

# STUDI AWAL PERANCANGAN KAPAL 60 METER DENGAN FUNGSI UTAMA SEBAGAI KAPAL SAR (SEARCH AND RESCUE)

Sutrisno<sup>1</sup>, Ary Kurniawan<sup>2</sup>, Agoes Santoso<sup>3</sup>

<sup>1,3,4</sup> Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), Surabaya Indonesia.

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Surabaya

## Abstrak

Saat ini tugas TNI AL dalam melaksanakan operasi SAR (*Search and Rescue*), banyak di dukung oleh jenis kapal-kapal patroli cepat. Rata-rata usia kapal sudah lebih dari 20 tahun, sehingga tingkat keandalannya sudah mulai menurun. Kapal-kapal patroli yang ada sekarang rata-rata fungsi sasasinya hanya sebagai kapal cepat dan dirancang untuk menghadapi kondisi cuaca pada SS 3 sekala keadaan laut, fasilitas kapal untuk pertolongan korban juga banyak yang rusak karena faktor usia. Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis membuat suatu konsep perancangan Kapal SAR, *lines plan* dan *general arrangement* kapal. Konsep perancangan menggunakan perhitungan dan pemodelan dengan program komputer, sehingga didapatkan hasil yang lebih baik. Perancangan awal kapal 60-meter dengan fungsi utama sebagai kapal SAR ini memiliki kemampuan bergerak maksimal 25 knot dan stabilitas yang tinggi sehingga dapat bergerak dalam cuaca cukup ekstrim yaitu pada SS5 skala keadaan laut. Adapun dimensi pokok/ukuran utama MPB hasil perancangan adalah: *Displacement, full load: 1026 full load; Dimension, meter : 62,52 x 9,05 x 3,6; Main machinery: 2 MTU 12V 1163 TB93 diesels, 11,908 hp, 2 shafts; Speed, knot: 25,5 knots; Range, n miles : 7700 at 19 kt, 4650 at 21 kt; Complement : 46 plus 8 spare berths; Search and Rescue Facilities : 1 rescue craft, 2 RIB launched by 5 tons crane, 2 rubber boat 40 hp, helicopter deck if weights up to 4900 kg, survivor rescue area, medical facility, camber facility, side scan sonar, NBC pollution control, firefighting capability.* Diharapkan hasil dari perencanaan ini dapat sebagai bahan pertimbangan kebijakan pimpinan TNI Angkatan Laut untuk menentukan salah satu jenis kendaraan perairan untuk jajaran kapal patrol.

**Kata kunci:** SAR (*Search and Rescue*), dan kapal 60-meter.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut sebagai pembina utama teritorial laut, selain sebagai pertahanan negara dan penjaga keamanan negara, juga mengemban tugas lain yaitu melaksanakan operasi kemanusiaan di laut. Tugas yang terakhir tersebut tercermin pada operasi kemanusiaan berupa pencarian dan pertolongan kepada korban kecelakaan dilaut atau SAR (*Search and Rescue*). Dalam melaksanakan operasi SAR, TNI AL harus mampu bertindak cepat dan sigap dalam memberikan pertolongan kecelakaan di laut, serta dapat memberikan pertolongan pertama terhadap korban kecelakaan dilaut. Memberikan informasi yang tepat dan akurat dalam suatu operasi SAR, tentang keadaan

laut dan kondisi korban dengan terlibat langsung di lokasi kejadian.

Saat ini tugas TNI AL dalam melaksanakan operasi SAR, banyak di dukung oleh jenis kapal-kapal patroli cepat. Dalam operasi SAR dibutuhkan suatu kecepatan gerak, dan kemampuan manuver kapal dalam menghadapi kondisi cuaca buruk dilaut agar korban dapat segera ditolong. Sebagai informasi bahwa kondisi kapal-kapal patroli yang ada sekarang rata-rata fungsi sasasinya hanya sebagai kapal cepat dan dirancang untuk beroperasi pada kondisi cuaca State 3 Sekala Laut, fasilitas kapal untuk pertolongan korban juga dalam keadaan rusak karena faktor usia. Rata-rata usia kapal sudah lebih dari 20 tahun, sehingga tingkat keandalannya sudah mulai menurun. Ketika terjadi kecelakaan di

laut pencarian korban sering tertunda atau terhalang karena kondisi kapal yang dinilai tidak mampu untuk menghadapi cuaca buruk. Hal ini akan berakibat pada jumlah korban bertambah banyak serta sektor pencarian akan semakin luas karena korban terbawa oleh arus.

Dengan dasar konsep teknologi yang berkembang, maka dicoba suatu perancangan awal kapal 60-meter dengan fungsi utama sebagai kapal SAR yang memiliki kemampuan bergerak maksimal 25 knot dan stabilitas yang tinggi sehingga dapat bergerak dalam cuaca cukup ekstrim yaitu pada State 8 skala *Beaufort* atau SS5 skala Keadaan Laut. Dengan akselerasi tinggi dan dapat beroperasi di berbagai macam keadaan cuaca maka dapat dipertimbangkan sebagai alternatif pengganti kapal-kapal patroli yang saat ini rata-rata sudah memasuki usia diatas 20 tahun. Sehingga sesuai dengan kebutuhan operasi TNI-AL selain pertahanan dan keamanan, yaitu melaksanakan operasi pencarian dan pertolongan korban kecelakaan dilaut atau SAR.

## 1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang seperti penjelasan diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- a. Konsep teknis dan Perancangan awal Kapal SAR dengan panjang  $\pm 60$  meter.
- b. Analisa perancangan awal kapal agar mampu bergerak dengan kecepatan maksimal 25 knot, dengan stabilitas yang tinggi serta dapat beroperasi pada State 8 skala *Beaufort* atau SS5 skala Keadaan Laut (gelombang maksimal 6 meter).

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pada penulisan tugas akhir ini adalah perancangan awal (*Preliminary design*) dengan didukung dari masukan data-data yang ada, meliputi konsep teknis kapal dengan kemampuan khusus sebagai kapal SAR. Membuat rencana umum dan rencana garis, perhitungan displacement serta tahanan kapal yang disesuaikan dengan menggunakan program *maxsurf*. Dengan harapan kedepan dapat membantu pemilihan kapal SAR 60 meter, mampu bergerak dengan kecepatan maksimal 25 knot dan mempunyai stabilitas tinggi pada gelombang maksimal 6 meter. Hasil dari perencanaan ini dapat sebagai bahan pertimbangan kebijakan pimpinan TNI Angkatan Laut untuk menentukan salah satu jenis kendaraan perairan untuk jajaran kapal patroli

## 1.4.1 Manfaat Penelitian.

Hasil penulisan Tugas Akhir ini diharapkan TNI Angkatan Laut dapat mendukung dan melaksanakan suatu operasi kemanusiaan, yang mampu bertindak cepat dan sigap dalam memberikan pertolongan kecelakaan di laut. Breakfast dalam mengembangkan teknologi dan rancang bangun kendaraan perairan khususnya kapal cepat guna mendukung operasi SAR dan dapat menambah data yang bisa memberikan informasi untuk penelitian lebih lanjut berkaitan dengan pengembangan kapal SAR.

