



**SKRIPSI – ME184834**

**KAJIAN *EEDI* (*ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX*) PADA  
KONVERSI KAPAL TONGKANG MENJADI *SPOB* UNTUK  
MENGANGKUT *BBM* DARI GRESIK KE PULAU BAWEAN**

Dicky Andrean Yuliono  
NRP 04211745000019

Dosen Pembimbing  
Dr. I. Made Ariana, S.T, M.T  
Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.phill

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
2019**





**SKRIPSI - ME 184834**

***KAJIAN EEDI (ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX) PADA KONVERSI  
KAPAL TONGKANG MENJADI SPOB UNTUK MENGANGKUT BBM DARI  
GRESIK KE PULAU BAWEAN***

Dicky Andean Yuliono  
NRP 04211745000019

Dosen Pembimbing  
Dr. I. Made Ariana, S.T, M.T  
Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.phill

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
2019**



**BACHELOR THESIS – ME184834**

**STUDY OF EEDI (ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX) IN THE  
CONVERSION OF BARGE BECOME SPOB TO BBM  
TRANSPORTATION FROM GRESIK TO BAWEAN ISLAND**

Dicky Andrean Yuliono  
NRP 04211745000019

**Supervisor**

Dr. I. Made Ariana, S.T, M.T  
Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.phill

**DEPARTEMEN OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2019**

## LEMBAR PENGESAHAN

**Kajian EEDI (*Energy Efficiency Design Index*) Pada Konversi Kapal  
Tongkang Menjadi SPOB Untuk Mengangkut BBM Dari Gresik Ke  
Pulau Bawean**

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi *Marine Machinery and Sistem (MMS)*  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

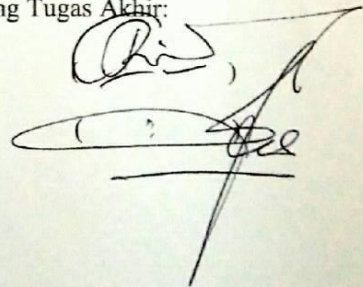
Oleh:

**DICKY ANDREAN YULIONO**  
NRP. 04211745000019

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. I. Made Ariana, S.T, M.T

Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.phill



**SURABAYA**  
**JULI, 2019**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LEMBAR PENGESAHAN

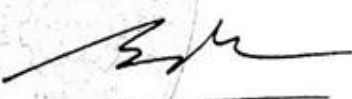
**Kajian *EEDI (Energy Efficiency Design Index)* Pada Konversi Kapal  
Tongkang Menjadi *SPOB* Untuk Mengangkut *BBM* Dari Gresik Ke  
Pulau Bawean**

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi *Marine Operation and Maintenance (MMS)*  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Oleh:

**DICKY ANDREAN YULIONO**  
NRP. 04211745000019

Disetujui Oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.  
NIP. 197708022008011007

**SURABAYA**  
**JULI, 2019**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# **Kajian *EEDI (Energy Efficiency Design Index)* Pada Konversi Kapal Tongkang Menjadi *SPOB* Untuk Mengangkut *BBM* Dari Gresik Ke Pulau Bawean**

Nama : Dicky Andrean Yuliono  
NRP : 0421174500019  
Dosen Pembimbing 1 : Dr. I. Made Ariana, S.T, M.T  
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.

## **ABSTRAK**

Minyak bumi merupakan salah satu sumber kekayaan alam yang sangat penting di era sekarang ini sebagai pendukung dunia peradaban manusia. Hingga sekarang ini telah banyak dibangun kilang-kilang di seluruh dunia sebagai proses produksi minyak bumi. Namun, produktivitas minyak bumi tersebut dibatasi oleh ketersediaan sumber daya transportasi yang memadai sebagai penunjang ke ekonomisan transportasi. Semakin sulit minyak untuk didapatkan maka harga dari minyak akan semakin tinggi. Terbatasnya minyak bumi di Negara Indonesia yang ada diperburuk dengan letak geografis. Sehingga untuk menghindari kenaikan terhadap naiknya harga minyak bumi, sehingga pemerintahan mengambil langkah penghematan dengan cara membuat *SPOB* yang akan di parkirkan di daerah yang merasa membutuhkan minyak bahan bakar untuk keperluan sehari-hari sehingga masyarakat tidak perlu jauh-jauh untuk membeli minyak bumi yang diperlukan. Sehingga dapat meminimalisir kenaikan minyak bahan bakar sehingga dapat dilakukan penyetaraan harga. Dengan menciptakan moda transportasi yang lebih efisien maka penghematan akan tercipta di daerah tersebut. Proses distribusi minyak bumi di Pulau Bawean selama ini warga akan pergi ke daerah Surabaya dan Gresik untuk membeli minyak bumi untuk kebutuhan sehari-hari. Dengan ini penulis menggunakan kapal tongkang yang di konversi menjadi kapal *SPOB*. Selain itu muatan dari kapal *SPOB* itu sendiri tergolong besar dikarenakan bentuknya adalah kapal tongkang, disini penulis mempunyai 3 jenis kapal tongkang untuk di konversi menjadi *SPOB* untuk itu dibutuhkan mesin penggerak sendiri untuk menambah efisiensi dalam sektor operasi. Untuk menekan biaya operasional dalam pendistribusian minyak bahan bakar sebagai salah satu upaya penghematan dengan cara penilaian dari *EEDI* dan *EEOI* untuk mengoptimalkan biaya.

**Kata Kunci** ( Kapal Tongkang, *SPOB*, *EEDI*, *EEOI*)

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

# **Study Of *EEDI (Energy Efficiency Design Index) In The Conversion Of Barge Become SPOB To BBM Transportation From Gresik To Bawean Island***

Name : Dicky Andean Yuliono  
NRP : 04211745000019  
Supervisor 1 : Dr. I. Made Ariana, S.T, M.T  
Supervisor 2 : Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.

## **ABSTRACT**

Oil is one of the most important natural resources in the present era as a supporter of the world of human civilization. Until now, many refineries have been built around the world as a petroleum production process. However, petroleum productivity is limited by the availability of adequate transportation resources to support economic transportation. the harder the oil gets, the higher the price of oil. Oil limitations in Indonesia are exacerbated by geographical location. To avoid rising oil prices, the government took austerity measures by making SPOBs to be parked in areas that felt they needed fuel for their daily needs so that people did not need to go far to buy the necessary oil. . So that it can minimize the increase in fuel oil so that even distribution of prices can be done. By creating a more efficient mode of transportation, savings will be created in that area. The oil distribution process on Bawean Island has been heading to the Surabaya area and Gresik to buy petroleum for daily needs. With this, the author uses barges that are converted into SPOB vessels. In addition, the burden of the SPOB ship itself is quite large because the shape is a barge, here the author has 3 types of barges to convert to SPOB because it requires its own engine to improve efficiency in the operating sector. To reduce operational costs in fuel oil distribution as a saving effort through EEDI and EEOI assessments to optimize costs and pollution.

**Keywords** (Barge, *SPOB*, *EEDI*, *EEOI*)

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Kajian *EEDI (Energy Efficiency Design Index)* Pada Konversi Kapal Tongkang Menjadi SPOB Untuk Mengangkut BBM Dari Gresik Ke Pulau Bawean. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan banyak rasa terimakasih kepada:

1. Kedua orangtua terkasih, Bapak Andik Zuliono dan Ibu Sulianah, doa mereka membuat penulis mampu melewati segala rintangan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., MT selaku kepala departemen Teknik sistem perkapalan. Dan juga bapak-bapak dosen yang amat penulis hormati.
3. Dr. I. Made Ariana, S.T, M.T selaku dosen pembimbing 1 penulis yang senantiasa memotivasi dan mengarahkan alur pengerjaan Tugas Akhir penulis.
4. Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil. selaku dosen pembimbing 2 penulis yang senantiasa memotivasi dan mengarahkan alur pengerjaan Tugas Akhir penulis.
5. Dr. Benny Cahyono, S.T., M.T selaku Dosen wali.
6. Saudari Irbahiya Aqsa Griselda memberikan semangat dan support dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Suadara Achmad Islahul Fanany A.Md . memberikan pengetahuannya lebih tentang software Maxsurf
8. Seluruh mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan Lj 17 Gasal, Lj 17 Genap yang telah memberikan semangat dan support selama perkuliahan.
9. Pihak-pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat menjadi ilmu yang barokah bagi kita semua dan menjadi pedoman untuk penulisan selanjutnya.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
<b>BAB I</b> .....	1
<b>PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Skripsi .....	2
1.4 Batasan masalah .....	2
1.5 Manfaat .....	3
<b>BAB II</b> .....	5
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Bahan Bakar Minyak.....	5
2.2 Pulau Bawean.....	7
2.3 Fasilitas Pokok Pulau Bawean .....	7
2.4 Jumlah Penduduk Pulau Bawean dan pekerjaannya.....	10
2.5 Pengertian Kapal Tongkang ( <i>Barge</i> ).....	11
2.6 Pertimbangan Pemilihan Main Engine dan Auxiliary Engine .....	13
2.7 Pengertian Energy Efficiency Design Index (EEDI).....	13
2.8 Pengertian Energy Efficiency Operasional Indicator (EEOI) .....	15
<b>BAB III</b> .....	17
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	17
3.1 Umum.....	17
3.2 Studi Lapangan .....	17
3.3 Studi Literatur .....	17
3.4 Pembuatan Desain Model .....	17
3.5 Diagram alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	18
3.6 Jadwal Kegiatan .....	18
<b>-BAB IV</b> .....	19

<b>ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>19</b>
4.1 Data Kependudukan Pulau Bawean .....	19
4.1.1 Data kebutuhan bahan bakar Pulau Bawean .....	19
4.2 Data Kapal Tongkang.....	20
4.2 Data Kapal Tongkang.....	20
4.3 Perhitungan Tahanan Kapal.....	20
4.3.1 Volume Displacement Kapal.....	21
4.3.2 Displacement Kapal .....	22
4.3.3 Luas Permukaan Basah (S).....	22
4.3.4 Menghitung Angka Froude .....	23
4.3.5 Menghitung Angka Reynold .....	24
4.3.6 Menghitung Tahanan Gesek .....	24
4.3.7 Menghitung Tahanan Sisa .....	25
4.3.8 Menghitung Koefisien Tahanan Tambahan .....	29
4.3.9 Menghitung Koefisien Tahanan Udara dan Kemudi.....	30
4.3.10 Menghitung Tahanan Total Kapal.....	30
4.4 Perhitungan Main Engine .....	32
4.4.1 Perhitungan koefisien propulsi .....	32
4.4.2 Effective Horse Power .....	33
4.4.3 Delivery Horse Power .....	33
4.4.4 Menghitung Daya Poros Baling-baling (SHP) .....	33
4.4.5 Perhitungan Engine Brake Horse power (BHP).....	34
4.4.6 Perhitungan Engine Brake Horse power (BHP) kondisi MCR.....	34
4.4.7 Pemilihan main engine .....	34
4.5 Perhitungan Consumable dan LWT .....	35
4.5.1 Berat Bahan Bakar Mesin Utama .....	35
4.5.2 Berat Bahan Bakar Mesin Bantu.....	36
4.5.3 Berat Minyak Pelumas.....	36
4.5.4 Berat Fresh Water.....	36
4.5.5 Berat Bahan Makanan.....	37
4.5.6 Berat Crew dan Barang Bawaan .....	37
4.5.7 Berat Cadangan .....	37



4.5.8 Berat Consumable .....	37
4.5.9 Berat Baja Kapal.....	37
4.5.10 Berat Outfit dan Akomodasi.....	37
4.5.11 Berat Instalasi Permesinan .....	37
4.5.12 Berat Cadangan.....	38
4.5.13 Berat LWT.....	38
4.5.14 Perhitungan DWT.....	38
4.5.15 Perhitungan Payload .....	38
4.6 Perhitungan Sarat Kosong .....	38
4.6.1 Perhitungan Displacement.....	38
4.6.2 Perhitungan Tinggi Sarat Kosong.....	39
4.7 Pemilihan Propeller .....	40
4.7.1 Menghitung Daya Berdasarkan Engine.....	40
4.7.2 Perhitungan BP.....	41
4.7.3 Penerimaan Tipe Propeller.....	42
4.7.4 Kesimpulan Pemilihan Propeller .....	44
4.8 Engine Propeller Matching .....	45
4.8.1 Menghitung Koefisien $\alpha$ dan $\beta$ .....	45
4.8.2 Perhitungan $K_T$ .....	46
4.9 Perhitungan EEDI ( <i>Energy Efficiency Design Index</i> ) .....	57
4.10 Perhitungan EEOI ( <i>Energy Efficiency Operational Indikator</i> ) .....	62
4.10.1 Perhitungan Bahan Bakar Main Engine.....	62
4.10.2 Perhitungan Bahan Bakar Generator.....	63
4.10.3 Kesimpulan EEDI dan EEOI Kapal SPOB41 .....	68
<b>BAB V .....</b>	<b>69</b>
<b>PENUTUP .....</b>	<b>69</b>
5.1 Kesimpulan .....	69
5.2 Saran.....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>71</b>

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

BAB II	
Gambar 2.1 Gambar Bahan Bakar AVGAS .....	5
Gambar 2.2 Bahan Bakar Avtur .....	6
Gambar 2.3 Bahan Bakar Bensin .....	6
Gambar 2.4 Gambar letak pulau bawean .....	7
Gambar 2.5 gambar pelabuhan bawean .....	8
Gambar 2.6 Gambar PLTD Bawean.....	8
Gambar 2.7 Gambar PLTG bawean.....	9
Gambar 2.8 Gambar Tongkang .....	12
BAB IV	
Gambar 4.1 denah Pulau bawean.....	19
Gambar 4.2. Koefisien tahanan sisa terhadap ratio kecepatan .....	25
Gambar 4.3. Koefisien tahanan sisa terhadap ratio kecepatan-panjang .....	26
Gambar 4.4. LCB standart.....	28
Gambar 4.5. Koreksi koefisien tahanan sisa.....	29
Gambar 4.6 Kecepatan Service (Kapal 1) .....	48
Gambar 4.7 Kecepatan Service (Kapal 2) .....	49
Gambar 4.8 Kecepatan Service (Kapal 2) .....	50
Gambar 4.9 Kecepatan Trial (Kapal 1) .....	51
Gambar 4.10 Kecepatan Trial (Kapal 2) .....	52
Gambar 4.11 Kecepatan Trial (Kapal 2) .....	53
Gambar 4.12 Kurva Speed dan Power (Kapal 1) .....	54
Gambar 4.13 Kurva Speed dan Power (Kapal 2) .....	55
Gambar 4.14 Kurva Speed dan Power (Kapal 3) .....	56
Gambar 4.15 Hasil Dari EDDI Tiap kapal .....	61

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

### BAB II

Tabel 2.1 Tabel Jumlah Penduduk .....	10
Tabel 2.2 Tabel Persentase Kerja Pulau Bawean.....	11
Tabel 2.3 Gambar Tabel Carbon EEDI .....	14
Tabel 2.4 Tabel Parameter determine EEDI.....	14

### BAB IV

Tabel 4.1 Data Kebutuhan BBM Bawean .....	20
Tabel 4.2 Data Kapal Tongkang .....	20
Tabel 4.3. Harga $F_n$ pada masing-masing kecepatan .....	23
Tabel 4.4. Harga $R_n$ pada masing-masing kecepatan .....	24
Tabel 4.5. Harga $C_F$ pada masing-masing kecepatan .....	25
Tabel 4.6. Hasil tahanan sisa ( $C_R$ ) berdasarkan pembacaan grafik .....	26
Tabel 4.7. Hasil koreksi tahanan sisa ( $C_R$ ) .....	27
Tabel 4.8. Hasil LCB standart dan $\Delta LCB$ .....	28
Tabel 4.9. Nilai tahanan sisa ( $C_R$ ) .....	29
Tabel 4.10. Harga $C_A$ .....	30
Tabel 4.11. Interpolasi $C_A$ .....	30
Tabel 4.12. Koefisien tahanan total ( $C_T$ ) .....	31
Tabel 4.13. Tahanan total kapal ( $R_T$ ) .....	31
Tabel 4.14 Katalong Main Engine dan Gear Box .....	35
Tabel 4.15 Voume Displ sesuai tinggi LWL.....	38
Tabel 4.16 Voume Displ sesuai tinggi LWL .....	39
Tabel 4.17 Persamaan Interpolasi .....	39
Tabel 4.18 Penerimaan tipe Propeller .....	42
Tabel 4.19 Nilai $1/J_b$ .....	42
Tabel 4.20 Nilai Kavitasi .....	43
Tabel 4.21 Nilai Kavitasi .....	43
Tabel 4.22 Pemilihan Propeller .....	44
Tabel 4.23 Hasil Pemilihan Propeller.....	44
Tabel 4.24 Hasil Pemilihan Propeller.....	44
Tabel 4.25 Hasil Pemilihan Propeller.....	45
Tabel 4.26 koefisien $\alpha$ dan $\beta$ .....	45
Tabel 4.27 Diagram KT KQ J .....	46
Tabel 4.28 Diagram KT KQ J .....	47
Tabel 4.29 Diagram KT KQ J.....	47
Tabel 4.30 Diagram KT KQ J (Kapal 1) .....	48
Tabel 4.31 Diagram KT KQ J (Kapal 2) .....	49
Tabel 4.32 Diagram KT KQ J (Kapal 3) .....	50
Tabel 4.33 Kecepatan Triap (Kapal 1) .....	51
Tabel 4.34 Kecepatan Triap (Kapal 2) .....	52
Tabel 4.35 Kecepatan Triap (Kapal 3) .....	53
Tabel 4.36 Kurva Speed Power (Kapal 1) .....	54
Tabel 4.37 Kurva Speed Power (Kapal 2) .....	55
Tabel 4.38 Kurva Speed Power (Kapal 3) .....	56
Tabel 4.39 Kesimpulan Data Kapal .....	57
Tabel 4.40 Regulasi EEDI .....	58

Tabel 4.41 Phase EEDI .....	58
Tabel 4.42 Carbon Fuel .....	59
Tabel 4.43 Carbon Fuel Phase .....	61
Tabel 4.44 Data Bahan Bakar.....	62
Tabel 4.45 Data Bahan Bakar Generator .....	63
Tabel 4.46 EEOI Dalam 1 Minggu Kapal 1 .....	65
Tabel 4.47 EEOI Dalam 1 Minggu Kapal 2 .....	66
Tabel 4.48 EEOI Dalam 1 Minggu Kapal 3 .....	67
Tabel 4.49 Data Kesimpulan EEDI Dan EEOI .....	68

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Minyak bumi merupakan salah satu sumber kekayaan alam yang sangat penting di era sekarang ini sebagai pendukung dunia peradaban manusia. Hingga sekarang ini telah banyak dibangun kilang-kilang di seluruh dunia sebagai proses produksi minyak bumi. Namun, produktivitas minyak bumi tersebut dibatasi oleh ketersediaan sumber daya transportasi yang memadai sebagai penunjang ke ekonomisan transportasi. Semakin sulit minyak untuk didapatkan maka harga dari minyak akan semakin tinggi. Terbatasnya minyak bumi di Negara Indonesia yang ada diperburuk dengan letak geografis. Sehingga untuk menghindari kenaikan terhadap naiknya harga minyak bumi, sehingga pemerintahan mengambil langkah penghematan dengan cara membuat *SPOB* yang akan di parkirkan di daerah pulau-pulau yang merasa membutuhkan minyak bahan bakar untuk keperluan sehari-hari sehingga masyarakat tidak perlu jauh-jauh untuk membeli minyak bumi yang diperlukan. Sehingga dapat meminimalisir kenaikan minyak bahan bakar sehingga dapat dilakukan penyetaraan harga. Dengan menciptakan moda transportasi yang lebih efisien maka penghematan akan tercipta di daerah tersebut. Proses distribusi minyak bumi di Pulau Bawean selama ini warga akan pergi ke daerah Surabaya dan Gresik untuk membeli minyak bumi untuk kebutuhan sehari-hari. Dengan ini penulis tidak menggunakan kapal tongkang yang didorong maupun ditarik menggunakan kapal tunda untuk rute laut yang relatif pendek. Penggunaan kapal tongkang sendiri memiliki keuntungan dalam pengoperasian bongkar muat yang lebih cepat juga biaya pelabuhan yang lebih murah karena volume ruangan tertutup kecil. Namun penggunaan kapal tongkang yang ditarik menggunakan kapal tunda memiliki resiko dapat terbalik apabila berlayar dalam keadaan gelombang tinggi akibat dari merenggangnya tali yang menghubungkan antara kapal tunda dan kapal tongkang tersebut. Kebanyakan kapal tunda yang menarik kapal tongkang memiliki beberapa kendala dalam pengopersiannya akibat dari kondisi perairan yang memiliki tikungan tajam dan berarus cukup kuat. Selain itu daya mesin yang dibutuhkan kapal tunda untuk menarik kapal tongkang terbilang besar, untuk itu dibutuhkan mesin penggerak sendiri untuk menambah efisiensi dalam sektor operasi. Untuk menekan biaya operasional dalam pendistribusian minyak bahan bakar sebagai salah satu upaya penghematan dengan cara penilaian dari *EEDI* untuk mengoptimalkan biaya.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang maka diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pemilihan kapal tongkang yang sesuai dengan kebutuhan ?
2. Bagai mana perhitungan daya pada kapal yang telah dipilih dan menganalisa system propulsi pada tiap kapal ?
3. Bagaimana hasil perhitungan nilai *EEDI* (*Energy Efficiency Design Index*) kapal *SPOB* yang telah di konversi dari kapal Tongkang ?
4. Bagaimana cara mendapatkan hasil yang sesuai agar mendapatkan hasil nilai *EEOI* yang optimal dari beberapa kapal ?

## 1.3 Tujuan Skripsi

Berdasarkan latar belakang serta permasalahan yang ada, maka tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah :

1. Memilih kapal tongkang sesuai dengan kebutuhan.
2. Menganalisa kebutuhan daya kapal dan menganalisa sisyem propulsi pada tiap kapal.
3. Menganalisa nilai *EEDI* Kapal *SPOB* yang telah di Konversi dari kapal tongkang.
4. Menganalisa nilai *EEOI* Kapal *SPOB* yang telah di Konversi dari kapal tongkang.

## 1.4 Batasan masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Batasan permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perancangan nilai *EEDI* dan *EEOI* hanya membahas perbandingan nilai dari 3 kapal yang dikonversi.
2. Perencanaan nilai *EEDI* dan *EEOI* yang dilakukan tidak membahas perancangan kontsruksi kapal tongkang menjadi *SPOB* secara detail.
3. Perencanaan nilai *EEDI* dan *EEOI* yang dilakukan tidak membahas stabilitas kapal.
4. Hasil nilai *EEDI* dan *EEOI* yang dihitung hanya berdasarkan dari aspek bahan bakar.
5. Standar acuan penetapan analisa akhir menggunakan regulasi yang berlaku.
6. Data yang digunakan adalah data dari kapal yang diperoleh dari instansi-instansi yang terkait



### 1.5 Manfaat

Manfaat bagi peneliti adalah dapat mengetahui apakah Perencanaan nilai *EEDI* dan *EEOI* yang digunakan dapat memenuhi kecepatan yang diinginkan serta mengoptimalkan nilai dari hasil Nilai *EEDI* dan *EEOI* . manfaat bagi pembaca dapat mengetahui tentang perancangan propulsi kapal dan cara menghitung *EEDI* dan *EEOI* serta mendapatkan hasil dari kapal mana yang paling efisien dari segi bahan bakar.

*"Halaman ini Sengaja Dikosongkan"*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Bahan Bakar Minyak**

##### **2.1.1 Pengertian Bahan Bakar Minyak**

Bahan bakar minyak atau BBM adalah salah satu jenis bahan bakar yang diperoleh dari hasil penyulingan Minyak Bumi. Minyak Bumi merupakan hasil proses alami berupa hidrokarbon yang dalam kondisi tekanan dan temperatur atmosfer berupa fasa cair atau padat, termasuk aspal, lilin mineral atau ozokerit, dan bitumen yang diperoleh dari proses penambangan.

##### **2.1.2 Jenis Jenis Bahan Bakar Minyak**

Ada beberapa jenis BBM yang dikenal di Indonesia, di antaranya adalah: (<http://www.bphmigas.go.id>, 2013)

- 1) Avgas (Aviation Gasoline)



2.1 Gambar Bahan Bakar AVGAS

Bahan Bakar Minyak ini merupakan BBM jenis khusus yang dihasilkan dari fraksiminyak bumi. Avgas didisain untuk bahan bakar pesawat udara dengan tipe mesin sistem pembakaran dalam (internal combustion), mesin piston dengan sistem pengapian. Performa BBM ini ditentukan dengan nilai octane number antara nilai dibawah 100 dan juga diatas 100 . Nilai octane jenis Avgas yang beredar di Indonesia memiliki nilai 100/130.

## 2) Avtur (Aviation Turbine)



### 2.2 Bahan Bakar Avtur

Bahan Bakar Minyak ini merupakan BBM jenis khusus yang dihasilkan dari fraksiminyak bumi. Avtur didisain untuk bahan bakar pesawat udara dengan tipe mesin turbin(external combustion). Performa atau nilai mutu jenis bahan bakar avtur ditentukan oleh karakteristik kemurnian bahan bakar, model pembakaran turbin dan daya tahan struktu pada suhu yang rendah.

## 3) Bensin

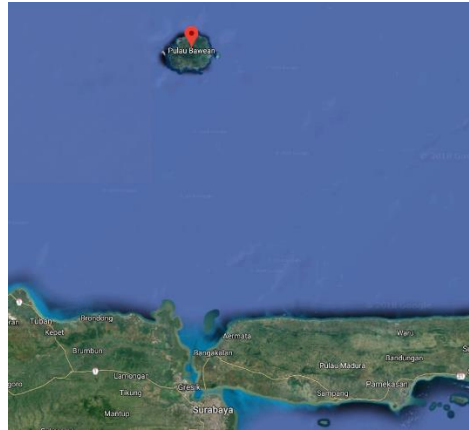


### 2.3 Bahan Bakar Bensin

Jenis Bahan Bakar Minyak Bensin merupakan nama umum untuk beberapa jenis BBM yang diperuntukkan untuk mesin dengan pembakaran dengan pengapian. Di Indonesia terdapat beberapa jenis bahan bakar jenis bensin yang memiliki nilai mutu pembakaran berbeda. Nilai mutu jenis BBM bensin ini dihitung berdasarkan nilai RON (Randon Otcane Number). Berdasarkan RON tersebut maka BBM bensin dibedakan menjadi 3 jenis yaitu:

## 2.2 Pulau Bawean

Bawean adalah pulau yang terletak di Laut Jawa, sekitar 120 kilometer sebelah utara Gresik atau 168 km dari kota Surabaya. Secara administratif, pulau ini termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Pasukan VOC menguasai pulau ini pada tahun 1743.



2.4 Gambar letak pulau bawean

Pulau ini terdiri atas dua kecamatan, yaitu Kecamatan Sangkapura dan Kecamatan Tambak. Penduduknya berjumlah sekitar 107.876 jiwa dengan mayoritas suku Bawean serta Perpaduan beberapa suku dari Jawa, Madura, Kalimantan,

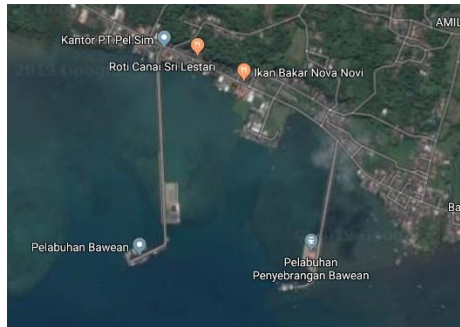
Sulawesi, dan Sumatera yang turut mempengaruhi budaya dan bahasanya. Mata pencaharian utama penduduknya adalah nelayan dan petani serta pekerja rantauan di Malaysia dan Singapura. Orang Bawean ada pula yang menetap di Australia dan Vietnam.

## 2.3 Fasilitas Pokok Pulau Bawean

Fasilitas dari pulau bawean sebagai berikut:

1. Dermaga

Dermaga adalah bangunan di tepi (laut, sungai, danau) yang berfungsi untuk melayani kapal bersandar, dalam bongkar/muat barang atau menaikkan dan menurunkan penumpang (Asiyanto, 2008).



2.5 Gambar Pelabuhan Baweain

Menurut pelayanan yang diberikan, dermaga dapat dibagi dalam beberapa jenis, salah satunya adalah Dermaga Marina, yakni dermaga yang secara khusus melayani kapal-kapal kecil untuk wisata dan Yatch (Febrian, 2012). Pada Dermaga Marina layanan utamanya adalah penambatan kapal. Para pemilik kapal dapat menyewa Space yang berada dimarina menjelajahi isi pulau. Beberapa marina juga memiliki fasilitas dok reparasi, stasiun pengisian bahan bakar, pusat medis, toko yang menjual peralatan pelayaran dan hal-hal yang berkaitan.ada beberapa type dermaga yang dimana dermaga di pulau baweain ada dermaga marina,dermaga ASDP, dermaga bongkar muat,dan dermaga perikanan.pelabuhan pada sangkapura memiliki kedalaman 3-4 meter.

## 2. PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel)

PLTD adalah singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (prime mover).



2.6 Gambar PLTD Baweain

Prime mover merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Mesin diesel sebagai penggerak mula PLTD berfungsi menghasilkan tenaga mekanis yang dipergunakan untuk memutar rotor generator. Unit PLTD adalah kesatuan peralatan-peralatan utama dan alat-alat bantu serta perlengkapannya yang tersusun dalam hubungan kerja,

membentuk sistem untuk mengubah energi yang terkandung didalam bahan bakar minyak menjadi tenaga mekanis dengan menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utamanya. dan seterusnya tenaga mekanis tersebut diubah oleh generator menjadi tenaga listrik. Pada pulau bawean terdapat 4 pembangkit listrik tenaga diesel yang dimana diantaranya adalah milik cv dan pt yang bekerja sama untuk mensupply pasokan listrik yang dimana dari produksi dari ke 4 pembangkit ini memiliki kapasitas 4,8 MW yang terdiri dari 1 pembangkit milik pertamina dan 3 pembangkit milik perusahaan yang disewa oleh negara.

### 3. PLTG

PLTG (Pembangkit listrik tenaga gas) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan gas untuk memutar turbin dan generator. Pada pulau bawean nantinya akan di buat PLTG dengan kapasitas 5x1 MW yang dimana pada pulau bawean masi terdapat 2 x 1 MW dan kebutuhan pada pulau bawean ditafsir akan terus meningkat sehingga direncanakan akan dapat memproduksi 8MW agar terdapat space untuk beberapa tahun kedepan, untuk sekarang beban maksimal dari pulau bawean sebesar 4,8 MW,

Turbin dan generator adalah dua benda dengan satu poros yang sama. Jadi, jika turbin berputar, secara otomatis generator pu ikut berputar. Dan jika generator berputar, maka generator akan menghasilkan beda potensial pada medan magnetnya yang akan menghasilkan energi listrik.



