

SKRIPSI

ANALISIS PERBANDINGAN KAPAL TRIMARAN DENGAN  
MENGUNAKAN DUA DAN TIGA MESIN UTAMA

MUHAMMAD ARSYIL WAHAB

4207 100 065

Dosen Pembimbing

Ir. Amiadji, MM, M.Sc

Irfan Syarif Arief ST, MT

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2014



FINAL PROJECT

COMPARATIVE ANALYSIS ON TRIMARAN SHIP USING  
TWO AND THREE MAIN ENGINE

MUHAMMAD ARSYIL WAHAB

4207 100 065

Advisor

Ir. Amiadji, MM, M.Sc

Irfan Syarif Arief ST, MT

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2014

# **ANALISIS PERBANDINGAN KAPAL TRIMARAN DENGAN MENGGUNAKAN DUA DAN TIGA MESIN UTAMA**

**Nama** : **Muhammad Arsyil Wahab**  
**NRP** : **4207 100 065**  
**Jurusan** : **Teknik Sistem Perkapalan**  
**Dosen Pembimbing** : **1. Ir. Amiadji, MM., M.Sc.**  
**2. Irfan Syarif A. ST. MT.**

## **Abstrak**

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang mayoritas penduduknya adalah nelayan. Kapal merupakan sarana transportasi laut yang digunakan untuk mengangkut barang/manusia antar pelabuhan, atau juga memindahkan peralatan dari satu kapal ke kapal lainnya. Pada umumnya jenis lambung pada kapal yang digunakan adalah kapal berlambung tunggal akan tetapi seiring perkembangan teknologi yang sangat pesat dan dunia yang semakin maju, maka tuntutan permintaan barang semakin banyak sehingga waktu sangat menentukan, oleh karena itu dibutuhkan kapal-kapal cepat. Kapal cepat sudah didesain dari nenek moyang kita yaitu dengan merubah kapal menjadi dua lambung dan tiga lambung (katamaran dan trimaran). Permasalahan dari kapal-kapal cepat ini biasanya terjadi pada pemilihan mesin dan jumlahnya. Dalam tugas akhir ini saya akan membandingkan pemakaian dua dan tiga mesin di kapal trimaran dari segi teknis dan ekonomis.

**Kata kunci : Trimaran, Pemilihan Mesin, Segi Teknis, dan Segi Ekonomis**

# **TRIMARAN SHIP COMPARATIVE ANALYSIS USING TWO AND THREE MAIN ENGINE**

**Nama** : **Muhammad Arsyil Wahab**  
**NRP** : **4207 100 065**  
**Jurusan** : **Teknik Sistem Perkapalan**  
**Dosen Pembimbing** : **1. Ir. Amiadji, MM., M.Sc.**  
**2. Irfan Syarif A. ST. MT.**

## **Abstract**

Indonesia is an archipelago country which is predominantly fishermen. The ship is a marine transportation used to transport goods / human inter-port, or also move equipment from one ship to another ship. In general, the type of vessel used in the hull is a single-hull vessel but as the rapid development of technology and the world is more advanced, the demands for more and more stuff so time is crucial, therefore, needed fast ships. Fast boat has been designed from our ancestors is to change into a double hull vessel and three hull (catamaran and trimaran). The problems of this faster ships typically occurs in the election machinery and the amount. In this thesis I will compare the use of two and three engines on board the trimaran technically and economically.

**Keywords: Trimaran, Election Machinery, Technical Aspects, and in terms of Economical**

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS PERBANDINGAN KAPAL TRIMARAN DENGAN MENGGUNAKAN DUA DAN TIGA MESIN UTAMA

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Marine Manufacture And Design (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

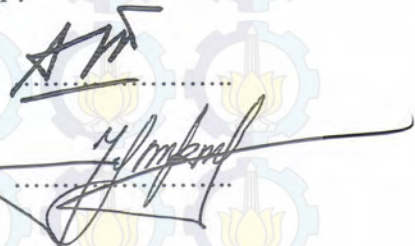
Oleh :

**MUHAMMAD ARSYIL WAHAB**

4207 100 065

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Amiadji, MM, M.Sc
2. Irfan Syarif Arief ST, MT



Handwritten signatures of the supervisors, Ir. Amiadji and Irfan Syarif Arief, with dotted lines indicating their names in the list above.

SURABAYA

PEBRUARI, 2014

## LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PERBANDINGAN KAPAL TRIMARAN  
DENGAN MENGGUNAKAN DUA DAN TIGA MESIN  
UTAMA**

### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Marine Manufacture And Design (MMD)

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**MUHAMMAD ARSYIL WAHAB**

4207 100 065

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. A A Masroeri

SURABAYA

FEBRUARI, 2014

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT, berkat karunia, izin, dan pertolongan-Nya penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“ANALISIS PERBANDINGAN KAPAL TRIMARANDENGAN MENGGUNAKAN DUA DAN TIGA MESIN UTAMA”** digunakan untuk memenuhi syarat akademis yang harus ditempuh di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. A. A. Masroeri, selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS;
2. Bapak Dr. I Made Ariana ST. MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS;
3. Bapak Irfan Syarif Arief ST. MT., selaku dosen wali yang telah membimbing dalam menyelesaikan studi selama di ITS;
4. Bapak Ir. Amiadji MM, M.Sc, sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir;
5. Bapak-bapak dosen di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan;
6. Bapak, Ibu, Keluarga yang telah memberikan support materiil dan spiritual;

Teman-teman KOPRAL 07 dan anggota ICEVL Lab yang telah membantu penulis dalam pengerjaan skripsi serta semua pihak yang tidak mungkin disebutkan namanya satu persatu, penulis menyampaikan terima kasih.

Surabaya, Juli 2014

Penulis

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
<i>1.1 Latar Belakang</i> .....	1
<i>1.2 Perumusan Masalah Penelitian</i> .....	2
<i>1.3 Batasan Masalah</i> .....	2
<i>1.4 Tujuan Skripsi</i> .....	2
<i>1.5 Manfaat</i> .....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 TRIMARAN.....	5
2.1.1 Perbandingan untuk monohulls .....	5
2.1.2 Keamanan .....	7
2.2 Pengenalan system propulsi kapal pembanding .....	8
2.2.1 Sistem propulsi kapal elektrik atau Diesel Electrical Propulsion (DEP) .....	10
2.3 Permodelan Kapal Pembanding .....	12
2.4 Penerapan Sistem Propulsi Hybrid.....	16

2.5 Tahanan Kapal.....	18
2.6 Perhitungan DEP.....	21
2.6.1 Menghitung Daya Motor.....	21
2.6.2 Operasi DEP pada 12 Knot .....	25
2.7 Pemilihan Engine.....	31
2.8 Kebijakan Penyelenggaraan Transportasi Laut .....	31
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
3.1 Umum.....	33
3.2 Metodologi Tugas Akhir.....	33
3.3 Perumusan Masalah.....	35
3.4 Studi Literatur.....	35
3.5 Konfigurasi Sistem Propulsi Kapal Pemandang.....	35
3.6 Penentuan Konfigurasi Shaft, Gear box, dan Main Engine yang akan di teliti.....	38
3.7 Perumusan Untuk Menentukan Daya yang Digunakan Untuk Memilih Main Engine 3.....	40
3.7.1 Penentuan Besarnya Nilai Tahanan Kapal .....	40
3.7.2 Penentuan Besarnya Daya Efektif Kapal .....	40
3.7.3 Penentuan Besarnya Delivery Horse Power.....	41
3.8 Penentuan Biaya .....	41
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>43</b>
4.1 Umum.....	43
4.2 Data-data Awal.....	43
4.2.1 Data Kapal trimaran.....	43

4.2.2 Konfigurasi Shaft, Gear box, dan Main Engine Kapal Pembanding .....	44
4.2.3 Konfigurasi Shaft, Gear box, dan Main Engine .....	45
4.2.4 Tahanan dan Engine Propeller Matching .....	45
4.3 <i>Perhitungan Propeller</i> .....	50
4.4 Perbandingan Kapal Menggunakan Dua Mesin dan Tiga Mesin .....	74
4.4.1 Daftar Harga Komponen Kapal Pembanding.....	74
4.4.2 Daftar Harga Komponen Dengan Tiga Mesin Utama	75
4.4.3 Perbandingan Daya Dua Mesin Utama Dan Tiga Mesin Utama .....	75
<i>Tabel Perbandingan Harga</i> .....	79
<i>Total Harga</i> .....	80
BAB V KESIMPULAN .....	81
5.1 <i>Kesimpulan</i> .....	81
5.2 <i>Saran</i> .....	81
DAFTAR PUSTAKA .....	83

## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal Pembanding...	13
Tabel 2-2 Contoh Kondisi Pelayaran Kapal Patroli .....	17
Tabel 2-3 Pembagian Daya DEP & DMP.....	18
Tabel 2-4 Tabel Koefisien Thrust .....	26
Tabel 2-5 Pemilihan Propeller .....	27
Tabel 2-6 Nilai $K_T$ ship dalam Kurva Open Water Propeller Seri B3-60 .....	29
Tabel 2-7 Perhitungan Daya Propeller .....	30
Tabel 4-1.....	51
Tabel 4-2.....	53
Tabel 4-3.....	55
Tabel 4-4.....	57
Tabel 4-5 $K_T - J$ Clean Hull.....	61
Tabel 4-6.....	62
Tabel 4-7 Perhitungan daya mesin pada putaran tertentu dengan kondisi clean hull.....	64
Tabel 4-8 Perhitungan daya mesin pada putaran tertentu dengan kondisi rough hull .....	65
Tabel 4-9 Engine Envelope .....	69
Tabel 4-10.....	72
Tabel 4-11 Dua Mesin Utama .....	76
Tabel 4-12 Perbandingan Memakai Dua Mesin Utama.....	76
Tabel 4-13 Tiga Mesin Utama .....	77
Tabel 4-14 Perbandingan Memakai Tiga Mesin Utama .....	78
Tabel 4-15 Perbandingan Harga .....	79

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1 Sistem Propulsi Kapal .....</b>	<b>9</b>
<b>Gambar 2.2 Skema Propulsi Listrik.....</b>	<b>10</b>
<b>Gambar 3.1 Metode Penelitian Pengerjaan .....</b>	<b>34</b>
<b>Gambar 3.2 Layout Sistem Propulsi Hybrid.....</b>	<b>37</b>
<b>Gambar 3.3 Layout Sistem Tiga Mesin Utama .....</b>	<b>38</b>
<b>Gambar 4.1 Layout Sistem Propulsi Hybrid.....</b>	<b>44</b>
<b>Gambar 4.2 Layout Sistem Tiga Mesin Utama .....</b>	<b>45</b>

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan Negara kepulauan, pulau-pulainya tersebar diseluruh nusantara dan modal transportasi laut masih sangat menguntungkan dibandingkan dengan transportasi udara. Kapal merupakan sarana transportasi laut yang digunakan untuk mengangkut barang/manusia antar pelabuhan atau juga untuk memindahkan peralatan dari satu kapal ke kapal lain seperti pada kapal perang. Pada umumnya jenis lambung yang digunakan adalah lambung tunggal, akan tetapi pada perkembangan teknologi yang sangat pesat sekarang ini dikembangkan kapal dengan lambung lebih dari satu, seperti katamaran maupun trimaran.

Saat ini penggunaan mesin dibeberapa kapal-kapal terutama trimaran biasanya menggunakan mesin utama berjumlah dua, jika salah satu tidak bekerja dengan baik maka efisiensinya akan sangat berkurang, dan kapal trimaran ini termasuk jenis kapal cepat yang membutuhkan kecepatan, sehingga kerusakan mesin utama sangat tidak bisa ditolerir, oleh sebab itu dibutuhkan solusi yang tepat untuk dapat memecahkan masalah tersebut.

Banyak sekali uang yang terbuang hanya untuk melakukan perbaikan, bukan dari biaya perbaikan itu sendiri melainkan dari pendapatan yang biasa dilakukan kapal tersebut. Untuk itu penulisan tugas akhir ini akan membahas tentang Analisis Perbandingan Kapal Trimaran Dengan Memakai Dua Dan Tiga Mesin Utama, dan pembahasannya hanya dari segi teknis dan ekonomis.

## **1.2 Perumusan Masalah Penelitian**

Dari penjelasan di atas dapat diuraikan lebih detail menjadi beberapa permasalahan, antara lain:

1. Manakah yang lebih efisien jika memakai dua mesin utama atau dengan memakai tiga mesin utama dengan daya mesin yang sama.
2. Perbandingan dari segi ekonomis jika memakai dua mesin utama dengan tiga mesin utama.

## **1.3 Batasan Masalah**

Dari permasalahan yang harus diselesaikan diatas, maka perlu adanya pembatasan masalah serta ruang lingkupnya agar dalam melakukan eksperimen nantinya tidak melebar dan mempermudah dalam melakukannya. Batasan tersebut yaitu:

1. Menggunakan desain kapal yang sudah ada diambil dari skripsi terdahulu berjudul “PERANCANGAN SISTEM PROPULSI HYBRID (DMP&DEP) PADA KAPAL PATROLI JENIS TRIMARAN”.
2. Menggunakan list harga BBM pada tahun 2013 bulan Oktober.
3. Jenis mesin diambil dari desain yang sudah ada.

## **1.4 Tujuan Skripsi**

1. Menentukan jumlah mesin utama yang lebih tepat dengan perbandingan antara dua mesin dan tiga mesin dalam hal segi teknis.



2. Mengetahui biaya yang dikeluarkan apabila memakai dua mesin dan tiga mesin dari segi ekonomis.

### **1.5 Manfaat**

Hasil dari penelitian yang dilakukan nantinya diharapkan dapat memberikan informasi dan data yang lebih akurat mengenai performa jika memakai dua mesin utama atau tiga mesin utama dengan biaya yang seminimal mungkin dan efisien.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 TRIMARAN**

merupakan kapal *multihulled* yang terdiri dari lambung utama (vaka) dan dua lambung yang lebih kecil (amas) yang melekat pada lambung utama dengan *struts lateral*. Desain dan nama unik trimaran merupakan karya dari penduduk asli di kepulauan pasifik. Bentuk trimaran dibangun dengan komponen multihull yang terdiri dari vaka sebagai lambung utama dan ama sebagai lambung kecil disisi kanan kiri lambung utama.

Trimaran memiliki sejumlah keunggulan disbanding dengan kapal *monohulls* (kapal konvensional), yakni mampu berlayar di perairan dangkal dengan desain multihullsnya memungkinkan kapal untuk tidak tenggelam, dapat menjaga stabilitas ketika diterpa angin kencang, serta lebih lincah dalam bermanuver dari pada kapal konvensional (monohulls). Dengan desain multihullsnya, trimaran mampu mendongkrak kecepatan kapal dengan memanfaatkan tenaga angin, namun bilatidak dikendalikan dengan baik, trimaran bisa terhempas karena terlalu cepat.

##### **2.1.1 Perbandingan untuk monohulls**

Dua jenis trimaran ada: trimaran reguler dan trimaran terbuka , yang dilengkapi dengan trampolin antara lambung bukan plating.

Trimarans memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan monohulls sebanding ( konvensional , perahu layar tunggal dikuliti). Mengingat dua kapal yang sama panjang, trimaran memiliki rancangan dangkal, sinar yang lebih luas, area kurang dibasahi, dan mampu terbang daerah berlayar lagi. Selain itu, karena saat meluruskan disediakan oleh balok lebar, trimarans tidak perlu keel tertimbang yang diperlukan dalam monohulls. Sebagai hasil dari balok lebar, trimaran menawarkan kinerja garis

lurus jauh lebih baik daripada sebuah monohull, mampu berlayar di air dangkal, dan menjaga stabilitas di angin kuat. Namun, balok yang lebih luas membutuhkan lebih banyak ruang untuk manuver, sehingga memaku dan gybing bisa rumit di daerah terbatas. Dalam kasus trimarans dengan sayap terbuka, lambung sempit memberikan ruang hidup kurang dari satu monohull ekuivalen ukuran, tetapi dengan sayap padat akomodasi kabin dapat memperpanjang keluar atas sayap menyediakan interior yang sangat lapang. Akhirnya, trimarans membutuhkan ruang docking lebih marina, kecuali ama yang bisa dilipat untuk mengurangi balok.

