



TUGAS AKHIR - VM180629

**PERHITUNGAN DAN ANALISIS GAYA DAN DAYA  
PADA AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE (ASV)  
SEBAGAI SARANA PENYELAMATAN KECELAKAAN  
LAUT**

YAZID  
NRP 10211500000105

Dosen Pembimbing  
Dipl.Ing. Hendro Nurhadi, PhD  
NIP 19751114 199003 1 003

PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019



TUGAS AKHIR - VM180629

**PERHITUNGAN DAN ANALISIS GAYA DAN DAYA PADA  
AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE (ASV) SEBAGAI  
SARANA PENYELAMATAN KECELAKAAN LAUT**

YAZID

NRP 10211500000105

Dosen Pembimbing

Dipl.Ing. Hendro Nurhadi, PhD

NIP 19751114 199003 1 003

PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019



FINAL PROJECT - VM180629

CALCULATIONS AND ANALYSIS OF FORCES AND  
POWERS ON *AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE (ASV)*  
AS MARINE ACCIDENTS RESCUE INSTRUMENT

YAZID

NRP 10211500000105

COUNSELOR LECTURER

Dipl.Ing. Hendro Nurhadi, PhD

NIP 19751114 199003 1 003

MECHANICAL INDUSTRY ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty Of Vocational

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2019

**PERHITUNGAN DAN ANALISIS GAYA DAN DAYA PADA  
AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE (ASV) SEBAGAI  
SARANA PENYELAMATAN KECELAKAAN LAUT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh gelar Ahli Madya  
Pada  
Bidang Studi Manufaktur  
Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh :

**YAZID**

NRP. 10211500000105

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing

**Dipl. Ing. Hendar Nurhadi, PhD**  
NIP. 19751120 200212 1 002

# **PERHITUNGAN DAN ANALISIS GAYA DAN DAYA PADA AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE (ASV) SEBAGAI SARANA PENYELAMATAN KECELAKAAN LAUT**

**Nama Mahasiswa : Yazid**  
**NRP : 10211500000105**  
**Jurusan : Dept. Teknik Mesin Industri FV- ITS**  
**Dosen Pembimbing : Dipl.Ing. Hendro Nurhadi, PhD**

## **Abstrak**

Posisi wilayah yang strategis menjadikan Indonesia sebagai jalur perlintasan transportasi dunia dengan berbagai moda transportasi melalui wilayah Indonesia untuk mencapai pulau, negara, atau bahkan benua lain. Posisi yang strategis itu berakibat pada mobilitas yang semakin tinggi sehingga kemungkinan terjadinya kecelakaan, terutama kecelakaan laut semakin meningkat. Untuk itu dibutuhkan solusi untuk menekan jumlah angka korban jiwa maupun luka-luka akibat kecelakaan kapal yang terjadi. Dengan menekan waktu evakuasi seminimal mungkin maka akan sangat dimungkinkan untuk meminimalisasi jumlah korban jiwa maupun luka-luka jika kapal mengalami kecelakaan.

Mempertimbangkan hal tersebut, dari sisi kegunaan dan manfaatnya, *Autonomous Surface Vehicle* (ASV) dapat menjadi salah satu alternatif sebagai bentuk kapal *Search and Rescue* (SAR).

Dari hasil perancangan Kapal ASV yang sesuai kebutuhan tersebut, dilakukan analisis gaya dan daya sesuai dengan teori yang berlaku. Dari 2 rancangan dengan bentuk *monohull* dan dengan variasi lambung yang berbeda, dengan dimensi utama pada *ASV Sang Nagari* ( $L_H$ : 4,55 m,  $L_{WL}$ : 4,348 m, B: 1,272 m, D: 0,804 m, T: 0,45 m) dan *ASV Sang Nadibumi* ( $L_H$ : 4,55 m,  $L_{WL}$ : 4,311 m, B: 1,352 m, D: 0,802 m, T: 0,4 m) didapatkan displasemen sebesar 1,063 ton dan tahanan sebesar 1 kN untuk

**ASV *Sang Nagari*** dan 1,202 ton dan tahanan sebesar 2,6 kN untuk **ASV *Sang Nadibumi*** pada kecepatan standar 10 knot.

Dari hasil analisis gaya, disimpulkan bahwa kedua ASV memiliki 2 gaya pada kondisi statis, yakni gaya berat dan gaya dan gaya angkat ke atas (FBouyant). Kemudian dari hasil analisis daya, dengan penggunaan motor induk *Torqeedo Deep Blue 40R Outboards* untuk **ASV *Sang Nagari*** dan *Torqeedo Deep Blue 80R Outboards* untuk **ASV *Sang Nadibumi*** serta 3000 x *SONY Lithium-Ion US18650VTC6 Rechargeable Batteries* sebagai sumber energi menghasilkan kesimpulan bahwa efisiensi **ASV *Sang Nagari*** memiliki efisiensi lebih tinggi 0,002% dengan 56,422% daripada **ASV *Sang Nadibumi*** dengan 56,420%.

**Kata kunci :** *Autonomous Surface Vehicle (ASV)*, Analisis, *Search and Rescue (SAR)*, *Monohull*, Gaya, Daya

# **CALCULATIONS AND ANALYSIS OF FORCES AND POWERS ON AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE (ASV) AS MARINE ACCIDENTS RESCUE INSTRUMENT**

**Student Name** : Yazid  
**NRP** : 10211500000105  
**Departement** : Dept. Teknik Mesin Industri FV- ITS  
**Counselor Lecture** : Dipl.Ing. Hendro Nurhadi, PhD

## **Abstract**

Indonesia's strategic position makes it the eminent world transportation crossing route. With various modes of transportation, coupled with the strategic location, makes it accessible to go anywhere in Indonesia or even other continents. This increased the ought for mobility, resulting in surging marine traffics. Consequently increasing marine accidents exponentially. A solution is needed to suppress the number of ship's accidents that occurred. With one of them is by minimising the evacuation time to a minimum.

in respect to the previous statement, an ASV, considering it's capability, can be an alternative form of *Search and Rescue* (SAR) ship.

From the ASV design outcome according to the needs, the forces and powers analysis is performed using suitable prevailing theories. 2 *monohull* ASVs designs with different hull-form, with main dimension for **ASV Sang Nagari** ( $L_H$ : 4,55 m,  $LWL$ : 4,348 m, B: 1,272 m, D: 0,804 m, T: 0,45 m) and **ASV Sang Nadibumi** ( $L_H$ : 4,55 m,  $LWL$ : 4,311 m, B: 1,352 m, D: 0,802 m, T: 0,4 m) generate 1,063 tons displacement and 1 kN resistance for **ASV Sang Nagari** and 1,202 tons displacement and 2,6 kN resistance for **ASV Sang Nadibumi** at standard speed 10 knots.

Forces analysis results that ASVs has 2 forces at its static state, weight forces and up-thrust force ( $F_{Bouyant}$ ). The Powers analysis using main motor *Torqeedo Deep Blue 40R Outboards* for ASV *Sang Nagari* dan *Torqeedo Deep Blue 80R Outboards* for ASV *Sang Nadibumi* with 3000 x *SONY Lithium-Ion US18650VTC6 Rechargeable Batteries* as power sources deliver conclusion that ASV *Sang Nagari* having higher efficiency by 0,002% with 56,422% rather than ASV *Sang Nadibumi* with 56,420%.

**Keywords :** Autonomous Surface Vehicle (ASV), Analysis, Search and Rescue (SAR), Monohull, Force, Power

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmatNya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Perhitungan dan Analisis Gaya dan Daya pada Autonomous Surface Vehicle (ASV) sebagai Sarana Penyelamatan Kecelakaan Laut**”.

Adapun dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis memperoleh bantuan dan bimbingan serta banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. **Bapak Dip. Ing. Hendro Nurhadi, PhD**, selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan perhatian yang sangat banyak dalam penggerjaan dan penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.
2. **Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.** selaku dosen yang telah membantu saya dalam Ilmu Teknik Perkapalan secara umum sejak awal hingga akhir.
3. **Bapak Budi Luwar Sanyoto, M.T.**, selaku dosen wali yang membantu dan membimbing sejak saya mahasiswa baru hingga akhir.
4. **Bapak Ir. Suhariyanto, MSc.** selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi-ITS.
5. **Bapak Ir. Heru Mirmanto, M.T.** selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi-ITS.
6. **Mama dan Ayah** yang selalu memberikan dukungan penuh baik secara moril maupun materiil. Tanpa doa'a dan motivasi dari mereka berdua, penulis tidak bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
7. **Para Dosen Penguji** selaku dosen yang memberikan kritik, saran, serta masukan yang sangat bermanfaat untuk penyempurnaan tugas akhir ini.

8. **Seluruh Dosen dan Karyawan** yang telah memfasilitasi dan mendukung penulis dalam proses penggerjaan tugas akhir.
9. **Nihla Azkiya** selaku teman yang selalu memotivasi dan menginspirasi penulis dalam berkehidupan.
10. **Devastra Chapter Surabaya featuring Furqon Dirgantara Wilogo** yang telah menemani dan mendukung saya secara langsung maupun tidak dalam mengakhiri tugas akhir.
11. **Teman-teman D3MITS angkatan 2015** yang selalu membantu, menjadi teman bertukar pikiran, dan selalu mendukung dalam hal apapun.
12. **Saudara, sahabat, teman, kolega, kenalan,** yang memberi arti bahwa kehidupan itu berharga.
13. **Seluruh KM ITS** yang sudah mengizinkan saya untuk berada dan berkembang di dalamnya.

Semua pihak yang belum disebutkan diatas yang telah banyak memberikan do'a, bantuan, dan dukungan serta semangat hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Surabaya, 17 Januari 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	iv
<b>ABSTRAK.....</b>	v
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	viii
<b>DAFTAR ISI .....</b>	x
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	xiii
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xv
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	1
<b>1.2 Rumusan Permasalahan .....</b>	3
<b>1.3 Tujuan Penelitian.....</b>	3
<b>1.4 Batasan Masalah .....</b>	4
<b>1.5 Manfaat Penelitian.....</b>	5
<b>1.6 Metodologi Penelitian .....</b>	5
<b>1.7 Sistematika Penulisan.....</b>	6
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
<b>2.1 Definisi <i>Autonomous Surface Vehicle</i> .....</b>	9
<b>2.1.1 Keuntungan ASV.....</b>	10
<b>2.1.2 Aplikasi potensial ASV .....</b>	10
<b>2.1.3 Aplikasi ASV di Sektor SAR .....</b>	11
<b>2.1.4 Elemen Dasar ASV.....</b>	13
<b>2.2 Mekanika.....</b>	15
<b>2.2.1 Massa, Gaya, Berat .....</b>	15
<b>2.2.2 Hukum Gerak Newton I .....</b>	16
<b>2.2.3 Persamaan Keseimbangan.....</b>	16
<b>2.2.4 Penentuan Titik Pusat .....</b>	17
<b>2.2.5 Gaya Hidrostatis .....</b>	20
<b>2.3 Sistem Konstruksi Kapal .....</b>	21
<b>2.3.1 Geometri Kapal.....</b>	21
<b>2.3.2 Displasemen .....</b>	25
<b>2.4 Tahanan dan Sistem Propulsi Kapal.....</b>	26

<b>2.4.1</b>	Tahanan Kapal.....	28
<b>2.4.2</b>	Penentuan Tahanan Kapal .....	29
<b>2.4.3</b>	Metode Perhitungan Tahanan Kapal .....	30
<b>2.4.4</b>	Daya.....	31
<b>2.4.5</b>	Sistem Propulsi.....	31
<b>2.4.6</b>	Perhitungan Kebutuhan Daya Propulsi.....	32
<b>2.4.7</b>	Daya Listrik.....	34
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		
<b>3.1</b>	Diagram Alir ( <i>Flowchart</i> ) .....	35
<b>3.2</b>	Alur Pengerjaan .....	36
<b>3.2.1</b>	Tahap Identifikasi Masalah .....	37
<b>3.2.2</b>	Tahap Studi Literatur.....	37
<b>3.2.3</b>	Tahap Pengumpulan Data.....	38
<b>3.2.4</b>	Tahap Perhitungan dan Analisis Gaya.....	39
<b>3.2.5</b>	Tahap Perhitungan dan Analisis Daya.....	41
<b>3.3</b>	Komponen - komponen .....	42
<b>BAB IV HASIL &amp; PEMBAHASAN</b>		
<b>4.1</b>	Rancangan <i>Platform</i> Kapal .....	43
<b>4.1.1</b>	Kebutuhan Operasional .....	43
<b>4.1.2</b>	Batasan Perancangan.....	44
<b>4.1.3</b>	Ukuran Utama .....	45
<b>4.1.4</b>	Rencana Garis ( <i>Lines Plan</i> ) .....	45
<b>4.2</b>	Perhitungan dan Analisis Gaya .....	47
<b>4.2.1</b>	Penentuan Titik Pusat.....	47
<b>4.2.2</b>	Analisis Gaya Statis.....	48
<b>4.2.3</b>	Permodelan <i>Free Body Diagram</i> .....	50
<b>4.2.4</b>	Perhitungan Besar Gaya .....	52
<b>4.2.5</b>	Perhitungan Displasemen .....	53
<b>4.3</b>	Perhitungan dan Analisis Daya .....	55
<b>4.3.1</b>	Perhitungan Tahanan Kapal ( <i>Resistance</i> )....	55
<b>4.3.2</b>	Perhitungan Daya Propulsi.....	55
<b>4.3.3</b>	Pemilihan Motor Induk dan Sumber Energi.	57

<b>4.3.4</b> Perhitungan Konsumsi Sumber Energi.....	60
<b>4.3.5</b> Analisis Daya .....	62

## **BAB V PENUTUP**

<b>5.1</b> Kesimpulan.....	66
<b>5.2</b> Saran .....	67

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **BIODATA PENULIS**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Ilustrasi <i>Autonomous Surface Vehicle</i> (ASV)..	10
<b>Gambar 2.2</b> Kapal ASV SAR <i>Hurricane EMILY</i> .....	12
<b>Gambar 2.3</b> Kapal ASV SAR <i>ROAZ II</i> .....	13
<b>Gambar 2.4</b> Arsitektur dasar dari ASV.....	14
<b>Gambar 2.5</b> Hukum Newton I.....	17
<b>Gambar 2.6</b> Titik pusat gravitasi.....	18
<b>Gambar 2.7</b> Bagian – bagian kapal tampak samping.....	23
<b>Gambar 2.8</b> Panjang Kapal .....	24
<b>Gambar 2.9</b> Bagian – bagian kapal tampak depan.....	24
<b>Gambar 2.10</b> Ilustrasi Bagian Sistem Propulsi .....	28
<b>Gambar 2.11</b> Daya pada Sistem Propulsi .....	32
<b>Gambar 3.1</b> <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	40
<b>Gambar 3.2</b> <i>Flowchart</i> Metodologi Perhitungan dan Analisis Gaya .....	39
<b>Gambar 3.3</b> <i>Flowchart</i> Metodologi Perhitungan dan Analisis Daya .....	41
<b>Gambar 4.1</b> <i>Decision Tree</i> atau Diagram Keputusan .....	44
<b>Gambar 4.2</b> <i>Lines Plan ASV Sang Nagari</i> .....	46
<b>Gambar 4.3</b> <i>Lines Plan ASV Sang Nadibumi</i> .....	47
<b>Gambar 4.4</b> Analisis Gaya Statis ASV <i>Sang Nagari</i> .....	49
<b>Gambar 4.5</b> Analisis Gaya Statis ASV <i>Sang Nadibumi</i> ....	49
<b>Gambar 4.6</b> FBD Gaya Statis Harizontal <i>ASV Sang Nagari</i> .....	50
<b>Gambar 4.7</b> FBD Gaya Statis Harizontal Terpusat <i>ASV Sang Nagari</i> .....	50
<b>Gambar 4.8</b> FBD Gaya Statis Vertikal <i>ASV Sang Nagari</i> . ....	51
<b>Gambar 4.9</b> FBD Gaya Statis Harizontal <i>ASV Sang Nadibumi</i> .....	51
<b>Gambar 4.10</b> FBD Gaya Statis Harizontal Terpusat <i>ASV Sang Nadibumi</i> .....	51

<b>Gambar 4.11</b> FBD Gaya Statis Vertikal <i>ASV Sang Nadibumi</i> .....	52
<b>Gambar 4.11</b> Grafik Perbandingan tingkat efisiensi dan variasi kecepatan pada rancangan ASV .....	64

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Kebutuhan Operasional .....	43
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Diagram Keputusan.....	44
<b>Tabel 4.3</b> Perhitungan Tahanan Total.....	55
<b>Tabel 4.4</b> Perhitungan Daya Propulsi .....	55
<b>Tabel 4.5</b> Rangkuman dari Perhitungan Tahanan Kapal dan Daya Propulsi.....	56
<b>Tabel 4.6</b> Spesifikasi Motor untuk <i>Sang Nagari</i> .....	57
<b>Tabel 4.7</b> Spesifikasi Motor untuk <i>Sang Nadibumi</i> .....	58
<b>Tabel 4.8</b> Spesifikasi Baterai untuk kedua kapal ASV.....	59
<b>Tabel 4.9</b> Perhitungan Baterai .....	60
<b>Tabel 4.10</b> Perhitungan <i>Power Discharge</i> Baterai dan Masa pakai baterai.....	61
<b>Tabel 4.11</b> Perhitungan konsumsi baterai kecepatan 15 knot .....	62
<b>Tabel 4.12</b> Perhitungan konsumsi baterai kecepatan 10 knot .....	62
<b>Tabel 4.13</b> Perhitungan konsumsi baterai kecepatan 5 knot	62
<b>Tabel 4.14</b> Perhitungan tingkat efisiensi pada variasi kecepatan .....	63
<b>Tabel 4.15</b> Perhitungan rata - rata dari tingkat efisiensi total .....	65
<b>Tabel 5.1</b> Kebutuhan Operasional .....	66
<b>Tabel 5.2</b> Hasil Diagram Keputusan.....	66
<b>Tabel 5.3</b> Hasil Perhitungan Displasemen.....	68
<b>Tabel 5.3</b> Hasil Perhitungan Tahanan Kapal dan Daya Propulsi .....	68

## DAFTAR SIMBOL

- $\rho$  = Massa Jenis ( $\text{kg/m}^3$  atau  $\text{g/cm}^3$ )
- $\nabla$  = *Volume Displacement* ( $\text{m}^3$ )
- $\Delta$  = *Displacement* (ton)
- $\eta$  = Efisiensi (%)
- $\eta_D$  = *Quasi-Propulsive Efficiency*
- $\eta_H$  = *Hull Efficiency*
- $\eta_O$  = *Open water test Propeller Efficiency*
- $\eta_R$  = *Rotative Relative Efficiency*
- $B$  = Lebar Kapal/*Breadth* (m)
- $BHP$  = *Brake Horse Power*
- $C_b/C_B$  = *Block Coefficient*
- $CB$  = *Centre of Bouyancy*
- $CF$  = *Centre of Floatation*
- $CG$  = *Centre of Gravity*
- $D/H$  = Kedalaman (Tinggi Kapal)/*Depth* (m)
- $DHP$  = *Delivery Horse Power*
- $EHP$  = *Effective Horse Power*
- $F_{\text{Bouyant}}$  = Gaya Apung/*Bouyant Force* (N)
- $Fn$  = *Froude Number*
- $g$  = Percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )
- $KB$  = *Keel length of Bouyancy* (m)
- $KG$  = *Keel length of Gravity* (m)
- L atau  $L_H$  = Panjang Kapal (m)
- L = Panjang Kayu Penunjang (m)
- LCB = *Longitudinal Centre of Bouyancy*
- LCF = *Longitudinal Centre of Floatation*
- LCG = *Longitudinal Centre of Gravity*
- $L_{PP}/L_{BP}$  = *Length between perpendicular* (m)
- $LWL$  = *Length of waterline* (m)
- P = Daya (Watt)
- $P_D$  = *Power Discharge* (Watt)

- $P/h$  = Kapasitas atau Daya dalam 1 jam  
(Watt.hour)
- $R_T/RT$  = *Total Resistance* (ton)
- SHP = *Shaft Horse Power*
- T = Sarat kapal/*Draft* (m)
- TCG = *Transversal Centre of Gravity*
- W = Berat (kg)
- v = Kecepatan Kapal/*Velocity* (knot atau m/s atau km/h)
- V = Tegangan (V)
- VCG = *Vertical Centre of Gravity*
- $V_{service}$  = Kecepatan servis (knot atau m/s atau km/h)
- $V_{max. Service}$  = Kecepatan servis maksimal (knot atau m/s atau km/h)

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki sekitar 17.500 (tujuh belas ribu lima ratus) pulau dengan total luas wilayah kurang lebih 8 (delapan) juta kilometer persegi. Seluas 1,8 (satu koma delapan) juta kilometer persegi dari wilayah Indonesia tersebut dikelilingi wilayah laut teritorial dan 6,1 (enam koma satu) juta kilometer persegi merupakan zona ekonomi eksklusif (ZEE). Posisi wilayah yang strategis menjadikan Indonesia sebagai jalur perlintasan transportasi dunia dengan berbagai moda transportasi melalui wilayah Indonesia untuk mencapai pulau, negara, atau bahkan benua lain. Posisi yang strategis itu berakibat pada mobilitas yang semakin tinggi sehingga kemungkinan terjadinya Kecelakaan semakin meningkat.

Kecelakaan kapal merupakan kejadian yang dialami oleh kapal yang dapat mengancam keselamatan kapal dan/atau jiwa manusia berupa:

- a. kapal tenggelam;
- b. kapal terbakar;
- c. kapal tubrukan; dan
- d. kapal kandas.

(*Pasal 245 Bagian kedua – Kecelakaan Kapal Bab XIII KECELAKAAN KAPAL SERTA PENCARIAN DAN PERTOLONGAN Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran*).

Menurut *Capaian Kinerja Investigasi Keselamatan Transportasi Tahun 2017* dari Sub Komite Investigasi Kecelakaan Pelayaran Komisi Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), ada 34 kecelakaan transportasi kapal atau pelayaran yang terjadi di Tahun 2017 dengan jenis kecelakaan yang bermacam - macam , mulai dari 6 kasus kapal tenggelam, 14 kasus kapal terbakar, 6 kasus kapal tubrukan, 6 kasus kapal

kandas hingga 2 kasus kecelakaan lain yang mana kasus – kasus ini memang selalu menjadi masalah umum bagi dunia maritim terutama di Indonesia. Untuk itu dibutuhkan solusi untuk menekan jumlah angka korban jiwa maupun luka-luka akibat kecelakaan kapal yang terjadi.

Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan atau yang dulu dikenal sebagai Badan *Search and Rescue* (SAR) Nasional (Basarnas) memiliki sarana angkutan SAR laut guna menjalankan tugas pencarian dan pertolongan. Sarana Angkutan SAR Laut adalah alat angkut yang digunakan untuk mendukung pelaksanaan tugas SAR di perairan / laut. Sarana ini terdiri dari berbagai jenis kapal mulai dari *Rescue Ship*, *Rescue Boat*, *Hovercraft*, *Rigid Inflatable Boat* (RIB), *Rubber Boat*, hingga *Rafting Boat* (*Peraturan Kepala Badan SAR Nasional Nomor 14 Tahun 2012 tentang Standarisasi Sarana SAR di Lingkungan Badan SAR Nasional*).

Namun, dibutuhkan evaluasi penanganan evakuasi terhadap penumpang maupun awak kapal saat terjadi kecelakaan transportasi laut atau kecelakaan kapal. Dengan menekan waktu evakuasi seminimal mungkin maka akan sangat dimungkinkan untuk meminimalisasi jumlah korban jiwa maupun luka-luka jika kapal mengalami kecelakaan.

Mempertimbangkan hal tersebut, dari sisi kegunaan dan manfaatnya, *Autonomous Surface Vehicle* (ASV) dapat menjadi salah satu alternatif sebagai bentuk kapal SAR. *Autonomous Surface Vehicle* (ASV) atau *Unmanned Surface Vehicle* (USV) adalah kendaraan yang dikendalikan (secara tidak langsung dari jarak jauh) atau secara otomatis dari suatu titik ke titik lain dengan metode *waypoint* dan melakukan tugas dari operator. Bersamaan dengan perkembangan teknologi ASV pengaplikasiannya telah meluas secara bertahap di berbagai sektor.

Penelitian ini mengacu pada kemandirian teknologi penguatan industri transportasi nasional moda air pada sektor Pencarian dan Pertolongan Nasional. Oleh karena itu dirasa perlu diadakan

penelitian dalam rangka meningkatkan program inovasi teknologi, khususnya terkait konsep perancangan dan sistem Kapal Tanpa Awak.

Sasaran yang hendak dicapai adalah semakin baiknya prosedur penanganan evakuasi terhadap penumpang maupun awak kapal saat terjadi kecelakaan transportasi laut serta menekan waktu evakuasi seminimal mungkin. Tujuan utama dari penelitian ini adalah menghasilkan perhitungan dan analisis dari sistem tenaga (daya) dan gaya mekanika teknis yang mendalam pada Kapal Tanpa Awak ini. Dengan dibuatnya laporan ini diharapkan memberikan kemudahan dalam mendukung terciptanya prosedur penanganan evakuasi yang efektif dan efisien secara waktu, tenaga dan ekonomi. Harapannya, ke depannya laporan penelitian ini dapat diteruskan dan dikembangkan hingga suatu hari mimpi prosedur penanganan evakuasi yang diinginkan dapat dicapai dengan alternatif ini.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Adapun rumusan masalah pada Penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan rancangan atau desain Kapal Tanpa Awak yang paling cocok untuk dihitung dan kemudian di analisis daya dan gayanya.
2. Bagaimana cara menghitung daya yang dibutuhkan dari Kapal Tanpa Awak untuk motor induk sebagai propulsori dan sumber energinya sesuai dengan teori yang berlaku.
3. Bagaimana cara menguraikan gaya – gaya yang terjadi dan kemudian menganalisis arah dan besarnya.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada maka tujuan penulisan dari Penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui rancangan atau desain Kapal Tanpa Awak dimulai dari kebutuhan operasional, batasan perancangan, dimensi utama dan rencana garis (*Lines Plan*)

2. Untuk mendapatkan hasil perhitungan dan analisis dari gaya – gaya yang tersedia serta displasemen kapal berdasarkan rancangan Kapal Tanpa Awak yang telah diketahui.
3. Untuk mendapatkan hasil perhitungan sistem tenaga (daya) dan kemudian melakukan pemilihan komponen sistem permesinan sesuai dengan spesifikasi Kapal Tanpa Awak yang dibutuhkan.
4. Untuk menganalisis daya yang dibutuhkan dan pada Kapal Tanpa Awak ini untuk kemudian didapatkan kesimpulannya.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang berkaitan dengan Penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Fungsi Kapal Tanpa Awak ini hanya terbatas untuk kebutuhan *Search and Rescue* (SAR) dengan menarik korban yang masih sadar di permukaan laut.
2. Fokus pembahasan hanya di rumput keilmuan Teknik Mesin, sehingga Elemen Dasar ASV yang di fokuskan adalah Lambung dan Sistem Tenaga (Propulsi).
3. Desain perancangan kapal hanya terbatas pada tipe kapal menggunakan metode kebutuhan operasional dan batasan perancangan, dimensi utama, rencana garis (*Lines Plan*).
4. Wilayah Laut yang disebutkan merupakan wilayah laut umum atau standar.
5. Penentuan titik pusat hanya terbatas pada hasil *software Maxsurf Modeler Advanced*.
6. Analisis gaya kapal hanya meliputi analisis gaya statis.
7. Perhitungan Displasemen terbatas hanya melalui persamaan atau rumus yang tersedia (Pendekatan).
8. Tidak menghitung Tahanan (*resistance*) dari manusia yang tertarik kapal.

9. Perhitungan Tahanan (*resistance*) hanya berdasarkan penggunaan simulasi metode *Holtrop software Maxsurf Resistance*.
10. Pemilihan dan penentuan komponen sistem permesinan (mesin induk dan sumber energi) menggunakan data sekunder atau berdasarkan katalog atau *data sheet*.
11. Analisis daya hanya meliputi perbandingan  $P_{ooooooo}$  dan  $P_{iiiioooo}$  menggunakan konsep Efisiensi.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan Penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut

1. Bagi Penulis

Hasil penulisan Penulisan Tugas Akhir ini bermanfaat dalam menambah wawasan penulis terhadap pengembangan perancangan Kapal Tanpa Awak di sektor pencarian dan penyelamatan atau *Search and Rescue* (SAR) terutama dari sudut pandang rumpun keilmuan Teknik Mesin.

2. Bagi Pihak Lain

Hasil penulisan Penulisan Tugas Akhir ini dapat menjadi referensi yang komprehensif bagi pengembangan dunia transportasi laut tanpa awak dengan fokus pada pengembangan di sektor pencarian dan penyelamatan atau *Search and Rescue* (SAR) khususnya di Indonesia.

## 1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan penulis untuk mencapai tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Studi Literatur

Untuk menambah wawasan diperlukan Studi Literatur dengan mempelajari buku, jurnal, media internet mengenai dasar Kapal Tanpa Awak atau *Autonomous Surface Vehicle* (ASV), perancangan, teori konstruksi kapal, teknik sistem

perkapalan, mekanika teknik, mekanika fluida, sistem tenaga dan permesinan serta instrumen pendukungnya.

## 2. Konsultasi dengan Dosen Pembimbing

Dalam penulisan tugas akhir ini perlu mengadakan konsultasi dan bimbingan dari Dosen Pembimbing agar dapat mencapai visi yang diharapkan dengan arahan dan pelajaran.