## 1.5 Batasan Masalah

Ruang lingkup penulisan ini terbatas pada permasalahan :

- a. Analisa perhitungan data-data kapal yang akan dirancang.
- b. Analisa desain awal (*Preliminary design*) yaitu rencana garis dan rencana umum, penentuan dimensi / ukuran utama bangunan kapal SAR 60 meter.
- c. Perhitungan *displacement*, luas permukaan basah dan perhitungan tahanan kapal.
- d. Perhitungan engine propeller machining.
- e. Tidak membahas permasalahan biaya yang diperlukan, kekuatan bahan material, kebutuhan daya kapal, serta sistem kontrol / pendukungnya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Daerah Pengoperasian/ Perlengkapan

Berdasarkan jarak ZEE Indonesia maka dalam perencanaannya kapal ini dapat beroperasi hingga 200 Nm dari garis pantai serta berdasarkan prediksi dari dinas BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) bahwa pada tahun 2009 gelombang laut di wilayah Indonesia mencapai 5 meter, bahkan di wilayah tertentu sudah mencapai 6-meter atau sea stage 5. Oleh karena itu kapal ini dirancang untuk dapat beroperasi pada keadaan laut maksimal sea stage 5 atau tinggi gelombang maksimal 6 meter. Sehingga dengan kemampuan tersebut diharapkan dapat di tempatkan seluruh pangkalan Indonesia. Kapal SAR ini dirancang dengan:

Menggunakan bentuk *convensional displacement*.

- a. Menggunakan tenaga penggerak / pendorong.
- b. Menggunakan mesin bantu untuk menjalankan peralatan pendukung kapal.
- c. Dipersiapkan sebagai kapal SAR yang didukung dengan geladak helly, ruang

perawatan, kamar jenazah, peralatan navigasi, side sonar, sekoci penolong.

## 2.2 Spesifikasi Kapal SAR

Kapal SAR harus dapat melaksanakan tugas-tugas pokok TNI AL pada masa perang maupun masa damai, disamping itu diharapkan mampu digunakan dalam melaksanakan tugas-tugas yang sifatnya khusus antara lain:

- a. Menunjang operasi patroli keamanan.
- b. Pengamanan dan pengawalan VVIP/VIP sesuai protap yang berlaku.
- c. Sebagai kapal surfai.

Berdasarkan data dari kapal-kapal TNI AL kelas KRI Kakap yang memiliki fungsi utama sebagai kapal SAR, dan dari data kapal-kapal SAR Negara lain. Dapat dilihat pada lampiran A-1 dan lampiran A-2. Dapat disimpulkan peralatan yang layak dimiliki oleh kapal SAR dengan panjang  $\pm 60$ -meter diantaranya adalah:

- a. Sebagai kapal dengan kemampuan *Search*(pencarian), yaitu:
  - 1) Kecepatan yang tinggi, sehingga dapat bergerak cepat.
  - 2) Mempunyai stabilitas yang tinggi serta kekuatan konstruksi kapal.
  - 3) Mampu beroperasi di seluruh perairan Indonesia pada saat cuaca buruk(sea stage 5) maksimal tinggi ombak 6 meter.
  - 4) Didukung dengan peralatan navigasi, komunikasi dan sonar.
  - 5) Dilengkapi dengan geladak Helly.
- b. Sebagai kapal dengan kemampuan *Rescue*(pertolongan), yaitu:
  - 1) Dilengkapi dengan sekoci penolong.
  - 2) Lifesaving Equipment.
  - 3) External Firefighting.
  - 4) Ruang medis, ruang perawatan, ruang hiperbarik serta ruang jenazah.
  - 5) Peralatan selam, peralatan las bawah air serta di dukung peralatan pertolongan dibawah air yang lain.
- c. Sebagai kapal dengan tugas keamanan, yaitu:
  - a. Dilengkapi dengan meriam 57 mm dan 20 mm, serta senjata perorangan.Ruang pengamanan VVIP, ruang tahanan.

## 3. METODELOGI PENELITIAN

### 3.1 Identifikasi dan Inventarisasi Masalah:

#### a. Studi Literatur

Mempelajari dasar-dasar teori maupun data pendukung proses penelitian yang diperoleh dari kepustakaan, hasil penulisan tugas akhir, jurnal atau artikel dari internet

maupun penggunaan software komputer yang menunjang perhitungan dan rumus-rumus pendekatan yang berkaitan dengan perancangan kapal cepat SAR.

#### b. Studi Lapangan

Pengumpulan data – data dan informasi penting lainnya (quizsioner, interview) tentang kapal cepat SAR yang telah ada dan kemungkinan perubahannya, kemudian dihubungkan dengan kapal cepat SAR yang akan dirancang berdasarkan visi dan misi yang diinginkan.

### 3.2 Pengolahan Data dan Perancangan Awal

Sebelum menentukan ukuran-ukuran pokok/dimensi dari kapal yang akan di rancang (dalam suatu perancangan), disini penulis mengambil data pada beberapa kapal yang dianggap mempunyai kemampuan yang sama serta pernah dibuat oleh pihak galangan dengan batasan kecepatan mulai 20 knot s/d 25 knot, serta LOA kurang lebih 60 meter. Kemudian dibuat suatu grafik Dimensional Ratio kapal dengan format *trendline Polynomial* order 6(enam) serta menggunakan perhitungan manual dengan mengambil data sebuah kapal yang sudah pernah di buat juga oleh pihak galangan yang nantinya akan di pakai sebagai kapal pembanding dalam perancangan.