Seperti saat meluruskan ( kekuatan yang tahan torsi berlawanan angin pada layar ) diproduksi oleh pelampung, atau ama, daripada keel menonjol berat, trimarans lebih ringan dan lebih cepat daripada monohull panjang setara. Keel ditarik ringan atau foil, disebut sebagai Centerboard atau daggerboard sering digunakan untuk melawan gerakan lateral, membuat banyak model mudah beachable. Kebanyakan trimarans sulit untuk flip samping diberi tingkat yang wajar dari hati-hati, bagaimanapun, trimarans dapat mencapai kecepatan begitu besar dalam angin kencang bahwa mereka dapat membajak ke belakang gelombang dan flip end -over -end ( Pitchpole ). Bahaya ini terutama berbahaya bagi multihull yang menggunakan spinnaker dalam angin kencang dan laut besar. Untuk menghindari malang ini pelaut trimaran skenario disarankan untuk mengurangi berlayar dan selalu memiliki semua layar mudah dilepaskan. Penggunaan trampolin dengan menenun besar, untuk memungkinkan air untuk dengan mudah melewati, dan penyebaran parasut jangkar drogues dan jangkar laut kapanpun harus mengurangi risiko ke tingkat yang dapat diterima.

### **2.1.2 Keamanan Kelebihan**

Meskipun ada kemungkinan untuk trimaran untuk terbalik, ini kurang sering daripada dengan kapal monohull karena resistensi yang lebih besar untuk bergulir bahwa amas tawarkan. Kebanyakan desain trimaran dianggap hampir tak dpt tenggelam karena bahkan ketika diisi dengan air, flotasi satu ama sudah cukup untuk menjaga seluruh kapal mengapung. Karena stabilitas dan keamanan mereka, trimarans khusus seperti Challenger, telah menjadi populer dengan pelaut yang telah membatasi mobilitas.

Semakin besar kecepatan dibandingkan monohulls juga dapat menjadi penting untuk keselamatan saat kondisi cuaca buruk atau mengancam memburuk karena perahu bisa meninggalkan daerah bahaya lebih cepat.

Potensi pembeli trimarans harus mencari satu yang dirancang dengan amas dengan beberapa partisi disegel, mengontrol bahwa semua lari ke kokpit, sekat tabrakan, penutup kokpit sebagian atau penuh atau kaca depan, dan tiriskan lubang di kokpit yang memadai dapat menguras kokpit cepat, antara lain.

### **Kekurangan**

Trimarans capsizes lebih cenderung menjadi jenis lapangan - tiang dari gulungan ke satu sisi karena mereka yang lebih tinggi samping stabilitas dan kecepatan. Trimarans terbalik lebih sulit untuk mengubah tegak setelah mereka turtled dari kapal monohull. Sebuah trimaran terbalik tidak boleh dikoreksi oleh rotasi menyamping karena hal ini biasanya menyebabkan kerusakan berat dari tiang dan tali-temali. Memanfaatkan menarik pada buritan menuju haluan, atau dari haluan ke arah buritan trimarans terbalik telah terbukti dapat berhasil mengubahnya akhir -over -end. Beberapa fitur desain mengurangi kemungkinan lapangan - tiang terbalik. Ini termasuk memiliki jaring sayap

dengan menenun terbuka yang dirancang untuk mengurangi windage dan deck dan jaring yang menumpahkan air dengan mudah. Cara terbaik untuk menghindari terbalik adalah untuk mengurangi berlayar dalam cuaca berat.

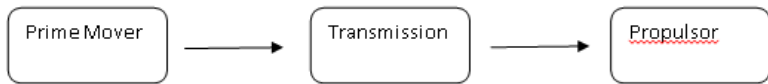
Pada hari-hari awal mereka, trimarans yang agak kurang kuat dibandingkan monohulls, dan memiliki risiko yang lebih besar dari kerusakan struktural dalam cuaca berat. Bahkan saat ini, pelaut trimaran tetap waspada terhadap risiko ini.

Trimarans pada anchor atau tambatan cenderung mengikuti angin karena ringan dan rancangan dangkal, sedangkan monohulls biasanya mengikuti pasang surut. Hal ini dapat menyebabkan tabrakan jika trimaran yang ditambatkan dekat dengan monohull dan lingkaran ayunan mereka tumpang tindih. Sebuah kekang dicurangi benar untuk garis jangkar harus mengurangi ayunan untuk minimum (Wikipedia trimaran).

## **2.2 Pengenalan system propulsi kapal pemanding**

Dalam operasinya di laut, suatu kapal harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kecepatan dinas ( $V_s$ ) seperti yang direncanakan. Hal ini mempunyai arti bahwa, kapal haruslah mempunyai rancangan system propulsi (penggerak) yang dapat mengatasi keseluruhan gaya-gaya hambat (total resistance) yang terjadi agar memenuhi standar kecepatan dinasnya. Secara umum, system propulsi kapal terdiri dari tiga komponen utama, antara lain :

- Motor Penggerak Utama (Prime Mover)
- Sistem Transmisi (transmission)
- Alat Gerak (Propulsion)



**Gambar 7.1 Sistem Propulsi Kapal**

Ketiga komponen utama ini merupakan suatu kesatuan yang didalam proses perencanaannya tidak dapat ditinjau secara terpisah. Kesalahan didalam perancangan akan membawa 'konsekuensi' yang sangat besar terhadap kondisi-kondisi sebagai berikut;

- Tidak tercapainya kecepatan dinas kapal yang direncanakan.
- Fuel oil consumption yang tidak efisien.
- Turunnya nilai ekonomis dari operasional kapal tersebut.
- Pengaruh pada tingkat vibrasi yang terjadi pada badan kapal, dsb.

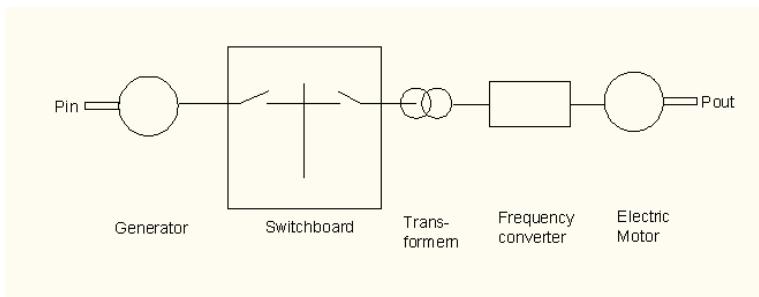
Secara mendasar alat gerak kapal dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu alat gerak kapal yang *non-mekanik* dan yang *mekanik*. Alat gerak kapal yang non-mekanik adalah *Dayung* dan *Layar*. Sedangkan alat gerak kapal yang mekanik banyak mengalami perkembangan adalah sebagai berikut:

1. Fixed Pitch Propeller
2. Ducted Propeller
3. Contra-rotating Propeller
4. Overlapping Propeller
5. Controlable Pitch Propeller
6. Waterjet Propulsion System
7. Cyclodial Propeller
8. Paddle Wheels
9. Superconducting Electric Propulsion System
10. Azimuth Podded Propulsion System

Dasar perancangan system penggerak utama adalah merupakan coordinator antara prime mover dengan system tranmisi dan propulor. Untuk menentukan pilihan seorang marine engineer harus mempertimbangkan beberapa kemungkinan kombinasi permesinan (Masroeri & Asianto, 1999).

### 2.2.1 Sistem propulsi kapal elektrik atau Diesel Electrical Propulsion (DEP)

Sistem propulsi kapal menggunakan system Diesel-electric power station (Tugas Akhir Dedy Wahyudi 4108 204 008), tenaga bantu dan pelayanan kapal adalah secara elektrik, karenanya jika system propulsi utama juga menggunakan system elektrik maka semua kebutuhan tenaga di kapal tersebut akan dapat dihasilkan oleh mesin yang sama. Dengan menggunakan beberapa buah Gen-set makan akan memungkinkan untuk menyediakan tenaga listrik secara kontinyu dan teratur. Hal ini juga didukung dengan penggunaan system control produksi listrik untuk mengoptimisasi output dari masing-masing generator listrik.



**Gambar 7.2 Skema Propulsi Listrik**



Walaupun demikian DEP memberikan banyak keuntungan dibandingkan dengan Diesel Mechanical Propulsion (DMP) diantaranya:

1. Kemudahan dan kesesuaian dalam pengaturan kecepatan putaran propeller beserta arah putarnya.
2. Sistem pengontrolan dapat diatur walaupun dalam jarak yang cukup jauh, sehingga dapat secara langsung diatur oleh operator.
3. Pengadaan tenaga listrik dilakukan secara bersama oleh beberapa buah gen-set sehingga variasi tenaga bias dilakukan lebih cepat.
4. Redundancy yang berlipat ganda dalam memproduksi tenaga. Jika ini terjadi kerusakan sebuah motor-induk atau lebih, masih ada cukup tenaga yang tersedia untuk mengoperasikan kapal secara aman dibawah kondisi tertentu
5. Fleksibilitas perancangan kamar mesin, DEP memungkinkan untuk memisahkan motor propulsi dengan penggerak utamanya, sehingga lebih menghemat ukuran, ruang, dan berat disbanding system DMP.
6. Effisiensi pemakaian fuel karena pembebebanan yang tinggi dan uniform dari electric propulsion mengakibatkan system ini memberikan kemampuan yang lebih baik untuk Heat Recovery, serta mesin bekerja pada titik effisiensi fuel yang paling optimum.
7. Tingkat kebisingan dan getaran yang rendah, karena tanpa adanya reduction gear dan penempatan dari permesinan yang baik.
8. Dampak polusi yang lebih rendah, dimana motor diesel bekerja pada effisiensi optimumnya dengan kecepatan konstan sehingga memberikan kemampuan yang baik terhadap Exhaust gas emission.

Diesel Electric Propulsion hanya mampu memberikan efisiensi sebesar 85% - 89% yang sedikit lebih rendah dibanding

DMP. Efisiensi yang didapat pada Tugas Akhir yang jadi sumber dan pembanding tugas akhir saya, efisiensi itu sebagai berikut :

- Efisiensi Alternator : 96%
- Efisiensi Transformator : 97%
- Efisiensi Motor : 95%
- Efisiensi Propeller : 60%
- Efisiensi Gearbox : 98%-99%
- Efisiensi Shaft : 98%-99%

### 2.3 Permodelan Kapal Pembanding

Referensi kapal trimaran memakai data kapal yang sudah dibangun, kemudian dilakukan permodelan kapal dengan menggunakan software maxsurf ditujukan untuk mendapatkan lines plan kapal, adapun dimensi utama kapal adalah sebagai berikut :

Panjang garis air (Lwl)	: 50.97 meter
Panjang keseluruhan (Loa)	: 55.60 meter
Lebar (Beam)	: 15.20 meter
Sarat (Draft to Baseline)	: 2.10 meter
Displacement	: 134.4 ton
WSA	: 370.1 m <sup>2</sup>
Cb	: 0.2558

Kecepatan kapal : 40 knot

**Jarak antar propeller : 2 meter**

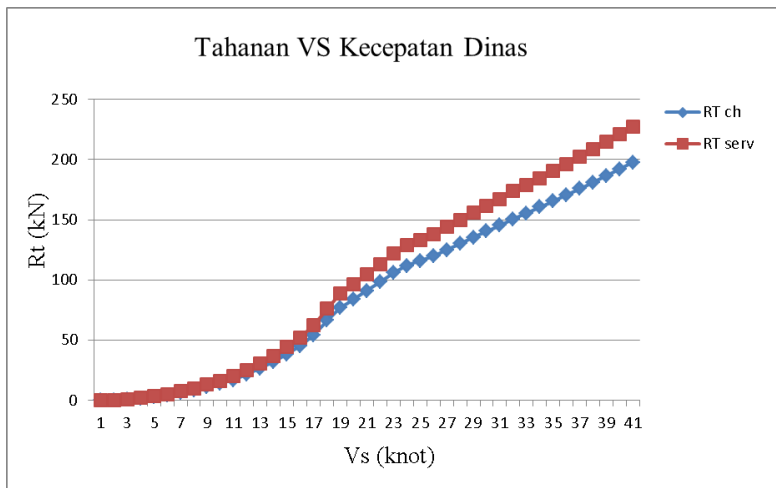
Permodelan kapal trimaran dibuat dengan bantuan software maxsurf pro 11.12. Kapal trimaran memiliki 3 (tiga) lambung yang tercelup air, 2 (dua) lambung samping (*side hull*) dan 1 (satu) lambung utama (*main hull*). Sebagaimana tampak pada gambar (), a) merupakan bentuk model isometric dalam tiga dimensi (3D), b) tampak samping yang merupakan gambaran bentuk kerampingan (*sheer plan*) kapal, c) tampak atas merupakan gambaran bentuk lebar (*halfbreadth plan*) kapal, d) tampak depan merupakan gambaran bentuk badan (*body plan*) kapal.

**Tabel 7-1 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal Pemanding**

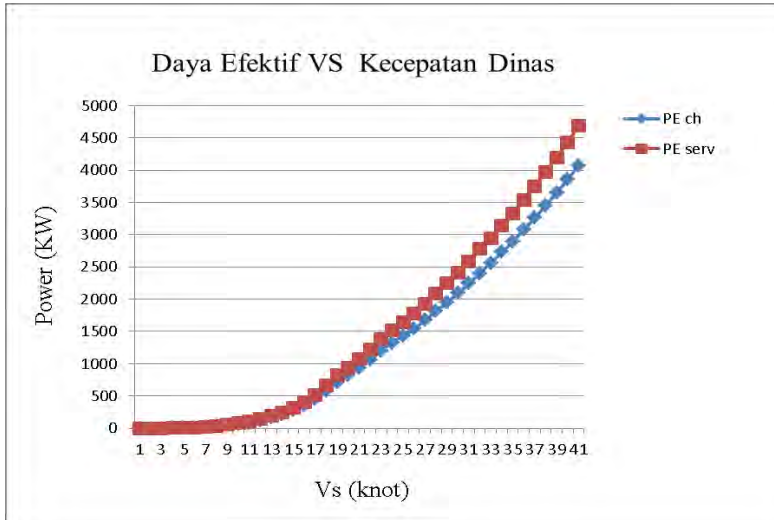
Knot	Vs (m/s)	RTch (kN)	Rtserv (kN)	PE ch	PE serv
0	0	0	0	0	0
1	0.51	0.23	0.2645	0.1173	0.134895
2	1.03	0.84	0.966	0.8652	0.99498
3	1.54	1.79	2.0585	2.7566	3.17009
4	2.06	3.06	3.519	6.3036	7.24914
5	2.57	4.66	5.359	11.9762	13.77263
6	3.09	6.57	7.5555	20.3013	23.346495
7	3.6	8.79	10.1085	31.644	36.3906
8	4.12	11.35	13.0525	46.762	53.7763
9	4.63	14.3	16.445	66.209	76.14035
10	5.14	17.12	20.378	87.9968	104.74292
11	5.66	21.73	24.9895	122.9918	141.44057
12	6.17	26.61	30.6015	164.1837	188.811255
13	6.69	32.31	37.1565	216.1539	248.576985

Knot	Vs (m/s)	RTch (kN)	Rtserv (kN)	PE ch	PE serv
14	7.2	38.47	44.2405	276.984	318.5316
15	7.72	45.51	52.3365	351.3372	404.03778
16	8.23	54.45	62.6175	448.1235	515.342025
17	8.75	66.37	76.3255	580.7375	667.848125
18	9.26	77.03	88.5845	713.2978	820.29247
19	9.77	83.87	96.4505	819.4099	942.321385
20	10.29	90.98	104.627	936.1842	1076.61183
21	10.8	98.36	113.114	1062.288	1221.6312
22	11.32	106.02	121.923	1200.1464	1380.16836
23	11.83	111.94	128.731	1324.2502	1522.88773
24	12.35	116	133.4	1432.6	1647.49
25	12.86	119.88	137.862	1541.6568	1772.90532
26	13.38	125.17	143.946	1674.7746	1925.99748
27	13.89	130.37	149.926	1810.8393	2082.47214
28	14.4	135.5	155.825	1951.2	2243.88
29	14.92	140.56	161.644	2097.1552	2411.72848
30	15.43	145.58	167.417	2246.2994	2583.24431
31	15.95	150.58	174.167	2401.751	2777.96365
32	16.46	155.57	178.906	2560.6822	2944.79276
33	16.98	160.58	184.667	2726.6484	3135.64566
34	17.49	165.64	190.486	2897.0436	3331.60014
35	18.01	170.75	196.363	3075.2075	3536.49763
36	18.52	175.95	202.343	3258.594	3747.39236
37	19.03	181.24	208.426	3448.9972	3966.34678
38	19.55	186.64	214.636	3648.812	4196.1338
39	20.06	192.17	220.996	3854.9302	4433.17976
40	20.58	197.83	227.505	4071.3414	4682.0529

Dari table 2.1 perhitungan nilai tahan total kapal saat masih baru di bangun atau melakukan docking atau cuci lambung(clean hull) ditunjukkan pada kolom RTch. Sedangkan untuk kondisi pelayaran sesungguhnya di daerah asia timur harus ditambahkan nilai tahan service kapal (RTserv) sebesar 15% dari nilai tahanan total kapal. Apabila nilai tahan dan kebutuhan daya efektif kapal diplotkan kedalam grafik akan terlihat sebagaimana pada grafik 2.1 dan 2.2.