2.7 Gambar PLTG bawean

PLTG, secara prinsip hampir sama dengan PLTU. Hanya saja uapnya diganti dengan gas. Karena karakteristik uap dan gas secara umum berbeda, maka akan ada beberapa prinsip dasar yang berbeda antara turbin uap dan turbin gas. Selain itu, gas yang dipakai dalam PLTG bisa dibilang lebih mudah untuk disiapkan daripada uap, sehingga sebuah PLTG bisa mulai berproduksi dari keadaan “dingin” dalam hitungan menit, sebut

saja sekitar 10 menit sampai 30 menit, jauh lebih cepat dari apa yang bisa dilakukan oleh sebuah PLTU.

Satu hal yang menarik pada PLTG adalah gas yang keluar dari turbin biasanya masih cukup panas. Cukup panas sehingga bila di sebelah PLTG ada sebuah PLTU, maka gas hasil proses di PLTG masih dapat digunakan untuk memanaskan boiler kepunyaan PLTU. Inilah kemudian yang dikenal dengan sebutan combine cycle, sebuah pembangkit yang terdiri dari komponen utama PLTG terdiri atas beberapa peralatan yang satu dengan yang lainnya terintegrasi sehingga menjadi satu unit lengkap yang dapat dioperasikan sebagaimana mestinya PLTG dan PLTU.

## 2.4 Jumlah Penduduk Pulau Bawean dan pekerjaannya

Pulau Bawean terdiri dari dua kecamatan, yaitu Kecamatan Sangkapura dan Kecamatan Tambak. Kecamatan Sangkapura terdiri dari 17 desa, yaitu: Dekatagung, Suwari, Kumalasa, Pudakit Timur, Pudakit Barat, Lebak, Bululanjang, Sungaiteluk, Patarselamat, Gunungteguh, Sawahmulya, Kotakusuma, Sungairujing, Daun, Sidogedungbatu, Balikterus, dan Kebuntelukdalam. Sedangkan Kecamatan Tambak terdiri dari 13 desa, yaitu: Kepuhlegundi, Kepuhteluk, Diponggo, Tanjungori, Paromaan, Grejeg, Tambak, Pekalongan, Sukalela, Sukaoneng, Kalompanggubug, Gelam, dan Telukjati. Jadi di Pulau Bawean terdapat 30 desa.

Tahun	Pria	Wanita	Jumlah	Sumber
1812-1813	Td	Td	14.319	Raffles, 1813; 70
1846	Td	Td	27.224	Lekkerkerker, 1935; 473
1900	18.613	23.675	42.286	Sensus Hindia Belanda 1900
1920	14.480	19.855	34.355	Sensus Hindia Belanda 1920
1960	11.913	17.947	29.860	Sensus Hindia Belanda 1960
1961	23.837	28.635	52.472	Sensus Penduduk 1961
1964	27.217	32.217	59.525	Kantor Wedana Bawean
1990	28.575	33.226	61.801	BPS Gresik
1997	31.448	34.643	66.091	BPS Gresik

2.1 Tabel Jumlah Penduduk



Saat ini, sampai bulan Desember 2015, jumlah penduduk di Pulau Bawean (Kecamatan Sangkapura dan Tambak) adalah 107.876 yang terdiri dari 54.204 laki-laki dan 53.672 perempuan. Penduduk Kecamatan Sangkapura adalah 69.758 yang terdiri dari 34.909 laki-laki dan 34.849 perempuan. Sedangkan penduduk Kecamatan Tambak adalah 38.118 yang terdiri dari 19.295 laki-laki dan 18.823 perempuan.

Sebagian besar penduduk Bawean bermata pencaharian sebagai petani, nelayan dan pedagang. Pertanian di Pulau ini sebagian besar masih dilakukan dengan satu kali panen. Karakteristik kehidupan ekonomi penduduk Bawean, sejak dahulu sampai sekarang bertumpu pada dua sektor ekonomi, yaitu pertanian dan nelayan. Di samping itu pula, banyak penduduk yang mengadakan perdagangan dan menganyam tikar pandan, serta mencari nafkah dengan bekerja di luar pulau. Sektor pekerjaan nelayan (pembuatan pindang). Pada saat ini, sebagian besar penduduk yang masih tinggal di Bawean, masih banyak yang bekerja disektor pertanian. Hampir 80 % penduduk bekerja disektor ini. Gambaran lebih detail dapat dilihat di bawah ini:

Jenis Pekerjaan	%
Petani	51.06
Buruh Tani	28.10
Nelayan	1.40
Pengrajin	0.16
Buruh Bangunan	8.40
Pedagang	6.40
Pegawai Negeri Sipil	3.67
TNI/Polri	0.09
Pensiunan PNS	0.72
Jumlah	100 %

2.2 Tabel Persentase Kerja Pulau Bawean

Asumsi jumlah nelayan dengan jumlah penduduk 107.876 / 4 untuk mengetahui jumlah total keluarga, didapatkan hasil 26.969 \* 1.4% dan mendapatkan asumsi 377 nelayan.

## 2.5 Pengertian Kapal Tongkang (*Barge*)

Tongkang atau Barge adalah suatu jenis kapal yang dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung, digunakan untuk mengangkut barang dan ditarik dengan kapal tunda atau digunakan untuk mengakomodasi pasang-surut seperti pada dermaga apung.



2.8 Gambar Tongkang

Ponton digunakan juga untuk mengangkut mobil menyeberangi sungai, didaerah yang belum memiliki jembatan. Sangat banyak digunakan pada tahun 1960an hingga 1980an di jalur lintas Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Papua. Sekarang sebagian besar sudah digantikan dengan jembatan.

Untuk keperluan wisata, ponton juga masih digunakan. Untuk meningkatkan kestabilan kapal biasanya digunakan dua ponton yang digabungkan secara paralel. Pembuatan kapal tongkang juga berbeda karena hanya konstruksi saja, tanpa sistem seperti kapal pada umumnya. Tongkang sendiri umum digunakan untuk mengangkut muatan dalam jumlah besar seperti kayu, batubara, pasir dan lain-lain. Di Indonesia tongkang banyak diproduksi di daerah Batam (Kepulauan Riau) yang merupakan salah satu basis produksi perkapalan di Indonesia. [www.wikipedia.com].

Jenis tongkang ada 2 yaitu tongkang yang tidak memiliki sistem pendorong (*propulsi*) dan tongkang dengan sistem pendorong sendiri. Tongkang yang tidak memiliki pendorong ini biasa digerakan dengan cara ditarik atau didorong kapal tugboat. Sedangkan tongkang yang mempunyai pendorong (*Ber-propulsi*) memiliki mesin sendiri yang meneruskan daya ke propeller sehingga menghasilkan daya dorong, seperti kapal pada umumnya, tongkang jenis ini mempunyai bentuk haluan dan buritan seperti kapal pada umumnya akan tetapi pada bagian lambung cenderung lebih gemuk dan mempunyai kapasitas ruang muat lebih lega. Dari segi biaya pembangunan, *SPOB* mempunyai biaya pembangunan yang lebih rendah 1/3 kali dari kapal bulk carier [Harryadi Mulya, 2006].

*Self Propelled Oil Barge (SPOB)* adalah jenis kapal dengan lambung datar (barge) yang digunakan untuk mengangkut minyak dan mempunyai pendorong sendiri tanpa perlu di tarik atau di dorong sehingga lebih efisien.

## 2.6 Pertimbangan Pemilihan Main Engine dan Auxiliary Engine

Main Engine adalah Mesin Penggerak Utama Penggerak Utama untuk membangkitkan tenaga penggerak untuk mendorong Kapal dan untuk Auxiliary Engine adalah suatu mesin yang dapat menghasilkan kebutuhan listrik dikapal atau bisa juga disebut dengan generator.

Pertimbangan pemilihan Main Engine dan Auxiliary Engine berdasarkan:

- *Maintainability*
- *Reliability*
- *Space and Arrangement Requirement*
- *Weight Requirement*
- *Type Of Fuel Required*
- *Fuel Consumption*
- *Fractional Power And Transient Performance*
- *Interrelations With Auxiliaries*
- *Reversing Capability*
- *Operating Personnel*
- *Costs*
- *Rating Limitations*

## 2.7 Pengertian Energy Efficiency Design Index (EEDI)

*EEDI* adalah mekanisme berbasis kinerja non-preskriptif yang meninggalkan pilihan teknologi untuk digunakan dalam desain kapal khusus untuk industri. Selama tingkat efisiensi energi yang diperlukan tercapai, perancang dan pembangun kapal bebas menggunakan solusi yang paling hemat biaya bagi kapal untuk mematuhi peraturan. *EEDI* memberikan angka spesifik untuk desain kapal individual, dinyatakan dalam gram karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) per mil-kapasitas kapal (semakin kecil *EEDI* semakin banyak desain kapal yang lebih hemat energi) dan dihitung dengan formula berdasarkan parameter desain teknis untuk kapal tertentu.

*EEDI* juga diatur dalam *MARPOL Annex VI* yang dimana untuk kapal tertentu harus mempunyai sertifikat emisi. Emisi CO<sub>2</sub> dihitung dari konsumsi bahan bakar dengan memperhitungkan karbon isi bahan bakar. Konsumsi bahan bakar didasarkan pada daya yang digunakan untuk propulsi dan daya bantu diukur pada kondisi desain yang ditentukan.

*Formula EEDI* secara umum :

$$EEDI = \text{CO}_2 \text{ Emissions} / \text{Transport Work} \quad (1)$$

Untuk formula EEDI kapal baru :

$$EEDI = \text{Engine Power} \cdot \text{SFC} \cdot C_F / \text{dwt} \cdot \text{Speed} \quad (\text{g CO}_2/\text{ton-mile}) \quad (2)$$

Untuk formula yang baru dirilis oleh IMO:

$$\frac{\left( \prod_{j=1}^M f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot \text{SFC}_{ME(i)} \right) + \left( P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot \text{SFC}_{AE}^* \right) + \left( \prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEff(i)} \right) C_{FAE} \cdot \text{SFC}_{AE} - \left( \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot \text{SFC}_{ME} \right)}{f_i \cdot \text{Capacity} \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

Detail:

$$\left( \prod_{j=1}^M f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot \text{SFC}_{ME(i)} \right) : \text{Main Engines Emissions}$$

$$\left( P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot \text{SFC}_{AE}^* \right) : \text{Auxiliary Engines Emissions}$$

$$\left( \prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEff(i)} \right) C_{FAE} \cdot \text{SFC}_{AE} : \text{Shaft Generators/}$$

Motors Emissions

$$f_i \cdot \text{Capacity} \cdot V_{ref} \cdot f_w : \text{Efficiency Technologies}$$

$$f_i \cdot \text{Capacity} \cdot V_{ref} \cdot f_w : \text{Transport work}$$

Dimana :

$P_{ME}$ : Main Engine Power (kW);

$P_{AE}$ : Auxiliary Engine Power (kW);

SFC: Specific fuel consumption (g/kW);

C: Fuel to CO<sub>2</sub> factor (g CO<sub>2</sub>/g Fuel) (nearly 3);

Capacity: for Cargo ships DWT, for Passenger ships GT;

Rumus perhitungan *EEDI* yang diperlukan:

*EEDI* yang Diperlukan adalah diidentifikasi berdasarkan faktor reduksi X untuk kapal yang bergantung pada kapal yang akan dihitung.

Type of fuel	Reference	Carbon Content	C <sub>F</sub> (t-CO <sub>2</sub> /t-Fuel)
Diesel/Gas oil	ISO 8217 Grades DMX through DMB	0.8744	3.206
Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.8594	3.151
Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.8493	3.114
Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Propane	0.8182	3.000
	Butane	0.8264	3.030
Liquefied Natural Gas (LNG)		0.7500	2.750
Methanol		0.3750	1.375
Ethanol		0.5217	1.913

Note: Reprinted from Module 2 - Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, IMO

### 2.3 Gambar Tabel Carbon EEDI

Ship type defined in Regulation 2	a	b	c
Bulk Carrier	961.79	DWT	0.477
Gas Carrier	1120.00	DWT	0.456
Tanker	1218.80	DWT	0.488
Container ship	174.22	DWT	0.201
General cargo ship	107.48	DWT	0.216
Refrigerated cargo carrier	227.01	DWT	0.244
Combination carrier	1219.00	DWT	0.488
Ro-Ro cargo ship (vehicle carrier)	$(DWT/GT)^{0.7} \times 780.36$ where $DWT/GT < 0.3$	DWT	0.471
	1812.63 where $DWT/GT \geq 0.3$		
Ro-Ro cargo ship	1405.15	DWT	0.498
Ro-Ro passenger ship	752.16	DWT	0.381
LNG carrier	2253.7	DWT	0.474
Cruise passenger ship having non-conventional propulsion	170.84	DWT	0.214

#### 2.4 Tabel Parameter determine *EEDI*

### 2.8 Pengertian Energy Efficiency Operasional Indicator (EEOI)

Untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dalam industri perkapalan internasional, perbaikan efisiensi energi kapal didukung oleh *IMO*. Pada *MEPC 62* yang diselenggarakan pada Juli 2011, amandemen *MARPOL Annex VI* menyebabkan diadopsinya mandatori *EEDI* dan *SEEMP* dan amandemen ini akan diberlakukan pada 1 Januari 2013. Persyaratan untuk *SEEMP* berlaku untuk semua kapal yang mempunyai gross tonnage 400 tons atau lebih yang melakukan pelayaran internasional dan kapalkapal ini disyaratkan untuk tetap mempertahankan *Rencana Pengelolaan Efisiensi Energi Kapal (SEEMP)*.

Berdasarkan peraturan-peraturan mengenai *SEEMP*, perbaikan efisiensi energi kapal harus dicapai dengan siklus yang kontinu yang melibatkan empat langkah: ‘rencana’, ‘implementasi’, ‘monitoring’ dan ‘evaluasi diri dan perbaikan’. Oleh karena itu untuk implementasi *SEEMP*, efisiensi energi pada kapal membutuhkan monitoring yang kontinu.

*Indikator Operasional Efisiensi Energi (EEOI)* dianggap sebagai alat monitoring utama yang diusulkan oleh *IMO* dan metode perhitungan *EEOI* secara detail ditunjukkan dalam *MEPC.1/Circ.684 “Guidelines for Voluntary Use of the Ship Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI)”*. (*ACS Guideline*)

Indikator Operasional Efisiensi Energididefinisikan sebagai perbandingan massa CO<sub>2</sub> (M) yang dikeluarkan per satuan kerja transportasi

$$EEOI = \frac{M_{CO_2}}{\text{kerja transportasi}}$$

### 2.5.1 Metode Perhitungan *EEOI*

*EEOI* menetapkan jumlah ton emisi CO<sub>2</sub> per ton mil laut dihitung menggunakan data operasional aktual (konsumsi bahan bakar, massa muatan yang diangkut, dan jarak berlayar) dan merupakan efisiensi energi kapal yang dicapai secara aktual selama operasi. *EEOI* dihitung sebagai berikut:

$$\frac{(\text{Faktor konversi massa bahan bakar menjadi } CO_2) \times (\text{konsumsi bahan bakar})}{(\text{massa muatan aktual yang diangkut}) \times (\text{jarak berlayar aktual})}$$

Perhitungan secara detail dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

-Menghitung *EEOI* Setiap Pelayaran:

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{cargoo} \times D}$$

-Menghitung Rata-Rata Keseluruhan dalam Pelayaran:

$$\text{rata - rata } EEOI = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} \times C_{Fj})}{\sum_i (m_{cargoo,i} \times D_i)}$$

dimana:

j : jenis bahan bakar

i : jumlah pelayaran FC<sub>ij</sub> : massa bahan bakar yang dikonsumsi j pada pelayaran

C<sub>Fj</sub> : massa bahan bakar untuk faktor konversi massa CO<sub>2</sub> (lihat Tabel 1) untuk bahan bakar j

m<sub>cargoo</sub> : muatan yang diangkut (ton)

D : jarak dalam mil laut sesuai dengan muatan yang diangkut atau kerja yang dilakukan

Karena m<sub>cargoo</sub> bervariasi tergantung pada jenis kapal, perlu dicatat bahwa satuan *EEOI* dapat bervariasi menurut jenis kapal. Dalam kasus di mana *EEOI* dihitung dengan hanya menggunakan data operasional pada kondisi ballast, *EEOI* mencapai nilai tak terbatas karena massa kargo yang diangkut diambil nilai nol dalam kondisi ballast. Oleh karena itu, untuk mengevaluasi *EEOI* tersebut, harus dihitung dalam periode tertentu, termasuk pelayaran dengan muatan

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Umum**

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan *EEDI* (*Energy Efficiency Design Index*) Dan *EEOI* (*Energy Efficiency Operasional Indikator*) pada kapal spob yang telah dikonversi dari kapal tongkang. perancangan ini menggunakan beberapa referensi yang telah diambil dari beberapa sumber :

### **3.2 Studi Lapangan**

Dalam penelitian ini perlu dilakukan studi lapangan yang bertujuan untuk melengkapi kebutuhan data untuk pengerjaan penelitian ini, ada pun studi lapangan tersebut antara lain :

- Pengambilan Data Penelitian

Studi lapangan dilakukan secara langsung dan wawancara, diantaranya :

1. Data Primer
  2. Data Sekunder
- Waktu dan Tempat Penelitian
  - Pengumpulan Data

### **3.3 Studi Literatur**

Mempelajari sistematika perhitungan yang akan dikemukakan di dalam Tugas Akhir dari berbagai referensi baik berupa buku, jurnal, dan lain-lain. Dasar-dasar teori dan referensi yang dijadikan untuk pengolahan data dan membahas data – data penelitian antara lain:

1. Kebutuhan bahan bakar di pulau bawean
2. Penghitungan Kapasitas mesin
3. Pemilihan diameter propeller
4. Perhitungan *EEDI* dan *EEOI*

Manual book dari beberapa software yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini antara lain :

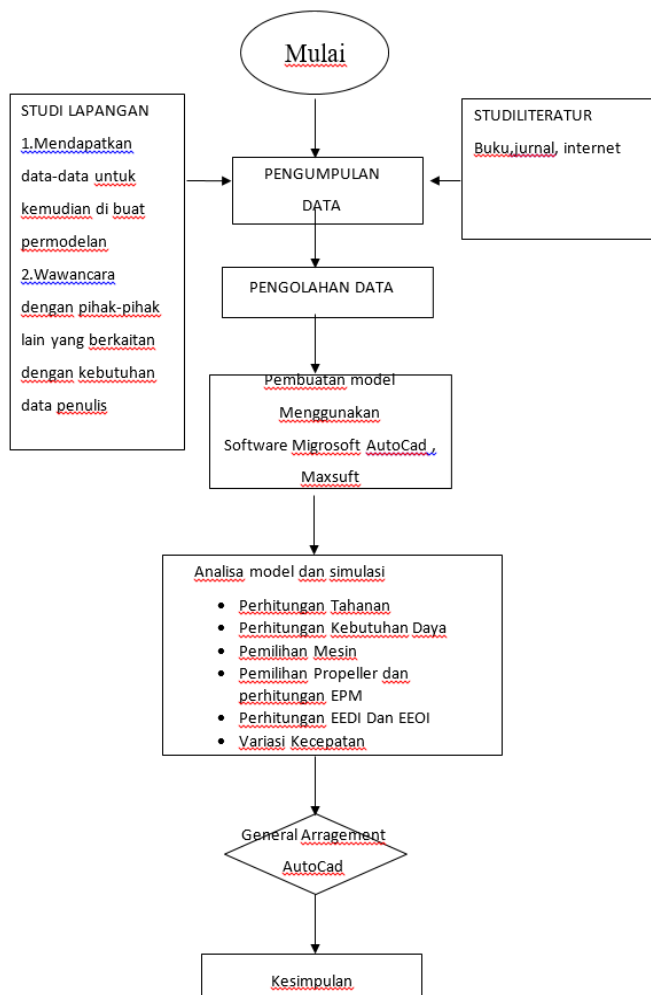
1. Autocad.
2. Software Microsoft.

### **3.4 Pembuatan Desain Model**

Dari data awal yang telah diambil, kemudian dilakukan pembuatan model dengan menggunakan program Autocad dan penghitungan menggunakan Software Microsoft, Data pendukung diperoleh dari instansi-instansi yang terkait

### 3.5 Diagram alir Pengerjaan Tugas Akhir

Urutan pelaksanaan pemodelan yang akan dilakukan adalah mengikuti diagram alir sebagai berikut:



### 3.6 Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan	Bulan											
		1				2				3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	<b>Pengumpulan data</b>	█											
2.	Pengolahan data	█											
3.	Perhitungan Daya Mesin					█							
4.	Engine Propeller Matching									█			
5.	Perhitungan EEDI, EEOI					█							
6.	Kesimpulan					█							



## -BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Kependudukan Pulau Bawean

Pulau Bawean merupakan satu-satunya pulau yang dimiliki Pemerintahan Kabupaten Gresik. Sebelum tahun 1974 Pulau Bawean termasuk wilayah Kota Surabaya. Setelah dibentuk Kabupaten Gresik pada tahun 1974 Pulau Bawean menjadi bagian dari Kabupaten Gresik karena letak geografisnya lebih dekat. Pulau yang memiliki luas 197,42 Km<sup>2</sup> ini secara geografis terletak pada 5,7679260 Bujur Timur dan 12,6663050 Lintang Selatan. Pulau ini memiliki 2 kecamatan yaitu Kecamatan Sangkapura dan Kecamatan Tambak, 30 kelurahan/desa serta memiliki 202 dusun yang tersebar di kedua kecamatan tersebut (BPS, 2012).



4.1 denah Pulau bawean

Jika ditarik garis tegak lurus, Pulau Bawean terletak  $\pm 120$  Km dari Utara Pulau Jawa dan  $\pm 257,27$  Km dari Selatan Pulau Kalimantan. Pulau ini juga mempunyai jarak  $\pm 186$  Km dari Barat Pulau Masalembu dan  $\pm 230$  Km dari Timur Pulau Karimun Jawa. Jika dihitung jaraknya dari kota-kota besar seperti Surabaya, Bali, dan Banjarmasin, Pulau Bawean mempunyai jarak  $\pm 150$  Km dari Surabaya,  $\pm 361$  Km dari Bali, dan  $\pm 314$  dari kota Banjarmasin

#### 4.1.1 Data kebutuhan bahan bakar Pulau Bawean

Kebutuhan bahan bakar di Pulau Bawean sampai saat ini masih mengalami krisis dimana di Pulau Bawean sumber distribusi mengandalkan pasokan yang dikirim dari kapal tangker yang melayani kebutuhan pasokan untuk pulau bawean apabila pada saat gelombang tinggi maka akan ada naada kemungkinan harga bahan bakar yang didistribusikan untuk warga dan pembangkit . kebutuhan ini dalam satuan 1 bulan.

Sektor	Jenis	Jumlah	Total
<b>PLTD</b>	solar	460.000 liter	460.000 liter
<b>Masyarakat</b>	Solar	244KL	244.000 liter
<b>Masyarakat</b>	pertalite	344KL	344.000 liter
<b>Nelayan</b>	solar	40 x 12 x 377	180.960 liter

#### 4.1 Data Kebutuhan *BBM* Bawean

- Data PLTD dan Masyarakat didapat dari berita acara
  - Data Nelayan didapat dari asumsi dengan 40 liter sekali perlayaran dan 12 kali pelayan dalam sebulan.
- Jadi total untuk kebutuhan dari pulau bawean adalah sebesar 1.228.960 liter perbulan yang dimana kebutuhan ini mencukupi untuk kebutuhan satu pulau bawean dan sebagai pengangkit pembangkit listrik.

#### 4.2 Data Kapal Tongkang

Nama	Tongkang 1	Tongkang 2	Tongkang 3	Unit
Displacement	9636	2100	1115	Ton
WL Length	91.23	62.13	42.56	M
Beam max extents on WL	24.384	12.32	12.19	M
Prismatic coeff. (Cp)	0.890	0.880	0.891	
Block coeff. (Cb)	0.880	0.862	0.880	
Draft	3.986	3.3	2.44	M
Speed	9	9	9	Knot

#### 4.2 Data Kapal Tongkang

### 4.3 PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL

Tahanan kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa hingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. *Resistance* merupakan istilah yang disukai dalam hidrodinamika kapal, sedangkan istilah *drag* umumnya dipakai dalam aerodinamika dan untuk benda benam.

Dengan menggunakan definisi yang dipakai *ITTC*, selama memungkinkan, komponen tahanan secara singkat berupa :

1. Tahanan Gesek

2. Tahanan Sisa
3. Tahanan Viskos
4. Tahanan Tekanan
5. Tahanan Tekanan Viskos
6. Tahanan Gelombang
7. Tahanan Tekanan Gelombang
8. Tahanan Pemecahan Gelombang
9. Tahanan Semprotan

Sebagai tahanan dari komponen diatas, beberapa tahanan tambahan perlu disebutkan, yaitu :

1. Tahanan Anggota Badan
2. Tahanan Kekasaran
3. Tahanan Udara
4. Tahanan Kemudi

Pada perhitungan untuk mencari tahanan kapal dipakai data-data ukuran utama kapal, rumus-rumus perhitungan tabel, dan diagram. Metode perhitungan yang digunakan adalah Metode Guldhammer-Harvald.

1. Sistematis Perhitungan Tahanan Kapal Metode Guldhammer-Harvald  
Sistematis dari perhitungan tahanan kapal adalah sebagai berikut ;
  1. Menghitung *Displacement* Kapal
  2. Menghitung Luas Permukaan Basah
  3. Menghitung Froude Number
  4. Menghitung Koefisien Tahanan Gesek
  5. Menghitung Koefisien Tahanan Sisa
  6. Menghitung Tahanan Tambahan
  7. Menghitung Koefisien Tahanan Udara dan Tahanan Kemudi
  8. Menghitung Koefisien Tahanan Total
  9. Menghitung Tahanan Total Kapal
  10. Menghitung Tahanan Dinas Kap

#### 4.3.1 Volume Displacement Kapal

Volume displacement merupakan volume air yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup air. Dan dari data kapal yang sudah direncanakan sebelumnya dari Tugas Rencana Garis maka dapat diketahui

besarnya nilai volume displacement kapal dengan mengalikan panjang *Length of Water Line* (LWL) dengan *Lebar* (B), *Sarat* (T) dan Coefisien Block Water Line ( $\delta_{wl}$ ) Sehingga dapat diketahui dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 \nabla &= Lwl \times B \times T \times Cb \left( m^3 \right) \\
 &= 91.23 \text{ m} \times 24.384 \text{ m} \times 3.986 \text{ m} \times 0.880 \text{ m} \\
 &= \mathbf{7997.51 \text{ m}^3 \text{ (kapal 1)}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \nabla &= Lwl \times B \times T \times Cb \text{ (m}^3\text{)} \\ &= 62.13 \text{ m} \times 12 \text{ m} \times 3.3 \text{ m} \times 0.862 \text{ m} \\ &= \mathbf{2242.7 \text{ m}^3 \text{ (kapal 2)}} \\ \nabla &= Lwl \times B \times T \times Cb \text{ (m}^3\text{)} \\ &= 42.56 \text{ m} \times 12.19 \text{ m} \times 2.44 \text{ m} \times 0.88 \text{ m} \\ &= \mathbf{1113.98 \text{ m}^3 \text{ (kapal 3)}} \end{aligned}$$

(Mata Kuliah Teori Bangunan Kapal)

#### 4.3.2 Displacement Kapal

Berat displacement kapal adalah berat kapal yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup air. Dan berat displacement dapat diketahui jika kita terlebih dahulumenthitung besar volume displacement kapal dan dikalikan dengan massa jenis air laut ( $\rho$ ). Jadi dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \Delta &= Lwl \times B \times T \times \rho \text{ (Ton)} \\ &= \nabla \times \rho \text{ (Ton)} \\ &= \mathbf{7997.51 \text{ m}^3 \times 1.025 \text{ ton/m}^3} \\ &= \mathbf{8197.44 \text{ TON (kapal 1)}} \\ \Delta &= Lwl \times B \times T \times \rho \text{ (Ton)} \\ &= \nabla \times \rho \text{ (Ton)} \\ &= \mathbf{2242.7 \text{ m}^3 \times 1.025 \text{ ton/m}^3} \\ &= \mathbf{2298.76 \text{ TON (kapal 2)}} \\ \Delta &= Lwl \times B \times T \times \rho \text{ (Ton)} \\ &= \nabla \times \rho \text{ (Ton)} \\ &= \mathbf{1113.98 \text{ m}^3 \times 1.025 \text{ ton/m}^3} \\ &= \mathbf{1141.82 \text{ TON (kapal 3)}} \end{aligned}$$

(Mata Kuliah Teori Bangunan Kapal)

#### 4.3.3 Luas Permukaan Basah (S)

Luas permukaan basah adalah luas permukaan dari bagian kapal yang tercelup di air, untuk menghitungnya dilakukan pendekatan dengan rumus sebagai berikut :

- Luas Permukaan Basah (S) =  $1,025 \times Lpp \times (Cb \times B + 1,7 \times T)$   
 $= 1,025 \times 89.2 \times (0.88 \times 24.38 + 1,7 \times 3.986)$   
 $= \mathbf{2592 \text{ m}^2 \text{ (kapal 1)}}$
- Luas Permukaan Basah (S) =  $1,025 \times Lpp \times (Cb \times B + 1,7 \times T)$

$$\begin{aligned}
 &= 1,025 \times 62.13 \times (0.862 \times 12.32 + 1,7 \times 3.3) \\
 &= 1064.57 \text{ m}^2 \text{ (kapal 2 )} \\
 \blacksquare \text{ Luas Permukaan Basah (S)} &= 1,025 \times L_{pp} \times (C_b \times B + 1,7 \times T) \\
 &= 1,025 \times 40.4 \times (0.880 \times 12.19 + 1,7 \times 2.44) \\
 &= 615.98 \text{ m}^2 \text{ (kapal 3 )}
 \end{aligned}$$

(Harvald 5.5.31, *Tahanan dan Propulsi Kapal*, hal 133)

#### 4.3.4 Menghitung Angka Froude

$$\text{Formula : } F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \times L}}$$

(Edwar V. Lewis. *Principles of Naval Architecture*, hal 58)

Dimana :

$$V_s = 9 \quad \text{knot} = 4.62 \text{ m/s}$$

$$g = 9,8 \quad \text{m/s}^2$$

$$L_{wl} = 91.2 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga : } F_n = \frac{4.62}{\sqrt{9.8 \times 91.2}} \text{ (kapal 1 )} \\ = 0.155$$

$$V_s = 9 \quad \text{knot} = 4.62 \text{ m/s}$$

$$g = 9,8 \quad \text{m/s}^2$$

$$L_{wl} = 62.13 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga : } F_n = \frac{7.202}{\sqrt{9.8 \times 64.0}} \text{ (kapal 2 )} \\ = 0.185$$

$$V_s = 9 \quad \text{knot} = 4.62 \text{ m/s}$$

$$g = 9,8 \quad \text{m/s}^2$$

$$L_{wl} = 42.6 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga : } F_n = \frac{4.62}{\sqrt{9.8 \times 42.6}} \text{ (kapal 3 )} \\ = 0.227$$