## 3. Observasi Data

Melakukan observasi data-data terkait analisis gaya mekanis, analisis konstruksi kapal, analisis sistem perkapalan seperti konfigurasi sistem daya, sistem permesinan, dan sistem propulsif.

## 4. Analisis Data

Menganalisis rancangan Kapal Tanpa Awak dengan melakukan pengkajian dari perhitungan dari sistem tenaga (daya) dan gaya – gaya yang ada berdasarkan rancangan Kapal Tanpa Awak yang telah diketahui.

## 5. Membuat kesimpulan

Setelah menyelesaikan laporan Penelitian Tugas Akhir dapat menarik kesimpulan tentang hasil dari proses dan analisis yang telah didapat.

## 1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

### Bab I PENDAHULUAN

Pada Bab pendahuluan berisi Latar Belakang Masalah, Rumusan Permasalahan, Batasan Masalah, Tujuan, Manfaat, Metodologi Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

### Bab II DASAR TEORI

Bab ini memuat tentang Dasar Teori yang bersisi Definisi *Autonomous Surface Vehicle* dari literatur – literatur yang sudah ada, Mekanika sebagai dasar analisis gaya, Sistem Konstruksi Kapal untuk pendukung analisis gaya, serta Tahanan dan Sistem Propulsi Kapal sebagai dasar analisis daya.

### Bab III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang Diagram Alir kemudian Tahap – tahap atau Alir Penggerjaan yang berisi Identifikasi Masalah, Studi Literatur, Pengumpulan Data, Perhitungan dan Analisis Gaya, serta Perhitungan dan Analisis Daya. Bab ini juga berisi tentang Komponen Sistem Propulsi yang akan dibahas pada bab berikutnya.

#### **Bab IV PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan Hasil dan Pembahasan diawali pembahasan Rancangan *Platform Kapal*, dimulai dari Kebutuhan Operasional, Batasan Perancangan, Ukuran Utama, hingga Rencan garis (*Lines Plan*). Baru kemudian Perhitungan dan Analisis Gaya dengan prosedur Penentuan Titik Pusat, Analisis Gaya Statis, Permodelan *Free Body Diagram*, Perhitungan Besar Gaya dan Perhitungan Displasemen. Kemudian ditutup dengan Perhitungan dan Analisis Daya dari Perhitungan Tahanan Kapal, Perhitungan Daya Propulsi, Pemilihan Motor Induk dan Sumber Energi, Perhitungan Konsumsi Sumber Energi dan yang terakhir Analisis Daya.

#### **Bab V PENUTUP**

Pada bab terakhir ini memuat tentang kesimpulan dan saran dari hasil Penelitian Tugas Akhir ini.

#### **LAMPIRAN**

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

Pada Bab II ini berisi Dasar Teori dari topik utama dalam pembuatan Penelitian Tugas Akhir ini. Dasar Teori berisi uraian singkat tentang landasan teori penunjang yang mempunyai keterkaitan langsung dan digunakan sebagai dasar dalam perhitungan dan analisa untuk menyelesaikan permasalahan dalam Penelitian Tugas Akhir ini.

#### **2.1 Definisi Autonomous Surface Vehicle**

*Autonomous Surface Vehicle* (ASV) atau *Unmanned Surface Vehicle* (USV) adalah kendaraan yang dikendalikan dari jarak jauh atau secara otonom yang melakukan tugas tanpa kendali langsung dari operator. ASV merupakan salah satu jenis dari *Autonomous Vehicle* (AV) atau *Unmanned Vehicle* (UV) yang beroperasi di permukaan air. Kapal Tanpa Awak/ASV memiliki potensi penelitian yang terus meningkat dan telah mendapatkan lebih banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir. ASV yang terbaru biasanya lebih tahan, lebih stabil, lebih dapat bersembunyi, lebih cepat dan bermanuver tinggi.

Generasi pertama dari ASV dirancang dan dikembangkan di *MIT Sea Grant College Programme* pada tahun 1990-an. Belakangan ini, sistem otonom ASV telah berkembang hingga berfungsi sebagai *platform* sensor gerak lengkap dengan kamera foto digital dan kamera video. ASV tersedia dalam beberapa ukuran dan spesifikasi tapi tidak sebanyak *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) dan *Unmanned Underwater Vehicles* (UUV) (*Shojaei dkk, 2018*).



Gambar 2. 1 Ilustrasi *Autonomous Surface Vehicle* (ASV)  
(Sumber : <https://www.hydro-international.com>)

### 2.1.1 Keuntungan ASV

Keuntungan ASV yang dapat diidentifikasi menurut *Liu dkk* (2016) :

1. ASV dapat melakukan tugas yang berbahaya dan tahan lebih lama dibanding kendaraan yang berawak;
2. Biaya perawatan lebih rendah dan keselamatan staf jauh lebih baik karena tidak ada kru diatas kapal;
3. Berat yang ringan dan dimensi yang kompak dari ASV memberikan kemampuan bermanuver yang lebih baik dan dapat menyebar di perairan dangkal (daerah sungai dan pesisir) dimana kapal yang berukuran lebih besar tidak dapat beroperasi secara efektif;
4. ASV juga memiliki potensi lebih baik di kapasitas *Payload* dan mampu melakukan pemantauan air di kedalaman air dan pengambilan sampel dibanding kendaraan terbang atau *Aerial Vehicles*.

### 2.1.2 Aplikasi potensial ASV

Keuntungan ASV yang dapat diidentifikasi menurut *Liu dkk* (2016) :

1. Penelitian Ilmiah seperti Survei batimetri, Pengambilan sampel dan penilaian;
2. Tugas Lingkungan seperti Pemantauan lingkungan, Pemantau migrasi dan perubahan di ekosistem utama, Fenomena biologis laut;
3. Eksplorasi sumber laut seperti eksplorasi minyak, gas dan tambang bumi;
4. Penggunaan militer seperti manajemen bencana, keamanan dan pemantauan; pencarian dan penyelamatan;
5. Aplikasi umum lainnya seperti Penghubung komunikasi seluler.

### **2.1.3 Aplikasi ASV di sektor *Search and Rescue (SAR)***

Kapal SAR adalah kapal yang di gunakan untuk mencari dan menyelamatkan manusia. Kapal SAR yang paling umum adalah *Lifeboat* untuk pantai (*onshore*) untuk penyelamatan di daerah pantai. Untuk operasi jauh dari pantai, kapal dan helikopter lebih sering digunakan.

*The Hurricane EMILY vessel* adalah salah satu ASV yang dibuat berdasarkan *Hydronalix EMLIY surf rescue boat*, sebuah *lifebouy* yang dapat digunakan di pantai dan sungai. Versi *Hurricane* dirancang untuk pengumpulan data pada permukaan laut dari dalam badai, dan karena itu memiliki beberapa kompartemen tertutup, serta dapat membalikkan sendiri ketika terbalik dan memiliki mesin dengan bensin untuk misi jangka panjang.

Kapal *EMILY* memiliki panjang 1,6 meter dengan lebar 0,4 meter dan dapat membawa dua orang. Menggunakan propulsi dari waterjet yang digerakkan mesin gas 2 tak, yang memiliki sistem *starter* listrik yang ditenagai oleh baterai asam timbal 12 V khusus. Rangkaian elektronika diberi daya secara terpisah oleh

baterai *Lithium Polymer* (Li-Po) yang terdiri dari empat bungkus baterai 5000 mAh, masing – masing 14,8 V. Sistem otonom *Hurricane EMILY* adalah sistem dasar yang dapat menavigasi antara titik jalan dan mentransfer data ke stasiun kendali atau terminal menggunakan sistem otonom komersial *Cloud Cap Technology*. Kendaraan ini juga berisi sensor untuk kecepatan dan arah angin, temperatur udara dan air serta tekanan barometrik. Data ini disimpan didalam komputer *Gumstix* dan dapat ditransmisikan menggunakan koneksi *Iridium Short Burst Data* (*Manda*, 2016).



Gambar 2. 2 Kapal ASV SAR *Hurricane EMILY*

(Sumber : *Manda*, 2016)

Selain *Hurricane EMILY*, *ROAZ II* juga salah satu ASV yang dibuat untuk pencarian dan penyelamatan. Dengan sistem lambung katamaran dan di kembangkan untuk operasi penuh laut terbuka. Lambung dibuat dengan material *High Density Polyethylene* (HDPE) dan dihubungkan dengan tabung alumunium melintang dengan *platform* berbahan *stainless steel*. Secara keseluruhan memiliki berat 200 kg dengan panjang 4,5 meter untuk 2,2 meter lebar dan 0,5 meter tinggi.

Menggunakan sistem komputasi dalam kapal, unit kendali pendorong yang tertanam dan beberapa sensor navigasi elektronik yang ditempatkan di salah satu dari dua kotak yang terpasang di tengah *platform*. Kotak yang lain dimasukkan 4 baterai *AMG 12 V* yang menyediakan kapabilitas daya 24V dan 12V. Kedua kotak ini dibuat dengan kotak kokoh *Peli* memastikan perlindungan yang dibutuhkan untuk tugas operasional laut. Semua sistem koneksi dibuat menggunakan steker *IP69* untuk memastikan

koneksi yang tahan cuaca dan tahan air. Propulsi sendiri menggunakan motor *trolling Minkotta*. Dibagian atas kendaraan disediakan komunikator menggunakan antena *WIFI 802.11 a/b/g*, sebuah jaringan video nirkabel 2,4 Ghz, antena GPS, dan sistem penginderaan (*Martins dkk, 2007*).



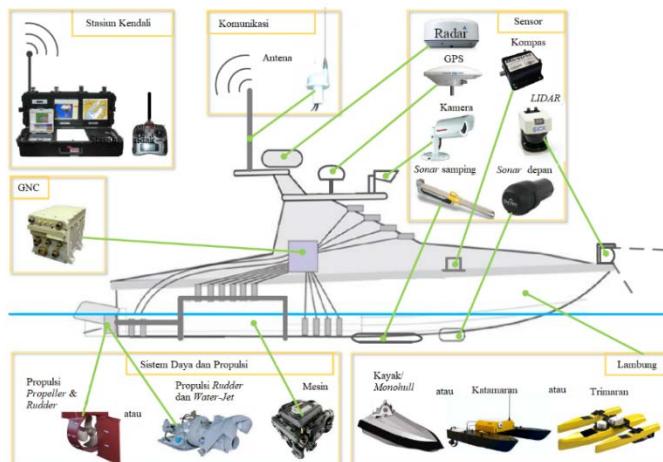
Gambar 2. 3 Kapal ASV SAR *ROAZ II*  
(Sumber :*Martins dkk, 2007*)

#### 2.1.4 Elemen Dasar ASV

Menurut *Liu dkk* (2016), Tergantung pada praktik aplikasinya, ASV datang dalam berbagai penampilan dan fungsi. Namun ada beberapa elemen dasar yang harus ada dalam suatu ASV (dapat dilihat di gambar 2.4) Berikut elemen – elemen tersebut :

1. **Lambung dan elemen struktur tambahan.** Variasi lambung ada 3 jenis; *Monohull* atau kayak (*single hull*), *katamaran*, dan *trimaran*.
2. **Sistem tenaga dan propulsi.** Sistem arah dan kendali kecepatan dari kebanyakan ASV disediakan oleh *rudder* dan *propeller* (atau *water jet*), sementara lainnya dikemudikan oleh dorongan diferensial yang disediakan dua motor berbeda yang melekat di setiap lambung kapal (biasa di katamaran atau trimaran).

3. **Sistem Guidance, Navigation, and Control (GNC)** sebagai komponen paling penting dari ASV, modul GNC didasari oleh komputer dan *software* dan bersama – sama bertanggung jawab mengelola seluruh sistem ASV.
4. **Sistem komunikasi** tidak hanya terbatas pada operator di stasiun kendali dan kendaraan lainnya untuk melakukan kendali koperatif, tapi juga untuk komunikasi dengan kabel atau tanpa kabel dengan berbagai macam sensor, aktuator, dan perlengkapan lainnya.
5. **Perlengkapan pengumpul data**, selain navigasi dengan GPS, masih ada kamera, radar, sonar, dan sensor lainnya.
6. **Stasiun kendali** yang dapat ditempatkan di darat, kendaraan berjalan atau di kapal. Umumnya, tugas dikirimkan ke ASV menggunakan sistem komunikasi nirkabel.



Gambar 2. 4 Arsitektur dasar dari ASV

(Sumber : Liu dkk, 2016)

## 2.2 Mekanika

### **2.2.1 Massa, Gaya, Berat**

Massa adalah suatu sifat fisika dari suatu benda yang digunakan untuk menjelaskan berbagai perilaku objek yang terpantau. Dalam kegunaan sehari-hari, massa biasanya disinonimkan dengan berat. Namun menurut pemahaman ilmiah modern, berat suatu objek diakibatkan oleh interaksi massa dengan medan gravitasi. Massa disimbolkan dengan  $m$ .

Massa Jenis atau densitas atau rapatan adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi (misalnya besi) akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (misalnya air). Massa Jenis dinyatakan sebagai matematis dengan bentuk :

Dimana :

m : Massa (kg atau g)  
 $\nabla$  : Volume ( $m^3$  atau  $cm^3$ )

Gaya merupakan suatu tarikan atau dorongan yang dapat menimbulkan perubahan gerak. Dengan demikian jika benda ditarik/didorong dan sebagainya maka pada benda bekerja gaya dan keadaan gerak benda dapat dirubah. Gaya adalah penyebab gerak. Gaya termasuk besaran vektor, karena gaya ditentukan oleh besar dan arahnya. Gaya disimbolkan dengan  $F$ .

Gaya gravitasi pada suatu benda adalah tarikan oleh benda lain. Benda lain adalah Bumi, gaya diarahkan turun ke tanah yang dianggap sebagai kerangka inersia. Besar dari Gaya gravitasi dapat dinyatakan dengan :

Dimana :

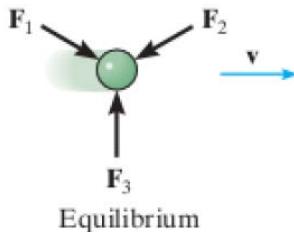
m : Massa (kg)  
g : Percepatan gravitasi = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Berat pada sebuah benda adalah besar dari gaya tekan keatas yang dibutuhkan untuk menyeimbangkan gaya gravitasi pada sebuah benda. Sebuah berat benda berhubungan dengan massa dan dinyatakan dengan :

(Walker, 2014)

### 2.2.2 Hukum Gerak Newton I

Newton menyatakan bahwa sebuah partikel yang semula diam, atau bergerak dalam garis lurus dengan kecepatan konstan, cenderung tetap dalam keadaan ini asalkan partikel tidak mengalami gaya yang tidak seimbang, Gambar 2.5 dan dinyatakan secara matematis sebagai (*Hibbeler*, 2014):



Gambar 2. 5 Hukum Newton I  
(Sumber : Hibbeler, 2014)

### **2.2.3 Persamaan Keseimbangan**

Ketika sebuah benda mengalami sebuah sistem gaya, yang semuanya terletak pada bidang x-y (-z), maka gaya dapat diselesaikan ke dalam komponen x dan y (dan z) dari benda tersebut. Akibatnya, kondisi untuk keseimbangan dalam dua (atau tiga ) dimensi adalah :

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_v = 0$$

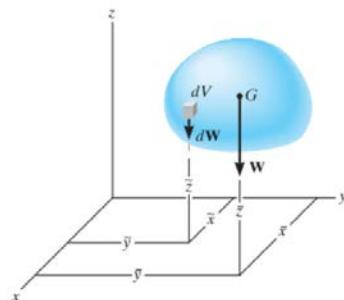
Dan jika tiga dimensi,

$$\Sigma F_z = 0$$

Disini,  $\Sigma F_x$  dan  $\Sigma F_y$  mewakili, masing – masing, jumlah aljabar dari komponen x dan y dari semua gaya yang berkerja pada benda, dan  $\Sigma M$  mewakili jumlah aljabar dari momen kopel dan momen dari semua komponen gaya sekitar sumbu z, yang tegak lurus terhadap bidang x-y dan melewati poin referensi momen (*Hibbeler,2014*).

#### **2.2.4 Penentuan Titik Pusat**

Titik pusat pada mekanika terbagi menjadi dua jenis, titik pusat gravitasi G atau *Centre of Gravity* CG dan centroid (*Centroid*) atau titik pusat geometris dari luas area atau volume dari suatu benda.



Gambar 2. 6 Titik pusat gravitasi  
(Sumber : Hibbeler, 2014)

Titik pusat gravitasi G merupakan titik dimana berat benda dapat dianggap terpusat. Jarak dari sumbu ke titik ini dapat ditentukan dari keseimbangan momen, yang mengharuskan bahwa momen berat dari seluruh partikel pada benda gaya sekitar sumbu harus sama dengan momen seluruh berat tubuh sekitar sumbu.

$$\bar{x} = \frac{\int \tilde{x} dW}{\int dW}$$

$$\bar{y} = \frac{\int \tilde{y} dW}{\int dW}$$

$$\bar{z} = \frac{\int \tilde{z} dW}{\int dW}$$

Pusat massa akan bertepatan dengan pusat gravitasi dengan syarat percepatan gravitasi dalam kondisi konstan.

Sentroid adalah lokasi pusat geometris dari benda. Hal ini ditentukan dengan cara yang sama, menggunakan keseimbangan momen dari elemen geometris seperti area, atau segmen volume. Untuk benda yang memiliki bentuk kontinu, momen dirangkum (diintegrasikan) menggunakan elemen diferensial.

Sentroid pada elemen geometris Luas Area;

$$\overline{S_{\text{mbu}}} = \frac{\int_A S_{\text{mbu}} dA}{\int dA} \dots \quad (2.7)$$

$$\bar{x} = \frac{\int_A \tilde{x} dA}{\int dA}$$

$$\bar{y} = \frac{\int_A \tilde{y} \, dA}{\int dA}$$

$$\bar{z} = \frac{\int_A \tilde{z} \, dA}{\int dA}$$

Sentroid pada elemen geometris Volume;

$$\bar{x} = \frac{\int_V \tilde{x} dV}{\int dV}$$

$$\bar{y} = \frac{\int_{\nabla} \tilde{y} d\nabla}{\int d\nabla}$$

$$\bar{z} = \frac{\int_{\nabla} \tilde{z} d\nabla}{\int d\nabla}$$

(Hibbeler, 2014)

### 2.2.5 Gaya Hidrostatis

Tekanan Hidrostatis adalah tekanan yang diakibatkan oleh zat cair yang diam pada suatu kedalaman tertentu. Besarnya tekanan hidrostatis tergantung dari ketinggian zat cair atau kedalaman benda  $h$ , massa jenis zat cair  $\rho$ , dan percepatan gravitasi bumi  $g$ . Tekanan Hidrostatis disebabkan oleh berat zat cair.

Salah satu akibat dari variasi tekanan hidrostatis adalah benda yang terendam sebagian atau sepenuhnya mengalami tekanan yang lebih tinggi dibawah benda daripada diatasnya. Ini mengarah kepada gaya dorong ke atas yang dijelaskan oleh Prinsip Archimedes. Gaya dorong ke atas juga dapat disebut sebagai gaya *Bouyant*. Prinsip Archimedes dapat dinyatakan secara matematis sebagai:

Dimana :

$\rho$  : Massa Jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

g : Percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$\nabla$  : Volume ( $m^3$ )

(John, 2004)

## 2.3 Sistem Konstruksi Kapal

Sebelum melakukan perancangan 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 (*superstructure*). 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.

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 dalam pemilihan Sistem Konstruksi kapal yang akan dibuat. Sistem Konstruksi pada kapal terbagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian konstruksi alas / dasar (*bottom*), bagian konstruksi lambung / sisi (*side*), dan bagian konstruksi geladak (*deck*).

### 2.3.1 Geometri Kapal

Sisi luar lambung kapal berbentuk lengkung pada beberapa kasus terdapat tekukan, penggambaran lambung kapal pada sebidang kertas gambar dinamakan rencana garis (*Lines Plan/Ship's Lines/Lines*), bentuk lambung kapal secara umum harus mengikuti kebutuhan daya apung, stabilitas, kecepatan,

kekuatan mesin, olah gerak dan yang penting adalah kapal bisa dibangun.

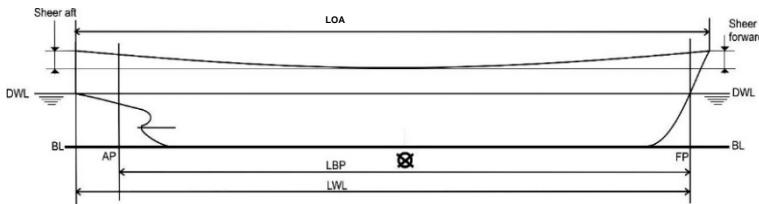
Gambar Rencana garis (*Lines Plan*) terdiri dari proyeksi ortografis/siku-siku dari interseksi/perpotongan antara permukaan (*surface*) lambung kapal dan tiga set bidang yang saling tegak lurus.

***Sheer Plan*** menunjukkan interseksi/perpotongan antara permukaan (*surface*) lambung kapal dengan bidang tengah (*centreplane*) – sebuah bidang vertikal pada garis tengah / *centreline* kapal – dan bidang tegak/*buttockplane* yang sejajar dengannya (*centreplane*). Interseksi dengan bidang tengah akan menghasilkan profil haluan (*bow*) dan buritan (*stern*). Untuk kapal komersial digambar dengan meletakkan haluan kapal/*bow section* pada sisi kanan.

***Breadth*** atau ***Waterlines Plan*** menunjukkan interseksi permukaan lambung kapal dengan bidang yang sejajar bidang dasar (*baseplane*) horizontal, bidang dasar (*baseplane*) adalah bidang horizontal yang melalui garis dasar/*baseline*. Interseksi dengan bidang-bidang tersebut akan menghasilkan *Breadth Plan* atau *Waterlines Plan*.

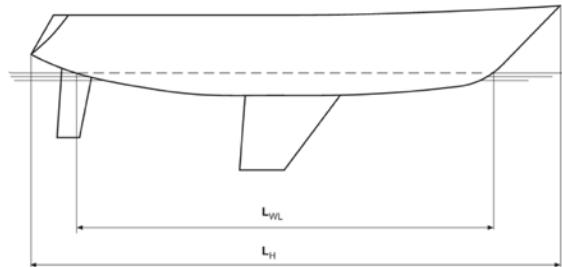
***Body Plan*** menunjukkan bentuk dari station/section yang merupakan interseksi antara permukaan lambung kapal dengan bidang yang tegak lurus dengan bidang tegak/*buttockplane* dan bidang garis air/*waterline plane*.

*Naval Architecture* (Arsitektur kapal) memiliki terminologi tersendiri yang berupa simbol atau akronim (singkatan kata), berikut gambar dan terminologinya :



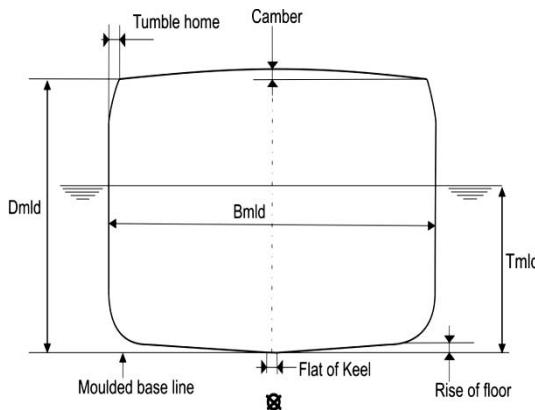
Gambar 2. 7 Bagian – bagian kapal tampak samping  
 (Sumber : Widya dkk, 2009)

1. *After Perpendicular/garis tegak buritan (AP)* adalah garis tegak yang terletak pada sisi belakang *sternpost* atau bila tidak ada *sternpost*, FP terletak pada sumbu poros kemudi.
2. *Forward Perpendicular/garis tegak haluan (FP)* adalah garis tegak vertikal yang melalui interseksi antara garis air muat/rencana garis air (DWL) dan sisi dalam linggi haluan.
3. Panjang antara garis tegak / *Length between perpendicular* ( $L_{BP}/L_{PP}$ ) adalah jarak horizontal antara AP dan FP.
4. Panjang garis air/ *Length of water lines* ( $L_{WL}$ ) adalah jarak horisontal antara FP dan interseksi antara sisi dalam linggi buritan dan rencana garis air (DWL).
5. Panjang keseluruhan/ *Length overall* ( $LoA$ ) adalah panjang kapal yang diukur dari ujung haluan dan ujung buritan pada sisi dalam kulit.
6. Panjang kapal (Panjang lambung) /*Length (Hull Length)* ( $L$  atau  $L_H$ ) adalah jarak harizontal antara bagian paling depan dan bagian paling belakang dari kapal termasuk bagian struktural dan integral dari suatu kapal.



Gambar 2. 8 Panjang kapal  
(Sumber : BKI ,2013)

7. *Amidship/ Midship section/ Tengah kapal* adalah titik tengah antara garis tegak haluan/FP dan garis tegak buritan/AP.
8. *Lebar kapal/Beam (B)* adalah lebar maksimal dari kapal diukur dari tepi luar gading ke tepi luar gading yang lain, mengabaikan strak gosok dll.
9. *Tinggi kapal/Depth (D)* adalah jarak vertikal antara dasar badan sampan dan tepi atas dek, diukur dari sisi samping kapal setengah LWL.



Gambar 2. 9 Bagian – bagian kapal tampak depan  
(Sumber : Widya dkk, 2009)

10. Sarat/*Draft* ( T ) adalah jarak vertikal yang diukur dari sisi bawah Lunas (*keel*) ke Garis air/WL.
  11. *Keel Point/Titik lunas* adalah titik yang terletak pada tengah kapal/*amidship*, pada Garis tengah/*Centreline* dan sisi atas Lunas (*keel*).
  12. *Sheer* adalah kelengkungan horizontal geladak kapal, diukur dari perbedaan tinggi berbagai posisi dan tinggi pada tengah kapal, pada umumnya *sheer* bagian depan lebih tinggi dibanding bagian belakang, desain kapal modern pada saat ini banyak kapal yang tidak memiliki *sheer*.
  13. *Camber* adalah Kelengkungan transversal geladak kapal, diukur dari perbedaan antara tinggi bagian tengah kapal dan tinggi pada sisi kapal.
  14. *Centreline plane/Middle line plane*, bidang tengah adalah bidang vertical pada garis tengah/ *centreline* yang membagi kapal secara simetri.
  15. *Water planes* atau bidang garis air adalah bidang yang dibatasi oleh garis air.
  16. Titik – titik pusat :
    - a. *Centre of Bouyancy* (CB) adalah Titik pusat gaya tekan keatas (boyansi) volume kapal yang tercelup air.
    - b. *Centre of Gravity* (CG) adalah Titik berat kapal seutuhnya, pusat dari gaya berat ke bawah.
    - c. *Centre of Floatation* (CF) adalah Titik apung atau titik pusat luasan bidang garis air pada sarat.
- (Widya dkk, 2009,  
BKI, 2013  
Tupper, 1996)

### 2.3.2 Displasemen

Displasemen Kapal meliputi *Mass Displacement* ( $\Delta$ ) , *Weight Displacement* ( $\Delta$ ) dan *Volume Displacement* ( $\nabla$ ).

Displasemen adalah berat dari volume air yang dipindahkan oleh badan kapal. Jadi berat dari volume air yang dipindahkan merupakan berat dari kapal tersebut (konstruksi dan muatan). *Displacement* sendiri memiliki 3 jenis, Massa (*Mass*) , Berat (*Weight*) dan Volume. Terbagi 3 jenis karena dapat diotak – atik menggunakan rumus awal Massa Jenis di persamaan 2.1.

### *Mass Displacement [kg]*

### *Weight Displacement [N]*

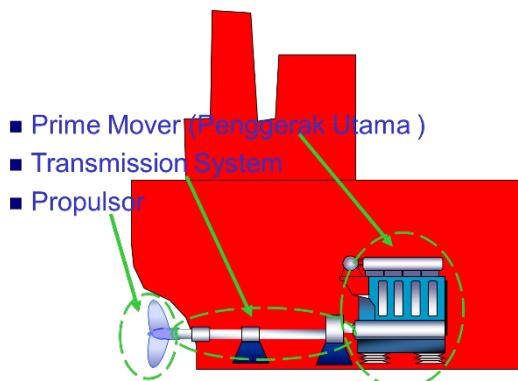
### *Volume Displacement [m<sup>3</sup>]*

(Molland, 2008)

## 2.4 Tahanan dan Sistem Propulsi Kapal

Kemampuan untuk bergerak melalui air dan kemampuan untuk mengendalikan arah gerakan adalah hal yang paling mendasar dari semua persyaratan kapal. Penggerak kapal dicapai melalui konversi, transmisi, dan penggunaan energi dalam urutan peristiwa yang mencakup pengembangan daya dalam penggerak utama, transmisi daya ke baling-baling (*propeller*), pengembangan gaya dorong pada permukaan bilah baling-baling yang bergerak, dan transmisi dorongan ke struktur kapal dengan cara itu untuk menggerakkan kapal di air. Kontrol arah gerakan di peroleh sebagian dengan perangkat sistem kemudi yang menerima kekuatan dari mesin dan sebagian dari pengaturan, kecepatan, dan arah rotasi baling-baling kapal. Berikut bagian yang langsung berkaitan dengan pembentukan dan transmisi daya propulsi:

1. **Penggerak Utama (*Prime Mover*)** menyediakan energi mekanik yang dibutuhkan untuk menggerakan poros dan mendorong Alat Propulsi.
2. **Poros Pendorong (*Propulsion Shaft*)** bertujuan untuk mentransmisikan energi mekanik dari Penggerak Utama ke Alat Propulsi dan mentransmisikan dorongan dari Alat Propulsi ke Bantalan Dorong Poros Pendorong juga dapat disebut sebagai **Sistem Transmisi**.
3. **Alat Propulsi (*Propelling Devices*)** memberikan kecepatan ke sebuah kolom air dan menggerakkannya di arah yang berkebalikan dari yang diinginkan untuk menggerakkan kapal. Sebuah gaya reaktif (pendorong) kemudian akan terbentuk; dan dorongan ini, ketika di transmisikan ke struktur kapal, menyebabkan kapal untuk bergerak di air.
4. **Bantalan dorong (*Thrust Bearing*)** menyerap dorongan aksial yang terbentuk pada baling – baling dan mentransmisikannya melalui poros. Karena bantalan dorong dipasang secara kuat di struktur kapal, segala dorongan yang dibentuk baling – baling pasti diteruskan ke kapal dalam cara yang demikian untuk menggerakan kapal dalam air. Tujuan bantalan adalah untuk membantu poros untuk menyerap dorongan radial dan untuk mempertahankan deretan yang tepat dari poros dan baling – baling.