Grafik 2.1 Karakteristik kecepatan dan tahanan kapal



Grafik 2.2 Karakteristik kecepatan dan daya kapal

## 2.4 Penerapan Sistem Propulsi Hybrid

Peneraan sistem hybrid propulsion adalah penggabungan antara Diesel Mechanical Propulsion (DMP) dan Diesel Electric Propulsion (DEP). Pada perencanaan trimaran ini DMP diterapkan pada lambung kapal bagian tengah (center hull), sedangkan DEP diterapkan pada kedua lambung kapal bagian samping. System hybrid propulsion (DEP dan DMP) direncanakan untuk melayani beberapa kondisi operasional untuk kapal patrol. Beberapa kondisi pelayaran yang sering dilakukan pada kapal patrol antara lain:

- Pengejaran (SAR)
- Pengangkutan (Transit)
- Patroli (Patrolling in economic speed) dan
- Pengintaian (Loatering)

Pada kenyataannya bahwa waktu operasional kapal patrol atau kapal perang terjadi perbedaan yang sangat signifikan, adapun waktu operasi pada tiap-tiap kondisi pelayaran ditunjukkan pada table 2.2 (MTU,2004).

**Tabel 7-2 Contoh Kondisi Pelayaran Kapal Patroli**

Operasi Deskripsi	Pengintaian (Loatering)	Patroli (Patroling)	Pengangkutan (transit)	Pengejaran (Intercept)
Kecepatan Kapal	<10	12	>18	40
% Waktu Operasi	20%	55%	20%	5%
Per 2000 jam operasi	400	1100	400	100

Dari table 2.2 terlihat bahwa kondisi yang paling banyak waktu operasinya (dominan pada saat patrol (patroling) yaitu sekitar 55% dengan kecepatan kapal 12 knot, pada saat kondisi inilah nilai ekonomis kapal harus diperhatikan. Sedangkan kecepatan maksimum operasional kapal dilakukan hanya sekitar 5% pada kecepatan 40 knot.

Adapun pembagian daya mesin di setiap jenis misi dan operasional kapal terlihat pada table 2.3 bahwa nilai ekonomis kapal dikondisikan pada saat patrol yaitu pada kecepatan kapal 12 knot karena pada titik ini adalah jam operasi kapal

**Tabel 7-3 Pembagian Daya DEP & DMP**

Jenis misi dan operasional kapal	% Daya		Vs (Knot)
	DMP	DEP	
Pengejaran (Intercept), SAR	100%	100%	40
Pengangkutan (Transit)	50%	0%	>18
Patroli (Patroling)	0%	100%	12
Pengintaian (Loatering)	0%	50%	<10

## 2.5 Tahanan Kapal

Pada kondisi ini nilai tahan kapal pada table 2.1 sebesar 197.83 kN, karena pada saat kapal berpatroli mesin yang digunakan 100% DMP dan 100% DEP ini berarti bahwa propeller DMP & DEP bekerja secara simultan, Penambahan nilai tahanan sea margin diasumsikan sebesar 15%, maka besarnya nilai tahan total pada sistem DMP adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R_t &= 197.83 \times (1+15\%) \\
 &= 227.50 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Daya Efektif (PE) kapal

$$\begin{aligned}
 P_E &= R_t \times V_s \\
 P_E &= 227.50 \times 20.58 \\
 &= 4681.54 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jika nilai konstanta } \alpha &= R_t/V_s^2 \\
 A &= 227.50/(20.58)^2 \\
 &= 0.54
 \end{aligned}$$



Jika nilai koefisien blok ( $C_b$ ) didapat dari perhitungan maxsurf sebesar 0.22 dan koefisien prismatic ( $C_p$ ) 0.54, maka kita dapat menghitung nilai wake deduction factor ( $w$ ) dan thrust deduction factor ( $t$ ).

- Menghitung nilai wake deduction factor ( $w$ )

$$w = (0.7 \times C_p) - 0.3 + (0.3 \times (0.4 - (a/B)))$$

dimana:

$$a = \text{jarak antar propeller} = 2 \text{ meter}$$

$$B = \text{Lebar kapal} = 15.2 \text{ meter}$$

Maka,

$$\begin{aligned} w &= (0.7 \times 0.54) - 0.3 + (0.3 \times (0.4 - (2/15.2))) \\ &= 0.16 \end{aligned}$$

- Menghitung thrust deduction factor ( $t$ )

$$\begin{aligned} t &= 0.5 \times C_p - 0.19 \\ &= 0.0795 \end{aligned}$$

- Menghitung kecepatan advance ( $V_a$ )

$$\begin{aligned} V_s &= (1-w) \times V_s \\ &= (1-(0.16)) \times 20.58 \\ &= 17.33 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- Menghitung nilai Daya Thrust kapal adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T &= R_t / (1-t) \\ &= 227.50 / (1 - 0.0795) \\ &= 247.15 \text{ kN} \\ P_T &= T \times V_a \end{aligned}$$

$$= 247.15 \times 17.33$$

$$= 4283.18 \text{ kW}$$

- Effisiensi kapal

Pada system DMP penurunan transmisi daya meliputi effisiensi lambung ( $\eta_H$ ), , effisiensi relative rotatif ( $\eta_{rr}$ ), effisiensi propeller ( $\eta_o$ ), effisiensi shaft ( $\eta_s$ ), effisiensi gearbox ( $\eta_G$ ).

$$\begin{aligned} \text{- Effisiensi lambung } (\eta_H) &= (1 - t / (1 - w)) \\ &= (1 - 0.0795) / (1 - 0.16) \\ &= 1.09 \end{aligned}$$

- Effisiensi relative rotatif ( $\eta_{rr}$ ) = 1 (didapatkan dari perhitungan hullspeed)

$$\begin{aligned} \text{Quacy propulsive (qpc)} &= \eta_{rr} * \eta_H * \eta_p \quad (\text{asumsi nilai } \eta_p = 0.6) \\ &= 1 * 1.09 * 0.6 \\ &= 0.66 \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi shaft } (\eta_s) = 0.98$$

$$\text{Effisiensi Gearbox } (\eta_G) = 0.98$$

- Kebutuhan Daya Penggerak (Prime Mover)

Distribusi propeller berjumlah 2 unit (twin screw) maka nilai Power efektif untuk setiap propeller  $P_{Epropeller}$  adalah

$$P_{Epropeller} = 4681.54 / 2 = 2340.8 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned}
 P_D &= P_{\text{Epropeller}} / \text{qpc} \\
 &= 2340.8 / 0.66 = 3265.6 \text{ kW} \\
 P_S &= P_D / \eta_{\text{Shaft}} \\
 &= 3265.6 / 0.98 = 3332.24 \text{ kW} \\
 P_B &= P_S / \eta_G \\
 &= 3332.24 / 0.98 = 3400.25 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

## 2.6 Perhitungan DEP

### 2.6.1 Menghitung Daya Motor

Pada tabel 2.3 operasional kapal patrol trimaran akan dioptimumkan pada kecepatan service kapal ( $V_s$ ) adalah 12 knot. Pada kondisi ini nilai tahanan kapal pada tabel 2.1 sebesar 26.61 kN untuk penambahan tahanan untuk sea margine diwilayah asia timur sebesar 15% maka dapat kita tuliskan sebagai berikut;

$$\begin{aligned}
 V_s &= 12 \text{ knot} \\
 V_s &= \frac{12}{0.5144} \\
 &= 6.17 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Karena pada saat kapal berpatroli mesin yang digunakan 100% DEP dan 0% DMP ini berarti bahwa propeller DMP akan dikondisikan free running, sehingga akan timbul tahanan pada ke dua propeller. Jika total penambahan nilai tahanan adalah 5% tahanan pada saat beroperasi 12 knot. Penamabahan nilai tahanan se margine diasumsikan sebesar 15%. Maka besarnya nilai tahanan total pada sistem DEP adalah sebagai berikut;

$$R_t = 26.61 + (20\% \times 26.61)$$

$$= 31.93 \text{ kN}$$

- Daya Efektif (PE) Kapal

$$P_E = R_t \times V_s$$

$$= 31.93 \times 6.17$$

$$= 197.1 \text{ kW}$$

Jika nilai konstanta  $\alpha = R_t / V_s^2$

$$\alpha = 31.93 / (6.17)^2$$

$$= 0.84$$

- Mengitung wake deduction factor

Nilai koefisien blok ( $C_b$ ) didapat dari perhitungan maxsurf sebesar 0.22 dan Coefisien prismatic ( $C_p$ ) sebesar 0.54 maka kita dapat menghitung nilai wake deduction factor ( $w$ ) sebagai berikut;

$$w = (0.7 \times C_p) - 0.3 + (0.3 \times (0.4 - (a/B)))$$

dimana :

$$a = \text{jarak antar propeller} = 13.4 \text{ meter}$$

$$B = \text{lebar kapal} = 15.2 \text{ meter}$$

Maka,

$$w = (0.7 \times 0.54) - 0.3 + (0.3 \times (0.4 - (13/15.2)))$$

$$= -0.07$$

- Menghitung thrust deduction factor ( $t$ )

$$t = 0.5 \times C_p - 0.19$$

$$= 0.0795$$

- Menghitung kecepatan advance ( $V_a$ )

$$V_a = (1 - w) \times V_s$$

$$= (1 - (-0.07)) \times 6.17$$

$$= 6.59 \text{ m/s}$$

- Menghitung nilai Daya Thrust kapal

$$T = R_t / (1 - t)$$

$$= 31.93 / (1 - 0.0795)$$

$$= 34.69 \text{ kN}$$

$$P_T = T \times V_a$$

$$= 34.69 \times 6.59$$

Berdasarkan buku Principle Naval Architech bahwa diameter propeller dapat ditentukan dengan;

$$D = 0.6 \times T \quad \text{dimana } T \text{ adalah sarat kapal} = 1.32 \text{ meter}$$

$$D = 0.6 \times 1.32$$

$$= 0.8 \text{ meter}$$

Pada saat transit propeller akan dibiarkan bebas maka agar hambatan berkurang dipilih propeller yang lebih kecil.

- Efisiensi kapal

Pada sistem DEP banyak terjadi penurunan transmisi daya karena banyak komponen yang terkait, diantaranya meliputi efisiensi lambung ( $\eta_H$ ), efisiensi relative rotatif ( $\eta_{rr}$ ), efisiensi propeller ( $\eta_o$ ), efisiensi shaft ( $\eta_s$ ), efisiensi gearbox ( $\eta_G$ ), efisiensi motor ( $\eta_m$ ), efisiensi alternator ( $\eta_{alt}$ ), efisiensi transformer ( $\eta_t$ ).

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

$$= (1- 0.0795) / (1- (-0.07))$$

$$= 0.86$$
- Efisiensi relative rotatif
 
$$= 1$$
- Koefisien quacy propulsive
 
$$= \eta_{rr} * \eta_H * \eta_p \quad (\text{asumsi nilai } \eta_p = 0.6)$$

$$= 0.68 \times 1 \times 0.6$$

$$= 0.52$$
- Efisiensi shaft ( $\eta_{shaft}$ )
 
$$= 0.98$$

- Effisiensi gearbox ( $\eta_G$ ) = 0.98
  - Effisiensi alternator ( $\eta_{alt}$ ) = 0.96
  - Effisiensi motor ( $\eta_{mtr}$ ) = 0.95
  - Effisiensi Transformer ( $\eta_{trf}$ ) = 0.97
  - Effisiensi total electric ( $\eta_{elect}$ ) =  $\eta_{alt} \times \eta_{mtr} \times \eta_{transf}$   
= 0.88
- Kebutuhan daya motor listrik
  - Distribusi propeller berjumlah 2 unit (twin scre) maka nilai Power efektif per propeller  $P_{Epropeller}$  adalah  

$$P_{Epropeller} = 197.3 / 2$$

$$= 98.56 \text{ kW}$$
  - Trust service propeller ( $T_s$ ) propeller masing-masing propeller adalah  

$$T_s = 34.69 / 2$$

$$= 17.34 \text{ kN}$$

Untuk shafting yang mempunyai kemiringan maka harus dikalikan dengan nilai cos sudut yang dibentuk. Kalau direncanakan dengan sudut kemiringan  $9^\circ$  maka nilai Thrust service ( $T_s$ ) ;

$$T_s = T \times \cos 9^\circ$$

$$= 17.34 \times 0.987688$$

$$= 17.56 \text{ kN}$$
  - Daya Delivery Propeller (PD) adalah  

$$P_D = P_E / \eta_{pc}$$

$$= 220.96 / (0.95 \times 0.95)$$

$$= 230.1 \text{ kW}$$
  - Pemilihan Spesifikasi Motor  
Merk : LS LEROY SOMER  
Type : LSK 2254

Daya	: 235 KW
Motor	: DC variable speed
Power Source	: 260 kW / 2 phase / 50 Hz
Putaran	: 1480 Rpm
Berat	: 920 kg
Jumlah	: 2 unit
• Pemilihan Gearbox :	
Jenis Gearbox	: Twin disc
Type	: MG-5061SC
Rasio	: 1 : 2.04

### 2.6.2 Operasi DEP pada 12 Knot

$$\text{Rasio Gearbox (R)} = 1 : 2.04$$

$$\text{Putaran Motor (N}_m\text{)} = 1480 \text{ Rpm}$$

$$\text{Putaran maksimal} = 2150 \text{ Rpm}$$

Maka nilai putaran propeller (N<sub>p</sub>)

$$\begin{aligned} N_p &= N_m / R \\ &= 1480 / 2.04 \\ &= 725.49 \text{ Rpm} = 12.09 \text{ Rps} \end{aligned}$$

- Menentukan Advance koefisien ( J )

$$\begin{aligned} J &= V_a / n \cdot D \\ &= 6.59 / (12.09 \times 0.57) \\ &= 0.956 \end{aligned}$$