Didapat nilai Froude Number sesuai dengan masing - masing kecepatan, data yang didapat sebagai berikut :

Tabel 4.3. Harga  $F_n$  pada masing-masing kecepatan

No	Vs (knot)	Vs (m/s)	F <sub>n</sub>
1	9	4.62	0.155
2	9	4.62	0.185
3	9	4.62	0.227

### 4.3.5 Menghitung Angka Reynold

$$\text{Formula : } Rn = \frac{Vs \times Lwl}{Vk}$$

(Edwar V. Lewis. Principles of Naval Architecture, hal 58)

Dimana :

$$Vs = 14 \quad \text{knot} = 4.62 \text{ m/s}$$

$$Lwl = 91.23 \quad \text{m}$$

$$Vk = 0.9425 \times 10^{-6} \text{ (pada suhu } 15 \text{ }^\circ\text{C)}$$

$$\text{Sehingga : } Rn = \frac{4.62 \times 91.23}{0.9425 \times 10^{-6}} \text{ (kapal 1)}$$

$$= 447.1$$

$$Rn = \frac{4.62 \times 62.13}{0.9425 \times 10^{-6}} \text{ (kapal 2)}$$

$$= 314.0$$

$$Rn = \frac{4.62 \times 42.56}{0.9425 \times 10^{-6}} \text{ (kapal 3)}$$

$$= 208.6$$

Didapat nilai Reynold Number sesuai dengan masing - masing kecepatan, data yang didapat sebagai berikut :

Tabel 4.4. Harga Rn pada masing-masing kecepatan

No	Vs (knot)	Vs (m/s)	Rn
1	9	4.62	447.1
2	9	4.62	314.0
3	9	4.62	208.6

### 4.3.6 Menghitung Tahanan Gesek

$$\text{Formula : } C_F = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2}$$

(Harvald 5.5.14, Tahanan dan Propulsi Kapal, hal 118)

Dimana :

$$Rn (Vs = 9 \text{ knot}) = 447.1$$

$$\text{Sehingga : } C_F = \frac{0.075}{(\log 976646131.6 - 2)^2}$$

$$= 0.00170$$

Didapat nilai Tahanan Gesek sesuai dengan masing - masing kecepatan, data yang didapat sebagai berikut :

Tabel 4.5. Harga  $C_F$  pada masing-masing kecepatan

No	Vs (knot)	Rn	$C_F$
1	9	447.1	0.00170
2	9	304.4	0.00177
3	9	208.6	0.00188

#### 4.3.7 Menghitung Tahanan Sisa

- Menghitung dan menentukan grafik pada rasio panjang dengan volume displasment dan koefisien prismatik.

$$\text{Formula : } \frac{L}{V^{1/3}}$$

(Harvald 5.5.17, *Tahanan dan Propulsi Kapal*, hal 120)

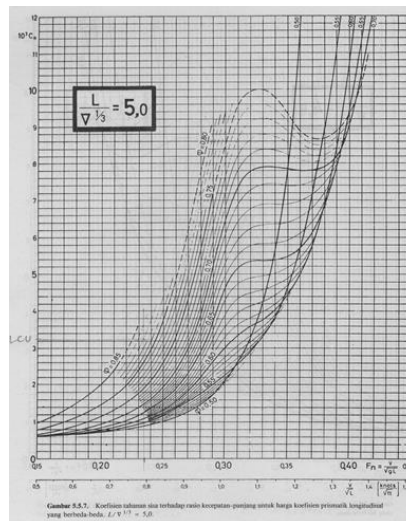
Dimana :

$$L_{wl} = 91.2 \text{ m}$$

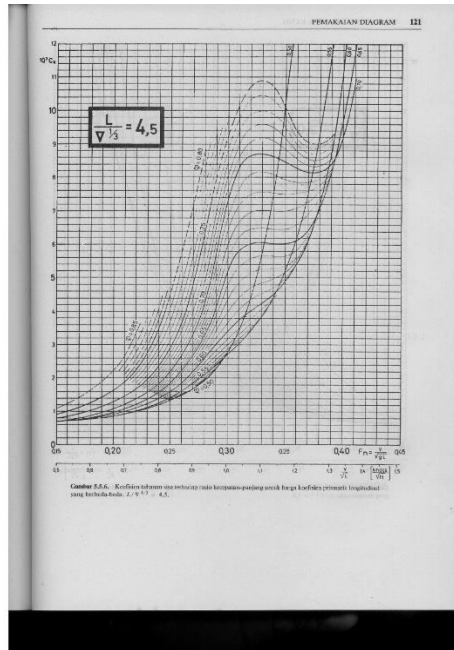
$$V = 7803 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } &= \frac{91.2}{\sqrt[3]{7803}} \\ &= 4.56 \end{aligned}$$

Grafik utama digambarkan untuk menyatakan kurva rata-rata  $C_R$  untuk rasio  $B/T = 2.3$  dan didapatkan nilai  $C_p$  kapal = 0,89 dari perhitungan diatas diperoleh nilai,  $\frac{L}{V^{1/3}} = 4.56$  sehingga dalam menentukan nilai  $C_R$  diperlukan interpolasi dengan grafik  $\frac{L}{V^{1/3}} = 4.5$  dan  $\frac{L}{V^{1/3}} = 5,0$  dan. Grafik tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2. Koefisien tahanan sisa terhadap ratio kecepatan-panjang untuk harga koefisien prismatic longitudinal yang berbeda-beda  $\frac{L}{V^{1/3}} = 5$



Gambar 4.3. Koefisien tahanan sisa terhadap ratio kecepatan-panjang untuk harga koefisien prismatik longitudinal yang berbeda-beda  $\frac{L}{v^{1/3}} = 4,5$

Dari pembacaan grafik didapatkan nilai  $C_R$  (*interpolasi*) sebagai berikut :

Tabel 4.6. Hasil tahanan sisa ( $C_R$ ) berdasarkan pembacaan grafik

No.	Kecepatan		$10^3 C_R$ pada	$10^3 C_R$ pada	$10^3 C_R$ pada
	(knot)	(m/s)	0.8	0.85	0.89
1	9	4.63	1.14	1.14	1.14
2	9	4.63	1.8	1.8	1.8
3	9	4.63	3.9	3.9	3.9

- Koreksi tahanan tambahan pada tahanan sisa

- a. Rasio B/T

Karena diagram tersebut dibuat berdasarkan rasio lebar – sarat  $B/T = 2.5$ , sedangkan nilai dari  $B/T = 2.3$ , maka harga  $C_R$  untuk kapal yang mempunyai rasio lebar-sarat lebih besar atau lebih kecil dari pada harga tersebut harus dikoreksi.

Rumus koreksi :

$$\text{Koreksi } B/T = 0.16 \times \left( \frac{B}{T} - 2.5 \right)$$



$$10^3 C_{R(\text{Koreksi})} = 10^3 \times C_{R(B/T-2.5)} + 0,16 \times \left(\frac{B}{T} - 2.5\right)$$

(Harvald 5.5.17, *Tahanan dan Propulsi Kapal*, hal 119)

Sehingga diperoleh harga  $10^3 C_R$  yang sudah terkoreksi sebagai berikut :

Tabel 4.7. Hasil koreksi tahanan sisa ( $C_R$ )

No	Vs (knot)	$10^3 C_{R(\text{standart})}$	$10^3 C_R$
1	9	0.603	1.747
2	9	0.197	1.993
3	9	0.399	4.299

b. Koreksi terhadap LCB

Posisi dari titik benam memanjang kapal akan mempengaruhi besarnya tahanan kapal, jika posisi dari LCB standart berada didepan dari LCB sebenarnya maka tidak dilakukan koreksi tetapi jika letak LCB sebenarnya berada didepan LCB standart maka akan meningkatkan harga tahanan kapal. Koreksi ini dilakukan untuk mengetahui penambahan dari  $C_R$  akibat dari penyimpangan letak LCB sebenarnya terhadap LCB standart.

$$\Delta LCB = LCB \text{ sebenarnya} - LCB \text{ standart}$$

(Harvald 5.5.18, *Tahanan dan Propulsi Kapal*, hal 130)

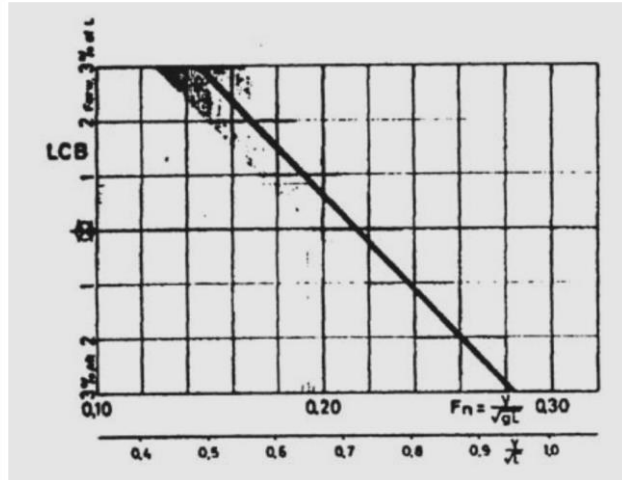
- LCB Sebenarnya

LCB sebenarnya didapatkan dari perhitungan pada Desain I Rencana Garis.

$$LCB \text{ Sebenarnya} = 1.86 \text{ m}$$

- LCB Standart

Pada metode ini terdapat LCB standart yang digunakan untuk menyatakan bahwa suatu kapal memiliki letak titik benam longitudinal yang dipandang sebagai letak yang terbaik dan memberikan tahanan yang kecil. LCB standart didapatkan dari pembacaan grafik. Sebagai berikut :



Gambar 4.4. LCB standart, letak longitudinal titik benam yang dipandang terbaik

Dimana :

$$Lwl = 91.2 \text{ m}$$

$$\text{LCB standart} = \text{LCB \%} \times Lwl$$

Sehingga didapatkan nilai LCB standart dari pembacaan diagram diatas dan penyimpangan LCB ( $\Delta\text{LCB}$ ), sebagai berikut :

Tabel 4.8. Hasil LCB standart dan  $\Delta\text{LCB}$

NO	VS (knots)	Fn	LCB Sebenarnya	LCB Standart	$\Delta\text{LCB}$
1	9	0.155	2.7	1.5	1.36
2	9	0.185	1.3	0.1	0.0639
3	9	0.227	1.7	0.1	0.0425

Keterangan : nilai  $\Delta\text{LCB}$  hanya berlaku untuk LCB yang berada di depan LCB standart. Mengenai LCB yang berada di belakang LCB standart “diabaikan”.

- Koreksi LCB

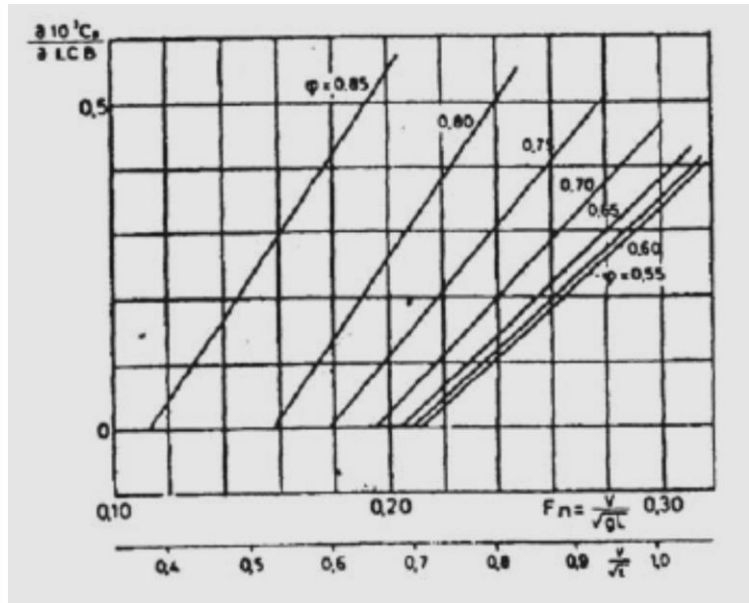
Karena LCB sebenarnya terletak didepan LCB standart, maka koreksi perhitungan LCB sebagai berikut :

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R(\text{standart})} + \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial \text{LCB}} | \Delta\text{LCB} |$$

(Harvald 5.5.19, Tahanan dan Propulsi Kapal, hal 130)

Dimana :

$\frac{\partial 10^3 C_R}{\partial \text{LCB}}$  = didapatkan dari diagram 5.5.16 Buku Tahanan dan Propulsi Kapal sesuai dengan nilai  $CP = 0,891$



Gambar 4.5. Koreksi koefisien tahanan sisa untuk LCB 1% didepan LCB standart

Sesuai dengan hasil  $\Delta$  LCB yang menyatakan bahwa LCB berlaku yang berada didepan LCB standart. Mengenai LCB yang berada dibelakang LCB standart “diabaikan”. Sehingga dari perhitungan diatas hanya diperoleh dua data kecepatan, Dari hasil perhitungan diketahui tahanan sisa ( $R_R$ ) yang sudah terkoreksi terhadap LCB sebagai berikut :

Tabel 4.9. Nilai tahanan sisa ( $C_R$ ) setelah dikoreksi pada masing - masing kecepatan

No	$V_s$ (knot)	$F_n$	$10^3 C_R$ (B/T)	$\Delta LCB$	$\frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB}$	$10^3 C_R$	$C_R$
1	9	0.155	0.603	1.36	0.28	0.0007	0.002131
2	9	0.185	0.197	0.063	0.44	0.0007	0.002021
3	9	0.227	0.399	0.042	0.6	0.0007	0.004325

#### 4.3.8 Menghitung Koefisien Tahanan Tambahan

Terdapat dua cara dalam penentuan harga  $C_A$ , yaitu dengan menggunakan  $L$  (panjang kapal) atau displacement kapal.

(Harvald 5.5.23, Tahanan dan Propulsi Kapal, hal 132)

Tabel 4.10. Harga  $C_A$ 

Harga L	$10^3 C_A$
$\leq 100$ m	0,4
150 m	0,2
200 m	0
250 m	-0,2
$\geq 300$ m	-0,3

Dalam hal ini, digunakan L ( panjang kapal ) sebagai cara mendapatkan koefisien tahanan tambahan (  $C_A$  ).

Tabel 4.11. Interpolasi  $C_A$ 

Lwl	$10^3 C_A$
50	0.6
91.2	$10^3 C_A$
100	0.4

$$\text{Interpolasi} = \frac{(91.2-50)}{(100-50)} = \frac{(10^3 C_A - 0.4)}{(0.6-0.4)}$$

$$10^3 C_A = 0.44$$

$$C_A = 0.00044 \text{ (kapal 1)}$$

$$10^3 C_A = 0.54$$

$$C_A = 0.00054 \text{ (kapal 2)}$$

$$10^3 C_A = 0.63$$

$$C_A = 0.00694 \text{ (kapal 3)}$$

#### 4.3.9 Menghitung Koefisien Tahanan Udara dan Kemudi

Koefisien tahanan udara :

$$10^3 C_{AA} = 0,07$$

$$C_{AA} = 0,00007$$

(Harvald 5.5.26, Tahanan dan Propulsi Kapal, hal 132)

Koefisien tahanan kemudi :

$$10^3 C_{AS} = 0,04$$

$$C_{AS} = 0,00004$$

(Harvald 5.5.27, Tahanan dan Propulsi Kapal, hal 132)

#### 4.3.10 Menghitung Tahanan Total Kapal

Perhitungan tahanan total sesuai dengan Metode Halvard dan Guldhammer, yaitu rumusnya sebagai berikut :

$$R_T = \frac{1}{2} \times \rho \times C_T \times S \times V^2$$

(Harvald 5.5.29, Tahanan dan Propulsi Kapal, hal 133)

Dimana :

$\rho$  : massa jenis air laut  
= 1,025 ton/m<sup>3</sup>

$C_T$  : koefisien tahanan  
=  $C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS}$

$S$  : luas permukaan basah kapal  
= 2592 m<sup>2</sup> (**kapal 1**)

$V$  : kecepatan kapal (m/s)  
= 9 knot

Dari hasil perhitungan diketahui koefisien tahanan total ( $C_T$ ) sebagai berikut :

Tabel 4.12. Koefisien tahanan total ( $C_T$ ) pada masing – masing kecepatan

No	Vs (knot)	F <sub>n</sub>	C <sub>F</sub>	C <sub>R</sub>	C <sub>A</sub>	C <sub>AA</sub>	C <sub>AS</sub>	C <sub>T</sub>
1	9	0.155	0.0017	0.000081	0.00044	0.00007	0.00004	0.00423
2	9	0.185	0.00178	0.002021	0.00054	0.00007	0.00004	0.00445
3	9	0.227	0.00188	0.004325	0.00063	0.00007	0.00004	0.00694

Dari hasil perhitungan diketahui tahanan total ( $R_T$ ) adalah sebagai berikut :

Tabel 4.13. Tahanan total kapal ( $R_T$ ) pada masing – masing kecepatan service kapal

No	Vs (knot)	Vs (m/s)	RT (kN)
1	9	4.62	64.597
2	9	4.62	26.028
3	9	4.62	24.7420

Dalam hal ini tahanan total masih dalam pelayaran percobaan, untuk kondisi rata-rata pelayaran dinas yang sudah ditentukan bahwa rute kapal adalah Surabaya – bawean. Dari kondisi karakteristik daerah pelayaran dinas kapal ini maka tidak diambil harga tambahan untuk jalur pelayaran Asia Timur yaitu 15% - 20. hasil dari RT dibagi 2 dikarenakan untuk kapal tongkang yang dikonversi menggunakan dual engine

#### 4.4 PERHITUNGAN MAIN ENGINE

Setelah mengetahui tahanan total dari kapal, masalah selanjutnya adalah bagaimana memperoleh daya yang akan digunakan untuk menggerakkan kapal sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Oleh karena itu maka langkah selanjutnya adalah menentukan daya motor yang dibutuhkan.

##### 4.4.1 Perhitungan koefisien propulsi

###### a. Efisiensi lambung ( $\eta_{hull}$ )

Untuk menghitung efisiensi lambung, dapat digunakan rumus

$$\begin{aligned}\eta_{hull} &= (1 - t) / (1 - w) \\ &= 1.136\end{aligned}$$

Dimana :

t = faktor trust deduction

w = wake fractional

Yang mana dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}w &= 0,5 \times C_b - 0,05 \\ &= 0.3125\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t &= k \times w & k &= 0.7 - 0.9 \\ &= 0.7 \times 0.3125 \\ &= 0.219\end{aligned}$$

###### b. Efisiensi propeller ( $\eta_o$ )

Perhitungan ini merupakan efisiensi propeller pada kondisi open water. Nilai dari efisiensi propeller pada open water tes biasanya berkisar antara 40%-70%. Dalam perencanaan ini diambil 53 %.

$$\eta_o = \quad \mathbf{53.0 \%}$$

###### c. Efisiensi relative rotatif ( $\eta_{rr}$ )

Nilai  $\eta_{rr}$  untuk kapaldengan tipe single screw, berkisar antara 1,0–1,1. (Principal of Naval Architecture hal 152 ) untuk perencanaan ini diambil: 1,0

$$\eta_{rr} = \mathbf{1.0}$$

(Edwar V. Lewis. Principles of Naval Architecture. Hal 152)

d. Koefisien Propulsi (PC) adalah nilai koefisien yang mana diperoleh dari perkalian antara efisiensi lambung, efisiensi relative rotatif, dan efisiensi propeler.

$$\begin{aligned} PC &= \eta_{\text{hull}} \times \eta_{\text{p}} \times \eta_{\text{rr}} \\ &= 0.6014 \quad (\text{Edwar V. Lewis. Principles of Naval Architecture. Hal 152}) \end{aligned}$$

#### 4.4.2 Effective Horse Power

Effective Horse Power adalah daya efektif yang harus dicapai agar kapal dapat digerakkan sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Perhitungan effective horse power untuk kapal SPOB ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= RT_{\text{dinas}} \times V_s \\ &= 64.60 \text{ KN} \times 4.6296 \text{ m/s} \\ &= 299.1 \text{ kW} \\ &= 401.0 \text{ HP} \quad (\text{kapal 1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= RT_{\text{dinas}} \times V_s \\ &= 26.03 \text{ KN} \times 4.6296 \text{ m/s} \\ &= 120.5 \text{ kW} \\ &= 161.6 \text{ HP} \quad (\text{kapal 2}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= RT_{\text{dinas}} \times V_s \\ &= 24.74 \text{ KN} \times 4.6296 \text{ m/s} \\ &= 114.5 \text{ kW} \\ &= 153.6 \text{ HP} \quad (\text{kapal 3}) \end{aligned}$$

#### 4.4.3 Delivery Horse Power

Delivery Horse Power adalah power yang didistribusikan dari main engine ke propeller. Power pada shaft propeller atau DHP dapat dihitung dari pembagian antara EHP dengan koefisien propulsi.

$$\begin{aligned} \text{DHP} &= \text{EHP}/PC \\ &= 497.2 \text{ kW} \\ &= 666.8 \text{ HP} \quad (\text{kapal 1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DHP} &= \text{EHP}/PC \\ &= 210.9 \text{ kW} \\ &= 282.9 \text{ HP} \quad (\text{kapal 2}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DHP} &= \text{EHP}/PC \\ &= 190.5 \text{ kW} \\ &= 255.4 \text{ HP} \quad (\text{kapal 3}) \end{aligned}$$

#### 4.4.5 Menghitung Daya Poros Baling-baling (SHP)

Diasumsikan nilai efisiensi shaft = 0,98

$$\text{SHP} = \text{DHP}/\eta_{\text{sb}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 497.2 \text{ kW} \\
 &= 666.8 \text{ HP} \quad (\text{kapal 1}) \\
 \text{SHP} &= \text{DHP}/\eta_{\text{sqb}} \\
 &= 216.23 \text{ kW} \\
 &= 289.96 \text{ HP} \quad (\text{kapal 2}) \\
 \text{SHP} &= \text{DHP}/\eta_{\text{sqb}} \\
 &= 193.37 \text{ kW} \\
 &= 259.31 \text{ HP} \quad (\text{kapal 3})
 \end{aligned}$$

#### 4.4.6 Perhitungan Engine Brake Horse power (BHP)

Karena direncanakan menggunakan mesin medium speed diesel. Maka , dalam perhitungan menggunakan efisiensi gearbox dengan nilai 0,98

$$\begin{aligned}
 \text{BHP}_{\text{mcr}} &= \text{SHP}/\eta_{\text{G}} \\
 &= 517.74 \quad \text{kW} \\
 &= 694.30 \quad \text{HP} \quad (\text{kapal 1}) \\
 \text{BHP}_{\text{mcr}} &= \text{SHP}/\eta_{\text{G}} \\
 &= 219.543 \quad \text{kW} \\
 &= 294.412 \quad \text{HP} \quad (\text{kapal 2}) \\
 \text{BHP}_{\text{mcr}} &= \text{SHP}/\eta_{\text{G}} \\
 &= 196.339 \quad \text{kW} \\
 &= 263.295 \quad \text{HP} \quad (\text{kapal 3})
 \end{aligned}$$

#### 4.4.7 Perhitungan Engine Brake Horse power (BHP) kondisi MCR

Karena engine yang dikeluarkan pabrik lama lama akan menurun dari 100% naka untuk mesin digunakan pemilihan BHP MCR.mcr yang digunakan 85%

$$\begin{aligned}
 \text{BHP mcr} &= \text{BHP scr} / \text{Mcr} \\
 \text{BHP mcr} &= 605.558 \quad \text{KW} \\
 &= 812.1 \quad \text{HP} \quad (\text{kapal 1}) \\
 \text{BHP mcr} &= \text{BHP scr} / \text{Mcr} \\
 \text{BHP mcr} &= 256.778 \quad \text{KW} \\
 &= 344.3 \quad \text{HP} \quad (\text{kapal 2}) \\
 \text{BHP mcr} &= \text{BHP scr} / \text{Mcr} \\
 \text{BHP mcr} &= 229.639 \quad \text{KW} \\
 &= 308.0 \quad \text{HP} \quad (\text{kapal 3})
 \end{aligned}$$

#### 4.4.8 Pemilihan main engine

Setelah melakukan perhitungan sesuai dengan urutan diatas, maka dapat dicari daya yang dibutuhkan oleh kapal. Sehingga engine dengan daya tertentu juga dapat dicari. Engine yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:



Data	Kapal 1	Kapal 2	Kapal 3	Ket
Merk	<b>Yanmar</b>	<b>Dong Feng</b>	<b>Waichai</b>	
Tipe	6AYM-WET	G128 ZLCA4	WD10C 3	
Cycle	4 Stroke	4 Stoke	4 Stroke	
Daya Max	610	257	230	kW
	818.0	344.64	308.43	HP
Jmlh silinder	6	6	6	
Piston Stroke	180	150	130	mm
Bore	155	135	126	mm
Putaran	1900	1800	1800	rpm
SFOC	207	197	195	g/kW h
<b>Gear Box :</b>				
Merk	<b>REINJEET S</b>	<b>ZF</b>	<b>ZF</b>	Ket
Tipe	LAF 5645	ZF W325	ZF W350	
KW input	610	276	239	KW
BHP input	818	370	320	HP
RPM input	1900	1800	1800	RPM
Ratio	6.95	4.409	6.409	

Tabel 4.14 Katalog Main Engine dan Gear Box

#### 4.5 Perhitungan Consumable dan LWT

Setelah mengetahui tahanan total dari kapal, maka selanjutnya adalah tahap menghitung sarat kapal muatan kosong. Yang dimaksud dari sarat kapal muatan kosong adalah sarat kapal terkecil dimana kapal tidak memiliki muatan sama sekali. Hal ini dihitung agar didapatkan sarat tertentu yang dimana sarat tersebut nantinya

akan menjadi patokan dalam memilih diameter propeller. Hal terpenting dalam pemilihan propeller adalah dimana propeller yang dipilih harus selalu tercelup dalam air seluruhnya dalam setiap kondisi pelayaran kapal. Jika propeller tidak tercelup seluruhnya maka daya dorong (thrust) yang dihasilkan akan berkurang dan propeller dapat mengalami kerusakan karena saat propeller yang tidak tercelup berputar maka propeller mendapat gaya hentakan saat memasuki air yang dapat mengakibatkan retak atau bahkan patahnya daun propeller.

