2}	(0,235 L + 7,42) (1 - h/10)
		side wall ²	(0,26 L + 8,24) (1 - h/10)
		front wall	1,25 (0,26 L + 8,24) (1 - h/10)

Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

II.1.5.2. Penggunaan Peraturan Lambung Logam untuk Kapal Kecil

Cakupan

Cakupan penggunaan perhitungan konstruksi kapal kecil pada peraturan Biro Klasifikasi Indonesia dengan bahan logam digunakan untuk kapal kecil dengan panjang L antara 6 meter hingga 24 meter. Penggunaan aluminium alloy pada lambung kapal merupakan material yang termasuk dalam jenis – jenis logam.

Material Factor

Setiap aluminium alloy memiliki material faktor yang berbeda – beda, tergantung dari paduan logam yang ada pada material yang dipilih. Dimana nilai yield strength dan tensile strength berbeda setiap nomor aluminium alloy (lihat Tabel II.4). Sehingga dengan material aluminium yang digunakan pada struktur kapal, dapat diperoleh material faktor sebagai berikut:

$$k = \frac{635}{R_{p0.2} + R_m}$$

Keterangan: $R_{p0.2}$ = 0.2 % yield strength of the aluminium alloy in $[N/mm^2]$

R_m = ultimate tensile strength of the aluminium alloy in $[N/mm^2]$

Kondisi material dan sifat mekanik dari setiap aluminium dengan tebal produk 3.0 hingga 50 mm diatur oleh peraturan BKI Part. I - Volume V mengenai peraturan material.

Tabel II.4 Sifat Material *Aluminium Alloy*

Alloy number	Material condition	Yield strength $R_{p0.2}$ $[N/mm^2]$ min.	Tensile strength R_m $[N/mm^2]$	Thickness t [mm]	Elongation [%] min.	
					A_{50mm}	A
KI AW-5083	0/H111/H112	125	275 - 350	$t \leq 12,5$	16	–
				$t > 12,5$	–	15
	H116	215	≥ 305	$t \leq 12,5$	12	–
				$t > 12,5$	–	10
	H32/H321	215	305 – 380	$t \leq 12,5$	10	–
				$t > 12,5$	–	9
KI AW-5086	0/H111/H112	100	240 – 310	$t \leq 12,5$	17	–
				$t > 12,5$	–	16
	H116	195	≥ 275	$t \leq 12,5$	10	–
				$t > 12,5$	–	9
	H32/H321	185	275 – 335	$t \leq 12,5$	10	–
				$t > 12,5$	–	9

¹⁾ The mechanical properties are applicable to both longitudinal and transverse specimens.

Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Penambahan Sifat Korosi

Aluminium alloy memiliki sifat yang tahan terhadap segala cuaca serta tidak mudah terbakar. Pelat aluminium ini juga mudah di bentuk dan dikerjakan. Aluminium telah menjadi bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan lambung kapal. Material aluminium alloy sangat tahan terhadap korosi, tingkat korosi dari material aluminium alloy sangat bergantung pada unsur – unsur paduan yang terkandung pada setiap aluminium. Sehingga dalam perhitungan konstruksi kapal aluminium tidak ditambahkan faktor korosi (*corrosion additions*) sesuai dengan Bab F pasal 14.2 pada buku peraturan Biro Klasifikasi Indonesia.

$$“t_k = 0 \text{ mm (corrosion additions)”$$

II.1.5.3. Peraturan dan Perhitungan Sekat Kedap pada Lambung Kapal Sekat Tubrukan

Sekat tubrukan disarankan untuk digunakan pada setiap kapal. Untuk kapal pesiar menggunakan motor dengan panjang L lebih dari 17 meter, dan kapal pesiar menggunakan layar dengan panjang L lebih dari 20 meter, maka sekat tubrukan wajib di pasang. Sekat tubrukan harus diteruskan hingga geladak cuaca.

Sekat Kedap Lainnya

Untuk kapal pesiar menggunakan motor dengan panjang L lebih dari 17 meter harus memiliki sekat kedap air dan api antara kompartemen mesin utama dengan komponen lainnya. Sedangkan kapal pesiar dengan menggunakan layar yang memiliki panjang L lebih dari 20 meter, sekat tidak diwajibkan untuk menerus hingga geladak utama.

Untuk kapal kecil, sekat kompartemen mesin utama disesuaikan dengan persyaratan yang dianjurkan di atas tersebut.

Perhitungan Tebal Sekat Kedap

Perhitungan tebal dari sekat kedap tidak boleh kurang dari:

$$t = a \cdot \sqrt{h_1 \cdot k} \cdot C \text{ [mm]}$$

Keterangan: a = stiffener spacing in [m]

h₁ = pressure head in [m] measured from bulkhead bottom edge up to bulkhead deck.

Perhitungan nilai “C” bergantung pada tabel berikut:

Tabel II.5 Nilai Konstanta Perhitungan Sekat Kedap

	Collision bulkhead	Other bulkheads
Stiffeners simply supported both sides	4,00	2,90
Stiffeners fixed both sides by bracket plates	2,03	1,45

Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Perhitungan Penguat Sekat Kedap

Perhitungan modulus dari penguat sekat kedap tidak boleh kurang dari:

$$W = k \cdot C \cdot a \cdot (h_2 + 0.5) \cdot l^2$$

Keterangan: h_2 = pressure head in [m] measured from the center of the stiffener up to the bulkhead deck

l = panjang penegar / penguat dalam [m]

II.1.5.4. Perhitungan Tebal Pelat Kulit

Tebal pelat kulit kapal (sisi dan alas) dapat dihitung menggunakan rumus pada Tabel II.6. Dalam pembuatan pelat alas harus diletakkan hingga 150 mm di atas garis air. Untuk selebihnya dianggap oleh pelat sisi kapal.

Tabel II.6 Tebal Pelat Sisi dan Alas

	Plate thickness [mm]	
	Shell plating for motor craft	Shell plating for sailing craft and motorsailers
Shell bottom	$t = 1,62 \cdot a \cdot F_{VB} \cdot \sqrt{P_{dBM} \cdot k}$	$t = 1,62 \cdot a \cdot \sqrt{P_{dSS} \cdot k}$
Shell side	$t = 1,62 \cdot a \cdot F_{VS} \cdot \sqrt{P_{dBM} \cdot k}$	$t = 1,62 \cdot a \cdot \sqrt{P_{dSS} \cdot k}$
Min. thickness	$t_{min} = 0,9 \cdot \sqrt{L \cdot k}$	

Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Keterangan: a = frame spacing [m]

k = material factor

F_{VB} = Lihat Tabel II.2 *Correction Factors for Speed*

F_{VS} = Lihat Tabel II.2 *Correction Factors for Speed*

P_{dBM} = Lihat Tabel II.1 Beban pada Lambung Kapal

P_{dSM} = Lihat Tabel II.1 Beban pada Lambung Kapal

II.1.5.5. Perhitungan Struktur Alas

Struktur pada alas kapal dapat menggunakan sistem melintang maupun memanjang atau menggunakan sistem keduanya.

Floor

Jika pada kapal menggunakan sistem gading melintang maka wrang / floor harus dipasang pada setiap jarak gading. Sedangkan jika pada kapal menggunakan sistem memanjang kapal maka harus ditambahkan balok alas melintang. Penggunaan pada kapal kurang dari 15 meter tidak harus menggunakan penguat center girder.

Perhitungan tebal wrang / floor tidak boleh kurang dari:

$$t = 1.1 \sqrt{L \cdot k} + 1 \text{ [mm]}$$

Keterangan: $t_{\min} = 4 \text{ mm}$

Perhitungan modulus dari wrang / floor tidak boleh kurang dari:

Tabel II.7 Modulus Wrang / Floor

Required section moduli of floors and bottom transverse girders for motor craft, sailing craft and motorsailers [cm ³]		
Floors	Motor craft	$W = 0,43 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VF} \cdot P_{dBm} \cdot k$
	Sailing craft and motorsailers	$W = 0,37 \cdot a \cdot l^2 \cdot P_{dBs} \cdot k$
Bottom transverse girders	Motor craft	$W = 0,43 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VBW} \cdot P_{dBm} \cdot k$
	Sailing craft and motorsailers	$W = 0,37 \cdot a \cdot l^2 \cdot P_{dBs} \cdot k$

Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Keterangan: a = floor respectively girder spacing [m]

k = material factor

l = unsupported length of floor or transverse girder [m]

F_{VF} = Lihat Tabel II.2 *Correction Factors for Speed*

F_{VBW} = Lihat Tabel II.2 *Correction Factors for Speed*

Floor:

$l_{\min} = 0.045 L + 0.10$ for motor craft [m]

or

$l_{\min} = 0.60 \text{ m}$ nilai terbesar yang digunakan

Engine Seatings

Penggunaan perhitungan peletakan dudukan mesin utama tidak boleh kurang dari:

$$T = \sqrt{\frac{N}{200}} + 2 \quad [\text{mm}]$$

Keterangan: N = daya tiap mesin dalam satuan [kW]

Sedangkan pelat penguat atas mesin utama tidak boleh kurang dari:

$$F_T = \frac{N}{40} + 14 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{untuk } N \leq 750 \text{ kW}$$

$$F_T = \frac{N}{40} + 29 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{untuk } N > 750 \text{ Kw}$$

Keterangan: N = daya tiap mesin dalam satuan [kW]

Flat Keel

Penggunaan perhitungan tebal dan lebar pelat lunas dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$b = (530 + 5 L) \cdot \sqrt{k} \quad [\text{mm}]$$

$$t = (3.3 + 0.5 L) \cdot \sqrt{k} \quad [\text{mm}]$$

Keterangan: b = lebar pelat minimum

t = tebal pelat minimum

k = faktor material

II.1.5.6. Perhitungan Gading

Penggunaan perhitungan modulus untuk gading biasa maupun gading biasa dapat menggunakan rumus dari Tabel II.8 Modulus Gading.

Tabel II.8 Modulus Gading

Required section moduli of transverse frames for motor craft, sailing craft and motorsailers [cm ³]		
Transverse frames	Motor craft	$W = 0,35 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VSF} \cdot P_{dSM} \cdot k$
	Sailing craft and motorsailers	$W = 0,32 \cdot a \cdot l^2 \cdot P_{dSS} \cdot k$

Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2013

Keterangan: a = transverse frame spacing [m]

k = material factor

l = unsupported length of frame [m]

F_{VSF} = Lihat Tabel II.2 *Correction Factors for Speed*

P_{dSM} = Lihat Tabel II.1 Beban pada Lambung Kapal

P_{dSS} = Lihat Tabel II.1 Beban pada Lambung Kapal

Frame:

$$l_{\min} = 0.045 L + 0.10 \quad \text{for motor craft [m]}$$

or
 $l_{\min} = 0.60 \text{ m}$ nilai terbesar yang digunakan

II.1.5.7. Perhitungan Pelat Geladak Penghubung

Tebal pelat geladak penghubung tidak boleh kurang dari:

$$t = 22.4 \mu \cdot s \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_{am}}}$$

Keterangan: $\mu = \sqrt{1.1 - 0.5 \left(\frac{s}{l}\right)^2}$

s = jarak antara demihull [m]

$\sigma_{am} = 95 / k$

k = faktor material

P_{sl} = Lihat Tabel II.1 Beban pada Lambung Kapal

II.1.5.8. Perhitungan Struktur Geladak Utama

Struktur pada geladak kapal dapat menggunakan sistem melintang maupun memanjang atau menggunakan sistem keduanya. Jika menggunakan sistem melintang maka pada konstruksi geladak juga dapat ditambahkan penguat memanjang kapal.

Pelat Geladak

Perhitungan tebal pelat geladak tidak boleh kurang dari:

$$t = 1.65 a \sqrt{P_{dD} \cdot k}$$

Keterangan: a = jarak tiap gading [m]

k = faktor material

P_{dD} = Lihat Tabel II.1 Beban pada Lambung Kapal

Modulus Balok Geladak

Perhitungan modulus balok geladak tidak boleh kurang dari:

$$W = n \cdot a \cdot l^2 \cdot P_{dD} \cdot k$$

Keterangan: a = jarak tiap gading [m]

$n = 0.277$

l = jarak struktur yang tidak di tumpu

k = faktor material

P_{dD} = Lihat Tabel II.1 Beban pada Lambung Kapal

Modulus Balok Geladak pada Bangunan Atas

Perhitungan modulus balok geladak pada bangunan atas tidak boleh kurang dari:

$$W = n \cdot a \cdot l^2 \cdot P_{dD} \cdot k \cdot k_8$$

Keterangan: a = jarak tiap gading [m]

$$n = 0.277$$

l = jarak struktur yang tidak di tumpu

k = faktor material

k₈ = faktor koreksi kapal

P_{dD} = Lihat Tabel II.1 Beban pada Lambung Kapal

Modulus Penguat Memanjang untuk Geladak Terbuka

Perhitungan modulus penguat memanjang untuk geladak terbuka tidak boleh kurang dari:

$$W = 0.227 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_{dD} \cdot c \cdot k$$

Keterangan: e = jarak penumpu geladak [m]

l = jarak struktur yang tidak di tumpu

k = faktor material

P_{dD} = Lihat Tabel II.1 Beban pada Lambung Kapal

II.1.5.9. Perhitungan Struktur Bangunan Atas

Tebal Dinding Bangunan Atas

Perhitungan tebal pelat dinding bangunan atas tidak boleh kurang dari:

$$t = 1.56 a \sqrt{P_{dD} \cdot k}$$

Keterangan: a = jarak tiap gading [m]

k = faktor material

P_{dD} = Lihat Tabel II.1 Beban pada Lambung Kapal

Tebal Geladak Bangunan Atas

Perhitungan tebal pelat geladak bangunan atas tidak boleh kurang dari:

$$t = 1.65 a \sqrt{P_{dD} \cdot k}$$

Keterangan: a = jarak tiap gading [m]

k = faktor material

P_{dD} = Lihat Tabel II.1 Beban pada Lambung Kapal

II.1.6. 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

Perhitungan stabilitas kapal yang akan dianalisa mempunyai banyak faktor. Mulai dari berat perlengkapan, berat mesin utama, hingga nilai berat jenis air jika menggunakan air yang berfungsi sebagai balas kapal. Tidak hanya berat yang mempengaruhi perhitungan stabilitas kapal, melainkan penentuan posisi daripada peletakan komponen kapal dalam kesatuan bagian kapal. Adapun titik – titik penting stabilitas kapal antara lain adalah sebagai berikut:

- a. KM (Tinggi titik metasentris di atas lunas)

KM ialah jarak tegak dari lunas kapal sampai ke titik M, atau jumlah jarak dari lunas ke titik apung (KB) dan jarak titik apung ke metasentris (BM), sehingga KM dapat dicari dengan rumus $KM = KB + BM$.

- b. KB (Tinggi Titik Apung dari Lunas)

Letak titik B di atas lunas bukanlah suatu titik yang tetap, akan tetapi berpindah-pindah oleh adanya perubahan sarat atau senget kapal (Wakidjo, 1972).

- c. BM (Jarak Titik Apung ke Metasentris)

Menurut Usman (1981), BM dinamakan jari - jari metasentris atau metacentris radius karena bila kapal mengalami posisi oleng dengan sudut - sudut yang kecil, maka lintasan pergerakan titik B merupakan sebagian busur lingkaran dimana M merupakan titik pusatnya dan BM sebagai jari-jarinya. Titik M masih bisa dianggap tetap karena sudut olengnya kecil (100 - 150).

- d. KG (Tinggi Titik Berat dari Lunas)

Nilai KB untuk kapal kosong diperoleh dari percobaan stabilitas (*inclining experiment*), selanjutnya KG dapat dihitung dengan menggunakan dalil momen.

Nilai KG dengan dalil momen ini digunakan bila terjadi pemuatan atau pembongkaran di atas kapal dengan mengetahui letak titik berat suatu bobot di atas lunas yang disebut dengan *vertical centre of gravity* (VCG) lalu dikalikan dengan bobot muatan tersebut sehingga diperoleh momen bobot tersebut, selanjutnya jumlah momen-momen seluruh bobot di kapal dibagi dengan jumlah bobot menghasilkan nilai KG pada saat itu.

e. GM (Tinggi Metasentris)

Tinggi metasentris atau *metacentris high* (GM) merupakan jarak tegak antara titik G dan titik M.

$$GM = KM - KG$$

$$GM = (KB + BM) - KG$$

f. Momen Penegak (*Righting Moment*) dan Lengan Penegak (*Righting Arms*)

Momen penegak adalah momen yang akan mengembalikan kapal ke posisi tegaknya setelah kapal miring karena gaya-gaya dari luar dan gaya-gaya tersebut tidak bekerja lagi (Rubianto, 1996). Momen penegak atau lengan penegak dapat terjadi pada waktu kapal mengalami kemiringan, dimana terdapat selisih jarak melintang antara titik apung (*bouyancy*) dengan titik gravitasi kapal. Dengan adanya dua vektor dapat juga disebut momen kopel. Dimana kedua arahnya saling berkebalikan.

Beberapa hal yang perlu diketahui sebelum melakukan perhitungan stabilitas kapal antara lain adalah

- a. Berat benaman (isi kotor) atau displasemen adalah jumlah ton air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tenggelam dalam air.
- b. Berat kapal kosong (*Light Displacement*) yaitu berat kapal kosong termasuk mesin dan alat-alat yang melekat pada kapal.
- c. *Operating load* (OL) yaitu berat dari sarana dan alat-alat untuk mengoperasikan kapal dimana tanpa alat ini kapal tidak dapat berlayar.

Pada prinsipnya keadaan stabilitas kapal ada tiga kondisi, kondisi – kondisi tersebut yaitu:

a. Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

Suatu keadaan dimana titik B-nya berada di bawah titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas positif sewaktu mengalami kondisi oleng memiliki kemampuan untuk menegak kembali. Dengan kata lain, stabilitas positif memiliki titik *metacenter* lebih besar kedudukannya daripada titik gravitasi.

b. Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

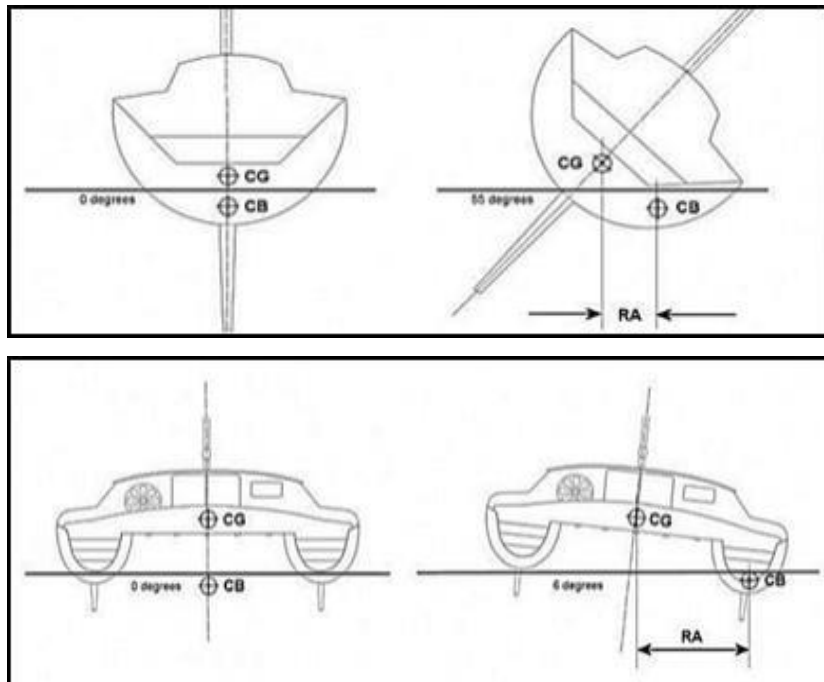
Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berhimpit dengan titik M. Maka momen penegak kapal yang memiliki stabilitas netral sama dengan nol, atau bahkan tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu oleng. Dengan kata lain bila kapal oleng tidak ada momen pengembali maupun momen penerus sehingga kapal tetap miring pada sudut oleng yang sama, penyebabnya adalah titik G terlalu tinggi dan berhimpit dengan titik M karena terlalu banyak muatan di bagian atas kapal. Dengan kata lain, stabilitas netral memiliki titik *metacenter* sama kedudukannya dengan titik gravitasi.

c. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas negatif sewaktu oleng tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali, bahkan sudut olengnya akan bertambah besar, yang menyebabkan kapal akan bertambah miring lagi bahkan bisa menjadi terbalik. Atau suatu kondisi bila kapal miring karena gaya dari luar, maka timbul lah sebuah momen yang dinamakan momen penerus atau *heeling moment* sehingga kapal akan bertambah miring.

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). Kapal yang memiliki kecepatan tinggi dalam perhitungan stabilitas harus memiliki nilai yang tidak melebihi dari peraturan *High Speed Craft*. Berdasarkan IMO HSC Code 2000-MSC 97(73), HSC 2000 Multihull Annex 7. Intact. Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini adalah, Area 0 to 30 derajat dan Angle of max, GZ adalah:

1. Luasan dibawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0,005 meter radian sampai dengan sudut oleng 30 derajat dan tidak boleh kurang dari 0,090 meter radian sampai dengan sudut oleng 40 derajat. Selain itu area di bawah kurva GZ antara sudut oleng 30 derajat dan 40 derajat tidak boleh kurang dari 0,030 meter radian.
2. Lengan stabilitas statis GZ paling kecil adalah 0,2 meter pada sudut oleng sama dengan atau lebih besar dari 30 derajat.
3. Lengan stabilitas maksimum GZ max sebaiknya terjadi pada sudut oleng dari 25 derajat.
4. Tinggi metasenta (MG) tidak kurang dari 0,15 derajat.



Gambar II.8 Perbandingan Stabilitas pada Kapal *Monohull* dan Kapal *Catamaran*
 Sumber: Satriawansyah, 2016

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

Dalam pembuatan konsep desain Unmanned Surface Vehicle (USV) yang akan dirancang, kapal tanpa awak tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan militer, yang mempertimbangkan beberapa faktor, sebagai berikut :

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.

2. Wilayah operational

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

3. Kecepatan

Kecepatan merupakan salah satu faktor penting yang dibutuhkan sebuah kapal dalam melaksanakan tugas dan fungsinya. Untuk kapal tipe patroli umumnya memiliki kecepatan dinas yang tinggi. Kecepatan yang tinggi dibutuhkan guna melakukan pengejaran maupun untuk menghindari kejaran musuh.

4. Kemampuan operasional

USV ini direncanakan dapat beroperasi di atas permukaan laut selama 24 jam. Selama kapal USV ini didampingi kapal KRI yang sedang bertugas untuk melakukan pengisian bahan bakar besar kemungkinan USV ini mampu beroperasi selama 24 jam.