- Menentukan Trust Koefisien (K<sub>t</sub>/J<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned} K_T/J^2 &= T_S / \rho D^2 V_a^2 \\ &= 17.56 / ( 1.025 \times 0.8^2 \times 6.59^2 ) \end{aligned}$$

$$= 1.214$$

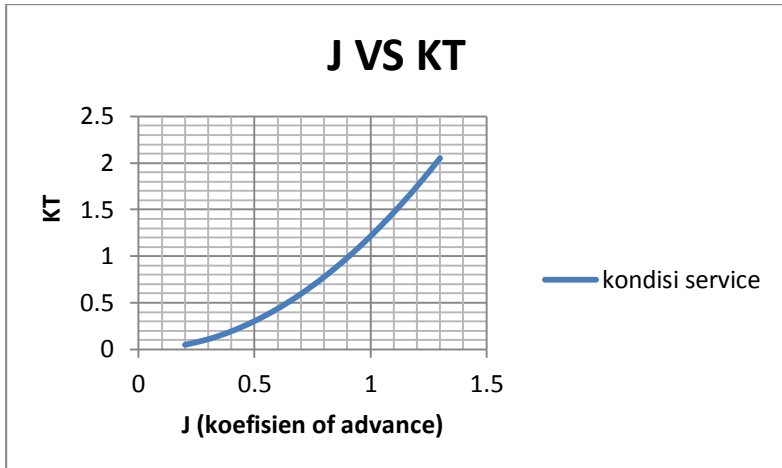
Untuk mendapatkan perpotongan dengan nilai KT pada grafik openwater, kita bisa mengasumsikan nilai J, seperti terlihat pada tabel 2.4

**Tabel 7-4 Tabel Koefisien Thrust**

Tabel KT - J	
J	$(KT/J^2) \times J^2$
0.2	0.049
0.3	0.109
0.4	0.194
0.5	0.304
0.6	0.437
0.7	0.595
0.8	0.777
0.9	0.983
1	1.214
1.1	1.469
1.2	1.748
1.3	2.052
Nilai J diasumsikan	

Maka hubungan nilai koefisien advance (J) dengan koefisien thrust adalah seperti pada grafik 2.3





Grafik 2.3 Nilai koefisien thrust terhadap koefisien advance

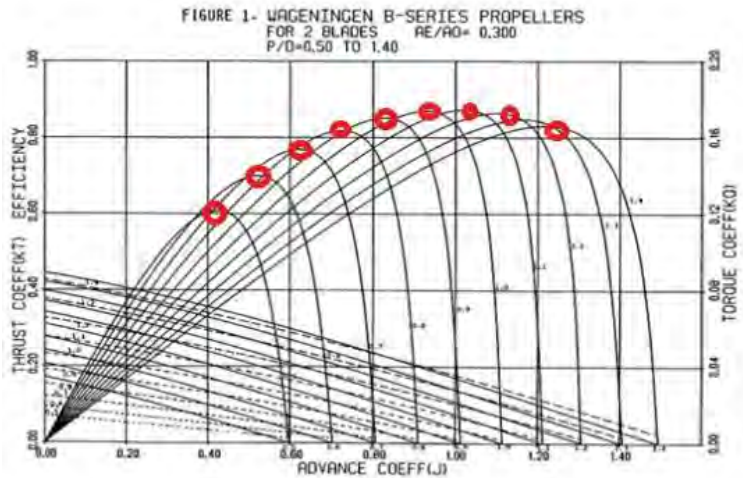
- Pemilihan Propeller  
 Nilai J-Kt kemudian diplotkan ke dalam kurva karakteristik propeller B series, jenis propeller yang dipilih dengan konfigurasi jumlah daun ( $z$ ), blade area ratio ( $A_e/A_o$ ) dan pitch propeller ( $P/D$ ).

Tabel 7-5 Pemilihan Propeller

Z	( $A_e/A_o$ )prop	P/D
3	0.35 dan 0.60	0.1 - 1.4
4	0.55 dan 0.70	0.1 - 1.4
5	0.45 dan 0.60	0.1 - 1.4

Hasil plot grafik koefisien advance dan koefisien thrust ditunjukkan pada lampiran diambil efisiensi daya propeller dengan daya mesin yang paling tinggi

terdapat pada type propeller B3-60 yang ditunjukkan pada grafik 2.4



Grafik 2.4 characteristic of screw

Setelah nilai  $K_{T_{ship-J}}$  kapal di plot kedalam kurva karakteristik open water propeller kemudian didapatkan nilai perpotongan  $K_{T_{prop}}$ ,  $K_{Q_{prop}}$ , dan Effisiensi ( $\eta_{prop}$ ), untuk plot nilai kedalam kurva B3-60 didapatkan nilai seperti dalam tabel 2.6

**Tabel 7-6 Nilai  $K_T$  ship dalam Kurva Open Water Propeller Seri B3-60**

P/D	J	$K_Q$	$\eta_o$
0.6	0.405	0.012	0.535
0.7	0.46	0.016	0.568
0.8	0.508	0.021	0.58
0.9	0.55	0.028	0.578
1	0.592	0.035	0.57
1.1	0.635	0.043	0.563
1.2	0.75	0.052	0.558
1.3	0.71	0.06	0.55
1.4	0.745	0.071	0.545

- Engine propeller matching  
 Engine Propeller Matching digunakan untuk melihat apakah daya propeller sudah sesuai dengan daya mesin yang tersedia. Dengan formula berikut kita akan dapatkan prosentase daya break ( $P_{B\text{propeller}}$ )

$$J = \frac{V_A}{nxD}; \quad Q_{\text{prop}} = K_Q \rho x n^2 x D^5$$

$$K_T = \frac{T_{\text{PROP}}}{\rho x n^2 x D^5}; \quad P_D = 2\pi n Q_{\text{PROP}}$$

$$K_Q = \frac{Q_{\text{PROP}}}{\rho x n^2 x D^5}; \quad P_B = \frac{P_D}{\eta_G}$$

$$\eta_o = \frac{JxK_T}{2\pi x K_Q}; \quad \% P_B = P_{B\text{prop}} / P_{B\text{engine}}$$

Dimana  $P_{B\text{engine}} = 235 \text{ kW}$

Tabel 7-7 Perhitungan Daya Propeller

P/D	qpc	Q (kNm)	PD <sub>prop</sub> (kW)	PE <sub>prop</sub> (kW)	PB <sub>prop</sub> (kW)	% PB	% PE
	$\eta_R * \eta_H * \eta_O$	$(Kq) * (1025) * (n^2) * (D^5)$	$2 * 3.14 * \rho * Q * n$	$PD_{prop} * qpc$	$\frac{PD_{prop}}{(\eta G * \eta S)}$	$\frac{PB_{pr_{op}}}{PB_{ka_{pal}}}$	$\frac{PE_{pr_{op}}}{PE_{ka_{pal}}}$
0.6	0.461	579.45	44	20.297	45.8	19%	21%
0.7	0.49	785.69	59.662	29.219	62.1	26%	30%
0.8	0.5	1031.22	78.306	39.161	81.5	35%	40%
0.9	0.498	1355.32	102.916	51.291	107.2	46%	52%
1	0.491	1718.7	130.51	64.142	135.9	58%	65%
1.1	0.485	2111.55	160.34	77.836	167	71%	79%
1.2	0.481	2553.51	193.9	93.291	201.9	86%	95%
1.3	0.474	2946.35	223.73	106.1	233	99%	108%
1.4	0.47	3486.52	264.748	$\frac{124.41}{1}$	275.7	$\frac{117}{\%}$	$\frac{126}{\%}$

Dari perhitungan daya propeller ( $P_{B \text{ prop}}$ ) pada tabel 2.7 dapat kita lihat prosentase nilai  $P_B$  yang mendekati dan tidak melebihi 100% adalah pada nilai pitch (P/D) 1.3. Pada propeller jenis B3-60 dengan nilai pitch 1.3 dapat menghasilkan tenaga  $P_B$  sebesar 223.73 kW atau 99% daya mesin yang tersedia sebesar 235 kW. Sedangkan prosentase nilai,  $P_E$  propeller terhadap nilai  $P_E$  kapal adalah 108% hal ini berarti bahwa daya efektif propeller 106.1 kW sudah melebihi dari kebutuhan daya efektif kapal sebesar 98.6 kW.

Langkah-langkah pengerjaan diatas dilakukan pada tiap-tiap jenis propeller yang telah ada sesuai pada tabel 2.5. Apabila nilai pada

tabel 2.7 diplotkan kedalam grafik akan tampak seperti pada grafik 5.3

## **2.7 Pemilihan Engine**

Harga yang dimaksud disini adalah harga dari main engine dan gearbox, untuk main engine dipilih spesifikasi sebagai berikut:

Merek	: MTU
Type	: 16V4000M93L
Power	: 3440 Kw at MCR (4.615 Hp)
Putaran	: 2100 Rpm
Berat	: 11272 Kg
Sfoc	: 230 g/hr at MCR

Dengan harga Rp 10.000.000.000 berdasarkan data pada bulan januari 2014 (karyawan MTU)

Untuk pemilihan gearbox sebagai berikut:

Jenis Gearbox	: TCH350 Twin Input Gears
Type	: TCH350
Rasio	: 1 : 2,516

## **2.8 Kebijakan Penyelenggaraan Transportasi Laut**

Untuk menciptakan suatu industry transportasi laut nasional yang kuat, yang dapat berperan sebagai penggerak pembangunan nasional, menjangkau seluruh wilayah perairan nasional dan internasional sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan rakyat dan mewujudkan persatuan dan kesatuan bangsa, maka kebijakan Pemerintah di bidang transportasi laut

tidak hanya terbatas pada kegiatan angkutan laut saja, namun juga meliputi aspek kepelabuhan, keselamatan pelayaran serta bidang kelembagaan dan sumber daya manusia.

Sesuai dengan Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Laut Nomor: UK. 11/15/15/DJPL-06 tentang Cetak Biru (Blue Print) Pembangunan Transportasi Laut 2005 – 2024, penyelenggaraan transportasi laut berpedoman pada kebijakan-kebijakan berikut:

- a) Meningkatnya Pelayanan transportasi Laut Nasional.
- b) Meningkatnya Keselamatan dan Keamanan dalam Penyelenggaraan Transportasi Laut Nasional.
- c) Meningkatnya Pembinaan Pengusahaan Transportasi Laut.
- d) Meningkatnya Kualitas Sumber Daya Manusia serta Ilmu Pengetahuan dan Teknologi di bidang Transportasi Laut.
- e) Meningkatnya Pemeliharaan dan Kualitas Lingkungan Hidup serta Penghematan Energi di bidang Transportasi Laut.
- f) Meningkatnya Penyediaan Dana Pembangunan Transportasi Laut.
- g) Meningkatnya Kualitas Administrasi Negara pada Sub Sektor Transportasi laut.

Untuk mengimplementasikan kebijakan penyelenggaraan transportasi laut tersebut, maka tentu saja penelitian ini akan sangat membantu.

(lemustar47.wordpress.com)

## **BAB III**

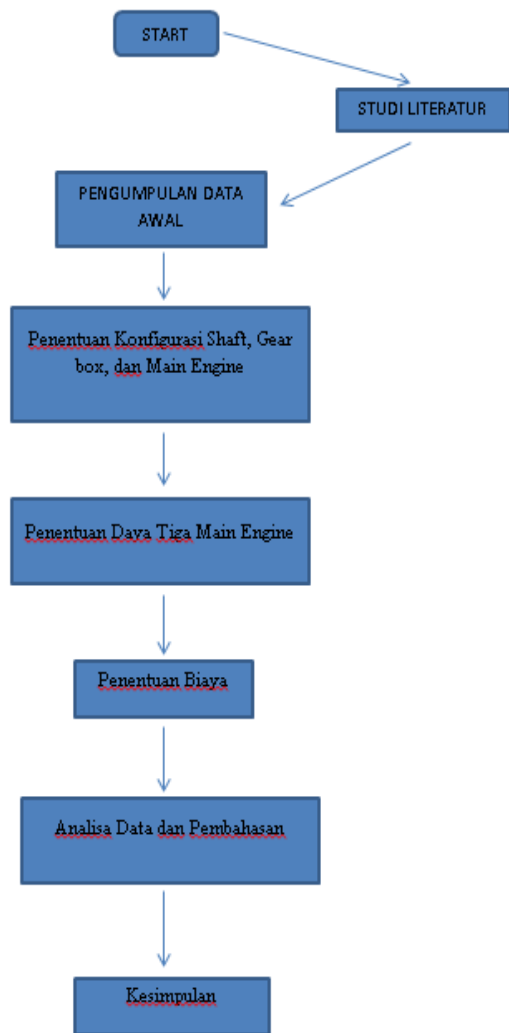
### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Pada Bab ini akan dibahas mengenai metodologi penelitian. Metodologi penelitian adalah tahapan-tahapan yg digunakan untuk menyelesaikan suatu penelitian. Berikut ini adalah tahapan-tahapan pengerjaan penelitian ini

#### **3.2 Metodologi Tugas Akhir**

Metodologi tugas akhir ini secara lengkap dapat ditunjukkan pada gambar dengan langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :



Gambar 8.1 Metode Penelitian Pengerjaan



### 3.3 Perumusan Masalah

Pada tahap ini dilakukan perumusan terhadap masalah yang ada dan nanti dilakukan suatu studi analisa untuk penyelesaian masalah tersebut dalam sebuah skripsi. Masalah yang timbul yaitu bagaimana kita bisa mencari perbandingan pemakaian dua dan tiga mesin di kapal trimaran dari segi teknis dan ekonomis

### 3.4 Studi Literatur

Study literatur (kajian pustaka) merupakan penelusuran literatur yang bertujuan untuk menyusun dasar teori yang kita gunakan dalam membuat skripsi ini. Pada skripsi ini studi literatur bersumber dari buku, paper, jurnal, internet dan spesifikasi dari mesin yang digunakan. Dan yang utama berasal dari penelitian-penelitian sebelumnya dan masih dikembangkan yang disimpulkan dalam sebuah paper.

### 3.5 Konfigurasi Sistem Propulsi Kapal Pemanding

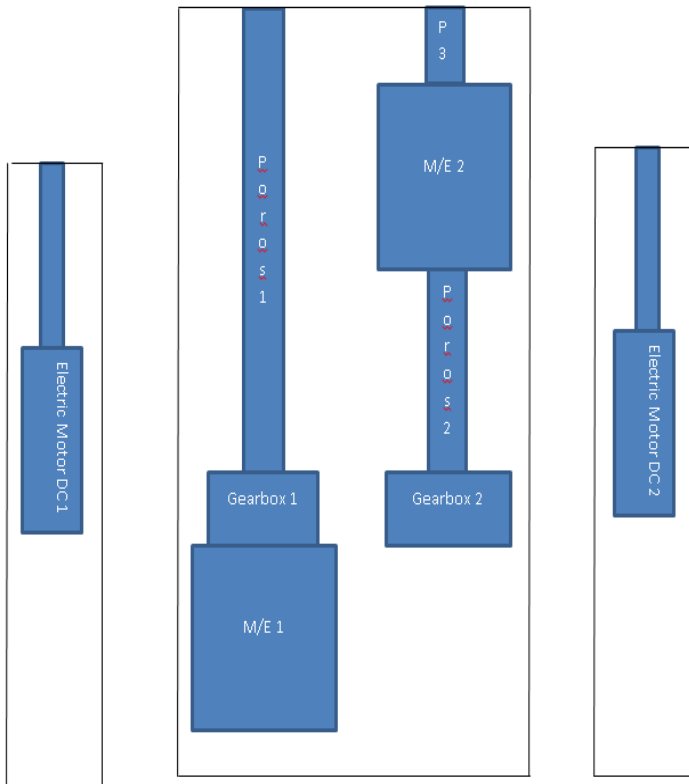
Konfigurasi system propulsi kapal pemanding dapat di tunjukan pada gambar ini. Konfigurasi tersebut menggunakan :

Electric Motor :