##### 4.5.1 Berat Bahan Bakar Mesin Utama

$$\begin{aligned}
 W_{fo} &= \text{BHP}_{me} * b_{me} * (S/V_s) * 10^{-6} * C \\
 &= 0.63 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 \text{BHPme} &= 230 \text{ kW} \quad (\text{kapal 3}) \\
 \text{bme} &= 195 \text{ g/kWh SFOC} \\
 \text{Endurance} &= 10 \text{ hours} \\
 \text{C} &= 1.4
 \end{aligned}$$

#### 4.5.2 Berat Bahan Bakar Mesin Bantu

$$\begin{aligned}
 \text{Wfb} &= 0,2 * \text{Wfo} \\
 &= 0.1256 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

#### 4.5.3 Berat Minyak Pelumas

$$\begin{aligned}
 \text{Wlo} &= \text{BHPme} * \text{blo} * \text{Endurance} * 10^{-6} * \text{C} \\
 &= 0.006 \text{ Ton} \\
 \text{Dimana :} \\
 \text{BHPme} &= 230 \text{ kW} \\
 \text{blo} &= 1.6 \quad (\text{LOC} = 1.2 - 1.6 \text{ gr/bhph}) \\
 \text{Endurance} &= 384 \text{ hours} \\
 \text{C} &= 1.5
 \end{aligned}$$

#### 4.5.4 Berat Fresh Water

##### 1. Air Minum

$$\begin{aligned}
 \text{AM} &= (((10-20) * \text{Total Crew} * \text{Endurance})) \\
 &= 900 \text{ kg} \\
 &= 0.9 \text{ Ton} \quad (\text{untuk 1 trip pelayaran})
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 \text{Endurance} &= 10 \text{ hours} \\
 \text{Total crew} &= 6
 \end{aligned}$$

##### 2. Air Sanitari

$$\begin{aligned}
 \text{AS} &= (((80-200) * \text{Total Crew} * \text{Endurance})) \\
 &= 63360 \text{ kg} \\
 &= 3.6 \text{ Ton} \quad (\text{untuk 1 trip pelayaran})
 \end{aligned}$$

##### 3. Air Pendingin Mesin

$$\begin{aligned}
 \text{AP} &= \text{BHPme} * 5 * (\text{Endurance}) / 1000 \\
 &= 9200 \text{ kg} \\
 &= 0.01 \text{ Ton} \quad (\text{untuk 1 trip pelayaran})
 \end{aligned}$$

##### 4. Total Berat Fresh Water

$$\begin{aligned}
 \text{Total(FW)} &= \text{AM} + \text{AS} + \text{AP} \\
 &= 4510 \text{ kg} \\
 &= 4.51 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

#### 4.5.5 Berat Bahan Makanan

$$\begin{aligned} W_p &= (5 * \text{Total Crew} * \text{Endurance}) \\ &= 300 \quad \text{kg} \\ &= 0.3 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

#### 4.5.6 Berat Crew dan Barang Bawaan

$$\begin{aligned} W_{cp} &= (\text{Crew} + \text{Bawaan}) * \text{Total Crew} \\ &= 600 \quad \text{kg} \\ &= 0.6 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{Crew} &= 80 \quad \text{kg/Crew} \\ \text{Bawaan} &= 20 \quad \text{kg/Crew} \end{aligned}$$

#### 4.5.7 Berat Cadangan

$$\begin{aligned} W_r &= (0.5-1.5)\% * V_{disp} \quad (\text{diambil } 1.5\% * V_{disp}) \\ &= 16.34 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

#### 4.5.8 Berat Consumable

$$\begin{aligned} W_t &= W_{fo} + W_{fb} + W_{lo} + W_{fw} + W_p + W_{cp} + W_r \\ &= 22.51 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

#### 4.5.9 Berat Baja Kapal

$$E = L_{pp} * (B+T) + 0.85 * L_{pp} * (H-T) + 0.85 ((L_1 * h_1) + 0.75 (L_2 * h_2))$$

$$= 673.914 \quad \text{m}^2$$

$$\begin{aligned} W_{st} &= K * E^{1.36} \\ &= 224.164 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

Dimana :

L1	=	Panjang Forecastle Deck	2.5	m
h1	=	Tinggi Forecastle Deck	2	m
L2	=	Panjang Poopdeck	10.80	m
h2	=	Tinggi Bangunan Atas	9	m
K	=	0.032 ± 0.003	0.032	

#### 4.5.10 Berat Outfit dan Akomodasi

$$\begin{aligned} W_{oa} &= 0.4 * L_{pp} * B \\ &= 190.164 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

#### 4.5.11 Berat Instalasi Permesinan

$$\begin{aligned} W_{mt} &= 0.72 * \text{BHP}_{mcr}^{0.78} \\ &= 50.06 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

**4.5.12 Berat Cadangan**

$$\begin{aligned} W_{res} &= 2\% * (W_{st} + W_{oa} + W_{mt}) \\ &= 13.94 \text{ Ton} \end{aligned}$$

**4.5.13 Berat LWT**

$$\begin{aligned} W_c &= W_{st} + W_{oa} + W_{mt} + W_{res} \\ &= 478.64 \text{ Ton} \end{aligned}$$

**4.5.14 Perhitungan DWT**

$$\begin{aligned} DWT &= \text{Berat Disp} - W_c \\ &= 610.77 \text{ Ton} \end{aligned}$$

**4.5.15 Perhitungan Payload**

$$\begin{aligned} \text{Payload} &= DWT - W_t \\ &= 588.26 \text{ Ton} \end{aligned}$$

**4.6 Perhitungan Sarat Kosong****4.6.1 Perhitungan Displacement**

Tabel 4.15 Voume Displ sesuai tinggi LWL

LUASAN KAPAL SETIAP WL				
WL (m)	0,5A	A	FS	A * FS
0	170.235	340.47	1	340.47
0.407	202.145	404.29	4	1617.16
0.813	213.073	426.146	2	852.292
1.22	221.493	442.986	4	1771.944
1.627	227.556	455.112	2	910.224
2.033	233.204	466.408	4	1865.632
2.44	238.248	476.496	1	476.496
			$\Sigma A * FS =$	7834.218

Tabel 4.16 Voume Displ sesuai tinggi LWL

V WL 0m - 0.813 m =	323.398944	
V WL 0.813-1.627 m =	359.9510713	
V WL 1.627-2.44 m =	379.492	
V WL 0m - 0.813 m =	323.398944	
V WL 0m - 1.627 m =	683.3500153	
V WL 0m - 2.44 m =	1062.842242	
V WL 0m - 2.44 m =	1062.842242	
V Displ =	1062.842242	m <sup>3</sup>
$\Delta$ =	1089.413298	Ton

#### 4.6.2 Perhitungan Tinggi Sarat Kosong

Tinggi Sarat Kosong

Perhitungan sarat kosong menggunakan persamaan interpolasi

Dimana:

$$\begin{aligned} W \text{ sarat kosong} &= LWT + \text{Ballast} + W_t \\ &= 4256 \quad \text{m}^3 \\ &= 4152.88 \quad \text{Ton} \quad (\text{kapal 1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ sarat kosong} &= LWT + \text{Ballast} + W_t \\ &= 1279.70 \quad \text{m}^3 \\ &= 1311.69 \quad \text{Ton} \quad (\text{kapal 2}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ sarat kosong} &= LWT + \text{Ballast} + W_t \\ &= 719.03 \quad \text{m}^3 \\ &= 701.497068 \quad \text{Ton} \quad (\text{kapal 3}) \end{aligned}$$

Tabel 4.17 Persamaan Interpolasi

T(m)	$\Delta$ (Ton)
x	y
0.81	331.48
Tx	719.03
1.63	700.43

(kapal 1)

T(m)	$\Delta$ (Ton)
x	y
1.10	668.73
T <sub>x</sub>	1311.69
2.20	1385.88

**(kapal 2)**

T(m)	$\Delta$ (Ton)
x	y
1.33	2309.88
T <sub>x</sub>	4256.70
2.66	4931.70

**(kapal 3)**

Dengan persamaan interpolasi didapat rumus:

$$\frac{(T_x - x_1)}{(x_3 - x_1)} = \frac{(y_2 - y_1)}{(y_3 - y_1)}$$

Jadi didapat perhitungan:

$$T_x = 2.315 \text{ meter (kapal 1)}$$

$$T_x = 2.086 \text{ meter (kapal 2)}$$

$$T_x = 1.668 \text{ meter (kapal 3)}$$

## 4.7 Pemilihan Propeller

### 4.7.1 Menghitung Daya Berdasarkan Engine

#### 1 BHP mcr

Menghitung Daya berdasarkan Engine yang telah dipilih

$BHP_{mcr} = BHP_{mcr} \times M_{cr}$  (Yang dimana  $M_{cr}$  mengambil 85%.)

$$BHP_{mcr} = 196 \text{ kW (kapal 3)}$$

#### 2 SHP

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, rumus SHP adalah sebagai berikut :

$$BHP_{mcr} = \frac{SHP}{\eta_G} \quad \eta_G = 98\%$$

$$SHP = BHP_{mcr} \times \eta_G$$

$$= 191.59 \text{ kW}$$

#### 3 DHP

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, rumus DHP adalah sebagai berikut :

$$SHP = \frac{DHP}{\eta_B} \quad \eta_B = 98\%$$

$$DHP = SHP \times \eta_B$$

$$= 187.758 \text{ kW}$$

#### 4.7.2 Perhitungan BP

##### 1 N Operasional

$$N_2 = \frac{(P_2 * (N_1^3))}{P_1}^{(1/3)}$$

1711 RPM

Dimana :

P1 = 230	kW	- Daya Mesin Katalog
P2 = 229.639	kW	- Daya Mesin Operasional
N1 = 1800	Rpm	- Kec Putaran Mesin Katalog

##### 2 N Propeller

$$N_{pr} = N_2 / \text{Ratio Gearbox}$$

= 267.08 RPM

##### 3 Menghitung Speed of Advance

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

= 4.951 m/s  
= 6.21 Knot

Dimana :

w =	Wake Friction
	0.3125
Vs =	7.202 m/s

##### 4 Menghitung BP1

$$BP_1 = \frac{(N_{pr} * (DHP^{0,5}))}{(V_a^{2,5})}$$

= 36.2147

$$0.1739 \times \sqrt{BP_1} = 1.047$$

Dimana :

Tk =	Tinggi Sarat Kosong
	= 1.668 m
D <sub>pr</sub> =	Diameter Propeller
	= 1.49 m      1 m = 3.28 Ft

DHP =	Shaft Horse Power
	= 196 kW
	= 187.758 HP

Jarak poros propeller ke sarat

h =	1.668 m
-----	---------

Tahanan Kapal Roug Hull

RT =	24.74 kN
------	----------

trust deduction factor

t =	0.217
-----	-------

### 4.7.3 Penerimaan Tipe Propeller

Tabel 4.18 Penerimaan tipe Propeller

Type Propeller	0.1739 $\sqrt{BP1}$	P/Do	1/Jo	$\delta o$	Do (Ft)	Db (Ft)	Dmax (Ft)	Db < Dmax	Db (m)
B3 - 35	1.047	0.695	2.290	231.9	5.39	5.18	5.473	Accept	1.58
B3 - 50	1.047	0.690	2.290	231.9	5.39	5.18	5.473	Accept	1.58
B3 - 65	1.047	0.740	2.220	224.8	5.23	5.02	5.473	Accept	1.53
B3 - 80	1.047	0.790	2.140	216.7	5.04	4.84	5.473	Accept	1.47
B4 - 40	1.047	0.735	2.180	220.8	5.13	4.93	5.473	Accept	1.50
B4 - 55	1.047	0.730	2.200	222.8	5.18	4.97	5.473	Accept	1.52
B4 - 70	1.047	0.755	2.160	218.7	5.09	4.88	5.473	Accept	1.49
B4 - 85	1.047	0.800	2.100	212.7	4.94	4.75	5.473	Accept	1.45
B4 - 100	1.047	0.860	2.030	205.6	4.78	4.59	5.473	Accept	1.40
B5 - 45	1.047	0.785	2.080	210.6	4.90	4.70	5.473	Accept	1.43
B5 - 60	1.047	0.765	2.110	213.7	4.97	4.77	5.473	Accept	1.45
B5 - 75	1.047	0.780	2.100	212.7	4.94	4.75	5.473	Accept	1.45
Type Propeller	0.1739 $\sqrt{BP1}$	P/Do	1/Jo	$\delta o$	Do (Ft)	Db (Ft)	Dmax (Ft)	Db < Dmax	Db (m)
B5 - 90	1.047	0.815	2.050	207.6	4.83	4.63	5.473	Accept	1.41
B5 - 105	1.047	0.860	2.000	202.5	4.71	4.52	5.473	Accept	1.38
B6 - 50	1.047	0.840	2.010	203.5	4.73	4.54	5.473	Accept	1.38
B6 - 65	1.047	0.820	2.040	206.6	4.80	4.61	5.473	Accept	1.41
B6 - 80	1.047	0.820	2.040	206.6	4.80	4.61	5.473	Accept	1.41
B6 - 100	1.047	0.845	2.000	202.5	4.71	4.52	5.473	Accept	1.38

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

Maka langkah selanjutnya adalah mendapatkan nilai dari  $\delta b$  dengan persamaan :

$$\Delta b = (Db \times N) / Va$$

$$1/Jb = 0.009875 \times \delta b$$

Lalu dengan memotongkan nilai 1/Jb dengan optimum line maka akan didapatkan nilai dari P/Db dan  $\eta o$ . Dimana nilai ini akan digunakan pada pemilihan propeller yang diameternya memenuhi.

Tabel 4.19 Nilai 1/Jb

Type Propeller	$\delta b$	1/Jb	P/Db	$\eta b$
B3 - 35	222.62	2.198	0.695	0.594
B3 - 50	222.62	2.198	0.690	0.578
B3 - 65	215.82	2.131	0.740	0.550
B3 - 80	208.04	2.054	0.790	0.532
B4 - 40	211.93	2.093	0.735	0.574
B4 - 55	213.87	2.112	0.730	0.569
B4 - 70	209.985	2.074	0.755	0.560
B4 - 85	204.15	2.016	0.800	0.545
B4 - 100	197.35	1.949	0.860	0.531
B5 - 45	202.21	1.997	0.785	0.560



B5 - 60	205.12	2.026	0.765	0.562
B5 - 75	204.15	2.016	0.780	0.560
B5 - 90	199.29	1.968	0.815	0.550
B5 - 105	194.43	1.920	0.860	0.536
B6 - 50	195.40	1.930	0.840	0.550
B6 - 65	198.32	1.958	0.820	0.555
B6 - 80	198.32	1.958	0.820	0.532
B6 - 100	194.43	1.920	0.845	0.494

Tabel 4.20 Nilai Kavitas

Type Propeller	Ae/Ao	Ao (ft2)	Ao or Ad (ft2)	Ap (ft2)	Ap(m2)	Vr2
B3 - 35	0.35	21.03	7.36	6.68	0.62	248.49
B3 - 50	0.50	21.03	10.52	9.56	0.89	248.49
B3 - 65	0.65	19.77	12.85	11.53	1.07	234.15
B3 - 80	0.80	18.37	14.69	13.02	1.21	218.30
B4 - 40	0.40	19.06	7.62	6.85	0.64	226.15
B4 - 55	0.55	19.41	10.68	9.61	0.89	230.13
B4 - 70	0.70	18.71	13.10	11.71	1.09	222.21
B4 - 85	0.85	17.69	15.03	13.29	1.23	210.59
B4 - 100	1.00	16.53	16.53	14.38	1.34	197.46
B5 - 45	0.45	17.35	7.81	6.93	0.64	206.79
B5 - 60	0.60	17.86	10.71	9.55	0.89	212.51
B5 - 75	0.75	17.69	13.27	11.78	1.09	210.59
B5 - 90	0.90	16.86	15.17	13.35	1.24	201.16
B5 - 105	1.05	16.04	16.85	14.66	1.36	191.96
B6 - 50	0.50	16.20	8.10	7.09	0.66	193.78
B6 - 65	0.65	16.69	10.85	9.54	0.89	199.31
B6 - 80	0.80	16.69	13.35	11.74	1.09	199.31
B6 - 100	1.00	16.04	16.04	14.01	1.30	191.96

Tabel 4.21 Nilai Kavitas

Thrust	Tc Hitungan	$\sigma_{0.7R}$	Tc Burril	Cavitation
31.60	0.13	0.21	0.10	YES
31.60	0.09	0.21	0.10	NO
31.60	0.08	0.22	0.11	NO
31.60	0.08	0.23	0.11	NO
31.60	0.14	0.22	0.11	YES
31.60	0.10	0.22	0.11	NO
31.60	0.08	0.23	0.11	NO

31.60	0.08	0.23	0.11	NO
31.60	0.08	0.24	0.12	NO
31.60	0.15	0.23	0.11	YES
31.60	0.11	0.23	0.11	NO
31.60	0.09	0.23	0.11	NO
31.60	0.08	0.24	0.12	NO
31.60	0.08	0.24	0.12	NO
31.60	0.16	0.24	0.12	YES
31.60	0.11	0.24	0.12	NO
31.60	0.09	0.24	0.12	NO
31.60	0.08	0.24	0.12	NO

#### 4.7.4 Kesimpulan Pemilihan Propeller

Tabel 4.22 Pemilihan Propeller

Propeller yang dipilih				
Type Propeller	Diameter (m)	N (Rpm)	P/Db	$\eta_b$
B4 - 70	1.49	267.1	0.755	0.560

Setelah didapatkan efisiensi propeller ( $\eta$ ) maka perlu dilakukan perhitungan ulang DHP, SHP, dan BHP karena memiliki koefisien propulsif yang berbeda nilai BHP mcr < BHP Engine (kW)

Tabel 4.23 Hasil Pemilihan Propeller

EHP =	114.55	kW
$\eta_b$ =	0.560	
$\eta_h$ =	1.13	
PC =	0.70	
DHP =	163.86	kW
SHP =	167.21	
BHP =	170.62	kW
BHP Engine =	230	kW
KET:	ACCEPT	

(kapal 3)

Tabel 4.24 Hasil Pemilihan Propeller

Propeller yang dipilih				
Type Propeller	Diameter (m)	N (Rpm)	P/Db	$\eta_b$
B3 - 65	2.00	260.0	0.660	0.482

Tabel 4.25 Hasil Pemilihan Propeller

EHP =	299.06	kW
$\eta_b$ =	0.482	
$\eta_h$ =	1.13	
PC =	0.60	
DHP =	497.06	kW
SHP =	507.20	
BHP =	517.55	kW
<b>BHP Engine =</b>	<b>610</b>	kW
KET :	ACCEPT	

(kapal 3)

## 4.8 Engine Propeller Matching

### 4.8.1 Menghitung Koefisien $\alpha$ dan $\beta$

Langkah awal dalam perhitungan Engine Propeller Matching adalah mencari nilai  $\beta$  pada variasi kecepatan dengan rumus  $(0.5 Ct S) / \{(1-t)(1-w)^2 D^2\}$ . Untuk perhitungan beta ini penulis mencari dua jenis  $\beta$  yakni  $\beta_{trial}$  dan  $\beta_{service}$ . koefisien  $\alpha$  pada perhitungan kali ini adalah  $(0.5 \times CT \times S \times \rho)$  berdasarkan rumus tahanan total kapal dengan metode Harvland

$$RT = 0.5 \times CT \times S \times \rho \times Vs^2$$

$$RT = \alpha \times Vs^2$$

$$\alpha = RT / Vs^2$$

$$\beta = \alpha / (1-t)((1-w)^2 \rho (D^2))$$

Tabel 4.26 koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$ 

Vs (Knots)	Vs (m/s)	$\alpha$ Trial	$\alpha$ Service	$\beta$ Trial	$\beta$ Service
6	3.0864	2.30	2.758	1.4994	1.7993
7	3.6008	2.32	2.779	1.5104	1.8124
8	4.1152	2.41	2.893	1.5727	1.8873
9	4.6296	2.51	3.014	1.6382	1.9659
10	5.1440	2.57	3.089	1.6789	2.0147

(kapal 1)

Vs (Knots)	Vs (m/s)	$\alpha$ Trial	$\alpha$ Service	$\beta$ Trial	$\beta$ Service
6	3.0864	0.88	1.055	1.4156	1.6987
7	3.6008	0.88	1.054	1.4139	1.6967
8	4.1152	0.92	1.103	1.4792	1.7750
9	4.6296	1.01	1.214	1.6290	1.9548
10	5.1440	1.14	1.369	1.8362	2.2034

(kapal 2)

Vs (Knots)	Vs (m/s)	$\alpha$ Trial	$\alpha$ Service	$\beta$ Trial	$\beta$ Service
6	3.0864	0.61	0.737	0.6867	0.8241
7	3.6008	0.66	0.790	0.7363	0.8836
8	4.1152	0.77	0.924	0.8619	1.0342
9	4.6296	0.96	1.154	1.0762	1.2914
10	5.1440	1.30	1.564	1.4579	1.7494

**(kapal 3)**

#### 4.8.2 Perhitungan $K_T$

Selanjutnya adalah perhitungan dan penggambaran  $K_T$ . Dimana diagram ini akan berguna untuk mencari nilai  $K_T$  pada variasi kecepatan tertentu. Kondisi trial dan kondisi service tetap digunakan dalam mencari  $K_T$ .

##### A. Diagram KQ KT J

Setelah mengetahui diagram  $K_T$  pada variasi kecepatan tertentu selanjutnya membuat diagram KQ KT J. Pada Engine Propeller Matching, dikatakan match jika diagram  $K_T$  memotong kurva KT yang akan digambar pada bagian ini. Didapatlah table dan kurva sebagai berikut:

Tabel 4.27 Diagram KT KQ J

#### **INPUT DIAGRAM OPEN WATER TEST (Kapal 1)**

3

BLADE

$$P/Db = 0.66$$

$$Ae/Ao = 0.65$$

J	KT	KQ	$\eta_o$	10*KQ
0	0.260	0.028	0	0.560
0.1	0.230	0.025	0.140	0.500
0.2	0.190	0.022	0.280	0.440
0.3	0.160	0.018	0.410	0.360
0.4	0.120	0.015	0.519	0.300
0.5	0.080	0.011	0.550	0.220
0.6	0.037	0.008	0.490	0.158
0.7	0.000	0.004	0.000	0.078
0.8	0.000	0.000	0.000	0.000
0.9	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.000	

Tabel 4.28 Diagram KT KQ J  
**INPUT DIAGRAM OPEN WATER TEST (Kapal 2)**

3 BLADES

$$P/Db = 0.647$$

$$Ae/Ao = 0.65$$

J	KT	KQ	$\eta_o$	10*KQ
0	0.176	0.017	0	0.330
0.1	0.159	0.014	0.091	0.288
0.2	0.140	0.012	0.177	0.246
0.3	0.119	0.010	0.256	0.200
0.4	0.096	0.008	0.315	0.152
0.5	0.073	0.005	0.343	0.102
0.6	0.050	0.004	0.031	0.084
0.7	0.025	0.003	0.000	0.060
0.8	0.000	0.002	0.000	0.030
0.9	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.000	

Tabel 4.29 Diagram KT KQ J  
**INPUT DIAGRAM OPEN WATER TEST (Kapal 3)**

4

BLADE

$$P/Db = 0.755$$

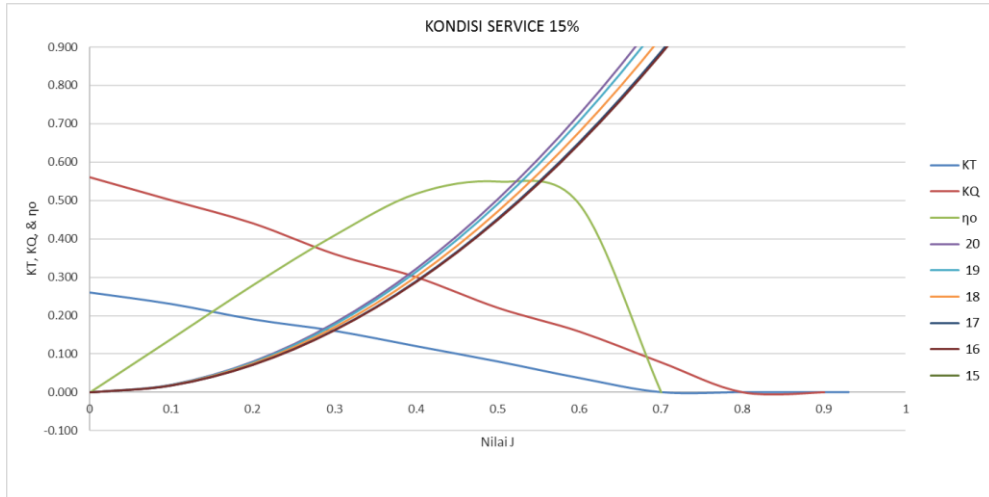
$$Ae/Ao = 0.7$$

J	KT	KQ	$\eta_o$	10*KQ
0	0.187	0.021	0	0.412
0.1	0.168	0.019	0.087	0.380
0.2	0.147	0.017	0.169	0.340
0.3	0.098	0.015	0.246	0.296
0.4	0.070	0.012	0.311	0.248
0.5	0.042	0.010	0.358	0.194
0.6	0.014	0.007	0.362	0.140
0.7	0.000	0.004	0.243	0.084
0.8	0.000	0.002	0.000	0.030
0.9	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.000	0.000

**B. Input Grafik KT, KQ,dan EFISIENSI**

**1.Keadaan service (Rough Hull)**

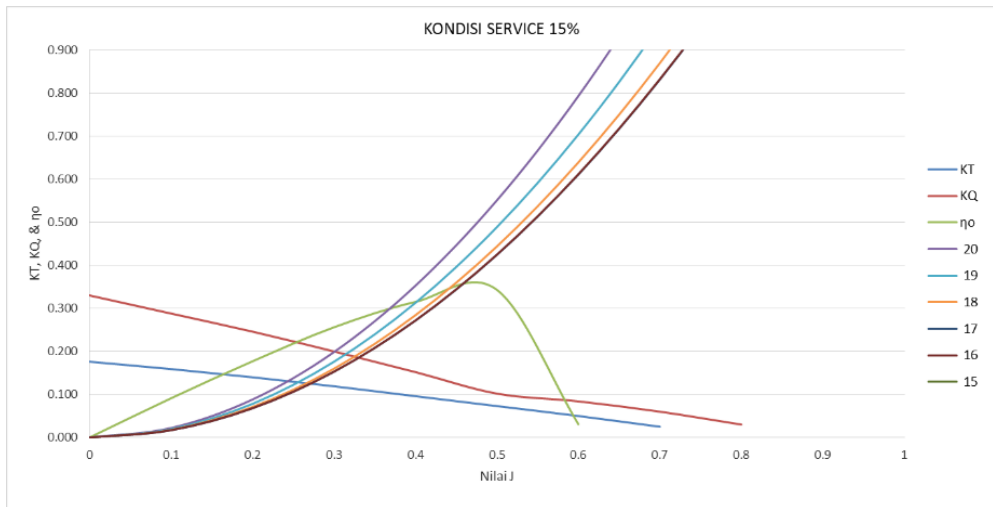
Gambar 4.6 Kecepatan Service (Kapal 1)



Tabel 4.30 Diagram KT KQ J (Kapal 1)

Vs (Kn)	Vs (m/s)	Va (m/s)	J	N (Rps)	N (Rpm)	KT
6	3.0864	2.130	0.296	3.592	215.51	0.165
7	3.6008	2.485	0.297	4.176	250.58	0.169
8	4.1152	2.839	0.298	4.757	285.42	0.174
9	4.6296	3.194	0.302	5.281	316.84	0.180
10	5.144	3.549	0.303	5.852	351.12	0.185
KQ	ηo	Q (kNm)	T	DHP (kW)	SHP (kW)	BHP (kW)
0.0345	0.390	14.71	35.125	331.83	338.60	172.76
0.0350	0.392	20.18	48.638	529.19	539.99	275.50
0.0360	0.395	26.92	64.969	804.34	820.76	418.75
0.0370	0.400	34.10	82.823	1130.91	1153.99	588.77
0.0372	0.405	42.10	104.537	1547.37	1578.95	805.58

Gambar 4.7 Kecepatan Service (Kapal 2)

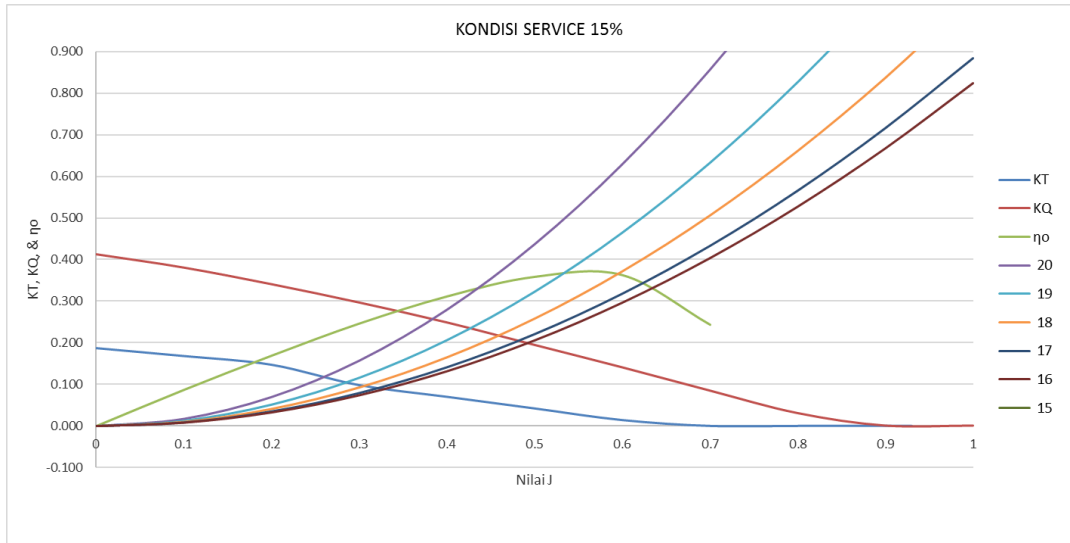


Tabel 4.31 Diagram KT KQ J (Kapal 2)

Vs (Kn)	Vs (m/s)	Va (m/s)	J	N (Rps)	N (Rpm)	KT
6	3.0864	1.910	0.270	4.755	285.28	0.110
7	3.6008	2.229	0.260	5.761	345.63	0.120
8	4.1152	2.547	0.252	6.792	407.55	0.125
9	4.6296	2.866	0.240	8.024	481.42	0.130
10	5.144	3.184	0.238	8.990	539.40	0.132

KQ	η₀	Q (kNm)	T	DHP (kW)	SHP (kW)	BHP (kW)
0.0180	0.340	3.04	12.502	90.91	92.76	47.33
0.0185	0.330	4.59	20.019	166.15	169.54	86.50
0.0187	0.320	6.45	28.993	275.34	280.96	143.35
0.019	0.310	9.15	42.074	461.11	470.53	240.06
0.0200	0.290	12.09	53.633	682.75	696.68	355.45

Gambar 4.8 Kecepatan Service (Kapal 3)



Tabel 4.32 Diagram KT KQ J (Kapal 3)

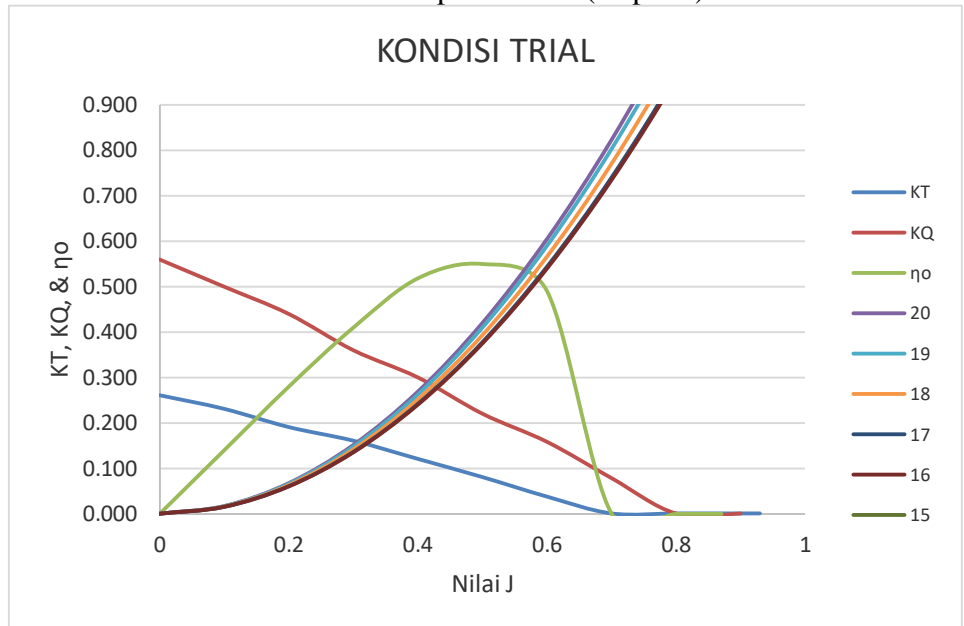
Vs (Kn)	Vs (m/s)	Va (m/s)	J	N (Rps)	N (Rpm)	KT
6	3.0864	2.130	0.319	4.365	261.89	0.096
7	3.6008	2.485	0.312	5.207	312.39	0.098
8	4.1152	2.839	0.305	6.087	365.21	0.100
9	4.6296	3.194	0.290	7.202	432.12	0.101
10	5.144	3.549	0.260	8.925	535.53	0.110

KQ	ηo	Q (kNm)	T	DHP (kW)	SHP (kW)	BHP (kW)
0.0200	0.320	3.27	10.259	89.61	91.43	46.65
0.0205	0.340	4.77	14.901	155.89	159.07	81.16
0.0210	0.380	6.68	20.782	255.16	260.37	132.84
0.022	0.290	9.75	29.385	440.76	449.75	229.47
0.0250	0.310	17.09	49.154	957.73	977.28	498.61



## 2. Keadaan Trial (Clean Hull)

Gambar 4.9 Kecepatan Trial (Kapal 1)