(Hardianto, 2017)

II.2.2. Analisis Biaya Pembangunan Kapal

Analisis biaya pembangunan kapal merupakan biaya yang terkait pada berat kapal (*weight cost*). *Weight cost* dilakukan pemecahan komponen lagi menjadi beberapa komponen yaitu biaya struktur kapal (*hull structural cost*), biaya komponen permesinan dan penggerak (*machinery and propulsion cost*), biaya perlengkapan kapal (*outfitting cost*). Biaya struktur kapal dihitung dengan cara menghitung berat baja kapal yang digunakan dikalikan dengan *unit price* dari aluminium alloy itu sendiri.

Biaya investasi kapal dibagi menjadi 4 bagian yaitu (Watson, 1998):

- Biaya aluminium kapal (*structural cost*)
- Biaya peralatan dan perlengkapan kapal (*outfit cost*)
- Biaya permesinan kapal (*machinery cost*)
- *Non weight cost* (biaya klasifikasi, konsultan, *trial cost*, dan lain-lainnya)

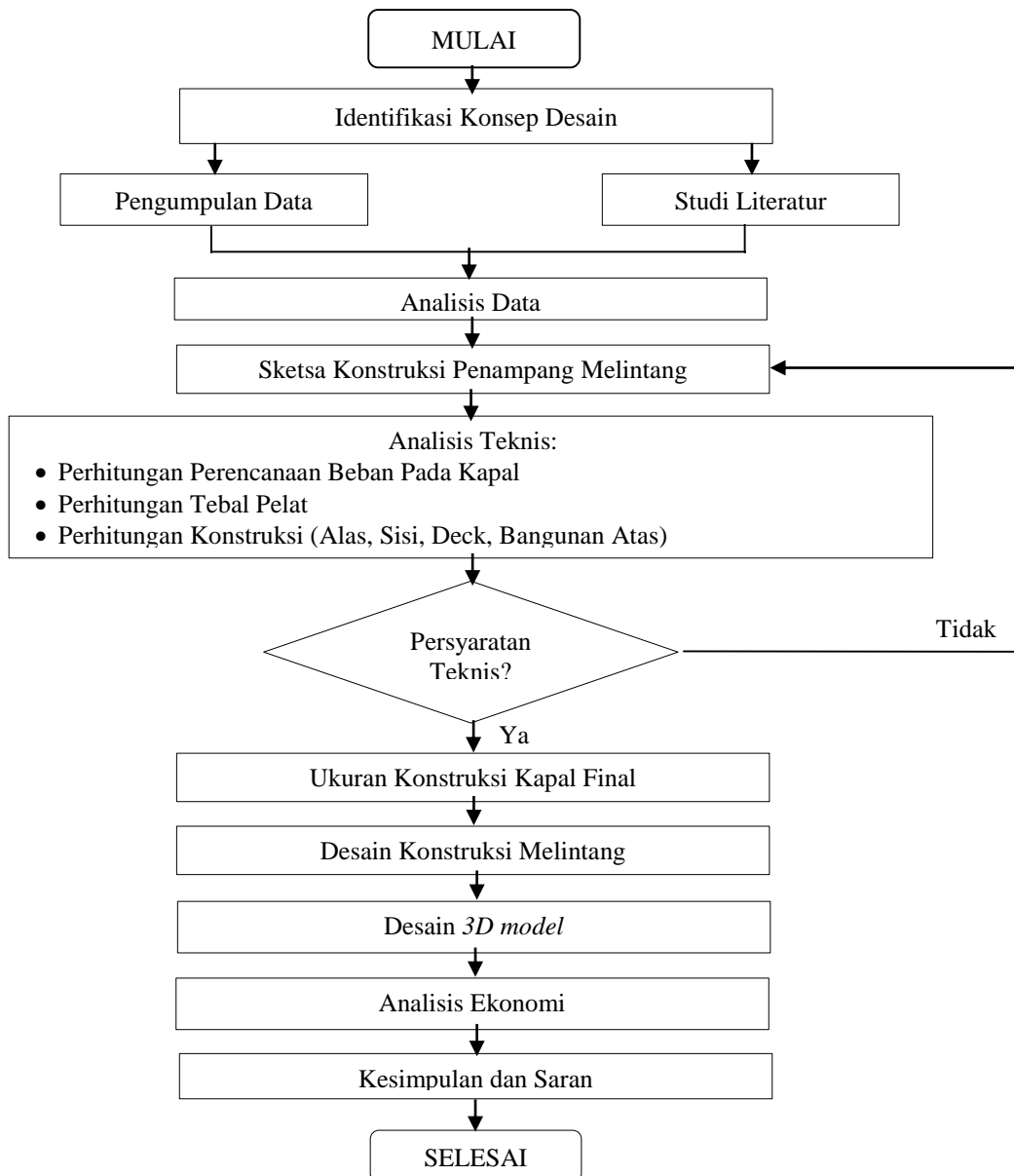
(Prasetyo, 2015)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

III.1. Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir pengerjaan Tugas Akhir yang dapat ditunjukkan pada Gambar III.1. Pada pengerjaan tugas akhir kali ini dimulai dari mengidentifikasi konsep desain *Unmanned Surface Vehicle* dan kemudian dilanjutkan dengan menganalisa beberapa batasan. Dalam proses analisa, ketika terdapat batasan yang tidak terpenuhi maka proses pengerjaan harus kembali lagi pada proses sebelumnya. Jika telah memenuhi semua maka proses pengerjaan dapat dilanjutkan hingga selesai.



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 awak kapal yang bertugas
4. Pengerjaan konsep desain USV masih secara umum, kurang detail.

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:

➤ Material Kapal

Perlu untuk diketahui bahwa dalam pembangunan kapal pasti terlebih dahulu harus merencanakan material yang akan digunakan. Salah satu contoh kriteria material yang harus terpenuhi yaitu material mudah dibentuk, mengingat ada beberapa bagian lambung kapal yang memiliki bentuk yang melengkung.

➤ Konstruksi Kapal

Perlu untuk diketahui bahwa dalam pembangunan kapal pasti terlebih dahulu harus merencanakan konstruksi apa yang akan digunakan pada kapal tersebut kemudian mulai menghitung sesuai dengan peraturan yang di anut, dalam hal ini menggunakan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia tentang kapal kecil hingga 24 meter.

III.2.3. 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 Material Kapal

Data mengenai material kapal yang digunakan, termasuk dimensi maupun struktur atau sifat mekanik dan fisik dari material yang akan digunakan.

2. Bentuk Profil

Dalam menentukan profil yang akan digunakan harus mengetahui modulus dari konstruksi yang akan digunakan, kemudian di pilih sesuai yang termasuk dalam aneks BKI.

III.2.4. 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. Mengetahui konstruksi yang akan digunakan
2. Menghitung beban yang bekerja pada kapal
3. Menghitung tebal pelat yang akan digunakan
4. Menghitung konstruksi yang digunakan
5. Menganalisis *displacement* kapal
6. Menganalisis stabilitas kapal
7. Menganalisis biaya pembangunan kapal

III.2.5. Tahap Perencanaan

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

1. Desain Penampang Melintang Kapal

Dari rencana umum yang telah didesain, dibuatlah perencanaan bentuk konstruksi kapal secara melintang. Dalam pembuatan desain penampang melintang harus memahami konstruksi yang akan digunakan.

2. Permodelan 3D

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

III.2.6. Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya yang dilakukan adalah estimasi biaya pembangunan kapal secara keseluruhan dimana komponen tersebut meliputi biaya pembangunan lambung kapal, biaya pengadaan komponen elektrik, hingga biaya tambahan lain - lain.

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 penentuan jenis aluminium yang akan digunakan, ukuran konstruksi kapal kecil, Bill of Material (BoM) yang ada dan biaya pembangunan kapal secara keseluruhan.

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. Pemilihan detail jenis aluminium yang akan digunakan pada *Unmanned Surface Vehicle* (USV) / kapal tanpa awak.
2. Perhitungan dan perencanaan konstruksi yang digunakan berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia mengenai “Peraturan Kapal Kecil Hingga 24 meter”.
3. Pemeriksaan kondisi keseimbangan kapal meliputi pemeriksaan kriteria stabilitas kapal berdasarkan *HSC 2000 Annex 7 Multihull Intact* dan kriteria trim berdasarkan NVCS 2009.
4. Pemeriksaan kondisi displasmen kapal.

IV.2. Penentuan Jenis Aluminium

Unmanned Surface Vehicle (USV) atau kapal tanpa awak merupakan kapal yang dapat dikendalikan dari jarak jauh. Teknologi ini akibat adanya kemajuan zaman yang semakin pesat pada dunia transportasi. Dengan adanya teknologi kapal tanpa awak tersebut maka diharapkan dapat mengurangi tugas manusia dalam melakukan tugasnya.

Dalam perencanaan pembangunan USV ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan militer sebagai kapal patroli yang berfungsi untuk monitoring wilayah perairan Indonesia tanpa adanya komponen tempur atau senjata yang terpasang pada kapal tersebut. Perencanaan jenis material yang akan digunakan sebagai material utama lambung tersebut yaitu menggunakan material aluminium. Pemilihan material ini berdasarkan kriteria desain yang akan dibuat dimana kapal harus memiliki kemampuan kamuflase, dan pemilihan material ini dikarenakan telah teruji dan sudah banyak digunakan untuk kapal Angkatan Laut di dunia.

(Hardianto, 2017)

Pelat Aluminium adalah bahan logam berbentuk lembaran yang ringan dan kuat serta mudah dalam pengerjaan dan perawatan. Pelat aluminium sangat cocok digunakan di daerah tropis karena memiliki sifat yang tahan terhadap segala cuaca serta tidak mudah terbakar. Pelat aluminium ini juga mudah di bentuk dan dikerjakan. Aluminium

telah menjadi bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan lambung kapal. Dimana aluminium mempunyai beberapa keunggulan yang telah disebutkan sebelumnya, dan memiliki beberapa kekurangan dari bahan lainnya. Seperti halnya dalam pengerjaannya butuh tenaga kerja khusus dan tidak dapat digabungkan dengan material logam yang mempunyai beda jenis (bisa mempercepat korosi kimiawi). Pelat aluminium alloy yang terdapat di pasaran memiliki berbagai series, mulai dari series 1000 hingga series 8000, dan seterusnya. Namun, dalam pembuatan kapal material aluminium yang digunakan memiliki series 5000 dan 6000. Dalam series 5000, terdapat 2 jenis aluminium yang sering digunakan dalam pembuatan lambung kapal, yaitu series 5083 dan 5086. Sedangkan pada series 6000, jenis aluminium yang sering digunakan adalah series 6061 dan series 6082.

Berikut ini merupakan tabel perbandingan antara ke empat series aluminium alloy yang biasa digunakan pada pembuatan lambung kapal di galangan:

Tabel IV.1 Perbandingan Aluminium Series

Alloying Elements	5083	5086	6061	6082
Kupfer	0.10	0.10	0.15-0.40	0.10
Magnesium	4.0-4.9	3.5-4.5	0.8-1.2	0.6-1.2
Silicon	0.40	0.40	0.4-0.8	0.7-1.3
Iron	0.40	0.50	0.70	0.50
Manganese	0.4-1.0	0.2-0.7	0.15	0.4-1.0
Zinc	0.25	0.25	0.25	0.20
Chrome	0.05-0.25	0.05-0.25	0.04-0.35	0.25
Titan	0.15	0.15	0.15	0.10

Sumber: www.aluminiumindustry.org

Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa kandungan magnesium terbesar dimiliki oleh aluminium series 5083, dimana dengan adanya kandungan magnesium yang berlebih menyebabkan aluminium alloys tersebut memiliki sifat tahan korosi yang baik, mudah dilas serta dapat menambah kekuatan yang cukup bagi aluminium alloy tersebut. Sedangkan pada kandungan tembaga, keempat series aluminium alloy tidak memberikan perbandingan harga yang terlalu signifikan. Sehingga kandungan tembaga ini dianggap sama.

Silikon mempunyai sifat ketahanan korosi pula sama halnya dengan kandungan magnesium, tetapi kandungan silikon ini dapat memberikan banyak efek negatif jika dibanding dengan efek positifnya. Karena silikon mempunyai koefisien panas yang rendah sehingga dapat menyebabkan kualitas pengerjaan mesin yang jelek. Dimana aluminium alloy yang memiliki kandungan silikon terkecil yaitu pada series 5083, 5086 dan 6061.

Kandungan Manganese pada aluminium alloy juga dapat membuat aluminium alloy tersebut mudah untuk dibentuk, dan mampu di las dengan baik. Sehingga dalam pengerjaan yang membutuhkan proses bending, cukup mudah dikerjakan. Dimana aluminium alloy yang memiliki kandungan manganese terbesar pada series 5083 dan series 6082.

Kandungan zinc, chrome dan titan pada aluminium keempat series tersebut tidak memiliki perbandingan harga yang terlalu signifikan. Sehingga keempat aluminium series tersebut memiliki sifat yang sama. Baik sifat positif dan negatif yang diberikan dalam kandungan aluminium alloy tersebut.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa keempat series aluminium alloy tersebut yang memiliki sifat baik dalam perencanaan pembangunan kapal tanpa awak tersebut dapat menggunakan aluminium series 5083. Karena aluminium alloy series tersebut memiliki banyak sifat positif yang diberikan dalam kandungannya. Selain itu aluminium alloy series 5083 tersebut juga sudah banyak dijual di pasaran, sehingga dalam proses pembuatan kapal tanpa awak tersebut tidak akan mengalami kendala yang cukup lama dalam mendatangkan material aluminium alloy series tersebut.

IV.3. Penentuan Jenis Konstruksi

Macam – macam konstruksi pada kapal biasanya terdiri atas 3 macam sistem konstruksi, yaitu sistem konstruksi memanjang, sistem konstruksi melintang dan sistem konstruksi campuran. Berdasarkan ketiga macam sistem konstruksi tersebut memiliki sifat dan kegunaan yang berbeda – beda tergantung pada fungsi maupun ukuran dari kapal yang akan dibangun. Namun, pemilihan konstruksi kapal dengan estimasi biaya juga dapat dilakukan mengingat pembangunan kapal dilakukan guna menambah profit galangan yang membangun kapal tersebut. Salah satu contoh pemilihan jenis konstruksi kapal dengan menggunakan material yang lebih sedikit untuk meminimasi biaya material dengan memperhatikan rules yang berlaku.

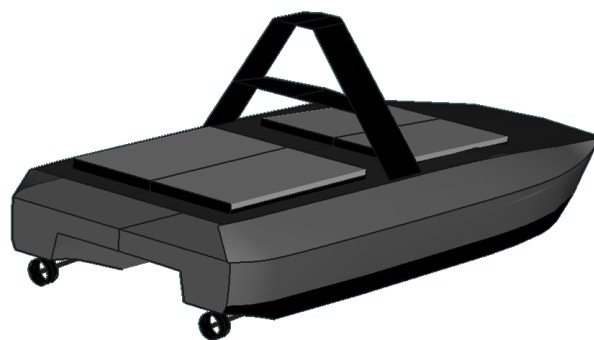
Pemilihan desain jenis konstruksi kapal merupakan tanggung jawab *naval architect* yang harus ditentukan pada proses pembangunan kapal. Adapun ukuran utama kapal USV yang akan dibuat memiliki ukuran sebagai berikut:

L_H	=	7.640 m	H	=	1.150 m
B	=	3.500 m	B_1	=	1.000 m
T	=	0.500 m			
S	=	1.500 m			

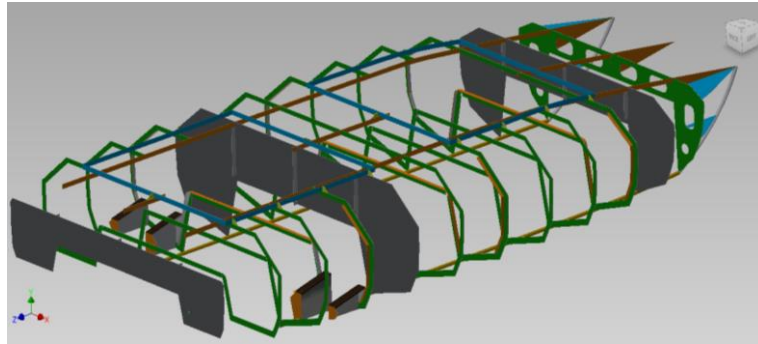
(Hardianto, 2017)

Sistem rangka konstruksi memanjang merupakan sistem konstruksi dimana beban yang diterima oleh rangka konstruksi tersebut diuraikan pada gading besar kapal dengan pertolongan balok – balok memajang. Sedangkan pada sistem rangka konstruksi melintang merupakan konstruksi dimana beban yang diterima oleh rangka konstruksi tersebut diuraikan pada balok – balok memanjang kapal dengan pertolongan gading – gading kapal.

Berdasarkan hasil ukuran utama kapal yang telah didapat dan studi literatur sistem konstruksi, maka sistem rangka konstruksi yang akan digunakan yaitu menggunakan sistem konstruksi melintang. Dimana kelemahan dari sistem konstruksi memanjang kapal yaitu konstruksinya lebih rumit dan susah dalam pembangunannya. Sedangkan keuntungan penggunaan dari sistem konstruksi melintang kapal yaitu konstruksinya sederhana, kekuatan kapal sangat baik, mudah dalam pembangunannya, dan sistem konstruksi tersebut hanya digunakan pada kapal – kapal berukuran kecil atau pendek dimana kekuatan memanjang kapal akibat momen lengkung kapal tidak besar dan tidak begitu berbahaya. Sehingga dapat ditolerir dengan penggunaan sistem konstruksi dengan sistem melintang.



Gambar IV.1 Konsep Desain *Unmanned Surface Vehicle (USV)*
Sumber: Hardianto, 2017



Gambar IV.2 Detail Desain *Unmanned Surface Vehicle (USV)*

IV.4. Perhitungan Konstruksi Kapal Kecil

Perhitungan konstruksi ini menggunakan panduan buku BKI Bagian 3 tentang Special Ship Volume VII Tahun 2013 dengan ukuran utama kapal sebagai berikut:

L_H	=	7.640 m	L_{WL}	=	6.900 m
B	=	3.500 m	B1	=	1.000 m
H	=	1.150 m	T	=	0.500 m
S	=	1.500 m			
V_s	=	20 knot			

(Hardianto, 2017)

IV.4.1. Perhitungan Beban pada Lambung Kapal

Dikarenakan kapal yang akan dibuat tidak menggunakan layar dalam sistem penggerakannya, maka diperoleh beban yang bekerja pada lambung kapal sebesar:

→ Beban pada bagian bawah lambung kapal

$$\begin{aligned} < 0,4 L : \text{aft} &= 2.16 L + 2.63 \\ &= 18.333 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \geq 0,4 L : \text{fore} &= 2.7 L + 3.29 \\ &= 22.919 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

→ Beban pada bagian sisi samping lambung kapal

$$\begin{aligned} < 0,4 L : \text{aft} &= 1.5 L + 1.41 \\ &= 12.315 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \geq 0,4 L : \text{fore} &= 1.88 L + 1.76 \\ &= 15.428 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

IV.4.2. Perhitungan Beban pada Geladak dan Bangunan Atas Kapal

Dikarenakan kapal yang akan dibuat tidak untuk mengangkut orang maka bangunan atas hanya menggunakan cabins dengan ruang kosong. Sehingga perhitungan beban geladak dan bangunan atas kapal sebesar:

→ Beban pada main deck kapal

$$\begin{aligned} P_{Dd} &= 0.26 L + 8.24 \\ &= 10.1302 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

→ Beban pada deck cabins

$$\begin{aligned} P_{Dd} &= 0.235 L + 7.42 \\ &= 9.1285 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

→ Beban pada wall cabins

$$\begin{aligned} P_{Dd} &= 0.26 L + 8.24 \\ &= 10.1302 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

IV.4.3. Perhitungan Beban pada Geladak Penghubung Lambung Kapal

Berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia mengenai kapal kecil, geladak penghubung antar demihull tidak disebutkan. Dikarenakan, pada peraturan tersebut lebih banyak mengacu pada kapal monohull. Sehingga dalam perhitungan beban yang bekerja pada geladak penghubung lambung kapal menggunakan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia mengenai *High Speed Craft* (HSC) dimana dalam penggunaan peraturan HSC tersebut harus memenuhi beberapa persyaratan seperti halnya perbandingan antara kecepatan kapal dengan panjang kapal. Dan jika dihitung menggunakan ukuran utama dari konsep desain tersebut telah memenuhi persyaratan dari peraturan *High Speed Craft* tersebut. Namun, penggunaan peraturan HSC ini tidak digunakan untuk keseluruhan perhitungan konstruksi kapal yang lain, dikarenakan ada batasan panjang kapal yang disamakan dengan kapal ukuran besar. Sehingga pada perencanaan beban pada geladak penghubung lambung kapal tidak boleh kurang dari:

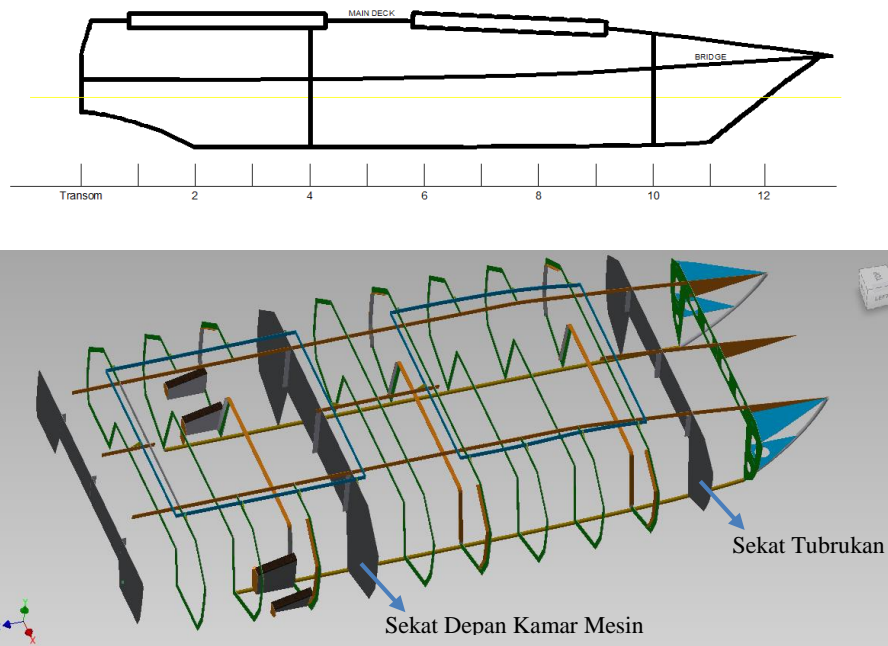
$$\begin{aligned} P_{sl} &= 3 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_{WD} \cdot V \cdot V_{sl} \cdot (1 - 0.85 \cdot H_A / H_S) \\ &= 6.279 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

IV.4.4. Perhitungan dan Perencanaan Bulkheads

Dalam perencanaan sekat kedap pada kapal. Sekat tubrukan diharuskan terpasang pada setiap kapal. Namun, jika sistem penggerak menggunakan motor tanpa layar, maka kapal yang kurang dari 17 meter dapat ditambahkan maupun tidak menggunakan sekat

tubrukan. Sehingga pada perencanaan kapal tanpa awak tersebut dimana panjang kapal tanpa awak tersebut hanya sebesar 7.2 meter maka kapal tersebut dapat tidak menggunakan sekat tubrukan. Tetapi demi keamanan dari kapal tanpa awak tersebut, dalam perencanaannya akan di pasang sekat tubrukan. Dimana jarak sekat tubrukan dapat dipasang pada jarak $0.05 L$ dari AP sampai $0.05 L + 3$ m dari AP. Pada perencanaan kali ini maka letak sekat tubrukan dapat diambil pada jarak 1.177 m dari AP (frame spacing di station 10).