Gambar 2. 10 Ilustrasi Bagian Sistem Propulsi

(Sumber : JTSP FTK - ITS, 2016)

*(Bureau of Naval Personnel, 1970)*

#### 2.4.1 Tahanan Kapal

Macam-macam tahanan :

1. **Tahanan gesek** adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan mengintegralkan Tegangan tangensial keseluruhan permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal. Semua fluida mempunyai viskositas, dan viskositas menimbulkan gesekan. Sehingga besar tidaknya nilai gesekan ini tergantung pada jenis fluida. Viskositas adalah nilai opertahanan fluida terhadap geseran apabila fluida tersebut bergerak.
2. **Tahanan gelombang** adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan untuk menimbulkan gelombang gravitasi. Umumnya yang diartikan dengan tahanan gelombang adalah tahanan gelombang dengan mengabaikan tahanan pemecahan gelombang.
3. **Tahanan sisa** adalah kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari tahanan total badan kapal, yaitu suatu tahanan gesek yang merupakan hasil perhitungan yang diperoleh dengan memakai rumus atau cara khusus.

Tahanan sisa mencakup tahanan gelombang, tahanan tekanan viskos, dan tahanan gesek tambahan akibat kurvatur benda.

4. **Tahanan udara** adalah tahanan yang dialami oleh bagian kapal utama yang berada di atas air dan bangunan atas karena gerakan kapal di udara.

(Widya dkk, 2009)

#### **2.4.2 Penentuan Tahanan Kapal**

Dalam membuat usulan awal kapal baru, salah satu hal yang harus diketahui adalah besarnya daya yang diperlukan. Untuk mengetahui daya tersebut dapat dicari dengan berbagai cara yakni :

1. Metode kapal pembanding

Jika memakai metode ini maka harus dipilih suatu kapal pembanding. Kapal pembanding ini harus merupakan jenis yang sama dengan jenis kapal yang akan dibuat. Selain itu, ukuran utama dan kecepatan kapal pembanding tersebut harus tidak jauh berbeda dengan kecepatan yang akan dibuat. Salah satu contoh metode kapal pembanding adalah metode *Froude*.

2. Metode statistik

Apabila memakai metode statistik maka data propulsif dari seperangkat kapal dikumpulkan dan dipelajari statistiknya. Hasilnya dapat diberikan berupa program untuk perhitungan atau seperangkat diagram yang menyatakan daya sebagai fungsi dari koefisien blok, displasemen, dan rasio panjang displasemen.

3. Metode pemakaian diagram

Banyak diagram dan rumus untuk menentukan daya efektif kapal dalam perencanaan awal yang telah dipublikasikan. Di antara yang pertama adalah diagram yang dipublikasikan oleh *Speed and Power of Ship* oleh *Taylor*. Dalam diagram tersebut tahanan sisa tiap ton displasemen diberikan sebagai fungsi rasio panjang-kecepatan. Yang kedua adalah publikasi *Ship resistance*

oleh *Guldhammer dan Harvald* (1965, 1974). Mereka berupaya mengumpulkan sebagian besar dari data uji berbagai publikasi yang penting untuk kapal niaga.

(Widya dkk, 2009)

#### 2.4.3 Metode Perhitungan Tahanan Kapal

Tahanan Kapal memiliki beberapa bentuk penentuan dan yang paling populer merupakan Pemakaian diagram. Berikut merupakan beberapa metode penentuan atau perhitungan tahanan kapal.

1. **Metode Taylor** menggunakan Diagram yang dibuat berdasarkan hasil percobaan model yang dilakukan dengan memakai serangkaian (seri) model atau kapal pembanding yang garis rancangannya didasarkan pada garis rancangan badan kapal penjelajah Inggris.
2. **Metode Diagram Lap** merupakan upaya untuk membuat metode yang dapat dipakai untuk menentukan tahanan kapal tanpa percobaan model. Menggunakan hasil dari sejumlah besar model yang dilakukan *Netherlands Ship Model Basin* (NSMB).
3. **Metode Guldhammer dan Harvald** ini diperkenalkan suatu sistem perhitungan dengan pembacaan diagram; diagram yang dikembangkan dari rumus; rumus empiris maupun non empiris. Metode ini berdasarkan penelitian pada Metode Taylor, *Wageningen Model Basin* dan *Swedish State Shipbuilding Experimental Tank* di Swedia.
4. **Metode Holtrop** mengembangkan atau memperluas metodenya agar memperbesar cakupan parameter dan kecepatan kapal. Metode ini merupakan bentuk paduan dari Metode Statistik dan Metode Pemakaian Diagram. Metode yang mengandalkan ketepatan perhitungan dengan

pengambilan data dan pengolahannya secara statistik yang kemudian dikenal dengan “Metode Prediksi Daya Efektif Statistik atau disingkat “Metode Tahanan Kapal Statistik”.

(*JTSP – FTK ITS*, 2016)

#### 2.4.4 Daya

Dalam fisika, daya adalah kecepatan melakukan kerja. Daya sama dengan jumlah energi yang dihabiskan per satuan waktu. Dalam sistem SI, satuan daya adalah Joule per detik (J/s), atau Watt untuk menghormati James Watt, penemu mesin uap abad ke-18. Daya adalah besaran skalar. Daya dapat dinyatakan secara matematis sebagai :

Dimana :

P : Daya (Watt atau J/s)

W : Usaha atau kerja (Joule)

t : Waktu (s)

1 Watt = 0.00134102 HP

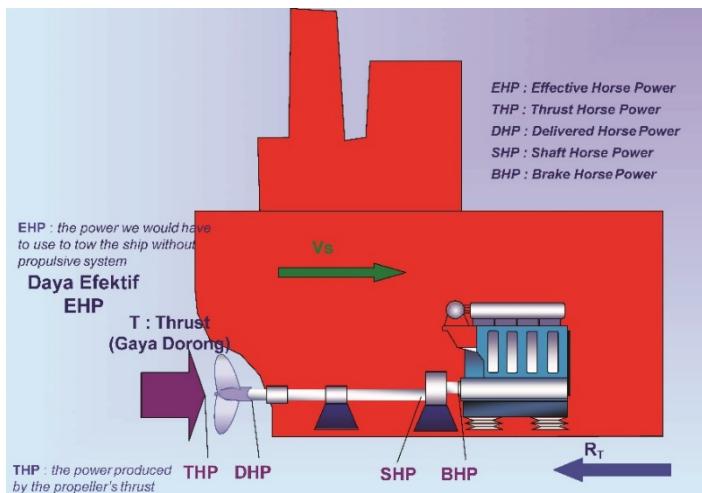
(Walker, 2014)

#### **2.4.5 Sistem Propulsi**

Untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan yang diinginkan disebut daya mesin. Sedangkan daya mesin tersebut ada dua jenis yaitu daya kontinyu dan daya maksimum. Daya kontinyu untuk mencapai kecepatan servis dan daya maksimum untuk mencapai kecepatan maksimum atau kecepatan percobaan.

Terdapat beberapa istilah *Horse Power* sebagai daya mesin yang dikenal di kapal yaitu BHP, SHP atau DHP, THP dan EHP. EHP ditentukan dari tekanan di dalam silinder atau

diperhitungkan dari diagram mesin. BHP merupakan tenaga yang dibutuhkan untuk memutar poros dan nilainya lebih kecil dari THP karena adanya kehilangan tenaga didalam silinder. SHP ditentukan dari torsi pada poros dan EHP merupakan tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal (*Kurniawan*, 2013).



Gambar 2. 11 Daya pada Sistem Propulsi  
 (Sumber : JTSP FTK - ITS, 2016)

#### **2.4.6 Perhitungan Kebutuhan Daya Propulsif**

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

- **Effective Horse Power (EHP)** adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat dari lambung kapal (*hull*), agar kapal dapat bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain dengan kecepatan servis sebesar  $v$ .

Dimana :

R<sub>T</sub> : Tahanan Total (N)  
 v : Kecepatan servis (m/s)

- **Delivery Horse Power (DHP)** adalah daya yang di serap oleh baling – baling kapal guna menghasilkan Daya Dorong, atau dengan kata lain DHP merupakan daya yang di salurkan oleh motor penggerak ke baling – baling kapal (*propeller*) yang kemudian dirubahnya menjadi gaya dorong kapal. Daya pada tabung poros baling - baling atau DHP dihitung dari perbandingan antara Daya Efektif atau EHP dengan Koefisien Propulsif atau PC.

$$DHP = \frac{EHP}{\eta D} \dots \quad (2.15)$$

Dimana :

$\eta_D$  : Efisiensi Propulsif

$\eta H$  : Efisiensi Lambung

η₀ : Efisiensi Pendorong pada perairan terbuka

$\eta R$  : Efisiensi Rotasi Relatif

- **Break Horse Power (BHP)** adalah daya rem (*Brake Power*) atau daya yang diterima oleh poros transmisi sistem penggerak kapal, yang selanjutnya dioperasikan secara kontinyu untuk menggerakkan kapal pada kecepatan servisnya ( $v$ ). inilah yang selanjutnya dapat digunakan sebagai patokan (acuan) dalam melaksanakan proses pemilihan motor penggerak (*Engine Selection Process*).

$$BHP = DHP + (X\% \times DHP) \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana :

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

(Hardianto, 2017)

#### **2.4.7 Daya Listrik**

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik).

Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan usaha (W). Listrik dapat diperoleh dari pembangkit listrik atau penyimpan energi seperti baterai. Daya pada listrik dapat dinyatakan dengan persamaan matematis dengan bentuk :

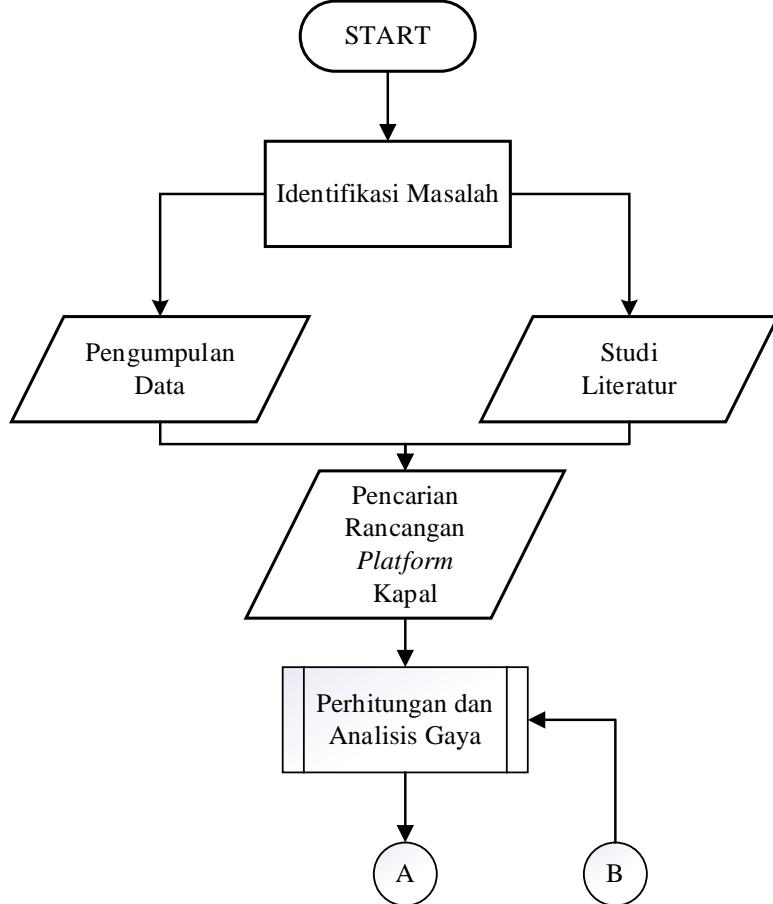
atau

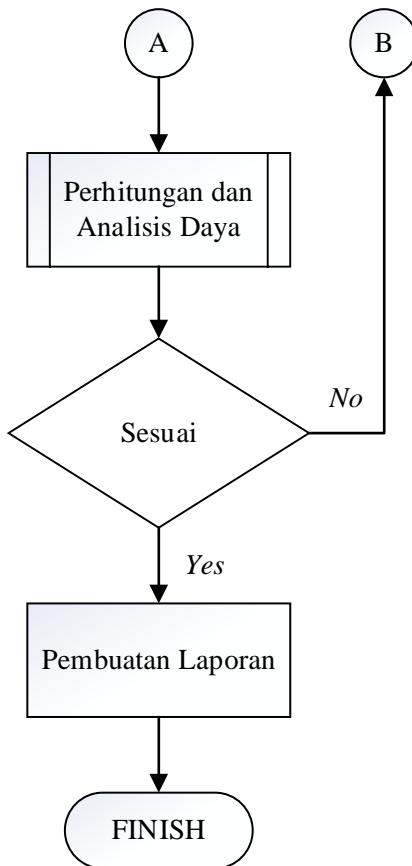
(*Walker*, 2014)

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir (*Flowchart*)





Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

### 3.2 Alur Pengerjaan

Tahap – tahap Metodologi dalam Penelitian Tugas Akhir ini disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi untuk ketercapaian tujuan.

### 3.2.1 Tahap Identifikasi Masalah

Sebelum memulai penggerjaan Penelitian Tugas Akhir ini, dibutuhkan pendefinisian dari masalah yang ada sehingga dapat melakukan Tahap Studi Literatur dan Pengumpulan data dengan lebih terkonsentrasi.

1. Sistem penanganan evakuasi penumpang dan awak kapal saat kecelakaan transportasi laut yang masih kurang efektif akibat kurangnya sarana dan prasarana pendukung.
2. Waktu sistem penanganan evakuasi dinilai kurang efisien sehingga menimbulkan korban yang lebih banyak.

### 3.2.2 Tahap Studi Literatur

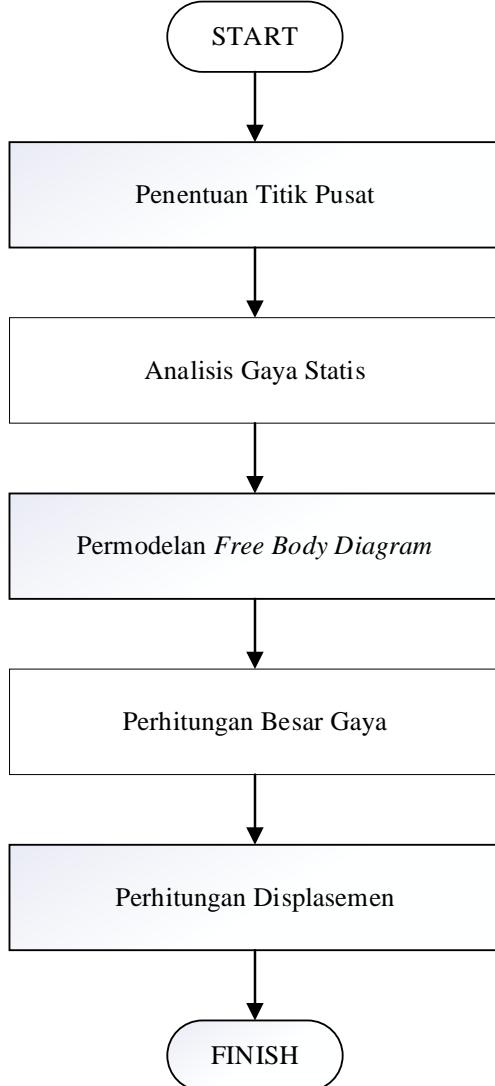
Pada tahap ini dilakukan Studi Literatur yang berkaitan dengan permasalahan pada Penelitian Tugas Akhir ini. Tahapan Identifikasi Masalah dapat ditunjang dengan Studi Literatur yang sesuai. Studi Literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan serta teori-teori yang berkaitan dengan Penelitian Tugas Akhir ini, bisa dalam bentuk buku/*text book*, diktat sebagai dasaran, publikasi ilmiah mulai dari jurnal/*paper*, Tugas Akhir/*Thesis*, media Internet hingga penelitian sebelumnya agar bisa lebih memahami permasalahan dan pengembangan yang dilakukan. Studi yang dilakukan diantaranya:

- Pendefinisian *Autonomous Surface Vehicle* secara umum, keuntungan, aplikasi, sudut pandang *search and rescue* (SAR) hingga elemen dasarnya.
- Sistem Konstruksi Kapal secara umum dalam pembuatan perancangan desain *platform ASV*.
- Perhitungan dan Analisis Gaya Statis kapal memanjang dan melintang termasuk penentuan titik berat.
- Perhitungan Sistem Tenaga termasuk Sistem Propulsi dan pemilihan motor induk serta analisisnya.

### **3.2.3 Tahap Pengumpulan Data**

Setelah dilakukan Studi Literatur, banyak informasi dan informasi yang dapat digunakan. Sebelum melangkah ke tahap selanjutnya, dibutuhkan Pengumpulan Data yang digunakan dalam Penelitian Tugas Akhir ini agar pembahasan semakin detil dan komprehensif. Metode Pengumpulan Data yang digunakan dalam Penulisan Tugas Akhir ini adalah metode pengumpulan secara tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam penelitian ini. Adapun data-data yang diperlukan adalah rancangan desain Kapal Tanpa Awak termasuk dimensi utamanya, spesifikasi komponen mesin induk dan sumber energi yang akan digunakan nantinya akan diambil dari *data sheet* masing-masing komponen.

### 3.2.4 Tahap Perhitungan dan Analisis Gaya

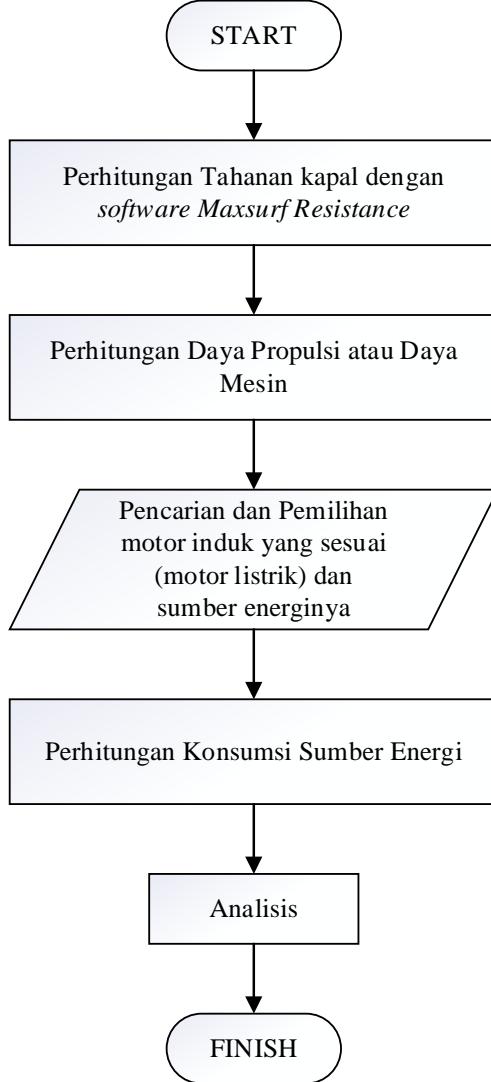


Gambar 3. 2 Flowchart Metodologi Perhitungan dan Analisis Gaya

Tahap ini bertujuan untuk memadukan tahapan - tahapan yang telah dilakukan guna mencapai tujuan. Berikut adalah Prosedur tahapan ini :

1. Sebelum menganalisis gaya statis pada Kapal Tanpa Awak, dibutuhkan Penentuan Titik Pusat guna mendapatkan pusat dari gaya – gaya yang tersedia. Titik Pusat disini meliputi titik pusat gravitasi atau *Centre of Gravity*, titip pusat daya apung atau *Centre of Bouyancy*, dan titik pusat apung atau *Centre of Floatation*.
2. Setelah mendapatkan titik – titik pusat, hal yang dilakukan berikutnya adalah menganalisis gaya – gaya statis yang terjadi pada lambung Kapal Tanpa Awak ini.
3. Setelah didapatkan analisinya, dilakukan penggambaran atau permodelan dari gaya – gaya yang terjadi dalam bentuk gambar sketsa *Free Body Diagram*.
4. Setelah mendapatkan hasil analisis dan permodelan *Free Body Diagram*, gaya – gaya yang tersedia dapat dihitung besarnya.
5. Setelah mengetahui besar gaya, maka dapat ditemukan displasemen Kapal Tanpa Awak ini.

### 3.2.5 Tahap Perhitungan dan Analisis Daya



Gambar 3. 3 Flowchart Metodologi Perhitungan dan Analisis Daya

Tahap Perhitungan dan Analisis Daya ini dilakukan untuk mendapatkan Sistem Tenaga (Motor induk dan sumber energi) yang paling efektif dalam Kapal Tanpa Awak.

1. Melakukan simulasi perhitungan tahanan kapal yang menjadi hambatan pada kapal menggunakan bantuan *software Maxsurf Resistance*.
2. Melakukan perhitungan Propulsi dan Daya Mesin yang mampu memberikan Kapal Tanpa Awak daya dorong yang memenuhi kecepatan yang diinginkan.
3. Pencarian dan Pemilihan motor induk dan sumber energi kemudian dicari yang sesuai kebutuhan dan dilakukan sesuai dengan *data sheet* yang tersedia.
4. Melakukan Perhitungan Konsumsi sumber energi yang digunakan sesuai mesin induk dan komponen pendukung yang dipilih di Poin sebelumnya.
5. Melakukan analisis efisiensi dan perbandingan dari rancangan Kapal Tanpa Awak yang tersedia.

### **3.3 Komponen - komponen**

Komponen Sistem Propulsi yang digunakan dalam penggeraan perhitungan dan analisis ini adalah:

1. Mesin utama (termasuk *Main Engine*, *Rudder*, dan *Propeller*), dan
2. Baterai sebagai Sumber Energi2.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dengan hipotesis awal rancangan Kapal Tanpa Awak atau *Autonomous Surface Vehicle* (ASV) ini dapat digunakan untuk tugas pencarian dan penyelamatan (*Search and Rescue* (SAR)) dengan performa kinerja yang baik dan stabil. Dengan adanya kapal tanpa awak maka dapat mengurangi risiko kerja dan penghematan sumber daya. Maka dari itu dibutuhkan pembahasan hasil sesuai dengan metodologi yang telah dipaparkan di Bab sebelumnya.

#### **4.1 Rancangan *Platform Kapal***

Berikut merupakan hasil rancangan Kapal Tanpa Awak yang terdiri dari kebutuhan operasional (*Operational Requirements*), batasan perancangan, dimensi utama dan rencana garis (*Lines Plan*) sesuai dengan kebutuhan dari dirancangnya kapal ini.

##### **4.1.1 Kebutuhan Operasional**

Kebutuhan operasional atau dalam Bahasa Inggris diterjemahkan sebagai *Operational Requirements* adalah kebutuhan yang dibutuhkan dari kapal yang dirancang dan merupakan dasaran awal dalam membuat desain.

Tabel 4. 1 Kebutuhan Operasional  
*Operational Requirements*

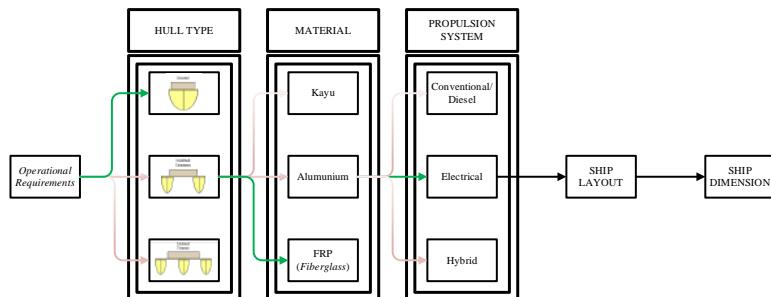
<i>Tugas Pokok dan Fungsi</i>	Pencarian dan penyelamatan kecelakaan laut
<i>Wilayah operasional</i>	Laut
<i>Kecepatan</i>	10 – 15 knot
<i>Kemampuan</i>	Sepanjang hari
<i>Awak atau penumpang</i>	1 penumpang, 4 orang yang ditarik

### Kategori dan Jenis Kapal

Kategori V, *Craft used for commercial purposes or by authorities, Partially-decked Craft, dan Motor Boat*

#### 4.1.2 Batasan Perancangan

Dengan menggunakan diagram keputusan atau *Decision Tree* sebagai metode untuk menentukan keputusan dan kemungkinan penyebabnya guna mendapatkan kriteria yang paling berpengaruh atau memiliki porsi besar dalam *outline* rancangan Kapal Tanpa Awak ini.



Gambar 4. 1 *Decision Tree* atau Diagram Keputusan

Dari Gambar 4.1 diatas, dapat diketahui bahwa hasil diagram keputusan menghasilkan kesimpulan yang dapat dilihat di tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Diagram Keputusan

Kategori	Type
Tipe Lambung	<i>Monohull</i>
Material	<i>FRP (Fiberglass Reinforced Plastics)</i>
Sistem Propulsi	<i>Electric Propulsion System</i>

### 4.1.3 Ukuran Utama

Dengan menggunakan hasil rancangan yang telah tersedia, didapatkan ukuran atau dimensi utama Kapal Tanpa Awak yang dibuat menggunakan *software Maxsurf Modeler Advanced*.

Ukuran utama rancangan kapal ini ditentukan berdasarkan berat total komponen beserta dimensi komponen yang akan diintegrasikan kedalam kapal dan baru kemudian dibuat permodelannya dalam *software Maxsurf Modeler Advanced* dan dirapikan menggunakan *software Autodesk AutoCAD*. Berikut merupakan hasilnya :

#### 1. KAPAL ASV SANG NAGARI

Kapal dengan desain *Monohull* dengan bentuk *Deep 'V' Hull* yang lancip membentuk huruf V sederhana.

- $L_H$  : 4,550 m
- $L_{WL}$  : 4,348 m
- $B$  : 1,272 m
- $D$  : 0,804 m
- $T$  : 0,450 m

#### 2. KAPAL ASV SANG NADIBUMI

Kapal dengan desain *Monohull* dengan bentuk *Deep 'V' Hull* dengan sudut V yang lebih besar dari *Sang Nagari* dan memiliki *Chine* (selai) disekeliling kapal.

- $L_H$  : 4.550 m
- $L_{WL}$  : 4,311 m
- $B$  : 1,352 m
- $D$  : 0,802 m
- $T$  : 0,400 m

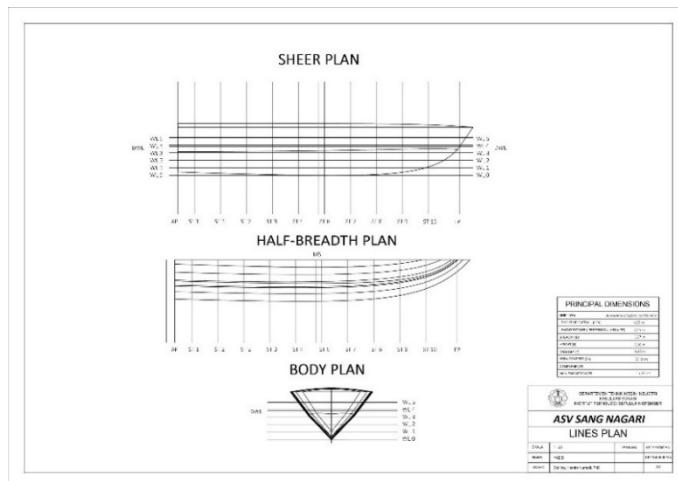
### 4.1.4 Rencana Garis (*Lines Plan*)

Dari rancangan yang telah tersedia baru kemudian didapatkan pula rencana garis atau dalam Bahasa Inggris diartikan sebagai *Lines Plan*. Rancangan ini diatur sedemikian rupa sehingga

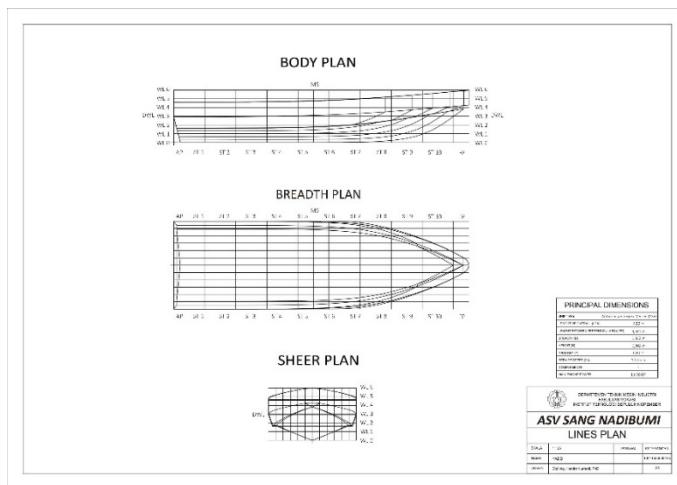
memiliki karakteristik yang sama dengan hasil tertentu (memiliki ukuran utama, *Displacement* ( $\Delta$ ),  $C_B$ , dan LCB yang sama).