Adapun kegiatan-kegiatan yang akan dilaksanakan oleh penulis diantaranya adalah:

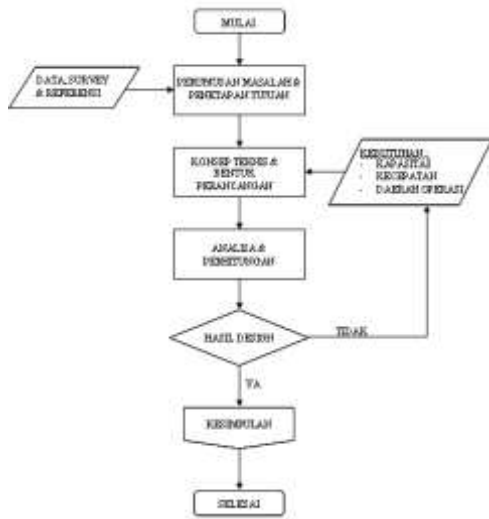
- a. Analisa perhitungan data-data kapal yang akan dirancang.
- b. Analisa desain awal (Preliminary design) yaitu rencana garis dan rencana umum, penentuan dimensi / ukuran utama bangunan kapal.
- c. Perhitungan *displacement*, luas permukaan basah dan perhitungan tahanan kapal untuk menentukan besarnya daya yang dibutuhkan sesuai dengan kecepatan yang diharapkan.

### 3.3 Kajian Teknis

Dalam perencanaan kapal ini disusun berdasarkan konsep kesempurnaan dalam pengoperasiannya, keselamatan kapal dan awaknya, serta mempunyai kemampuan sesuai yang diinginkan. Bentuk dari geladak terbuka tersebut di buat sedemikian rupa dengan dilengkapi geladak helly, geladak sekoci penyelamat yang disesuaikan dengan ukuran kondisi geladak sehingga diharapkan para prajurit dalam melaksanakan

operasinya dapat berjalan dengan mudah dan cepat.

Diharapkan hasil perancangan kapal SAR ini dapat memiliki performance yang lebih baik dari kapal SAR yang sudah ada dan sebagai alternatif pengganti dari kapal SAR yang ada di jajaran TNI AL yaitu memiliki kemampuan yang cepat (high speed) dan stabilitas yang cukup baik serta mampu berlayar pada cuaca buruk tanpa kuatir dengan kemampuan kapal.

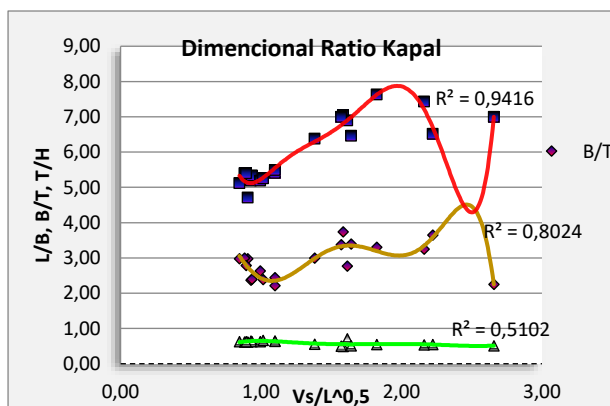


Gambar 1 Diagram Alir

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Perhitungan Dimensi Kapal

Dari beberapa data kapal SAR diatas dibuat grafik dimensional ratio boat yang digunakan sebagai kapal pembanding (ships sister), maka dilakukan perhitungan untuk mencari dimensi / ukuran pokok kapal yang akan di rancang. Antara lain sebagai berikut:



Gambar 2 Dimencional Ratio Kapal

Dari gambar 2 grafik hubungan L/B; B/T; T/H vs Vs/L<sup>0.5</sup> dengan format trandline polynomial order 6 (enam) yang diperoleh

dengan menggunakan program excel, maka akan dicari principal dimension dari Kapal SAR. Kecepatan dan panjang dari kapal SAR yang akan dirancang telah ditentukan yaitu :

$$V = 25 \times (1852/3600) = 12,8611 \text{ m/s}$$

$$L = 60 \text{ meter}$$

$$\text{Sehingga : } Vs/L^{0,5} = 1,38$$

Kemudian tarik garis lurus keatas pada grafik dimensional ratio kapal dengan nilai Vs/L<sup>0.5</sup> = 1,38 tersebut, maka diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut :

- L/B = 6,012  
B = 10 meter
- B/T = 2,94  
T = 3,40 meter
- T/H = 0,523  
H = 6,50 meter

Dari perhitungan diatas diperoleh data dimensi/ukuran pokok sementara dari kapal.

Dalam menentukan kecepatan kapal (V<sub>perancangan</sub>), = 25 Knot/jam.

- a. Menentukan L<sub>w</sub>L (panjang gas air), menggunakan Rumus Froude Number (Fn)
- b. Mencari Fn<sub>L<sub>w</sub>L</sub>, dari kapal pembanding: Kecepatan (V) pembanding = 25 Knot / Jam

$$= 25 \times \frac{1852m}{3600s} = 12,8611 \text{ m/dt}$$

$$Fn_{LwL \text{ Pembanding}} = \frac{12,8611}{\sqrt{9,81 \times 63,5}} = 0,528$$

Jika kecepatan (V) dari Kapal SAR yang akan dirancang = 25 Knot

$$= 25 \times \frac{1852m}{3600s} = 12,8611 \text{ m/dt}$$

Mencari L<sub>w</sub>L<sub>Kpl</sub> yang dirancang :

$$L = \left[ \frac{V^2}{(Fn_{LwL \text{ Pembanding}})^2 \cdot g} \right]$$

$$= 60,5 \text{ m}$$

Jadi L<sub>w</sub>L (panjang garis air) Kapal SAR yang akan dirancang = 60,5 m.

c. Mencari B (lebar) Kapal SAR yang dirancang dengan menggunakan speed-beam  $\left(\frac{s}{b}\right)$  ratio :  $\left(\frac{s}{b}\right) = \frac{V}{\sqrt{g \cdot B}}$

$$= 1,365$$

Menentukan B (lebar) Kapal SAR dengan menggunakan rumus:

$$\left(\frac{s}{b}\right) = \frac{V}{\sqrt{g \cdot B}}$$

$$B = 9,05 \text{ meter}$$

Jadi BwL (lebar garis air) Kapal SAR = 9,05 meter

d. Menentukan sarat air (Draft) (T) dengan menggunakan rumus:

$$\left(\frac{B}{T}\right)_{\text{Pembanding}} = \left(\frac{B}{T}\right)_{\text{Kpl}}$$

$$T_{\text{Kpl}} = 3,60$$

e. Mencari tinggi kapal (H) perancangan sebagai berikut:

$$\left(\frac{L}{H}\right)_{\text{Pembanding}} = \left(\frac{L}{H}\right)_{\text{Kpl}}$$

$$H_{\text{Kpl}} = 6,30 \text{ meter}$$

Diperoleh dimensi pokok sementara dari Kapal yang akan dirancang berdasarkan perhitungan menggunakan data kapal pembanding yaitu :

$$LwL_{\text{Kpl}} = 60,49 \text{ meter}$$

$$B_{\text{Kpl}} = 9,05 \text{ meter}$$

$$H_{\text{Kpl}} = 6,30 \text{ meter}$$

$$T_{\text{Kpl}} = 3,60 \text{ meter}$$

Agar kita mendapatkan hasil perancangan yang sesuai dengan DWT (bobot mati) yang direncanakan (450 ton) maka kita membuat suatu tabel berdasarkan pada perhitungan diatas dan memvariasi Draft nya (T) agar mendapatkan hasil yang optimal.