Merek	LS Leroy Sumer
Tipe	LSK 2254
Daya	235 KW
Putaran	1480 RPM
Jumlah	2 Unit

M/E

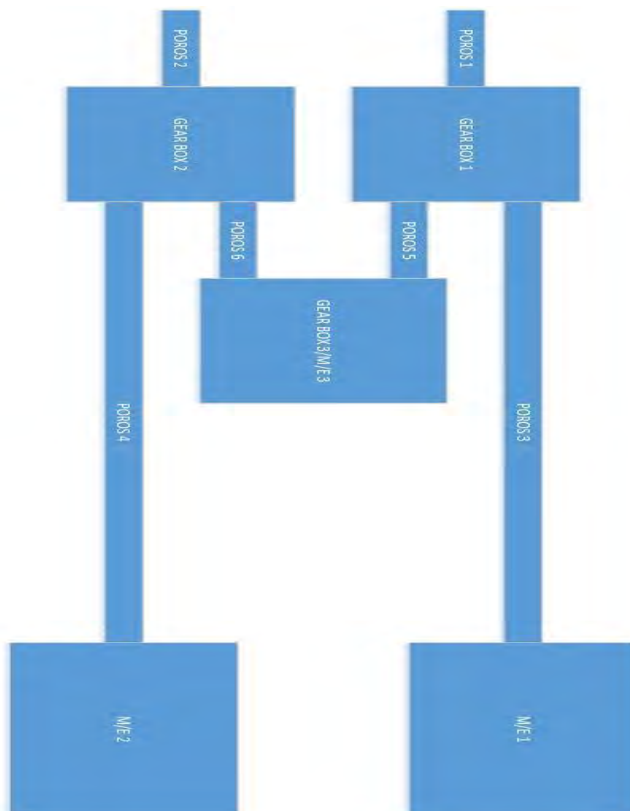
Merek : MTU  
Tipe : 16V4000M93L  
Power : 3440 Kw at MCR  
Putaran : 2100 Rpm  
Berat : 11272 Kg  
Sfoc : 230 g/hr at MCR  
Jumlah : 2 Unit



**Gambar 8.2** Layout Sistem Propulsi Hybrid

### 3.6 Penentuan Konfigurasi Shaft, Gear box, dan Main Engine yang akan di teliti

Pada penelitian ini menggunakan konfigurasi Shaft, Gear box, dan Main Engine seperti pada gambar



Gambar 8.3 Layout Sistem Tiga Mesin Utama

## Keterangan :

- Poros 1 :Poros 1 adalah poros yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari gear box 1 ke propeller sisi port kapal
- Poros 2 :Poros 2 adalah poros yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari gear box 2 ke gear box 1
- Poros 3 :Poros 3 adalah poros yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari M/E 1 ke propeller sisi port kapal
- Poros 4 :Poros 4 adalah poros yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari M/E 2 ke gear box 2
- Poros 5 :Poros 5 adalah poros yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari gear box 3 ke gear box 1
- Poros 6 :Poros 6 adalah poros yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari gear box 3 ke gear box 2
- Gearbox 1 :Gearbox 1 adalah gearbox untuk menurunkan putaran dari M/E 1 dan 3, rasio gear pada gearbox ini adalah 1 : 2,516
- Gearbox 2 :Gearbox 2 adalah gearbox untuk menurunkan putaran dari M/E 2 dan 3, rasio gear pada gearbox ini adalah 1 : 2,516
- Gearbox 3 :Gearbox 3 adalah gearbox untuk menyalurkan daya dari M/E 3 ke gearbox 1 atau 2 bilamana M/E 1 atau 2 mengalami kerusakan. Ratio gearbox ini adalah 1:1, hal ini dikarenakan

gearbox ini hanya berfungsi switch/memindahkan penyaluran daya dari M/E 3

M/E 1 dan 2 :M/E 1 adalah M/E pada sisi port kapal, daya M/E ini masih sama dengan daya pada M/E pada perhitungan sebelumnya

M/E 3 : M/E 3 adalah M/E yang digunakan untuk menggantikan fungsi dari M/E 1 atau 2 bilamana M/E 1 atau 2 mengalami kerusakan

### **3.7 Perumusan Untuk Menentukan Daya yang Digunakan Untuk Memilih Main Engine 3**

Diketahui nilai DHP dari perhitungan sebelumnya adalah 3265.6 KW, maka BHPscr pada M/E 3 dapat di tentukan dari perumusan berikut

$$BHPscr = DHP / (\eta_{shaft2} \cdot \eta_{shaft6} \cdot \eta_{gearbox3})$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan BHP sebesar 3365 KW. Sehingga spesifikasi untuk M/E 1 dan 2 dapat dipakai untuk M/E 3. Setelah mengetahui daya BHP scr, maka langkah selanjutnya adalah penentuan perhitungan tingkat ke-ekonomisan pemilihan susunan propulsi tersebut.

#### **3.7.1 Penentuan Besarnya Nilai Tahanan Kapal**

Dari data perhitungan sebelumnya didapatkan nilai tahanan kapal sebesar 227.5 KN. Nilai tahanan ini sudah termasuk penambahan sea margin sebesar 15%

#### **3.7.2 Penentuan Besarnya Daya Efektif Kapal**

Daya efektif kapal adalah daya yang digunakan untuk mendorong kapal hingga kecepatan SCRnya. Dari data perhitungan sebelumnya didapatkan daya efektif kapal sebesar 4681.54 KW.

### **3.7.3 Penentuan Besarnya Delivery Horse Power**

Delivery Horse Power adalah suatu daya yang berada pada ujung shaft propeller. Dari data perhitungan semula di dapatkan nilai DHP sebesar 3265.6 KW. Nilai DHP ini diperuntukan untuk masing-masing ujung shaft propeller.

### **3.8 Penentuan Biaya**

Setelah diketahui semua komponen yang dipakai dalam penelitian ini maka selanjutnya adalah penentuan biaya dari masing-masing komponen itu sendiri.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Umum**

Pada bab ini menguraikan langkah-langkah dalam pengolahan data-data yang telah didapatkan sebelumnya. Data kapal yang didapatkan tidak disertai perhitungannya tetapi langsung pada hasilnya, berikut data-datanya :

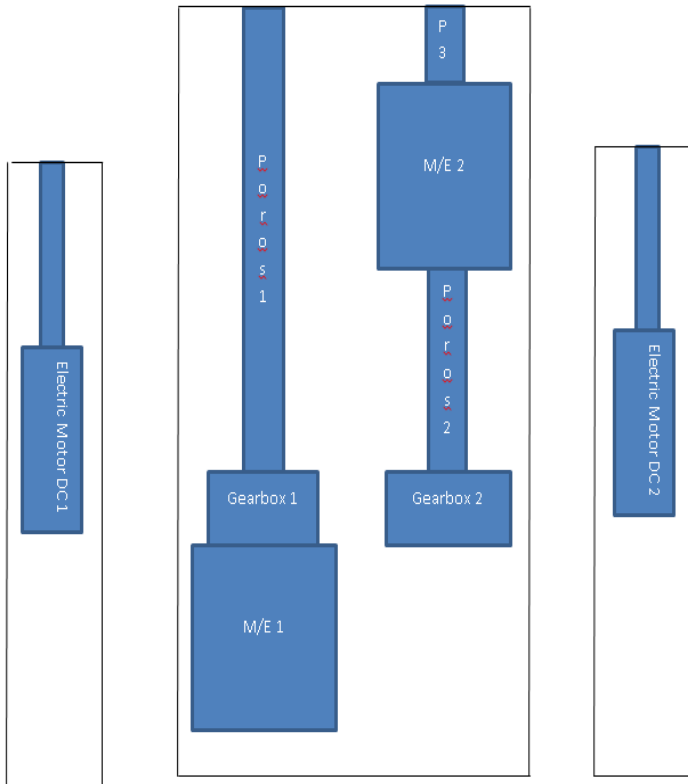
#### **4.2 Data-data Awal**

##### **4.2.1 Data Kapal trimaran**

Panjang garis air (Lwl)	: 50.97 meter
Panjang keseluruhan (Loa)	: 55.60 meter
Lebar (Beam)	: 15.20 meter
Sarat (Draft to Baseline)	: 2.10 meter
Displacement	: 134.4 ton
WSA	: 370.1 m <sup>2</sup>
Cb	: 0.2558
Kecepatan kapal	: 40 knot
Jarak antar propeller	: 2 meter

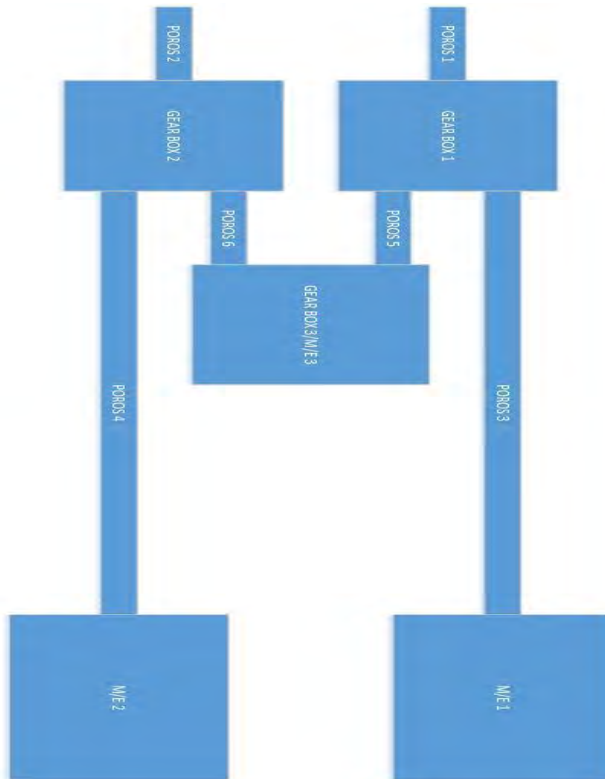
## 4.2.2 Konfigurasi Shaft, Gear box, dan Main Engine Kapal Pemandang

---



Gambar 9.1 Layout Sistem Propulsi Hybrid

### 4.2.3 Konfigurasi Shaft, Gear box, dan Main Engine



Gambar 9.2 Layout Sistem Tiga Mesin Utama

### 4.2.4 Tahanan dan Engine Propeller Matching

Dikarenakan memakai mesin yang berbeda dari kapal pembandingnya maka perlu juga dicari tahanan dan EPM untuk

menentukan mesin apa yang akan dipakai dengan total HP sesuai dengan kapal pembandingnya, berikut perhitungannya :

#### 4.2.4.1 Menghitung Daya Efektif Kapal (EHP)

Daya Efektif atau EHP adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal dengan kecepatan  $v$ . Perhitungan daya efektif kapal (EHP) menurut buku HARVARD,TAHANAN DAN PROPULSI KAPAL, 6.2.1 hal. 135 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_{tdinas} \times V_s / (3) \\ &= 1560.67 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ HP} &= 0.7455 \text{ kW} \\ &= 2093.45 \text{ HP} \end{aligned}$$

#### 4.2.4.2 Menghitung Daya Pada Tabung Poros Buritan Baling-Baling (DHP)

Adalah daya yang diserap oleh propeller dari sistem perporosan atau daya yang dihantarkan oleh sistem perporosan ke propeller untuk diubah menjadi daya dorong (thrust ).

$$\text{DHP} = \text{EHP}/P_c$$

$$\text{Dimana, } P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$$

a. Effisiensi lambung ( $\eta_H$ )

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

Menghitung Wake Friction (w)

Wake friction atau arus ikut merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan kecepatan air yang menuju ke propeller. Dengan menggunakan rumus yang diberikan oleh Taylor, maka didapat :

$$\begin{aligned} w &= (0.7 \times C_p)^{-0.3} + (0.3 \times (0.4 - (a/B))) \\ &= (0.7 \times 0.54)^{-0.3} + (0.3 \times (0.4 - (2/15.2))) \\ &= 0.16 \end{aligned}$$

Menghitung Thrust Deduction Factor (t)

nilai t dapat dicari dari nilai w yang telah diketahui yaitu

$$t = k \cdot w$$

nilai k antara 0.7 ~ 0.9 dan diambil nilai k = 0.7

(Principal of Naval Architecture hal 158 )

$$= 0.7 \times 0.315$$

$$= 0.112$$

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

$$= 1.057$$

b. Efisiensi Relatif Rotatif ( $\eta_{rr}$ )

harga  $\eta_{rr}$  untuk kapal dengan propeller tipe triple screw berkisar 0.8-1.1. (Principal of Naval Architecture hal 152 ) pada perencanaan propeller dan tabung poros propeller ini diambil harga :

$$\eta_{rr} = 0.96$$

c. Efisiensi Propulsi ( $\eta_o$ )

adalah open water efficiency yaitu efficiency dari propeller pada saat dilakukan open water test. nilainya antara 40-75%, dan diambil :

$$\eta_o = 75.0\%$$

d. Coefisien Propulsif ( $P_c$ )

$$P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$$

$$= 1.092 \times 0.96 \times 0.45$$

$$= 0.7611$$

maka, daya pada tabung poros baling-baling dihitung dari perbandingan antara daya efektif dengan koefisien propulsif, yaitu :

$$DHP = EHP/P_c$$

$$= 2750.4030 \text{ HP}$$

#### 4.2.4.3 Menghitung Daya Pada Poros Baling-Baling (SHP)

Untuk kapal yang kamar mesinnya terletak di bagian belakang akan mengalami losses sebesar 2%, sedangkan pada kapal yang kamar mesinnya pada daerah midship kapal mengalami losses sebesar 3%. (“Principal of Naval Architecture hal 131”). Pada perencanaan ini, kamar mesin terletak dibagian belakang, sehingga losses yang terjadi hanya 2%.

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \text{DHP} / \eta_{\text{sb}} \\ &= 2806.534 \text{ HP} \end{aligned}$$

#### 4.2.4.4 Menghitung Daya Penggerak Utama Yang Diperlukan

a. BHPscr

Untuk menghitung BHPscr maka  $\text{SHP} / \eta_G$

$$\begin{aligned} \text{BHPscr} &= \text{SHP} / 0.98 \\ &= 2863.810 \text{ HP} \\ &= 2134.970247 \text{ KW} \end{aligned}$$

b. BHPmcr

Daya keluaran pada kondisi maksimum dari motor induk, dimana besarnya 10% atau menggunakan engine margin sebesar 10%.

daya BHPscr diambil 90%

$$\begin{aligned} \text{BHPmer} &= \text{BHPscr}/0,9 \\ &= 3182.01 \text{ HP} \\ &= 2372.19 \text{ KW} \end{aligned}$$

### 4.3 Perhitungan Propeller

$$\begin{aligned} Y \text{ max propeller} &= 0,7 \times T \\ &= 1.47 \end{aligned}$$

$$V_a = (1-w) \cdot V_s$$

D.propeller yang diperbolehkan

$$\begin{aligned} &= D.\text{maxpropeller} (D) - 0,08D \\ &= 1.3524 \end{aligned}$$

$$V_a = 33.6$$

BP -  $\delta$  Diagram

Pertama -tama yang dilakukan adalah memprediksi seri berapa saja yang digunakan untuk design propeller, dan dipilih seri B3, B4, dan B5

Untuk mendapatkan nilai dari Bp1, maka dibutuhkan nilai dari advance speed ( $V_a$ ) sebesar = 33.6 knot

Setelah menentukannya, maka langkah selanjutnya adalah mendapatkan nilai Bp1 dengan rumus sebagai berikut :

$$Bp1 = N \times P^{0.5} / V_a^{2.5}$$



dan didapatkan

$$\text{nilai } Bp_1 \text{ sebesar } = 7.212610526$$

dengan nilai dari P adalah nilai dari DHP

Untuk mendapatkan nilai-nilai yang terdapat pada Diagram Wegningen B-Series, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$0,1739 \cdot \sqrt{Bp_1}$  didapatkan nilai sebesar 1.24 pada tabel 4.1

**Tabel 9-1**

Jenis Prop.	DHP (HP)	N (RPM)	N.Prop (RPM)	w	Vs (knot)	Va (knot)	Bp1	$0,1739 \cdot \sqrt{Bp_1}$
B3-35	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>
B3-50	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>
B3-65	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>
B3-80	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>
B4-40	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>
B4-70	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>
B4-100	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>
B5-45	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>
B5-60	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>
B5-90	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>
B5-105	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>
B6-50	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>
B6-65	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>
B6-95	2750.40299	900	900	0.160	40	33.6	7.212611	<b>0.47</b>

Memotongkan nilai BP1 dengan optimum line, dan didapatkan nilai dari  $P/Do$  dan  $1/Jo$

Untuk mendapatkan nilai dari  $\delta_o$ , maka digunakan rumus:

$$1/Jo / 0,009875$$

Setelah mendapatkan nilai dari  $\delta_o$ , maka langkah selanjutnya adalah mendapatkan nilai dari  $Do$  dengan persamaan

Untuk nilai  $Do$  dalam british unit (ft), maka  $V_a$  dalam (knot) dan  $N$  dalam rpm.