Untuk melihat halus atau tidaknya permukaan desain, didalam *Software Maxsurf Modeler Advanced* telah disediakan pandangan dari beberapa sudut, yaitu tampak depan (*Body Plan*), tampak samping (*Sheer Plan*), dan tampak atas (*Breadth atau Half-Breadth Plan*). Garis-garis dari berbagai sudut pandang itulah yang nantinya akan dijadikan sebagai rencana garis.

Berikut merupakan rencana garis dari rancangan yang tersedia pada gambar 4.2 dan gambar 4.3. Gambar detil dapat dilihat pada lampiran A.



Gambar 4. 2 Lines Plan ASV Sang Nagari



Gambar 4. 3 Lines Plan ASV Sang Nadibumi

## 4.2 Perhitungan dan Analisis Gaya

Setelah mendapatkan hasil rancangan Kapal Tanpa Awak yang sesuai untuk dianalisis, langkah berikutnya adalah menganalisis gaya yang terjadi dan termasuk melakukan perhitungan besar gaya dan perhitungan displasemen kapal.

### 4.2.1 Penentuan Titik Pusat

Titik – titik pusat yang ada pada suatu kapal terdiri dari 3 titik yakni,

- Centre of Bouyancy* (CB) adalah Titik pusat gaya tekan keatas (boyansi) **volume** kapal yang tercelup air.
- Centre of Gravity* (CG) adalah Titik **berat** kapal seutuhnya, pusat dari gaya berat ke bawah.
- Centre of Floatation* (CF) adalah Titik apung atau titik pusat **luasan** bidang garis air pada sarat.

Titik – titik pusat tersebut dapat dicari menggunakan Integral Numerik dengan metode Simpson atau dapat ditemukan pada *software Maxsurf Modeler Advanced*. Penentuan Titik pusat juga tersedia pada lampiran C.

Titik – titik pusat yang ada pada kedua Kapal Tanpa Awak menurut *software Maxsurf Modeler Advanced* :

**1. ASV Sang Nagari**

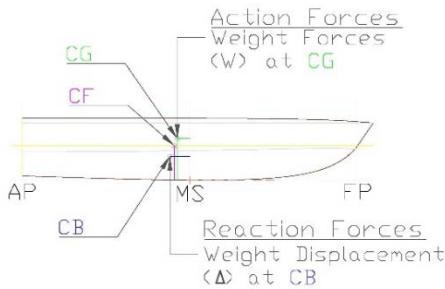
- a. Titik 0 : *Midship (MS)*
- b. LCG : -0,165 m
- c. TCG : 0,000 m
- d. VCG : 0,539 m
- e. LCB : -0,260 m
- f. LCF : -0,205 m
- g. KB : 0,308 m
- h. KG *fluid* : *Draft (T)* : 0,45 m
- i.  $\nabla$  : 0,675 m<sup>3</sup>

**2. ASV Sang Nadibumi**

- a. Titik 0 : *Midship (MS)*
- b. LCG : -0,173 m
- c. TCG : 0,000 m
- d. VCG : 0,424 m
- e. LCB : -0,420 m
- f. LCF : -0,315 m
- g. KB : 0,259 m
- h. KG *fluid* : *Draft (T)* : 0,4 m
- i.  $\nabla$  : 1,172 m<sup>3</sup>

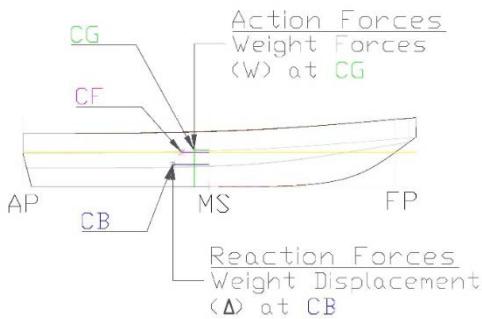
#### **4.2.2 Analisis Gaya Statis**

Gaya yang dapat dianalisis dari Desain Kapal Tanpa Awak ini adalah Gaya Tekan air keatas (*Bouyant Force*) dan Berat bagian konstruksi kapal (*Weight Displacement*). Dari *software Maxsurf Modeler Advanced* yang kemudian diolah dengan *software Autodesk AutoCAD* didapatkan hasil berikut. Gambar dapat dilihat dengan detil pada lampiran A.



Gambar 4. 4 Analisis Gaya Statis *ASV Sang Nagari*

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa gaya aksi (*Action Forces*) merupakan Gaya Berat konstruksi kapal (*Weight Forces*) yang menuju arah Y negatif (Y-) pada titik CG. Sedangkan gaya reaksi (*Reaction Forces*) merupakan Berat *Displacement* (*Weight Displacement*) yang menuju Y positif (Y+) pada titik CB.



Gambar 4. 5 Analisis Gaya Statis *ASV Sang Nagari*

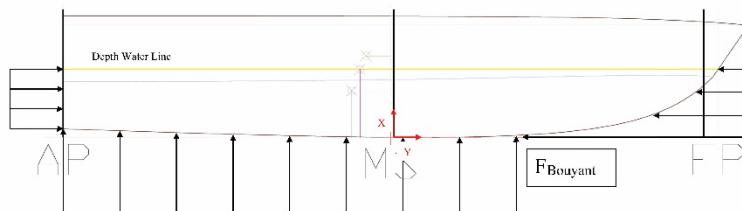
Dari gambar 4.5 tersebut dapat dilihat bahwa gaya aksi (*Action Forces*) merupakan Gaya Berat konstruksi kapal (*Weight*

*Forces*) yang menuju arah Y negatif ( $Y_-$ ) pada titik CG. Sedangkan gaya reaksi (*Reaction Forces*) merupakan Berat *Displacement* (*Weight Displacement*) yang menuju Y positif ( $Y_+$ ) pada titik CB.

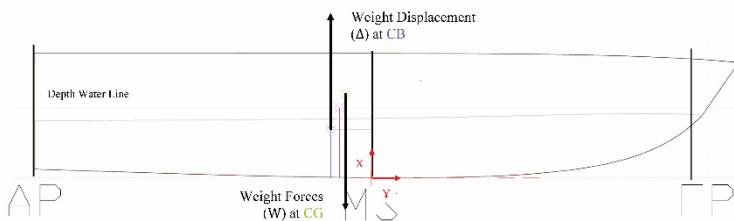
#### 4.2.3 Permodelan *Free Body Diagram*

Setelah melakukan penentuan titik pusat dan analisis gaya statis yang terjadi, selanjutnya adalah melakukan permodelan *Free Body Diagram* sebagai bentuk interpretasi mekanika dalam analisis gaya.

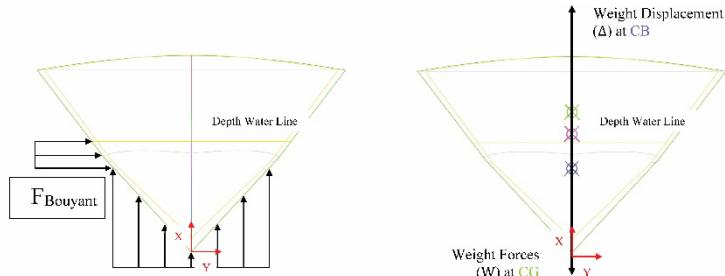
Gambar 4.6 hingga 4.12 berikut merupakan *Free Body Diagram* yang dibuat dari berdasarkan penentuan titik gaya dan analisis gaya statis. Gambar detil dapat dilihat pada lampiran A.



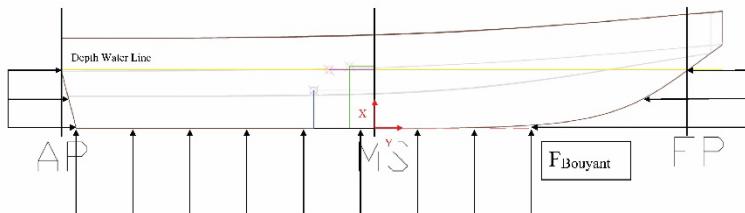
Gambar 4. 6 FBD Gaya Statis Horizontal ASV *Sang Nagari*



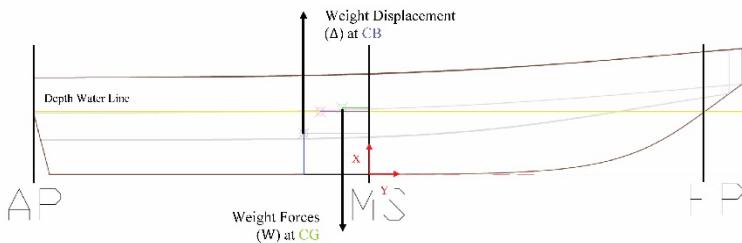
Gambar 4. 7 FBD Gaya Statis Horizontal Terpusat ASV *Sang Nagari*



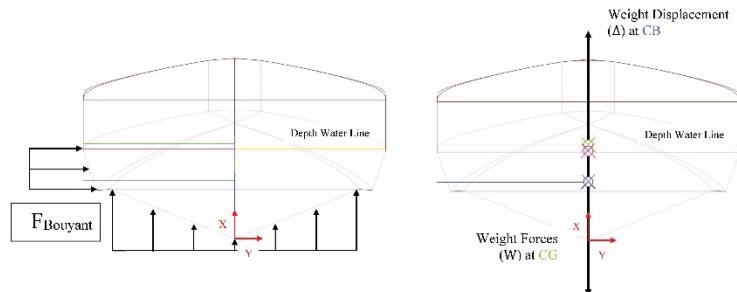
Gambar 4. 8 FBD Gaya Statis Vertikal *ASV Sang Nagari*



Gambar 4. 9 Gaya Statis Harizontal *ASV Sang Nadibumi*



Gambar 4. 10 Gaya Statis Harizontal Terpusat *ASV Sang Nadibumi*



Gambar 4. 11 Gaya Statis Vertikal *ASV Sang Nadibumi*

#### **4.2.4 Perhitungan Besar Gaya**

Kemudian yang dilakukan setelah tahap – tahap sebelumnya adalah menentukan besar gaya yang terjadi ketika Kapal Tanpa Awak dalam keadaan statis (diam atau tidak ada percepatan ( $a = 0$ )) dan seimbang (*Equilibrium*) sesuai Hukum *Newton* yang pertama dan persamaan keseimbangan.

Gaya yang tersedia adalah :

$$\uparrow + \Sigma F_x = W - \Delta(N)$$

$$W = \Delta(N) \dots \quad (4.2)$$

Maka, dapat disimpulkan bahwa Gaya Berat ( $W$ ) sama besarnya dengan *Mass Displacement* ( $\Delta(N)$ ).

Dari gaya yang sudah dijelaskan pada poin sebelumnya, besar gaya dapat didapatkan menggunakan rumus yang tersedia pada Bab 2 poin 2.2.4. Kemudian dilakukan substitusi rumus :

- Gaya Bouyant

- *Volume Displacement*

Maka,

$$F_{Bouyant} = \rho x g x \nabla$$

$$F_{Bouyant} = \rho \times g \times L_{WL} \times B \times T \times C_B \times \rho$$

Kemudian mensubsitusi persamaan 4.2

Maka, dapat disimpulkan bahwa Gaya *Bouyant* ( $F_{Bouyant}$ ) sama besarnya dengan *Mass Displacement* ( $\Delta(N)$ ) dan Gaya Berat (W).

#### **4.2.5 Perhitungan Displasemen**

Perhitungan Displasemen bertujuan untuk mendapatkan besar gaya yang terjadi pada Kapal dalam kondisi statis. Perhitungan *Displacement* atau displasemen meliputi *Volume Displacement* ( $\nabla$ ), *Mass Displacement* ( $\Delta$ ), dan *Weight Displacement* ( $\Delta$ ).

Diketahui dari software *Maxsurf Modeler Advanced*, Coefficient Block ( $C_b$ ) pada ASV Sang Nagari dan Sang Nadibumi adalah adalah 0,417 dan 0,503.

Kemudian baru dilakukan perhitungan displasemen, menggunakan rumus yang tersedia pada poin 2.2.3 pada Bab 2 Dasar Teori, berikut perhitungannya:

### 1. Volume Displacement ( $\nabla$ ) :

a. Untuk *ASV Sang Nagari* :

$$\nabla = 4,348 \text{ m} \times 1,272 \text{ m} \times 0,45 \text{ m} \times 0,417$$

$$\nabla = 1,037827598 \text{ m}^3 \approx 1,037 \text{ m}^3$$

b. Untuk ASV *Sang Nadibumi* :

$\nabla = 4,311 \text{ m} \times 1,352 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times 0,503$

$$\nabla = 1,172688566 \text{ m}^3 \approx 1,172 \text{ m}^3$$

2. *Mass Displacement ( $\Delta$  (kg)) :*

a. Untuk *ASV Sang Nagari* :

$$\Delta = 1,037827598 \text{ m}^3 \times 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta = 1063,773\,249 \text{ kg} \approx 1,063 \text{ ton}$$

b. Untuk ASV *Sang Nadibumi* :

$$\Delta = 1,172688566 \text{ m}^3 \times 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta = 1202,005781 \text{ kg} \approx 1,202 \text{ ton}$$

### 3. Weight Displacement ( $\Delta$ (N)):

a. Untuk *ASV Sang Nagari* :

$$\Delta = 1063,773249 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta = 10435,61557 \text{ N} \approx 10,435 \text{ kN}$$

b. Untuk *ASV Sang Nadibumi*

$$\Delta = 1202,005781 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta = 11791,67671 \text{ N} \approx 11,791 \text{ kN}$$

## 4.3 Perhitungan dan Analisis Daya

### 4.3.1 Perhitungan Tahanan Kapal (*Resistance*)

Perhitungan Tahanan untuk Kapal Tanpa Awak ini didapatkan dari *software Maxsurf Resistance*. Metode Perhitungan Tahanan Kapal Tanpa Awak ini menggunakan metode **Holtrop** karena metode ini memiliki cakupan parameter yang luas pada kecepatan dan bentuk kapal yang bervariasi. Setelah diketahui nilai tahanan kapal total, maka selanjutnya menghitung EHP (*Effective Horse Power*), DHP (*Delivery Horse Power*) dan BHP (*Brake Horse Power*).

Berikut merupakan hasil Perhitungan Tahanan Total dengan Metode *Holtrop* pada *software Maxsurf Resistance* untuk ASV *Sang Nagari* dan *Sang Nadibumi*.

Tabel 4. 3 Perhitungan Tahanan Total

Kecepatan (knot)	Tahanan Kapal ( $R_T$ ) [kN]	
	<i>Sang Nagari</i>	<i>Sang Nadibumi</i>
5	0,3	0,8
10	1	2,6
15	1,8	4

### 4.3.2 Perhitungan Daya Propulsi atau Daya Mesin

Setelah Perhitungan Tahanan, langkah selanjutnya adalah Perhitungan Daya yang dibutuhkan untuk mendorong Kapal atau Daya Propulsi sesuai dengan rumus yang ada di poin 2.4.6 pada bagian 2.4 yang ada pada Bab 2.

Tabel 4. 4 Perhitungan Daya Propulsi

Perhitungan Daya	Kecepatan [m/s]	Kapal ASV	
		<i>Sang Nagari</i>	<i>Sang Nadibumi</i>

<i>Effective Horse Power</i> $EHP = R_T \times v$ (2.14)	5 knot = 2,572	0,771 kW = 0,575 HP	2,057 kW = 1,534 HP
	10 knot = 5,144	5,144 kW = 3,836 HP	13,375 kW = 9,974 HP
	15 knot = 7,716	13,89 kW = 10,357 HP	30,866 kW = 23,017 HP
<i>Delivery Horse Power</i> $DHP = \frac{EHP}{\eta D}$ (2.15) $\eta D = 0,648837837$ (Standar)	5 knot = 2,572	0,886 HP	2,364 HP
	10 knot = 5,144	5,912 HP	15,372 HP
	15 knot = 7,716	15,963 HP	35,474 HP
<i>Brake Horse Power</i> $BHP = DHP + (X \% \times DHP)$ (2.17) $X = 15\%$	5 knot = 2,572	1,019 HP	2,719 HP
	10 knot = 5,144	6,799 HP	17,678 HP
	15 knot = 7,716	18,358 HP	40,795 HP

Berikut merupakan tabel rangkuman dari Perhitungan Tahanan Kapal dan Propulsi. Untuk detail Perhitungan Tahanan dan Propulsi Kapal Tanpa Awak ini bisa dilihat pada lampiran B.

Tabel 4. 5 Rangkuman dari Perhitungan Tahanan Kapal dan Daya Propulsi

Perhitungan	Kecepatan	<i>Sang Nagari</i>	<i>Sang Nadibumi</i>
Tahanan Kapal [kN]	5 knot	0,3	0,8
	10 knot	1	2,6
	15 knot	1,8	4
	5 knot	0,575	1,534
	10 knot	3,836	9,974

<i>Effective Horse Power [HP]</i>	15 knot	18,358	23,017
<i>Delivery Horse Power [HP]</i>	5 knot	0,886	2,364
	10 knot	5,912	15,372
	15 knot	15,963	35,474
<i>Brake Horse Power [HP]</i>	5 knot	1,019	2,719
	10 knot	6,799	17,678
	15 knot	18,358	40,795

#### 4.3.3 Pemilihan Motor Induk dan Sumber Energi

Berdasarkan dari Tahanan dan Daya yang dibutuhkan untuk berjalan normal, dibutuhkan Motor dan Sumber Energi yang sesuai. Karena Sistem Propulsi yang dipilih adalah Sistem Propulsi Elektrik, maka motor yang dipilih adalah Motor Listrik dan Sumber Energi yang dipilih adalah Baterai.

Daya minimal yang dibutuhkan oleh Propulsi untuk *Sang Nagari* adalah 18,358 HP atau 24,618 kW dan untuk *Sang Nadibumi* adalah 40,795 HP atau 54,707 kW Sehingga Motor yang dicari adalah Motor dengan *Input Power* melebihi BHP atau daya minimal yang dibutuhkan untuk Sistem Propulsi.

Berikut merupakan hasil pencarian motor dan spesifikasinya yang memiliki *Input Power* lebih besar dari Daya minimal yang dibutuhkan.

Tabel 4. 6 Spesifikasi Motor untuk ASV *Sang Nagari*

<i>Torqeedo Deep Blue 40R Outboards</i>	
<i>Input Power (continous) [kW]</i>	27,6
<i>Propulsive Power [kW]</i>	16,2
<i>Comparable Petrol Outboards(Shaft Power) [HP]</i>	40
<i>Maximum overall effieciency [%]</i>	54

<i>Motor weight without battery, including electronics [kg]</i>	139
<i>Shaft length</i>	20"/51 cm
<i>Standard propeller [v,km/h] [P, Watt]</i>	V50/p50k
<i>Maximum propeller speed [rpm]</i>	2400
<i>Control</i>	<i>Throttle</i>
<i>Tilting device</i>	<i>Electric trim and tilt</i>
<i>Trim device</i>	<i>Electric trim and tilt</i>
<i>Integrated on-board computer with touchscreen display</i>	<i>Yes</i>
<i>Salt water cooling</i>	7 l/min, max 32°C
<i>Nominal Voltage [V]</i>	360
<i>Max. Continous Performance [kW]</i>	55
<i>Capacity [kW]</i>	30,5

(Sumber : <https://www.torqeedo.com>)

Tabel 4. 7 Spesifikasi Motor untuk ASV *Sang Nadibumi*

<i>Torqeedo Deep Blue 80R Outboards</i>	
<i>Input Power (continous) [kW]</i>	55,1
<i>Propulsive Power [kW]</i>	32,4
<i>Comparable Petrol Outboards(Shaft Power) [HP]</i>	80
<i>Maximum overall effieciency [%]</i>	54
<i>Motor weight without battery, including electronics [kg]</i>	139
<i>Shaft length</i>	20"/51 cm
<i>Standard propeller [v,km/h] [P, Watt]</i>	V50/p50k
<i>Maximum propeller speed [rpm]</i>	2.400

<i>Control</i>	<i>Throttle</i>
<i>Tilting device</i>	<i>Electric trim and tilt</i>
<i>Trim device</i>	<i>Electric trim and tilt</i>
<i>Integrated on-board computer with touchscreen display</i>	<i>Yes</i>
<i>Salt water cooling</i>	7 l/min, max 32°C
<i>Nominal Voltage [V]</i>	360
<i>Max. Continuous Performance [kW]</i>	55
<i>Capacity [kW]</i>	30,5

(Sumber : <https://www.torqeedo.com>)

Berikut merupakan spesifikasi dari Baterai yang menyuplai energi untuk Motor atau *Main Engine* dari kedua Kapal ASV. Baterai ini dipilih karena *Nominal Voltage* yang sesuai dan *Capacity* yang melebihi *Capacity* Motor.

Tabel 4. 8 Spesifikasi Baterai untuk kedua Kapal ASV

<i>SONY Lithium-Ion US18650VTC6 Rechargeable Batteries</i>	
<i>Capacity [mAh]</i>	3000
<i>Max Charge Voltage [V]</i>	4,25
<i>Cut Off Voltage [V]</i>	2,0
<i>Continuous Maximum Charge Current [A]</i>	5,0 – 6,0
<i>Continuous Maximum Discharge Current [B]</i>	30 – 15
<i>Weight [g]</i>	46,6 +/- 1,5
<i>Nominal Capacity [mAh]</i>	3120
<i>Nominal Voltage [V]</i>	3,6
<i>Energy Density [Wh/I]</i>	631
<i>Dimension [mm]</i>	18,35x65,00 +/- 0,2

(Sumber : Sony Energy Devices Corporation)

Tabel 4. 9 Perhitungan Baterai

Perhitungan	Kapal ASV	
	Sang Nagari	Sang Nadibumi
Jumlah Baterai yang diseri $= \frac{n_{\text{seri}}}{\frac{\text{Nominal Voltage Motor}}{\text{Nominal Voltage Baterai}}}$	100	100
Arus Baterai $I = P/V$ (2.18) $I/\text{hour} = \frac{\text{Motor Capacity}}{\text{Nominal Voltage Motor}}$	$\frac{30500 \text{ Wh}}{\frac{360 \text{ V}}{= 84,72 \text{ Ah}}} = 84,72 \text{ Ah}$	$\frac{30500 \text{ Wh}}{\frac{360 \text{ V}}{= 84,72 \text{ Ah}}} = 84,72 \text{ Ah}$
Jumlah baterai yang diparalel $n_{\text{paralel}} = \frac{I/\text{hour}}{\text{Battery Capacity}}$	$\frac{84,72 \text{ Ah}}{\frac{3 \text{ Ah}}{= 28,240}} \approx 30$	$\frac{84,72 \text{ Ah}}{\frac{3 \text{ Ah}}{= 28,240}} \approx 30$
Kapasitas Aktual $P/\text{hour}$ $= n_{\text{seri}} \times n_{\text{paralel}} \times \frac{\text{Nominal Voltage Baterai}}{\text{x Battery Capacity}}$	$\frac{32400 \text{ Wh}}{= 32,4 \text{ kWh}}$	$\frac{32400 \text{ Wh}}{= 32,4 \text{ kWh}}$

#### 4.3.4 Perhitungan Konsumsi Sumber Energi

Perhitungan daya konsumsi baterai dilakukan untuk menentukan jarak dan waktu yang dapat ditempuh oleh Kapal Tanpa Awak selama beroperasi. Dalam perhitungan daya konsumsi baterai membutuhkan spesifikasi dari motor dan juga baterai yang digunakan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.6, 4.7 dan 4.8 di poin sebelumnya. Perhitungan konsumsi baterai selengkapnya dapat dilihat di Lampiran B.

Berikut deskripsi pemilihan nominal kecepatan dan fungsinya sebagai alasan :

- Kecepatan maksimal servis 15 knot digunakan untuk menghampiri korban setelah terjatuh atau mengalami kecelakaan kapal.
- Kecepatan servis 10 knot digunakan untuk menjalankan kapal pada kecepatan standar.
- Kecepatan 5 knot digunakan untuk membawa korban dengan mengaitkan lengan korban di tali yang tersedia.

Sebelum menghitung konsumsi baterai, harus terlebih dahulu menghitung *Power Discharge Motor* ( $P_D$ Motor) dan Masa pakai baterai. Berikut merupakan perhitungannya

Tabel 4. 10 Perhitungan *Power Discharge* Baterai dan Masa pakai baterai

Perhitungan	Kapal ASV	
	<i>Sang Nagari</i>	<i>Sang Nadibumi</i>
Daya yang digunakan motor / <i>Input Power</i> [kW]	27,6	55,1
Efisiensi Motor [%]	54	54
<i>Power Discharge Motor</i> [kW]		
$P_D$ Baterai = $\frac{\text{Input Power}}{\eta \text{ Motor}}$	51,11	102,037
Masa pakai baterai [hour]	BHP pada 5 knot	0,026
<i>Usable Time Battery</i> = $\frac{\text{BHP}}{P_D \text{Baterai}}$	BHP pada 10 knot	0,178
	BHP pada 15 knot	0,481
		0,035
		0,232
		0,536

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

- Kapal dioperasikan dengan kecepatan maksimal servis 15 knot:

Tabel 4. 11 Perhitungan konsumsi baterai kecepatan 15 knot

Perhitungan	<i>Sang Nagari</i>	<i>Sang Nadibumi</i>
Masa pakai Baterai [menit]	28,900	32,169
Jarak maksimal [km]	13,380	14,894

- Kapal dioperasikan dengan kecepatan servis 10 knot :

Tabel 4. 12 Perhitungan konsumsi baterai kecepatan 10 knot

Perhitungan	<i>Sang Nagari</i>	<i>Sang Nadibumi</i>
Masa pakai Baterai [menit]	16,055	20,910
Jarak maksimal [km]	8,920	9,929

- Kapal dioperasikan dengan kecepatan servis 5 knot :

Tabel 4. 13 Perhitungan konsumsi baterai kecepatan 5 knot

Perhitungan	<i>Sang Nagari</i>	<i>Sang Nadibumi</i>
Masa pakai Baterai [menit]	4,816	6,433
Jarak maksimal [km]	4,460	4,964

#### 4.3.5 Analisis Daya

Setelah menghitung daya propulsi di poin 4.3.2, dapat dilakukan analisis daya dengan membandingkan Gaya dorong efektif dan gaya dorong rem (gaya dorong yang ditransmisikan) yang terjadi pada setiap rancangan kapal menggunakan konsep dasar efisiensi ( $\eta$ ). Data mengacu pada poin 4.3.2 di tabel 4.5.

Dengan menggunakan rumus dasar efisiensi ( $\eta$ ), dimana :

$$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\%$$

Dengan  $P_{output}$  adalah BHP dan  $P_{input}$  adalah EHP maka :

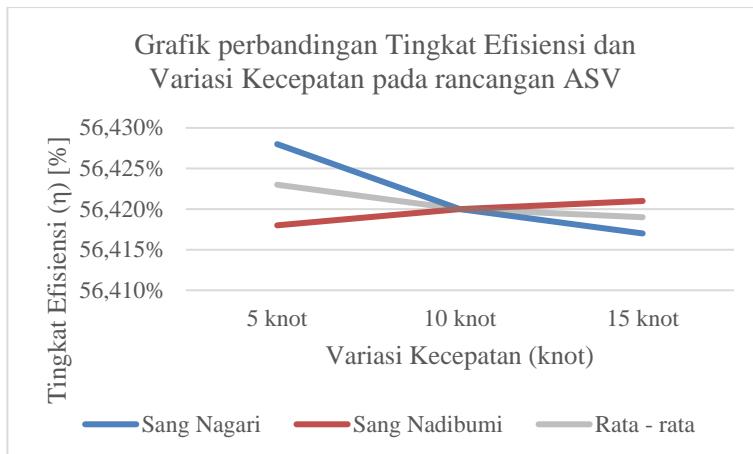
$$\eta = \frac{\text{BHP}}{\text{EHP}} \times 100\%$$

Kemudian di substitusi kan, dengan setiap variasi kecepatan. Hasil dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 14 Perhitungan tingkat efisiensi pada variasi kecepatan

Perhitungan	Kecepatan	<i>Sang Nagari</i>	<i>Sang Nadibumi</i>
<i>Effective Horse Power [HP]</i>	5 knot	0,575	1,534
	10 knot	3,836	9,974
	15 knot	10,357	23,017
<i>Brake Horse Power [HP]</i>	5 knot	1,019	2,719
	10 knot	6,799	17,678
	15 knot	18,358	40,795
Efisiensi Total ( $\eta$ ) [%]	5 knot	56,428%	56,418%
	10 knot	56,420%	56,420%
	15 knot	56,417%	56,421%
Rata – rata pada setiap variasi kecepatan			
	5 knot	10 knot	15 knot
	56,423 %	56,420 %	56,419 %

Dari data – data diatas, dapat dibuatkan permodelan grafik guna mengetahui interpretasi dari data – data yang sudah dikalkulasikan. Berikut model grafik pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan tingkat efisiensi dan variasi kecepatan pada rancangan ASV

Dari grafik tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa pada kecepatan rendah yakni 5 knot, *ASV Sang Nagari* memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dengan 56,428 %, sedangkan *ASV Sang Nadibumi* memiliki tingkat efisiensi yang lebih rendah dengan 56,418%.

Pada kecepatan 10 knot, *ASV Sang Nagari* dan *ASV Sang Nadibumi* memiliki tingkat efisiensi yang sama, yakni 56,420 %.

Berkebalikan dengan kecepatan rendah, kecepatan maksimal (15 knot) *ASV Sang Nadibumi* memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi, dengan 56,421% selisih 0,004% dengan *ASV Sang Nagari* yang memiliki tingkat efisiensi 56,417%.