f. Menentukan Koefisien Blok (Cb) kapal yang dirancang adalah dengan menggunakan Cb dari kapal pembanding yaitu 0,51.

g. Menentukan Displacement ( $\Delta$ ) kapal yang dirancang sebagai berikut:

Mencari volume ( $\nabla$ ) berat isi kapal sebagai berikut:

$$\nabla_{\text{Kpl}} = L \times B \times T \times CB$$

$$= 1022,827 \text{ m}^3$$

Mencari Displacement ( $\Delta$ ) dari Kapal SAR :

$$\Delta_{\text{Kpl}} = \nabla \times \gamma = 1022,827 \times 1,025$$

$$= 1048,397 \text{ ton}$$

h. Mencari Koefisien Mid Ship (Cm) kapal yang dirancang. Pada umumnya Cm yang dipakai berkisar antara 0,72 – 0,82. Cm kapal pembanding = Cm Kapal SAR, Cm kapal pembanding 0.742

i. Mencari Koefisien Prismatic Memanjang (Cp) kapal perancangan sebagai berikut:

$$C_{P_{\text{Kpl}}} = \left(\frac{C_b}{C_m}\right)$$

$$C_{P_{\text{Kpl}}} = 0,699$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapat data ukuran dimensi Kapal SAR yaitu:

- Panjang garis air (LwL) = 60,49 meter
- Lebar kapal (B) = 9,05 meter
- Sarat kapal (T) = 3,6 meter
- Tinggi kapal (H) = 6,30 meter
- Koefisien blok (Cb) = 0,519
- Koefisien Mid Ship (Cm) = 0,742
- Koefisien prismatic tegak (Cp) = 0,699

#### 4.2 Perhitungan Displacement, DWT, LWT dan Data-data Kapal

a. Bobot mati (DWT) adalah daya angkut dari sebuah kapal yang meliputi berat dari:

- Bahan bakar (jumlahnya tergantung dari besarnya daya mesin dan kondisi operasional boat) dan bahan bakar helicopter.
- Minyak pendukung (Minyak pelumas, Minyak Hidrolik, dan lain-lain)
- Air tawar dan air laut.
- Personal dan perlengkapannya
- Perbekalan / Provision ( bahan makanan, spare store)
- Peralatan Pendukung (Helicopter, Rescue boat, sekoci, tali tambat dan lain lain)

b. Berat kapal kosong (LWT), dibagi 5 bagian, antara lain:

1) Berat badan kapal:

Estimasi Kebutuhan Material Baja Kapal SAR 60 Meter

Estimasi menurut Watson rina 1977 (Lectures on Ships design & Ships Theory, Herald Poehls)

$$E = L(B+T) + 0,85L(H-T) + 0,85 \sum I_h$$

Dimana:

- L (Lpp kapal) = 59,49 m
- B (Lebar kapal) = 9,05 m

- o T(Sarat kapal) = 3,6 m
- o H(Tinggi kapal) = 6,3 m
- o l1(Panjang Forecastle)= 18,27 m
- o l2(PanjangPoop/Superstructure) =36,94 m
- o h1(Tinggi Forecastle) = 2,5 m
- o h2(Tinggi Poop/Superstructure) =7,623 m
- o Cb(Coefficien block) = 0,519

$$\sum l_h = (l_1+h_1)+(l_2+h_2) = 946,8398$$

$$W_{st}^1 = kE^{1,36} = 446,4739$$

$$C_{b_{0,8H}} = C_b L_{pp} + ((1-C_b L_{pp}) \times (0,8H-T)) = 0,519$$

$$W_{st} = W_{st}^1 (1+0,5 (C_{b_{0,8H}} - 0,7)) = 388,121 \text{ ton}$$

2) Berat outfit dan akomodasi, diperkirakan 15% dari berat baja. = 58,218 ton

3) Berat Instalasi permesinan.  
 $W_m = K.(MCR)^{0,78}$

$$K \text{ untuk kapal tipe full body} = 0,1 = 68,250$$

$$MCR \text{ M/E in kW} = 4300 \text{ kW}$$

4) Berat Cadangan.  
 Faktor penambahan berat (2 - 5) % LWT, diambil angka penambahan sebesar 5%.

$$W_{res} = 5\% \times (W_{st} + W_{oa} + W_m) = 51,231 \text{ ton}$$

5) Berat peralatan/sistem yang terpasang

- o Meriam 57 mm = 1 x 14 = 82 ton
- o Meriam 20 mm = 2 x 0,1 = 0,2 ton
- o Fin Stabilizer = 1 x 2,35 = 2,35 ton
- o Pompa pemadam = 2 x 1,753 = 3,506 ton

Sehingga LWT Kapal SAR adalah jumlah berat total seluruhnya, yaitu

$$\text{jadi} = W_{st} + W_{oa} + W_m + W_{res} + \text{Walat} = 559,0788 \text{ ton}$$

Dalam mencari perkiraan bobot mati kapal (DWT) dapat dihitung sbb:

$$\Delta = LWT + DWT$$

$$DWT = \Delta - LWT$$

$$DWT = 489,6442 \text{ ton.}$$

### 4.3 Perhitungan Tahanan

a. Perhitungan luas permukaan basah badan kapal(S)  
 Perhitungan Tahanan Kapal Dengan Metode Gulhammer dan Halvard

$$\text{Volume Displacement } (\nabla) = 1022,827 \text{ m}^3$$

$$\text{Displacement } (\Delta) = 1048,397 \text{ ton}$$

Perhitungan luas permukaan basah badan kapal(S)

$$L_{pp} = 59,49 \text{ m}$$

$$B = 9,05 \text{ m}$$

$$T = 6,3 \text{ m}$$

$$C_b = 0,519$$

$$S = 1.025 \times L_{wl} [ (C_b \times B) + (1.7 \times T) ]$$

$$= 670,6752 \text{ m}^2$$

b. Koefisien tahanan sisa(Cr), dari Diagram Guldhammer-halvard

Cr dinyatakan fungsi angka Froude:

$$L_{wl} = 60,49 \text{ m}$$

$$\nabla = 1022,827 \text{ m}^3$$

$$L/\nabla^{1/3} = 0,6004$$

$$\text{Koefisien presmatik } (\phi) = C_b/\beta$$

$$B = (0,08 \times C_b) + 0,93 = 0,9715$$

$$\text{Sehingga CP } (\phi) = 0,5342$$

$$F_n = 0,528$$

Dari diagram guldhammer-Halvard diperoleh batas atas hasil  $L/\nabla^{1/3}$  kolom a diisi dengan acuan  $F_n$  dan  $\phi$  dari diagram koefisien tahanan sisa.