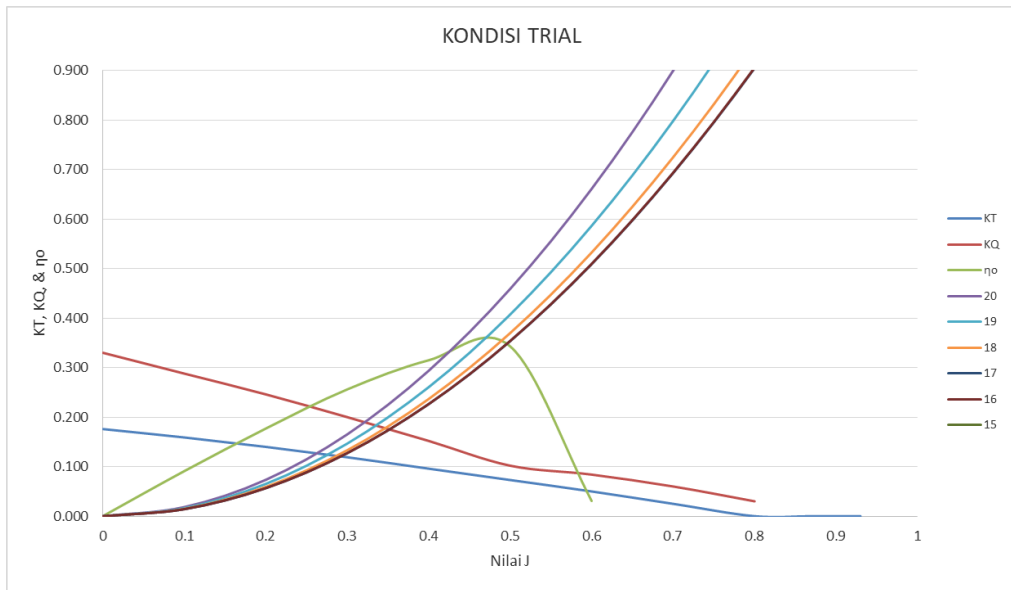


Tabel 4.33 Kecepatan Triap (Kapal 1)

Vs (Kn)	Vs (m/s)	Va (m/s)	J	N (Rps)	N (Rpm)	KT
6	3.0864	2.130	0.294	3.616	216.98	0.140
7	3.6008	2.485	0.298	4.162	249.74	0.142
8	4.1152	2.839	0.300	4.725	283.52	0.150
9	4.6296	3.194	0.302	5.281	316.84	0.153
10	5.1440	3.549	0.303	5.848	350.89	0.155

KQ	$\eta_o$	Q (kNm)	T	DHP (kW)	SHP (kW)	BHP (kW)
0.0338	0.394	14.61	30.210	331.78	338.55	172.73
0.0339	0.395	19.41	40.594	507.41	517.77	264.17
0.0342	0.398	25.24	55.263	748.95	764.23	389.91
0.0346	0.405	31.89	70.400	1057.55	1079.13	550.58
0.0350	0.410	39.56	87.469	1452.98	1482.63	756.44

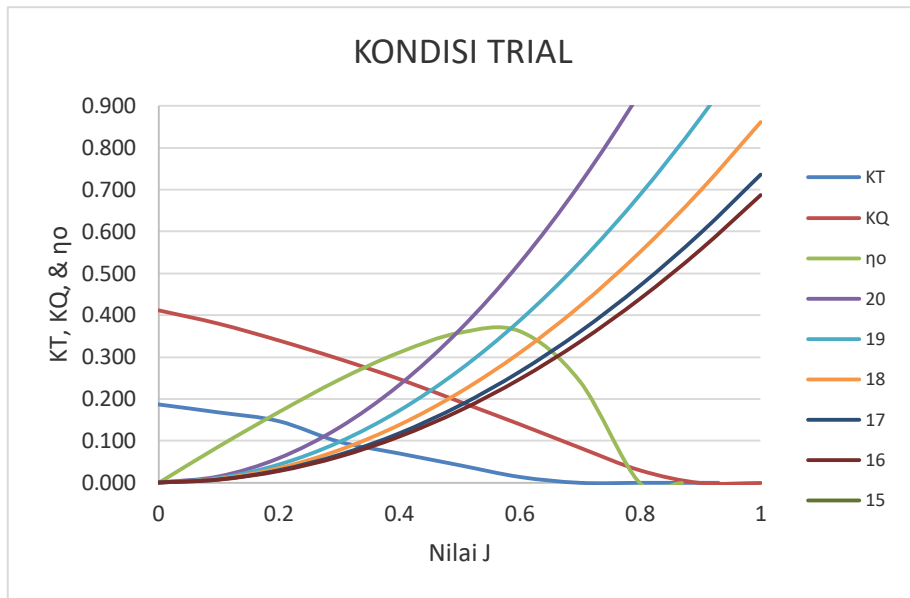
Gambar 4.10 Kecepatan Trial (Kapal 2)



Tabel 4.34 Kecepatan Triap (Kapal 2)

Vs (Kn)	Vs (m/s)	Va (m/s)	J	N (Rps)	N (Rpm)	KT
6	3.0864	1.910	0.295	4.352	261.11	0.120
7	3.6008	2.229	0.290	5.165	309.88	0.140
8	4.1152	2.547	0.285	6.006	360.36	0.160
9	4.6296	2.866	0.280	6.877	412.64	0.118
10	5.1440	3.184	0.275	7.780	466.83	0.200
KQ	ηo	Q (kNm)	T	DHP (kW)	SHP (kW)	BHP (kW)
0.0186	0.320	2.64	11.425	72.02	73.49	37.50
0.0188	0.320	3.75	18.773	121.68	124.16	63.35
0.0190	0.323	5.13	29.015	193.40	197.34	100.69
0.0192	0.330	6.79	28.058	293.44	299.43	152.77
0.0193	0.310	8.74	60.866	427.09	435.81	222.35

Gambar 4.11 Kecepatan Trial (Kapal 3)



Tabel 4.35 Kecepatan Triap (Kapal 3)

Vs (Kn)	Vs (m/s)	Va (m/s)	J	N (Rps)	N (Rpm)	KT
6	3.0864	2.130	0.294	4.736	284.16	0.140
7	3.6008	2.485	0.298	5.451	327.07	0.142
8	4.1152	2.839	0.300	6.188	371.30	0.150
9	4.6296	3.194	0.302	6.916	414.95	0.153
10	5.1440	3.549	0.303	7.659	459.53	0.155

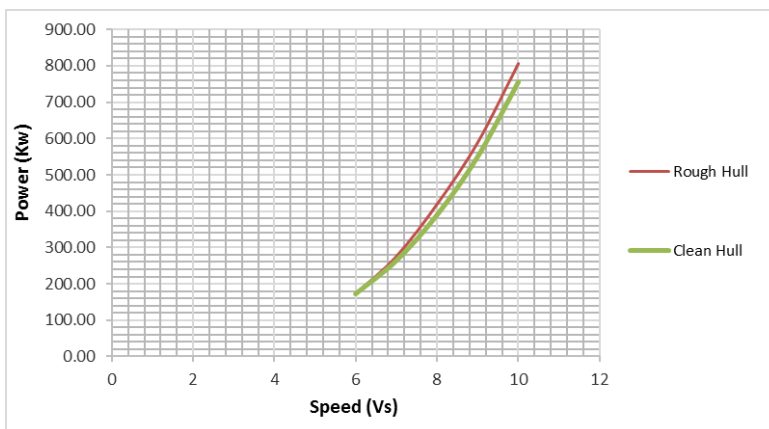
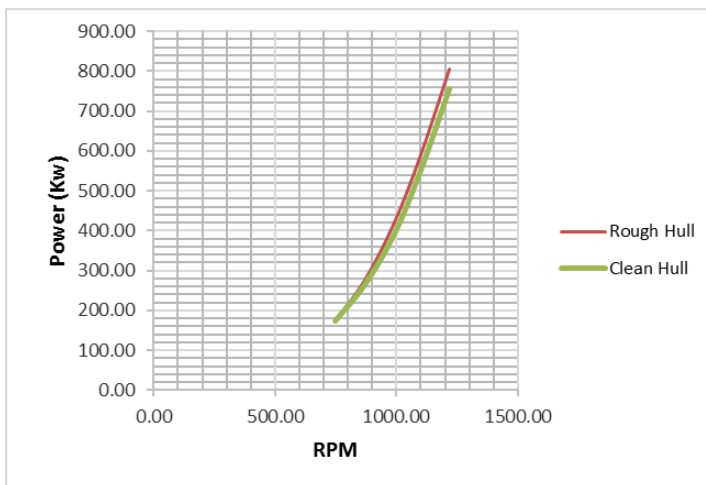
KQ	$\eta_o$	Q (kNm)	T	DHP (kW)	SHP (kW)	BHP (kW)
0.0338	0.394	6.50	17.614	193.44	197.39	100.71
0.0339	0.395	8.64	23.668	295.85	301.89	154.02
0.0342	0.398	11.24	32.221	436.67	445.58	227.34
0.0346	0.405	14.20	41.047	616.60	629.19	321.01
0.0350	0.410	17.61	50.999	847.16	864.45	441.04

3. *Membuat kurva Speed-Power – Power & Propeller Curve*

Tabel 4.36 Kurva Speed Power (Kapal 1)

Service ( Rough )			Trial (Clean)		
Vs (Knot)	N (Rpm)	BHP Mcr (kW)	Vs (Knot)	N (Rpm)	BHP Mcr (kW)
6	748.90	172.76	6	753.99	172.73
7	870.77	275.50	7	867.85	264.17
8	991.83	418.75	8	985.22	389.91
9	1101.03	588.77	9	1101.03	550.58
10	1220.14	805.58	10	1219.33	756.44

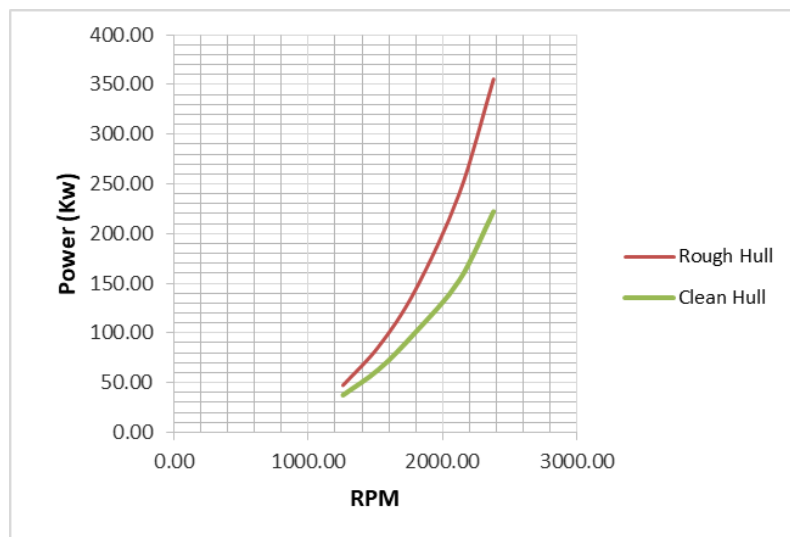
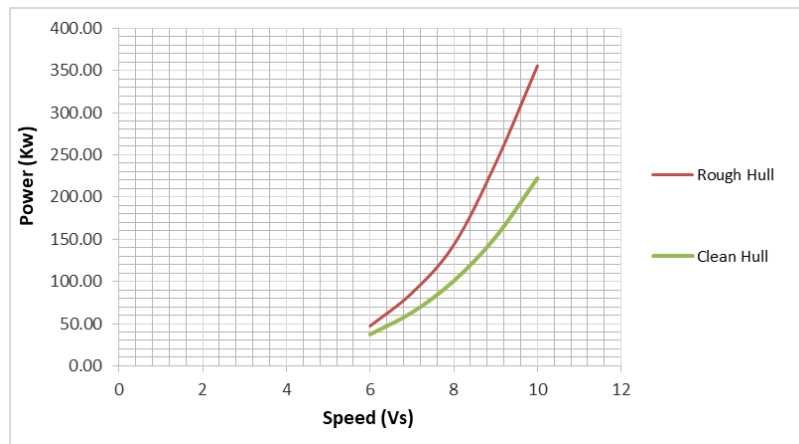
Gambar 4.12 Kurva Speed dan Power (Kapal 1)



Tabel 4.37 Kurva Speed Power (Kapal 2)

Service ( Rough )			Trial (Clean)		
Vs (Knot)	N (Rpm)	BHP Mcr (kW)	Vs (Knot)	N (Rpm)	BHP Mcr (kW)
6	1257.82	47.33	6	1151.23	37.50
7	1523.90	86.50	7	1366.25	63.35
8	1796.89	143.35	8	1588.83	100.69
9	2122.57	240.06	9	1819.35	152.77
10	2378.23	355.45	10	2058.25	222.35

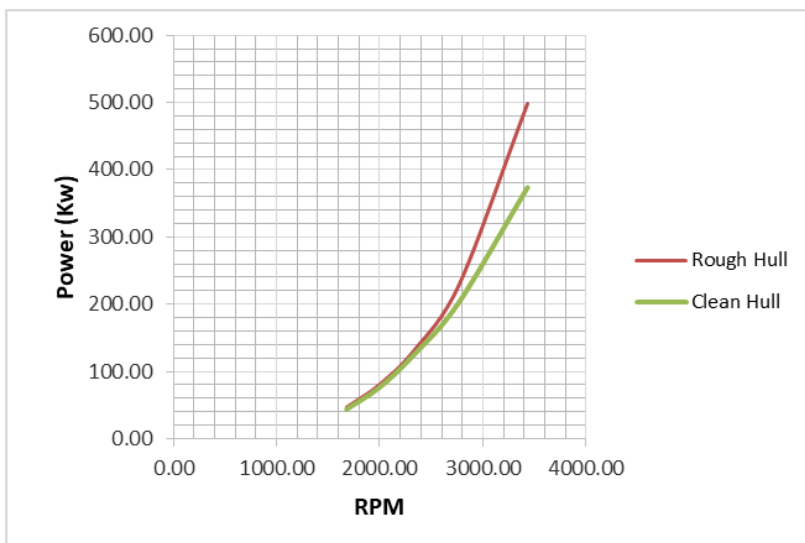
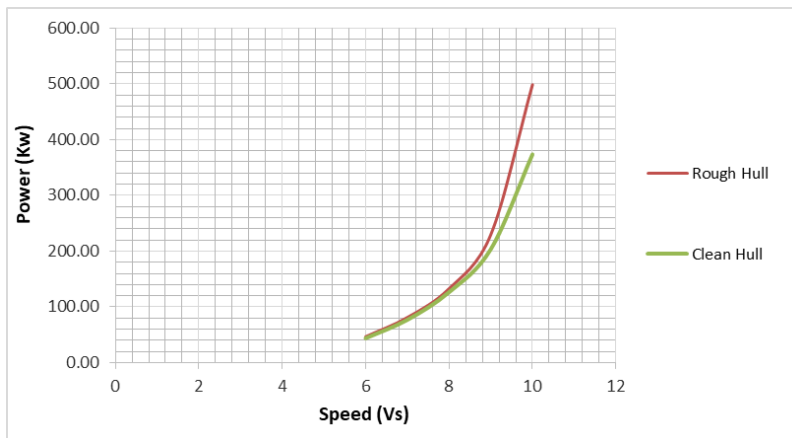
Gambar 4.13 Kurva Speed dan Power (Kapal 2)



Tabel 4.38 Kurva Speed Power (Kapal 3)

Service ( Rough )			Trial (Clean)		
Vs (Knot)	N (Rpm)	BHP Mcr (kW)	Vs (Knot)	N (Rpm)	BHP Mcr (kW)
6	1678.44	46.65	6	1673.20	43.90
7	2002.12	81.16	7	1983.05	76.94
8	2340.65	132.84	8	2302.90	126.52
9	2769.43	229.47	9	2677.12	203.49
10	3432.20	498.61	10	3077.15	373.70

Gambar 4.14 Kurva Speed dan Power (Kapal 3)



#### 4.9 Perhitungan EEDI (Energy Efficiency Design Index)

Tabel 4.39 Kesimpulan Data Kapal

Demand Bahan Bakar 1.004 Ton x 12 Bulan =12.055 Ton / 40.965 L/ Hari				
Jarak Gresik Ke pulau bawean 86 Mill laut				
Nama	Tongkang 1	Tongkang 2	Tongkang 3	Unit
Displacement	9636	2100	1115	Ton
WL Length	91.23	62.13	42.56	M
DWT	4.359	1.303	610	ton
Jumlah Trip	3	10	20	/Tahun
Lama Bongkar	120	36	18	Hari
Payload	4.196	1.263	588	ton
Power	610	257	230	Kw
Power 1	517	220	196	Kw
Power 2	505	193	180	Kw
SFOC Standart	207	197	195	g/KWh
SFOC Service 1	175	168	166	g/KWh
SFOC Service 2	171	158	153	g/KWh
Nama	Tongkang 1	Tongkang 2	Tongkang 3	Unit
Generator	70 x 2	65 x 2	55 x 2	KW
Fuel berlayar	18.99	14.283	12.253	L/Jam
Fuel loading	18	14.28	11.48	L/Jam
Fuel Unloading	7.73	5.7	5.105	L/Jam
Fuel Malam	10.82	9.08	8.934	L/Jam
Speed	9	9	9	Knot

Tabel 4.40 Regulasi EEDI

Ship type defined in Regulation 2	a	b	c
Bulk Carrier	961.79	DWT	0.477
Gas Carrier	1120.00	DWT	0.456
Tanker	1218.80	DWT	0.488

A. Referenci :  $a \cdot b^c$

Dimana untuk Tanker : a : 1218.8

b : Dwt

c : 0.488

Referenci EEDI : 20.41 (Kapal 1)

: 36.79 (Kapal 2)

: 53.29 (Kapal 3)

B. Required EEDI :  $(1 - X/100) \cdot (\text{Referensi EEDI})$

X : Reduction Rate

X dari Tanker

Tabel 4.41 Phase EEDI

Ship Type	Size	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3
		1 Jan 2013-31 Dec 2014	1 Jan 2015 – 31 Dec 2019	1 Jan 2020 – 31 Dec 2024	1 Jan 2025 and onwards
Bulk carrier	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	10,000 DWT and above	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Gas carrier	10,000 DWT and above	0	10	20	30
	2,000-10,000DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Tanker	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	4,000 – 20,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*



Required: EEDI dari Phase 1:  $((1-10/100) \cdot (\text{Referensi EEDI}))$

: 18.37 (Kapal 1)

: 33.11 (Kapal 2)

: 47.96 (Kapal 3)

Required: EEDI dari Phase 2 :  $((1-20/100) \cdot (\text{Referensi EEDI}))$

: 16.33 (Kapal 1)

: 29.43 (Kapal 2)

: 42.636 (Kapal 3)

Required: EEDI dari Phase 3 :  $((1-30/100) \cdot (\text{Referensi EEDI}))$

: 14.28 (Kapal 1)

: 25.75 (Kapal 2)

: 37.306 (Kapal 3)

### C . Perhitungan karbon EEDI Main Engine

Tabel 4.42 Carbon Fuel

Type of fuel	Reference	Carbon Content	$C_F$ (t-CO <sub>2</sub> /t-Fuel)
Diesel/Gas oil	ISO 8217 Grades DMX through DMB	0.8744	3.206
Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.8594	3.151
Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.8493	3.114

Karbon Factor dari minyak diesel: 3.206

Karbon Factor dari HFO : 3.114

Rumus dari EEDI :

$$\text{EEDI} = \text{Engine Power} \cdot \text{SFC} \cdot C_F / \text{dwt} \cdot \text{Speed (g CO}_2\text{/ton-mile)}$$

$$\frac{\left( \prod_{j=1}^M f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + \left( P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{FAE} \right) + \left( \prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPII} P_{PII(i)} - \sum_{i=1}^{nFF} f_{FF(i)} \cdot P_{AEFF(i)} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{FAE} - \left( \sum_{i=1}^{nFF} f_{FF(i)} \cdot P_{FF(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f_i \cdot \text{Capacity} \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

Perhitungan 1 Main Engine	: Consider Calculation
Perhitungan 2 Auxilliary Engine	: Assumsi
Perhitungan 3 PTO or PTI	: Tidak digunakan
Perhitungan 4 Inovasi	: Tidak digunakan
Perhitungan :Pme	: (0.75 MCR)
	:457.5 Kw (Kapal 1)
	: 192.7 Kw (Kapal 2)
	: 172.5 Kw (Kapal 3)
SFOC AE	: SFOC ME
CFae	: MDO
Fi	: 1
Fw	: 1

Hasil dai perhitungan rumus diatas didapatkan hasil sebagai berikut:

#### D. Perhitungan EEDI Auxiliary Engine :

- .1 For ships with a main engine power of 10,000 kW or above,  $P_{AE}$  is defined as:

$$P_{AE(MCRME \geq 10000KW)} = \left( 0.025 \times \left( \sum_{i=1}^{nME} MCR_{MEi} + \frac{\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)}}{0.75} \right) \right) + 250$$

- .2 For ships with a main engine power below 10,000 kW,  $P_{AE}$  is defined as:

$$P_{AE(MCRME < 10000KW)} = \left( 0.05 \times \left( \sum_{i=1}^{nME} MCR_{MEi} + \frac{\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)}}{0.75} \right) \right)$$

Dari perhitungan diatas menggunakan rumus dengan nomer dua dikarenakan untuk mesin ME dibawah dari 10000 KW

Sehingga didapat hasil perhitungan sebagai berikut

$$P_{ae} = 30.5 \text{ (Kapal 1)}$$

$$P_{ae} = 12.85 \text{ (Kapal 2)}$$

$$P_{ae} = 11.5 \text{ (Kapal 3)}$$

Rumus EEDI =

$$\frac{\left( \prod_{j=1}^M f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}) + \left( \prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{nEFF} f_{eff(i)} \cdot P_{AE_{eff(i)}} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} - \left( \sum_{i=1}^{nEFF} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

Sehingga didapat eedi dari kapal sebagai berikut:

EEDI : 16.501 gCO<sub>2</sub>/t nm (Kapal 1)

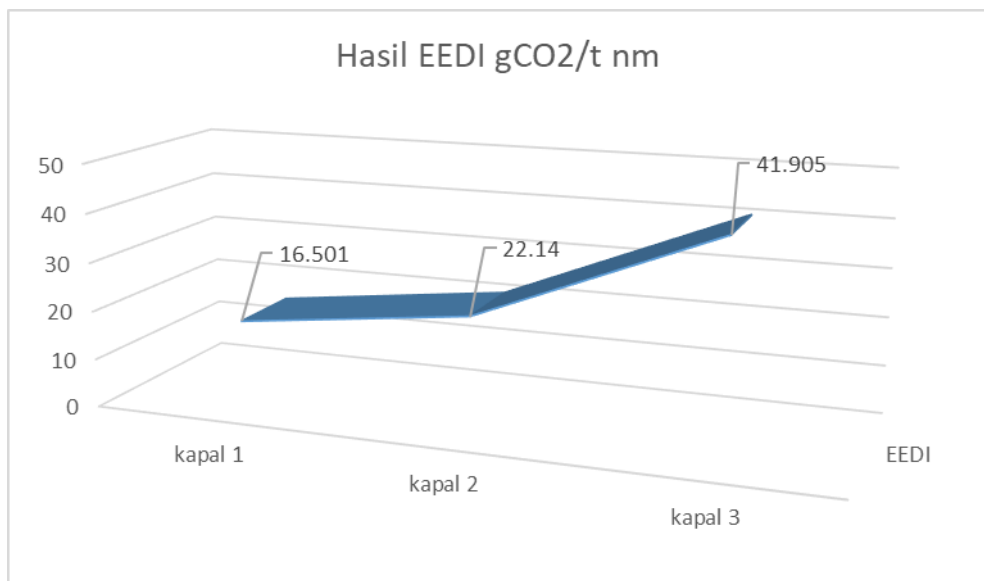
: 22.14 gCO<sub>2</sub>/t nm (Kapal 2)

: 41.905 gCO<sub>2</sub>/t nm (Kapal 3)

Tabel 4.43 Carbon Fuel Phase

Ship Type	Size	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Jumlah
Tangker	4000-20000 Dwt	n/a	0-10	0-20	0-30	
Tongkang 1	4359 Dwt	n/a	18.37	16.33	14.28	8.033
Tongkang 2	1262 Dwt	n/a	33.11	29.43	25.75	11.07
Tongkang 3	610 Dwt	n/a	47.96	42.63	37.30	20.38

Gambar 4.15 Hasil Dari EDDI Tiap kapal



#### 4.10 Perhitungan EEOI (Energy Efficiency Operational Indikator)

Rumus EEOI

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{cargo} \times D}$$

j : Tipe Bahan Bakar

i : Jumlah Trip pelayaran

FCj : Massa Konsumsi Bahan Bakar

Cfj : Massa Faktor Bahan Bakar massa CO2

Mcargo: Jumlah Cargo

D : Jarak Pelayaran

Hasil dari perhitungan dari EEIO kapal sebagai berikut:

##### 4.10.1 Perhitungan Bahan Bakar Main Engine

Tabel 4.44 Data Bahan Bakar

Kapal	SFOC Muatan Penuh g/kwh	SFOC Muatan Kosong g/kwh	Power Muatan Penuh Kw	Power Muatan Kosong Kw	Jumlah Trip / Tahun	Lama pelayaran /Jam
Kapal 1	175	171	517	505	3	10
Kapal 2	168	158	220	193	10	10
Kapal 3	166	153	196	180	20	10

Bahan Bakar Muatan penuh : SFOC Muatan Penuh x KW Muatan Penuh x Jam x 2 (engine)

EStimasi Lama Pelayaran : 10 jam

: 1.8095 Ton / Trip (Kapal 1)

: 0.7932 Ton / Trip (Kapal 2)

: 0.650 Ton / Trip (Kapal 3)

Bahan Bakar Muatan Kosong : SFOC Muatan Kosong x KW Muatan Kosong x Jam x 2 (engine)

EStimasi Lama Pelayaran : 10 jam  
 : 1.727 Ton / Trip (Kapal 1)  
 : 0.6098 Ton / Trip (Kapal 2)  
 : 0.5508 Ton / Trip (Kapal 3)

#### 4.10.2 Perhitungan Bahan Bakar Generator

Tabel 4.45 Data Bahan Bakar Generator

Ket	Kapal 1	Kapal 2	Kapal 3	Unit
Generator	70 x 2	65 x 2	55 x 2	KW
Fuel Sailing	18.99	14.283	12.253	L/Jam
FuelLoading	18	14.28	11.48	L/Jam
Fuel Unloading Siang	7.73	5.7	5.105	L/Jam
Fuel malam	10.82	9.08	8.934	L/Jam
Daya Sailing	120	110	96	KW
Daya Loading	55	55	45	KW
Daya Unloading Siang	25	22	20	KW
Daya Malam	35	35	35	KW

Kebutuhan Saat pelayaran : Fuel Generator x Jam x Massa MDO (0.83)

Estimasi Pelayaran :10 Jam  
 : 0.3152 Ton/Trip (Kapal 1)  
 : 0.2371 Ton/Trip (Kapal 2)  
 : 0.2034 Ton/Trip (Kapal 3)

Kebutuhan Saat Loading	: Fuel Generator x Jam x Massa MDO (0.83)	
Estimasi Loading	: 12 Jam	
	: 0.179 Ton/Trip	(Kapal 1)
	: 0.142 Ton/Trip	(Kapal 2)
	: 0.114 Ton/Trip	(Kapal 3)
Saat Unloading Siang	: Fuel Generator x Jam (operasional perminggu ) x Massa MDO	
Estimasi Unloading siang	: 9 Jam Perhari x 7 hari kerja	
	:0.404 Ton/Minggu	(Kapal 1)
	:0.298 Ton/Minggu	(Kapal 2)
	:0.266 Ton/Minggu	(Kapal 3)
Kebutuhan Saat Malam	: Fuel Generator x Jam (operasional perminggu )x Massa MDO	
Estimasi Stanby Malam	:15 jam Perhari x 7 hari kerja	
	:0.942 Ton/Minggu	(Kapal 1)
	:0.791 Ton/Minggu	(Kapal 2)
	:0.778 Ton/Minggu	(Kapal 3)

a. Rumus Perhitungan EEOI Kapal

$$\frac{(Faktor\ konversi\ massa\ bahan\ bakar\ menjadi\ CO_2) \times (konsumsi\ bahan\ bakar)}{(massa\ muatan\ aktual\ yang\ diangkat) \times (jarak\ berlayar\ aktual)}$$

Perhitungan secara detail dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

- Untuk perhitungan EEOI setiap pelayaran

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{cargo} \times D}$$

- Untuk menghitung rata rata dalam periode perhitungan keseluruhan pelayaran

$$rata - rata\ EEOI = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} \times C_{Fj})}{\sum_i (m_{cargo,i} \times D_i)}$$

## 1. Data EEOI Kapal 1 dalam satuan 1 minggu

Tabel 4.46 EEOI Dalam 1 Minggu Kapal 1

bln	waktu pengukuran	kondisi operasi	BB ME	BB AE	massa muatan	Jarak
1	minggu 1	loaded,shipping	1.8095	1.667188	4359	89
	minggu 2	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 3	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 4	in port	0	1.347165	0	0
2	minggu 5	in port	0	1.347165	0	89
	minggu 6	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 7	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 8	in port	0	1.347165	0	0
3	minggu 9	in port	0	1.347165	0	89
	minggu 10	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 11	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 12	in port	0	1.347165	0	0
4	minggu 13	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 14	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 15	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 16	loaded,shipping	3.5366	1.892616	4359	178
5	minggu 17	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 18	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 19	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 20	in port	0	1.347165	0	0
6	minggu 21	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 22	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 23	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 24	in port	0	1.347165	0	0
7	minggu 25	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 26	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 27	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 28	in port	0	1.347165	0	0
8	minggu 29	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 30	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 31	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 32	loaded,shipping	3.5366	1.892616	4359	178
9	minggu 33	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 34	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 35	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 36	in port	0	1.347165	0	0
10	minggu 37	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 38	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 39	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 40	in port	0	1.347165	0	0
11	minggu 41	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 42	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 43	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 44	in port	0	1.347165	0	0
12	minggu 45	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 46	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 47	in port	0	1.347165	0	0
	minggu 48	shipping	1.7271	1.280441	0	89

Rata Rata Jumlah Pemakaian per hari = 0.2128 Ton /Hari

Jumlah pemakaian dalam satu tahun =76.617 Ton /Tahun

Rata rata EEIO =  $\frac{(\text{Jumlah bahan bakar ME} \times \text{Carbon ME}) + (\text{Jumlah Bahan Bakar AE} \times \text{Carbon AE})}{(\text{Muatan} \times \text{Jarak Pelayaran})}$

$$= 126651 \times 10^{-8} \left( t - \frac{\text{CO}_2}{t} - \text{Nm} \right) \quad (\text{Kapal 1})$$

## 2. Data EEIO Kapal 2 dalam 1 minggu

Tabel 4.47 EEOI Dalam 1 Minggu Kapal 2

bln	waktu pengukuran	kondisi operasi	BB ME	BB AE	massa muatan	Jarak
1	minggu 1	loaded,shipping	0.7392	1.328149	1263	89
	minggu 2	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 3	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 4	in port	0	1.089375	0	0
2	minggu 5	loaded,shipping	1.34908	1.489883	1263	178
	minggu 6	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 7	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 8	in port	0	1.089375	0	0
3	minggu 9	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 10	loaded,shipping	1.34908	1.489883	1263	178
	minggu 11	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 12	in port	0	1.089375	0	0
4	minggu 13	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 14	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 15	loaded,shipping	1.34908	1.489883	1263	178
	minggu 16	in port	0	1.089375	0	0
5	minggu 17	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 18	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 19	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 20	loaded,shipping	1.34908	1.489883	1263	178
6	minggu 21	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 22	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 23	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 24	loaded,shipping	1.34908	1.489883	1263	178
7	minggu 25	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 26	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 27	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 28	in port	0	1.089375	0	0
8	minggu 29	loaded,shipping	1.34908	1.489883	1263	178
	minggu 30	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 31	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 32	in port	0	1.089375	0	0
9	minggu 33	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 34	loaded,shipping	1.34908	1.489883	1263	178
	minggu 35	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 36	in port	0	1.089375	0	0
10	minggu 37	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 38	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 39	loaded,shipping	1.34908	1.489883	1263	178
	minggu 40	in port	0	1.089375	0	0
11	minggu 41	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 42	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 43	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 44	loaded,shipping	1.34908	1.489883	1263	178
12	minggu 45	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 46	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 47	in port	0	1.089375	0	0
	minggu 48	shipping	0.60988	1.251109	0	89