Kemudian setelah mengetahui perbandingan tingkat efisiensi dengan variasi kecepatan, dapat dilakukan perbandingan rata – rata efisiensi total pada kedua ASV. Berikut hasil perhitungan rata – rata dari tingkat efisiensi total:

Tabel 4. 15 Perhitungan rata - rata dari tingkat efisiensi total

Perhitungan	<i>Sang Nagari</i>	<i>Sang Nadibumi</i>
Rata – rata Efisiensi Total ( $\bar{\eta}$ ) [%]	56,422%	56,420%

Dari data pada tabel tersebut, dapat diambil informasi bahwa *ASV Sang Nagari* dengan rata – rata tingkat efisiensi 56,422 % memiliki rata – rata tingkat efisiensi total yang lebih tinggi 0,002% dari *ASV Sang Nadibumi* yang memiliki 56,420%.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan Proses Pembahasan, maka dapat dihasilkan kesimpulan dari Penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Didapatkan Kebutuhan Operasional dari Kapal Tanpa Awak sebagai rancangan yang di analisis untuk memenuhi kebutuhan dalam beroperasi, mempertimbangkan beberapa faktor, sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Kebutuhan Operasional

Fungsi dan tugas	Pencarian dan penyelamatan kecelakaan laut
Wilayah operasional	Laut
Kecepatan	10 - 15 knot
Kemampuan operasional	Sepanjang hari
Awak atau Penumpang	1 Penumpang, 4 orang yang ditarik
Kategori dan Jenis Kapal	Kategori V, <i>Craft used for commercial purposes or by authorities, Partially-decked Craft, dan Motor Boat</i>

2. Batasan perancangan dari Kapal Tanpa Awak yang dirancang menggunakan Metode *Decision Tree* menghasilkan keputusan :

Tabel 5. 2 Hasil Diagram Keputusan

Tipe Lambung	<i>Monohull</i>
Wilayah operasional	Laut
Material	<i>Fiberglass Reinforced Plastics (FRP)</i>

3. Ukuran utama Kapal Tanpa Awak berdasarkan *platform* yang dibutuhkan sesuai kebutuhan operasional, sebagai berikut :

a) KAPAL ASV **SANG NAGARI**

Kapal dengan desain *Monohull* dengan bentuk *Deep 'V' Hull* yang lancip membentuk huruf V sederhana.

- $L_H$  : 4,550 m
- $L_{WL}$  : 4,348 m
- B : 1,272 m
- D : 0,804 m
- T : 0,450 m

b) KAPAL ASV **SANG NADIBUMI**

Kapal dengan desain *Monohull* dengan bentuk *Deep 'V' Hull* dengan sudut V yang lebih besar dari **Sang Nagari** dan memiliki *Chine* (sela) disekeliling kapal.

- $L_H$  : 4.550 m
- $L_{WL}$  : 4,311 m
- B : 1,352 m
- D : 0,802 m
- T : 0,400 m

4. Desain *Lines Plan* tersedia pada gambar 4.2 dan gambar 4.3 dan dilampirkan pada bagian lampiran A.
5. Analisis Gaya statis pada Kapal Tanpa Awak menghasilkan bahwa kapal statis memiliki 2 bentuk gaya, yakni gaya berat dan gaya angkat keatas ( $F_{b_{ouyant}}$ ) dan dilakukan perhitungan yang menghasilkan data berikut :

Tabel 5. 3 Hasil Perhitungan Displasemen

Perhitungan	Kapal ASV	
	<i>Sang Nagari</i>	<i>Sang Nadibumi</i>
<i>Volume Displacement (<math>\nabla</math>) [m<sup>3</sup>]</i>	1,037	1,172
<i>Mass Displacement (<math>\Delta</math>) [ton]</i>	1,063	1,202
<i>Weight Displacement (<math>\Delta</math>) [kN]</i>	10,435	11,791

6. Perhitungan Tahanan Kapal dan Daya Propulsi menghasilkan data seperti berikut :

Tabel 5. 4 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal dan Daya Propulsi

Perhitungan	Kecepatan	<i>Sang Nagari</i>	<i>Sang Nadibumi</i>
<i>Tahanan Kapal [kN]</i>	5 knot	0,3	0,8
	10 knot	1	2,6
	15 knot	1,8	4
<i>Effective Horse Power [HP]</i>	5 knot	0,575	1,534
	10 knot	3,836	9,974
	15 knot	18,358	23,017
<i>Delivery Horse Power [HP]</i>	5 knot	0,886	2,364
	10 knot	5,912	15,372
	15 knot	15,963	35,474
<i>Brake Horse Power [HP]</i>	5 knot	1,019	2,719
	10 knot	6,799	17,678
	15 knot	18,358	40,795

7. Komponen Motor Induk dan Sumber Energi yang telah dipilih adalah *Torqeedo Deep Blue 40R Outboards* untuk *Sang Nagari* dan *Torqeedo Deep Blue 80R Outboards* untuk *Sang Nadibumi* serta 3000 x *SONY Lithium-Ion*

*US18650VTC6 Rechargeable Batteries* sebagai bahan bakan bagi keduanya.

8. Analisis Daya menghasilkan kesimpulan bahwa *ASV Sang Nagari* dengan Motor Induk *Torqeedo Deep Blue 40R Outboards* menghasilkan efisiensi 56,422% dan lebih tinggi daripada *ASV Sang Nadibumi* dengan Motor Induk *Torqeedo Deep Blue 80R Outboards* yang menghasilkan efisiensi 56,420% dengan penggunaan baterai yang sama yakni 3000 x *SONY Lithium-Ion US18650VTC6 Rechargeable Batteries*.

## 5.2. Saran

1. Dapat dikembangkan lebih lanjut tentang perancangan desain *ASV Monohull* asimetris.
2. Dapat dikembangkan untuk penggunaan energi penggerak dengan sistem propulsi hibrida sehingga ASV dapat digunakan lebih lama dan lebih jauh.
3. Sistem dan komponen dapat lebih diperdalam.
4. Dibutuhkan Pengujian dan Simulasi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Biro Klasifikasi Indonesia. **Rules for The Classification And Construction Part 3. Special Ships Volume VII Rules for Small Vessel Up to 24 m.** 2013. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- Bureau of Naval Personnel. 1970. **Principles of Naval Engineering 1970 Revision.** Washington, D.C., USA : U.S. Government Printing Office.
- Hardianto, Dwiko dan Wasisi Dwi Aryawan. 2017. “**Pembuatan Konsep Desain Unmanned Surface Vehicle (USV) untuk Monitoring Wilayah Perairan Indonesia**”. JURNAL TEKNIK ITS Vol. 6, No. 2 (2017), 2337-3520 (2301-928X Print).G65-G70.
- Hibbler, R.C.. 2014. **Statics and Mechanics of Materials.** USA : Pearson Prentice Hall.
- John, Phillip. 2004. “**MACE 10421 Fluid Mechanics 1**”. Lecture Notes : Mechanical Aerospace and Civil Engineering, University of Manchester, Manchester – UK.
- JTSP – FTK ITS. 2016. “**Tahanan dan Propulsi**”. Lecture Notes : Jurusan Teknik Sistem Perkapalan – Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya – Indonesia.
- Kepala Badan SAR Nasional. **Peraturan Kepala Badan SAR Nasional Nomor : PK.14 Tahun 2012 Tentang Standarisasi Sarana SAR di Lingkungan Badan SAR Nasional.** 2012. Jakarta : Badan SAR Nasional.
- Kurniawan, Billy T. 2013. **Perancangan Propeler Self-Propelled Barge.** Jurnal Teknik Vomits Vol. 2, No.1 (2013) ISSN : 2337-3539.
- Liu, Zhixiang, Youmin Zhang, Xiang Yu, dan Chi Yuan. Mei 2016. “**Unmanned surface vehicles: An overview of developments and challenges**”. Article in Annual Reviews in Control : Departement of Mechanical and Industrial Engineering, Concordia University, Montreal Quebec H3G 1M8, Canada.

- Manda, Damian. Thesis. **DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS SURFACE VESSELS FOR HYDROGRAPHIC SURVEY APPLICATIONS.** September 2016. New Hampshire, USA : University of New Hampshire Graduate School.
- Martins, A., Hugo Ferreira, Carlos Almeida, Hugo Silva, José Miguel Almeida, dan Eduardo Silva. Januari 2007. "**ROAZ and ROAZ II Autonomous Surface Vehicle Design and Implementation**". Conference Paper : Autonomous System Laboratory, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto - Portugal.
- Molland, Anthony F. .2008. **The Maritime Engineering Handbook: A Guide to Ship Design, Construction and Operation.** NED : Elsevier Science & Technology.
- Republik Indonesia. 2008. **Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran.** Lembaran Negara RI Tahun 2008, No. 64. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Shojaei, Alireza, Hashem Izadi Moud, Mohamad Ahmadzade Razkenari, Ian Flood, dan Hamed Hakim. 2018. "**Feasibility Study of Small Unmanned Surface Vehicle Use in Built Environment Assessment**". Proceedings of the 2018 IISE Annual Conference K. Barker, D. Berry, C. Rainwater, eds. Abstract ID : 2465. Gainesville, USA : University of Florida.
- Sub Komite Investigasi Kecelakaan Pelayaran. **Capaian Kinerja Investigasi Keselamatan Transportasi Tahun 2017.** 2017. Jakarta : Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT).
- Tupper, E.C. 1996. **Introduction to Naval Architecture.** UK : Elsevier Science Ltd.
- Walker, Jearl, David Halliday, Robert Resnick. 2014. **Fundamentals of Physics – 10 edition.** USA : John Wiley & Sons, Inc.

Widya, A. E. , Afandi M. 2009. **Desain Ulang Kapal Ikan di Daerah Brondong Lamongan.** Proposal. Surabaya, Indonesia: Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal Jurusan Teknik Bangunan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Lhokseumawe pada tanggal 24 Nopember 1997, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Pendidikan formal yang pernah penulis tempuh adalah SD Negeri 4 Banda Sakti Lhokseumawe, SMP Negeri 1 Sintang, dan SMA Insan Cendekia Madani BSD. Pada tahun 2015 penulis diterima di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember ,Surabaya dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 10211500000105. Penulis mengambil konsentrasi dalam bidang ilmu Manufaktur Perancangan.

Selama berada di bangku kuliah, penulis aktif mengikuti banyak kegiatan keilmiahana, pelatihan, organisasi, serta kepanitiaan yang diadakan di tingkat jurusan maupun tingkat institut. Pelatihan yang telah penulis ikuti antara lain adalah Pelatihan Karya Tulis Ilmiah (PKTI) pada tahun 2015, LKMM Pra-TD pada tahun 2015, Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar (PJTD) pada tahun 2016. Sedangkan kepanitiaan yang penulis ikuti antara lain Staff Akomodasi dan Transportasi INTERVAL 2015, Fasilitator Inti Acara GERIGI ITS 2016, *Volunteer* Pasar Malam ITS EXPO 2016, Staff Sponsorship Indonesian Corrosion Week (ICW) 2017.dan berorganisasi di HMDM FTI-ITS sebagai Kepala Biro Hubungan Luar 2016/2017, Staff Departemen Eksternal INDOCOR ITS SC 2016/2017, kemudian Asisten Direktur Jenderal Pengendalian Massa – Kementrian Aksi dan Propaganda BEM ITS Gelora Aksi 20118/2019.

Penulis aktif mengikuti kegiatan keprofesian yang diadakan oleh Kampus dan sekitarnya dan kegiatan lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Dan akhir kata penulis berharap buku ini bisa menjadi manfaat bagi setiap manusia yang membacanya. Pintu saran dan kritik selalu terbuka lebar bagi pembaca bagi penulis.

Tugas Akhir ini saya persembahkan juga untuk yang selalu bertanya :

“Kapan TAmu selesai?”

Terlambat lulus atau lulus tidak tepat waktu bukan sebuah kejahatan, bukan pula sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika mengukur kepintaran seseorang hanya dari siapa yang paling cepat lulus dengan IPK *Cum-laude*.

Bukankah sebaik – baiknya Tugas Akhir adalah yang selesai?

- Mahasiswa lulus tidak tepat waktu 2 semester –

Yazid

2115030105 atau

10211500000105

## **LAMPIRAN**

Lampiran – lampiran terdiri dari beberapa lampiran, berikut susunan Lampiran yang tersedia :

1. **LAMPIRAN A**

- a. Lines Plan
- b. Analisis Gaya Statis

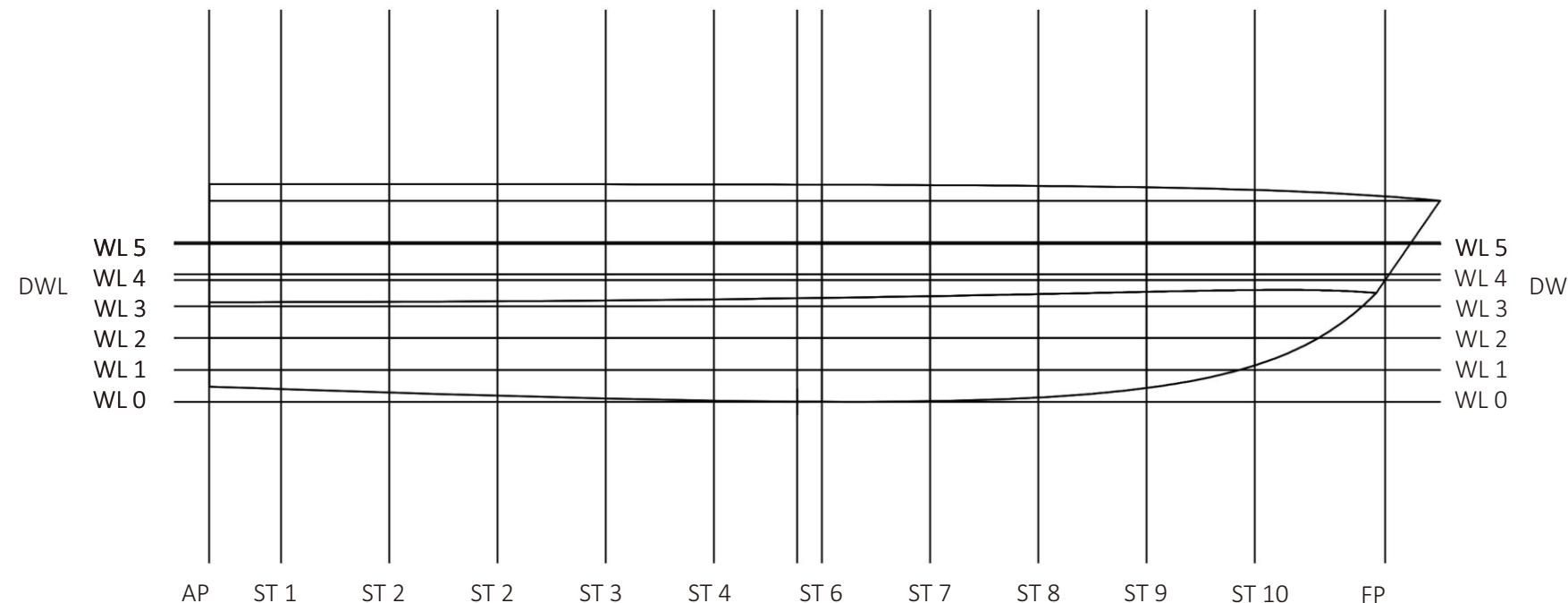
2. **LAMPIRAN B**

- a. Perhitungan Koefisien, Tahanan dan Daya Propulsi
- b. Perhitungan Konsumsi Baterai

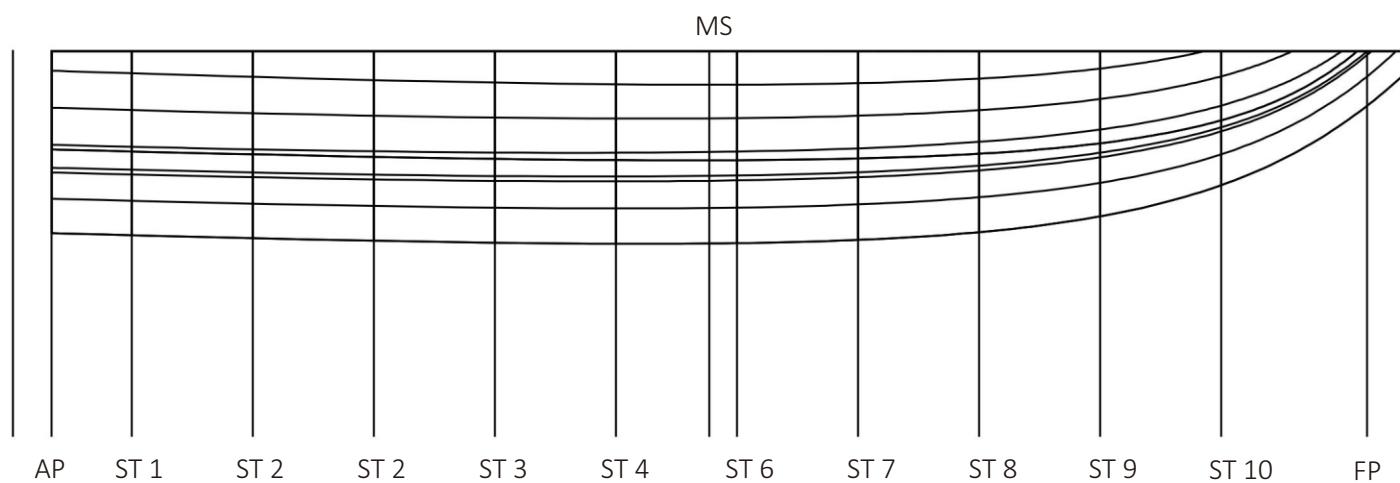
3. **LAMPIRAN C**

- a. Teori Penentuan Titik Pusat
- b. Perhitungan Titik Pusat
- c. Tabel Perhitungan Titik Pusat

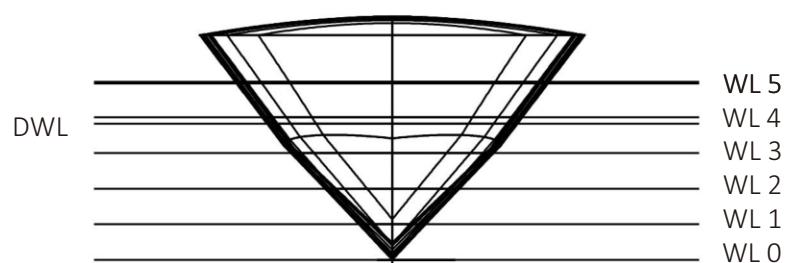
# SHEER PLAN



# HALF-BREADTH PLAN



# BODY PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	Autonomous Surface Vehicle (ASV)
LENGTH OF OVERALL (LOA)	4,55 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LPP)	4,35 m
BREADTH (B)	1,27 m
HEIGHT (H)	0,80 m
DRAUGHT (T)	0,45 m
SERVICE SPEED (Vs)	10 Knots
COMPLEMENTS	-
MAIN ENGINE POWER	1 x 40 HP



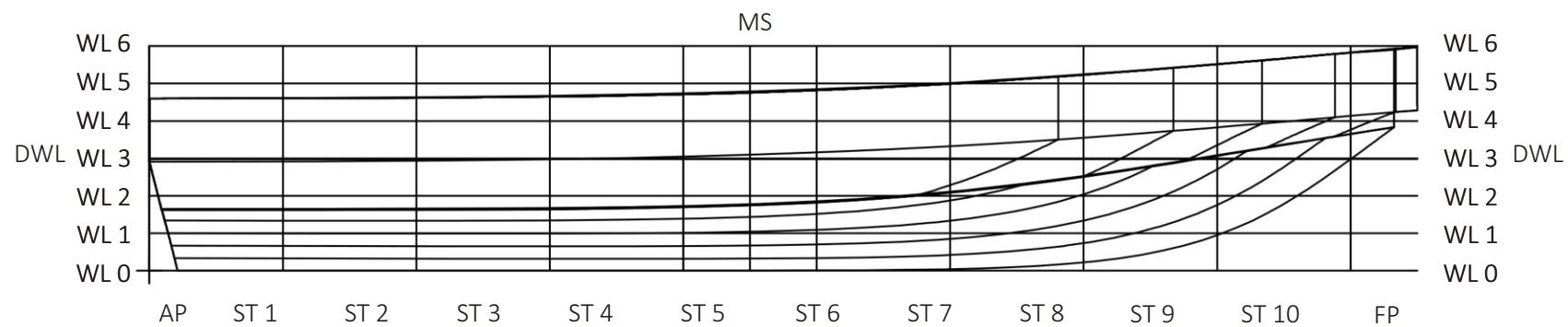
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**ASV SANG NAGARI**

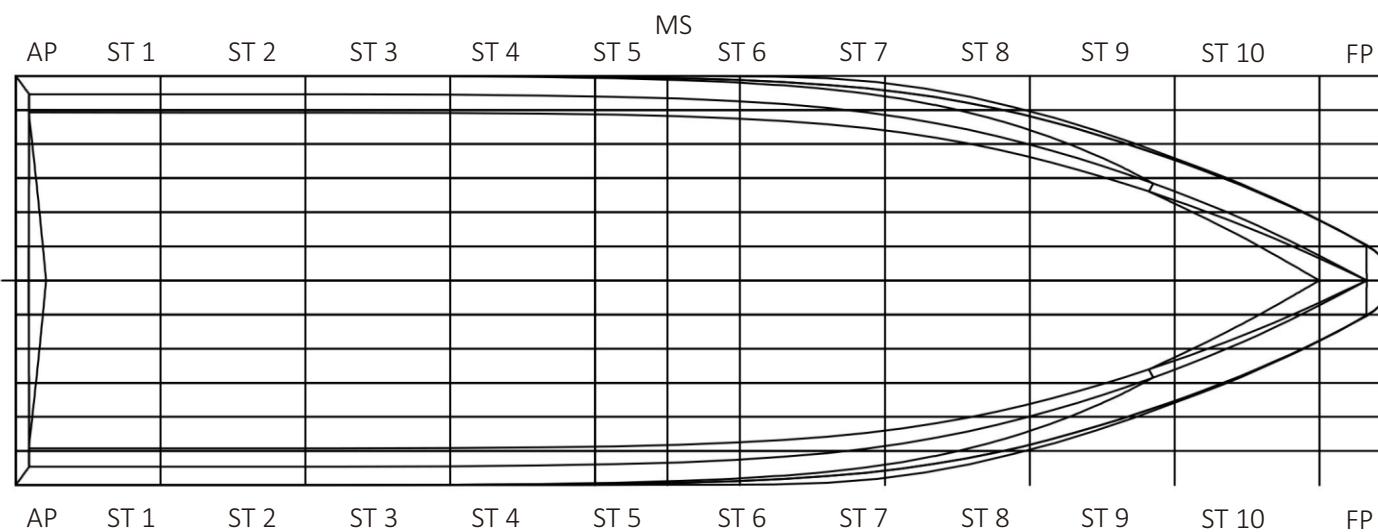
**LINES PLAN**

SKALA	1 : 25	TANGGAL	KETERANGAN
NAMA	YAZID		1021150000105
DOSEN	Dipl.Ing. Hendar Nurhadi, PhD		A3

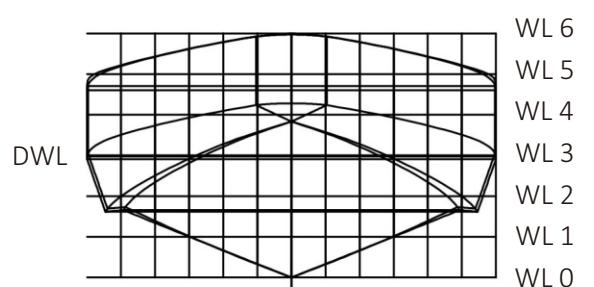
# BODY PLAN



# BREADTH PLAN



# SHEER PLAN



## PRINCIPAL DIMENSIONS

SHIP TYPE	Autonomous Surface Vehicle (ASV)
LENGTH OF OVERALL (LOA)	4,55 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LPP)	4,311 m
BREADTH (B)	1,352 m
HEIGHT (H)	0,802 m
DRAUGHT (T)	0,40 m
SERVICE SPEED (Vs)	10 Knots
COMPLEMENTS	-
MAIN ENGINE POWER	1 x 80 HP



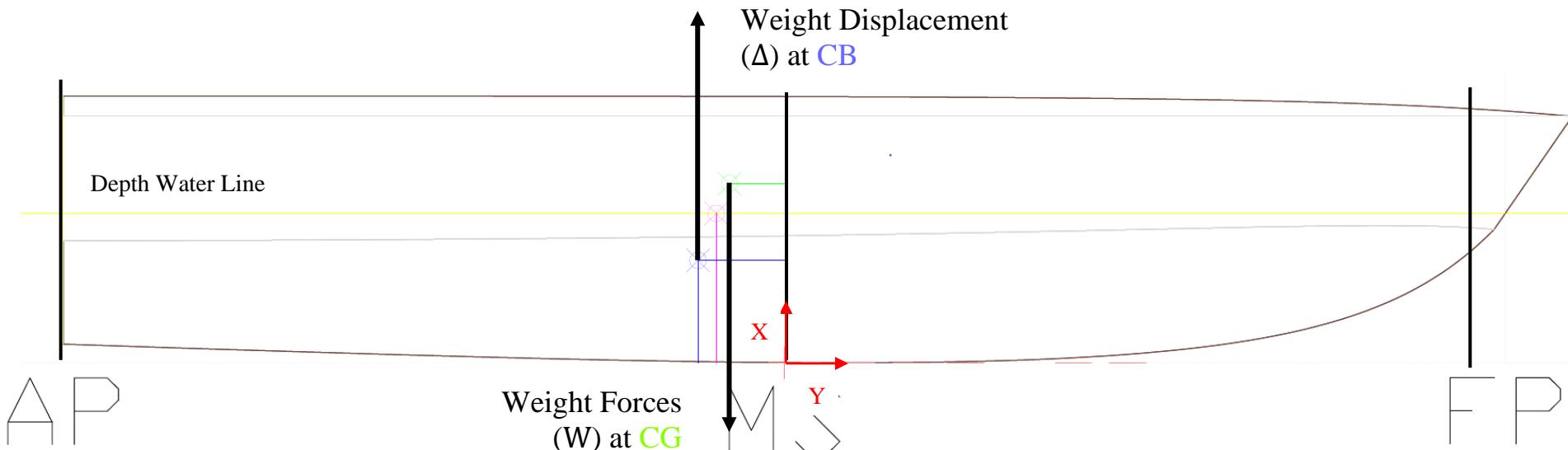
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

## ASV SANG NADIBUMI

### LINES PLAN

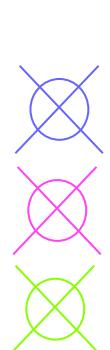
SKALA	1 : 25	TANGGAL	KETERANGAN
NAMA	YAZID		1021150000105
DOSEN	Dipl.Ing. Hendro Nurhadi, PhD		A3

# ANALISIS GAYA STATIS : GAYA TERPUSAT HORIZONTAL



## Keterangan

- $FP$  : Forward Perpendicular
- $MS$  : Midship
- $AP$  : After Perpendicular



## Legenda

- *Centre of Bouyancy (CB)*
- *Centre of Floatation (CF)*
- *Centre of Gravity (CG)*



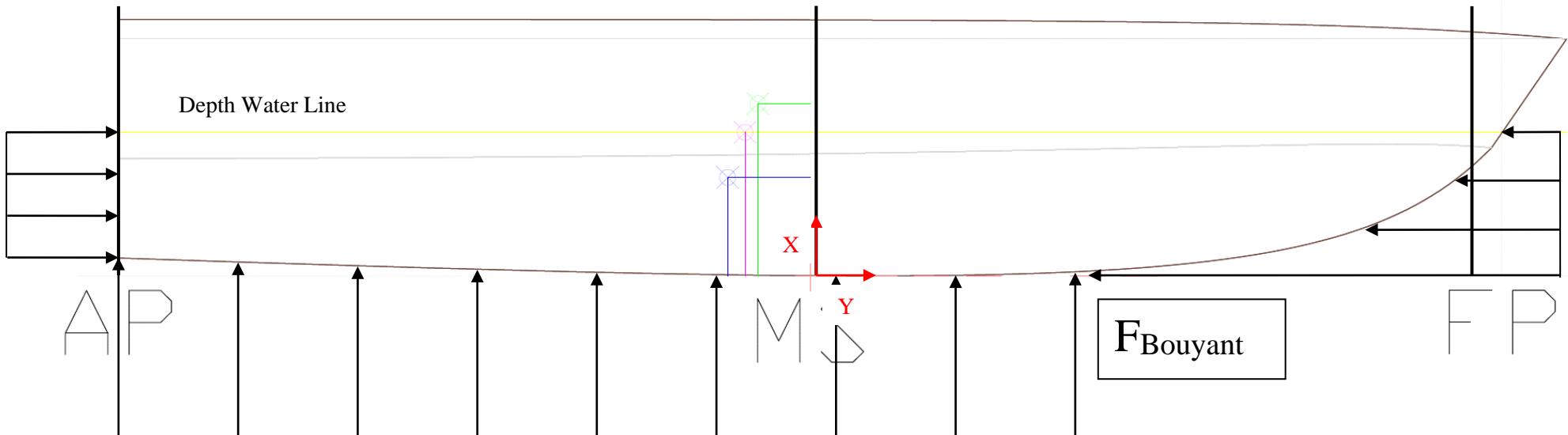
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