$$\text{Interpolasi} = \frac{(1b + (2a - 1a) \times (3b - 1b))}{(3a - 1a)} = 0,00389 \text{ m}$$

Koreksi nilai Cr karena adanya rasio B dan T, B/T = 2,51389

Diagram yang digunakan untuk mencari Cr adalah berdasarkan dari rasio dari B/T = 3.11, maka hasil perhitungan B/T yang kurang atau lebih harus dikoreksi.

$$\text{Rumus Koreksi : } 10-3CR = 10-3(CR/(B/T=3,11) + 0.16 ( B/T - 3,11 )$$

$$Cr = 0.0033967 \text{ m}$$

Koreksi Cr terhadap LCb

$$LCB = e \% \times Ldisp \quad e\% = 0,00654\% \quad Ldisp = 60,49$$

$$LCB = 0,3956 \text{ m}$$

Cari LCB standart dalam % dengan acuan Fn dari grafik LCb standart. Jika letak LCB berada di depan LCB standart maka perlu dikoreksi, dan jika letak LCB berada di belakang maka tidak perlu dikoreksi.

$$LCB \text{ dalam } \% = 0,007$$

$$LCB(\text{standar}) = LCB \text{ dalam } \% \times Lw = 0,4234 \text{ m}$$

$$\Delta LCB = LCB - LCB(\text{standard}) = -0,028 \text{ m}$$

Rumus untuk koreksi LCB didepan LCB standart =  $10-3CR$

$$10-3Cr(\text{standar}) = \frac{(\delta 10-3Cr)}{(\delta LCb)} \times (\Delta LCb)$$

Nilai  $\frac{(\delta 10-3Cr)}{(\delta LCb)}$  didapat dari koreksi diagram, dengan acuan Fn.

$$\text{Sehingga } \frac{(\delta 10-3Cr)}{(\delta LCb)} \text{ didapat} = 0$$

$$\text{Sehingga } Cr = 0,0035$$

Koreksi karena anggota badan kapal adanya boss baling-baling, sehingga Cr dinaikkan 3-5% = 4%

$$Cr = (1 + X \%) Cr$$

$$Cr = 0,00343$$

Adanya poros baling-baling, sehingga Cr dinaikkan 5% - 8% = 7 %

$$Cr = (1 + X \%) Cr$$

$$Cr = 0,00367$$

c. Penentuan Koefisien Tahanan Gesek (Cf)  
Cf = 0,075/(log Rn - 2)2log Rn = 8,8161

$$Cf = 0,00161 \text{ (Nilai ini berlaku pada suhu air laut } 15^\circ \text{ C)}$$

Untuk daerah pelayaran Asia tenggara dan sekitarnya suhu air lautnya  $18^\circ \text{ C}$ , sehingga koefisien tahanan geseknya :

$$Cf = CF(\text{standard}) \times (1 + 0.0043(15 - t)) \text{ suhu laut pelayaran} = 20^\circ \text{ C}$$

$$Cf = 0,0015796$$

d. Penentuan Koefisien Tahanan Tambahan (CA)

Adanya koefisien tambahan untuk koreksi model kapal yaitu :

$$LWL \leq 100 \text{ m} \quad CA = 0,4 \times 10^{-3} \text{ sedangkan } LWL = 60,49 \text{ m}$$

$$LWL = 150 \text{ m} \quad CA = 0,2 \times 10^{-3}$$

Maka interpolasi :

$$10-3CA = 0.4 + [(LWL \text{ kapal} - 100) \times \frac{(0,2 - 0,4)}{(150 - 100)}]$$

$$CA = 0,000558 \text{ N}$$

e. Penentuan Koefisien tahanan udara(CAA) dan tahanan kemudi(CAS)  
Tahanan Udara (CAA):

$$CAA = 0,0006 \text{ N}$$

Tahanan Kemudi :

$$CAS = 0,04 \times 10^{-3}$$

$$CAS = 0,00004 \text{ N}$$

f. Perhitungan tahanan total kapal (RT)

$$CT = [CR + CF + CA + CAS] \times 10^{-3}$$

$$CT = 0,00639 \text{ N}$$

Sehingga :

$$\text{RAA} = CAA \times 0.5 \times \rho \text{ udara} \times Vs^2 \times \text{Compt}$$

$$\text{RAA} = 4,2045 \text{ N}$$

$$\text{RW} = CT \times 0.5 \times \rho \text{ air laut} \times (Vs)^2 \times S$$

$$\text{RW} = 332659,6511 \text{ N}$$

$$\text{RT} = \text{RW} + \text{RAA}$$

$$\text{RT} = 332663,8556 \text{ N}$$

$$\text{RT}(\text{dinas}) = \text{RT} + \text{Jalur pelayaran}$$

Jalur kapal ini ikut dalam pelayaran asia timur = 20

$$\text{RT}(\text{dinas}) = 391369,2419 \text{ N}$$

g. Perhitungan daya efektif(EHP)

$$\text{EHP} = \text{RT}(\text{dinas}) \cdot Vs$$

$$\text{EHP} = 5033,39982 \text{ kW}$$

$$= 6843,517 \text{ Hp}$$

h. Perhitungan Brake Horse Power (Bhp)

o Terlebih dahulu dihitung Wake

Fraction(W):