Sekat yang berada pada kapal tidak hanya sekat tubrukan saja, dimana fungsi dari sekat tersebut guna melindungi komponen yang ada di atas kapal dari tabrakan antar kapal maupun benda asing yang berada pada luar kapal. Sehingga, demi meningkatkan pengamanan kapal dari kebocoran maka penambahan sekat kedap air dan api dapat ditambahkan pada bagian kompartmen mesin. Sehingga jumlah total sekat yang diambil sebanyak 2 buah, yaitu sekat tubrukan dan sekat depan kamar mesin.



Gambar IV.3 Perencanaan Letak Sekat Tubrukan dan Sekat Depan Kamar Mesin

IV.4.5. Perhitungan Faktor Material dan Penambahan Sifat Korosi

Dalam pembuatan kapal tanpa awak tersebut, material yang digunakan berupa aluminium alloy. Berdasarkan pemilihan jenis aluminium yang sudah dipilih maka aluminium yang akan digunakan memiliki series 5083, dimana series tersebut memiliki

sifat yang cukup baik. Berdasarkan sifat material setiap aluminium alloy pada Tabel II.4 maka diperoleh:

$$R_{p0.2} = 125 \text{ N/mm}^2$$

$$R_m = 270 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga berdasarkan nilai yield strength dan tensile strength dari material aluminium alloy yang digunakan memiliki nilai sebesar:

$$k = \frac{635}{R_{p0.2} + R_m}$$

$$= 1.608$$

Salah satu sifat umum aluminium alloy adalah tahan korosi terhadap segala cuaca. Dimana sifat tersebut juga dapat diaplikasikan pada pembuatan lambung kapal tanpa awak tersebut. Dengan sifat aluminium yang sangat tahan terhadap korosi maka pada peraturan BKI mengenai kapal kecil yang menggunakan material aluminium tidak memerlukan penambahan tebal akibat korosi ($t_k = 0$). Daya tahan terhadap korosi juga dapat ditambahkan dengan memberi cat pada aluminium alloy tersebut.

IV.4.6. Perhitungan dan Perencanaan Struktur Alas

Perhitungan struktur alas kapal terdiri dari wrang (*floor*), pelat lunas dan pelat alas pada kapal. Dikarenakan menggunakan sistem konstruksi melintang, maka jarak setiap gading yang direncanakan sebesar 600mm. Dimana pada peraturan Biro Klasifikasi Indonesia pada perancangan kapal kecil, kapal yang menggunakan sistem konstruksi melintang maka wrang / floor harus dipasang pada setiap jarak gading yang direncanakan. Sehingga di dapatkan tebal minimum dari wrang / floor yang digunakan sebesar:

$$t = 1.1 \cdot \sqrt{L \cdot k} + 1$$

$$= 5 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan pembangunan kapal tanpa awak tersebut, sistem propulsi yang digunakan pada kapal tersebut hanya berupa mesin utama tanpa menggunakan layar pada kapal. Sehingga pada perhitungan modulus dari wrang / floor yang akan digunakan tidak boleh kurang dari:

$$W = 0.43 \text{ a } l^2 F_{VP} P_{dBM} k$$

$$W = 9.832 \text{ cm}^3 \text{ untuk posisi } \geq 0.4 L$$

$$W = 7.865 \text{ cm}^3 \text{ untuk posisi } < 0.4 L$$

Dalam pemilihan sebuah profil wrang / floor, nilai modulus profil yang digunakan harus lebih besar dari nilai modulus perhitungan. Sehingga pemilihan profil dapat mengacu pada Annex BKI dimana ukuran profil dan modulus dari setiap profil yaitu I 65x6 dengan modulus 9 cm^3 untuk posisi $< 0.4 L$ dan I 65x7 dengan modulus 11 cm^3 untuk posisi $\geq 0.4 L$.

Perencanaan pelat lunas pada kapal tanpa awak tersebut memiliki perhitungan tebal dan lebar pelat yang akan digunakan tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned} b &= (530 + 5 L) \cdot \sqrt{k} \\ &= 718.08 \text{ mm} \\ t &= (3.3 + 0.5 L) \cdot \sqrt{k} \\ &= 8.79 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga, pelat lunas yang digunakan memiliki dimensi lebar sebesar 750 mm dengan tebal pelat lunas sebesar 9 mm.

Perencanaan pelat alas pada kapal tanpa awak tersebut memiliki perhitungan tebal pelat yang akan digunakan tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned} t &= 1.62 a \cdot F_{VB} \cdot \sqrt{PdBM \cdot k} \\ &= 7.63 \text{ mm} \quad \text{untuk posisi } \geq 0.4 L \\ t &= 1.62 a \cdot F_{VB} \cdot \sqrt{PdBM \cdot k} \\ &= 6.82 \text{ mm} \quad \text{untuk posisi } < 0.4 L \end{aligned}$$

Sehingga, pelat alas yang digunakan memiliki tebal 8 mm pada sepanjang kapal tanpa awak tersebut. Dimana pada peraturan BKI, pelat alas kapal harus dipasang hingga 150 mm diatas garis air kapal tanpa awak tersebut.

IV.4.7. Perhitungan dan Perencanaan Struktur Sisi

Perhitungan struktur sisi kapal terdiri dari gading kecil, gading besar dan pelat sisi pada kapal. Dikarenakan menggunakan sistem konstruksi melintang dengan jarak tiap gading sebesar 600mm, maka jarak tiap gading besar yang direncanakan sebesar 1800mm (setiap 3x jarak gading kecil). Sehingga pada perhitungan modulus dari gading biasa yang akan digunakan tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned} W &= 0.35 a l^2 F_{VSF} P_{dSM} k \\ W &= 6.730 \text{ cm}^3 \quad \text{untuk posisi } \geq 0.4 L \\ W &= 5.372 \text{ cm}^3 \quad \text{untuk posisi } < 0.4 L \end{aligned}$$

Dalam pemilihan sebuah profil gading biasa, nilai modulus profil yang digunakan harus lebih besar dari nilai modulus perhitungan. Sehingga pemilihan profil dapat mengacu pada Annex BKI dimana ukuran profil dan modulus dari setiap profil yaitu I 50x6 dengan modulus 6 cm^3 untuk posisi $< 0.4 L$ dan I 50x7 dengan modulus 7 cm^3 untuk posisi $\geq 0.4 L$.

Sedangkan pada perhitungan modulus dari gading besar yang akan digunakan tidak boleh kurang dari:

$$W = 0.31 e l^2 F_{VSW} P_{dSM} k$$

$$W = 17.882 \text{ cm}^3 \text{ untuk posisi } \geq 0.4 L$$

$$W = 14.274 \text{ cm}^3 \text{ untuk posisi } < 0.4 L$$

Dalam pemilihan sebuah profil gading besar, nilai modulus profil yang digunakan harus lebih besar dari nilai modulus perhitungan. Sehingga pemilihan profil dapat mengacu pada Annex BKI dimana ukuran profil dan modulus dari setiap profil yaitu L 60x40x5 dengan modulus 16 cm^3 untuk posisi $< 0.4 L$ dan L 60x40x6 dengan modulus 25 cm^3 untuk posisi $\geq 0.4 L$.

Perencanaan pelat sisi pada kapal tanpa awak tersebut memiliki perhitungan tebal pelat yang akan digunakan tidak boleh kurang dari:

$$t = 1.62 a \cdot F_{VS} \cdot \sqrt{PdSM \cdot k}$$

$$= 5.29 \text{ mm} \text{ untuk posisi } \geq 0.4 L$$

$$t = 1.62 a \cdot F_{VS} \cdot \sqrt{PdSM \cdot k}$$

$$= 4.73 \text{ mm} \text{ untuk posisi } < 0.4 L$$

Sehingga, pelat sisi yang digunakan memiliki tebal 6 mm pada sepanjang kapal tanpa awak tersebut.

IV.4.8. Perhitungan dan Perencanaan Struktur Geladak

Perhitungan struktur geladak kapal terdiri dari balok geladak, penguat geladak dan pelat geladak pada kapal. Dikarenakan menggunakan sistem konstruksi melintang, maka jarak setiap balok geladak yang direncanakan sebesar 600mm. Sehingga pada perhitungan modulus dari balok geladak (*deck beam*) yang akan digunakan tidak boleh kurang dari:

$$W = n \cdot a \cdot l^2 \cdot P_{dD} \cdot k$$

$$W = 2.71 \text{ cm}^3$$

Dalam pemilihan sebuah profil balok geladak, nilai modulus profil yang digunakan harus lebih besar dari nilai modulus perhitungan. Dikarenakan nilai modulus terlalu kecil, maka pemilihan profil yang mengacu pada Annex BKI menggunakan profil dan modulus terkecil dari daftar profil kapal. Sehingga ukuran profil dan modulus dari profil yang digunakan yaitu I 50x5 dengan modulus 5 cm³.

Sedangkan jarak setiap penguat geladak yang direncanakan sebesar 900mm. Perhitungan modulus dari penguat geladak (*deck girder*) yang akan digunakan tidak boleh kurang dari:

$$W = 0.227 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_{dD} \cdot c \cdot k$$

$$W = 1.20 \text{ cm}^3$$

Dalam pemilihan sebuah profil balok geladak, nilai modulus profil yang digunakan harus lebih besar dari nilai modulus perhitungan. Dikarenakan nilai modulus terlalu kecil, maka pemilihan profil yang mengacu pada Annex BKI menggunakan profil dan modulus terkecil dari daftar profil kapal. Sehingga ukuran profil dan modulus dari profil yang digunakan yaitu I 50x5 dengan modulus 5 cm³.

Perencanaan tebal minimum dari pelat geladak yang akan digunakan tidak boleh kurang dari:

$$t = 1.65 a \cdot \sqrt{PdD \cdot k} + 1$$

$$= 3.90 \text{ mm}$$

Sehingga, pelat geladak yang digunakan memiliki tebal 4 mm pada sepanjang kapal tanpa awak tersebut.

IV.4.9. Rekapitulasi Konstruksi

Berdasarkan perhitungan diperoleh rekapitulasi sebagai berikut:

Tabel IV.2 Rekapitulasi Konstruksi

No	Item	Untuk : < 0.4 L		Untuk : ≥ 0.4 L	
		Perhitungan	Diambil	Perhitungan	Diambil
1	Pelat Lunas Lebar Tebal	718.08 mm	750 mm	718.08 mm	750 mm
		8.79 mm	9.00 mm	8.79 mm	9.00 mm
2	Pelat Alas	6.82 mm	8.00 mm	7.63 mm	8.00 mm
3	Wrang / Floor Modulus Dimensi	7.87 cm ³	9.00 cm ³ I 65 x 6 mm	9.83 cm ³	11.00 cm ³ I 65 x 7 mm
		4.73 mm	6.00 mm	5.29 mm	6.00 mm
4	Pelat Sisi	4.73 mm	6.00 mm	5.29 mm	6.00 mm
5	Pelat Bridge	7.74 mm	8.00 mm	7.74 mm	8.00 mm

No	Item	Untuk : < 0.4 L		Untuk : ≥ 0.4 L	
		Perhitungan	Diambil	Perhitungan	Diambil
6	Gading Besar Modulus Dimensi	14.27 cm ³ L 60 x 40 x 5 mm	16.00 cm ³ L 60 x 40 x 5 mm	17.88 cm ³ L 60 x 40 x 6 mm	25.00 cm ³ L 60 x 40 x 6 mm
7	Gading Biasa Modulus Dimensi	5.37 cm ³	6.00 cm ³ I 50 x 6 mm	6.73 cm ³	7.00 cm ³ I 50 x 7 mm
8	Sekat Tubrukan			4.83 mm	5.00 mm
9	Penegar Sekat Tubrukan Modulus Dimensi			3.54 cm ³	5.00 cm ³ I 50 x 5 mm
10	Sekat Lainnya	3.14 mm	4.00 mm	3.14 mm	4.00 mm
11	Penegar Sekat Lainnya Modulus Dimensi	1.75 cm ³	5.00 cm ³ I 50 x 5 mm	1.75 cm ³	5.00 cm ³ I 50 x 5 mm
12	Pelat Geladak	3.90 mm	4.00 mm	3.90 mm	4.00 mm
13	Deck Beam Modulus Dimensi	2.71 cm ³	5.00 cm ³ I 50 x 5 mm	2.71 cm ³	5.00 cm ³ I 50 x 5 mm
14	Deck Girder Modulus Dimensi	1.20 cm ³	5.00 cm ³ I 50 x 5 mm	1.20 cm ³	5.00 cm ³ I 50 x 5 mm
15	Pelat Dinding Superstructure	3.78 mm	4.00 mm	3.78 mm	4.00 mm
16	Pelat Geladak Superstructure	3.79 mm	4.00 mm	3.79 mm	4.00 mm
17	Deck Beam for Superstructure Modulus Dimensi	2.44 cm ³	5.00 cm ³ I 50 x 5 mm	2.44 cm ³	5.00 cm ³ I 50 x 5 mm
18	Deck Girder for Superstructure Modulus Dimensi	1.20 cm ³	5.00 cm ³ I 50 x 5 mm	1.20 cm ³	5.00 cm ³ I 50 x 5 mm

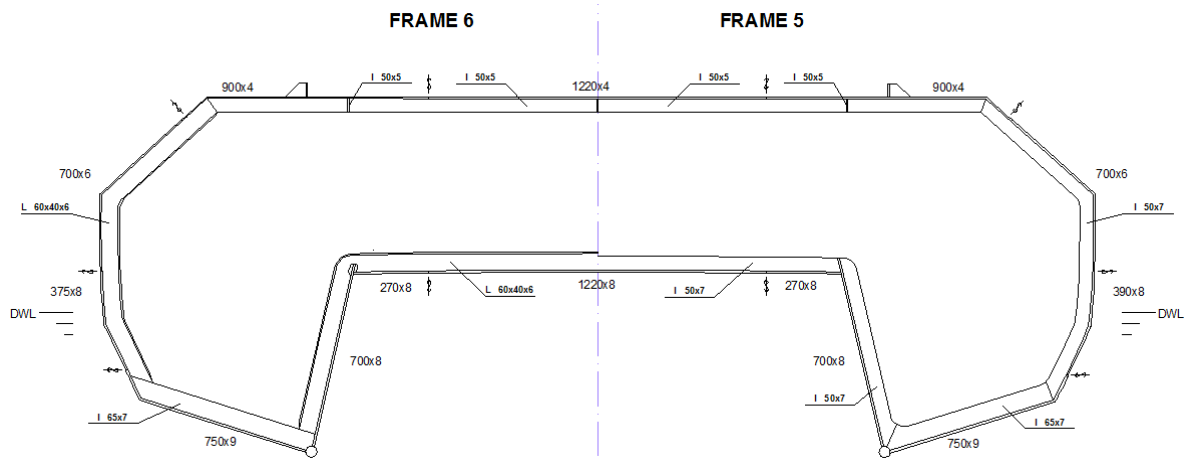
IV.5. Pembuatan Penampang Melintang Kapal

Dalam proses desain penampang konstruksi secara melintang pada kapal USV, pembuatannya dengan menggunakan data *body plan* sesuai dengan letak tiap gading pada *software Maxsurf Modeler* dan kemudian diimport pada *software AutoCAD*.

Untuk menyimpan *body plan* dari model yang telah dibuat, buka pandangan depan atau belakang dari model, kemudian klik *file > export > DXF and IGES*, atur skala 1:1, kemudian klik *ok* dan *save file* baru tersebut.

Pada *software AutoCAD*, *file dxf* tersebut diimport dan selanjutnya setiap *body plan* dipisahkan untuk membuat gambar detail dari setiap gading pada kapal tanpa awak. Dalam pembuatan penampang melintang tersebut dapat dibantu dengan adanya rekapitulasi konstruksi yang telah dibuat pada Tabel IV.2, sehingga proses pembuatan penampang tersebut dapat cepat terselesaikan.

Setelah dibuat penampang melintang setiap gading yang digunakan maka gambar tersebut dapat dijadikan acuan dalam pembangunan kapal tanpa awak tersebut. Berikut ini pada Gambar IV.4 merupakan salah satu contoh penampang melintang dari kapal tanpa awak. Sedangkan untuk selengkapnya bisa dilihat pada halaman lampiran penampang melintang kapal.



Gambar IV.4 Contoh Penampang Melintang Konstruksi Kapal

IV.6. Perhitungan Koreksi Berat Kapal

Perhitungan koreksi berat kapal dilakukan guna untuk memperoleh kondisi kapal sebenarnya setelah dilakukan penambahan perhitungan konstruksi kapal. Dimana pada “*Konsep Desain*”, perhitungan berat kapal meliputi berat aluminium, berat peralatan, dan berat permesinan.

Adapun hasil perhitungan masing – masing berat dan displasmen kapal yang telah dilakukan perhitungan sebesar:

$$\begin{aligned}
 W_{al} &= 1.349 \text{ ton} \\
 W_{e\&o} &= 0.043 \text{ ton} \\
 W_m &= 2.399 \text{ ton} \\
 \Delta &= 4.083 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

(Hardianto, 2017)

Perhitungan berat aluminium kapal tersebut hanya dilakukan menggunakan pendekatan luasan kapal dan perkiraan tebal pelat yang akan digunakan. Sehingga diperoleh berat aluminium kapal sebesar 1.349 ton. Sedangkan perhitungan koreksi berat kapal dilakukan dengan cara menghitung setiap gading, pelat, dan profil yang akan digunakan sesuai dengan rekapitulasi konstruksi maupun gambar melintang kapal.

Berikut ini adalah hasil perhitungan berat konstruksi kapal setelah dilakukan perencanaan konstruksi kapal:

Total Berat Aluminium

$$W_{al} = 1.540 \text{ ton}$$

Titik Berat Aluminium

$$LCG_{al} = 3.344 \text{ m}$$

$$KG = 0.42 \text{ m}$$

Berdasarkan kedua hasil perhitungan berat aluminium tersebut, diperoleh selisih berat konstruksi dan kulit kapal sebesar 14%. Namun, pada komponen berat lainnya tidak mengalami perubahan akibat perencanaan konstruksi kapal. Sehingga perlu dilakukan perhitungan koreksi displasmen pada kapal akibat perencanaan konstruksi kapal. Adapun perhitungan kondisi kapal adalah sebagai berikut:

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

$$\begin{aligned} W_{tot} &= W_{e\&o} + W_m + W_{al} \\ &= 0.043 + 2.399 + 1.540 \\ &= 3.982 \text{ ton} \end{aligned}$$

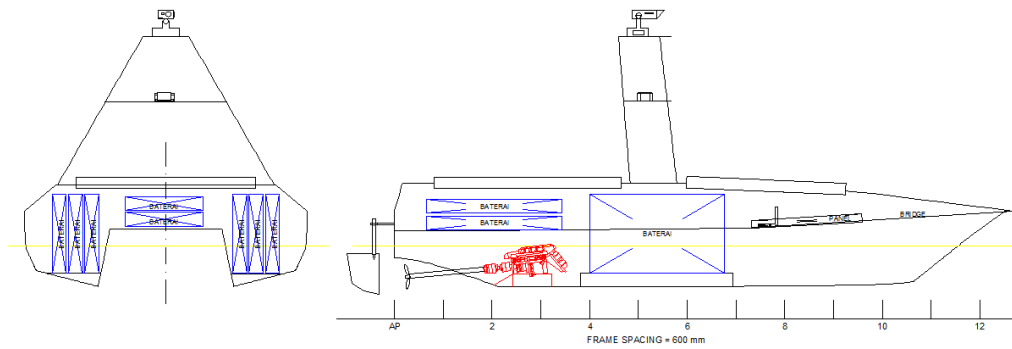
$$\text{Selisih berat} = 0.101 \text{ ton}$$

$$\text{Margin} = 2.5 \%$$

Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan margin berat kapal sebesar 2.5%. Sehingga kapal masih dapat mengapung akibat besarnya displasmen kapal yang masih terpenuhi dengan berat kapal total sebesar 3.982 ton.

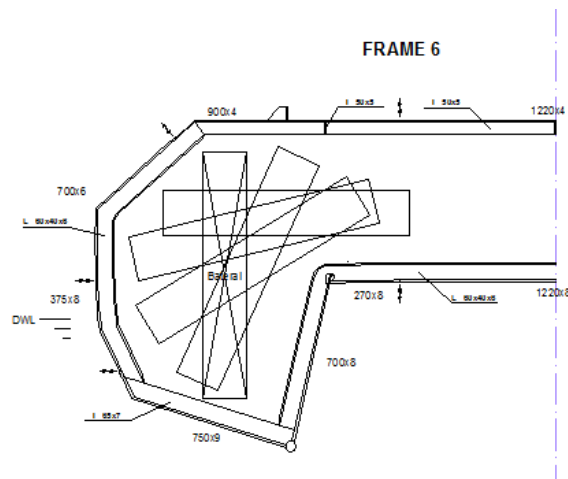
IV.7. Perhitungan Koreksi Trim dan Stabilitas Kapal

General Arrangement didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal. Pada permodelan rencana umum *Unmanned Surface Vehicle* ini dilakukan pemroyeksian *layout* kapal tampak depan dan tampak samping. Detail permodelan rencana umum USV PLAT-N tampak depan dan samping dapat dilihat pada Gambar IV.5 berikut yang telah dibuat pada “*Konsep Desain*”.