Rata Rata Jumlah Pemakaian per hari = 0.1938 Ton /Hari

Jumlah pemakaian dalam satu tahun = 69.785 Ton /Tahun

Rata rata EEIO =  $\frac{(\text{Jumlah bahan bakar ME} \times \text{Carbon ME}) + (\text{Jumlah Bahan Bakar AE} \times \text{Carbon AE})}{(\text{Muatan} \times \text{Jarak Pelayaran})}$

$$= 10418 \times 10^{-8} \left( t - \frac{\text{CO}_2}{t} - \text{Nm} \right) \text{ (Kapal 2)}$$



## 3. Data EEIO Kapal 3 dalam 1 minggu

Tabel 4.48 EEOI Dalam 1 Minggu Kapal 3

bln	waktu pengukuran	kondisi operasi	BB ME	BB AE	massa muatan	Jarak
1	minggu 1	loaded,shipping	0.65072	1.228747	588	89
	minggu 2	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 3	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 4	in port	0	1.045539	0	0
2	minggu 5	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 6	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 7	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
3	minggu 8	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 9	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 10	in port	0	1.045539	0	0
4	minggu 11	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 12	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 13	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 14	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
5	minggu 15	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 16	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 17	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 18	in port	0	1.045539	0	0
6	minggu 19	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 20	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 21	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
7	minggu 22	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 23	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 24	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 25	in port	0	1.045539	0	0
8	minggu 26	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 27	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 28	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 29	in port	0	1.045539	0	0
9	minggu 30	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 31	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 32	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 33	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
10	minggu 34	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 35	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 36	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 37	in port	0	1.045539	0	0
11	minggu 38	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 39	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 40	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 41	in port	0	1.045539	0	0
12	minggu 42	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 43	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
	minggu 44	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 45	loaded,shipping	1.20152	1.357995	588	178
12	minggu 46	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 47	in port	0	1.045539	0	0
	minggu 48	shipping	0.5508	1.174786	0	89

Rata Rata Jumlah Pemakaian per hari = 0.223 Ton /Hari

Jumlah pemakaian dalam satu tahun = 80.46 Ton /Tahun

$$\text{Rata rata EEIO} = \frac{(\text{Jumlah bahan bakar ME} \times \text{Carbon ME}) + (\text{Jumlah Bahan Bakar AE} \times \text{Carbon AE})}{(\text{Muatan} \times \text{Jarak Pelayaran})}$$

$$= 12531 \times 10^{-8} \left( \text{t} - \frac{\text{CO}_2}{\text{t}} - \text{Nm} \right) \text{ (Kapal 3)}$$

### 4.10.3 Kesimpulan EEDI dan EEOI Kapal SPOB41

Tabel 4.49 Data Kesimpulan EEDI Dan EEOI

Ship Type	Size	Bahan bakar Ton/Tahun	EEDIgCO <sub>2</sub> /t nm	EEOI	Jumlah voyage / Tahun	Speed
Tongkang 1	4359 Dwt	76.933	16.5	126651 x 10 <sup>-8</sup>	3	9
Tongkang 2	1303Dwt	69.785	22.14	10418 x 10 <sup>-8</sup>	10	9
Tongkang 3	610 Dwt	80.46	41.9	12531 x 10 <sup>-8</sup>	20	9

Sehingga dari data table diatas disimpulkan untuk kapal yang paling efisien adalah kapal tongkang 2 dikarenakan hasil dari EEOI dari kapal tersebut mempunyai hasil paling kecil.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### 5.1 Kesimpulan

Dengan melihat hasil penelitian yang telah dibahas, maka dapat kita tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapal yang digunakan adalah berukuran 300 feet, 200 feet, 140 feet dikarenakan kapal tongkang dengan ukuran tersebut paling banyak di jumpai, sehingga menggunakan 3 variasi ukuran sebagai perbandingan.
2. Hasil dari hambatan total yang diterima kapal dengan kecepatan 9 knot adalah 64.59 untuk kapal 1, 26.02 untuk kapal ke 2 dan 24.74 untuk kapal ke 3. Hasil dari perhitungan kebutuhan mesin dari masing masing kapal sebesar 610 Kw untuk kapal 1, 257 Kw untuk kapal ke 2 dan 230 untuk kapal ke 3.
3. Hasil dari analisa perhitungan EEDI dari ke 3 kapal adalah 16.5 gCO<sub>2</sub>/tnm untuk kapal 1, 22.14 gCO<sub>2</sub>/tnm untuk kapal ke 2 dan 41.9 gCO<sub>2</sub>/tnm untuk kapal ke 3. Didapatkan bahwa hasil EEDI pada 3 variasi kapal bahwa kapal 1 memiliki hasil EEDI yang paling kecil . Diketahui bahwa rumus dari EEDI adalah perbandingan power / dengan kapasitas sehingga apabila kapal mempunyai kapasitas yang besar maka akan memiliki hasil eedi yang kecil pula tergantung dengan besarnya daya mesin yang digunakan.
4. Hasil dari analisa perhitungan EEOI dari ke 3 kapal adalah  $126654 \times 10^{-8}$  t-CO<sub>2</sub>/t-nm untuk kapal 1,  $10418 \times 10^{-8}$  t-CO<sub>2</sub>/t-nm untuk kapal ke 2 dan  $12531 \times 10^{-8}$  t-CO<sub>2</sub>/t-nm untuk kapal ke 3. Didapatkan bahwa untuk perhitungan EEOI kapal ke 2 memiliki hasil yang paling kecil. Diketahui bahwa rumus dari eeoI adalah konsumsi bahan bakar / muatan dan jarak pelayaran , sehingga peranan system propulsi kapal serta pola pelayaran sangat mempengaruhi eeoI yang dihasilkan.

#### 5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dalam penelitian selanjutnya penulis menyarankan hal sebagai berikut:

1. Adanya penelitian lebih lanjut mengenai konstruksi serta analisa teknis terhadap kekuatan dan getaran kapal *SPOB*.
2. Diharapkan adanya penelitian yang mempelajari sistem keamanan *Kapal SPOB* serta manajemen kerja yang tepat untuk melayani pendistribusian BBM agar kapal menjadi lebih efisien lagi.

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- Amstrong V. N. and Banks C. (2015). Integrated approach to vessel energy efficiency, *Ocean Engineering*, 110, pp. 39-48.
- Badan Pusat Statistik (2012). jumlah penduduk. Pulau Bawean
- Buhaug, Ø. Corbett, J.J., Enderesen, Ø., Eyring, V., Faber, J. Hanayama, S., Lee, D.S., Lee, D., Lindstad, H. Markowska, A.Z., Mjelde, A., Nielsen, D., Nilsen, J., Pålsson, C., Winebrake, J.J., Wu, W. and Yoshida, K., (2009). Second IMO GHG Study 2009, Lützen M., Mikkelsen L.L., Jensen S., and Rasmussen H.B. (2017). Energy Efficient of working vessels – A Framework, *Journal of Cleaner Production*, 143, pp. 90-99.
- Dharma, B. (2009). *Tugas Akhir : Perencanaan Self Propelled Coal Barge 5000 DWT Untuk Wilayah Sungai Kalimantan*. Surabaya: ITS.
- De Larrucea JR (2012) “Energy Efficiency Design Index (EEDI) Marpol Annex VI: Legal Framework and Regulatory problems”, Technical University of Catalonia (UPC-Barcelona Tech).
- Fai C (2011) “IMO Technical Measures in Reducing Greenhouse Gas Emissions from ships: A Lloyd’s Register Perspective”, *Lloyd’s Register Approach to IMO Technical Measures in Reducing Greenhouse Gas Emissions from Ships*.
- Haakont (2011) “Development of small versus large hydropower in Norway comparison of environmental impacts”, *Energy Procedia* 20: 185-199.
- Harryadi Mulya, 2006 *Pengertian tentang Single Propelled Oil Barge*. Semarang
- S.W. Adji ©2006 *Pengenalan Sistem Propulsi*, Jakarta
- ICCT (2011) “The Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships”, Policy Update 15, October 3-2011
- IMO (2010) “Module 2 - Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines”, IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation.
- IMO (2014) “2014 Guidelines on the method of calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for new ships”, MEPC 66/21/Add.1 p: 1.

IMO (2010) “Preventions of Air Pollution from Ships”, Marine Environment Protection Committee, 59th Session, Agenda item 4.

MacLachlan, S, (2005). Carbon emissions all at sea: why was shipping left out if the Paris Climate Agreement?, OECD INSIGHTS [online]. Available at: <http://oecdinsights.org/2016/05/04/carbon-emissions-all-at-sea-why-was-shipping-left-out-of-the-paris-climate-agreement/> [Accessed: 24 Mar. 2017]. MEPC 1./Circ.684. (2009). Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator (EEOI).

MEPC 1./Circ.212(63). (2012). Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships.

MSc. Katarzyna Prill, MSc. Karol Igielski (2018). Calculation of operational indicator eeoI for ships designed to other purpose than transport based on a research – training vessel. Maritime University of Szczecin, Poland

UCL ENERGY INSTITUTE, (2015). The Existing Shipping Fleet’s CO2 Efficiency, Executive Summary and Main Report March 2015.

U.N. Framework Convention on Climate Change, (1997). [online] Available at: [https://www.mos.gov.pl/g2/big/2009\\_04/8e0542a94447bcaf09cf7d2e2ce38d36pdf](https://www.mos.gov.pl/g2/big/2009_04/8e0542a94447bcaf09cf7d2e2ce38d36pdf) [Accessed: 24 Mar. 2017].

## LAMPIRAN

# PLTMG Bawean Diresmikan, PLN Hemat Rp18 miliar per Tahun

*PT Perusahaan Listrik Negara menghemat Rp8 miliar per tahun dari pengoperasian pembangkit listrik mini gas (PLTMG) Bawean di Gresik yang menggunakan bahan bakar compressed natural gas (CNG).*

Fauzul Muna | 21 Agustus 2014 19:45 WIB



A<sup>+</sup> A<sup>-</sup>

**Bisnis.com**, JAKARTA—PT Perusahaan Listrik Negara akan menghemat Rp8 miliar per tahun dari pengoperasian pembangkit listrik mini gas (PLTMG) Bawean di Gresik yang menggunakan bahan bakar *compressed natural gas (CNG)*.

Share



Direktur Operasi Jawa Bali Sumatra PLN Ngurah Adnyana mengatakan beroperasinya pembangkit ini menghemat biaya pemakaian bahan bakar hingga Rp863 per kWh. Biaya produksi dengan menggunakan BBM di Bawean sekitar Rp 2.800 per kWh.

"PLTMG Bawean akan bisa menghemat biaya operasi sekitar Rp1,5 miliar per bulan," katanya seperti dikutip *Bisnis*, Kamis (21/8/2014).

Kebutuhan gas untuk PLTMG Bawean sekitar 0,6 MMSCF per hari. CNG disimpan dalam tabung skid di Gresik dan setiap empat hari akan dikapalkan menuju pulau Bawean dengan kapasitas pengapalan sebesar 2 MMSCF.

Sebelum beroperasinya PLTMG Bawean ini, jelasnya, listrik di pulau Bawean dipasok dari pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) dengan total 5 MW dimana 1 MW milik PLN dan 4 MW dari sewa diesel.

"Sebanyak 460ribu liter BBM tiap bulan dibakar untuk melayani kelistrikan masyarakat Bawean," ujarnya.



## Pertamina jamin suplai BBM ke Bawean aman

Energi Migas SABTU, 3 DESEMBER 2011 | 00:41 WIB ET

SURABAYA, kabarisnis.com: PT Pertamina menyatakan akan tetap mengoptimalkan penyaluran Bahan Bakar Minyak (BBM) kepada seluruh masyarakat Pulau Bawean. Mereka juga meminta masyarakat untuk tidak panik karena Pertamina menjamin ketersediaan BBM sesuai kebutuhan. Bawean adalah pulau kecil yang masuk wilayah Kabupaten Gresik, Jawa Timur.

Hal itu diungkapkan pasca insiden kebakaran kapal pengangkut BBM di Pelabuhan Sedayu Lawas, Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan kemarin.

"Sehubungan dengan insiden tersebut, Pertamina akan mengoptimalkan penyaluran melalui APMS 56.611.02 atas nama Solahodddin. APMS 56.611.01 atas nama M. Husein Kadir juga akan segera mencari kapal pengganti untuk menyalurkan BBM ke Bawean," kata Asisten Manajer Hubungan Eksternal PT Pertamina Region V pemasaran Jatim, Bali dan Nusatenggara, Eviyanti Rofraidah, di Surabaya, Jumat (2/12/2011).

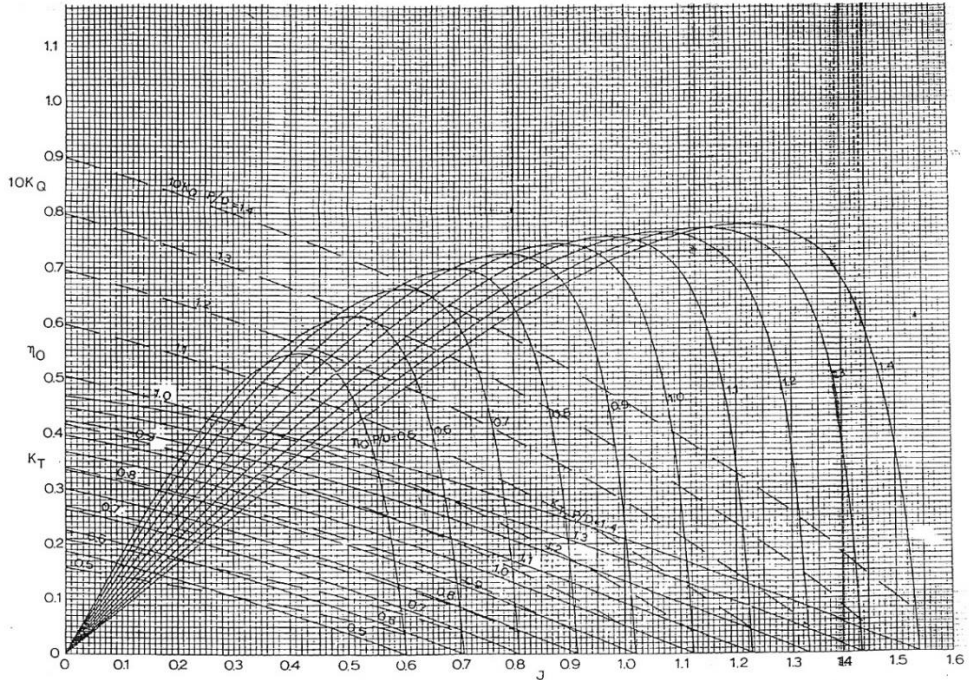
Seperti diketahui, Kapal Layar Motor (KLM) Dharma Ferry terbakar di Pelabuhan Sedayu Lawas, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur, Kamis (1/12/2011) malam. Kapal tersebut merupakan transportir dari APMS (Agen Premium Minyak Solar) 56.611.01 atas nama M. Husein Kadir, yang melayani wilayah Bawean.

Pada saat kejadian, kapal tersebut mengangkut 24 kilo liter Premium dan 16 kilo liter Solar yang sedianya akan digunakan sebagai suplay BBM ke sebagian wilayah Bawean.

Padahal selama ini, pasokan BBM subsidi untuk wilayah Bawean dilayani oleh dua APMS mitra Pertamina, yaitu APMS 56.611.02 atas nama Solahodddin dan APMS 56.611.01 atas nama M. Husein Kadir dengan menggunakan empat kapal pengangkut BBM. Total alokasi di kedua APMS tersebut adalah 344 kilo liter per bulan untuk Premium, dan untuk Solar sebesar 244 kilo liter per bulan.

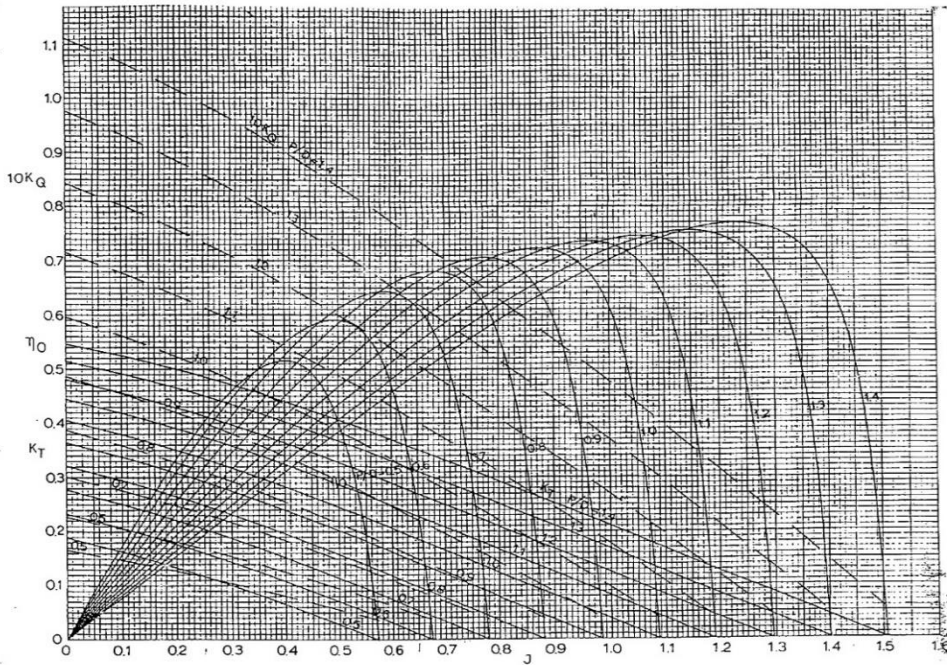
Meski pelayanan di APMS Husein Kadir tidak bisa maksimal, Pertamina tetap yakin suplay akan lancar dan tidak akan terjadi kelangkaan.

"Untuk itu saya minta masyarakat khususnya yang berada di Bawean untuk tidak khawatir mengenai pasokan BBM bersubsidi. Mengenai penyebab insiden kebaran KLM Dharma Ferry tersebut, Pertamina menyerahkan kepada instansi yang berwenang untuk menyelidiki penyebab pasti kejadian," pungkasnya. **kbc6**.