$$W = (0.5 \times Cb) - 0.05$$

- $W = 0,2095 \text{ N}$
- Perhitungan Trusht Deduction :
  - $t = k \times w$  dimana
  - $k = 0,7-0,9$  diambil  $= 0,7$
  - $t = 0,14665 \text{ N}$
- Perhitungan Speed of advance:
  - $V_a = (1 - w) \cdot V_s$
  - $V_a = 19,7625 \text{ knot}$   
 $= 10,1662 \text{ m/s}$
- Perhitungan Efisiensi Lambung:
  - $\eta_H = \frac{(1-t)}{(1-w)} = 1,0795$
- Perhitungan Gaya Dorong/Trush
  - $T = \frac{RT}{(1-t)}$
  - $T = 458626,87 \text{ N}$
- Perhitungan Trusht Horse Power (THP)
  - $THP = \frac{EHP}{\eta_H}$
  - $THP = 6339,486 \text{ Hp}$
- Perhitungan Koefisien Propulsif(PC)
- Efisiensi relatif rotatif ( $\eta_{rr}$ ) nilai antara 1.02 -1.05, diambil  $\eta_{rr} = 1,05$
- Efisiensi Propeller diasumsikan minimal 0.55
  - $PC = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_P$
  - $PC = 0,623$
- Perhitungan delivery horse power(DHP)
  - $DHP = \frac{EHP}{PC}$
  - $DHP = 10977,464 \text{ Hp}$
- Perhitungan Shaft Horse Power (SHP)
  - $SHP = \frac{DHP}{\eta_S \eta_B}$
  - $SHP = 11201,4942 \text{ Hp}$
- Brake Horse Power(BHP)
  - $BHP = \frac{SHP}{\eta_G}$  memiliki reduksi gear dengan lossis  $\eta_G = 0,98$
  - $BHP_{SCR} = \frac{SHP}{\eta_G} = 11430,0962 \text{ Hp}$

BHP diatas adalah BHP(SCR) / daya keluaran pada pelayaran normal.

$$BHP_{MCR} = \frac{BHP_{SCR}}{0,85} = 13447,17196 \text{ Hp}$$

Dari hasil perhitungan estimasi speed power diatas dapat dipilih daya penggerak yang dibutuhkan dan jenis / tipe mesin yang sesuai sebagai berikut :

- Jumlah Mesin = 2 unit
- Type mesin = MTU 20V 4000 M93L 1DS

- Fuel stop power ICFN = 4300 kW(5766 bhp)
- Crankshaft power= 154 kw (210 hp)
- Speed = 2100 rpm
- Fuel consumption at rated power = 219 g/kWh  
 $= 1184,6 (299,8) \text{ l/h (gal/h)}$
- Dimensions and masses incl. coupling
  - Length (L) = 4015 (158,1) mm (in)
  - Width (W) = 1465 (57,7) mm (in)
  - Height (H) = 2440 (96,1) mm (in)
  - Mass (dry) = 12430 (27403) kg (lbs)
  - Mass (wet) = 15245 (27403) kg (lbs)

#### Engine main data

- No. of cylinders = 20
- Bore/stroke=170/190 (6,7/7,5) mm (in)
- Displacement, total = 86,2 (5260) l (cu in)
- Power ratings classifiable
- Intake air temperature 25°C / Sea water temperature 25°C
- Power reduction at 45°C / 32°C: 3%
- Total Daya Mesin = 2 x 5766 Hp  
 $= 11.532 \text{ Hp}$

#### 4.4 Perhitungan Perkiraan Kebutuhan Bahan Bakar

Penggunaan bahan bakar (HSD) dapat dihitung berdasarkan data dari mesin MTU 20V 4000 M93L, pada kecepatan maximal SFOCnya adalah 219 gr/KW.h. Sehingga konsumsi bahan bakar total dalam satu kali pelayaran :

$$\begin{aligned} \text{FOC} &= 4300 \times 219 \text{ gr/KW.h} \\ &= \frac{941,7}{0,86} \text{ ltr/h} \\ &= 1095 \text{ ltr/h} \end{aligned}$$

$$\text{Konsumsi bahan bakar} = \frac{A}{V} \times K$$

Dimana : A = Jarak jelajah kapal

V = Kecepatan kapal (V) max/jam

K = Konsumsi bb/jam

Konsumsi bahan bakar

$$\begin{aligned} &= \frac{A}{V} \times K \times 2 \\ &= 244.764 \text{ liter} \end{aligned}$$



Kebutuhan bahan bakar Generator

$$63,5 \times 24 \text{ jam} \times 10 \text{ hari} \times 2 = 30.480 \text{ liter}$$

Kebutuhan bahan bakar Kapal SAR = 275.244 liter

Dengan factor keamanan 15% maka kebutuhan bahan bakar Kapal SAR = 316.530 liter

Dengan menyesuaikan kondisi tangki maka  $\approx$  320.000 liter

a. Berat Bahan Bakar

Pada perancangan Kapal SAR, direncanakan bahan bakar yang dapat diangkut/muat adalah 320.000 liter, maka untuk menghitung jumlah bb dalam 1 x pelayaran (P/P) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Berat Bahan Bakar (HSD)} &= 320.000 \text{ liter} \\ &\times \rho \\ &= 275.200 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga perkiraan berat bahan bakar yang dibawa dalam Kapal SAR adalah 275.200 kg.

b. Waktu pelayaran dan jarak tempuh.

Dibagi dalam tiga mode sebagai berikut:

MODE I: Maximum Speed 25,5 Knot

$$\text{SFOC} = 219 \text{ gr/KW.h}$$

$$\text{RPM} = 2100$$

$$\begin{aligned} \text{Power } 100\% &= 2 \times 4300 \text{ KW} \\ \text{Konsumsi BBM} &= 1883,4 \text{ ton/hr} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai BBM} = \frac{245}{1883,4} = 130,08 \text{ Jam}$$

$$\text{(Continuous)} = 5,42 \text{ Hari}$$

$$\text{Endurance} = 25,5 \times 130,08$$

$$= 3315 \text{ Nm}$$

MODE II: Cruising Speed 21 Knot

$$\text{SFOC} = 208 \text{ gr/KW.h}$$

$$\text{Power} = 65\%$$

$$\text{RPM} = 1600$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBM} &= 5160 \times 208 \text{ gr/hr} \\ &= 1,073 \text{ Ton/hr} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai BBM} = \frac{245}{1,073} = 232,93 \text{ Jam}$$

$$\text{(Continuous)} = 9,71 \text{ Hari}$$

$$\text{Endurance} = 21 \times 232,93$$

$$= 5077 \text{ Nm}$$

MODE III: Economic Speed 19 Knot

$$\text{SFOC} = 200 \text{ gr/KW.h}$$

$$\text{Power} = 40\%$$

$$\text{RPM} = 1300$$

$$\text{Konsumsi BBM} = 2600 \times 200 \text{ gr/hr}$$

$$= 0,520 \text{ ton/hr}$$

$$\text{Pakai BBM} = \frac{245}{0,520} = 474,81 \text{ Jam}$$

$$\text{(Continuous)} = 19,79 \text{ Hari}$$

$$\text{Endurance} = 19 \times 474,81$$

$$= 9040 \text{ Nm}$$

#### 4.5 Propeller dan Kavitasasi

a. Menentukan type Gear Box.