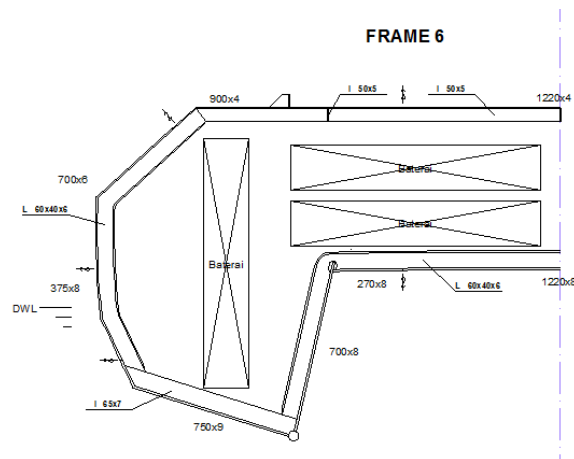
Gambar IV.5 *General Arrangement* USV “PLAT-N”
 Sumber: Hardianto, 2017

Berdasarkan rencana umum yang telah dibuat, peletakan 3 buah baterai yang digunakan berada pada setiap lambung demihull. Sedangkan pada rekapitulasi konstruksi, dimensi konstruksi dari gading besar yang digunakan adalah menggunakan profil L 60x40x6. Sehingga peletakan baterai harus dipindahkan sebagian karena terbatasnya ruangan akibat perencanaan ukuran konstruksi. Baterai yang berada pada masing – masing demihull, direncanakan hanya terdapat 1 unit saja. Dikarenakan peletakan baterai sangat sulit akibat adanya konstruksi kapal tersebut. Detail cara peletakan baterai pada demihull dapat dilihat pada Gambar IV.6 berikut ini:



Gambar IV.6 Cara Peletakan 1 Baterai pada *Demihull*

Berdasarkan gambar IV.6, peletakan baterai yang berada pada demihull hanya terdapat 1 unit saja. Jika pada setiap demihull ditambahkan 1 unit baterai lagi, maka peletakan baterai ke 2 tidak dapat dipasang dengan posisi seperti gambar di atas. Sehingga 2 unit baterai lainnya harus dipindahkan ke tempat lain. Perencanaan penempatan baterai lainnya dapat dilihat pada Gambar IV.7 berikut ini:



Gambar IV.7 Perencanaan Ulang Penempatan Baterai

Berdasarkan Gambar IV.7, perencanaan ulang dilakukan karena adanya tambahan koreksi dari konstruksi yang telah dibuat. Sehingga dalam perencanaan ulang penempatan baterai yang digunakan harus memperhitungkan kembali mengenai trim dan stabilitas kapal tanpa awak tersebut.

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

1. *Trim* haluan
2. *Trim* buritan

Adapun batasan untuk *trim* didasarkan pada selisih harga mutlak antara LCG dan LCB dengan batasan $\leq Lpp/50$ sesuai aturan NCVS 2009. Apabila perhitungan tidak memenuhi syarat, maka dapat diperbaiki dengan cara menggeser letak komponen elektrik yang telah direncanakan sebelumnya. Untuk detail perhitungan pemeriksaan sarat dan *trim* kapal dapat dilihat pada Tabel IV.3 berikut ini:

Tabel IV.3 Kondisi *Trim* pada 1 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.

Kapal Tanpa Awak yang akan dibangun juga 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.4 merupakan rangkuman hasil perhitungan yang telah dibandingkan dengan batasannya:

Tabel IV.4 Stabilitas Kapal

Data	Loadcase I	Kriteria HSC	Kondisi
e_{0-30° (m.deg)	22.4569	≥ 3.1513	Diterima
Hw (deg)	0	≤ 10	Diterima
θ_{max} (deg)	31.8	≥ 10	Diterima

Berdasarkan perhitungan *trim* dan stabilitas kapal, semua nilai kondisi kapal telah memenuhi kriteria yang ditentukan. Sehingga perubahan perencanaan posisi baterai dapat terpenuhi dan tidak terganggu oleh adanya tambahan konstruksi kapal.

IV.8. Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal

Dalam pembangunan sebuah kapal diperlukan berbagai macam material. Tidak hanya material konstruksi lambung saja melainkan komponen lainnya yang ada di kapal tanpa awak tersebut. Dimana material pelat yang akan digunakan untuk memenuhi pelat kulit kapal, maupun profil konstruksi kapal sangat beragam tebalnya sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Kuantitas jumlah total pelat yang dibutuhkan tiap masing – masing tebal pelat inilah yang menentukan besarnya biaya pembangunan kapal pada batasan lambung kapal. Selain itu faktor yang mempengaruhi besarnya harga kapal adalah permesinan, perlengkapan dan peralatan yang digunakan pada kapal tanpa awak tersebut. Sehingga dari rekapitulasi perhitungan konstruksi tiap bagian didapatkan luasan yang dibutuhkan pada Tabel IV.5 berikut ini:

Tabel IV.5 Perincian Luasan Pelat dan Profil

Item	Tebal	Luas (mm ²)	Luasan pelat yang dibutuhkan
Transom	4	1371807	18977975
Sekat 1	4	2939357	
Pelat Geladak	4	14666812	
Profile (L 65x50x5)	5	298980	19940379
Profile (L 75x50x5)	5	16158205	
Sekat 2	5	1867529	
Deck Beam	5	1615666	

Pelat Sisi	6	13544080	14678137
Gading Biasa	6	124197	
Wrang (1-3)	6	241286	
Bridge (2-3 & 6-8)	6	768574	
Wrang (5-9)	7	394244	635221
Gading Biasa	7	240977	
Pelat Sisi	8	3214520	16568590
Pelat Bridge	8	13354070	
Pelat Keel	9	17496600	17496600
Round Bar	40	Panjang yang dibutuhkan : 7200 mm	

Berdasarkan Tabel IV.5 maka diperoleh luasan pelat yang dibutuhkan dan kemudian akan dibandingkan dengan luasan pelat yang akan dibeli untuk menentukan jumlah pelat yang harus dibeli. Dimana ukuran pelat yang akan dibeli dengan panjang x lebar sebesar 6 x 1.5 m. Setelah dirinci semua kebutuhan aluminium kapal, peralatan dan perlengkapan, serta kebutuhan tenaga penggerak kapal, maka didapatkan total harga seperti pada Tabel IV.6. Dimana pada perhitungan tabel tersebut menggunakan nilai tukar rupiah terhadap nilai tukar asing pada tanggal 17 Juni 2017 sebesar Rp 13.388,- per USD, dan sebesar Rp 15.174,- per EURO.

Tabel IV.6 Biaya Pembangunan Awal

Biaya Pembangunan Kapal				
1	Bill of Material	Jumlah	Harga/barang	Total
	Plate : 6000*1500*4 mm	3 lembar	Rp 9,250,000	Rp 27,750,000.00
	Plate : 6000*1500*5 mm	3 lembar	Rp11,560,000	Rp 34,680,000.00
	Plate : 6000*1500*6 mm	2 lembar	Rp13,875,000	Rp 27,750,000.00
	Plate : 6000*1500*7 mm	1 lembar	Rp16,187,500	Rp 16,187,500.00
	Plate : 6000*1500*8 mm	2 lembar	Rp18,500,000	Rp 37,000,000.00
	Plate : 6000*1500*9 mm	2 lembar	Rp20,810,000	Rp 41,620,000.00
	Elektrode	45 kg	Rp 300,000	Rp 13,500,000.00
	Round Bar	2 buah	Rp 2,012,352	Rp 4,024,704.00
2	Sistem Propulsi	Jumlah	Harga/barang	Total
	Main Engine : Inboard Motor Torquedo 80 HP	2 unit	€ 19,999	Rp 606,929,652.00
	High Voltage Battery	8 unit	€ 29,397	Rp 3,568,560,624.00
	Appendages	10%	€ 4,940	Rp 7,495,956.00
3	Sistem Pengintai	Jumlah	Harga/barang	Total
	Kamera	1 unit	\$ 8,000	Rp 111,040,000.00
	Router	1 unit	Rp 399,000	Rp 399,000.00
	GPS	1 unit	Rp 8,250,000	Rp 8,250,000.00
	Microcontroller	1 unit	Rp 499,000	Rp 499,000.00
	Laptop	1 unit	Rp 3,599,000	Rp 3,599,000.00
	Charger	1 unit	Rp 500,000	Rp 500,000.00
	Appendages		5%	Rp 662,750.00
	TOTAL KEPERLUAN AWAL =			

Biaya pada Tabel IV.6 tersebut juga harus dikoreksi dengan keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah seperti pada Tabel IV.7 berikut berdasarkan buku *Practical Ship Design*.

Tabel IV.7 Biaya Total Investasi Kapal

Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah			
<i>sumber: Watson, Practical Ship Design, 1998</i>			
1	Keuntungan Galangan 20% dari biaya pembangunan awal	20%	Rp 902,089,637.20
2	Biaya Untuk Inflasi 2% dari biaya pembangunan awal	2%	Rp 90,208,963.72
3	Biaya Pajak Pemerintah 10% dari biaya pembangunan awal	10%	Rp 451,044,818.60
TOTAL BIAYA KOREKSI =			Rp 1,443,343,419.52

Berdasarkan perhitungan pada Tabel IV.6 dan Tabel IV.7 maka didapatkan total harga investasi kapal tanpa awak tersebut sebesar **Rp 5,953,791,605,52.**

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

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

1. Pemilihan aluminium alloy yang digunakan pada pembuatan lambung kapal USV “PLAT –N” menggunakan series 5083 dikarenakan memiliki sifat mekanik yang lebih baik dari series lainnya.
2. Konstruksi yang digunakan pada kapal USV tersebut menggunakan sistem konstruksi melintang dengan rincian profil yang digunakan sebagai berikut:
 - Wrang : I 65x6 dan I 65x7 mm
 - Gading Besar : L 60x40x5 dan L 60x40x6 mm
 - Gading Biasa : I 50x6 dan I 50x7 mm
3. Perhitungan teknis yang dilakukan telah memenuhi.
 - Perhitungan berat yang telah dilakukan menghasilkan margin berat sebesar 2.5%. *Displacement* kapal adalah 4.083 ton dan berat kapal adalah 3.982 ton. Sehingga kondisi kapal dapat diterima.
 - Sesuai dengan aturan *Non-Conventional Vessel Standart 2009* perhitungan yang telah dilakukan kondisi trim buritan diterima karena selish LCG dan LCB kurang dari $L_{pp}/50$ kapal yaitu 0.138.
 - Perhitungan stabilitas yang dilakukan menggunakan acuan regulasi dari HSC 2000 Annex 7 Multihull Intact. Hasil yang didapatkan semua parameter stabilitas telah terpenuhi.
4. Berdasarkan Analisis Ekonomis biaya pembangunan yang dilakukan, didapatkan biaya investasi pembangunan USV “PLAT-N” sebesar Rp 5,953,791,605.-.
5. Desain Penampang Melintang Konstruksi *Unmanned Surface Vehicle* telah dibuat dan dilampirkan pada lampiran B.
6. Desain 3D Model Konstruksi *Unmanned Surface Vehicle* telah dibuat dan dilampirkan pada lampiran C.

V.2. Saran

1. Perlu adanya tinjauan yang lebih rinci terhadap aspek kekuatan konstruksi kapal secara memanjang, mengingat pada Tugas Akhir ini tidak menggunakan perhitungan memanjang kapal maupun bantuan aplikasi dalam pengecekan kekuatan struktur pada kapal tanpa awak tersebut.
2. Perlu dibuat permodelan gambar sketsa 2D yang lebih rinci pada setiap lembaran pelat yang dibutuhkan, sehingga kebutuhan pelat dalam pembangunan kapal tanpa awak tersebut tidak banyak membuang pelat yang tidak digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. (2016). *CCTV Camera*. Retrieved Juni 17, 2017 from Alibaba website: www.alibaba.com
- Allan, R. G. (1996). Application and Advantages of Catamarans for Coastal Patrol Vessels. Dalam *Marine Technology* (hal. 108-118).
- Aluminium Company. (2015). *Aluminium*. Retrieved Juni 10, 2017 from Aluminium Industry website: www.aluminiumindustry.org
- ASTM A370. (2004). *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*. New York: American Society for Testing and Materials (ASTM).
- Bertram, V. (2015). *Unmanned Surface Vehicles - A survey*. Retrieved April 26, 2017 from Research Gate website: www.researchgate.net/publication/228393498_Unmanned_Surface_Vehicles-A_Survey
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2013). *Rules for Small Vessels up to 24 m*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- Dokkum, K. v. (2005). *Ship Knowledge*. Enkhuizen, The Netherlands: Dokmar.
- Erawan, I. (2015). *Plat Aluminium*. Retrieved Juni 10, 2017 from Plat Aluminium website: www.plataluminium.com
- Fithriyani, L. N. (2012). *Kenapa Aluminium Lebih Awet dan Tahan Terhadap Korosi*. Purwokerto: Universitas Jendral Soedirman.
- Hardianto, D. (2017). Tugas Akhir. *Pembuatan Konsep Desain Unmanned Surface Vehicle (USV) untuk Monitoring Wilayah Perairan Indonesia*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- HSC Annex 7 Stability of Multihull Craft. (2000). *International Code of Safety fo High-Speed Craft*. London.
- Perhubungan, K. (2009). *Standar Kapal Non-Konvensi Berbendera Indonesia*. Jakarta.
- Prasetyo, L. (2015). Tugas Akhir. *Desain Eco-Friendly Boat Dengan Sumber Energi Hydrogen Fuel Cell Untuk Wisata Kali Mas Surabaya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory* (5th ed., Vol. 1). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Satriawansyah, M. (2016). Tugas Akhir. *Desain Kapal Penumpang Katamaran untuk Rute Dermaga Boom Marina, Banyuwangi - Pelabuhan Benoa*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suja, M. Jerry J. (2015). Tugas Akhir. *Sistem Navigasi pada Unmanned Surface Vehicle untuk Pemantauan Kondisi Daerah Perairan*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Taggart, R. (1980). *Ship Design and Construction*. New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- The Maritime and Coastguard Agency. (2000). *International Code of Safety for High-Speed Craft (2000)*. London: TSO.
- Torqueedo. (2015). *Propulsion System*. Retrieved Juni 15, 2017 from Torqeedo website: www.torqeedo.com/en
- Wakidjo, P. (1972). *Stabilitas Kapal Jilid II. Penuntun Dalam Menyelesaikan Masalah*. Yogyakarta.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Penyunt.) Oxford: Elsevier.

Wikipedia. (2016). *Indonesia*. Retrieved Juni 10, 2017 from Wikipedia website:
www.id.wikipedia.org/wiki/Indonesia

Wikipedia. (2016). *Unmanned Surface Vehicle*. Retrieved Juni 15, 2017 from Wikipedia
website: www.en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_surface_vehicle


LAMPIRAN

LAMPIRAN A PERHITUNGAN TEKNIS

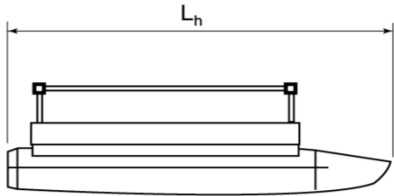
LAMPIRAN B GAMBAR PENAMPANG MELINTANG

LAMPIRAN C GAMBAR 3D MODEL KONSTRUKSI

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN TEKNIS

			TUGAS AKHIR - DETAIL DESAIN		Main Dimension																																																																																											
			Nama Kapal : UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)		L = 7.64	m																																																																																										
			Tipe Kapal : Kapal Patroli		B = 3.50	m																																																																																										
			RULES FOR SMALL VESSEL UP TO 24 M		H = 1.15	m																																																																																										
			Perhitungan Konstruksi dari BKI Vol. VII Mengenai Special Ships		T = 0.50	m																																																																																										
DEFINISI-DEFINISI & UKURAN UTAMA					Halaman : 1																																																																																											
Bagian	Perhitungan / Uraian				Hasil																																																																																											
Bab	Ps	Ayat																																																																																														
			<p>» Fungsi dan Tugas Fungsi → 1. Monitoring Tugas → 1. Pengumpulan data → a. Observasi b. Intai c. Penyusupan</p> <p>» Wilayah Operasional Wilayah perairan Indonesia yang rawan terjadinya pelanggaran atau konflik, antara lain: 1. Selat Malaka 2. Laut Natuna 3. Laut Ambalat</p> <p>» Kondisi Perairan kondisi perairan yang direncanakan dalam operasional USV ini berupa data, antara lain: 1. Kondisi Cuaca 2. Tinggi Gelombang 3. Kedalaman Laut</p> <p>» Kecepatan Kecepatan yang dibutuhkan antara 35 knot sampai 45 knot</p> <p>» Kemampuan Operasional USV ini didesain untuk dapat beroperasi diberbagai kondisi cuaca serta mampu beroperasi dalam waktu 24 jam. Untuk membantu tugas USV dalam beroperasi 24 jam, maka diperlukan kapal Induk atau KRI untuk mendampingi USV yang sedang beroperasi.</p> <p>» Main Dimension</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>L_H</td> <td>=</td> <td>7.640</td> <td>m</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L_{WL}</td> <td>=</td> <td>6.900</td> <td>m</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>=</td> <td>3.500</td> <td>m</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B_I</td> <td>=</td> <td>1.000</td> <td>m</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>=</td> <td>1.150</td> <td>m</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>T</td> <td>=</td> <td>0.500</td> <td>m</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>=</td> <td>1.500</td> <td>m</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V_s</td> <td>=</td> <td>20</td> <td>knot</td> <td>=</td> <td>10.288 m/s</td> </tr> <tr> <td>V_{max}</td> <td>=</td> <td>20</td> <td>knot</td> <td>=</td> <td>10.288 m/s</td> </tr> <tr> <td>∇</td> <td>=</td> <td>3.983</td> <td>m^3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F_n</td> <td>=</td> <td>2.145</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C_B</td> <td>=</td> <td>0.532</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C_M</td> <td>=</td> <td>0.436</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C_P</td> <td>=</td> <td>0.646</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C_{WP}</td> <td>=</td> <td>0.835</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				L_H	=	7.640	m			L_{WL}	=	6.900	m			B	=	3.500	m			B_I	=	1.000	m			H	=	1.150	m			T	=	0.500	m			S	=	1.500	m			V_s	=	20	knot	=	10.288 m/s	V_{max}	=	20	knot	=	10.288 m/s	∇	=	3.983	m^3			F_n	=	2.145				C_B	=	0.532				C_M	=	0.436				C_P	=	0.646				C_{WP}	=	0.835			
L_H	=	7.640	m																																																																																													
L_{WL}	=	6.900	m																																																																																													
B	=	3.500	m																																																																																													
B_I	=	1.000	m																																																																																													
H	=	1.150	m																																																																																													
T	=	0.500	m																																																																																													
S	=	1.500	m																																																																																													
V_s	=	20	knot	=	10.288 m/s																																																																																											
V_{max}	=	20	knot	=	10.288 m/s																																																																																											
∇	=	3.983	m^3																																																																																													
F_n	=	2.145																																																																																														
C_B	=	0.532																																																																																														
C_M	=	0.436																																																																																														
C_P	=	0.646																																																																																														
C_{WP}	=	0.835																																																																																														



			TUGAS AKHIR - DETAIL DESAIN	Main Dimension
			Nama Kapal : UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)	L = 7.27 m
			Tipe Kapal : Kapal Patroli	B = 3.50 m
			RULES FOR SMALL VESSEL UP TO 24 M	H = 1.15 m
			Perhitungan Konstruksi dari BKI Vol. VII Mengenai Special Ships	T = 0.50 m
Bagian			DEFINISI-DEFINISI & UKURAN UTAMA	Halaman : 2
Bab	Ps	Ayat	Perhitungan / Uraian	Hasil
			Perhitungan konstruksi ini menggunakan panduan buku BKI Bagian 3 tentang Special Ship Volume VII Tahun 2013 dengan ukuran utama kapal sebagai berikut: Lh = 7.64 m Power = 59.68 kW (individual engine) Lwl = 6.90 m Vs = 20 knot B = 3.50 m Vmax = 20 knot B1 = 1.00 m ρ = 1.025 ton/m ³ H = 1.15 m g = 9.81 m/s ² T = 0.50 m	
I	A	1	General, Definitions	
I	A	1.5.1.1	Panjang Lambung Kapal  Multihull/Pontoon	Lh = 7.64 m
I	A	1.5.1.2	Panjang Garis Air Lwl = 6.90 m (didapatkan pada desain kapal maxsurf)	Lwl = 6.90 m
I	A	1.5.1.3	Panjang Konstruksi (L) Diketahui: Lh = 7.64 m Lwl = 6.90 m Sehingga : $L = (Lh + Lwl) / 2$ $= (7.64 + 6.90) / 2$ $= 7.27 \text{ m}$	L = 7.27 m
I	A	1.5.1.4	Lebar (B) Lebar pada kapal adalah lebar maksimum dari kapal diukur dari kulit terluar. B = 3.50 m	B = 3.50 m
I	A	1.5.1.5	Tinggi (H) Tinggi pada kapal adalah jarak vertikal antara bagian bawah dan atas kapal. H = 1.15 m	H = 1.15 m
I	A	1.5.1.8	Sarat (T) T = 0.50 m	T = 0.50 m
I	A	1.5.2	Speed (V) Kecepatan adalah kecepatan maksimum yang diharapkan dalam satuan knots. V = 20 kn	V = 20 kn
I	A	1.5.3	Displacement Diperoleh total Displacement kapal katamaran: $\Delta = \nabla \cdot \rho \rightarrow \nabla (\text{Vol. Displ.}) = 3.983 \text{ m}^3$ $= 3.983 \times 1.025$ $= 4.083 \text{ ton}$	Δ = 4.083 ton



TUGAS AKHIR - DETAIL DESAIN		Main Dimension
Nama Kapal	: UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)	L = 7.27 m
Tipe Kapal	: Kapal Patroli	B = 3.50 m
RULES FOR SMALL VESSEL UP TO 24 M		H = 1.15 m
Perhitungan Konstruksi dari BKI Vol. VII Mengenai Special Ships		T = 0.50 m
DEFINISI-DEFINISI & UKURAN UTAMA		Halaman : 3