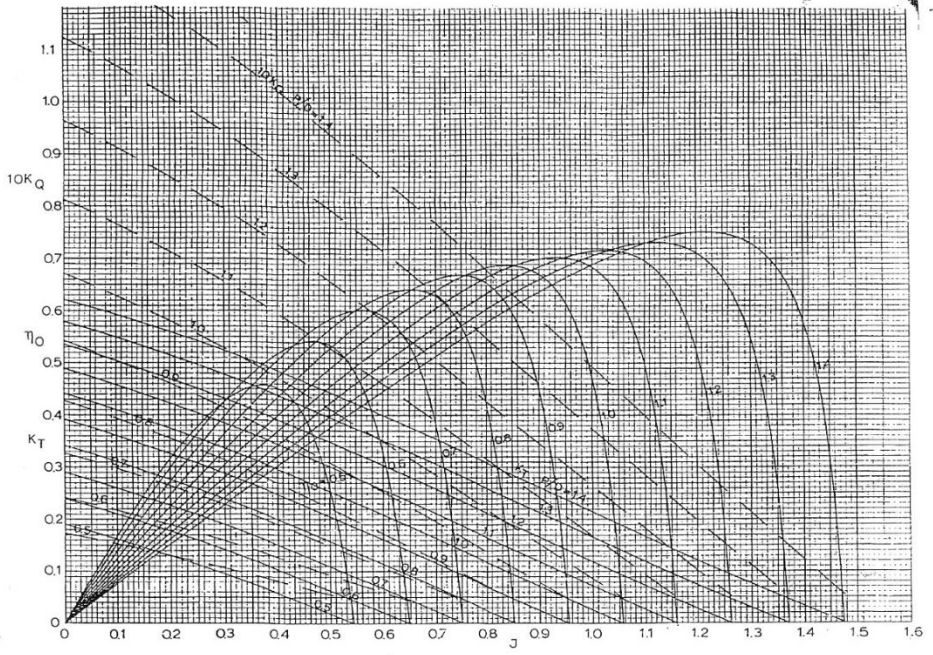
B 3-35

1973



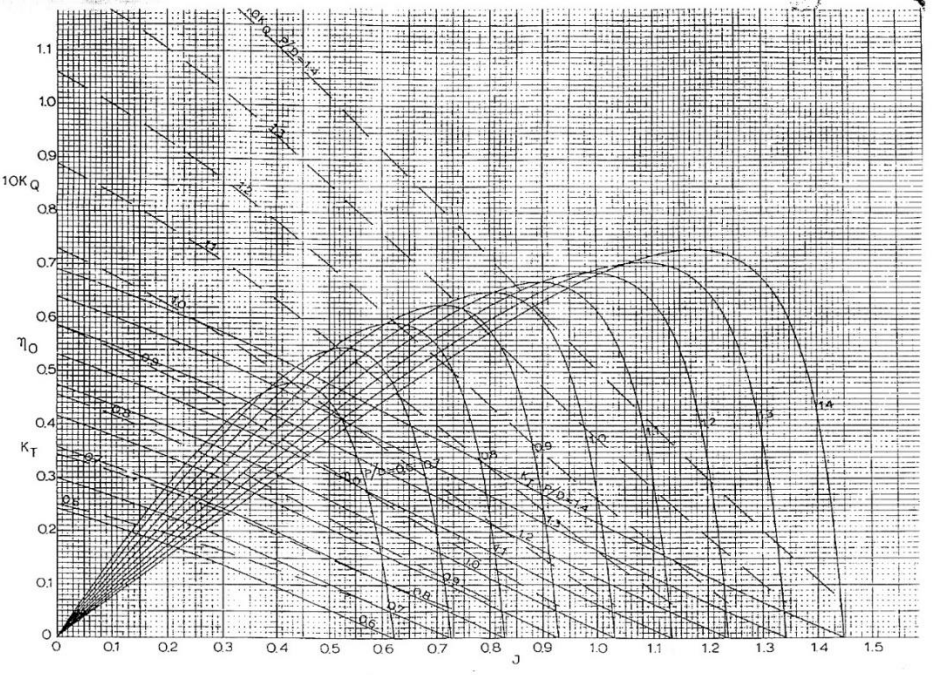
B 3-50

1973



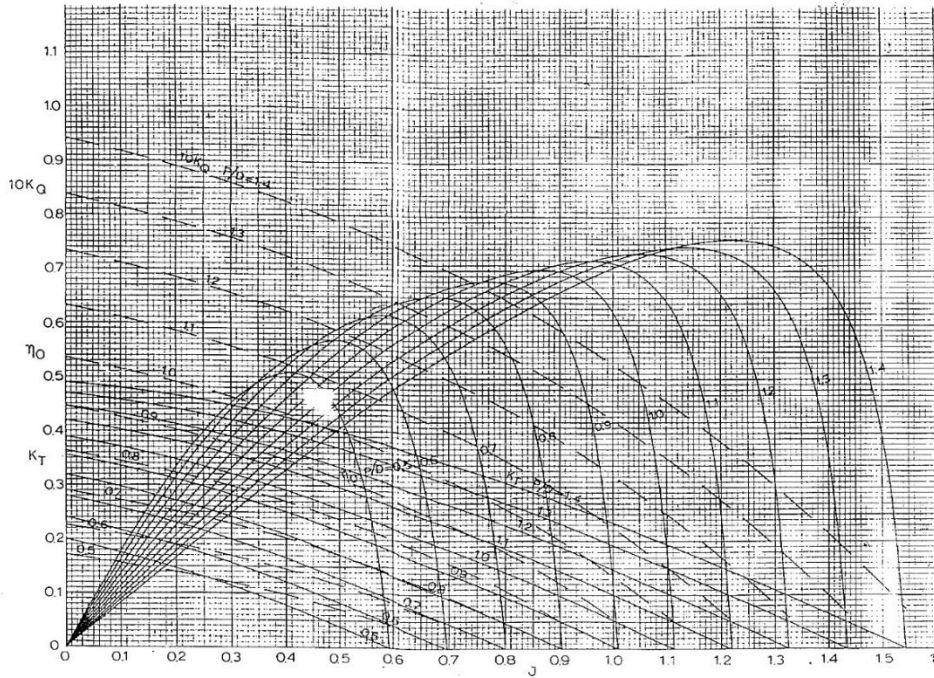
B 3-65

1973

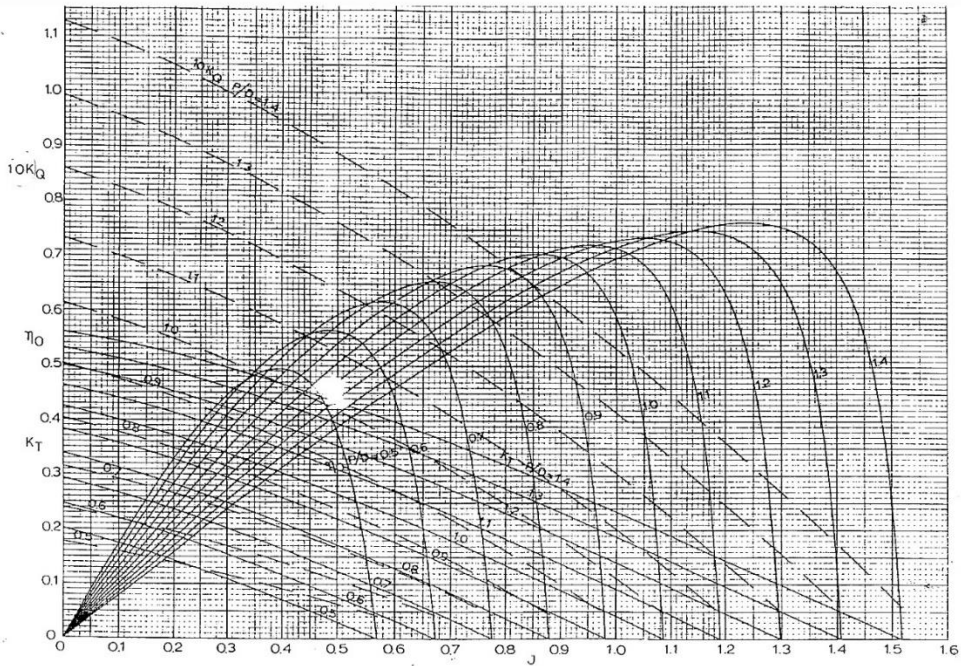


B 3-80

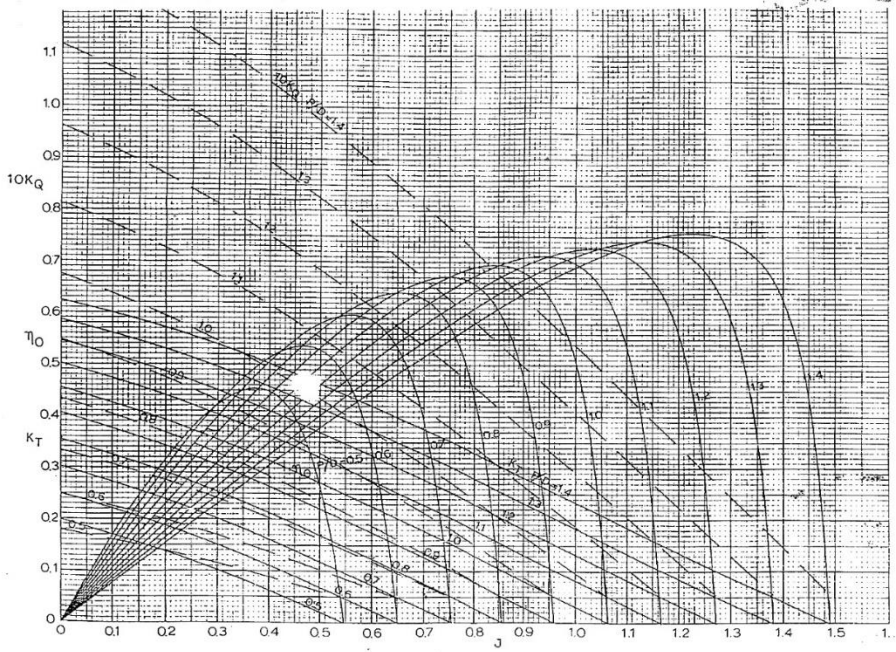
1973



B4-40

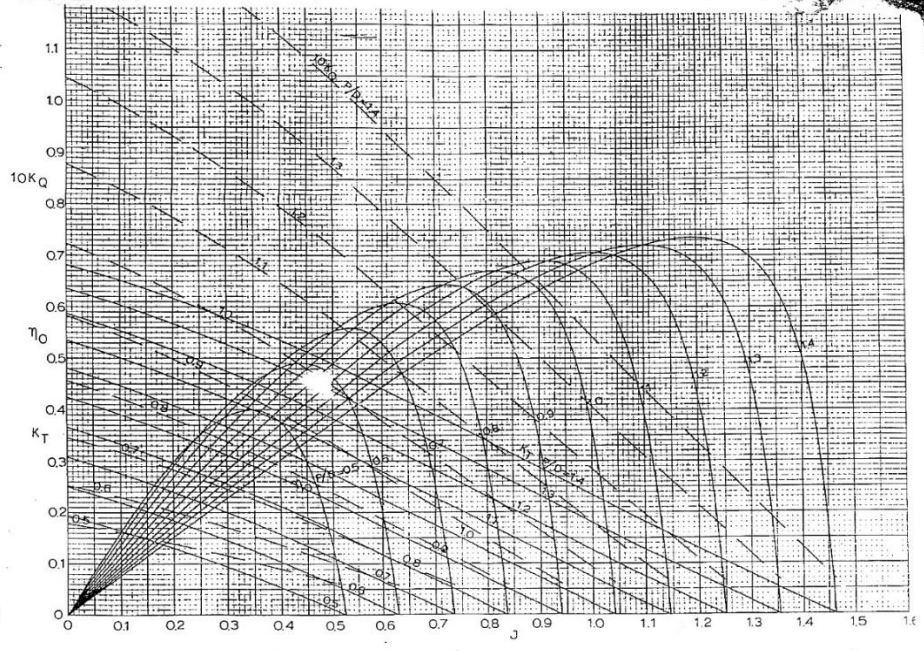


B4-55



B 4-70

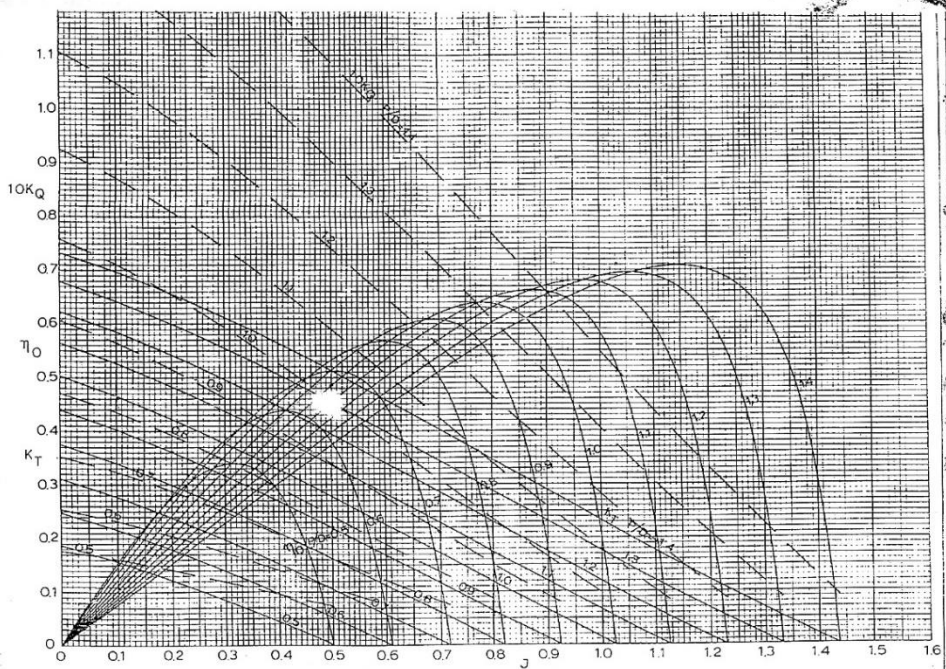
1973



B 4-85

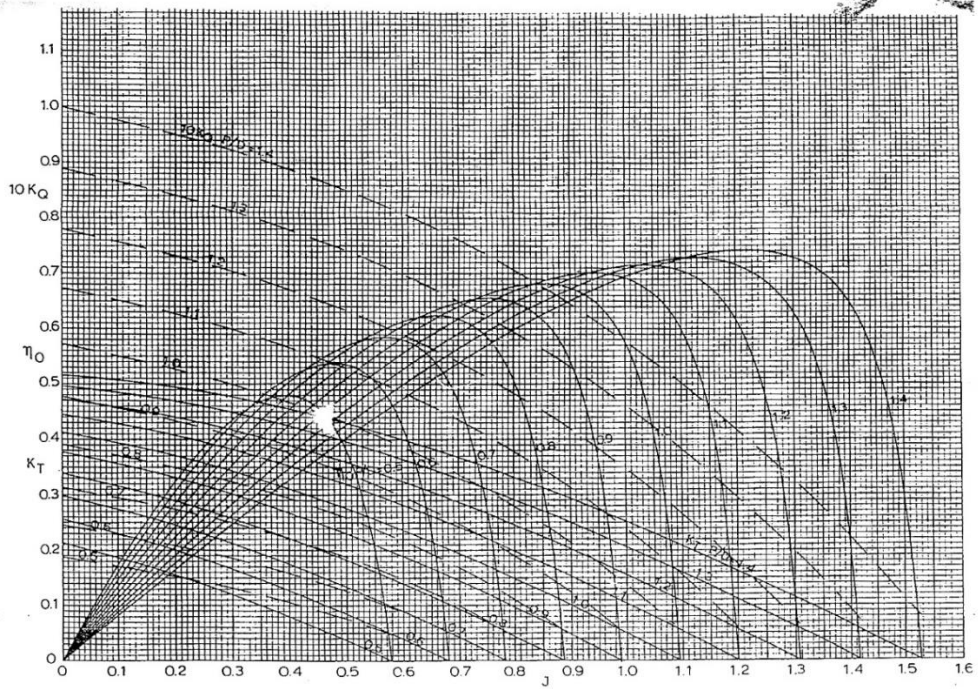
1973





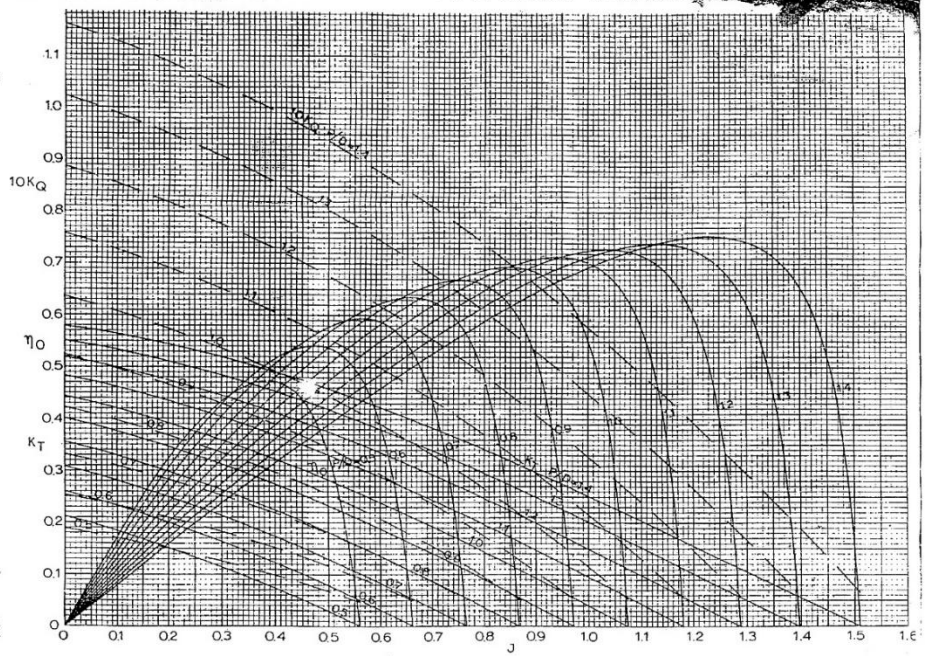
B 4-100

1973



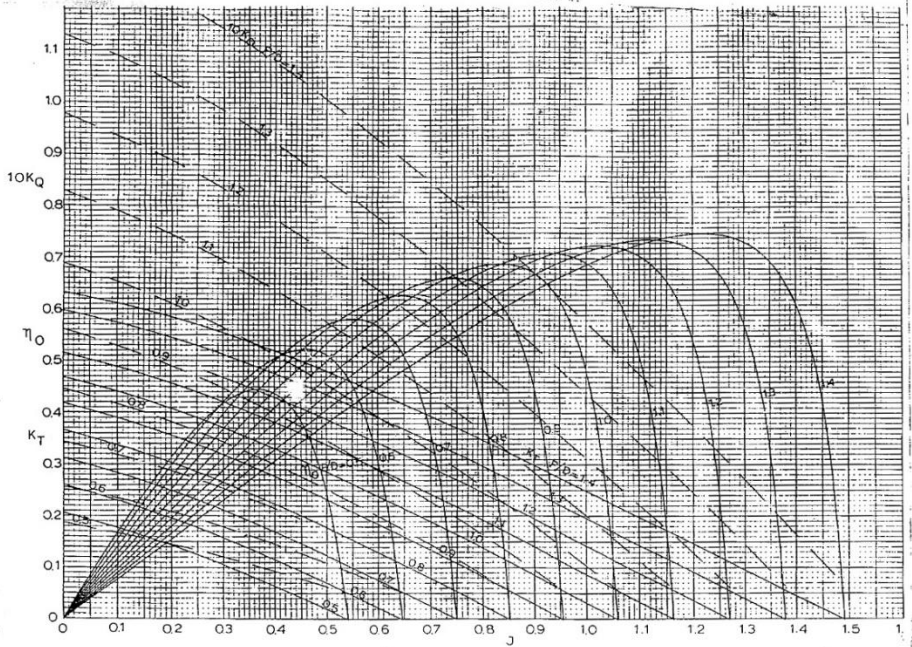
B 5-45

1973



B 5-60

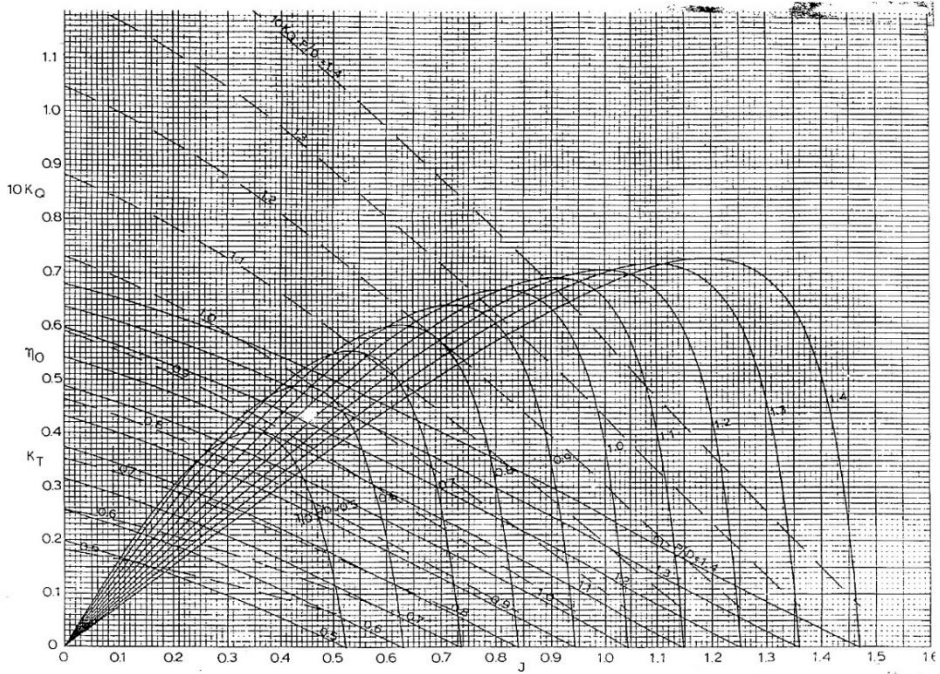
1973



B 5-75

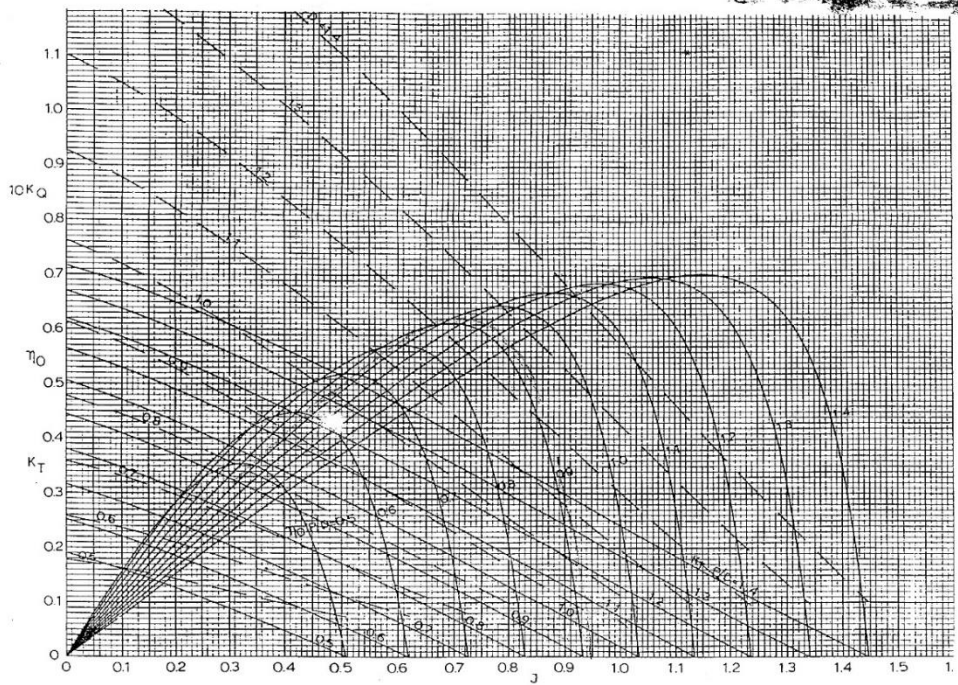
1973





B 5-90

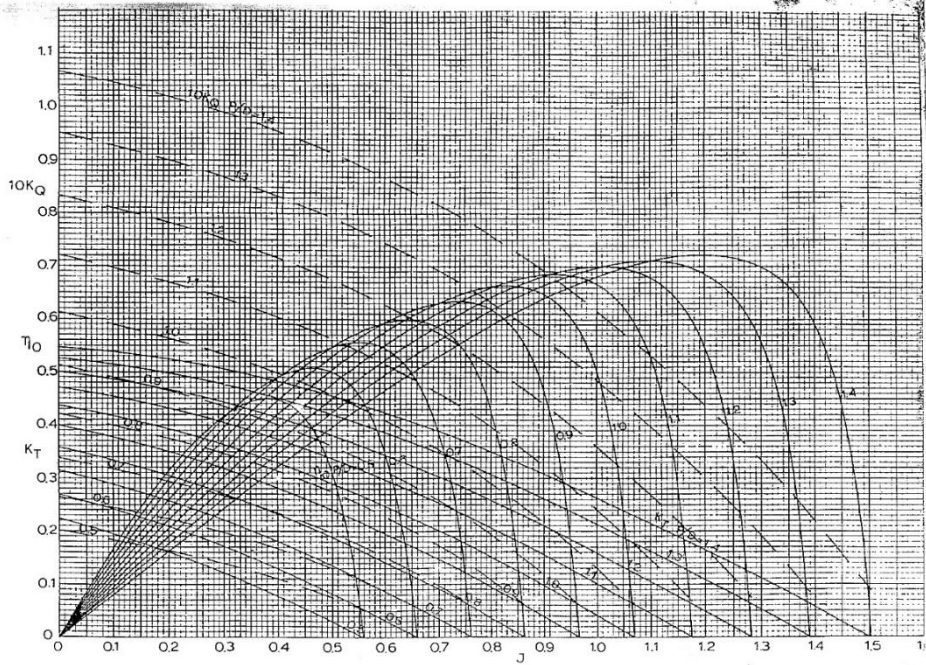
1973



B 5-105

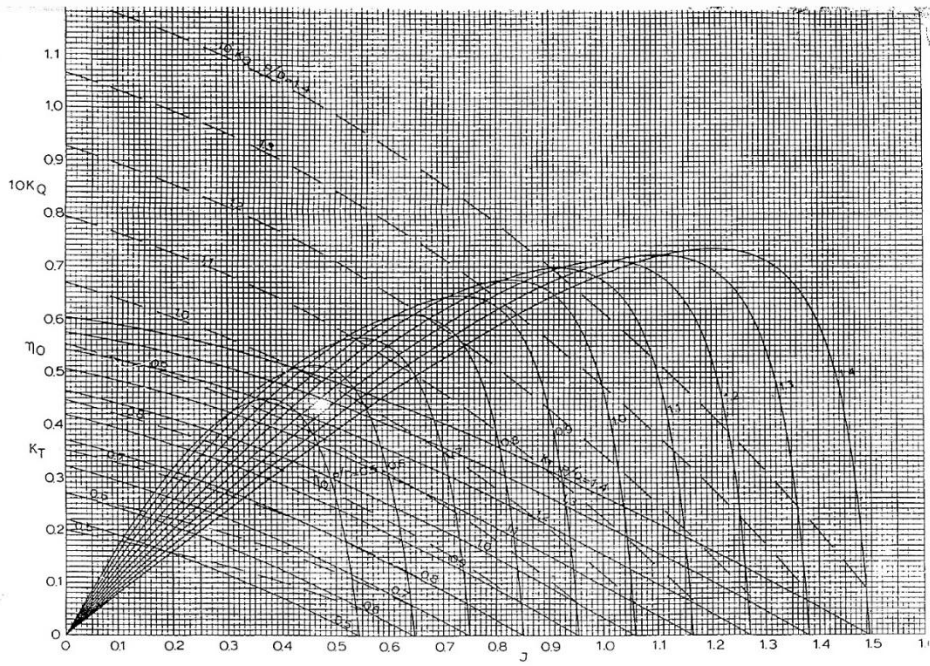
197





B 6-50

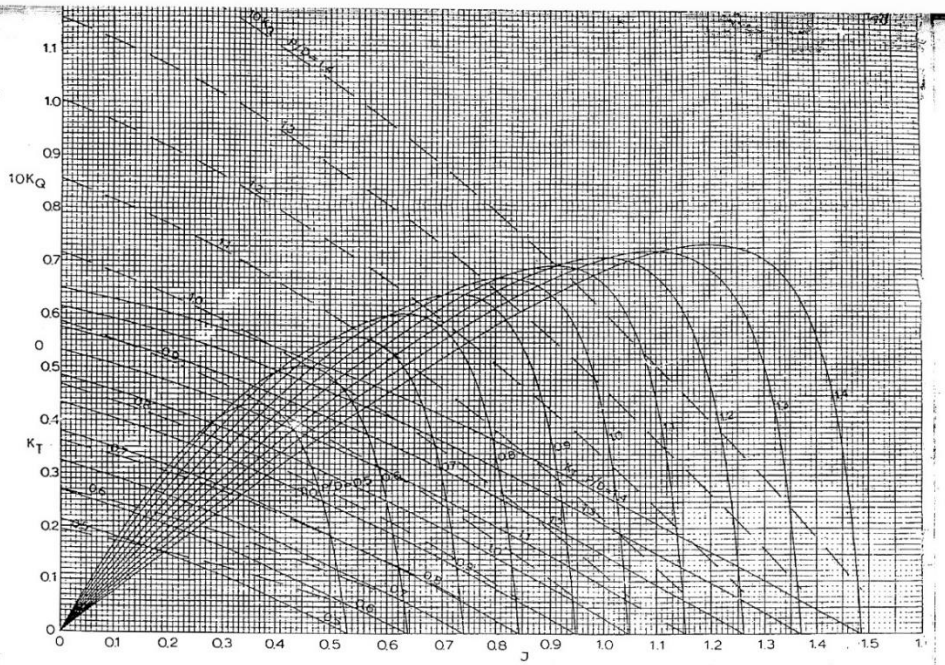
1973



B 6-65

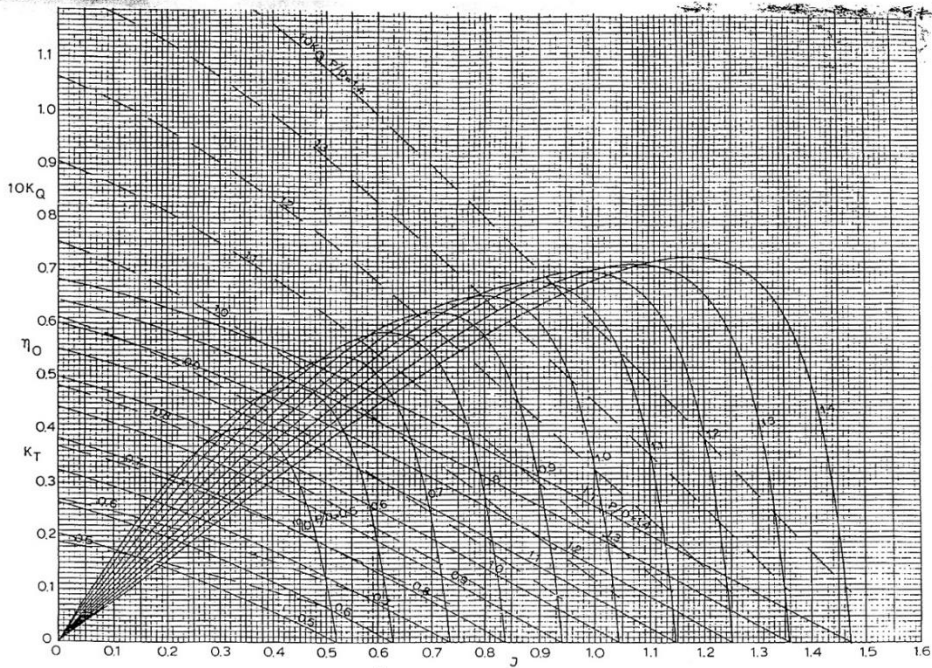
1973





B 6-80

1973

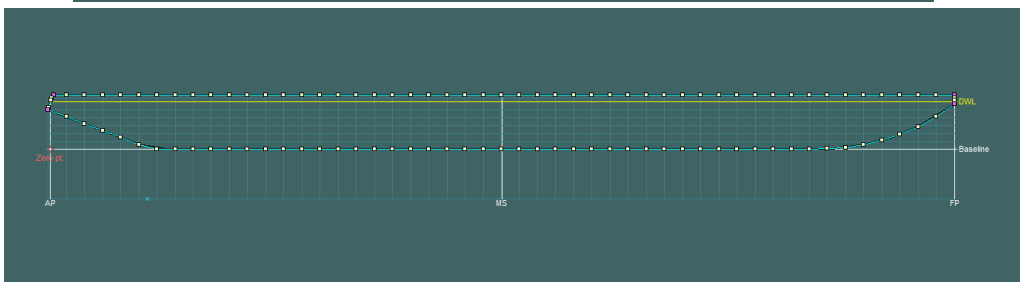
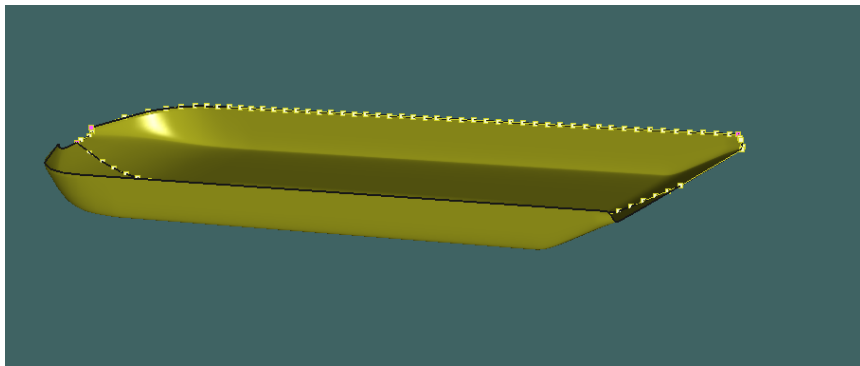


B 6-95

1973

## KAPAL 1

Nama	Tongkang 1	Unit
Displacement	9636	Ton
WL Length	91.23	M
Beam max extents on WL	24.38	M
Prismatic coeff. (Cp)	0.890	
Block coeff. (Cb)	0.880	
Draft	3.986	M
Speed	9	Knot

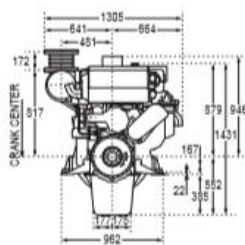


### LONG STROKE | IMO Tier II Compliant | Mechanical Engine Control

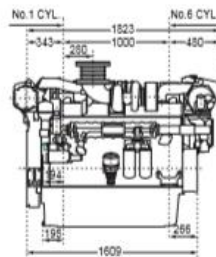
Configuration	4-cycle, Vertical, Turbo-charged with sea watercooled intercooler diesel engine	
Maximum output at crankshaft	M: 610 kW@1900 rpm	[829 mhp@1900 rpm]
	H: 555 kW@1840 rpm	[755 mhp@1840 rpm]
Displacement	20.379 ltr	
Bore x stroke	155 mm x 180 mm	
Cylinders	6 in-line	
Combustion system	Direct injection	
Starting system	Electric starting motor [DC 24V - 8 kW] [optional airstarting]	
Flywheel housing size	SAE #0 and 18 inch	
Cooling system	With Heat exchanger [optional keel cooling]	
Cooling fresh water capacity	60 ltr	
Lubrication system	Forced lubrication with gear pump	
Lubricating oil capacity	91 ltr	
Lubricating oil grade	SAE40 or SAE15W-40	
Direction of rotation [crankshaft]	Counterclockwise viewed from stern	
Dry weight without gear	2365	
Environmental	IMO Tier II	
Fuel consumption [at rated output]	M: 207 gr/kW hr	H: 202 gr/kW hr

#### DIMENSIONS [UNIT: MM]

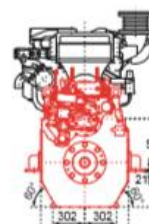
Front view, engine only



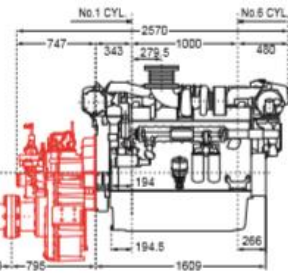
Right side view, engine only



Rear view with gearbox YXH240L

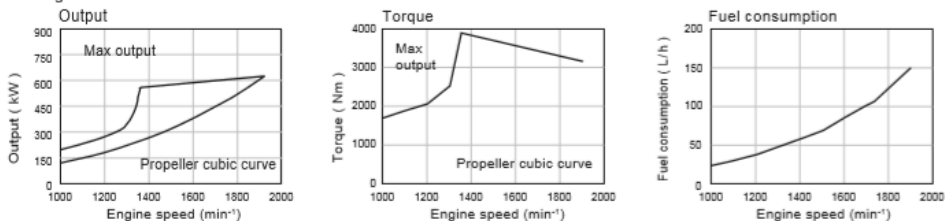


Right side view with gearbox YXH240L

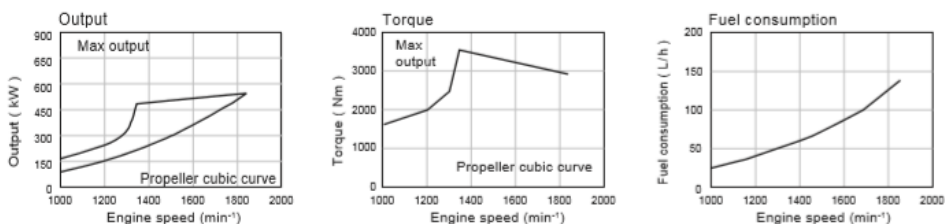


PERFORMANCE CURVES

M-rating



H-rating

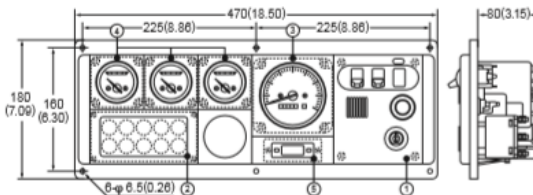


Rating definitions: hp= 0.7355 kW Ratings are based on conditions of 100 kPa, 30% relative humidity at 25°C.  
 M- For applications where use of rated power is less than 10 hours continuous and operation is less than 3000 hours per year. When combined with a correctly matched propeller which allows the engine rated speed to be achieved in a fully loaded vessel state, the reduced power operation can be at or below 50 rpm of the rated speed.  
 H- For applications where use of rated power is less than 24 hours continuous and operation is less than 4000 hours per year. When combined with a correctly matched propeller which allows the engine rated speed to be achieved in a fully loaded vessel state, the reduced power operation can be at or below 60 rpm of the rated speed.  
 Fuel rates: Specific gravity 0.835 g/cc, low calorific value 42700 kJ/kg (10200 kcal/kg), Cetane No. 45.

MARINE GEARS SPECIFICATIONS

Model	YXH-240				YXH-240L					
Type	Hydraulic multi-disc clutch									
Dry Weight	645 kg									
Reduction Ratio [Ahead]	1.95	2.27	2.56	3.03	3.48	4.89	5.36	5.91	6.57	6.95
Direction of rotation [propeller shaft]	Clockwise or counter-clockwise viewed from stern									

INSTRUMENT PANEL D-TYPE [UNIT: MM]



- 1 Switch unit
  - Key switch
  - Alarm buzzer
  - Alarm buzzer stop switch
  - Illumination switch
- 2 Alarm lamp unit with Alarm monitor device
  - Battery not charging
  - C.W. high temp.
  - L.O. low pressure
  - Clutch oil pressure
  - L.O. filter clogged
  - C.W. level
- 3 Tachometer unit
  - Tachometer with hour meter
- 4 Sub meter unit
  - L.O. pressure meter
  - C.W. temp. meter
  - Boost meter [Turbo]
- 5 Clock unit
  - Clock



## GAYM-WET

M-rating 610kW (829mhp)

# YANMAR



- 6-cylinder, direct injection, heat exchanger cooling.
- Turbocharger + intercooler.
- 4-valves per cylinder for higher combustion efficiency.
- Available either with marine gear or without marine gear.
- Conform to IMO Tier II emissions regulations.

### Specifications

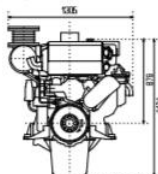
Model	GAYM-WET M-rating	
Number of cylinders	6 in-line	
Bore × stroke	mm	155 × 180
Displacement	lit.	20.379
Rated output	M : 610(829)/1900	
Combustion system	Direct injection	
Aspiration	Turbocharger + intercooler	
Starting system	Electric starting motor (24V 7.0kW)	
Cooling system	Heat exchanger	
Size of flywheel housing and flywheel	SAE #0 and 18 in.	
Dry mass	kg	2365 (without marine gear)
Dimensions (L×W×H)	mm	2000×1305×1431

### Marine gear specifications

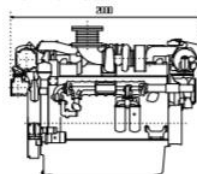
Engine model : GAYM-WET M-rating		
Model	YXH-240	YXH-240L
Type	Hydraulic multi-disc clutch	
Reduction ratio (ahead)	1.95 2.27 2.56 3.03 3.48	4.89 5.36 5.91 6.57 6.95
Direction of rotation (propeller start)	Clockwise or counterclockwise	
Dry weight	kg	645 1240

### Dimensions Unit:mm

Engine only / Front view



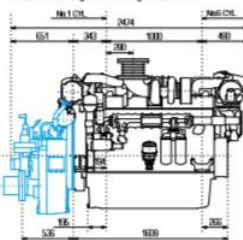
Engine only / Right side view



With YXH240 gearbox / Rear view

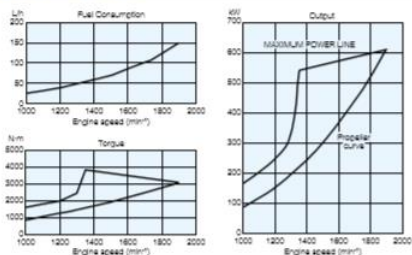


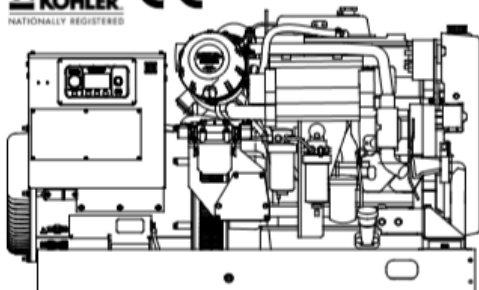
With YXH240 gearbox / Right side view



— Marine gear

### Performance curves



**KOHLER.****Model: 80EOZCJ (60 Hz)  
70EFOZCJ (50 Hz)****3-Phase Diesel****9001**  
**KOHLER**  
NATIONALLY REGISTERED

### Generator Weights and Dimensions

	Generator Set	
	HX/KC*	RAD*
Weight, kg (lb.)		
Wet	1148 (2530)	1179 (2600)
Dry	1111 (2450)	1143 (2520)
Length, mm (in.)	1657 (65.24)	1992 (78.43)
Width, mm (in.)	753 (29.65)	890 (35.05)
Height, mm (in.)	999 (39.33)	1477 (58.15)

\* HX/KC = Heat Exchanger/Keel Cooled Model

\* RAD = Radiator Model

Above dimension excludes exhaust outlet. Refer to appropriate ADV for detailed dimensions.