Sebelum menentukan type propeller, maka terlebih dahulu ditentukan type gear box yang akan digunakan. Data-data yang diperlukan antara lain.

$$\text{EHP} = 6843,52 \text{ Hp}$$

$$\text{Vs} = 25 \text{ knot} = 12,861 \text{ m/s}$$

$$\text{Va} = 19,7625 \text{ knot} = 10,16662 \text{ m/s}$$

$$\eta_H = 1,0795$$

$$\eta_{rr} = 1,05$$

$$\eta_p = 0,55$$

$$\text{PC} = 0,6234$$

$$\text{DHP} = \frac{\text{EHP}}{\text{PC}} = 10977,464 \text{ Hp}$$

Karena menggunakan 2 poros propeller maka:

$$\text{SHP} = \frac{11201,49}{2} = 5600,75 \text{ Hp}$$

$$\text{RPM mesin} = 2100$$

Dari data diatas, maka sesuai rekomendasi mesin gear box yang dipilih adalah ZF 23 560C, Medium Duty dengan rasio = 2,839 : 1

b. Diameter, Putaran, dan Efisiensi Propeller.

$$\begin{aligned} \text{Db} &= 0,6-0,7 \text{ T} = 2,16 \text{ m} = \\ &4,133858 \text{ feet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Np} &= \frac{2100}{\text{Rasio Gear Box}} = 739,697 \text{ RPM} \\ &= 12,3283 \text{ RPS} \end{aligned}$$

$$\text{BP} = \frac{\text{Np} (\text{SHP})^{0,5}}{\text{Va}^{2,5}} = 31,88$$

1) Type Propeller yang dipilih :

Type	B5-105
$\delta$	200
eff	54,800
Hc/D	0,865
Hc	1,409
D	1,629

2) Perhitungan angka kavitasi

$$\sigma_{0,7R} = \frac{(188,2 + 19,62(h))}{(V_a \times (2 + 4,836)n^2 D^2)}$$

h = jarak sarat air dengan center line propeller

$$= (T - 0,04) \times (T - 0,35) \times T$$

$$= 2,196$$

$$\sigma_{0,7R} = 0,067 \text{ m}$$

$\sigma_{0,7R}$  digunakan untuk mengetahui angka kavitasi pada diagram Burrill, didapat,

tC burnill = 0,18 berpotongan dengan merchant ship propeller.

3) Perhitungan Trusht Koefisien

$$tC = \frac{\left(\frac{T}{Ap}\right)}{\left(\frac{1}{2} \times \rho \times VR^2\right)}$$

Dimana : T = 458626,8728 N

$$= 458,6269 \text{ kN}$$

Ap = projected Area dari propeller

VR<sup>2</sup> = kecepatan relatif air pada

0.7R

$$= VA^2 + (0,7 \times \pi \times D \times n)^2$$

$$VR^2 = 3529,2089$$

$$P = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$Ao = 0,25 \times \pi \times Db^2$$

$$Ao = 3,66 \text{ m}^2$$

Dimana:

$$AD/Ao = 1,05$$

$$AD = 3,830 \text{ m}^2$$

Sedangkan:

$$\frac{AP}{AD} = (1,067 - 0,229[P/D]b)$$

$$AP = 3,420$$

$$tC = \frac{T}{\left(\frac{1}{2} \times \rho \times VR^2\right)}$$

$$tC = 2,1 \times 10^{-6}$$

Selisih perhitungan -0,2000 dibawah garis putus-putus di burnril, diagram, propeller tersebut tidak kavitasi.

#### 4.6 Engine Propeller Matching

a. Karakteristik Tahanan

Hubungan antara tahanan kapal dan kecepatan

$$RTW = CT \times 0.5 \times \text{pair laut} \times (Vs)^2 \times S$$

$$RTAA = CAA \times 0.5 \times \text{rudara} \times Vs^2 \times \text{Luas Compart}$$

$$RT_{\text{trial}} = RW + RAA$$

$$RT_{\text{service}} = RT + \text{Jalur pelayaran}$$

$$EHP = RT \times V$$

b. Perhitungan Koefisien A (a)

Berasal dari rumus:

$$R_{\text{tot}} = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times CT \times V^2$$

$$R_{\text{tot}} = a \times V^2$$

Sehinga dapat disimpulkan,

$$a_w = 0.5 \times \text{pair laut} \times \zeta \times CT$$

$$a_w = 1975,5$$

$$a_{AA} = 0.5 \times \text{rudara} \times \zeta \times CT$$

$$a_{AA} = 4,2045$$

c. Perhitungan Diagram KT-J:

Karakteristik performa pada open water test

$$(1-t) \times (1-w)^2 \times \rho \times D^2 = 21831,32$$

$$KTAA = \frac{a_{AA} \times J^2}{(1-t)} \times (1-w)^2 \times \rho \times D^2$$

$$KTAA = 0,0905 \times J^2$$

$$KT = KTW + KTAA$$

$$KT_{\text{trial}} = 0,0907$$

Kondisi Service :

Hasil dari subsitusi menjadi:

$$T(1-t) = a \times Va^2$$

$$T = \frac{a \times J^2 \times n^2 \times D^2}{(1-t) \times (1-w)^2}$$

$$KT = \frac{A \times J^2}{(1-t)} \times (1-w)^2 \times \rho \times D^2$$

$$KT_{\text{service}} = 0,107 \times J^2$$

d. Karakteristik Propeller:

Karakteristik propeller untuk fixed propeller diberikan dalam konstanta :

$$\text{Koefisien gaya dorong (KT)} = \frac{T}{\rho n^2 D^4}$$

$$\text{Koefisien Torsi (KQ)} = \frac{Q}{\rho n^2 D^5}$$

$$\text{Koefisien Advance (J)} = Va/nD$$

Effisiensi Open Water ( $\eta_o$ )

e. Karakteristik Engine  
Main engine yang dipakai adalah Type 20 V 4000 M93L, dari data dapat dibuat kurva Engine Envelope.

f. Engine-Propeller Matching  
Pengeplotan Grafik KT-J Karakteristik Tahanan dengan Kurva open water. Dari pembacaan Grafik pada kurva open water B series 5-105, maka didapatkan hasil :