ASV Sang Nagari

Analisis Gaya Statis : Gaya Terpusat Harizontal

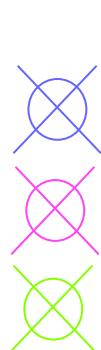
SKALA	1 : 25	TANGGAL	KETERANGAN
NAMA	YAZID		10211500000105
DOSEN	Dipl.Ing. Hendro Nurhadi, PhD		A4

# ANALISIS GAYA STATIS : GAYA HORIZONTAL



## Keterangan

- *FP* : Forward Perpendicular
- *MS* : Midship
- *AP* : After Perpendicular



## Legenda

- *Centre of Bouyancy (CB)*
- *Centre of Floatation (CF)*
- *Centre of Gravity (CG)*



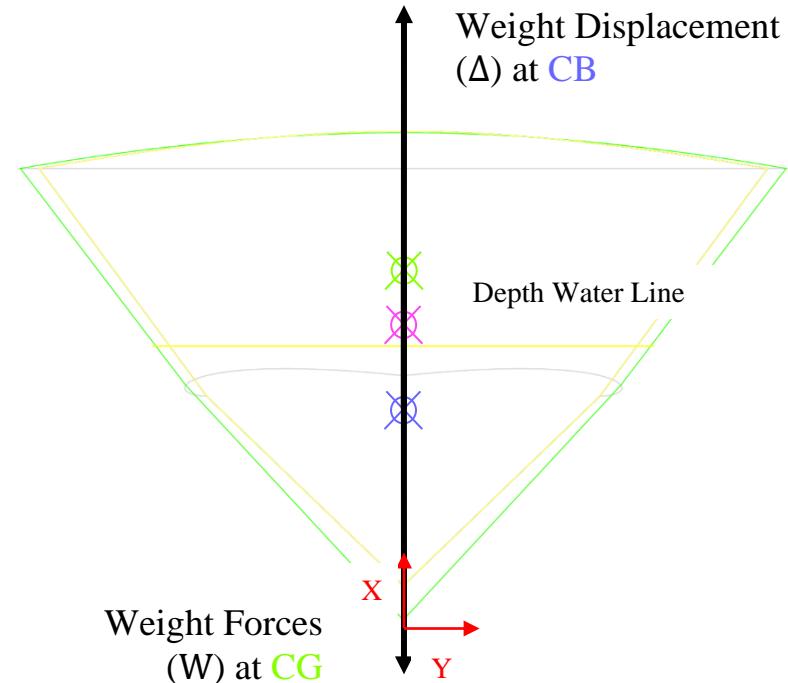
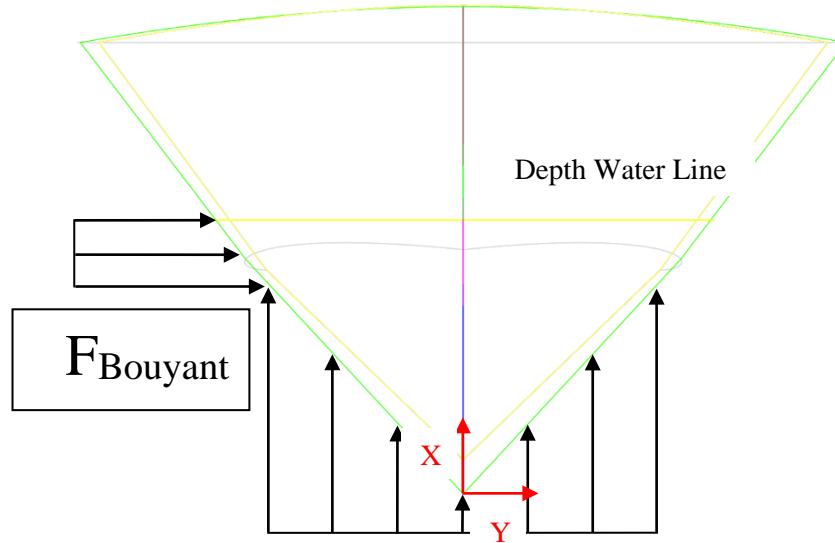
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

ASV *Sang Nagari*

Analisis Gaya Statis : Gaya Harizontal

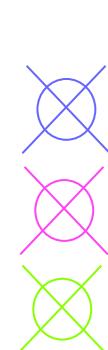
SKALA	1 : 25	TANGGAL	KETERANGAN
NAMA	YAZID		10211500000105
DOSEN	Dipl.Ing. Hendro Nurhadi, PhD		A4

# ANALISIS GAYA STATIS : GAYA VERTIKAL



## Keterangan

- *FP* : Forward Perpendicular
- *MS* : Midship
- *AP* : After Perpendicular



## Legenda

- *Centre of Bouyancy (CB)*
- *Centre of Floatation (CF)*
- *Centre of Gravity (CG)*



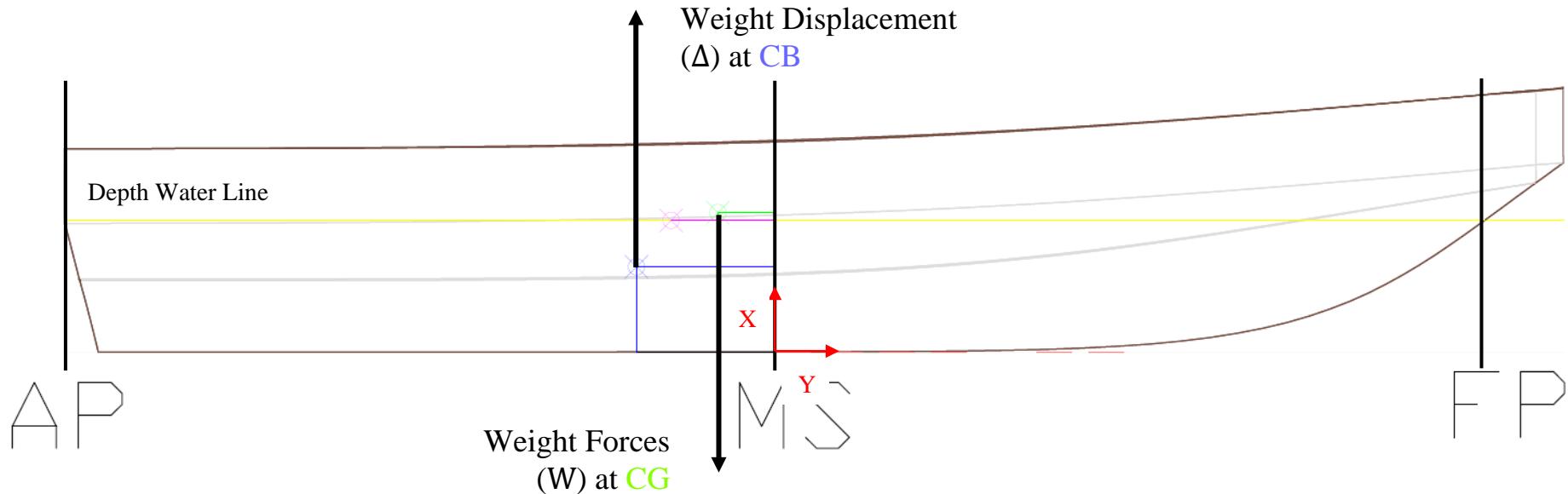
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**ASV Sang Nagari**

Analisis Gaya Statis : Gaya Vertikal

SKALA	1 : 25	TANGGAL	KETERANGAN
NAMA	YAZID		10211500000105
DOSEN	Dipl.Ing. Hendro Nurhadi, PhD		A4

# ANALISIS GAYA STATIS : GAYA TERPUSAT HORIZONTAL

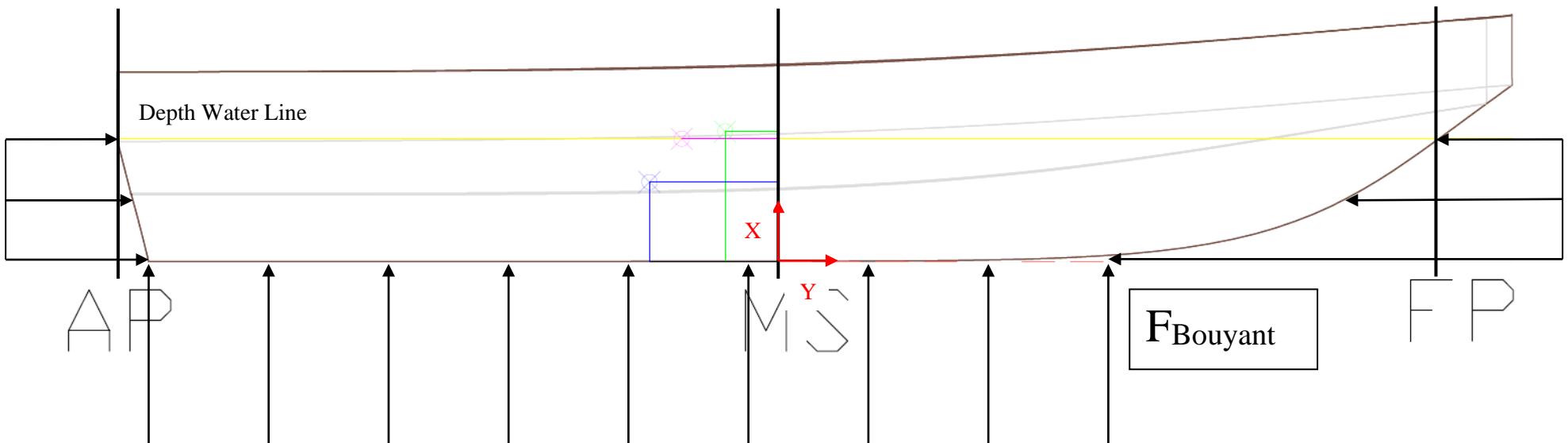


Keterangan	
• FP	: Forward Perpendicular
• MS	: Midship
• AP	: After Perpendicular

Legenda	
• Centre of Bouyancy (CB)	
• Centre of Floatation (CF)	
• Centre of Gravity (CG)	

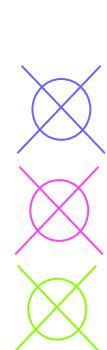
	DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER		
<b>ASV Sang Nadibumi</b>			
Analisis Gaya Statis : Gaya Terpusat Harizontal			
SKALA	1 : 25	TANGGAL	KETERANGAN
NAMA	YAZID		10211500000105
DOSEN	Dipl.Ing. Hendro Nurhadi, PhD		A4

# ANALISIS GAYA STATIS : GAYA HORIZONTAL



## Keterangan

- $FP$  : Forward Perpendicular
- $MS$  : Midship
- $AP$  : After Perpendicular



## Legenda

- *Centre of Bouyancy (CB)*
- *Centre of Floatation (CF)*
- *Centre of Gravity (CG)*



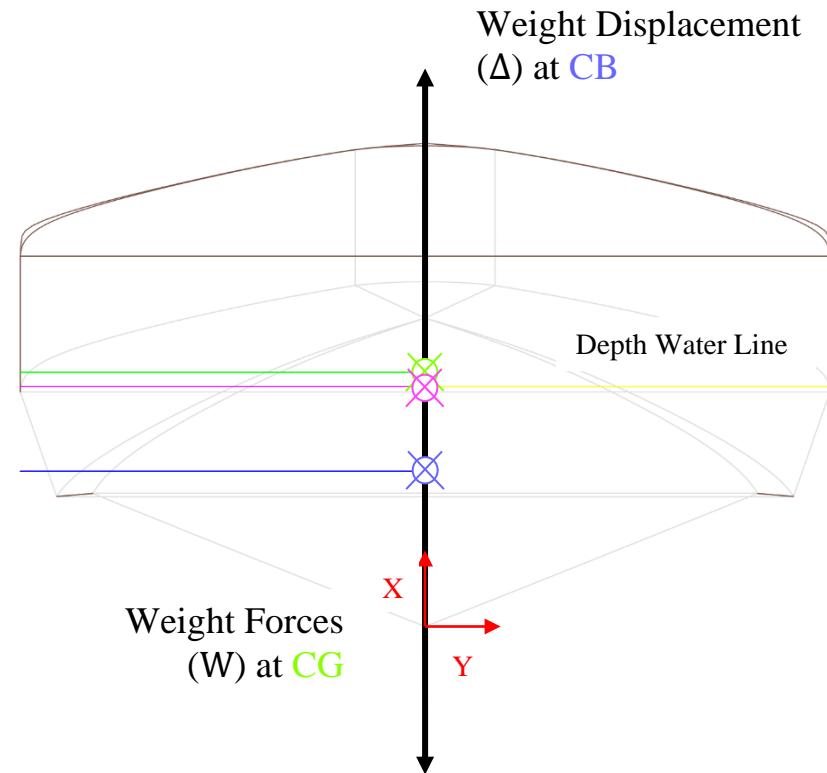
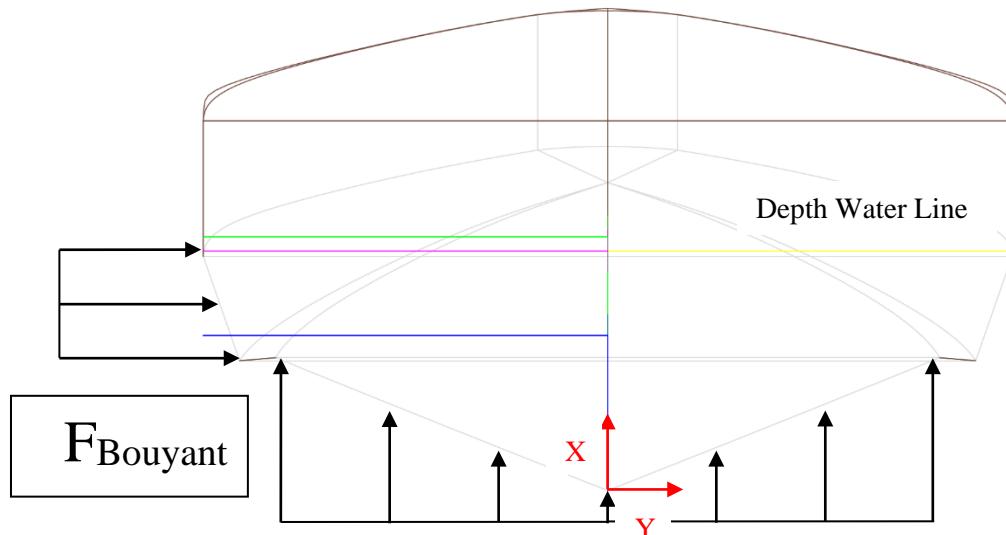
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

ASV Sang Nadibumi

Analisis Gaya Statis : Gaya Harizontal

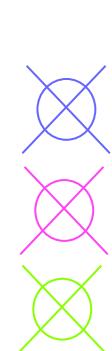
SKALA	1 : 25	TANGGAL	KETERANGAN
NAMA	YAZID		10211500000105
DOSEN	Dipl.Ing. Hendro Nurhadi, PhD		A4

# ANALISIS GAYA STATIS : GAYA VERTIKAL



## Keterangan

- $FP$  : Forward Perpendicular
- $MS$  : Midship
- $AP$  : After Perpendicular



## Legenda

- *Centre of Bouyancy (CB)*
- *Centre of Floatation (CF)*
- *Centre of Gravity (CG)*



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**ASV Sang Nadibumi**

Analisis Gaya Statis : Gaya Vertikal

SKALA	1 : 25	TANGGAL	KETERANGAN
NAMA	YAZID		10211500000105
DOSEN	Dipl.Ing. Hendro Nurhadi, PhD		A4

Perhitungan Koefisien					
Input Data					
$L_H$	=	4,55	m	$V_{service}$	= 10 knot = 5,144444444 m/s
$L_{WL}$	=	4,348	m	$V_{max. Service}$	= 15 knot = 7,716666667 m/s
$L$	=	$(L_H + L_{WL})/2$	(BKI Part 3 Vol VII hal. 1-2/111)	$v_{max} = 12 \cdot \sqrt[4]{L}$ [kn]	(BKI Part 3 Vol VII hal. 1-5/111)
$B$	=	1,272	m	$V_{max}$	= 21,3393529 knot = 10,97791156 m/s
$H$	=	0,804	m	$\rho$	= 1,025 kg/m <sup>3</sup>
$T$	=	0,45	m	$g$	= 9,80665 m/s <sup>2</sup>

<p>1. Displacement</p> <p>Dari Maxsurf dibuat model lambung Monohull</p> <p>Diperoleh total Displacement kapal :</p> <p><math>\Delta</math> = 0,6914 ton</p>	<p>2. Volume Displacement</p> $\nabla = \Delta/\rho$ (BKI Part 3 Vol VII,hal. 1-3/111) $\nabla = 0,6745366 \text{ m}^3$
--	---

<p>3. Koefisien Blok / Block Coefficient</p> <p>Dari Maxsurf dibuat model lambung Monohull</p> <p>Diperoleh koefisien blok kapal :</p> <p><math>C_B</math> = 0,417</p>	<p>4. Perhitungan Froude Number</p> $Fn = V/\sqrt{g \cdot L_{WL}}$ (PNA Vol.2 hal .64) $Fn = 1,531422$
--	--

<p>5. Koefisien Luas Midship / Midship Section Coefficient</p> <p>Dari Maxsurf dibuat model lambung Monohull</p> <p>Diperoleh koefisien luas midship kapal :</p> <p><math>C_m</math> = 0,514</p>	<p>6. Koefisien Bidang Garis Air/ Waterplane Coefficient</p> <p>Dari Maxsurf dibuat model lambung Monohull</p> <p>Diperoleh koefisien bidang garis air kapal :</p> <p><math>C_{wp}</math> = 0,873</p>
--	---

<p>7. Koefisien Prismatik</p> <p>Dari Maxsurf dibuat model lambung Monohull</p> <p>Diperoleh koefisien prismatic kapal :</p> <p><math>C_p</math> = 0,816</p>	<p>8. Panjang Garis air</p> $L_{PP} = L_{WL}$ $= 4,348 \text{ m}$
--	---

Hydrostatics at DWL

Measurement	Value	Units
1 Displacement	691.4	kg
2 Volume (displaced)	0.675	m <sup>3</sup>
3 Draft Amidships	0.450	m
4 Immersed depth	0.450	m
5 WL Length	4,348	m
6 Beam max extents on WL	0.827	m
7 Wetted Area	4,859	m <sup>2</sup>
8 Max sect. area	0.190	m <sup>2</sup>
9 Waterpl. Area	3,139	m <sup>2</sup>
10 Prismatic coeff. (Cp)	0,816	
11 Block coeff. (Cb)	0,417	
12 Max Sect. area coeff. (Cm)	0,514	
13 Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,873	
14 LCB length	1,913	from zero pt. (+ve fwd) m
15 LCF length	1,968	from zero pt. (+ve fwd) m
16 LCB %	44,012	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
17 LCF %	45,276	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
18 KB	0,308	m
19 KG fluid	0,000	m
20 BMT	0,230	m
21 BML	6,131	m
22 GMT corrected	0,539	m
23 GML	6,440	m
24 KMT	0,539	m
25 KML	6,440	m
26 Immersion (TPc)	0,032	tonne/cm
27 MTc	0,010	tonne.m
28 RM at 1deg = GMtDisp.si	6,502	kg.m
29 Length:Beam ratio	5,254	
30 Beam:Draft ratio	1,839	
31 Length:Vol <sup>0,333</sup> ratio	4,957	
32 Precision	Highest	208 stations

Density (water)

Std. densities

VCG  Recalculate

Close

(Sumber : Maxsurf Modeler Advanced )

Hasil Perhitungan Tahanan pada <i>Maxsurf Resistance</i>														
No	Speed (kn)	Froude No. Lwl	Froude No. Vol.	Savitsky Pre-planing Resist. (kN)	Savitsky Pre-planing Power (kW)	Savitsky Planing Resist. (kN)	Savitsky Planing Power (kW)	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)	Slender Body Resist. (kN)	Slender Body Power (kW)	Wyman Resist. (kN)	Wyman Power (kW)	
1	0	0	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2	0,375	0,03	0,066	--	--	--	--	0	0	0	0	0	0,001	
3	0,75	0,059	0,132	--	--	--	--	0	0,002	0	0,001	0	0,009	
4	1,125	0,089	0,197	--	--	--	--	0	0,005	0	0,003	0,1	0,032	
5	1,5	0,118	0,263	--	--	--	--	0	0,012	0	0,008	0,1	0,075	
6	1,875	0,148	0,329	--	--	--	--	0	0,023	0	0,016	0,2	0,147	
7	2,25	0,177	0,395	--	--	--	--	0	0,038	0	0,03	0,2	0,253	
8	2,625	0,207	0,46	--	--	--	--	0	0,061	0	0,052	0,3	0,402	
9	3	0,236	0,526	--	--	--	--	0,1	0,093	0,1	0,085	0,4	0,6	
10	3,375	0,266	0,592	--	--	--	--	0,1	0,141	0,1	0,133	0,5	0,854	
11	3,75	0,295	0,658	--	--	--	--	0,1	0,204	0,1	0,187	0,6	1,172	
12	4,125	0,325	0,724	--	--	--	--	0,2	0,32	0,1	0,242	0,7	1,56	
13	4,5	0,355	0,789	--	--	--	--	0,2	0,443	0,2	0,372	0,9	2,025	
14	4,875	0,384	0,855	--	--	--	--	0,2	0,54	0,2	0,505	1	2,575	
15	5,25	0,414	0,921	--	--	--	--	0,3	0,689	0,2	0,558	1,2	3,216	
16	5,625	0,443	0,987	--	0,6	1,645	0,3	0,876	0,2	0,616	1,4	3,956		
17	6	0,473	1,053	0,5	1,443	0,6	1,823	0,4	1,083	0,2	0,748	1,6	4,801	
18	6,375	0,502	1,118	0,6	1,908	0,6	2,012	0,4	1,309	0,3	0,959	1,8	5,759	
19	6,75	0,532	1,184	0,7	2,357	0,6	2,214	0,4	1,554	0,4	1,218	2	6,836	
20	7,125	0,561	1,25	0,7	2,656	0,7	2,429	0,5	1,886	0,4	1,498	2,2	8,039	
21	7,5	0,591	1,316	0,8	2,908	0,7	2,657	0,6	2,338	0,5	1,78	2,4	9,377	
22	7,875	0,62	1,381	0,8	3,16	0,7	2,899	0,7	2,783	0,5	2,057	2,6	10,345	
23	8,25	0,65	1,447	0,8	3,406	0,7	3,155	0,8	3,212	0,5	2,327	2,7	11,255	
24	8,625	0,68	1,513	0,8	3,654	0,8	3,426	0,8	3,623	0,6	2,594	2,7	12,183	
25	9	0,709	1,579	0,8	3,908	0,8	3,712	0,9	4,025	0,6	2,859	2,8	13,124	
26	9,375	0,739	1,645	0,9	4,13	0,8	4,014	0,9	4,424	0,6	3,126	2,9	14,078	
27	9,75	0,768	1,71	0,9	4,34	0,9	4,33	1	4,828	0,7	3,4	3	15,043	
28	10,125	0,798	1,776	0,9	4,57	0,9	4,663	1	5,242	0,7	3,681	3,1	16,016	
29	10,5	0,827	1,842	0,9	4,827	0,9	5,01	1	5,67	0,7	3,972	3,1	16,996	
30	10,875	0,857	1,908	0,9	5,104	1	5,372	1,1	6,115	0,8	4,275	3,2	17,982	
31	11,25	0,886	1,974	0,9	5,399	1	5,747	1,1	6,588	0,8	4,589	3,3	18,972	
32	11,625	0,916	2,039	--	--	1	6,136	1,2	7,149	0,8	4,918	3,3	19,965	
33	12	0,945	2,105	--	--	1,1	6,538	1,3	7,746	0,9	5,261	3,4	20,96	
34	12,375	0,975	2,171	--	--	1,1	6,949	1,3	8,38	0,9	5,619	3,4	21,956	
35	12,75	1,005	2,237	--	--	1,1	7,37	1,4	9,052	0,9	5,992	3,5	22,952	
36	13,125	1,034	2,302	--	--	1,2	7,798	1,4	9,762	0,9	6,38	3,5	23,947	
37	13,5	1,064	2,368	--	--	1,2	8,232	1,5	10,511	1	6,786	3,6	24,94	
38	13,875	1,093	2,434	--	--	1,2	8,67	1,6	11,301	1	7,206	3,6	25,93	
39	14,25	1,123	2,5	--	--	1,2	9,109	1,7	12,131	1	7,643	3,7	26,917	
40	14,625	1,152	2,566	--	--	1,3	9,549	1,7	13,002	1,1	8,099	3,7	27,901	
41	15	1,182	2,631	--	--	1,3	9,988	1,8	13,914	1,1	8,57	3,7	28,88	

Sumber : *Software Maxsurf Resistance*  
Rabu, 02 Januari 2019  
07.10.00 WIB

Perhitungan Proporsi dan Daya Mesin											
Input Data											
$L_H = 4,55 \text{ m}$	$V_{\text{service}} = 10 \text{ knot}$	$= 5,14444444 \text{ m/s}$	$V_{\min} = 5 \text{ knot}$	$= 2,57222222 \text{ m/s}$							
$L_{WL} = 4,348 \text{ m}$	$V_{\max, \text{Service}} = 15 \text{ knot}$	$= 7,71666667 \text{ m/s}$									
$L = (L_H + L_{WL})/2 \quad (\text{BKI Part 3 Vol VII hal. 1-2/111})$	$v_{\max} = 12 \cdot \sqrt[4]{L} \quad [\text{kn}]$	$(\text{BKI Part 3 Vol VII hal. 1-5/111})$									
$= 4,449 \text{ m}$	$V_{\max} = 21,339353 \text{ knot}$	$= 10,9779116 \text{ m/s}$									
$B = 1,272 \text{ m}$	$\rho = 1,025 \text{ kg/m}^3$										
$H = 0,804 \text{ m}$	$g = 9,80665 \text{ m/s}^2$										
$T = 0,45 \text{ m}$											
<b>1. Tahanan Kapal</b>											
Tahanan yang didapat dari <i>Maxsurf</i> pada beberapa kecepatan dengan Metode <i>Holtrop</i> .											
$R_T = 0,3 \text{ kN}$ (5 knot)											
$R_T = 1 \text{ kN}$ (10 knot)											
$R_T = 1,8 \text{ kN}$ (15 knot)											
<b>3. Delivery Horse Power</b>											
$DHP = EHP/\eta_D$											
$\eta_D = \eta_H \times \eta_O \times \eta_R$											
$\eta_H = 1,0076849$ ( <i>PNA Vol. 2 hal. 152, umum</i> )											
$\eta_O = 0,65$ ( <i>Asumsi Open Water Test Propeller Efficiency, umum</i> )											
$\eta_R = 0,9905994$ ( <i>Ship Resistance and Propulsion m7 hal. 180, untuk <math>L &lt; 7 \text{ m}</math></i> )											
$\eta_D = 0,6488378$											
$DHP = 0,8868654 \text{ HP}$ (5 knot)											
$= 5,9124361 \text{ HP}$ (10 knot)											
$= 15,963577 \text{ HP}$ (15 knot)											
<b>5. Penentuan Motor</b>											
$BHP = 1,0198952 \text{ HP}$	$= 1,367699887 \text{ kW}$										
$= 6,7993015 \text{ HP}$	$= 9,117999247 \text{ kW}$										
$= 18,358114 \text{ HP}$	$= 24,61859797 \text{ kW}$										
$V_{\max, \text{Service}} = 5 \text{ knot}$	$= 2,572222222 \text{ m/s}$										
$= 10 \text{ knot}$	$= 5,144444444 \text{ m/s}$										
$= 15 \text{ knot}$	$= 7,716666667 \text{ m/s}$										
Input Power Motor $\geq 24,618598 \text{ kW}$ (BHP terbesar)											
<i>Torqeodo Deep Blue 40R Outboards</i>											
Input Power (continuous) [kW]	$= 27,6$										
Propulsive Power [kW]	$= 16,2$										
Comparable Petrol Outboards(Shaft Power) [HP]	$= 40$										
Maximum overall efficiency [%]	$= 54$										
Motor weight without battery, including electronics [kg]	$= 139$										
Shaft length	$20''/51 \text{ cm}$										
Standard propeller [v,km/h] [P, Watt]	$V50/p50k$										
Maximum propeller speed [rpm]	$= 2400$										
Control	$\text{Throttle}$										
Tilting device	$\text{Electric trim and tilt}$										
Trim device	$\text{Electric trim and tilt}$										
Integrated on-board computer with touchscreen display	$\text{Yes}$										
Salt water cooling	$7 \text{ l/min, max } 32^\circ\text{C}$										
Nominal Voltage [V]	$= 360$										
Max. Continuous Performance [kW]	$= 55$										
Capacity [kW]	$= 30,5$										
(Sumber : <a href="https://www.torqeodo.com">https://www.torqeodo.com</a> )											
<b>7. Perhitungan Konsumsi Baterai</b>											
Daya yang digunakan motor (P) $= 27,6 \text{ kW}$											
Efisiensi Motor ( $\eta$ Motor) $= 54\%$											
<b>Perhitungan Power discharge Motor</b>											
$P_D \text{ Motor} = P/\eta \text{ Motor}$											
$P_D \text{ Motor} = 51,111111 \text{ kW}$											
<b>Masa pakai Baterai</b>											
Usable Time Battery $= BHP / P_D \text{ Baterai}$											
time $= 0,0267593 \text{ h}$	$= 1,605560737 \text{ menit}$										
time $= 0,1783956 \text{ h}$	$= 10,70373825 \text{ menit}$										
time $= 0,4816682 \text{ h}$	$= 28,90009326 \text{ menit}$										
7a. Kapal dioperasikan dengan kecepatan maksimal servis 5 knot											
<b>Jarak Maksimal</b>											
$v = 5 \text{ knot}$	$= 2,572222222 \text{ m/s}$										
$= 9,26 \text{ km/h}$											
$s = v \times \text{time}$	$= 4,4602477 \text{ km}$										
7b. Kapal dioperasikan dengan kecepatan maksimal servis 10 knot											
<b>Jarak Maksimal</b>											
$V_{\text{service}} = 10 \text{ knot}$	$= 5,144444444 \text{ m/s}$										
$= 18,52 \text{ km/h}$											
$s = v \times \text{time}$	$= 8,9204955 \text{ km}$										
7c. Kapal dioperasikan dengan kecepatan maksimal servis 15 knot											
<b>Jarak Maksimal</b>											
$V_{\max, \text{Service}} = 15 \text{ knot}$	$= 7,716666667 \text{ m/s}$										
$= 27,78 \text{ km/h}$											
$s = v \times \text{time}$	$= 12,38742 \text{ km}$										
<b>2. Effective Horse Power</b>											
$EHP = R_T \cdot V_{\max, \text{Service}}$											
$= 0,77166667 \text{ kW}$	$(5 \text{ knot})$										
$= 5,14444444 \text{ kW}$	$(10 \text{ knot})$										
$= 13,89 \text{ kW}$	$(15 \text{ knot})$										
$1 \text{ HP} = 0,7457 \text{ kW}$											
$EHP = 0,57543183 \text{ HP}$											
$= 3,83621222 \text{ HP}$											
$= 10,357773 \text{ HP}$											
<b>4. Brake Horse Power</b>											