Bagian	Perhitungan / Uraian		Hasil																								
Bab	Ps	Ayat																									
			Perhitungan konstruksi ini menggunakan panduan buku BKI Bagian 3 tentang Special Ship Volume VII Tahun 2013 dengan ukuran utama kapal sebagai berikut: L = 7.27 m Lwl = 6.90 m B = 3.50 m V = 20 kn H = 1.15 m Δ = 4.083 ton T = 0.50 m																								
I	A	1.9	Perencanaan Beban Pada Kapal																								
I	A	1.9.2	Beban Pada Lambung Kapal																								
			<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Hull Area</th> <th>Motor Craft</th> <th>Sailing Craft and Motorsailers</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Design Loading [kN/m²]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Shell Bottom</td> <td>P_{dBM}</td> <td>P_{dBS}</td> </tr> <tr> <td>≥ 0.4 L : fore</td> <td>2.7 L + 3.29</td> <td>3.29 L - 1.41</td> </tr> <tr> <td>< 0.4 L : aft</td> <td>2.16 L + 2.63</td> <td>2.63 L - 1.13</td> </tr> <tr> <td>Shell Side</td> <td>P_{dSM}</td> <td>P_{dSS}</td> </tr> <tr> <td>≥ 0.4 L : fore</td> <td>1.88 L + 1.76</td> <td>2.06 L - 2.94</td> </tr> <tr> <td>< 0.4 L : aft</td> <td>1.5 L + 1.41</td> <td>1.65 L - 2.35</td> </tr> </tbody> </table>	Hull Area	Motor Craft	Sailing Craft and Motorsailers	Design Loading [kN/m ²]		Shell Bottom	P_{dBM}	P_{dBS}	≥ 0.4 L : fore	2.7 L + 3.29	3.29 L - 1.41	< 0.4 L : aft	2.16 L + 2.63	2.63 L - 1.13	Shell Side	P_{dSM}	P_{dSS}	≥ 0.4 L : fore	1.88 L + 1.76	2.06 L - 2.94	< 0.4 L : aft	1.5 L + 1.41	1.65 L - 2.35	
Hull Area	Motor Craft	Sailing Craft and Motorsailers																									
	Design Loading [kN/m ²]																										
Shell Bottom	P_{dBM}	P_{dBS}																									
≥ 0.4 L : fore	2.7 L + 3.29	3.29 L - 1.41																									
< 0.4 L : aft	2.16 L + 2.63	2.63 L - 1.13																									
Shell Side	P_{dSM}	P_{dSS}																									
≥ 0.4 L : fore	1.88 L + 1.76	2.06 L - 2.94																									
< 0.4 L : aft	1.5 L + 1.41	1.65 L - 2.35																									
			Dikarenakan kapal yang akan dibuat tidak menggunakan layar dalam sistem penggeraknya, maka diperoleh beban yang bekerja pada lambung kapal sebagai berikut: → Beban pada bagian bawah lambung kapal ≥ 0.4 L : fore = 2.7 L + 3.29 = 2.7 x 7.270 + 3.29 = 22.919 kN/m ² < 0.4 L : aft = 2.16 L + 2.63 = 2.16 x 7.270 + 2.63 = 18.333 kN/m ² → Beban pada bagian sisi samping lambung kapal ≥ 0.4 L : fore = 1.88 L + 1.76 = 1.88 x 7.270 + 1.76 = 15.428 kN/m ² < 0.4 L : aft = 1.5 L + 1.41 = 1.5 x 7.270 + 1.41 = 12.315 kN/m ²	Untuk : ≥ 0.4 L $P_{dBM} = 22.919 \text{ kN/m}^2$ Untuk : < 0.4 L $P_{dBM} = 18.333 \text{ kN/m}^2$ Untuk : ≥ 0.4 L $P_{dSM} = 15.428 \text{ kN/m}^2$ Untuk : < 0.4 L $P_{dSM} = 12.315 \text{ kN/m}^2$																							
I	A	1.9.3	Beban Koreksi Faktor akibat Kecepatan Kapal																								
			Shell Bottom																								
			$F_{VB} = 0.34 \sqrt{\frac{v}{\sqrt{Lwl}}} + 0.355 \geq 1.0$ = 1.29	$F_{VB} = 1.293$																							
			Shell Side																								
			$F_{VS} = (0.024 \frac{v}{\sqrt{Lwl}} + 0.91)(1.018 - 0.0024 L) \geq 1.0$ = 1.09	$F_{VS} = 1.093$																							
			Internal Structural Member Floors																								
			$F_{VF} = (0.78 \sqrt{\frac{v}{\sqrt{Lwl}}} - 0.48)(1.335 - 0.01 L) \geq 1.0$ = 2.11	$F_{VF} = 2.111$																							



TUGAS AKHIR - DETAIL DESAIN

Nama Kapal : UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)
 Tipe Kapal : Kapal Patroli

RULES FOR SMALL VESSEL UP TO 24 M

Perhitungan Konstruksi dari BKI Vol. VII Mengenai Special Ships

Main Dimension	
L =	7.27 m
B =	3.50 m
H =	1.15 m
T =	0.50 m

Bagian

DEFINISI-DEFINISI & UKURAN UTAMA

Halaman : 4

Bab Ps Ayat

Perhitungan / Uraian

Hasil

Web Frame at WL Bottom Longitudinal Frame

$$F_{VL} = F_{VBW} = \left(0.075 \frac{V}{\sqrt{Lwl}} + 0.73 \right) > 1$$

$$= 1.30$$

$F_{VL} = F_{VBW} = 1.30$

Transverse Frame Webs at Side

$$F_{VSF} = F_{VSW} = \left(0.1 \frac{V}{\sqrt{Lwl}} + 0.52 \right) (1.19 - 0.01 L) > 1.0$$

$$= 1.43$$

$F_{VSF} = F_{VSW} = 1.43$

Side Longitudinal Frames

$$F_{VSL} = \left(0.14 \frac{V}{\sqrt{Lwl}} + 0.47 \right) (1.07 - 0.008 L) > 1.0$$

$$= 1.55$$

$F_{VSL} = 1.554$

I A 1.9.4

Beban Pada Geladak dan Bangunan Atas Kapal

Area		Sailing- and Motor craft	
		Design Loads P_{dD} [kN/m ²]	
Main Deck		0.26 L + 8.24	
Cabins	h ≤ 0.5 m	Deck	0.235 L + 7.42
		Wall	0.26 L + 8.24
Deckhouse	h > 0.5 m	Deck	(0.235 L + 7.42) (1 - h'/10)
		Side Wall	(0.26 L + 8.24) (1 - h'/10)
		Front Wall	1.25 (0.26 L + 8.24) (1 - h'/10)

note : 1. Minimum load for non-walk-on cabin decks PdD min = 4.0 [kN/m²]
 2. h' = 0.5 h (h = superstructure height above main deck)

Dikarenakan kapal yang akan dibuat tidak untuk mengangkut orang maka bangunan atas hanya menggunakan cabins dengan ruang kosong. Sehingga perhitungan beban pada geladak dan bangunan atas kapal adalah sebagai berikut:

→ Beban pada main deck kapal

$$P_{dD} = 0.26 L + 8.24$$

$$= 0.26 \times 7.270 + 8.24$$

$$= 10.1302 \text{ kN/m}^2$$

Beban pada main deck
 $P_{dD} = 10.130 \text{ kN/m}^2$

→ Beban pada deck cabins

$$P_{dD} = 0.235 L + 7.42$$

$$= 0.235 \times 7.270 + 7.42$$

$$= 9.12845 \text{ kN/m}^2$$

Beban pada deck cabins
 $P_{dD} = 9.128 \text{ kN/m}^2$

→ Beban pada wall cabins

$$P_{dD} = 0.26 L + 8.24$$

$$= 0.26 \times 7.270 + 8.24$$

$$= 10.1302 \text{ kN/m}^2$$

Beban pada wall cabins
 $P_{dD} = 10.130 \text{ kN/m}^2$

C 1.9.4

Beban Pada Geladak Penghubung Lambung Kapal

Beban yang bekerja pada geladak penghubung lambung kapal tidak boleh kurang dari:

$$P_{sl} = 3 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_{WD} \cdot V \cdot V_{sl} \cdot (1 - 0.85 \cdot H_A / H_S) \quad [\text{kN/m}^2]$$

dimana, K_2 = faktor perhitungan dari dampak luasan

$$= 0.391 \geq 0.5 \text{ for plating}$$

$$= 0.5$$

$$K_3 = 1.2$$

$$K_{WD} = 0.5$$

$$V_{sl} = (4 \cdot H_s / L^{0.5}) + 1$$

$$= 1.964$$

$$H_A = 0.1 \text{ m (Air gap with the wet deck)}$$

$$H_S = 0.65$$



			TUGAS AKHIR - DETAIL DESAIN	Main Dimension
			Nama Kapal : UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)	L = 7.27 m
			Tipe Kapal : Kapal Patroli	B = 3.50 m
			RULES FOR SMALL VESSEL UP TO 24 M	H = 1.15 m
			Perhitungan Konstruksi dari BKI Vol. VII Mengenai Special Ships	T = 0.50 m
Bagian			DEFINISI-DEFINISI & UKURAN UTAMA	Halaman : 5
Bab	Ps	Ayat	Perhitungan / Uraian	Hasil
			$P_{sl} = 3 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_{WD} \cdot V \cdot V_{sl} \cdot (1 - 0.85 \cdot H_A / H_S)$ $= 3 \times 0.5 \times 1.2 \times 0.5 \times 20 \times 1.964 \times (1 - 0.85 \times 0.1 / 0.7)$ $= 6.274 \text{ kN/m}^2$	$P_{sl} = 6.274 \text{ kN/m}^2$
I	A	2	Perencanaan Bulkheads	
	C	2.1.8	Arrangement of Watertight Bulkheads (Rules For HSC) "At least the following watertight bulkheads are to be fitted in all craft: → One collision bulkhead, → One afterpeak bulkhead, → One bulkhead at each end of the machinery space."	
I	A	2.1.1	Collision Bulkheads "It is recommended that each pleasure craft be fitted with a collision bulkhead. Motor yachts with a length L exceeding 17 m and sailing yachts / motor sailers with a length exceeding L 20 m shall have a collision bulkhead. Collision bulkheads shall be extended up to the weather deck." Jarak Collision Bulkheads (Rules for HSC): Antara : $0.05 L = 0.36 \text{ m}$, dan $0.05 L + 3 \text{ m} = 3.36 \text{ m}$ dari FP diambil = 1.177 m dari FP (frame spacing at station 10)	Sekat Tubrukan $x = 1.18$ dari FP
I	A	2.1.2.1	Other Bulkheads and Subdivisions "For smaller craft engine compartment bulkheads corresponding to the above requirements are recommended as far as practicable." Dikarenakan faktor keamanan dari kapal, maka penambahan sekat kedap air dan tahan api dipasang pada bagian kompartemen mesin. Sehingga jumlah sekat yang diambil adalah sebanyak : 1 buah	Sekat Melintang Kamar Mesin 1 buah



TUGAS AKHIR - DETAIL DESAIN

Nama Kapal : **UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)**
 Tipe Kapal : Kapal Patroli

RULES FOR SMALL VESSEL UP TO 24 M

Perhitungan Konstruksi dari BKI Vol. VII Mengenai Special Ships

Main Dimension

L = 7.27 m
 B = 3.50 m
 H = 1.15 m
 T = 0.50 m

Bagian

DEFINISI-DEFINISI & UKURAN UTAMA

Halaman : 6

Bab Ps Ayat

Perhitungan / Uraian

Hasil

I F 14.3

Perencanaan lambung USV terdiri dari material aluminium, sehingga perhitungan tebal pelat menggunakan peraturan Bab I Pasal F mengenai "Metal Hull Structure".

Corrosion Additions

Dikarenakan material lambung USV menggunakan aluminium maka tidak memerlukan koreksi tambahan tebal pelat, dengan asumsi komponen tersebut cukup terlindungi akibat tambahan adanya lapisan cat yang digunakan.

$$t_k = 0 \text{ mm}$$

$t_k = 0 \text{ mm}$

I F 3.3

Material Factor

Material condition and mechanical properties of plate and strips from wrought aluminium alloys with product thickness $t = 3.0$ to 50 mm.

(Part I. Seagoing Ship Volume V. Rules For Material)

Alloy number	Material condition	Yield strength $R_{p0.2}$ [N/mm ²] min.	Tensile strength R_m [N/mm ²]	Thickness t [mm]	Elongation [%] min.	
					A_{50mm}	A
KI AW-5083	O/H111/H112	125	275 - 350	$t \leq 12,5$	16	-
				$t > 12,5$	-	15
	H116	215	≥ 305	$t \leq 12,5$	12	-
				$t > 12,5$	-	10
H32/H321	215	305 - 380	$t \leq 12,5$	10	-	
			$t > 12,5$	-	9	
KI AW-5086	O/H111/H112	100	240 - 310	$t \leq 12,5$	17	-
				$t > 12,5$	-	16
	H116	195	≥ 275	$t \leq 12,5$	10	-
				$t > 12,5$	-	9
	H32/H321	185	275 - 335	$t \leq 12,5$	10	-
				$t > 12,5$	-	9
KI AW-5754	O/H111/H112	80	190 - 240	$t \leq 12,5$	18	-
				$t > 12,5$	-	17
KI AW-5454	H32	165	≥ 240	$3 \leq t \leq 40$	-	10
				O/H111	85	≥ 215
KI AW-5383	H116/H321	220	≥ 305			
				O/H111	160	≥ 330
KI AW-5059	H116/H321	270	≥ 370			
				H116/H321	260	≥ 360

¹⁾ The mechanical properties are applicable to both longitudinal and transverse specimens.

Alluminium yang digunakan adalah alluminium dengan nomor : KI AW-5083

dimana , $R_{p0.2} = 125 \text{ N/mm}^2$
 $R_m = 270 \text{ N/mm}^2$

Aluminium Alloy

$R_{p0.2} = 125 \text{ N/mm}^2$
 $R_m = 270 \text{ N/mm}^2$

Sehingga, diperoleh nilai material factor adalah sebagai berikut:

$$k = \frac{635}{R_{p0.2} + R_m}$$

$R_{p0.2} = 0.2 \%$ yield strength of the aluminium alloy in $[\text{N/mm}^2]$
 $R_m =$ ultimate tensile strength of the aluminium alloy in $[\text{N/mm}^2]$


$$= \frac{635}{125 + 270}$$

$$= \frac{635}{395}$$

$$= 1.608$$

$k = 1.608$

I F 3.3.3

			TUGAS AKHIR - DETAIL DESAIN		Main Dimension	
			Nama Kapal : UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV) Tipe Kapal : Kapal Patroli		L = 7.27 m	B = 3.50 m
			RULES FOR SMALL VESSEL UP TO 24 M			
			Perhitungan Konstruksi dari BKI Vol. VII Mengenai Special Ships			
Bagian			DEFINISI-DEFINISI & UKURAN UTAMA		Halaman : 7	
Bab	Ps	Ayat	Perhitungan / Uraian			Hasil
I	F	8	Bottom Structure			
I	F	8.2.4	The Thickness of The Floor The thickness t of the floor web is not to be less than: $t = 1.1 \sqrt{L \cdot k} + 1$ $= 1.1 (7.27 \times 1.608)^{(0.5)} + 1$ $= 4.761 \text{ mm}$ $t_{\min} = 4 \text{ mm}$ $t_{\text{diambil}} = 5 \text{ mm}$			t = 5 mm
I	F	8.2.2	Modulus of The Floors The section modulus of the floors is not to be less than: where, a = floor respectively girder spacing [m] $= 0.60 \text{ m}$ l = unsupported length of floor [m] $= 0.045 L + 0.1 \text{ for motor craft}$ $= 0.427 \text{ m}$ $l_{\min} = 0.60 \text{ m for motor craft}$ $l_{\text{diambil}} = 0.70 \text{ m (diambil terbesar dari sketsa gambar)}$ $F_{VP} = 2.11$ $P_{dBM} = 22.92 \text{ Untuk : } \geq 0.4 L$ $P_{dBM} = 18.33 \text{ Untuk : } < 0.4 L$ Untuk : $\geq 0.4 L$ $W = 0.43 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VP} \cdot P_{dBM} \cdot k$ $= 0.43 \times 0.60 \times 0.70^2 \times 2.11 \times 22.92 \times 1.608$ $= 9.832 \text{ cm}^3$ Pemilihan profil: Modulus : 11 cm ³ Profile : I 65 x 7 Untuk : $< 0.4 L$ $W = 0.43 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VP} \cdot P_{dBM} \cdot k$ $= 0.43 \times 0.60 \times 0.70^2 \times 2.11 \times 18.33 \times 1.608$ $= 7.865 \text{ cm}^3$ Pemilihan profil: Modulus : 9 cm ³ Profile : I 65 x 6			Untuk : $\geq 0.4 L$ Profile : I 65 x 7 W = 11 cm ³ Untuk : $< 0.4 L$ Profile : I 65 x 6 W = 9 cm ³
I	F	8.7.1	Seating Longitudinal Girders Web thickness of the longitudinal girders must not be less than: $V = 20 \text{ kn}$ $N = 60 \text{ kW (Power of individual engine)}$ $T = \sqrt{\frac{N}{200}} + 2 \text{ [mm]}$ $= (59.68 / 200)^{(0.5)} + 2$ $= 2.55 \text{ mm, dimana : } t_{\min} = 4.00 \text{ mm (pengelasan)}$ $T_{\text{diambil}} = 4.00 \text{ mm}$			T = 4 mm
I	F	8.7.2	Top Plate Scantlings (Width and Thickness) The cross section of the top plate must not be less than: $F_T = \frac{N}{40} + 14 \text{ [cm}^2\text{] for } N \leq 750 \text{ kW}$ $= \frac{60}{40} + 14$ $= 15.49 \text{ cm}^2$			



			TUGAS AKHIR - DETAIL DESAIN	Main Dimension									
			Nama Kapal : UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)	L = 7.27 m									
			Tipe Kapal : Kapal Patroli	B = 3.50 m									
			RULES FOR SMALL VESSEL UP TO 24 M	H = 1.15 m									
			Perhitungan Konstruksi dari BKI Vol. VII Mengenai Special Ships	T = 0.50 m									
Bagian			DEFINISI-DEFINISI & UKURAN UTAMA	Halaman : 8									
Bab	Ps	Ayat	Perhitungan / Uraian	Hasil									
			Luasan Top Plate Engine Seating = 15.49 cm ² Maka, lebar top plate engine seating diambil sebesar = 10 cm tebal top plate engine seating diambil sebesar = 1.5492 cm = 15.492 mm = 16 mm	F _T = 15.49 cm ² w = 100 mm t = 16 mm									
I	F	12.1	Keel										
I	F	12.1.2	Flat Keel The bar keel scantlings are to be calculated in accordance with the following formulae: $b = (530 + 5 L) \cdot \sqrt{k}$ = (530 + 5 x 7.27) x (1.608) ^(0.5) = 718.08 mm b _{diambil} = 750 mm $t = (3.3 + 0.5 L) \cdot \sqrt{k}$ = (3.3 + 0.5 x 7.27) x (1.608) ^(0.5) = 8.79 mm t _{diambil} = 9 mm	b = 750 mm t = 9 mm									
I	F	5	Bulkheads										
I	F	5.1	Bulkhead plating The thickness of the bulkhead plating shall not be less than: where, a = stiffener spacing in [m] = 0.90 m h1 = pressure head in [m] measured from bulkhead bottom edge up to bulkhead deck = 1.12 m for Collision Bulkhead = 0.90 m for Other Bulkhead k = material factor = 1.61 Value for C apply:										
			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Collision Bulkhead</th> <th>Other Bulkheads</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Stiffeners simply supported both sides</td> <td>4.00</td> <td>2.90</td> </tr> <tr> <td>Stiffeners fixed both sides by bracket plates</td> <td>2.03</td> <td>1.45</td> </tr> </tbody> </table>		Collision Bulkhead	Other Bulkheads	Stiffeners simply supported both sides	4.00	2.90	Stiffeners fixed both sides by bracket plates	2.03	1.45	
	Collision Bulkhead	Other Bulkheads											
Stiffeners simply supported both sides	4.00	2.90											
Stiffeners fixed both sides by bracket plates	2.03	1.45											
			$t = a \cdot \sqrt{h1 \cdot k} \cdot C$ = 0.90 x (1.12 x 1.61) ^(0.5) x 4.00 for Collision Bulkhead = 4.83 mm ,dimana : t _{min} = 4.00 mm (pengelasan) t _{diambil} = 5.00 mm	for Collision Bulkhead t = 5 mm									
			$t = a \cdot \sqrt{h1 \cdot k} \cdot C$ = 0.90 x (0.90 x 1.61) ^(0.5) x 2.90 for Other Bulkheads = 3.14 mm ,dimana : t _{min} = 4.00 mm (pengelasan) t _{diambil} = 4.00 mm	for Other Bulkheads t = 4 mm									
I	F	5.2	Bulkhead stiffeners The section moduli of the stiffeners shall not be less than: where, l = length of stiffener in [m] = 0.92 m for Collision Bulkhead = 0.70 m for Other Bulkhead										



			TUGAS AKHIR - DETAIL DESAIN	Main Dimension
			Nama Kapal : UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)	L = 7.27 m
			Tipe Kapal : Kapal Patroli	B = 3.50 m
			RULES FOR SMALL VESSEL UP TO 24 M	H = 1.15 m
			Perhitungan Konstruksi dari BKI Vol. VII Mengenai Special Ships	T = 0.50 m
Bagian			DEFINISI-DEFINISI & UKURAN UTAMA	Halaman : 9
Bab	Ps	Ayat	Perhitungan / Uraian	Hasil
			$h_2 =$ pressure head in [m] measured from the center of the stiffener up to the bulkhead deck $= 0.23$ m for Collision Bulkhead $= 0.35$ m for Other Bulkhead $W = k \cdot C \cdot a \cdot (h_2 + 0.5) \cdot l^2$ for Collision Bulkhead $= 1.61 \times 4.00 \times 0.90 \times (0.23 + 0.5) \times 0.92^2$ $= 3.538$ cm ³ Pemilihan profil: Modulus : 5 cm ³ Profile : I 50 x 5 $W = k \cdot C \cdot a \cdot (h_2 + 0.5) \cdot l^2$ for Other Bulkhead $= 1.61 \times 2.90 \times 0.90 \times (0.35 + 0.5) \times 0.70^2$ $= 1.748$ cm ³ Pemilihan profil: Modulus : 5 cm ³ Profile : I 50 x 5	for Collision Bulkhead Profile : I 50 x 5 W = 5 cm ³ for Other Bulkhead Profile : I 50 x 5 W = 5 cm ³
I	F	6	Shell	
I	F	6.1	Shell Plating The thickness of side and bottom plating is to be determined in accordance with: $t = 1.62 a \cdot F_{VB} \cdot \sqrt{Pd_{BM} \cdot k}$ shell bottom for motor craft $t = 1.62 a \cdot F_{VS} \cdot \sqrt{Pd_{SM} \cdot k}$ shell side for motor craft $t_{min} = 0.9 \sqrt{L \cdot k}$ where, a = frame spacing [m] $= 0.60$ m k = 1.61 $P_{dBM} = 22.92$ kN/m ² Untuk : $\geq 0.4 L$ $= 18.33$ kN/m ² Untuk : $< 0.4 L$ $P_{dSM} = 15.43$ kN/m ² Untuk : $\geq 0.4 L$ $= 12.32$ kN/m ² Untuk : $< 0.4 L$ $F_{VB} = 1.293$ $F_{VS} = 1.093$ $t_{min} = 0.9 \sqrt{L \cdot k}$ $= 0.9 \times (7.27 \times 1.61)^{(0.5)}$ $= 3.08$ mm $= 4.00$ mm Shell Side: Untuk : $\geq 0.4 L$ $t = 1.62 a \cdot F_{VS} \cdot \sqrt{Pd_{SM} \cdot k}$ $= 1.62 \times 0.60 \times 1.093 \times (15.43 \times 1.61)^{(0.5)}$ $= 5.29$ mm Untuk : $< 0.4 L$ $t = 1.62 a \cdot F_{VS} \cdot \sqrt{Pd_{SM} \cdot k}$ $= 1.62 \times 0.60 \times 1.093 \times (12.32 \times 1.61)^{(0.5)}$ $= 4.73$ mm Maka, Shell Side: $t_{diambil} = 6.00$ mm	Shell Side t = 6.00 mm