Besarnya  $Db$  tergantung dari jumlah propeller yang dipakai

Untuk Single-Screw Propeller  $Db = 0.96 Do$

Untuk Triple-Screw Propeller  $Db = 0.98 Do$

Sehingga, untuk kapal ini yang menggunakan triple-screw propeller.

catatan : dalam hal ini harus diperhitungkan/dipertimbangkan pula diameter maksimal propeller yang bisa dipasang, dimana nilai dari  $D_{max} = Y / 1,08$ .  $Y$  adalah nilai dari  $0,6 \sim 0,7 \times T$ .

Tabel 9-2

Jenis Prop.	$P/D_0$	$1/h_0$	$\delta_0$	$D_0$ (ft)	$D_0$ (ft)	$D_0$ (m)	$D_{max}$ (m)	$D_0 < D_{max}$
B3-35	1.07	1.1	111.3924	4.16	3.95	1.20	1.35	Berhasil
B3-50	1.07	1.125	113.9241	4.25	4.04	1.23	1.35	Berhasil
B3-65	1.18	1.06	107.3418	4.01	3.81	1.16	1.35	Berhasil
B4-40	1.33	1.03	104.3038	3.89	3.70	1.13	1.35	Berhasil
B4-70	1.18	1.05	106.3291	3.97	3.77	1.15	1.35	Berhasil
B4-100	1.43	0.975	98.73418	3.69	3.50	1.07	1.35	Berhasil
B5-90	1.32	0.97	98.22785	3.67	3.48	1.06	1.35	Berhasil
B5-105	1.33	0.96	97.21519	3.63	3.45	1.05	1.35	Berhasil

Maka untuk perhitungan selanjutnya dilakukan hanya terhadap jenis-jenis propeller diatas.

Untuk mendapatkan nilai  $\delta b$ , didapatkan melalui persamaan :

Lalu didapatkan nilai  $1/Jb$  memelalui persamaan sebagai berikut:

$$\delta b \times 0,009875$$

Memotongkan kembali nilai  $Bp1$  dengan  $1/Jb$ , didapatkan nilai  $P/Db$  serta  $\eta$ .

Menghitung nilai  $Ao$ ,  $Ad$ , dan  $Ae$

Nilai dari  $Ae/Ao$  bergantung dari propeller yang dipilih, jika yang dipilih adalah B3-80, maka nilai dari  $Ae/Ao = 0,8$

$$Ao = \frac{1}{4} \pi D_b^2$$

dalam  $ft^2$

$$Ae = 0.35 \times Ao$$

dalam  $ft^2$

nilai dari  $Ad = Ae$

Tabel 9-3

Jenis Prop.	$\delta_b$	$1/J_b$	$P/D_b$	$\eta$	$A_e/A_o$	$A_o$	$A_e$	$A_d = A_e$	$V_a$ (m/s)
B3-35	106	1.05	1.1	0.75	0.350	12.25241	4.288344	4.288344	17.2704
B3-50	108.2	1.07	0.73	0.59	0.350	12.81567	4.485484	4.485484	17.2704
B3-65	102	1.01	0.76	0.58	0.350	11.37753	3.982135	3.982135	17.2704
B4-40	99	0.98	0.775	0.595	0.350	10.74263	3.759921	3.759921	17.2704
B4-70	101	1.00	0.790	0.585	0.350	11.16387	3.907355	3.907355	17.2704
B4-100	94	0.93	0.895	0.557	0.350	9.62599	3.369097	3.369097	17.2704
B5-90	93	0.92	0.845	0.574	0.350	9.527515	3.33463	3.33463	17.2704
B5-105	92	0.91	0.900	0.57	0.350	9.332084	3.26623	3.26623	17.2704

Data Propeller	
type	B3-50
$D_b$	1.20 m
$P/D_b$	1.100
$\eta_p$	0.750
$n$	900 Rpm

Menghitung  $A_p$

$$A_p = \left(1.067 - 0.229 \times \frac{P}{D_b}\right) \times A_d$$

dalam ft<sup>2</sup> (Principles naval architecture, hal 181, pers 59)

Menghitung  $V_r$ ,  $\tau_c$ ,  $\sigma_{0.7R}$  dan menentukan terjadinya kavitasi atau tidak

$$V_r^2 = V_a^2 + (0.7 + \pi \times n \times D)^2$$

(Tahanan dan propulsi kapal, hal 199)

$$\begin{aligned} T &= \text{Thrust of Propeller} \\ &= \text{EHP} \times \eta_H \\ &= 334.95 \end{aligned}$$

(Principles naval architecture, hal 181)

$$T_c = \frac{T}{A_p \times 0.5 \times \rho \times (V_r)^2}$$

$$\sigma_{0.7R} = \frac{1882 + 19.62h}{V_a^2 + (4.836cn^2 \times D^2)}$$

(Principles naval architecture, hal 181, pers 61)

$$\begin{aligned} h &= \text{Jarak sarat air dengan centerline propeller} \\ h &= T - 0.33T \\ &= 1.407 \text{ m} \end{aligned}$$

$$T_c \text{ burril} = 0.1079 \times \ln(\sigma_{0.7R}) + 0.2708$$

Tabel 9-4

Jenis Prop.	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	N (rps)	$Vr^2$	T (kN)	T <sub>hitung</sub>	$\sigma_{0.7R}$	T <sub>c buril</sub>	Kavitasi ?
B3-35	3.50	15	1874.497	334.9519	0.10	0.12	0.266773	Tidak Kavitasi
B3-50	4.04	15	1946.958	334.9519	0.08	0.11	0.262681	Tidak Kavitasi
B3-65	3.56	15	1761.947	334.9519	0.10	0.12	0.273454	Tidak Kavitasi
B4-40	3.34	15	1680.269	334.9519	0.12	0.13	0.278575	Tidak Kavitasi
B4-70	3.46	15	1734.46	334.9519	0.11	0.12	0.275151	Tidak Kavitasi
B4-100	2.90	15	1536.617	334.9519	0.15	0.14	0.288218	Tidak Kavitasi
B5-90	2.91	15	1523.949	334.9519	0.15	0.14	0.289111	Tidak Kavitasi
B5-105	2.81	15	1498.807	334.9519	0.16	0.14	0.290906	Tidak Kavitasi

nilai  $\sigma_{0.7R}$  ini digunakan untuk mengetahui nilai angka kavitasi pada diagram buril.

Dipotongkan dengan kurva merchant ship propeller.

Karena besarnya angka kavitasi dari hasil perhitungan lebih kecil dari angka kavitasi dari hasil pembacaan pada grafik buril maka tidak terjadi kavitasi.

Dengan mempertimbangkan Perhitungan kavitasi ini di coba dihitung untuk semua tipe propeller, dan ketentuan untuk mengambil keputusan mana propeller yang di pakai adalah :

1. Diameter propeller yg dipilih harus kurang dari diameter max
2. Tidak terjadi kavitasi pada propeller
3. propeller yang dipilih mempunyai efisiensi yang paling bagus.

Sehingga didapatkan kesimpulan, propeller yang dipilih adalah:

type : B3-35

Db : 1.20 m

P/Db : 1.100

$\eta_p$  : 0.750

n : 900 Rpm

Korelasi besarnya daya Main Engine dengan efisiensi propeller behind the ship

Dengan diketahuinya nilai efisiensi propeller yang baru maka dapat dikoreksi kembali besarnya kebutuhan daya motor penggerak utama.

### **Perhitungan Efective Horse Power**

t = k.w

EHP = 2093.45hp

= 0.112

### **Perhitungan koefisien relative**

#### **a. Efisiensi lambung ( $\eta_H$ )**



$$t = 0.112$$

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

$$w = 0.16$$

$$= 1.057142857$$

(Sv.Aa.Harvald, Tahanan dan Propulsi Kapal; hal.136)

**b. Efisiensi relative rotatif ( $\eta_{rr}$ )**

Pada kapal dengan menggunakan twin screw atau lebih, nilai efisiensi 59relative rotatif berkisar antara 0.8 – 1 perencanaan ini efisiensi 59relative rotatifnya

$$\eta_{rr} = 0.96$$

**c. efisiensi propeller ( $\eta_p$ )**

$$\eta_p = 0.750$$

**d. koefisien relative (PC)**

Efisiensi relative adalah efisiensi yang dihitung dengan mengalikan harga efisiensi lambung, efisiensi propeller, dan efisiensi relative rotatif.

$$PC = \eta_{rr} \times \eta_p \times \eta_H$$

$$= 0.761$$

**Perhitungan delivered horse power (DHP)**

$$\begin{aligned} \text{DHP} &= \text{EHP}/\text{PC} \\ &= 2750.40 \text{ HP} \end{aligned}$$

**Perhitungan daya pada poros baling-baling, shaft horse power (SHP)**

Kerugian transmisi poros umumnya diambil diambil sekitar 2% untuk kamar mesin di belakang, dan 3% untuk kamar mesin di tengah.

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \text{DHP}/\eta\eta_b \\ (\text{Sv.Aa.Harvald, Tahanan dan Propulsi Kapal; hal.257}) \\ &= 2806.53 \text{ HP} \end{aligned}$$

### Perhitungan daya penggerak utama

Pada perhitungan daya penggerak utama kapal ini memperhitungkan adanya reduction gear maka efisiensi pada gear box di asumsikan sebesar 98%.

Daya pada perhitungan ini adalah daya untuk bergerak maju, maka:

$$\begin{aligned} \text{BHPscr} &= \text{SHP}/\eta_G \\ &= 2806.53 \text{ HP} \\ \text{BHPmcr} &= \text{BHPscr}/0.98 \\ 1 \text{ hp} &= 0.746 \text{ kW} \\ &= 3118.37 \text{ HP} \\ &= 2324.92 \text{ kW} \end{aligned}$$

Data Propeller		
type	B3-50	
Db	1.20	m
P/Db	1.100	
$\eta_p$	0.750	
n	900	Rpm

## Data Mesin

Jenis : WARTSILA

Type : W 26 8L26

Cylinder : 8 Strokes

Daya Max : 2600 kW

: 2736.418511HP

RPM : 1000 RPM

Data yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya

Rt service = 592.56 kN

$\rho$  = 1.025 ton/m<sup>3</sup>

Vs = 20.580 m/s

T = 334.9519338 kN

T = 0.112

Va = 17.2704 m/s

w = 0.16

Kt =  $\text{THP}/(\rho \cdot (D^2) \cdot (Va^2))$

= 0.72

**Tabel 9-5  $K_T$  – J Clean Hull**

Tabel  $K_T$  - J Clean Hull

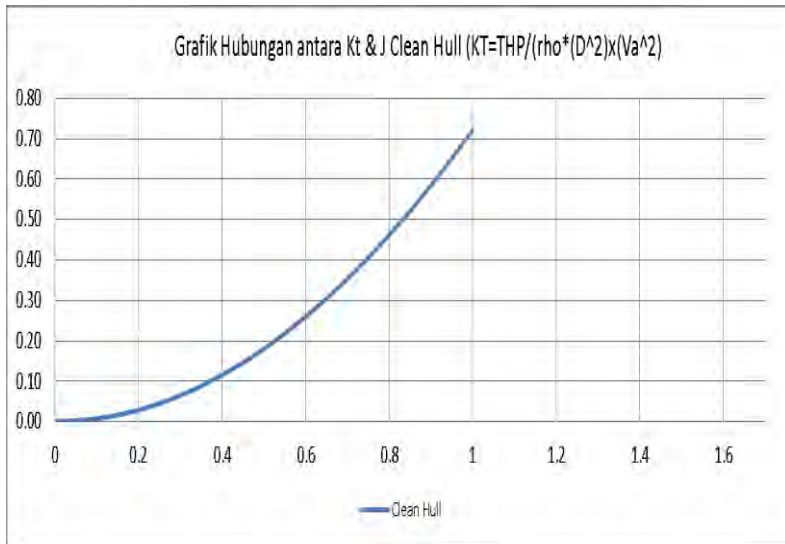
J	$J^2$	$(Kt/J^2)XJ^2$
0	0.00	0.00
0.1	0.01	0.01
0.2	0.04	0.03
0.3	0.09	0.07
0.4	0.16	0.12
0.5	0.25	0.18
0.6	0.36	0.26
0.7	0.49	0.35
0.8	0.64	0.46
0.9	0.81	0.59
1	1.00	0.72

Tabel 9-6

P/Db		0.73	
J	KT	10 KQ	$\eta$
0.1	0.346365114	0.47840812	0.11518103
0.2	0.323003288	0.45146597	0.22764456
0.3	0.296621976	0.42203599	0.33544433
0.4	0.267490325	0.38976687	0.43672546
0.5	0.235877484	0.35430735	0.52956795
0.6	0.202052604	0.31530614	0.61168613
0.7	0.166284833	0.27241196	0.67978232
0.8	0.12884332	0.22527353	0.72792576
0.9	0.089997214	0.17353956	0.74253758
1	0.050015665	0.11685878	0.68091055

## Perhitungan Nilai Propeller

Pemilihan type propeller dilakukan dengan cara memvariasikan P/D kemudian diplotkan dengan kurva open water test sehingga didapatkan data  $K_T$ ,  $K_Q$ ,  $J$ , dan  $\eta$ .



Grafik 4.1 hubungan antara  $K_t$  &  $J$  Clean Hull

Type Propeller	= B3-50
Diameter Propeller	= 1.20
Putaran Propeller (rpm)	= 900.000
Efisiensi Propeller	= 0.754
P/Db	= 1.060

**Tabel 9-7 Perhitungan daya mesin pada putaran tertentu dengan kondisi clean hull**

n- engi ne	n- propell er	n- propel ler	Q	DHP	SHP	BHP <sub>sc</sub> R	RPM	BHP <sub>s</sub> CR
(rpm )	(rpm)	(rps)	(KN/m )	(KW)	(KW)	(KW)	(%)	(%)
0	0	0.000	0.000 000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000 0
40	36	0.600	0.032 596	0.12	0.13	0.13	4.00	0.005 0
80	72	1.200	0.130 383	0.98	1.01	1.03	8.00	0.039 8
120	108	1.800	0.293 362	3.32	3.42	3.49	12.00	0.134 2
160	144	2.400	0.521 532	7.86	8.10	8.27	16.00	0.318 0
200	180	3.000	0.814 894	15.3 5	15.8 3	16.15	20.00	0.621 2
240	216	3.600	1.173 447	26.5 3	27.3 5	27.91	24.00	1.073 4
280	252	4.200	1.597 192	42.1 3	43.4 3	44.32	28.00	1.704 5
320	288	4.800	2.086 128	62.8 8	64.8 3	66.15	32.00	2.544 3
360	324	5.400	2.640 256	89.5 4	92.3 1	94.19	36.00	3.622 7
400	360	6.000	3.259 575	122. 82	126. 62	129.20	40.00	4.969 4
440	396	6.600	3.944 085	163. 47	168. 53	171.97	44.00	6.614 2
480	432	7.200	4.693 788	212. 23	218. 80	223.26	48.00	8.587 1
520	468	7.800	5.508 681	269. 84	278. 18	283.86	52.00	10.91 77
560	504	8.400	6.388 767	337. 02	347. 44	354.53	56.00	13.63 59
600	540	9.000	7.334 043	414. 52	427. 34	436.06	60.00	16.77 16
640	576	9.600	8.344 511	503. 07	518. 63	529.22	64.00	20.35 45