Perhitungan Koefisien					
Input Data					
$L_H$	=	4,55	m	Vservice	= 10 knot = 5,144444444 m/s
$L_{WL}$	=	4,311	m	Vmax. Service	= 15 knot = 7,716666667 m/s
$L$	=	$(L_H + L_{WL})/2$	(BKI Part 3 Vol VII hal. 1-2/111)	$v_{max} = 12 \cdot \sqrt[4]{L}$	[kn] (BKI Part 3 Vol VII hal. 1-5/111)
B	=	4,4305	m	Vmax	= 21,3393529 knot = 10,97791156 m/s
H	=	1,352	m	$\rho$	= 1,025 kg/m <sup>3</sup>
T	=	0,802	m	g	= 9,80665 m/s <sup>2</sup>
<b>1. Displacement</b> Dari Maxsurf dibuat model lambung Monohull Diperoleh total <i>Displacement</i> kapal : $\Delta$ = 1,2013 ton					
<b>2. Volume Displacement</b> $\nabla$ = $\Delta/\rho$ (BKI Part 3 Vol VII,hal. 1-3/111) $\nabla$ = 1,172 m <sup>3</sup>					
<b>3. Koefisien Blok / Block Coefficient</b> Dari Maxsurf dibuat model lambung Monohull Diperoleh koefisien blok kapal : $C_B$ = 0,503					
<b>4. Perhitungan Froude Number</b> $F_n$ = $V/\sqrt{g \cdot L_{WL}}$ (PNA Vol.2 hal .64) $F_n$ = 1,5379799					
<b>5. Koefisien Luas Midship / Midship Section Coefficient</b> Dari Maxsurf dibuat model lambung Monohull Diperoleh koefisien luas midship kapal : $C_m$ = 0,658					
<b>6. Koefisien Bidang Garis Air/ Waterplane Coefficient</b> Dari Maxsurf dibuat model lambung Monohull Diperoleh koefisien bidang garis air kapal : $C_{wp}$ = 0,835					
<b>7. Koefisien Prismatik</b> Dari Maxsurf dibuat model lambung Monohull Diperoleh koefisien prismatic kapal : $C_p$ = 0,765					
<b>8. Panjang Garis air</b> $L_{PP}$ = $L_{WL}$ $L_{PP}$ = 4,311 m					

Hydrostatics at DWL

Measurement	Value	Units
1 Displacement	691,4	kg
2 Volume (displaced)	0,675	m <sup>3</sup>
3 Draft Amidships	0,450	m
4 Immersed depth	0,450	m
5 WL Length	4,348	m
6 Beam max extents on WL	0,827	m
7 Wetted Area	4,859	m <sup>2</sup>
8 Max sect. area	0,190	m <sup>2</sup>
9 Waterpl. Area	3,139	m <sup>2</sup>
10 Prismatic coeff. (Cp)	0,816	
11 Block coeff. (Cb)	0,417	
12 Max Sect. area coeff. (Cm)	0,514	
13 Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,873	
14 LCB length	1,913	from zero pt. (+ve fwd) m
15 LCF length	1,968	from zero pt. (+ve fwd) m
16 LCB %	44,012	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
17 LCF %	45,276	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
18 KB	0,308	m
19 KG fluid	0,000	m
20 BMt	0,230	m
21 BML	6,131	m
22 GMT corrected	0,539	m
23 GML	6,440	m
24 KMt	0,539	m
25 KML	6,440	m
26 Immersion (TPc)	0,032	tonne/cm
27 MTC	0,010	tonne.m
28 RM at 1deg = GMtDisp.si	6,502	kg.m
29 Length:Beam ratio	5,254	
30 Beam:Draft ratio	1,839	
31 Length:Vol^0.333 ratio	4,957	
32 Precision	Highest	208 stations

Density (water) 1025 kg/m<sup>3</sup>  
 Std. densities 1025 kg/m<sup>3</sup> - Std. Metric sea water (1025.0 kg/m<sup>3</sup>)  
 VCG 0 m Recalculate  
 Select Rows ... Close

(Sumber : Maxsurf Modeler Advanced)

Hasil Perhitungan Tahanan pada <i>Maxsurf Resistance</i>														
No	Speed (kn)	Froude No. Lwl	Froude No. Vol.	Savitsky Pre-planing Resist. (kN)	Savitsky Pre-planing Power (kW)	Savitsky Planing Resist. (kN)	Savitsky Planing Power (kW)	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)	Slender Body Resist. (kN)	Slender Body Power (kW)	Wyman Resist. (kN)	Wyman Power (kW)	
1	0	0	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2	0,375	0,03	0,06	--	--	--	--	0	0	0	0	0	0,002	
3	0,75	0,059	0,12	--	--	--	--	0	0,002	0,001	0,001	0	0,017	
4	1,125	0,089	0,18	--	--	--	--	0	0,005	0,015	0,015	0,1	0,056	
5	1,5	0,119	0,24	--	--	--	--	0	0,011	0,072	0,072	0,2	0,132	
6	1,875	0,148	0,3	--	--	--	--	0	0,021	0,182	0,182	0,3	0,258	
7	2,25	0,178	0,36	--	--	--	--	0	0,035	0,3	0,355	0,4	0,446	
8	2,625	0,208	0,42	--	--	--	--	0	0,056	0,4	0,572	0,5	0,708	
9	3	0,237	0,48	--	--	--	--	0,1	0,087	0,5	0,84	0,7	1,056	
10	3,375	0,267	0,54	--	--	--	--	0,1	0,137	0,5	0,868	0,9	1,504	
11	3,75	0,297	0,6	--	--	--	--	0,1	0,217	0,8	1,538	1,1	2,063	
12	4,125	0,326	0,66	--	--	--	--	0,2	0,388	0,8	1,768	1,3	2,746	
13	4,5	0,356	0,72	--	--	--	--	0,3	0,584	0,7	1,542	1,5	3,565	
14	4,875	0,386	0,78	--	--	--	--	0,3	0,767	0,7	1,647	1,8	4,532	
15	5,25	0,415	0,84	--	--	--	--	0,4	1,207	0,8	2,251	2,1	5,661	
16	5,625	0,445	0,9	--	--	--	--	0,6	1,864	1,1	3,088	2,4	6,962	
17	6	0,475	0,96	--	--	--	--	0,8	2,6	1,3	3,907	2,7	8,45	
18	6,375	0,504	1,02	0,9	2,899	--	--	1	3,417	1,4	4,63	3,1	10,135	
19	6,75	0,534	1,08	1,2	4,083	--	--	1,2	4,314	1,5	5,268	3,5	12,031	
20	7,125	0,564	1,14	1,4	5,194	1,7	6,291	1,5	5,459	1,6	5,849	3,9	14,15	
21	7,5	0,593	1,2	1,6	6,3	1,8	6,872	1,8	6,767	1,7	6,393	4,3	16,504	
22	7,875	0,623	1,26	1,8	7,153	1,8	7,482	2	7,953	1,7	6,913	4,5	18,117	
23	8,25	0,653	1,32	1,9	7,917	1,9	8,119	2,1	9,009	1,7	7,418	4,6	19,709	
24	8,625	0,682	1,38	1,9	8,421	2	8,777	2,2	9,963	1,8	7,913	4,8	21,33	
25	9	0,712	1,44	1,8	8,508	2	9,448	2,3	10,855	1,8	8,405	5	22,975	
26	9,375	0,742	1,5	1,7	8,348	2,1	10,124	2,4	11,723	1,8	8,896	5,1	24,642	
27	9,75	0,771	1,56	1,8	8,887	2,2	10,798	2,5	12,596	1,9	9,389	5,2	26,327	
28	10,125	0,801	1,62	1,8	9,338	2,2	11,458	2,6	13,497	1,9	9,887	5,4	28,027	
29	10,5	0,831	1,68	1,8	9,576	2,2	12,099	2,7	14,441	1,9	10,392	5,5	29,739	
30	10,875	0,86	1,74	1,8	9,865	2,3	12,713	2,8	15,44	1,9	10,903	5,6	31,46	
31	11,25	0,89	1,8	1,8	10,181	2,3	13,295	2,9	16,499	2	11,422	5,7	33,189	
32	11,625	0,92	1,86	1,7	10,423	2,3	13,844	2,9	17,625	2	11,95	5,8	34,923	
33	12	0,949	1,92	1,7	10,717	2,3	14,358	3	18,819	2	12,483	5,9	36,659	
34	12,375	0,979	1,98	1,7	11,128	2,3	14,837	3,2	20,084	2	13,028	6	38,397	
35	12,75	1,009	2,04	--	--	2,3	15,284	3,3	21,422	2,1	13,576	6,1	40,135	
36	13,125	1,038	2,1	--	--	2,3	15,699	3,4	22,833	2,1	14,136	6,2	41,87	
37	13,5	1,068	2,16	--	--	2,3	16,087	3,5	24,317	2,1	14,701	6,3	43,603	
38	13,875	1,098	2,22	--	--	2,3	16,45	3,6	25,874	2,1	15,272	6,4	45,33	
39	14,25	1,127	2,28	--	--	2,3	16,791	3,8	27,504	2,2	15,855	6,4	47,052	
40	14,625	1,157	2,34	--	--	2,3	17,113	3,9	29,207	2,2	16,439	6,5	48,768	
41	15	1,187	2,4	--	--	2,3	17,419	4	30,983	2,2	17,035	6,5	50,475	

Sumber : *Software Maxsurf Resistance*  
Selasa, 08 Januari 2019  
20.17.00 WIB

### Perhitungan Proporsi dan Daya Mesin

#### Input Data

$L_H = 4,55 \text{ m}$	$V_{\text{service}} = 10 \text{ knot} = 5,144444 \text{ m/s}$
$L_{WL} = 4,311 \text{ m}$	$V_{\text{max. Service}} = 15 \text{ knot} = 7,166667 \text{ m/s}$
$L = (L_H + L_{WL})/2 \text{ (BKI Part 3 Vol VII)}$	$V_{\text{max}} = 21,339353 \text{ knot} = 10,97791 \text{ m/s}$
$= 4,4305 \text{ m hal. 1-2/111)$	$\rho = 1,025 \text{ kg/m}^3$
$B = 1,352 \text{ m}$	$g = 9,80665 \text{ m/s}^2$
$H = 0,802 \text{ m}$	
$T = 0,4 \text{ m}$	

#### 1. Tahanan Kapal

Tahanan yang didapat dari *Maxsurf* pada beberapa kecepatan dengan Metode *Holtrop*.

$$\begin{aligned} R_T &= 0,8 \text{ kN (5 knot)} \\ R_T &= 2,6 \text{ kN (10 knot)} \\ R_T &= 4 \text{ kN (15 knot)} \end{aligned}$$

#### 3. Delivery Horse Power

DHP	=	EHP/ $\eta_D$
$\eta_D$	=	$\eta_H \times \eta_O \times \eta_R$
$\eta_H$	=	1,007685 (PNA Vol. 2 hal. 152, umum)
$\eta_O$	=	0,65 (Asumsi Open Water Test Propeller Efficiency, umum)
$\eta_R$	=	0,990599 (Ship Resistance and Propulsion m7 hal. 180, untuk $L < 7 \text{ m}$ )
$\eta_D$	=	0,648838
DHP	=	7,094923 HP (5 knot)
	=	23,0585 HP (10 knot)
	=	35,47462 HP (15 knot)

#### 5. Penentuan Motor

BHP	=	8,159162 HP	=	10,9415991 kW
	=	26,51728 HP	=	35,56019706 kW
	=	40,79581 HP	=	54,70799548 kW
Vmax. Service	=	5 knot	=	2,572222222 m/s
	=	10 knot	=	5,144444444 m/s
	=	15	=	7,716666667 m/s

Input Power Motor  $\geq 54,708 \text{ kW}$  (BHP terbesar)

#### Torqeedo Deep Blue 80RL Outboards

Input Power (continuous) [kW]	=	55,1
Propulsive Power [kW]	=	32,4
Comparable Petrol Outboards(Shaft Power) [HP]	=	80
Maximum overall efficiency [%]	=	54
Motor weight without battery, including electronics [kg]	=	139
Shaft length	=	20"/51 cm
Standard propeller [v,km/h] [P, Watt]	=	V50/p50k
Maximum propeller speed [rpm]	=	2400
Control	=	Throttle
Tilting device	=	Electric trim and tilt
Trim device	=	Electric trim and tilt
Integrated on-board computer with touchscreen display	=	Yes
Salt water cooling	=	7 l/min, max 32°C
Nominal Voltage [V]	=	360
Max. Continous Performance [kW]	=	55
Capacity [kW]	=	30,5

(Sumber : <https://www.torqeedo.com>)

#### 7. Perhitungan Konsumsi Baterai

Daya yang digunakan motor (P)	=	55,1 kW
Efisiensi Motor ( $\eta$ Motor)	=	54%

#### Perhitungan Power discharge Motor

$$\begin{aligned} P_D \text{ Motor} &= P/\eta \text{ Motor} \\ P_D \text{ Motor} &= 102,037 \text{ kW} \end{aligned}$$

#### Masa pakai Baterai

Usable Time Battery	=	BHP / $P_D$ Baterai
time	=	0,107232 h
time	=	0,348503 h
time	=	0,536158 h

menit  
menit  
menit

7a. Kapal dioperasikan dengan kecepatan maksimal servis 5 knot

#### Jarak Maksimal

$$\begin{aligned} v &= 5 \text{ knot} = 2,572222222 \text{ m/s} \\ &= 9,26 \text{ km/h} \\ s &= v \times \text{time} \\ &= 4,964825 \text{ km} \end{aligned}$$

7b. Kapal dioperasikan dengan kecepatan maksimal servis 10 knot

#### Jarak Maksimal

$$\begin{aligned} V_{\text{service}} &= 10 \text{ knot} = 5,144444444 \text{ m/s} \\ &= 18,52 \text{ km/h} \\ s &= v \times \text{time} \\ &= 9,92965 \text{ km} \end{aligned}$$

7c. Kapal dioperasikan dengan kecepatan maksimal servis 15 knot

#### Jarak Maksimal

$$\begin{aligned} V_{\text{max. Service}} &= 15 \text{ knot} = 7,716666667 \text{ m/s} \\ &= 27,78 \text{ km/h} \\ s &= v \times \text{time} \\ &= 14,89448 \text{ km} \end{aligned}$$

#### 2. Effective Horse Power

EHP	=	$R_T \cdot V_{\text{max service}}$	(PNA vol. II, hal.153)
	=	6,173333 kW	(5 knot)
	=	20,06333 kW	(10 knot)
	=	30,86667 kW	(15 knot)
1 HP	=	0,7457 kW	
EHP	=	4,603455 HP	
	=	14,96123 HP	
	=	23,01727 HP	

#### 4. Brake Horse Power

BHP	=	DHP + (X% DHP)
X%	=	15% (Parametric Design Chapter 11, hal.11-29)
BHP	=	8,159162 HP (5 knot)
	=	26,51728 HP (10 knot)
	=	40,79581 HP (15 knot)

#### 6. Penentuan Baterai

3000 x SONY Lithium-Ion US18650VTC6 Rechargeable Batteries

Capacity [mAh]	=	3000
Max Charge Voltage [V]	=	4,25
Cut Off Voltage [V]	=	2
Continous Maximum Charge Current [A]	=	5,0 – 6,0
Continous Maximum Discharge Current [B]	=	30 – 15
Weight [g]	=	46,6 +/- 1,5
Nominal Capacity [mAh]	=	3120
Nominal Voltage [V]	=	3,6
Energy Density [Wh/I]	=	631
Dimension [mm]	=	18,35x65,00 +/- 0,2

(Sumber : Sony Energy Devices Corporation)

#### 6a. Perhitungan Battery Pack

##### Perhitungan jumlah baterai yang diseri

$$n_{\text{seri}} = \frac{\text{Nominal Voltage Motor}}{\text{Nominal Voltage Baterai}} = 100$$

##### Arus Baterai

$$\begin{aligned} \text{Kuat Arus (I)} &= \frac{(P/h)}{V_{\text{motor}}} \\ P/h &= \text{Kapasitas} = 30,5 \text{ kWh} \\ P/h &= 30500 \text{ Wh} \\ I &= 84,72222 \text{ Ah} \\ \text{Kapasitas} &= 3000 \text{ mAh} = 3 \text{ Ah} \end{aligned}$$

##### Perhitungan jumlah baterai yang diparalel

$$\begin{aligned} n_{\text{Paralel}} &= \frac{I}{\text{Kapasitas}} \\ n_{\text{Paralel}} &= \frac{28,24074}{30} \text{ (Di bulatkan agar memiliki sisa energi lebih besar)} \\ &\approx \end{aligned}$$

##### Kapasitas Aktual

$$\begin{aligned} P/h_{\text{Aktual}} &= n_{\text{seri}} \times V_{\text{Baterai}} \times n_{\text{Paralel}} \times \text{Kapasitas Baterai} \\ &= 32400 \text{ Wh} \\ &= 32,4 \text{ KWh} \end{aligned}$$

##### Berat Baterai

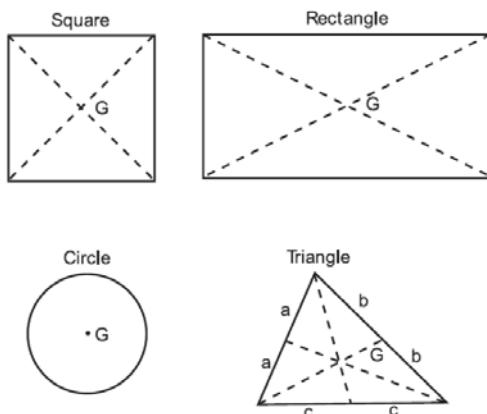
$$\begin{aligned} W_{\text{Total}} &= n_{\text{Baterai}} \times W_{\text{Baterai}} \\ n_{\text{Baterai}} &= n_{\text{Seri}} \times n_{\text{Paralel}} \\ n_{\text{Baterai}} &= 3000 \\ W_{\text{Baterai}} &= 46,6 +/- 1,5 \text{ g} \\ &\approx 48,1 \text{ g} \\ W_{\text{Total}} &= 144300 \text{ g} \\ &= 144,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

## LAMPIRAN C – PENENTUAN TITIK PUSAT

### A. Pendahuluan

Titik pusat pada mekanika terbagi menjadi dua jenis, titik pusat gravitasi G atau *Centre of Gravity* CG dan sentroid (*Centroid*) atau titik pusat geometris dari luas area atau volume dari suatu benda.

Sentroid dari sebuah area terletak pada pusat geometris dari area tersebut. Pada setiap bentuk dibawah, ‘G’ menunjukkan sentroid, dan jika benda tersebut digantung pada titik ini, benda ini akan seimbang.



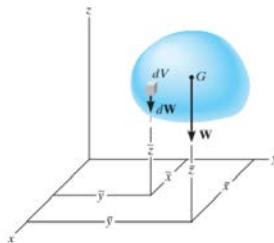
Titik pusat gravitasi dari sebuah benda adalah titik dimana semua massa dari benda tersebut dapat diasumsikan terkonsentrasi. Titik dimana gaya gravitasi berlaku vertikal ke bawah dengan gaya yang sama dengan berat dari benda. Juga titik dimana benda akan seimbang.



Titik pusat pada kapal terbagi 3 :

- a) *Centre of Gravity* (CG) adalah Titik **berat** kapal seutuhnya, pusat dari gaya berat ke bawah. *Centre of Gravity* pun memiliki 3 jenis sudut pandang (*Point of View*);
  - *Longitudinal Centre of Gravity* (LCG)
  - *Transversal Centre of Gravity* (TCG)
  - *Vertical Centre of Gravity* (VCG) atau *Keel-Gravity* (KG)
- b) *Centre of Floatation* (CF) adalah Titik apung atau titik pusat **luasan bidang** garis air pada sarat. *Centre of Floatation* memiliki 1 jenis sudut pandang (*Point of View*) karena hanya merupakan bidang 1 dimensi atau 1 sumbu (Luas Area atau Luasan);
  - *Longitudinal Centre of Floatation* (LCF)
- c) *Centre of Bouyancy* (CB) adalah Titik pusat gaya tekan keatas (boyansi) **volume** kapal yang tercelup air. *Centre of Bouyancy* memiliki 2 jenis sudut pandang (*Point of View*) karena merupakan bidang 2 dimensi atau 2 sumbu (Volume);
  - *Longitudinal Centre of Bouyancy*(LCF)
  - *Keel-Bouyant*(KB)

**a. Titik Pusat Gravitasi**



Titik pusat gravitasi G merupakan titik dimana berat benda dapat dianggap terpusat. Jarak dari sumbu ke titik ini dapat ditentukan dari keseimbangan momen, yang mengharuskan bahwa momen berat dari seluruh partikel pada benda gaya sekitar sumbu harus sama dengan momen seluruh berat tubuh sekitar sumbu.

$$\bar{x} = \frac{\int \tilde{x} dW}{\int dW}$$

$$\bar{y} = \frac{\int \tilde{y} dW}{\int dW}$$

$$\bar{z} = \frac{\int \tilde{z} dW}{\int dW}$$

Pusat massa akan bertepatan dengan pusat gravitasi dengan syarat percepatan gravitasi dalam kondisi konstan.

**b. Sentroid**

Sentroid adalah lokasi pusat geometris dari benda. Hal ini ditentukan dengan cara yang sama, menggunakan keseimbangan momen dari elemen geometris seperti area, atau segmen volume.

Untuk benda yang memiliki bentuk kontinu, momen dirangkum (diintegrasikan) menggunakan elemen diferensial.

### i. Sentroid pada elemen geometris Luas Area

$$\overline{\text{Sumbu}} = \frac{\int_A \text{Sumbu} dA}{\int dA} \dots \dots \dots (2.7)$$

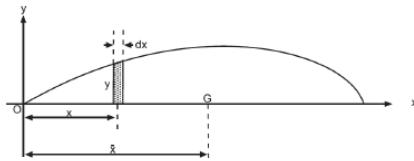
$$\bar{x} = \frac{\int_A \tilde{x} dA}{\int dA}$$

$$\bar{y} = \frac{\int_A \tilde{y} dA}{\int dA}$$

$$\bar{z} = \frac{\int_A \tilde{z} \, dA}{\int dA}$$

Titik Apung (*Centre of Floation*) dan Titik *Keel-Bouyant* (*distance from keel to center of buoyancy*) menggunakan metode penentuan Sentroid pada elemen geometris luas area pada luas area bidang air.

- Titik pusat suatu bidang juga dapat dihitung dengan membagi momen dengan luasannya.
    - Sebagai contoh, luasan bidang air dapat dihitung dengan aturan Simpson, dimana  $\frac{1}{2}$  lebar digunakan sebagai ordinat.
    - Jika momen dari  $\frac{1}{2}$  lebar terhadap suatu titik dipakai sebagai ordinat, total momen dari luasan pada titik tersebut akan dapat dihitung.
    - Jika total momen selanjutnya dibagi dengan total luasan, maka jarak titik pusat terhadap suatu titik dapat dicari.
  - Perhitungan Area



- Area potongan =  $y \cdot dx$
- Area dari  $\frac{1}{2} WP = \int_0^L y \cdot dx$
- Area dari  $WP = 2 \cdot \int_0^L y \cdot dx$
- Kemudian nilai dari integral tersebut dihitung dengan aturan Simpson dimana variabel  $y$  digunakan sebagai ordinat.

$$\int_0^L y \cdot dx = \frac{h}{4} (a + 4b + 2c + 4d + e)$$

- Perhitungan Momen
  - Moment potongan pada  $OY = x \cdot y \cdot dx$
  - Area dari  $\frac{1}{2} WP$  pada  $OY = \int_0^L x \cdot y \cdot dx$
  - Area dari  $WP = 2 \cdot \int_0^L x \cdot y \cdot dx$
  - Kemudian nilai dari integral tersebut dihitung dengan aturan Simpson dimana nilai  $x \cdot y$  digunakan sebagai ordinat.
- Penentuan Titik Pusat Apung atau sentroid pusat apung dari  $x$  dari  $OY$  adalah:

$$\bar{x} = \frac{\text{Moment}}{\text{Area}}$$

$$\bar{x} = \frac{2 \cdot \int_0^L x \cdot y \cdot dx}{2 \cdot \int_0^L ay \cdot dx} = \frac{\Sigma_2}{\Sigma_1} x h$$

Dimana  $\Sigma_1$  dan  $\Sigma_2$  dari tabel perhitungan Simpson.

## ii. Sentroid pada elemen geometris Volume

$$\overline{\text{Sumbu}} = \frac{\int_v \text{Sumbu} dv}{\int dv}. \quad (2.8)$$

$$\bar{x} = \frac{\int_V \tilde{x} dV}{\int dV}$$

$$\bar{y} = \frac{\int_{\nabla} \tilde{y} d\nabla}{\int d\nabla}$$

$$\bar{z} = \frac{\int_V \tilde{z} dV}{\int dV}$$

Titik daya apung atau Titik Bouyant (*Centre of Bouyancy*) menggunakan metode penentuan Sentroid pada elemen geometris volume pada volume dari bagian kapal yang tercelup air.

### **B. Penentuan Titik Pusat**

Untuk menemukan titik pusat dari suatu area atau volume, area atau volume tersebut harus sudah diketahui besarannya dalam satuan SI atau Satuan Internasional sebagai luasan area ( $\text{m}^2$ ) atau volume/ruang ( $\text{m}^3$ ).

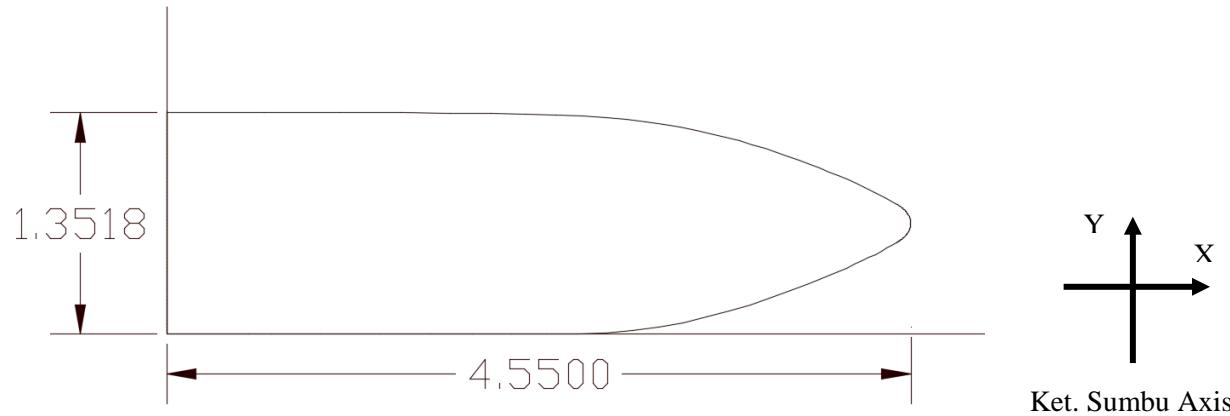
Karena fokusannya pembahasan hanya terbatas pada rumpun keilmuan Teknik Mesin, titik pusat yang dicari sebagai pendukung nilai titik pusat gravitasi (*Centre of Gravity*) yang didapat dari *software Maxsurf Modeler Advanced* adalah titik pusat gravitasi dalam sudut pandang (*Point of View*) memanjang atau longitudinal sebagai nilai *Longitudinal Centre of Gravity* (LCG).

Sesuai dengan Poin 2.2.4 Penentuan Titik Pusat pada Bab 2 – Dasar Teori (atau bagian A. Pendahuluan - Lampiran C ini) , metode penentuan titik pusat gravitasi seharusnya menggunakan

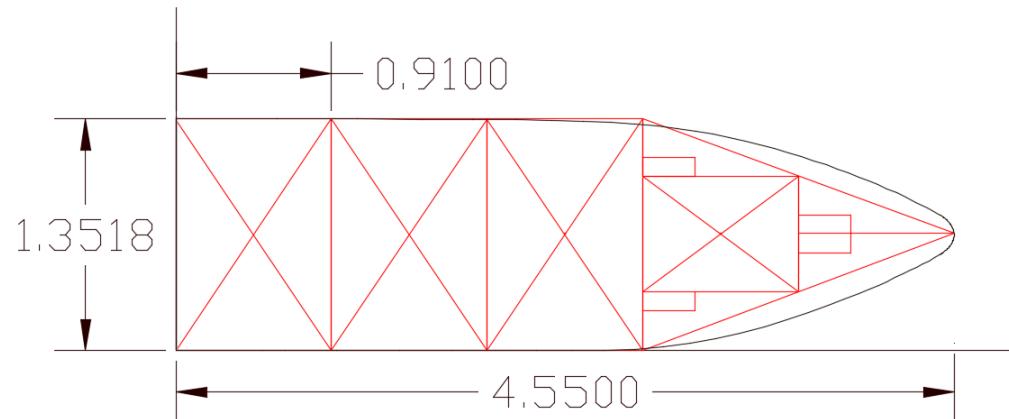
persamaan 2.6 dimana penggunaan nilai Berat dipergunakan. Namun, akibat tidak adanya proses konstruksi menggunakan metode *trimming*, *framing*, dan *meshing*, nilai Berat tidak ada atau diasumsikan benda sebagai partikel atau benda kecil.