			TUGAS AKHIR - DETAIL DESAIN	Main Dimension
			Nama Kapal : UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)	L = 7.27 m
			Tipe Kapal : Kapal Patroli	B = 3.50 m
			RULES FOR SMALL VESSEL UP TO 24 M	H = 1.15 m
			Perhitungan Konstruksi dari BKI Vol. VII Mengenai Special Ships	T = 0.50 m
Bagian			DEFINISI-DEFINISI & UKURAN UTAMA	Halaman : 10
Bab	Ps	Ayat	Perhitungan / Uraian	Hasil
I	F	6.2	Bottom plating extends up to 150 mm above the waterline, with thickness: Shell Bottom : Untuk : $\geq 0.4 L$ $t = 1.62 a \cdot F_{VB} \cdot \sqrt{PdBM \cdot k}$ $= 1.62 \times 0.60 \times 1.293 \times (22.92 \times 1.61)^{(0.5)}$ $= 7.63 \text{ mm}$ Untuk : $< 0.4 L$ $t = 1.62 a \cdot F_{VB} \cdot \sqrt{PdBM \cdot k}$ $= 1.62 \times 0.60 \times 1.293 \times (18.33 \times 1.61)^{(0.5)}$ $= 6.82 \text{ mm}$ Maka, Shell Bottom: $t_{diambil} = 8.00 \text{ mm}$	Shell Bottom $t = 8.00 \text{ mm}$
I	F	9	Frame	
I	F	9.1	Transverse Frames Required section moduli of transverse frames for motor craft: $W = 0.35 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VSF} \cdot P_{dSM} \cdot k$ where, $a =$ transverse frame spacing [m] $= 0.60 \text{ m}$ $l =$ unsupported length of frame [m] $= 0.95 \text{ m}$ $k = 1.61$ $P_{dSM} = 15.43 \text{ kN/m}^2$ Untuk : $\geq 0.4 L$ $= 12.32 \text{ kN/m}^2$ Untuk : $< 0.4 L$ $F_{VSF} = 1.432$ Untuk : $\geq 0.4 L$ $W = 0.35 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VSF} \cdot P_{dSM} \cdot k$ $= 0.35 \times 0.60 \times 0.95^2 \times 1.43 \times 15.43 \times 1.608$ $= 6.730 \text{ cm}^3$ Pemilihan profil: Modulus : 7 cm^3 Profile : I 50 x 7 Untuk : $< 0.4 L$ $W = 0.35 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VSF} \cdot P_{dSM} \cdot k$ $= 0.35 \times 0.60 \times 0.95^2 \times 1.43 \times 12.32 \times 1.608$ $= 5.372 \text{ cm}^3$ Pemilihan profil: Modulus : 6 cm^3 Profile : I 50 x 6	Untuk : $\geq 0.4 L$ Profile : I 50 x 7 $W = 7 \text{ cm}^3$ Untuk : $< 0.4 L$ Profile : I 50 x 6 $W = 6 \text{ cm}^3$
I	F	9.3	Web Frames Required section moduli of web frames for motor craft: $W = 0.31 \cdot e \cdot l^2 \cdot F_{VSW} \cdot P_{dSM} \cdot k$ where, $e =$ web frame spacing [m] $= 1.80 \text{ m}$ $l =$ unsupported length of web frame [m] $= 0.95 \text{ m}$ $k = 1.61$ $P_{dSM} = 15.43 \text{ kN/m}^2$ Untuk : $\geq 0.4 L$ $= 12.32 \text{ kN/m}^2$ Untuk : $< 0.4 L$ $F_{VSW} = 1.432$	



			TUGAS AKHIR - DETAIL DESAIN	Main Dimension
			Nama Kapal : UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)	L = 7.27 m
			Tipe Kapal : Kapal Patroli	B = 3.50 m
			RULES FOR SMALL VESSEL UP TO 24 M	H = 1.15 m
			Perhitungan Konstruksi dari BKI Vol. VII Mengenai Special Ships	T = 0.50 m
Bagian			DEFINISI-DEFINISI & UKURAN UTAMA	Halaman : 11
Bab	Ps	Ayat	Perhitungan / Uraian	Hasil
			Untuk : $\geq 0.4 L$ $W = 0.31 \cdot e \cdot l^2 \cdot F_{VSW} \cdot P_{dSM} \cdot k$ $= 0.31 \times 1.80 \times 0.95^2 \times 1.43 \times 15.43 \times 1.608$ $= 17.882 \text{ cm}^3$ <p>Pemilihan profil: Modulus : 25 cm³ Profile : L 60 x 40 x 6</p> Untuk : $< 0.4 L$ $W = 0.31 \cdot e \cdot l^2 \cdot F_{VSW} \cdot P_{dSM} \cdot k$ $= 0.31 \times 1.80 \times 0.95^2 \times 1.43 \times 12.32 \times 1.608$ $= 14.274 \text{ cm}^3$ <p>Pemilihan profil: Modulus : 16 cm³ Profile : L 60 x 40 x 5</p>	Untuk : $\geq 0.4 L$ Profile : L 60 x 40 x 6 $W = 25 \text{ cm}^3$ Untuk : $< 0.4 L$ Profile : L 60 x 40 x 5 $W = 16 \text{ cm}^3$
	C	3.7.7	Wet Deck Plating	
	C	3.7.7.1	Thickness of Wet Deck The thickness [mm] required for the purposes of resistance to design pressure, with formula: $t = 22.4 \mu \cdot s \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_{am}}}$ dimana, $\mu = \sqrt{1.1 - 0.5 \left(\frac{s}{l}\right)^2}$ $= 0.88$ $s = 1.20 \text{ m}$ $\sigma_{am} = 95/k$ $= 59.09 \text{ MPa}$ $P_{sl} = 6.274 \text{ kN/m}^2$ $t_{min} = 1.15 \times L^{1/3} \geq 2.5$ $= 1.15 \times 7.27^{1/3}$ $= 2.23 \text{ mm}$ $= 2.50 \text{ mm}$ <p>maka, $t = 22.4 \times 0.88 \times 1.20 \times (6.274/59.09)^{0.5}$ $= 7.735 \text{ mm}$ $t_{diambil} = 8 \text{ mm}$</p>	t = 8 mm
I	F	10	Deck Structure	
I	F	10.1	Deck Plating Deck plating for motor craft [mm]: $t = 1.65 a \cdot \sqrt{P_{dD} \cdot k}$ where, a = deck beam spacing [m] $= 0.60 \text{ m}$ $P_{dD} = 10.130 \text{ kN/m}^2$ $k = 1.61$ $t = 1.65 a \cdot \sqrt{P_{dD} \cdot k}$ $= 1.65 \times 0.60 \times (10.13 \times 1.61)^{0.5}$ $= 3.898 \text{ mm}$	



			TUGAS AKHIR - DETAIL DESAIN	Main Dimension
			Nama Kapal : UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)	L = 7.27 m
			Tipe Kapal : Kapal Patroli	B = 3.50 m
			RULES FOR SMALL VESSEL UP TO 24 M	H = 1.15 m
			Perhitungan Konstruksi dari BKI Vol. VII Mengenai Special Ships	T = 0.50 m
Bagian			DEFINISI-DEFINISI & UKURAN UTAMA	Halaman : 12
Bab	Ps	Ayat	Perhitungan / Uraian	Hasil
I	F	10.2	$t_{min} = 0.75 \sqrt{L \cdot k}$ $= 0.75 \times (7.27 \times 1.61)^{0.5}$ $= 2.56 \text{ mm}$ $= 3.00 \text{ mm}$ $t_{min} = 4.00 \text{ mm (pengelasan)}$ $t_{diambil} = 4.00 \text{ mm}$ <p>Deck Beams Required section moduli of transverse and longitudinal deck beams of motor craft: where, a = beam spacing [m] = 0.60 m l = unsupported length of beam [m] = 0.90 m $l_{min} = B / 6$ = 0.58 m $l_{min} = 1.00 \text{ m}$ $l_{diambil} = 1.00 \text{ m}$ k = 1.61 $P_{dD} = 10.130 \text{ kN/m}^2$ for main deck $P_{dD} = 9.128 \text{ kN/m}^2$ for deck cabins k8 = correction factor for craft whose $L \geq 10.0 \text{ m}$ = $0.90 - 0.01 L$ = 1.00 for $L < 10.0 \text{ m}$</p> <p><i>Beams of main deck:</i> for transverse deck beams: $W = n \cdot a \cdot l^2 \cdot P_{dD} \cdot k$; n = 0.277 = $0.277 \times 0.60 \times 1.00^2 \times 10.13 \times 1.61$ = 2.707 cm³</p> <p>Pemilihan profil: Modulus : 5 cm³ Profile : I 50 x 5</p> <p><i>Beams inside deckhouses:</i> for transverse deckhouse beams: $W = n \cdot a \cdot l^2 \cdot P_{dD} \cdot k \cdot k8$; n = 0.277 = $0.277 \times 0.60 \times 1.00^2 \times 9.13 \times 1.61 \times 1.00$ = 2.439 cm³</p> <p>Pemilihan profil: Modulus : 5 cm³ Profile : I 50 x 5</p>	<p>t = 4.00 mm</p> <p>Profile : I 50 x 5 W = 5 cm³</p> <p>Profile : I 50 x 5 W = 5 cm³</p>
I	F	10.4	<p>Deck Girders Required section moduli of deck girder of motor craft: where, e = spacing of deck girders [m] = 0.90 m l = unsupported length of beam [m] = 0.60 m k = 1.61 $P_{dD} = 10.130 \text{ kN/m}^2$ for main deck k8 = correction factor for craft whose $L \geq 10.0 \text{ m}$ = $0.90 - 0.01 L$ = 1.00 for $L < 10.0 \text{ m}$</p>	



			TUGAS AKHIR - DETAIL DESAIN	Main Dimension
			Nama Kapal : UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV)	L = 7.27 m
			Tipe Kapal : Kapal Patroli	B = 3.50 m
			RULES FOR SMALL VESSEL UP TO 24 M	H = 1.15 m
			Perhitungan Konstruksi dari BKI Vol. VII Mengenai Special Ships	T = 0.50 m
Bagian			DEFINISI-DEFINISI & UKURAN UTAMA	Halaman : 13
Bab	Ps	Ayat	Perhitungan / Uraian	Hasil
			<p><i>Deck Girder of Open Deck</i></p> $W = 0.227 e \cdot l^2 \cdot P_{dD} \cdot c \cdot k$ $= 0.227 \times 0.90 \times 0.60^2 \times 10.13 \times 1.0 \times 1.61$ $= 1.198 \text{ cm}^3$ <p>Pemilihan profil: Modulus : 5 cm³ Profile : I 50 x 5</p> <p><i>Deck Girder within Deckhouses</i></p> $W = 0.227 k_8 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_{dD} \cdot c \cdot k$ $= 0.227 \times 1.00 \times 0.90 \times 0.60^2 \times 10.13 \times 1.0 \times 1.61$ $= 1.198 \text{ cm}^3$ <p>Pemilihan profil: Modulus : 5 cm³ Profile : I 50 x 5</p>	<p>Profile : I 50 x 5 W = 5 cm³</p> <p>Profile : I 50 x 5 W = 5 cm³</p>
I	F	11	Superstructures and Deckhouses	
I	F	11.1	<p>Plate Thickness of Walls</p> <p>The plate thickness of side and front walls shall be calculated in accordance with formulae:</p> $t = 1.56 a \cdot \sqrt{PdD \cdot k}$ <p>where, a = stiffener spacing [m] = 0.60 m P_{dD} = 10.130 kN/m² for wall cabins k = 1.61</p> $t = 1.56 a \cdot \sqrt{PdD \cdot k}$ $= 1.56 \times 0.60 \times (10.13 \times 1.61)^{0.5}$ $= 3.777 \text{ mm}$ <p>dimana : t_{min} = 4.00 mm (pengelasan) t_{diambil} = 4.00 mm</p>	t = 4.00 mm
I	F	11.2	<p>Plate Thickness of Decks</p> <p>The plate thickness of superstructure decks and accommodation decks shall be calculated in accordance with formulae:</p> $t = 1.65 a \cdot \sqrt{PdD \cdot k}$ <p>where, a = deck beam spacing [m] = 0.60 m P_{dD} = 9.128 kN/m² for deck cabins k = 1.61</p> $t = 1.65 a \cdot \sqrt{PdD \cdot k}$ $= 1.65 \times 0.60 \times (9.13 \times 1.61)^{0.5}$ $= 3.792 \text{ mm}$ $t_{min} = 0.75 \sqrt{L \cdot k}$ $= 0.75 \times (7.27 \times 1.61)^{0.5}$ $= 2.56 \text{ mm}$ <p>t_{min} = 4.00 mm (pengelasan) t_{diambil} = 4.00 mm</p>	t = 4.00 mm



Rekapitulasi Dimensi Konstruksi Hasil Perhitungan

L = 7.27 m H = 1.15 m
 B = 3.50 m Sistem Konstruksi :
 T = 0.50 m Melintang

No	Item	Untuk : < 0.4 L				Untuk : ≥ 0.4 L			
		Perhitungan		Diambil		Perhitungan		Diambil	
1	Pelat Lunas Lebar Tebal	718.08	mm	750	mm	718.08	mm	750	mm
		8.79	mm	9.00	mm	8.79	mm	9.00	mm
2	Pelat Alas	6.82	mm	8.00	mm	7.63	mm	8.00	mm
3	Wrang / Floor Modulus Dimensi	7.87	cm ³	9.00	cm ³ I 65 x 6 mm	9.83	cm ³	11.00	cm ³ I 65 x 7 mm
4	Pelat Sisi	4.73	mm	6.00	mm	5.29	mm	6.00	mm
5	Pelat Bridge	7.74	mm	8.00	mm	7.74	mm	8.00	mm
6	Gading Besar Modulus Dimensi	14.27	cm ³	16.00	cm ³ L 60 x 40 x 5 mm	17.88	cm ³	25.00	cm ³ L 60 x 40 x 6 mm
7	Gading Biasa Modulus Dimensi	5.37	cm ³	6.00	cm ³ I 50 x 6 mm	6.73	cm ³	7.00	cm ³ I 50 x 7 mm
8	Sekat Tubrukan					4.83	mm	5.00	mm
9	Penegar Sekat Tubrukan Modulus Dimensi					3.54	cm ³	5.00	cm ³ I 50 x 5 mm
10	Sekat Lainnya	3.14	mm	4.00	mm	3.14	mm	4.00	mm
11	Penegar Sekat Lainnya Modulus Dimensi	1.75	cm ³	5.00	cm ³ I 50 x 5 mm	1.75	cm ³	5.00	cm ³ I 50 x 5 mm
12	Pelat Geladak	3.90	mm	4.00	mm	3.90	mm	4.00	mm
13	Deck Beam Modulus Dimensi	2.71	cm ³	5.00	cm ³ I 50 x 5 mm	2.71	cm ³	5.00	cm ³ I 50 x 5 mm
14	Deck Girder Modulus Dimensi	1.20	cm ³	5.00	cm ³ I 50 x 5 mm	1.20	cm ³	5.00	cm ³ I 50 x 5 mm
15	Pelat Dinding Superstructure	3.78	mm	4.00	mm	3.78	mm	4.00	mm
16	Pelat Geladak Superstructure	3.79	mm	4.00	mm	3.79	mm	4.00	mm
17	Deck Beam for Superstructure Modulus Dimensi	2.44	cm ³	5.00	cm ³ I 50 x 5 mm	2.44	cm ³	5.00	cm ³ I 50 x 5 mm
18	Deck Girder for Superstructure Modulus Dimensi	1.20	cm ³	5.00	cm ³ I 50 x 5 mm	1.20	cm ³	5.00	cm ³ I 50 x 5 mm

Perhitungan Berat Konstruksi Kapal

ITEM	Jumlah	Panjang (mm) / Luas (mm ²)	Profil /tebal (mm)					Volume (m3)
Lambung								
Transom	2	685903	4				0.0055	
Pelat Sisi di atas garis air	2	6772040	6				0.0813	
Pelat sisi di bawah garis air	2	1607260	8				0.0257	
Gading Biasa 1	2	61012	6				0.0007	
Gading Biasa 2	2	60942	6				0.0007	
Gading Besar 3	2	1156	L 60 x 40 x 5	60	5	40	5	0.0012
Sekat 1	2	1469678	4				0.0118	
Gading Biasa 5	2	60404	7				0.0008	
Gading Besar 6	2	1194	L 60 x 40 x 6	60	6	40	6	0.0014
Gading Biasa 7	2	60122	7				0.0008	
Gading Biasa 8	2	59173	7				0.0008	
Gading Besar 9	2	1088	L 60 x 40 x 6	60	6	40	6	0.0013
Sekat 2	2	933765	5				0.0093	
Konstruksi Depan	2	809248	4				0.0065	
Main deck								
Pelat Geladak	2	7333406	4				0.0587	
Deck Beam 1	2	68388	5				0.0007	
Deck Beam 2	2	24127	5				0.0002	
Deck Beam 3	2	24438	5				0.0002	
Deck Beam 5	2	68635	5				0.0007	
Deck Beam 6	2	69696	5				0.0007	
Deck Beam 7	2	24141	5				0.0002	
Deck Beam 8	2	23465	5				0.0002	
Deck Beam 9	2	64943	5				0.0006	
Deck Girder	1	115000	5				0.0006	
Deck Side Girder	2	325000	5				0.0033	
Bottom								
Pelat Keel	2	8748300	9				0.1575	
Pelat Bridge	2	6677035	8				0.1068	
Wrang 1	2	43774	6				0.0005	
Wrang 2	2	38131	6				0.0005	
Wrang 3	2	38738	6				0.0005	
Wrang 5	2	42122	7				0.0006	
Wrang 6	2	39004	7				0.0005	
Wrang 7	2	38799	7				0.0005	
Wrang 8	2	38084	7				0.0005	
Wrang 9	2	39113	7				0.0005	
Bridge 1	2	1359	6	60	5	50	5	0.0015
Bridge 2	2	76447	6				0.0009	
Bridge 3	2	76502	6				0.0009	
Bridge 5	2	1564	7	75	5	50	5	0.0020

	Bridge 6	2	76972	6					0.0009
	Bridge 7	2	77119	6					0.0009
	Bridge 8	2	77247	6					0.0009
	Bridge 9	2	1577	L 60 x 40 x 6	75	5	50	5	0.0020
	Round Bar	2	1256	7200					0.0181
Pontoon									
	Penguat Memanjang Belakang	2	99472	5					0.0010
	Penguat Memanjang Depan	2	98750	5					0.0010
	Penguat Melintang Belakang	2	104995	5					0.0010
	Penguat Melintang Depan	2	102146	5					0.0010
	Deck Belakang	2	2065665	4					0.0165
	Dinding Belakang	2	204467	4					0.0016
	Deck Depan	2	1972349	4					0.0158
	Dinding Depan	2	200896	4					0.0016
	Penguat Melintang	16	5250	5					0.0004
	Penguat Memanjang Depan	3	99182	5					0.0015
	Penguat Memanjang Belakang	3	99500	5					0.0015
Total	Las-las.an 3 %		0.02	Pelat					0.55
Nb :	<p style="text-align: center;"> Volume Total = 0.57 m3 ρ alumunium = 2.7 Ton/m³ Berat Total 3 Bagian = 1.54 Ton </p>								



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Pengecekan Displasmen Kapal

L = 7.27 m H = 1.15 m
B = 3.50 m Sistem Konstruksi :
T = 0.50 m Melintang

		Perhitungan Konsep	Perhitungan Detail
1	Berat Baja	W al = 1.349 ton	W al = 1.540 ton Selisih = 14%
2	Berat Peralatan dan Perlengkapan - Charger - On Shore Power Connection - Regulator - Sistem Kelistrikan - Laptop - Microcontroller - GPS - Router - Kamera	W = 6.20 kg W = 0.50 kg W = 0.20 kg W = 3.00 kg W = 2.10 kg W = 0.40 kg W = 0.12 kg W = 0.20 kg W = 30.00 kg Wtot = 0.043 ton	W e&o = 0.043 ton
3	Berat Permesinan - Main Engine (2 unit) - Rudder - Propeller - High Voltage Battery (8 unit) - 12 Volt Battery	W = 320 kg W = 5 kg W = 1 kg W = 2048 kg W = 25 kg Wtot = 2.399 ton	W m = 2.399 ton
4	Displasmen Kapal	Δ = 4.083 ton "Berdasarkan Konsep Desain"	
5	Perhitungan Kondisi Kapal - Selisih Displasmen dan Berat Kapal		W tot = W al + W e&o + W m = 3.98 ton Selisih = 0.101 ton = 2.5%
Kondisi Kapal Setelah Perhitungan Detail Konstruksi =		Accepted	(Batasan kondisi: 2-10%)