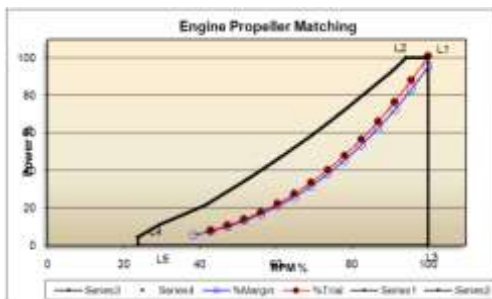
1) Titik operasi propeller pada kondisi sea margin 18 % (kondisi service) :

$$\begin{aligned}KT &= 0,285 \\10KQ &= 0,0395 \\ \eta &= 51\end{aligned}$$

2) Titik operasi propeller pada kondisi trial :

$$\begin{aligned}KT &= 0,265 \\KQ &= 0,0375 \\ \eta &= 52,5\end{aligned}$$

Engine - Propeller Matching didapat dengan memplotkan propeller load dengan engine envelope Main engine sebagaimana gambar dibawah :



Gambar 3 Engine Propeller Matching

#### 4.7 Pemodelan Dengan Komputer

Proses pemodelan diawali dengan mengatur *setting* ukuran kapal yang akan digunakan pada *maxsurf pro* dari program *maxsurf*, kemudian pilih tampilan *body plan* untuk merancang surface kapal langkah selanjutnya yaitu penentuan *section*, *waterline* dan *buttockline*. Setelah itu kita tinggal mengatur input data pada *table offset* atau dengan mengatur *control point* secara langsung dalam proses membentuk lambung kapal.

Hasil dari pemasukan data dan pengaturan tersebut didapatkan gambar *body plan*, *profil view*(*sheer plan*), *plan view*(*hull breadth*) serta gambar perspektif kapal.

Kemudian dari input data gambar kapal

SAR berupa *file* dari *maxsurf pro* dapat langsung dimasukkan dalam window program *Hydromax*, Langkah selanjutnya adalah analisis pemodelan. Hasil yang didapat antara lain:

- Grafik Hidrostatik.
- Perhitungan Hidrostatik *maxsurf Hidomax 11.03*.
- Pengaturan tangki-tangki dan letak peralatan kapal-kapal SAR, sehingga bisa di aplikasikan ke General Arangemnet.
- Pemodelan Kapal SAR ketika menghadapi ombak dari 0 sampai dengan 6 meter, menggunakan analisis *waveform* atau gelombang. Setelah itu ditentukan tinggi gelombang dari 0 meter sampai dengan 6 meter. Kemudian panjang gelombang dari bervariasi hingga 20 meter.
- Berdasarkan pemodelan Equilibrium dengan bentuk wave sionidal, dapat disimpulkan kemampuan Kapal SAR menurut aturan Standart IMO, MARPOL dan US Navy memenuhi syarat pada tinggi gelombang maksimal 6,5 meter dengan variasi panjang gelombang sampai dengan 120 meter.

## 5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut :

a. Kapal SAR di dukung dengan peralatan SAR yang lebih lengkap serta kemampuan kapal bergerak di tengah kondisi cuaca buruk. Dirancang untuk dapat beroperasi di daerah ZEE Indonesia, sehingga diharapkan bisa ditempatkan di pangkalan TNI AL seluruh Indonesia.

b. Kapal SAR hasil perancangan mempunyai dimensi pokok sebagai berikut:

- LoA : 62,52 meter
- LwL : 60,49 meter
- Breadth Moulded : 9,05meter
- Draft Design : 3,60 meter
- Engine : MTU 20V 4000 M90L
- Power : 2 x 5766 hp
- Gear Box : ZF 23560 C, ratio 1:289
- Speed : 25 knot
- ABK : 46 orang
- Cruising Range: 5077 Nm di 21 Knot.
- Jelajah Ekonomis : 9040 Nm di 19 Knot
- LWT (berat kapal kosong): 559,07 ton
- DWT (berat muatan) : 487,644 ton
- Displacement : 1046,72 ton
- Fuel Oil tank capacity : 320.000 ltr

- Oil tank capacity : 5000 ltr
  - Fresh Water capacity : 40.000 ltr
  - Cb : 0,519
  - Cp : 0,7
  - Cm : 0,742
- c. Dengan Program Komputer, mempunyai kemampuan dan stabilitas yang baik pada gelombang maksimal 6 meter atau SS5 skala Boufort.
- d. Kapal SAR 60 meter dengan fasilitas perlengkapan SAR, sehingga dapat melaksanakan tugas mulai dari:
- 1) Pencarian korban didukung dengan peralatan navigasi dan komunikasi.
  - 2) Melaksanakan pertolongan dan bantuan kepada korban di dukung dengan rescue boat, peralatan selam, external fire fighting, hellycopter disesuaikan dengan kondisi lapangan.
  - 3) Melaksanakan tindakan medis terhadap korban sampai dengan perawatan korban diatas kapal.
  - 4) Menyampaikan segala keadaan di lapangan dengan peralatan komunikasi.
- e. Selain tugas khusus sebagai kapal SAR, kapal ini dapat difungsikan untuk operasi keamanan karena dilengkapi dengan meriam kaliber 57 mm dan meriam kaliber 20 mm. Kapal ini juga dapat berfungsi sebagai kapal pengamanan VVIP.

Friedrichshafen GmbH, Printed in Germany.

Santosa, IGM, Sudjono, J. J, “ *Teori Bangunan Kapal Jilid I* “ Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Santosa, IGM, Sudjono, J. J, “ *Teori Bangunan Kapal Jilid II* “ Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Santosa, IGM, Sudjono, J. J, “ *Teori Bangunan Kapal Jilid III* “ Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Soemartojo WA, (2007), Handout “Teori Bangunan Kapal 1” Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut.

Soemartojo WA, (2007), Handout “Teori Bangunan Kapal 3” Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut.

Surjo W. Adji,(2007), “*Engine Propeller Matching*” Dept. of Marine Systems Engineering ITS Surabaya.

Sularso dan Haruo Tahara, (2000), “*Pompa Dan Kompresor*“, PT. Pradnya Paramita.

Watson, (1998), “*Practical ship design*”, Second Revision.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), Surabaya atas segala dukungan dan kesempatan dalam penyelenggaraan penelitian ini. Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada para reviewer dan tim editor untuk segala masukan sehingga membuat tulisan ini menjadi lebih baik..

## DAFTAR PUSTAKA

Commodore Stephen, (2008-2009), “*Jane`s Fighting ship*” saunders RN one hundred and nine Edition.

Edward V. Lewis, (1988), “*Principles of Naval Architectur*”. Second Revision.

Harvard, SV. AA, (1992), “*Tahanan dan Propulsi Kapal*“, Dedt. Of Ocean Eng. The Technical University of Denmark, Lyngby., Airlangga University Press,.

MTU “*Technical Project Guide*”, Marine Application, © 2008 Copyright MTU