680	612	10.200	9.420 171	603. 42	622. 08	634.78	68.00	24.41 45
720	648	10.800	10.56 1022	716. 29	738. 44	753.51	72.00	28.98 13
760	684	11.400	11.76 7065	842. 43	868. 48	886.21	76.00	34.08 49
800	720	12.000	13.03 8299	982. 57	1012 .95	1033.6 3	80.00	39.75 49
840	756	12.600	14.37 4725	1137 .44	1172 .62	1196.5 5	84.00	46.02 13
880	792	13.200	15.77 6342	1307 .80	1348 .24	1375.7 6	88.00	52.91 38
920	828	13.800	17.24 3151	1494 .36	1540 .58	1572.0 2	92.00	60.46 22
960	864	14.400	18.77 5151	1697 .87	1750 .39	1786.1 1	96.00	68.69 65
1000	900	15.000	20.37 2342	1919 .07	1978 .43	2018.8 0	100.00	77.64 63

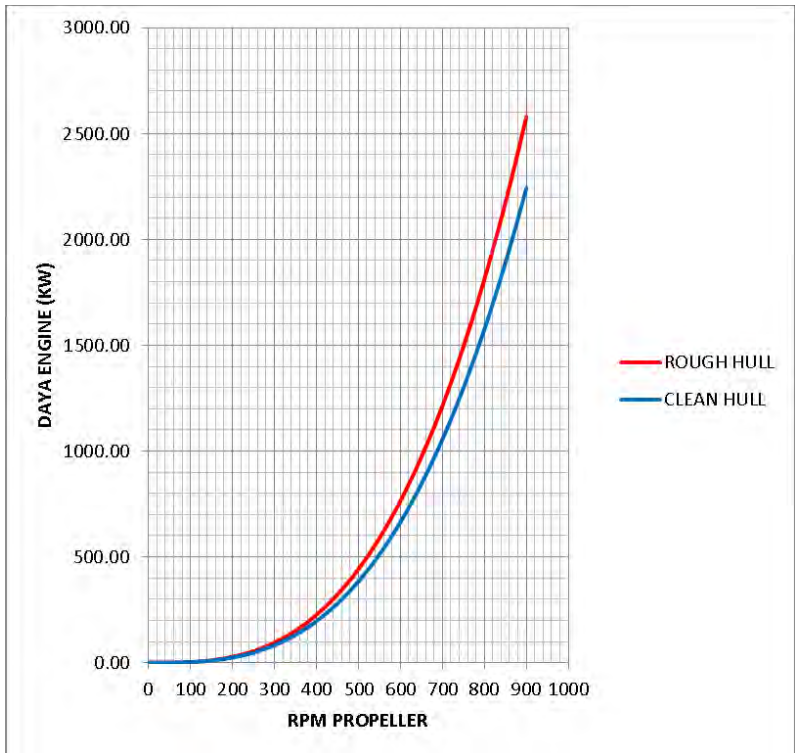
Tabel diatas merupakan perhitungan daya mesin pada putaran tertentu dengan kondisi lambung kapal yang masih bersih (clean hull) tidak ada karat maupun binatang laut yang menempel pada lambung kapal(fouling), pada kondisi sebaliknya (rough hull) didapat

**Tabel 9-8 Perhitungan daya mesin pada putaran tertentu dengan kondisi rough hull**

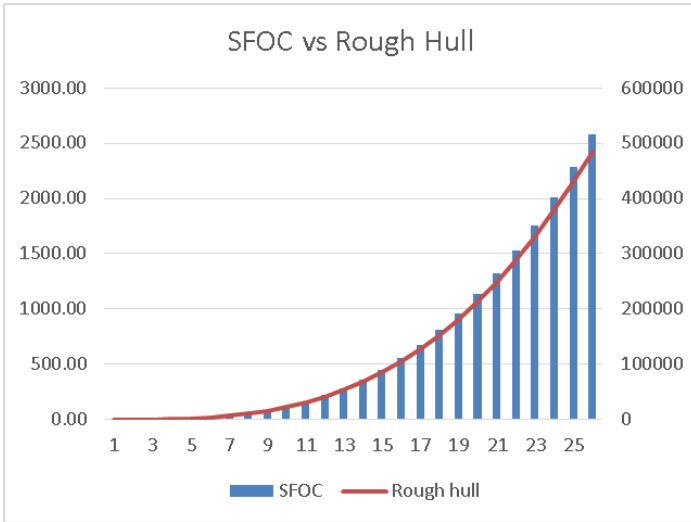
n- engin e	n (propeller)			BHP (KW)		BHP (KW)		SFOC g/KWh
	(rpm)	(rpm )	(rps)	(clean hull)	%	(rough hull)	%	
0	0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0
40	36	0.600	4.00	0.14	0.01	0.17	0.0	31.03753 4
80	72	1.200	8.00	1.15	0.05	1.32	0.1	248.3002 8
120	108	1.800	12.00	3.88	0.17	4.46	0.2	838.0134 3

n- engin e	n (propeller)			BHP (KW)		BHP (KW)		SFOC
160	144	2.400	16.00	9.19	0.40	10.57	0.4	1986.402 2
200	180	3.000	20.00	17.94	0.78	20.64	0.8	3879.691 8
240	216	3.600	24.00	31.01	1.35	35.66	1.4	6704.107 4
280	252	4.200	28.00	49.24	2.14	56.63	2.2	10645.87 4
320	288	4.800	32.00	73.50	3.20	84.53	3.3	15891.21 8
360	324	5.400	36.00	104.65	4.55	120.35	4.6	22626.36 3
400	360	6.000	40.00	143.56	6.24	165.09	6.3	31037.53 4
440	396	6.600	44.00	191.08	8.31	219.74	8.5	41310.95 8
480	432	7.200	48.00	248.07	10.79	285.28	11. 0	53632.85 9
520	468	7.800	52.00	315.40	13.71	362.71	14. 0	68189.46 3
560	504	8.400	56.00	393.93	17.13	453.02	17. 4	85166.99 4
600	540	9.000	60.00	484.51	21.07	557.19	21. 4	104751.6 8
640	576	9.600	64.00	588.02	25.57	676.22	26. 0	127129.7 4
680	612	10.200	68.00	705.31	30.67	811.10	31. 2	152487.4 1
720	648	10.800	72.00	837.24	36.40	962.82	37. 0	181010.9
760	684	11.400	76.00	984.67	42.81	1132.37	43. 6	212886.4 5
800	720	12.000	80.00	1148.47	49.93	1320.75	50. 8	248300.2 8
840	756	12.600	84.00	1329.50	57.80	1528.93	58. 8	287438.6 1
880	792	13.200	88.00	1528.62	66.46	1757.91	67. 6	330487.6 7
920	828	13.800	92.00	1746.69	75.94	2008.69	77. 3	377633.6 8
960	864	14.400	96.00	1984.56	86.29	2282.25	87. 8	429062.8 8
1000	900	15.000	100.00	2243.12	97.53	2579.58	99. 2	484961.4 7

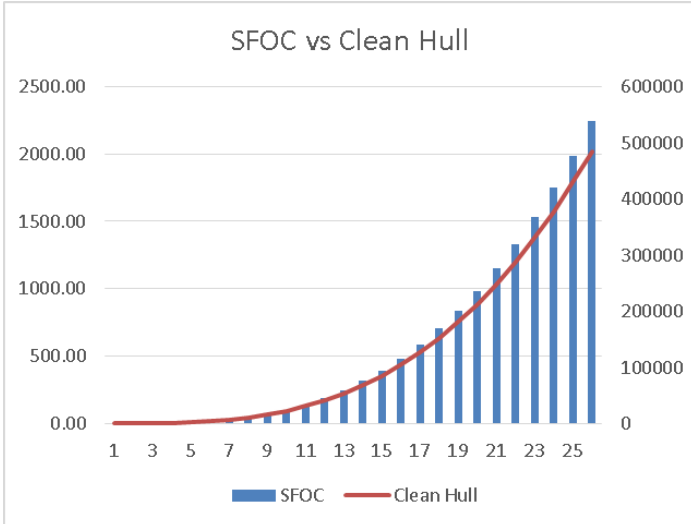




Grafik 4.2 Hubungan antara daya engine terhadap clean hull dan rough hull



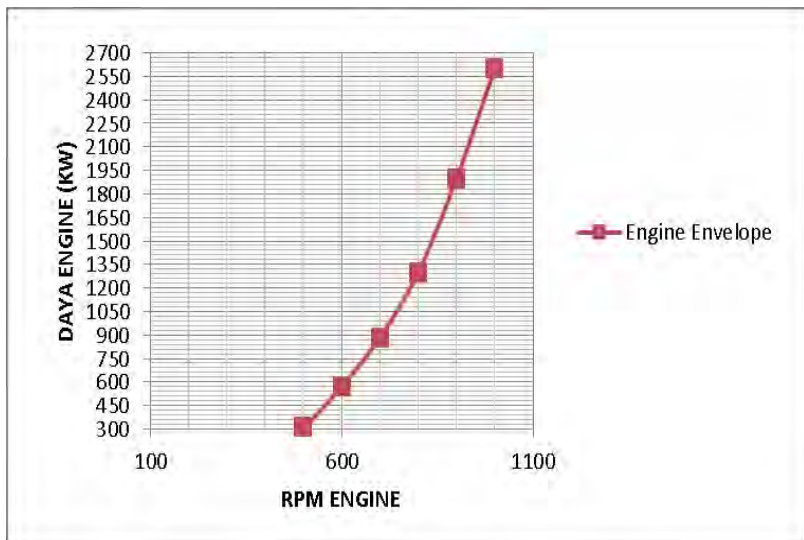
Grafik 4.3 SFOC vs Rough Hull



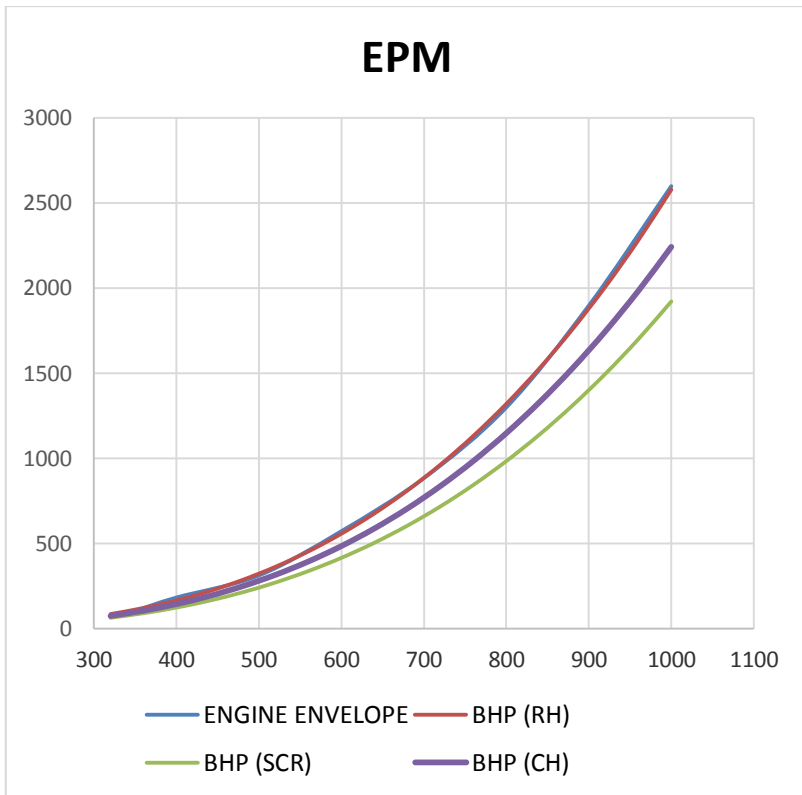
Grafik 4.4 SFOC vs Clean Hull

Tabel 9-9 Engine Envelope

Engine Envelope	
RPM	DAYA
350	104
400	182
500	312
600	572
700	884
800	1300
900	1898
1000	2600

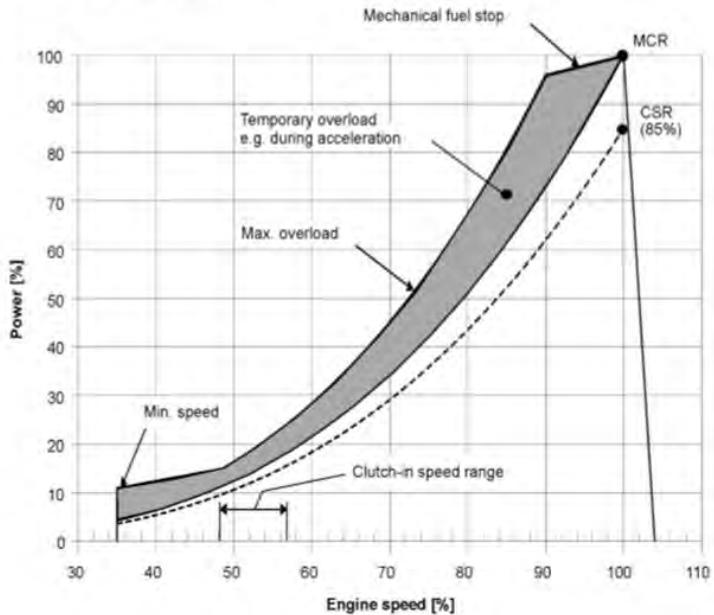


Grafik 4.5 Engine Envelope



Grafik 4.6 EPM

Figure 2.2 Operating field for FP Propeller



Gambar 4.3 Cara Kerja Baling-baling FP

### Perbandingan Antara Kecepatan Kapal dan M/E Kapal

Dari kurva  $K_T$ ,  $K_Q$ , &  $J$ , range  $10K_Q$  berada antara 0.2-0.3 maka nilai  $10K_Q$  dan  $J$  untuk masing-masing RPM sebagai berikut:

$$R_{ps} = R_{pm} / 60$$

$$Q = (K_Q \times \rho \times D_b^5 \times n^2)$$

$$DHP = Q \times n \times 2\pi$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho \cdot n^2 \cdot D^5}$$

$$V_a = J \cdot n \cdot D$$

$$V_s = \frac{va}{1 - w}$$

$$w = 0.5Cb - 0.05$$

(Resistance, Propulsion and Steering of Ships, Van Lammeren, hal 178)

**Tabel 9-10**

n M/E (RPM)	n Propeller (RPM)	n Propeller (RPS)	BHP (SCR)	BHP (SCR) %	DHP	Q
0	0	0.000	0.000	0	0.00	0.00000
40	36	0.600	0.123	4	0.12	0.03103
80	72	1.200	0.984	8	0.94	0.12414
120	108	1.800	3.321	12	3.16	0.27931
160	144	2.400	7.873	16	7.48	0.49656
200	180	3.000	15.377	20	14.62	0.77587
240	216	3.600	26.572	24	25.26	1.11725
280	252	4.200	42.195	28	40.11	1.52071
320	288	4.800	62.984	32	59.87	1.98623
360	324	5.400	89.679	36	85.25	2.51382
400	360	6.000	123.016	40	116.94	3.10348
440	396	6.600	163.735	44	155.65	3.75521
480	432	7.200	212.572	48	202.07	4.46901
520	468	7.800	270.267	52	256.92	5.24489
560	504	8.400	337.557	56	320.88	6.08283
600	540	9.000	415.180	60	394.67	6.98284
640	576	9.600	503.874	64	478.98	7.94492
680	612	10.200	604.379	68	574.52	8.96906
720	648	10.800	717.431	72	681.99	10.05528
760	684	11.400	843.768	76	802.09	11.20357
800	720	12.000	984.130	80	935.51	12.41393
840	756	12.600	1139.253	84	1082.97	13.68636
880	792	13.200	1309.877	88	1245.17	15.02086
920	828	13.800	1496.738	92	1422.80	16.41742
960	864	14.400	1700.576	96	1616.57	17.87606
1000	900	15.000	1922.128	100	1827.18	19.39677