Perhitungan Titik Berat Konstruksi Kapal

ITEM		Jumlah	Panjang (mm) / Luas (mm ²)	Tebal	Volume (m ³)	Berat	Jarak Titik Berat Memanjang m	Jarak Titik Berat Vertikal m
1	Transom	2	685903	4	0.0055	0.015	0.002	0.721
2	Gading 1							
	Part 1	2	165331	6	0.0020	0.005	0.603	0.621
	Part 2	2	68561	5	0.0007	0.002	0.603	1.125
3	Gading 2							
	Part 1	2	178763	6	0.0021	0.006	1.203	0.589
	Part 2	2	24114	5	0.0002	0.001	1.203	1.125
4	Gading 3							
	Part 1	2	43268	6	0.0005	0.001	1.803	0.030
	Part 2	2	241252	5	0.0024	0.007	1.795	0.644
	Part 3	2	24114	5	0.0002	0.001	1.803	1.125
5	Sekat Kamar Mesin	2	1469678	4	0.0118	0.032	2.402	0.602
6	Gading 5							
	Part 1	2	177741	7	0.0025	0.007	3.004	0.589
	Part 2	2	68561	5	0.0007	0.002	3.003	1.125
7	Gading 6							
	Part 1	2	43268	7	0.0006	0.002	3.604	0.030
	Part 2	2	226511	6	0.0027	0.007	3.595	0.644
	Part 3	2	68561	5	0.0007	0.002	3.603	1.125
8	Gading 7							
	Part 1	1	140141	7	0.0010	0.003	4.204	0.589
	Part 2	2	24114	5	0.0002	0.001	4.203	1.125
9	Gading 8							
	Part 1	2	177958	7	0.0025	0.007	4.804	0.589
	Part 2	2	24114	5	0.0002	0.001	4.803	1.125
10	Gading 9							
	Part 1	2	43268	7	0.0006	0.002	5.404	0.030
	Part 2	2	226511	6	0.0027	0.007	5.395	0.644
	Part 3	2	68561	5	0.0007	0.002	5.403	1.125
11	Sekat Tubrukan	2	933765	5	0.0093	0.025	6.003	0.602
12	Konstruksi Depan	2	809248	4	0.0065	0.017	6.900	0.842
13	Pontoon & Penguat Belakang	2	2665850	5&4	0.0240	0.065	1.500	1.200
14	Pontoon & Penguat Depan	2	2565392	5&4	0.0231	0.062	4.500	1.200
15	Pelat Keel	2	8748300	9	0.1575	0.425	3.600	0.005
16	Pelat Bridge	2	6677035	8	0.1068	0.288	3.544	0.632
17	Pelat Geladak	2	7333406	4	0.0587	0.158	3.313	1.125
18	Pelat Sisi Atas	2	6772040	6	0.0813	0.219	3.109	0.724
19	Pelat Sisi Bawah	2	1607260	8	0.0257	0.069	3.025	0.512
20	Deck Girder	1	115000	5	0.0006	0.002	3.342	1.125
21	Deck Side Girder	2	325000	5	0.0033	0.009	3.820	1.125

Total	0.55	1.48	3.33927	0.419
--------------	-------------	------	---------	-------

Volume Total = 0.55 m3
 ρ alumunium = 2.7 Ton/m3
Berat Total Kapal = 1.48 Ton
LH = 7.64 m
LWL = 6.90 m
Midship = 3.45 m
Titik Berat Kapal Memanjang = 3.34 m, dari Transom
Titik Berat Kapal Vertikal = 0.42 m

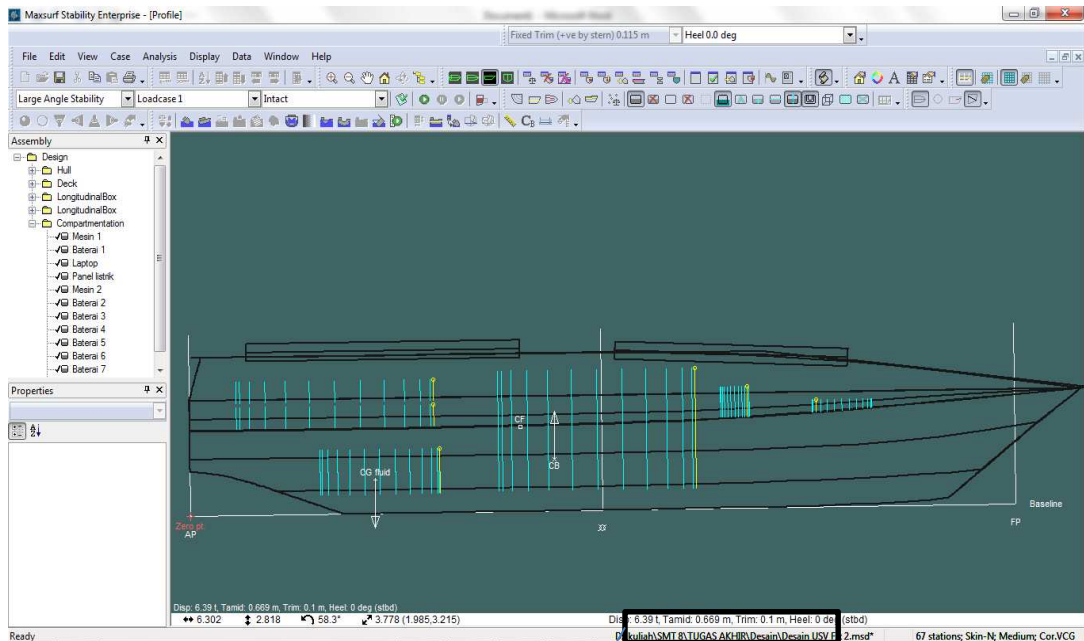
Perhitungan Trim

L =	7.27 m	H =	1.15 m
B =	3.50 m	Sistem Konstruksi :	
T =	0.50 m	Melintang	

Adapun batasan untuk trim menurut aturan NCVS 2009 adalah dengan batasan $< Lpp/50$.

$$\begin{aligned}
 Lpp &= 6.90 \text{ m} \\
 \text{Batasan} &= Lpp / 50 \\
 &= 6.90 / 50 \\
 &= 0.138 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan trim dengan menggunakan software maxsurf, maka didapatkan nilai trim kapal tanpa awak sebesar = 0.11 m



Disp: 6.39 t, Tamid: 0.669 m, Trim: 0.1 m, Heel: 0 deg (stbd)
D:\kuliah\SMT 8\TUGAS AKHIR\Desain\Desain USV Fix 2.msdx

Stabilitas

No	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30				Pass	
2		from the greater of					
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
4		to the lesser of					
5		spec. heel angle	30,0	deg			
6		angle of max. GZ	22,7	deg	22,7		
7		first downflooding angle	n/a	deg			
8		higher heel angle	30,0	deg			
9		required GZ area at higher heel angle	31,510	m.deg			
10		shall be greater than (>)	41,593	m.deg	187,026	Pass	+349,66
11							
12	HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
13		shall not be less than (>=)	10,0	deg	22,7	Pass	+127,27
14							
15	HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				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 =	0,000	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 =	0,000	kn			
24		turn radius: R =	200,000	m			
25		h = KG - mean draft / 2	0,137	m			
26		cosine power: n =	0				
27		Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
28		constant: a =	150,102				
29		wind model	Pressure				
30		wind pressure: P =	56,0	Pa			
31		area centroid height (from zero point): h =	0,000	m			
32		additional area: A =	0,000	m^2			
33		height of lateral resistance: H =	0,000	m			
34		cosine power: n =	0				
35		Area integrated from the greater of					
36		angle of equilibrium (with heel arm)	0,1, 0,1	deg			
37		to the lesser of					
38		spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15,0 (15,1)	deg			
39		first downflooding angle	n/a	deg			
40		angle of vanishing stability (with heel arm)	90,0, 90,0	deg			
41		Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than (>=)...				Pass	
42		Hpc + Hw	16,040	m.deg	90,865	Pass	+466,49
43		Ht + Hw	16,040	m.deg	90,865	Pass	+466,49
44		Intermediate values					
45		Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,000		
46		Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,000		
47		Model windage area		m^2	5,116		
48		Model windage area centroid height (from zero point)		m	0,926		
49		Total windage area		m^2	5,116		
50		Total windage area centroid height (from zero point)		m	0,926		
51		Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,010		
52		Area under GZ curve, from 0,1 to 15,1 deg.		m.deg	92,396		
53		Area under GZ curve, from 0,1 to 15,1 deg.		m.deg	92,396		
54		Area under Hpc + Hw, from 0,1 to 15,1 deg.		m.deg	0,1530		
55		Area under Ht + Hw, from 0,1 to 15,1 deg.		m.deg	0,1530		
56							
57	HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				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 =	0,000	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 =	0,000	kn			
66	turn radius: R =	0,000	m			
67	h = KG - mean draft / 2	0,137	m			
68	cosine power: n =	0				
69	Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
70	constant: a =	150,102				
71	wind model	Pressure				
72	wind pressure: P =	56,0	Pa			
73	area centroid height (from zero point): h =	0,000	m			
74	additional area: A =	0,000	m^2			
75	H = mean draft / 2	0,283	m			
76	cosine power: n =	0				
77	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...				Pass	
78	Wind heeling (Hw)	10,0	deg	0,1	Pass	+99,19
79	Intermediate values					
80	Model windage area		m^2	5,116		
81	Model windage area centroid height (from zero point)		m	0,926		
82	Total windage area		m^2	5,116		
83	Total windage area centroid height (from zero point)		m	0,926		
84	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,007		

Bill of Material (BoM)

Perincian Pelat dan Profil			
Item	Tebal	Luas (mm ²)	Luasan pelat yang dibutuhkan
Transom	4	1371807	18977975
Sekat 1	4	2939357	
Pelat Geladak	4	14666812	
Profile (L 65x50x5)	5	298980	19940379
Profile (L 75x50x5)	5	16158205	
Sekat 2	5	1867529	
Deck Beam	5	1615666	
Pelat Sisi	6	13544080	14678137
Gading Biasa	6	124197	
Wrang (1-3)	6	241286	
Bridge (2-3 & 6-8)	6	768574	
Wrang (5-9)	7	394244	635221
Gading Biasa	7	240977	
Pelat Sisi	8	3214520	16568590
Pelat Bridge	8	13354070	
Pelat Keel	9	17496600	17496600
Round Bar	40	Panjang yang dibutuhkan : 7200 mm	

Bill of Material				
Item	Ukuran		Jumlah	Unit
	Pelat Pasaran			
Plate	6000 x 1500 x 4	mm	3	Lembar
Plate	6000 x 1500 x 5	mm	3	Lembar
Plate	6000 x 1500 x 6	mm	2	Lembar
Plate	6000 x 1500 x 7	mm	1	Lembar
Plate	6000 x 1500 x 8	mm	2	Lembar
Plate	6000 x 1500 x 9	mm	2	Lembar
Round Bar	D 40 x 7200	mm	2	unit
Electrode			41	kg

Perhitungan Waktu Pengerjaan USV "PLAT-N"

Tahapan Proses Fabrikasi

a. Efisiensi Produksi	=	43.833	J.O/Ton	
b. Efisiensi Waktu Pembuatan	=	Efisiensi Produksi		
		Jumlah Pekerja x Jam Kerja		
c. Jumlah Pekerja	=	4	orang	
d. Jumlah Jam Kerja	=	8	jam	

No.	Nama Bagian Block	Berat (ton)	Jumlah JO	Waktu Fabrikasi	Unit
1	Side Section & Collision	0.141	6.200	1.000	Hari
2	Bottom Section	0.297	13.002	1.000	Hari
3	Main Deck Section	0.066	2.900	1.000	Hari
Total		0.504	22.102	3.00	Hari

Tahapan Proses Assembly

Proses pekerjaan di sub-ass antara lain :

1. Fitting
2. Welding

1. Pekerjaan Fitting

a. Efisiensi Pekerjaan Fitting	=	89.58	J.O/Ton	
b. Berat Material	=	0.504	Ton	
c. Jumlah J.O Fitting	=	45.169	J.O	
Jumlah Pekerja	=	4	orang	
Jumlah Jam Kerja	=	8	jam	

No.	Nama Bagian Block	Berat	Jumlah JO	Waktu Sub-Assembly	Unit
1	Side Section & Collision	0.141	12.670	1.000	Hari
2	Bottom Section	0.297	26.572	1.000	Hari
3	Main Deck Section	0.066	5.928	1.000	Hari
Total		0.504	45.169	3.00	Hari

2. Pekerjaan Welding

a. Efisiensi Pekerjaan Welding	=	2.66	J.O/m	
b. Panjang Pengelasan Konstruksi				

No.	Nama Bagian Konstruksi	Panjang Pengelasan	Jumlah JO	Waktu Pengerjaan
1	Pelat Sisi	14.00	37.24	1.16
2	Pelat Bottom	42.00	111.72	3.49
3	Penguat Komponen	4.00	10.64	0.33
4	Gading Biasa	15.00	39.90	1.25
5	Gading Besar	36.00	95.76	2.99
6	Sekat Tubrukan	4.00	10.64	0.33
7	Sekat Kedap (3 buah)	12.00	31.92	1.00
8	Pelat Geladak	28.00	74.48	2.33
9	Deck Center Girder	7.00	18.62	0.58
10	Deck Side Girder	14.00	37.24	1.16
11	Deck Beam	21.00	55.86	1.75
Total Panjang Las		197	524.02	17
Satuan		m	J.O	Hari

Total Waktu Tiap Tahap	Hari
Tahapan Proses Fabrikasi	3
Tahapan Proses Assembly	20

Total Waktu Pengerjaan Lambung USV "Plat-N" =	23	Hari Kerja
--	-----------	-------------------

Tahapan Proses Pemasangan Peralatan

Proses pekerjaan pemasangan peralatan meliputi :

1. Pemasangan mesin dan komponen surveillance lainnya
2. Percobaan fungsi tiap komponen

Prkiraan Waktu Pemasangan Komponen USV "Plat-N" =	10	Hari Kerja
--	-----------	-------------------

Sehingga, total pengerjaan keseluruhan :

Total Keseluruhan Waktu Pengerjaan USV "Plat-N" =	33	Hari Kerja
	= ±	2 Bulan



Rekapitulasi Biaya Pembangunan Kapal

L = 7.27 m H = 1.15 m
 B = 3.50 m Sistem Konstruksi :
 T = 0.50 m Melintang

Biaya Pembangunan Kapal

1	Bill of Material	Jumlah	Harga/barang		Total
	Plate : 6000*1500*4 mm	3 lembar	Rp 9,250,000	Rp	27,750,000.00
	Plate : 6000*1500*5 mm	3 lembar	Rp 11,560,000	Rp	34,680,000.00
	Plate : 6000*1500*6 mm	2 lembar	Rp 13,875,000	Rp	27,750,000.00
	Plate : 6000*1500*7 mm	1 lembar	Rp 16,187,500	Rp	16,187,500.00
	Plate : 6000*1500*8 mm	2 lembar	Rp 18,500,000	Rp	37,000,000.00
	Plate : 6000*1500*9 mm	2 lembar	Rp 20,810,000	Rp	41,620,000.00
	Elektrode	45 kg	Rp 300,000	Rp	13,500,000.00
	Round Bar	2 buah	Rp 2,012,352	Rp	4,024,704.00
2	Sistem Propulsi	Jumlah	Harga/barang		Total
	Main Engine : Inboard Motor Torquedo 80 HP	2 unit	€ 19,999	Rp	606,929,652.00
	High Voltage Battery	8 unit	€ 29,397	Rp	3,568,560,624.00
	Appendages	10%	€ 4,940	Rp	7,495,956.00
3	Sistem Pengintai	Jumlah	Harga/barang		Total
	Kamera	1 unit	\$ 8,000	Rp	111,040,000.00
	Router	1 unit	Rp 399,000	Rp	399,000.00
	GPS	1 unit	Rp 8,250,000	Rp	8,250,000.00
	Microcontroller	1 unit	Rp 499,000	Rp	499,000.00
	Laptop	1 unit	Rp 3,599,000	Rp	3,599,000.00
	Charger	1 unit	Rp 500,000	Rp	500,000.00
	Appendages	5%		Rp	662,750.00
	TOTAL KEPERLUAN AWAL =			Rp	4,510,448,186.00

Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah

<i>sumber: Watson, Practical Ship Design, 1998</i>					
1	Keuntungan Galangan				
	20% dari biaya pembangunan awal	20%		Rp	902,089,637.20
2	Biaya Untuk Inflasi				
	2% dari biaya pembangunan awal	2%		Rp	90,208,963.72
3	Biaya Pajak Pemerintah				
	10% dari biaya pembangunan awal	10%		Rp	451,044,818.60
	TOTAL BIAYA KOREKSI =			Rp	1,443,343,419.52
TOTAL INVESTASI HARGA KAPAL =					Rp 5,953,791,605.52



Rekapitulasi Biaya Pembangunan Kapal

L =	7.27 m	H =	1.15 m
B =	3.50 m	Sistem Konstruksi :	
T =	0.50 m	Melintang	

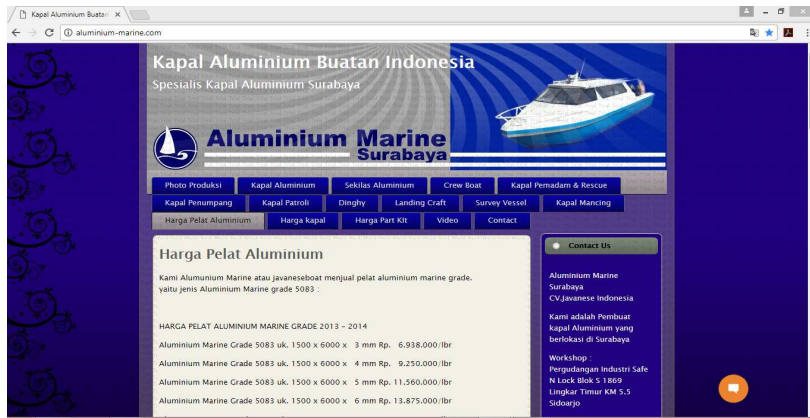
Daftar Harga Tiap Item

1 Material

- Sumber:

www.aluminium-marine.com

Aluminium Marine Grade 5083 uk. 1500 x 6000 x 4mm	Rp 9,250,000	/lembar
Aluminium Marine Grade 5083 uk. 1500 x 6000 x 5mm	Rp 11,560,000	/lembar
Aluminium Marine Grade 5083 uk. 1500 x 6000 x 6mm	Rp 13,875,000	/lembar
Aluminium Marine Grade 5083 uk. 1500 x 6000 x 7mm	Rp 16,187,500	/lembar
Aluminium Marine Grade 5083 uk. 1500 x 6000 x 8mm	Rp 18,500,000	/lembar
Aluminium Marine Grade 5083 uk. 1500 x 6000 x 9mm	Rp 20,810,000	/lembar

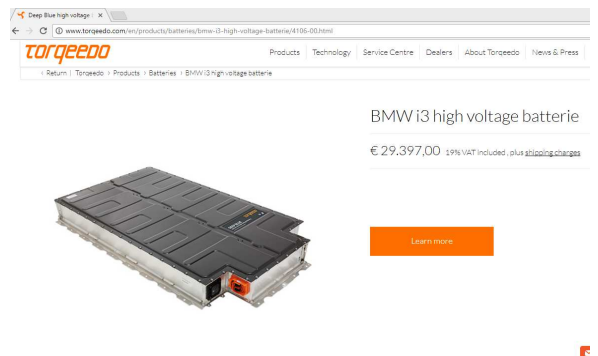
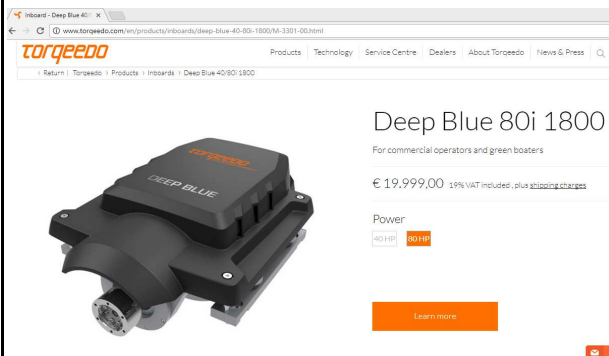


2 Sistem Propulsi

- Sumber:

www.torqeedo.com

Main Engine : Inboard Motor Torqeedo 80 HP	€ 19,999	/unit
High Voltage Battery	€ 29,397	/unit





Rekapitulasi Biaya Pembangunan Kapal

L =	7.27 m	H =	1.15 m
B =	3.50 m	Sistem Konstruksi :	
T =	0.50 m	Melintang	

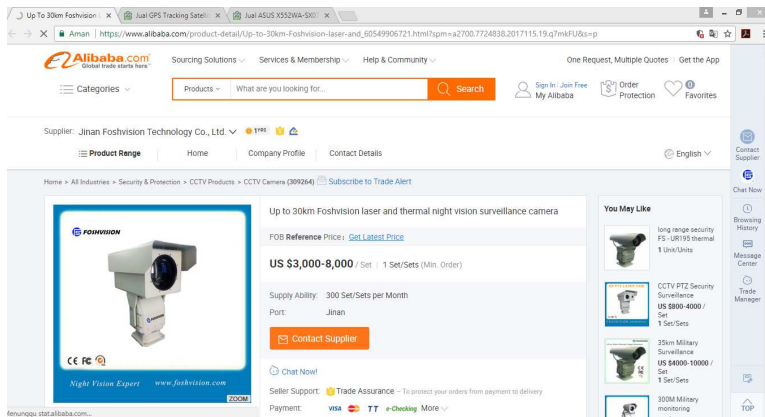
Daftar Harga Tiap Item

3 Sistem Pengintai

- Sumber:

www.alibaba.com

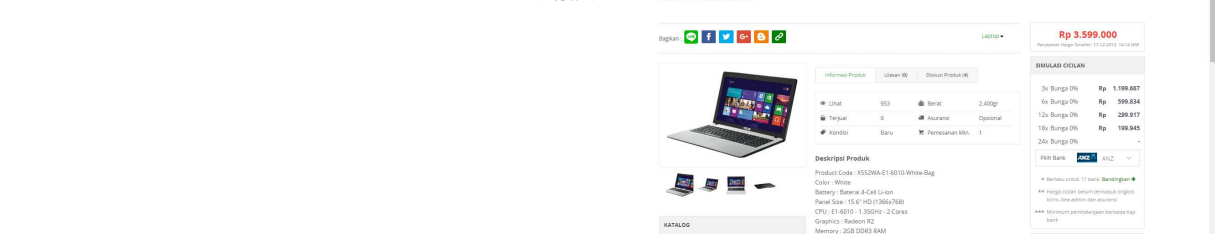
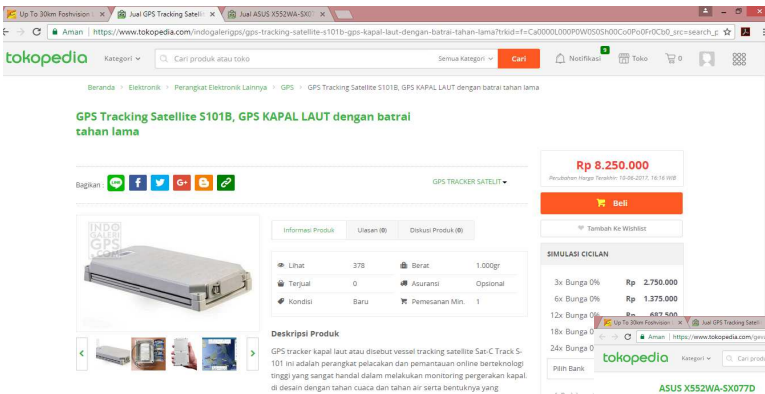
Camera Foshvision laser and thermal night vision \$ 8,000 /unit