Metode yang digunakan untuk menemukan nilai LCG adalah dengan menggunakan penentuan sentroid (titik pusat) pada elemen geometris luas area (persamaan 2.7), dalam hal ini luasan area melintang kapal ASV.

**Tampak Memanjang atau *Breadth Plan* ASV Sang Nadibumi**



- **Pembagian Blok**

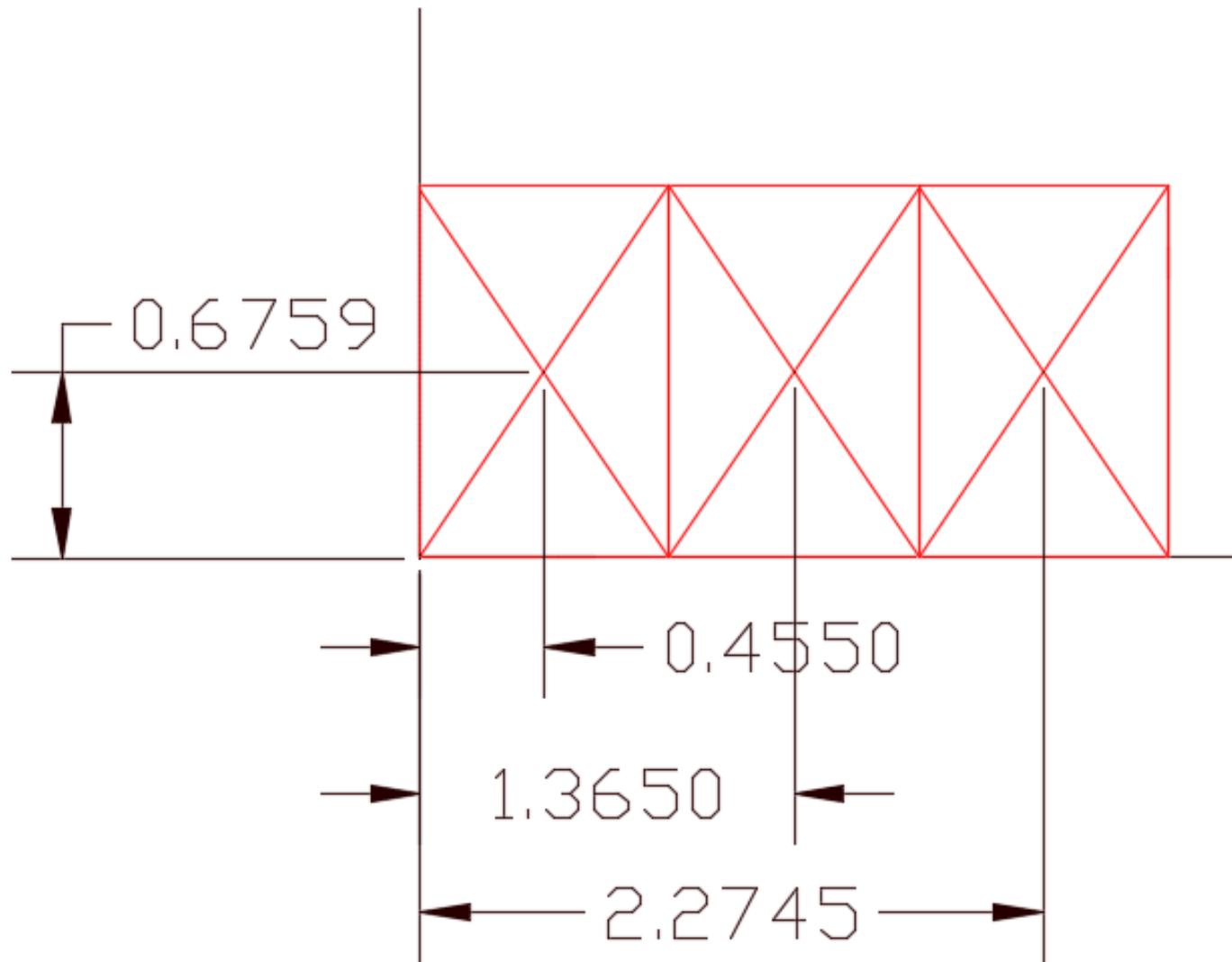


Dibagi menjadi beberapa bagian atau blok untuk memudahkan penggunaan metode sentroid elemen geometris area. Dijadikan 5 blok dengan panjang 1,3518 m atau 1,3520 m dan lebar 0,91 m.

### • Penulisan Persamaan

$$\overline{\text{Sumbu}} = \frac{\sum \text{Sumbu} x A \text{ Sumbu}}{\sum A \text{ Sumbu}} = \frac{\text{Sumbu } 1 x A \text{ Sumbu } 1 + \text{Sumbu } 2 x A \text{ Sumbu } 2 + \text{Sumbu } 3 x A \text{ Sumbu } 3 + \text{Sumbu } n x A \text{ Sumbu } n + \dots}{A \text{ Sumbu } 1 + A \text{ Sumbu } 2 + A \text{ Sumbu } 3 + A \text{ Sumbu } n + \dots}$$

**Perhitungan Blok I – III**



$$Luas Bidang 1 - 3 (\text{Persegi Panjang}) = p \times l = 1,3250 \text{ m} \times 0,91 \text{ m} = 1,23032 \text{ m}^2$$

1. Bidang 1 (Persegi Panjang)

$$X_1 = 0,455 \text{ m}$$

$$Y_1 = 0,6759 \text{ m}$$

2. Bidang 2 (Persegi Panjang)

$$X_2 = X_1 + \text{Jarak dari Bidang 1 ke Bidang 2} = 0,455 \text{ m} + 0,91 \text{ m} = 1,365 \text{ m}$$

$$Y_2 = 0,6759 \text{ m}$$

3. Bidang 3 (Persegi Panjang)

$$X_3 = X_2 + \text{Jarak dari Bidang 2 ke Bidang 3} = 1,365 \text{ m} + 0,91 \text{ m} = 2,275 \text{ m}$$

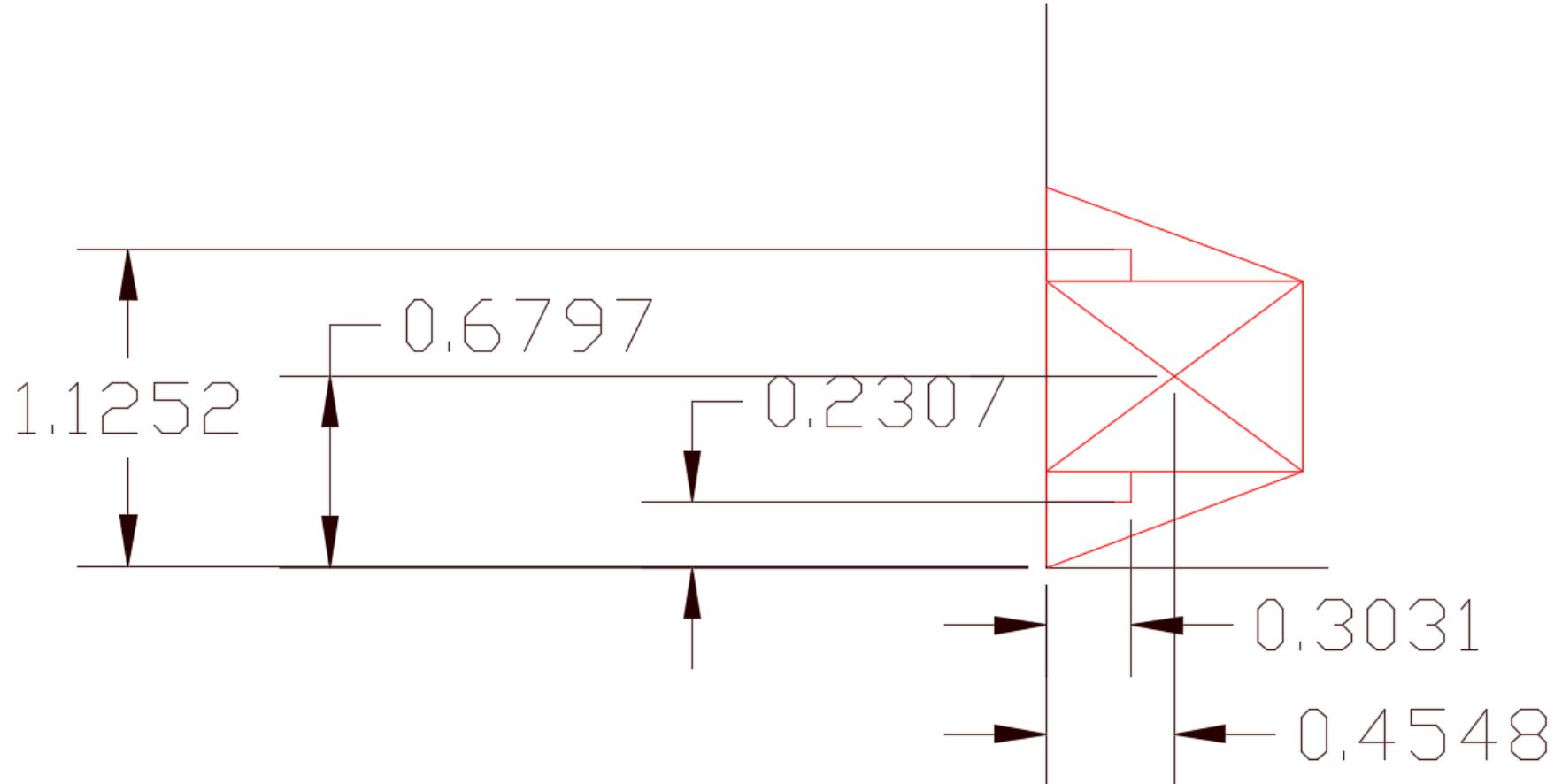
$$Y_3 = 0,6759 \text{ m}$$

Maka titik pusat gravitasi dari Blok I – III

$$X_{\text{Blok I - III}} = \frac{\sum L_{\text{Bidang}} \times X}{\sum L_{\text{Bidang}}} = \frac{L_{\text{Bidang 1}} \times X_1 + L_{\text{Bidang 2}} \times X_2 + L_{\text{Bidang 3}} \times X_3}{L_{\text{Bidang 1}} + L_{\text{Bidang 2}} + L_{\text{Bidang 3}}} = \frac{5,0381604}{3,69096} = 1,365$$

$$Y_{\text{Blok I - III}} = \frac{\sum L_{\text{Bidang}} \times Y}{\sum L_{\text{Bidang}}} = \frac{L_{\text{Bidang 1}} \times Y_1 + L_{\text{Bidang 2}} \times Y_2 + L_{\text{Bidang 3}} \times Y_3}{L_{\text{Bidang 1}} + L_{\text{Bidang 2}} + L_{\text{Bidang 3}}} = \frac{2,49471986}{3,69096} = 0,6759$$

## Perhitungan Blok IV



1. Bidang 1 (Segitiga siku - siku)

$$\text{Luas Bidang 1 (Segitiga)} = \frac{1}{2} \times a \times t = \frac{1}{2} \times 0,3344 \text{ m} \times 0,91 \text{ m} = 0,152152 \text{ m}^2$$

$$X_1 = \text{Luas Segitiga} \times \left(\frac{1}{3} \times t\right) = 0,152152 \text{ m}^2 \times \left(\frac{1}{3} \times 0,91 \text{ m}\right) + 0 \text{ m} = 0,04615277$$

$$Y_1 = \text{Luas Segitiga} \times \left(\frac{1}{3} \times a\right) = 0,152152 \text{ m}^2 \times \left(\frac{1}{3} \times 0,3344 \text{ m}\right) + 0 \text{ m} = 0,01695988$$

2. Bidang 2 (Persegi panjang)

$$Luas Bidang 2 (Persegi Panjang) = p \times l = 0,6755 \text{ m} \times 0,91 \text{ m} = 0,614705 \text{ m}^2$$

$$X_2 = Luas Persegi Panjang \times \left(\frac{1}{2} \times l\right) = 0,614705 \text{ m}^2 \times \left(\frac{1}{2} \times 0,91 \text{ m}\right) + 0 \text{ m} = 0,27969078$$

$$Y_2 = Luas Persegi Panjang \times \left(\frac{1}{2} \times p\right) = 0,614705 \text{ m}^2 \times \left(\frac{1}{2} \times 0,6755 \text{ m}\right) + 0,3344 \text{ m} = 0,54201661$$

3. Bidang 3 (Segitiga siku - siku)

$$Luas Bidang 3 (Segitiga) = \frac{1}{2} \times a \times t = \frac{1}{2} \times 0,3344 \text{ m} \times 0,91 \text{ m} = 0,152152 \text{ m}^2$$

$$X_3 = Luas Segitiga \times \left(\frac{1}{3} \times t\right) = 0,152152 \text{ m}^2 \times \left(\frac{1}{3} \times 0,91 \text{ m}\right) + 0 \text{ m} = 0,04615277$$

$$Y_3 = Luas Segitiga \times \left(\frac{2}{3} \times a\right) = 0,152152 \text{ m}^2 \times \left(\frac{2}{3} \times 0,3344 \text{ m}\right) + (0,675 \text{ m} + 0,3344 \text{ m}) = 1,04381975$$

Maka titik pusat gravitasi dari Blok IV

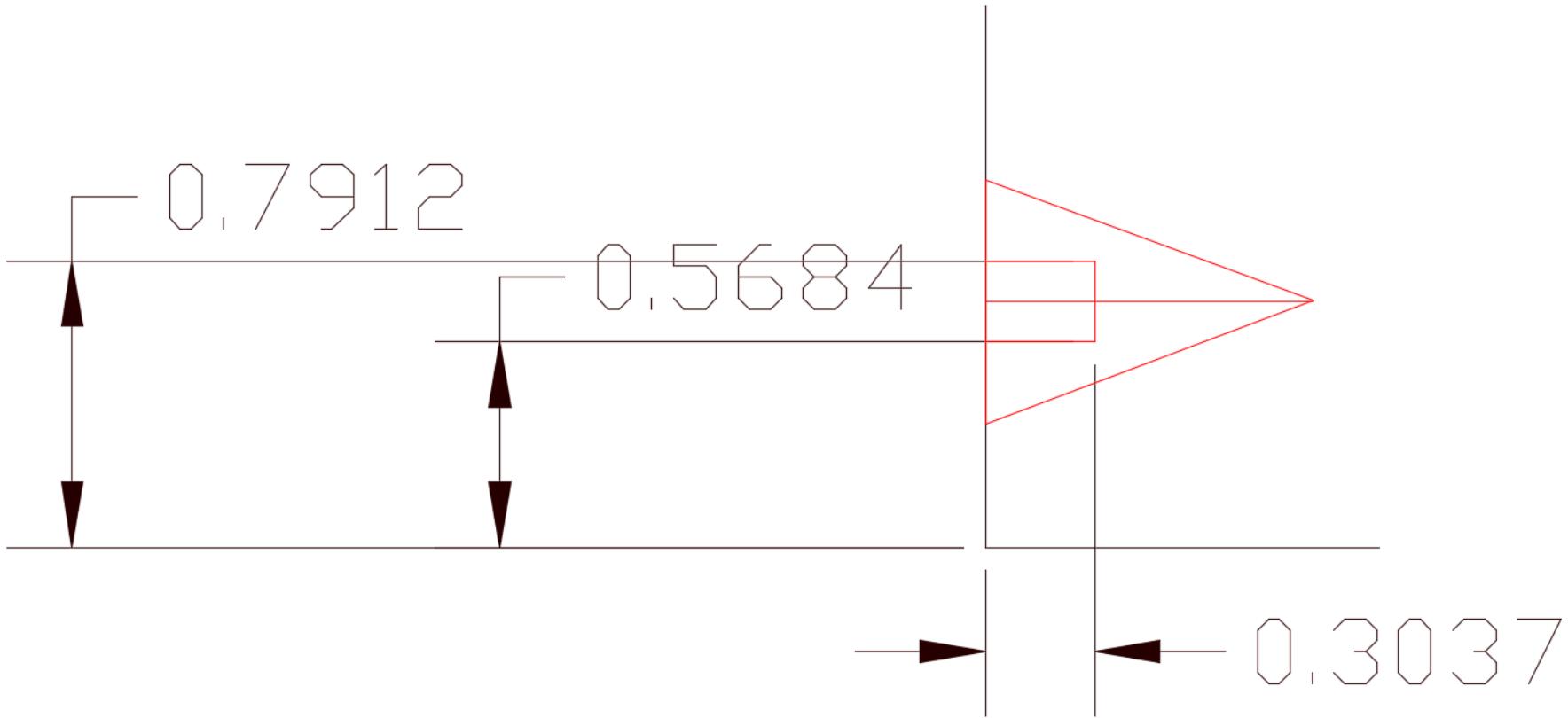
$$X_{Blok\ IV} = \frac{\sum L_{Bidang} \times X}{\sum L_{Bidang}} = \frac{L_{Bidang\ 1} \times X_1 + L_{Bidang\ 2} \times X_2 + L_{Bidang\ 3} \times X_3}{L_{Bidang\ 1} + L_{Bidang\ 2} + L_{Bidang\ 3}} = \frac{0,18597179}{0,919009} = 0,20236123$$

Karena, X Blok IV memiliki jarak dari Blok I ke Blok IV sebesar ( $3 \times 0,91 \text{ m}$ ) atau  $2,73 \text{ m}$ , maka ditambahkan ke koordinat X Blok IV.

$$X_{Blok\ IV} = 0,20236123 + 2,73 = 2,93236123$$

$$Y_{Blok\ IV} = \frac{\sum L_{Bidang} \times Y}{\sum L_{Bidang}} = \frac{L_{Bidang\ 1} \times Y_1 + L_{Bidang\ 2} \times Y_2 + L_{Bidang\ 3} \times Y_3}{L_{Bidang\ 1} + L_{Bidang\ 2} + L_{Bidang\ 3}} = \frac{0,49458006}{0,919009} = 0,53816673$$

## Perhitungan Blok V



1. Bidang 1 (Segitiga siku - siku)

$$\text{Luas Bidang 1 (Segitiga)} = \frac{1}{2} \times a \times t = \frac{1}{2} \times 0,3344 \text{ m} \times 0,91 \text{ m} = 0,152152 \text{ m}^2$$

$$X_1 = \text{Luas Segitiga} \times \left(\frac{1}{3} \times t\right) = 0,152152 \text{ m}^2 \times \left(\frac{1}{3} \times 0,91 \text{ m}\right) + 0 \text{ m} = 0,04615277$$

$$Y_1 = \text{Luas Segitiga} \times \left(\frac{1}{3} \times a\right) = 0,152152 \text{ m}^2 \times \left(\frac{1}{3} \times 0,3344 \text{ m}\right) + 0,3344 \text{ m} = 0,35135988$$

2. Bidang 2 (Segitiga siku - siku)

$$Luas Bidang 2 (\text{Segitiga}) = \frac{1}{2} \times a \times t = \frac{1}{2} \times 0,3344 \text{ m} \times 0,91 \text{ m} = 0,152152 \text{ m}^2$$

$$X_2 = Luas Segitiga \times \left(\frac{1}{3} \times t\right) = 0,152152 \text{ m}^2 \times \left(\frac{1}{3} \times 0,91 \text{ m}\right) + 0 \text{ m} = 0,04615277$$

$$Y_2 = Luas Segitiga \times \left(\frac{2}{3} \times a\right) = 0,152152 \text{ m}^2 \times \left(\frac{2}{3} \times 0,3344 \text{ m}\right) + (2 \times 0,3344) \text{ m} = 0,70271975$$

Maka titik pusat gravitasi dari Blok V

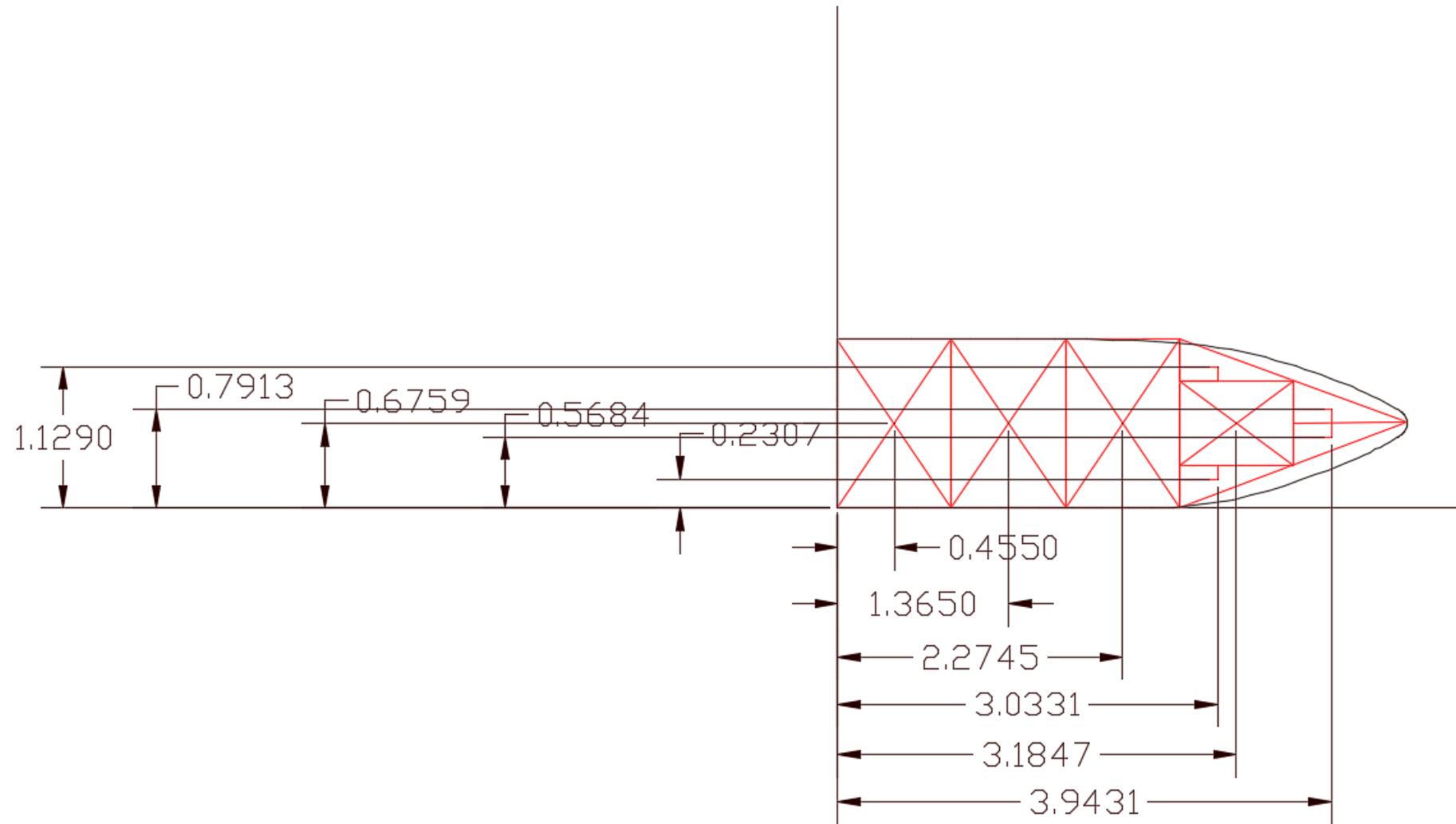
$$X_{\text{Blok } V} = \frac{\sum L_{\text{Bidang}} \times X}{\sum L_{\text{Bidang}}} = \frac{L_{\text{Bidang } 1} \times X_1 + L_{\text{Bidang } 2} \times X_2}{L_{\text{Bidang } 1} + L_{\text{Bidang } 2}} = \frac{0,01404447}{0,304304} = 0,046152773$$

Karena, X Blok V memiliki jarak dari Blok I ke Blok IV sebesar (4 x 0,91 m) atau 3,64 m, maka ditambahkan ke koordinat X Blok V.

$$X_{\text{Blok } IV} = 0,046152773 + 3,64 = 3,68615277$$

$$Y_{\text{Blok } V} = \frac{\sum L_{\text{Bidang}} \times Y}{\sum L_{\text{Bidang}}} = \frac{L_{\text{Bidang } 1} \times Y_1 + L_{\text{Bidang } 2} \times Y_2}{L_{\text{Bidang } 1} + L_{\text{Bidang } 2}} = \frac{0,16038032}{0,304304} = 0,52703981$$

## Perhitungan Total



1. Blok I – III
 

Luas Blok I – III	=	3,69096 m <sup>2</sup>
X1	=	1,3650
Y1	=	0,6759
2. Blok IV
 

Luas Blok IV	=	0,919009 m <sup>2</sup>
X2	=	2,93236123
Y2	=	0,53816673
3. Blok V
 

Luas Blok V	=	0,304304 m <sup>2</sup>
X3	=	3,68615277
Y3	=	0,52703981

Maka titik pusat gravitasi total :

$$X = \frac{\sum L \text{ Blok} \times X}{\sum L \text{ Blok}} = \frac{L \text{ Blok I - III} \times X1 + L \text{ Blok IV} \times X2 + L \text{ Blok V} \times X3}{L \text{ Blok 1} + L \text{ Blok 2} + L \text{ Blok 3}} = \frac{8,85473779}{4,914273} = 1,80184084$$

$$Y = \frac{\sum L \text{ Blok} \times Y}{\sum L \text{ Blok}} = \frac{L \text{ Blok I - III} \times Y1 + L \text{ Blok IV} \times Y2 + L \text{ Blok V} \times Y3}{L \text{ Blok 1} + L \text{ Blok 2} + L \text{ Blok 3}} = \frac{3,14968025}{4,914273} = 0,64092497$$

Dengan nilai LCG yang didapat dari *software Maxsurf Modeler Advanced* pada poin 4.2.1 yakni -0,173 pada titik acuan *Midships* (MS) dan 0 m pada titik acuan tengah kapal (setengah *beam*) sehingga didapat nilai X dan Y nya :

$$X \text{ aktual} = MS - 0,173 = 2,156 - 0,173 = 1,983$$

$$Y \text{ aktual} = \frac{1}{2} \times 1,352 = 0,676$$

Perbedaan nilai LCG :

$$\Delta X = X \text{ aktual} - X = 1,983 - 1,80184084 = 0,18116$$

$$\Delta Y = Y \text{ aktual} - Y = 0,676 - 0,64092497 = 0,03508$$

### Perhitungan Titik Pusat Gravitasi ASV Sang Nadibumi

#### Perhitungan Blok I - III

Blok	X	Y	A	xA	yA
Blok I	0,455	0,6759	1,23032	0,5597956	0,83157329
Blok II	1,365	0,6759	1,23032	1,6793868	0,83157329
Blok III	2,275	0,6759	1,23032	2,798978	0,83157329
Total		3,69096	5,0381604	2,49471986	
Hasil		X	=	1,365	
		Y	=	0,6759	

Agenda			
l	=	0,91	m
p	=	1,352	m

#### Perhitungan Blok IV

Bidang	X	Y	A	xA	yA
Bidang I	0,04615277	0,01695988	0,152152	0,00702224	0,00258048
Bidang II	0,27969078	0,54201661	0,614705	0,17192732	0,33318032
Bidang III	0,04615277	1,04381975	0,152152	0,00702224	0,15881926
Total		0,919009	0,18597179	0,49458006	
Hasil ( X + (3 x 0,91 m) )		X	=	2,93236123	
		Y	=	0,53816673	

Agenda			
a	=	0,3344	m
t atau l	=	0,91	m
p	=	0,6755	m
3 x 0,91 m	=	2,73	m

(Jarak dari titik acuan ke Blok IV)

#### Perhitungan Blok V

Bidang	X	Y	A	xA	yA
Bidang I	0,04615277	0,35135988	0,152152	0,00702224	0,05346011
Bidang II	0,04615277	0,70271975	0,152152	0,00702224	0,10692022
Total		0,304304	0,01404447	0,16038032	
Hasil ( X + (4 x 0,91 m) )		X	=	3,68615277	
		Y	=	0,52703981	

Agenda			
a	=	0,3344	m
t	=	0,91	m
4 x 0,91 m	=	3,64	m

(Jarak dari titik acuan ke Blok V)

#### Perhitungan Total

Blok	X	Y	A	xA	yA
Blok I - III	1,365	0,6759	3,69096	5,0381604	2,49471986
Blok IV	2,93236123	0,53816673	0,919009	2,69486636	0,49458006
Blok V	3,68615277	0,52703981	0,304304	1,12171103	0,16038032
Total		4,914273	8,85473779	3,14968025	
Hasil Akhir		X	=	1,80184084	
		Y	=	0,64092497	

#### Perbandingan Hasil Akhir dan Hasil software Maxsurf Modeler Advanced

X aktual software	=	1,983	m	
Y aktual software	=	0,676	m	

#### Perbedaan Nilai

X	=	0,181159	m	
Y	=	0,035075	m	