Vs	EHP	1/3 EHP	BHP scr	BHP(clean hull)	BHP(rough hull)	%	SFOC (g/kWh)	SFOC (T/kWh)	Total SFOC 3 ENGINE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.134895	0.044965	0.06103649	0.067818	0.0746	0.00	14.02482831	1.402E-05	4.21E-05
2	0.99498	0.33166	0.45020263	0.500225	0.550248	0.02	103.44665597	0.0001034	0.00031
3	3.17009	1.056697	1.43438346	1.593759	1.753135	0.07	329.5894434	0.0003296	0.000989
4	7.24914	2.41638	3.28004773	3.644497	4.008947	0.15	753.6820777	0.0007537	0.002261
5	13.77263	4.590877	6.23175766	6.924175	7.616593	0.29	1431.919427	0.0014319	0.004296
6	23.3465	7.782165	10.5636831	11.73743	12.91117	0.50	2427.299633	0.0024273	0.007282
7	36.3906	12.1302	16.4658021	18.29534	20.12487	0.77	3783.475421	0.0037835	0.01135
8	53.7763	17.92543	24.3323802	27.03598	29.73958	1.14	5591.04025	0.005591	0.016773
9	76.14035	25.38012	34.4515325	38.27948	42.10743	1.62	7916.196567	0.0079162	0.023749
10	104.7429	34.91431	47.3934531	52.65939	57.92533	2.23	10889.96234	0.01089	0.03267
11	141.4406	47.14686	63.9981874	71.1091	78.22001	3.01	14705.36128	0.0147054	0.044116
12	188.8113	62.93709	85.432193	94.92466	104.4171	4.02	19630.41947	0.0196304	0.058891
13	248.577	82.859	112.474635	124.9718	137.469	5.29	25844.17166	0.0258442	0.077533
14	318.5316	106.1772	144.127283	160.1414	176.1556	6.78	33117.24675	0.0331172	0.099352
15	404.0378	134.6793	182.81661	203.1296	223.4425	8.59	42007.19444	0.0420072	0.126022
16	515.342	171.7807	233.178893	259.0877	284.9964	10.96	53579.32777	0.0535793	0.160738
17	667.8481	222.616	302.183945	335.7599	369.3359	14.21	69435.1554	0.0694352	0.208305
18	820.2925	273.4308	371.161055	412.4012	453.6413	17.45	85284.56246	0.0852846	0.255854
19	942.3214	314.1071	426.375972	473.7511	521.1262	20.04	97971.72345	0.0979717	0.293915
20	1076.612	358.8706	487.138914	541.2655	595.392	22.90	111933.6971	0.1119337	0.335801
21	1221.631	407.2104	552.756415	614.1738	675.5912	25.98	127011.1408	0.1270111	0.381033
22	1380.168	460.0561	624.490366	693.8782	763.266	29.36	143494.0086	0.143494	0.430482
23	1522.888	507.6292	689.067177	765.6302	842.1932	32.39	158332.3247	0.1583323	0.474997
24	1647.49	549.1633	745.446471	828.2739	911.1012	35.04	171287.0335	0.171287	0.513861
25	1772.905	590.9684	802.193648	891.3263	980.4589	37.71	184326.2739	0.1843263	0.552979
26	1925.997	641.9992	871.463878	968.2932	1065.123	40.97	200243.0333	0.200243	0.600729
27	2082.472	694.1574	942.264601	1046.961	1151.657	44.29	216511.4661	0.2165115	0.649534
28	2243.88	747.96	1015.29747	1128.108	1240.919	47.73	233292.7962	0.2332928	0.699878
29	2411.728	803.9095	1091.24455	1212.494	1333.743	51.30	250743.7478	0.2507437	0.752231
30	2583.244	861.0814	1168.85101	1298.723	1428.596	54.95	268575.9882	0.268576	0.805728
31	2777.964	925.9879	1256.95646	1396.618	1536.28	59.09	288820.6622	0.2888207	0.866462
32	2944.793	981.5976	1332.4423	1480.491	1628.541	62.64	306165.6315	0.3061656	0.918497
33	3135.646	1045.215	1418.79829	1576.443	1734.087	66.70	326008.3177	0.3260083	0.978025
34	3331.6	1110.533	1507.4626	1674.958	1842.454	70.86	346381.4074	0.3463814	1.039144
35	3536.498	1178.833	1600.1734	1777.97	1955.767	75.22	367684.2883	0.3676843	1.103053
36	3747.392	1249.131	1695.59779	1883.998	2072.397	79.71	389610.6931	0.3896107	1.168832
37	3966.347	1322.116	1794.66899	1994.077	2193.484	84.36	412375.0517	0.4123751	1.237125
38	4196.134	1398.711	1898.64165	2109.602	2320.562	89.25	436265.6592	0.4362657	1.308797
39	4433.18	1477.727	2005.8988	2228.776	2451.654	94.29	460910.9677	0.460911	1.382733
40	4682.053	1560.684	2118.50743	2353.897	2589.287	99.59	486785.9301	0.4867859	1.460358

## 4.4 Perbandingan Kapal Menggunakan Dua Mesin dan Tiga Mesin

### 4.4.1 Daftar Harga Komponen Kapal Perbandingan

1. Harga Main Engine
 

Merek	: MTU
Tipe	: 16V4000M93L
Harga	: Rp10.000.000.000/unit
Putaran	: 2100 Rpm
Berat	: 11272 kg
Sfoc	: 230 g/hr at MCR
Daya	: 3440 Kw
	: 4615 HP
2. Harga Gearbox
 

Jenis	: ZF single input single output
Tipe	: ZF 9050
Sebesar	: Rp 560.000.000
3. Harga Asesoris
 

Coupling Set	
Sebesar	: US \$98/set
4. Harga Shaft Propeller
 

Sebesar	: US \$1350/unit
---------	------------------
5. Nilai tukar dolar
 

Sebesar	: US \$1 sama dengan Rp12.000
---------	-------------------------------
6. Harga Electric DC Motor
 

Merek	: LS Leroy Sumer
Tipe	: LSK 2254
Daya	: 235 KW
Putaran	: 1480 RPM
Jumlah	: 2 Unit
Sebesar	: Rp 157.225.000/unit



#### 4.4.2 Daftar Harga Komponen Dengan Tiga Mesin Utama

1. Harga Main Engine
 

Jenis	: WARTSILA
Type	: W 26 8L26
Harga	: Rp 4.000.000.000
Cylinder	: 8 Strokes
Daya Max	: 2600 kW
	: 2736.418511HP
Putaran	: 1000 Rpm
2. Harga Gearbox
 

Merek	: Wartsila
Jenis	: TCH350 Twin input gears
Sebesar	: Rp 600.000.000
3. Harga Asesoris
 

Coupling Set	
Sebesar	: US \$98/set
4. Harga Shaft Propeller
 

Sebesar	: US \$1200/unit
---------	------------------
5. Nilai tukar dolar
 

Sebesar	: US \$1 sama dengan Rp12.000
---------	-------------------------------

#### 4.4.3 Perbandingan Daya Dua Mesin Utama Dan Tiga Mesin Utama

Menurut perhitungan sebelumnya daya yang dibutuhkan pada masing-masing sistem propulsi sebesar 3365 KW dan pada tiga mesin utama sebesar 3265,6 KW

Tabel 9-11 Dua Mesin Utama

2 mesin utama			
Power	Rpm	SFOC(g/Kwh)	Kecepatan (Knot)
5.29	202.208046	1216.7	1
19.32	208.064168	4443.6	2
41.17	217.184358	9469.1	3
70.38	229.376612	16187.4	4
107.18	244.736932	24651.4	5
151.11	263.073314	34755.3	6
202.17	284.385758	46499.1	7
261.05	308.96227	60041.5	8
328.9	337.28286	75647	9
407.56	370.115544	93738.8	10
1046.73	636.905102	240747.9	15
2092.54	1073.426196	481284.2	20
2757.24	1350.871976	634165.2	25
3348.34	1597.597116	770118.2	30
3927.26	1839.238324	903269.8	35
4550.1	2099.21174	1046523	40

Tabel 9-12 Perbandingan Memakai Dua Mesin Utama

Kapal Dengan Menggunakan Dua Mesin Utama				
Knot	Power/Rpm	Power/SFOC	SFOC/Rpm	Rpm/Kecepatan
1	0.026161175	0.004347826	6.017070161	202.208046
2	0.092855969	0.004347826	21.35687294	104.032084

Kapal Dengan Menggunakan Dua Mesin Utama				
Knot	Power/Rpm	Power/SFOC	SFOC/Rpm	Rpm/Kecepatan
3	0.189562455	0.004347826	43.59936455	72.394786
4	0.306831631	0.004347826	70.57127516	57.344153
5	0.437939624	0.004347826	100.7261135	48.9473864
6	0.574402617	0.004347826	132.1126019	43.84555233
7	0.710900579	0.004347826	163.5071332	40.62653686
8	0.844925175	0.004347826	194.3327902	38.62028375
9	0.975145906	0.004347826	224.2835583	37.47587333
10	1.101169639	0.004347826	253.269017	37.0115544
15	1.643463048	0.004347826	377.996501	42.46034013
20	1.94940277	0.004347826	448.3626371	53.6713098
25	2.041081649	0.004347826	469.4487792	54.03487904
30	2.095860068	0.004347826	482.0478156	53.2532372
35	2.135264337	0.004347826	491.1107974	52.5496664
40	2.167527893	0.004347826	498.5314154	52.4802935

Tabel diatas menggunakan dua mesin utama per Knot kecepatan kapal.

**Tabel 9-13 Tiga Mesin Utama**

3 mesin utama			
Power	Rpm	SFOC(g/kwh)	Kecepatan(Knot)
0.135	133.3583083	25.92	1
0.994	133.5172233	190.848	2
3.17	133.9197833	608.64	3
7.249	134.6743983	1391.808	4
13.772	135.8811533	2644.224	5
23.346	137.6523433	4482.432	6

3 mesin utama			
Power	Rpm	SFOC(g/Kwh)	Kecepatan(Knot)
36.39	140.0654833	6986.88	7
53.776	143.2818933	10324.992	8
76.14	147.4192333	14618.88	9
104.742	152.7106033	20110.464	10
404.037	208.0801783	77575.104	15
1076.612	332.5065533	206709.504	20
1772.905	461.3207583	340397.76	25
2583.244	611.2334733	495982.848	30
3536.498	787.5854633	679007.616	35
4682.053	999.5131383	898954.176	40

**Tabel 9-14 Perbandingan Memakai Tiga Mesin Utama**

Kapal Dengan Menggunakan Tiga Mesin Utama				
Knot	Power/Rpm	Power/SFOC	SFOC/Rpm	Rpm/Kecepatan
1	0.00101231	0.005208333	0.194363593	133.3583083
2	0.007444732	0.005208333	1.429388623	66.75861167
3	0.023670887	0.005208333	4.54481022	44.63992778
4	0.053826118	0.005208333	10.33461458	33.66859958
5	0.101353276	0.005208333	19.45982894	27.17623067
6	0.169601181	0.005208333	32.56342676	22.94205722
7	0.25980705	0.005208333	49.88295356	20.00935476
8	0.37531609	0.005208333	72.06068932	17.91023667
9	0.516486203	0.005208333	99.16535088	16.37991481
10	0.685885575	0.005208333	131.6900304	15.27106033
15	1.94173709	0.005208333	372.8135213	13.87201189

Kapal Dengan Menggunakan Tiga Mesin Utama				
Knot	Power/Rpm	Power/SFOC	SFOC/Rpm	Rpm/Kecepatan
20	3.237867011	0.005208333	621.6704661	16.62532767
25	3.843106923	0.005208333	737.8765292	18.45283033
30	4.226280321	0.005208333	811.4458217	20.37444911
35	4.490303801	0.005208333	862.1383299	22.50244181
40	4.684333622	0.005208333	899.3920555	24.98782846

Tabel diatas merupakan hasil hitungan perbandingan dengan memakai tiga mesin utama per Knot kecepatan kapal.

### Tabel Perbandingan Harga

Dari hasil perhitungan harga sebelumnya didapatkan table perbandingan harga komponen sebagai berikut :

**Tabel 9-15 Perbandingan Harga**

Perbandingan biaya yang keluar				
Dilihat dari	Kapal Trimaran memakai sistem dua mesin utama		Kapal Trimaran memakai sistem tiga mesin utama	
	Jumlah barang	Jumlah biaya	Jumlah barang	Jumlah biaya
Mesin utama	2	Rp 20.000.000.000	3	Rp 12.000.000.000
Gearbox	2	Rp 1.120.000.000	3	Rp 1.800.000.000
Shaft propeller	4	Rp 65.040.000	6	Rp 76.560.000
asesoris	12	Rp 14.112.000	22	Rp 20.872.000
Electric Motor DC	2	Rp 350.450.000	-	-

Perbandingan biaya yang keluar				
Dilihat dari	Kapal Trimaran memakai sistem dua mesin utama		Kapal Trimaran memakai sistem tiga mesin utama	
	Jumlah barang	Jumlah biaya	Jumlah barang	Jumlah biaya
Propeller	4	Rp 368.000.000	2	Rp 272.000.000

### **Total Harga**

Total harga dari kapal trimaran yang memakai sistem dua mesin utama sebesar Rp24.842.404.000

Total harga dari kapal trimaran yang memakai sistem tiga mesin utama sebesar Rp18.862.544.000

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah melaksanakan seluruh proses pengerjaan Tugas Akhir dan dari hasil pengolahan data, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sementara, yaitu :

1. Daya mesin utama yang ketiga masih bisa memenuhi kebutuhan daya salah satu sistem propulsi.
2. Harga total kebutuhan komponen lebih murah dan efisien jika memakai sistem tiga mesin utama.
3. Mesin ketiga digunakan jika salah satu mesin bermasalah.
4. Dengan memakai sistem tiga mesin utama akan meningkatkan daya saing di sector bisnis terutama untuk transportasi manusia di perusahaan offshore.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

1. Untuk disektor bisnis kapal yang mempunyai sistem tiga mesin utama sangat baik untuk jasa transportasi sumber daya manusia terutama perusahaan offshore.
2. Perbandingan keandalan dari dua mesin dan tiga mesin

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dedy, Wahyudi. 2011. *Perancangan Sistem Propulsi Hybrid (DMP&DEP) Pada Kapal Patroli Jenis Trimaran*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS,. Surabaya.
- [2] Lemustar47. (2011, 28 Januari). *Kebijakan dan Strategi Penyelenggaraan Transportasi Laut*. Diperoleh 27 Desember 2013, dari [lemustar47.wordpress.com/2011/01/28/kebijakan-dan-strategi-transportasi-laut/](http://lemustar47.wordpress.com/2011/01/28/kebijakan-dan-strategi-transportasi-laut/)
- [3] Wartsila. Diperoleh dari [www.wartsila.com/en/gears/wartsila-gears/twin-input-gears](http://www.wartsila.com/en/gears/wartsila-gears/twin-input-gears)
- [4] Alibaba. Diperoleh dari [www.alibaba.com/product-gs/1324874183/propeller\\_shaft\\_coupling.html](http://www.alibaba.com/product-gs/1324874183/propeller_shaft_coupling.html)
- [5] Properpitch. Diperoleh dari [www.properpitch.com/pns.asp](http://www.properpitch.com/pns.asp)
- [6] Sillette. Diperoleh dari [www.sillette.co.uk/pdf/sillette\\_marine\\_propulsion\\_catalogue.pdf](http://www.sillette.co.uk/pdf/sillette_marine_propulsion_catalogue.pdf)
- [7] Sv.Aa.Harvald, Tahanan dan Propulsi Kapal
- [8] Principles Naval Architecture
- [9] Resistance, Propulsion and Steering of Ships, Van Lammeren

## BIODATA PENULIS



Muhammad Arsyil Wahab, lahir di Jakarta pada tanggal 23 Pebruari 1990, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Menempuh pendidikan di SMA Negeri 5 Bekasi, lulus pada tahun 2007. Penulis mengikuti program SPMB (sekarang SBMPTN) dan Alhamdulillah diterima di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS dengan NRP 4207100065. Penulis selama kuliah aktif didalam kepengurusan Internal Combustion Engine and Vibration Laboratory atau di bidang Marine Power Plant. Bagi yang ingin sharing bisa melalui e-mail [arsyilwahab@gmail.com](mailto:arsyilwahab@gmail.com) atau [arsyilwahab@yahoo.com](mailto:arsyilwahab@yahoo.com)