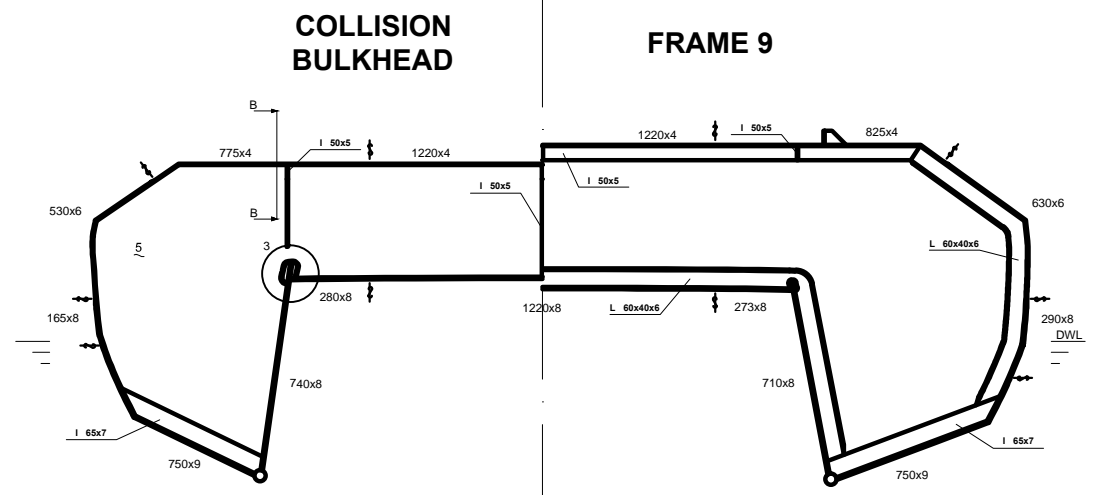
- Sumber:

www.tokopedia.com

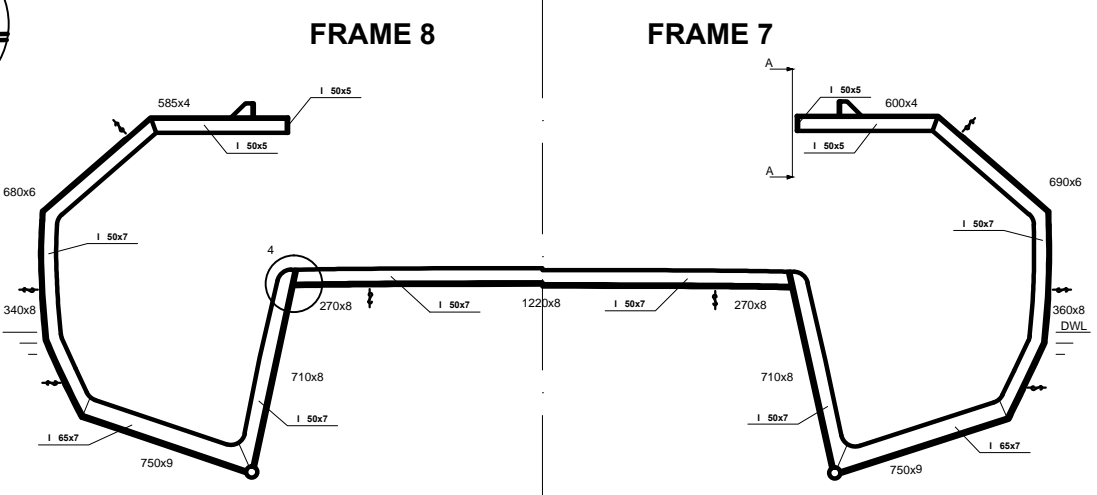
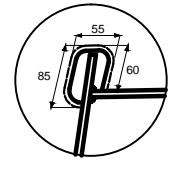
GPS Kapal Laut Rp 8,250,000 /unit
Laptop Rp 3,599,000 /unit



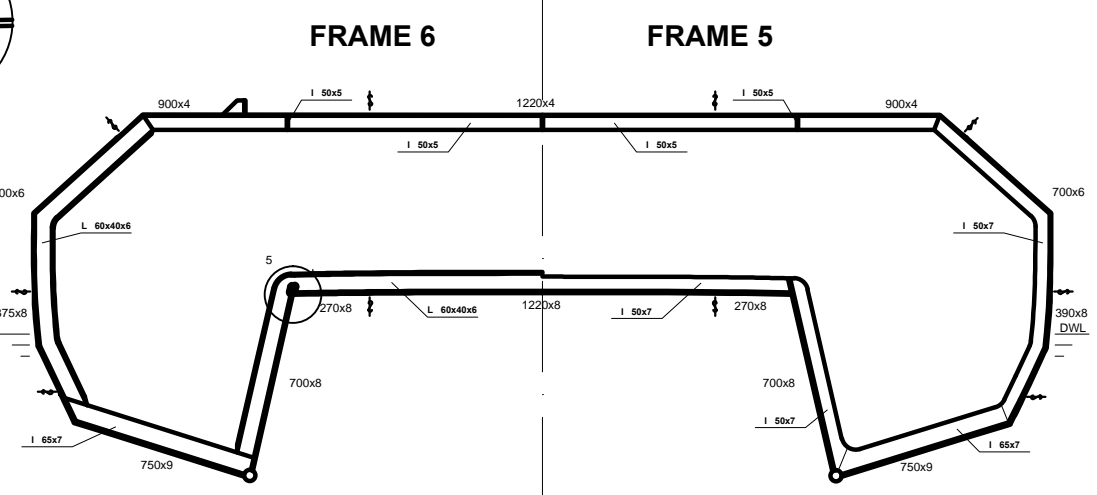
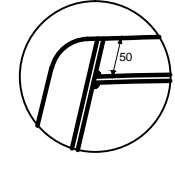
LAMPIRAN B
GAMBAR PENAMPANG MELINTANG



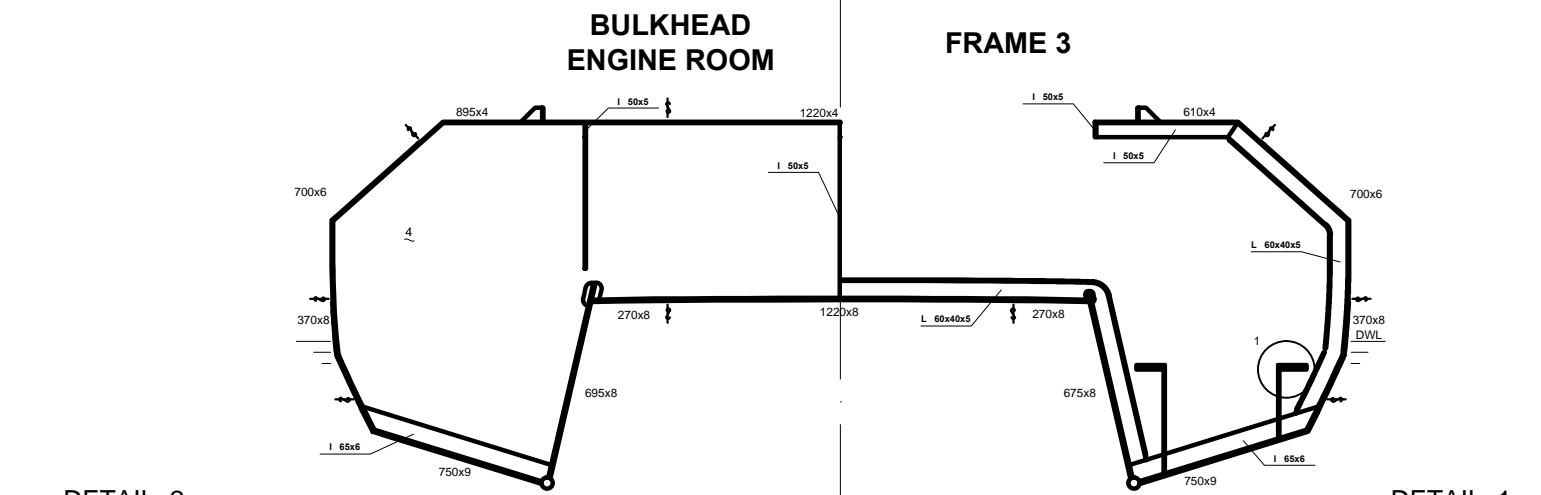
DETAIL 3
1:10



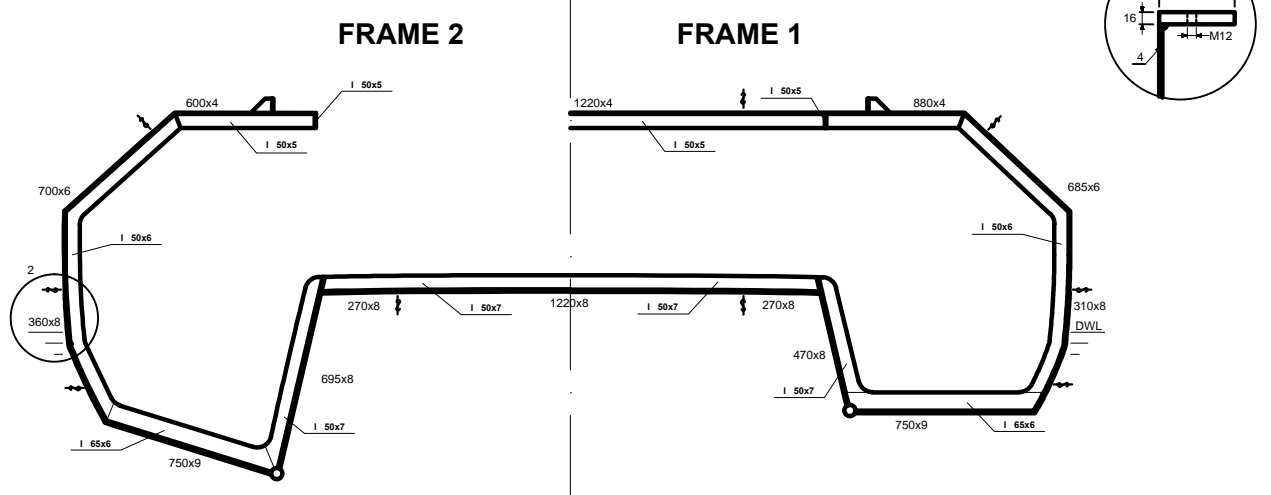
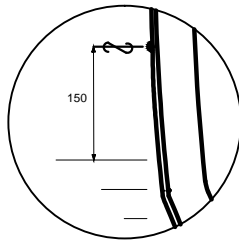
DETAIL 4
1:10



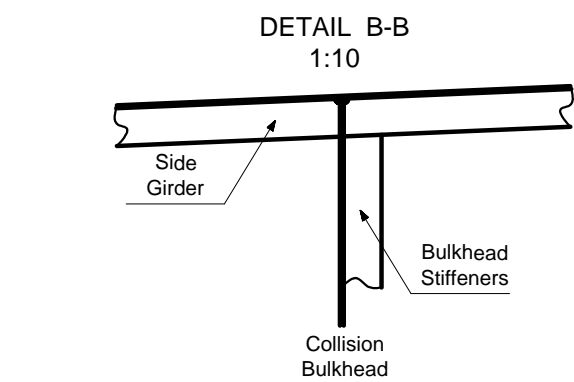
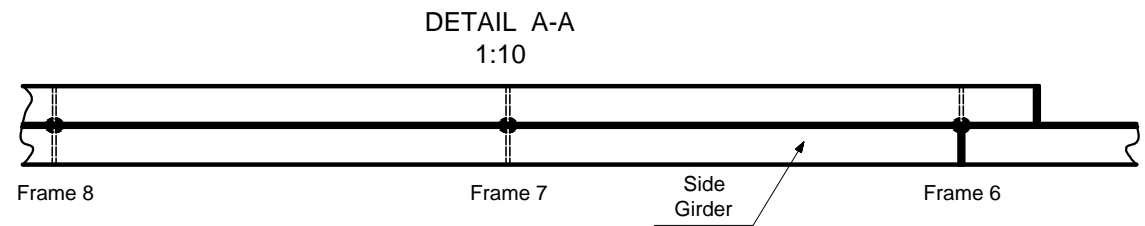
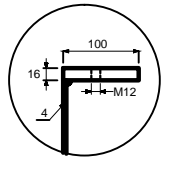
DETAIL 5
1:10




DETAIL 2
1:10



DETAIL 1
1:10



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	: USV
LENGTH OF OVERALL (LOA)	: 7.65 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LPP)	: 6.94 m
BREADTH (B)	: 3.5 m
HEIGHT (H)	: 1.27 m
DRAUGHT (T)	: 0.5 m
SERVICE SPEED (Vs)	: 20 Knots
COMPLEMENTS	: -
MAIN ENGINE POWER	: 1 x 80 HP

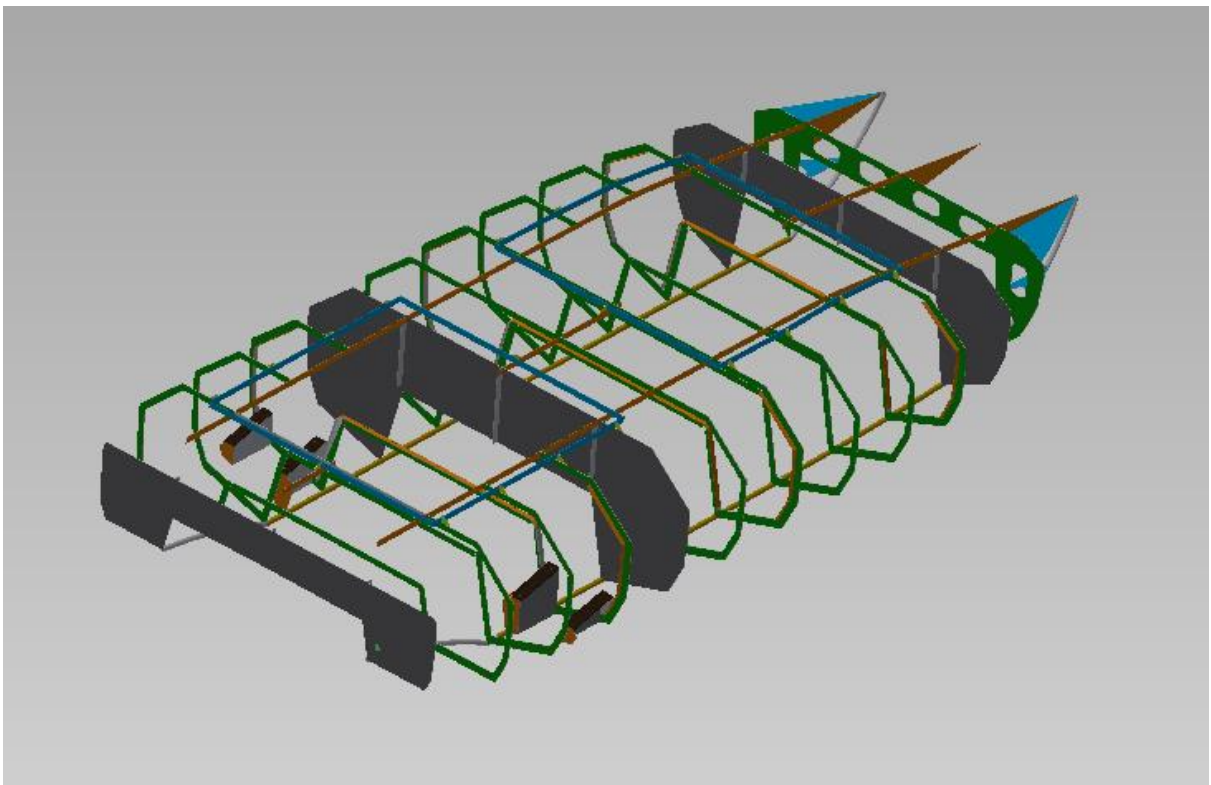
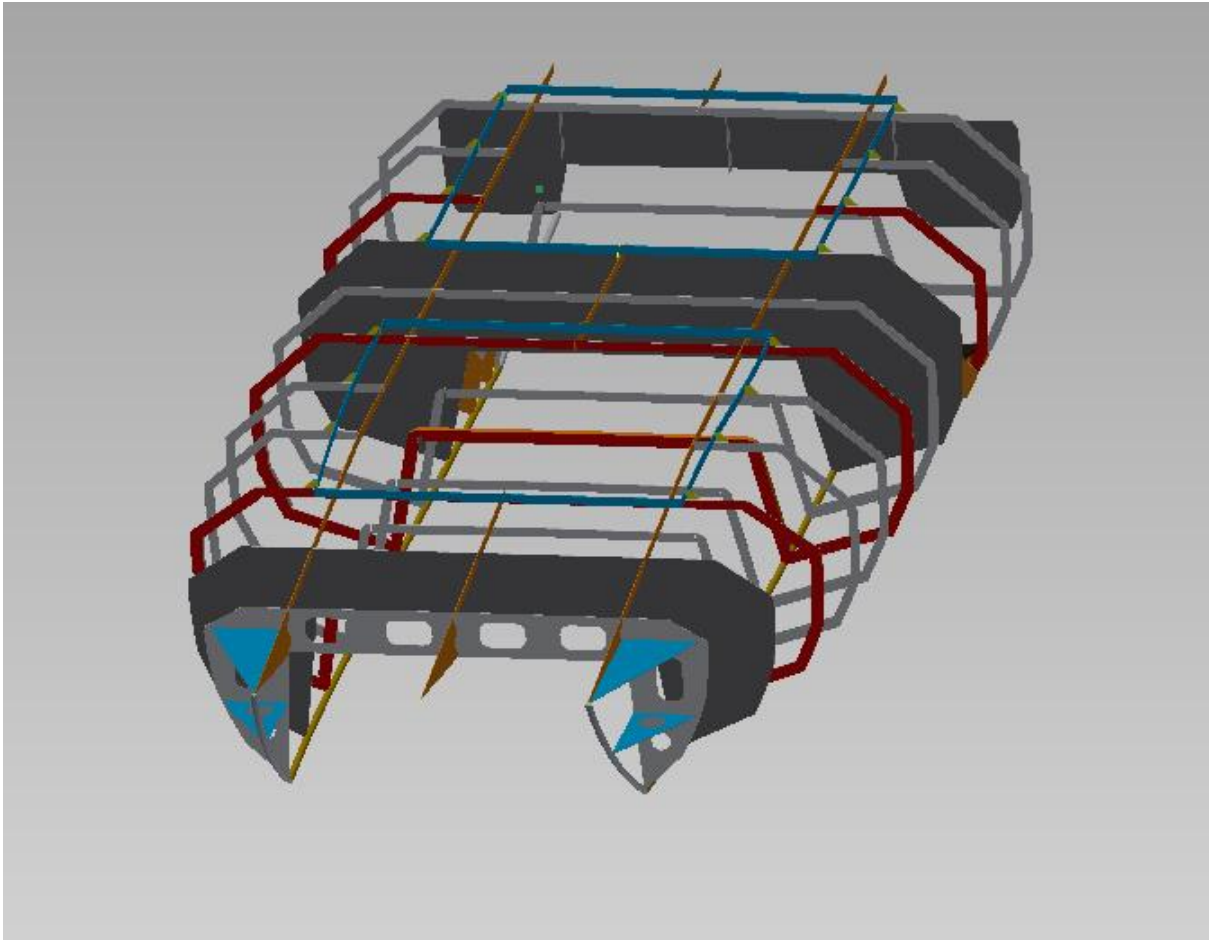


**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**USV PLAT-N
MIDSHIP SECTION**

SCALE	DATE	SIGNATURE	REMARKS
1:25			
DRAWN	Fajar Ramadhan		4113100053
APPROVED	Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.		A3

LAMPIRAN C
GAMBAR 3D MODEL KONSTRUKSI



BIODATA PENULIS



FAJAR RAMADHAN dilahirkan di Lumajang, 16 Februari 1995. Penulis merupakan anak sulung dari 2 bersaudara. Penulis lahir dan dibesarkan di “Kota Pisang” Lumajang serta menamatkan pendidikan formal tingkat SD di SDN 1 Pasirian, tingkat SMP di SMPN 1 Lumajang dan tingkat SMA di SMAN 2 Lumajang hingga dapat melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di salah satu kampus terbaik di Jawa Timur, yaitu Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis diterima sebagai mahasiswa melalui jalur SBMPTN di Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan – ITS

pada tahun 2013 dan mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal.

Selama menjalani masa studi di Teknik Perkapalan – ITS, penulis merupakan sosok yang aktif dalam mengikuti berbagai kegiatan di Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan (HIMATEKPAL), salah satu bentuk partisipasi penulis dalam kegiatan berorganisasi yaitu menjadi Kepala Divisi Elektrik Biro Hidromodeling selama 2 periode berturut – turut (2014/2015, dan 2015/2016). Selama masa perkuliahan, penulis juga aktif dalam mengikuti lomba antar mahasiswa dari tingkat Nasional maupun tingkat Internasional di Fukuoka, Jepang. Penulis juga aktif dalam mengikuti beberapa kegiatan pelatihan, baik pelatihan pembentukan *soft skill* maupun akademik guna meningkatkan kualitas diri, seperti halnya mengikuti pelatihan LKMM, serta pelatihan perangkat lunak *AutoCAD*, *Maxsurf*, dan *Inventor*. Penulis adalah sosok yang tekun dalam menyelesaikan berbagai tugas selama perkuliahan di Teknik Perkapalan. Salah satu bentuk ketekunan penulis adalah mampu menyelesaikan TDK II dibawah bimbingan *the master of construction*, dan TDK III dibawah bimbingan *the master of hydrodynamic* di Teknik Perkapalan FTK – ITS Surabaya. Dengan ketekunan serta motivasi yang tinggi untuk terus berusaha dan belajar, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan Tugas Akhir kali ini. Semoga dengan penulisan Tugas Akhir ini dapat memberikan kontribusi yang positif bagi dunia pendidikan.

Email: fajar.ramadhan13@mhs.na.its.ac.id

Phone: +62 8123 56789 16