### Marine Generator Set

#### Generator Features

- Engine is Environmental Protection Agency (EPA) Tier III compliant (60 Hz model only)
- The unique Fast-Response™ X excitation system delivers excellent voltage response and short-circuit capability using a rare-earth permanent magnet-excited alternator
- The brushless, rotating-field alternator has broadrange reconnectability
- Remote control connector
- Class H insulation
- Reconnectable voltage
- One- or three-phase reconnectable alternator
- Voltage regulation of  $\pm 0.5\%$
- Frequency regulation of 0.5%
- Heat exchanger cooled configuration includes a wet exhaust bend
- Keel cooled configuration includes a dry exhaust bend

#### Optional Agency Type Approvals

- Det Norske Veritas-Germanischer Lloyd (DNV-GL)
- China Classification Society (CCS)
- Lloyd's Register
- Bureau Veritas (BV)
- American Bureau of Shipping (ABS)



### Generator Ratings (Prime)

Model Generator (Alternator)	Heat Exchanger/Keel Cooled Models					Radiator Models	
	Voltage	Hz	Ph	Amps	Rated kW/kVA	Amps	Rated kW/kVA
80EOZCJ (4RSX)	120/208	60	3	278	80.0/100.0	278	80.0/100.0
	120/240	60	3	241	80.0/100.0	241	80.0/100.0
	127/220	60	3	262	80.0/100.0	262	80.0/100.0
	139/240	60	3	241	80.0/100.0	241	80.0/100.0
	277/480	60	3	120	80.0/100.0	120	80.0/100.0
70EFOZCJ (4RSX)	110/190	50	3	266	70.0/88.0	266	70.0/88.0
	110/220	50	3	230	70.0/88.0	230	70.0/88.0
	120/208	50	3	243	70.0/88.0	243	70.0/88.0
	220/380	50	3	133	70.0/88.0	133	70.0/88.0
	230/400	50	3	126	70.0/88.0	126	70.0/88.0
	240/416	50	3	121	70.0/88.0	121	70.0/88.0

RATINGS: Ratings per ISO 3046, ISO 8528-1, and Kohler ISO rating guideline 2.14. Obtain technical information bulletin (TIB-101) on ratings guidelines for complete ratings definitions. Availability is subject to change without notice. Kohler Co. reserves the right to change the design or specifications without notice and without any obligation or liability whatsoever. Contact your local Kohler generator set distributor for availability.

10% overload capacity one hour in twelve hours.

## Application Data

### Engine

Engine Specifications	60 Hz	50 Hz
Type	Inline, 4-cycle	
Number of cylinders	4	
Firing order	1-3-4-2	
Aspiration	Turbocharged and aftercooled	
Displacement, L (cu. in.)	4.48 (273)	
Bore and stroke, mm (in.)	107 x 127 (4.21 x 5.00)	
Compression ratio	16.7:1	
Combustion system	Direct injection	
Rated rpm	1800	1500
Maximum power at rated rpm, HP	148	120
Cylinder block material	Cast iron	
Cylinder head material	Cast iron	
Piston rings	2 compression/1 oil	
Crankshaft material	Forged steel	
Connecting rod material	Forged steel	
Governor type	Electronic isochronous	

### Engine Electrical

Engine Electrical System	60 Hz	50 Hz
Battery, voltage	12- or 24-volt spec isolated ground, standard	
Battery, charging (12 volt)	75 amp	
Battery, charging (24 volt)	50 amp	
Battery, recommendation (min., 12 volt)	925 CCA	
Starter motor	Gear-reduction type	

### Cooling

Cooling System	60 Hz	50 Hz
Capacity, L (U.S. qt.) (approx.), HX/KC* RAD*	17 (18)	34 (36)
Cooling type, HX* RAD*	Heat exchanger Radiator	
Seawater pump type, HX/KC*	John Deere gear driven	
Seawater pump suction lift, maximum, m (ft.), HX/KC*	3.0 (10.0)	
Heat rejected to jacket water at rated kW, kW (Btu/min.)	123 (7001)	103 (5863)
Engine water pump flow, Lpm (gpm)	155 (40.9)	136 (36)
Seawater pump flow, Lpm (gpm), HX/KC*	189 (50)	155 (41)

### Fuel

Fuel System	60 Hz	50 Hz
Fuel recommendation	Diesel fuel specified to EN 590 or ASTM D975	
Fuel shutoff solenoid	Electric	
Fuel injection pump	High Pressure Common Rail (HPCR)	
Fuel pump priming	Self priming	
Maximum recommended fuel lift, m (ft.)	2.4 (7.9)	

\* HX = Heat Exchanger, KC = Keel Cooled, RAD = Radiator Model

### Lubrication

Lubricating System	60 Hz	50 Hz
Oil pan capacity with filter, L (U.S. qt.)	18 (19)	
Type	Pressure	

### Operation Requirements

Air Requirements	60 Hz	50 Hz
Engine combustion air requirements, m <sup>3</sup> /min. (cfm)	8.5 (301)	5.9 (209)
Max. air intake restriction, kPa (in. H <sub>2</sub> O)	6.25 (25)	6.25 (25)
Cooling air required for generator set at 50°C (122°F) ambient, m <sup>3</sup> /min. (cfm)		
HX/KC* RAD*	24.35 (860)	21.10 (745)
	218.0 (7700)	181.9 (6425)
Exhaust flow, m <sup>3</sup> /min. (cfm)	19.4 (685)	14.7 (519)
Exhaust temp., °C (°F)	434 (813)	488 (910)
Max. allowed exhaust backpressure, kPa (in. H <sub>2</sub> O)	7.5 (30)	7.5 (30)

Fuel Consumption	60 Hz	50 Hz
Diesel, Lph (gph) at % load		
100%	24.22 (6.40)	21.65 (5.72)
75%	18.88 (4.99)	16.58 (4.38)
50%	13.55 (3.58)	11.54 (3.05)
25%	8.21 (2.17)	6.51 (1.72)

### Engine Features

- One-side serviceability of fuel system, lubrication system, and air cleaner
- Low oil pressure cutout
- High water temperature cutout
- Loss of coolant cutout
- Overcrank cutout
- Belt guard
- Optional digital gauge
- Disposable oil filter
- Extended oil drain
- PTO options: 12- or 24-volt electric clutch

### Controller Features

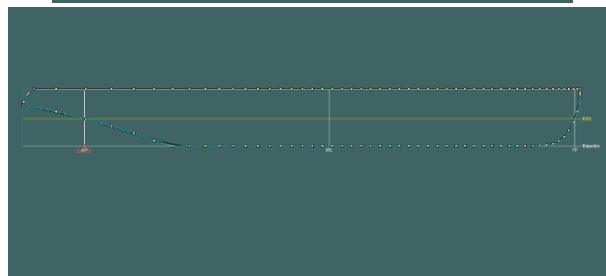
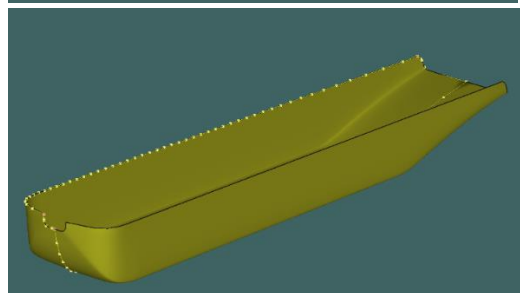
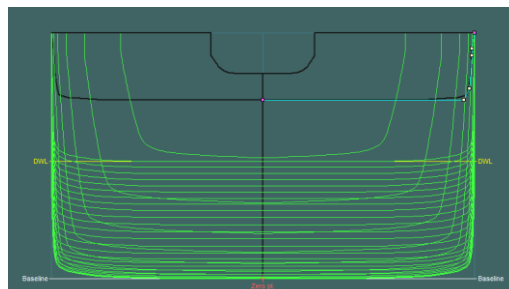
- A graphical display and pushbutton/rotary selector dial provide easy, local data access.
- Measurements are selectable in metric or English units.
- The controller supports Modbus® protocol with serial bus (RS-485) or Ethernet networks.
- Scrolling display shows critical data at a glance.
- Graphical display of power metering (kW, kVA, V, I, PF, and VAR).
- Integrated hybrid voltage regulator providing ±0.5% regulation.
- Built-in alternator thermal overload protection.

Modbus® is a registered trademark of Schneider Electric.



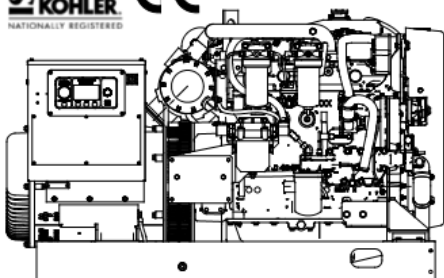
## Data kapal 2

Nama	Tongkang 2	Unit
Displacement	2100	Ton
WL Length	62.13	M
Beam max extents on WL	12.32	M
Prismatic coeff. (Cp)	0.880	
Block coeff. (Cb)	0.862	
Draft	3.3	M
Speed	9	Knot



Model	G128 Ca	G128 ZCa	G128 ZCa1	G128 ZLca	G128 ZLca3	G128 ZLca1	G128 ZLca2	G128 ZLca4	G128 Zcaf1	G128 ZLcaf
Cylinder number	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Type	Inline,direct injection,4-stroke,water cooling									
Aspiration	natural intake	turbocharged			turbocharged and intercooled				turbocharged	turbocharg
Bore(mm)	135									
Stroke(mm)	150									
Compression ration	17:1							16.5:1	17:1	
Total displacement(L)	12.9									
Firing order	1-5-3-6-2-4									
Rated Power (kw/hp)	133.7/182	162/220	162/220	187/254	187/254	200.5/273	236/320	257/350	-	-
overload Power (kw/hp)	147.1/200	178.2/242		206/280		220.5/300	260/353	283/385	-	-
UNA Rated Power (kw)	128.5	155.5	155.5	180	180	193	222	254.8	162	180
UNA overload Power (kw)	-	-	-	-	-	-	-	-	178.2	198
overload speed(rmp)	1854	1545	1854	1545	1854	1545	1545	1854	-	-
Rated speed(rmp)	1800	1500	1800	1500	1800	1500	1500	1800	1500	
Idle speed(rmp)	700±30									
Min Fuel consumption (g/kw.h)	197									
Lub consumption (g/kw.h)	≤0.7									
Starting method	electrical starting (DC24V)									
Size(mm)	1633x853x1217	1730x845x1300	1732x845x1298	1672x812x1521			1762x811x1521	1762x811x1532	1732x845x1298	1762x811x
Net weight(kg)	1050±60		1100±50	1200±50			1300±50	1200±50	950±50	1310±50
SAE	SAE1 interface,pointer instrument box(with teletransmission)				SAE1 interface,digital display instrument box(with teletransmission)				SAE1 interface,pointer instrun	

ZF W325	2.933*, 3.407, 3.958		0.1657		0.2222		1600 RPM		1800 RPM		2100 RPM		2600 RPM		315	694	SAE 1
	0.1533	0.2056	245	329	276	370	322	432	399	539							
	4.913	0.1326	0.1778	212	284	239	320	278	373	345	462						
	5.167*	0.1243	0.1667	199	267	224	300	261	350	323	433						



**Marine Generator Set**

**Generator Features**

- Engine is Environmental Protection Agency (EPA) Tier III compliant (60 Hz model only)
- The unique Fast-Response™ X excitation system delivers excellent voltage response and short-circuit capability using a rare-earth permanent magnet-excited alternator
- The brushless, rotating-field alternator has broadrange reconnectability
- Remote control connector
- Class H insulation
- Reconnectable voltage
- One- or three-phase reconnectable alternator
- Voltage regulation of ± 0.5%
- Frequency regulation of 0.5%
- Heat exchanger cooled configuration includes a wet exhaust bend
- Keel cooled configuration includes a dry exhaust bend

**Optional Agency Type Approvals**

- Det Norske Veritas-Germanischer Lloyd (DNV-GL)
- China Classification Society (CCS)
- Lloyd's Register
- Bureau Veritas (BV)
- American Bureau of Shipping (ABS)



**Generator Weights and Dimensions**

	Generator Set	
	HX/KC*	RAD*
Weight, kg (lb.)		
Wet	1016 (2240)	1039 (2290)
Dry	989 (2180)	1012 (2230)
Length, mm (in.)	1606 (63.22)	1941 (76.40)
Width, mm (in.)	738 (29.04)	827 (32.57)
Height, mm (in.)	961 (37.82)	1465 (57.68)

\* HX/KC = Heat Exchanger/Keel Cooled Model  
\* RAD = Radiator Model

Above dimension excludes exhaust outlet. Refer to appropriate ADV for detailed dimensions.

**Generator Ratings (Prime)**

Model Generator (Alternator)	Heat Exchanger/Keel Cooled Models				Radiator Models		
	Voltage	Hz	Ph	Amps	Rated kW/kVA	Amps	Rated kW/kVA
65EOZCJ (4P10X)	120/208	60	3	226	65.0/81.0	222	64.0/80.0
	120/240	60	3	195	65.0/81.0	192	64.0/80.0
	120/240	60	1	242	58.0/58.0	242	58.0/58.0
	127/220	60	3	213	65.0/81.0	210	64.0/80.0
	139/240	60	3	195	65.0/81.0	192	64.0/80.0
	277/480	60	3	98	65.0/81.0	96	64.0/80.0
55EFOZCJ (4P10X)	110/190	50	3	209	55.0/69.0	198	52.0/65.0
	110/220	50	3	180	55.0/69.0	171	52.0/65.0
	115/230	50	1	217	50.0/50.0	217	50.0/50.0
	120/208	50	3	177	51.0/64.0	177	51.0/64.0
	220/380	50	3	104	55.0/69.0	99	52.0/65.0
	230/400	50	3	100	55.0/69.0	94	52.0/65.0
	240/416	50	3	88	51.0/64.0	88	51.0/64.0

## Application Data

### Engine

Engine Specifications	60 Hz	50 Hz
Type	Inline, 4-cycle	
Number of cylinders	4	
Firing order	1-3-4-2	
Aspiration	Turbocharged	
Displacement, L (cu. in.)	4.5 (275)	
Bore and stroke, mm (in.)	106 x 127 (4.17 x 5.00)	
Compression ratio	16:1	
Combustion system	Direct injection	
Rated rpm	1800	1500
Maximum power at rated rpm, HP	99	82
Cylinder block material	Cast iron	
Cylinder head material	Cast iron	
Piston rings	2 compression/1 oil	
Crankshaft material	Forged steel	
Connecting rod material	Forged steel	
Governor type	Electronic isochronous	

### Engine Electrical

Engine Electrical System	60 Hz	50 Hz
Battery, voltage	12- or 24-volt spec isolated ground, standard	
Battery, charging (12 volt)	75 amp	
Battery, charging (24 volt)	50 amp	
Battery, recommendation (min., 12 volt)	625 CCA	
Starter motor	Gear-reduction type	

### Cooling

Cooling System	60 Hz	50 Hz
Capacity, L (U.S. qt.) (approx.), HX/KC* RAD*	14 (15) 24.6 (26)	
Cooling type, HX* RAD*	Heat exchanger Radiator	
Seawater pump type, HX/KC*	John Deere gear driven	
Seawater pump suction lift, maximum, m (ft.), HX/KC*	3.0 (10.0)	
Heat rejected to jacket water at rated kW, kW (Btu/min.)	80 (4548)	70 (3984)
Engine water pump flow, Lpm (gpm)	117 (30.9)	82.9 (21.9)
Seawater pump flow, Lpm (gpm), HX/KC*	90 (24)	76 (20)

### Fuel

Fuel System	60 Hz	50 Hz
Fuel recommendation	Diesel fuel specified to EN 590 or ASTM D975	
Fuel shutoff solenoid	Electric	
Fuel injection pump	High Pressure Common Rail (HPCR)	
Fuel pump priming	Mechanical	
Maximum recommended fuel lift, m (ft.)	2.4 (7.9)	

\* HX = Heat Exchanger, KC = Keel Cooled, RAD = Radiator Model

### Lubrication

Lubricating System	60 Hz	50 Hz
Oil pan capacity with filter, L (U.S. qt.)	14 (15)	
Type	Pressure	

### Operation Requirements

Air Requirements	60 Hz	50 Hz
Engine combustion air requirements, m <sup>3</sup> /min. (cfm)	6.1 (215)	4.2 (148)
Max. air intake restriction, kPa (in. H <sub>2</sub> O)	6.25 (25)	6.25 (25)
Cooling air required for generator set at 50°C (122°F) ambient, m <sup>3</sup> /min. (cfm)		
HX/KC* RAD*	18.12 (640) 135.9 (4800)	15.72 (555) 113.3 (4000)
Exhaust flow, m <sup>3</sup> /min. (cfm)	14.74 (521)	10.51 (371)
Exhaust temp., °C (°F)	452 (846)	482 (900)
Max. allowed exhaust backpressure, kPa (in. H <sub>2</sub> O)	7.5 (30)	7.5 (30)

Fuel Consumption	60 Hz	50 Hz
<b>Diesel, Lph (gph) at % load</b>		
100%	20.21 (5.34)	16.88 (4.46)
75%	15.59 (4.12)	12.79 (3.38)
50%	10.97 (2.90)	8.74 (2.31)
25%	6.32 (1.67)	4.65 (1.23)

### Engine Features

- One-side serviceability of fuel system, lubrication system, and air cleaner
- Low oil pressure cutout
- High water temperature cutout
- Loss of coolant cutout
- Overcrank cutout
- Belt guard
- Optional digital gauge
- Disposable oil filter
- Extended oil drain
- PTO options: 12- or 24-volt electric clutch

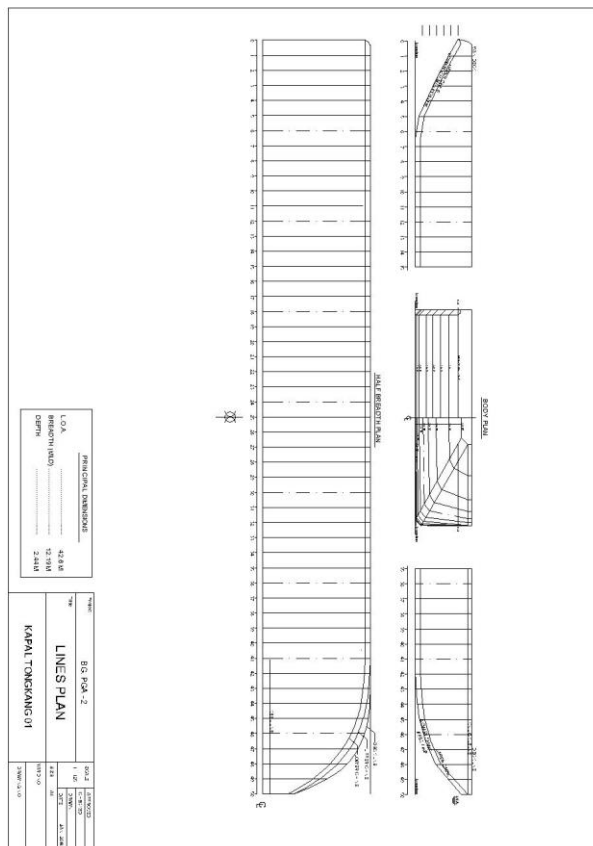
### Controller Features

- A graphical display and pushbutton/rotary selector dial provide easy, local data access.
- Measurements are selectable in metric or English units.
- The controller supports Modbus<sup>®</sup> protocol with serial bus (RS-485) or Ethernet networks.
- Scrolling display shows critical data at a glance.
- Graphical display of power metering (kW, kVA, V, I, PF, and VAR).
- Integrated hybrid voltage regulator providing ±0.5% regulation.
- Built-in alternator thermal overload protection.

Modbus<sup>®</sup> is a registered trademark of Schneider Electric.

KAPAL 3

Nama	Tongkang 3	Unit
Displacement	1115	Ton
WL Length	42.56	M
Beam max extents on WL	12.19	M
Prismatic coeff. (Cp)	0.891	
Block coeff. (Cb)	0.880	
Draft	2.44	M
Speed	9	Knot



## MESIN KAPAL 3

			1600 RPM		1800 RPM		2100 RPM		3000 RPM		130	287	SAE 1	
ZF 325-1	1.000, 1.050*, 1.167*, 1.225*, 1.459, 1.727, 2.033, 2.250*	0.1556	0.2087	249	334	280	376	327	438	467	626			
	2.500	0.1450	0.1944	232	311	261	350	305	408	435	583			
	2.957	0.1326	0.1778	212	284	239	320	278	373	398	533			
ZF 325-1 A 7 degrees	1.216*, 1.485, 1.733, 2.037, 2.240*	0.1556	0.2087	249	334	280	376	327	438	467	626	130	287	SAE 1
	2.417	0.1450	0.1944	232	311	261	350	305	408	435	583			
ZF 335 A 7 degrees	1.441, 1.594*, 1.767, 1.964, 2.192	0.1802	0.2417	288	387	324	435	378	508	541	725	159	351	SAE 1
	2.458	0.1699	0.2278	272	364	306	410	357	478	510	683			
ZF W350-1	3.026*, 3.500*, 3.968*, 4.536, 4.962, 5.458*, 5.955*	0.2071	0.2777	331	444	373	500	435	583	497	666	500	1102	SAE 0.1
	6.409*	0.1326	0.1778	212	284	239	320	278	373	345	462			

312HP 1800RPM Weichai marine propulsion diesel engine (WD10C312-18)

Weichai Deutz WD10C (WD615C) series marine diesel engine 170HP-326HP		
Type		4 stroke, water cooling., In-line, Dry liner
Model		WD10C312-18
Cylinder Nos.		6
Bore x stroke	(mm)	126x130
Intake Mode		Turbocharged and intercooled
Displacement	(L)	9.726
Compression Ratio		18
Rated Power KW	KW	230KW
Rated Power HP	HP	312HP
Rated speed	RPM	1800RPM
Idle speed	RPM	600±30
Min fuel consumption	(g.KW/h)	195
Min lube oil consumption	(g.KW/h)	0.8
Smoke	RB	1.2
Emission standard		IMO Tier II
Noise	[dB(A)]	<=108
Direction		Clockwise ( face to free end)
Fire order		1-5-3-6-2-4
Weight	KG	1018
Size	mm	1895*948*1176
Starting mode		Electronical starting
Overhaul period	(Hour)	6000
Application		Fishing boat, working boat, Tugboat, etc

## Marine Engine- WD10 Series

### General Specifications

Bore & Stroke	126x130 mm
Displacement	9.7 L
Cylinder Number	6
Compression ratio	17:1
Fuel System	Mechanical Pump
Aspiration	T/TA
Emission Standard	IMO Tier II



Duty	Model	HP	kW	RPM
P1	WD10C190-15	190	140	1500
P1	WD10C218-15	218	160	1500
P1	WD10C240-15	240	176	1500
P1	WD10C258-15	258	190	1500
P1	WD10C278-15	278	205	1500
P1	WD10C190-18	190	140	1800
P1	WD10C200-18	200	147	1800

Duty	Model	HP	kW	RPM
P1	WD10C240-18	240	176	1800
P1	WD10C278-18	278	205	1800
P1	WD10C312-18	312	230	1800
P1	WD10C200-21	200	147	2100
P1	WD10C278-21	278	205	2100
P1	WD10C300-21	300	220	2100
P1	WD10C326-21	326	240	2100

### Standard Equipments

#### Engine and block

Cast iron frame style body structure  
 One-piece forged crankshaft  
 Separate cast iron cylinder heads and dry liners  
 Aluminium alloy pistons with gallery oil cooling

#### Cooling system

Fresh / raw water heat exchanger with integrated thermostatic valves and expansion tank  
 Cast iron centrifugal fresh water pump, mechanically driven  
 Self-priming raw water pump, mechanically driven

#### Lubrication system

Full flow duplex type oil filters replaceable engine running  
 Fresh water cooled lube oil cooler plate type

#### Fuel system

P type in line injection pump  
 Dual-skinned fuel pipe with alarm and leakage collector  
 Duplex fuel filters replaceable engine running  
 Water separated filter

#### Intake air and exhaust system

Washable air filter & exhaust expansion joint  
 Insulated dry type or water jacket exhaust manifold

#### Electrical system

24V electric starter motor and battery charging alternator  
 Voyage safeguard monitor and 5m harness

#### Flywheel and housing

SAE1 flywheel housing and SAE 14 flywheel

#### Certification

CCS and EIAPP

### Optional Equipments

Different harness length of remote monitor  
 Free end PTO

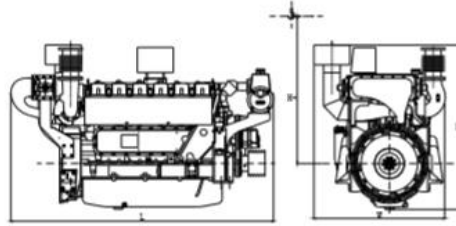
Equipment and factory trial according to Major Classification Societies rules

	P1 Duty	P2 Duty	P3 Duty	P4 Duty
Application	Unrestricted continuous	continuous	intermittent	high performance
Engine load variations	Very little or none	continuous	important	very important
Mean engine load factor	80 to 100%	30 to 80%	50%	30%
Annual working time	More than 5000 h	3000 to 5000 h	1000 to 3000h	less than 1000 h
Time at full load	unlimited	8 h each 12 h	2 h each 12 h	1 h each 12 h

# WEICHAI

## Dimensions and Weight

Length	1895mm
Width	948mm
Height	1176mm
Weight	1056kg



### Power definition

Standard ISO 3046/1 -1995(F)

### Reference conditions

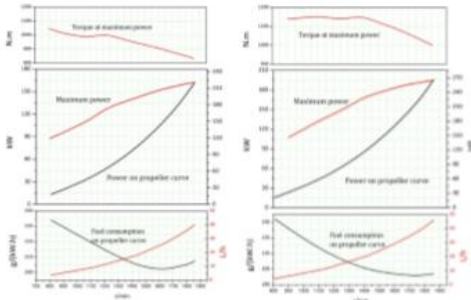
Ambient temperature	25 °C
Barometric pressure	100 kPa
Relative humidity	30%
Raw water temperature	25 °C

### Fuel

Relative density	0,840 ± 0,005
Lower calorific power	42 700 kJ/kg
Consumption tolerances	± 5 %

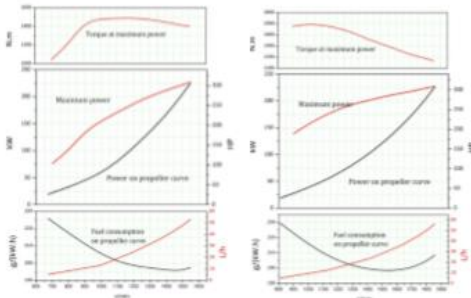
### Lube oil

Recommend grade CF-4 15W/40



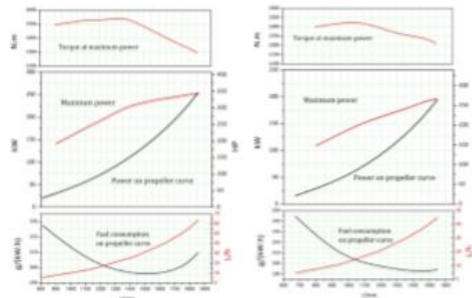
WD10C200-18

WD10C240-18



WD10C278-15

WD10C278-18



WD10C312-18

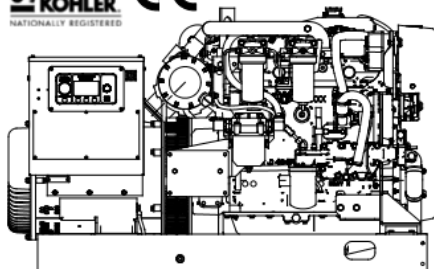
WD10C240-15



**KOHLER.**

**Model: 55EOZCJ (60 Hz)  
45EFOZCJ (50 Hz)**

**3-Phase Diesel**



**Marine Generator Set**

**Generator Features**

- Engine is Environmental Protection Agency (EPA) Tier III compliant (60 Hz model only)
- The unique Fast-Response™ X excitation system delivers excellent voltage response and short-circuit capability using a rare-earth permanent magnet-excited alternator
- The brushless, rotating-field alternator has broadrange reconnectability
- Remote control connector
- Class H insulation
- Reconnectable voltage
- One- or three-phase reconnectable alternator
- Voltage regulation of ±0.5%
- Frequency regulation of 0.5%
- Heat exchanger cooled configuration includes a wet exhaust bend
- Keel cooled configuration includes a dry exhaust bend

**Optional Agency Type Approvals**

- Det Norske Veritas-Germanischer Lloyd (DNV-GL)
- China Classification Society (CCS)
- Lloyd's Register
- Bureau Veritas (BV)
- American Bureau of Shipping (ABS)



**Generator Weights and Dimensions**

	Generator Set	
	HX/KC*	RAD*
Weight, kg (lb.)		
Wet	982 (2164)	1004 (2214)
Dry	954 (2104)	977 (2154)
Length, mm (in.)	1549 (60.97)	1884 (74.15)
Width, mm (in.)	738 (29.04)	827 (32.57)
Height, mm (in.)	961 (37.82)	1465 (57.68)

\* HX/KC = Heat Exchanger/Keel Cooled Model  
\* RAD = Radiator Model

Above dimension excludes exhaust outlet. Refer to appropriate ADV for detailed dimensions.

**Generator Ratings (Prime)**

Model Generator (Alternator)	Heat Exchanger/Keel Cooled Models					Radiator Models	
	Voltage	Hz	Ph	Amps	Rated kW/kVA	Amps	Rated kW/kVA
55EOZCJ (4P8X)	120/208	60	3	191	55.0/69.0	191	55.0/69.0
	120/240	60	3	165	55.0/69.0	165	55.0/69.0
	120/240	60	1	221	53.0/53.0	221	53.0/53.0
	127/220	60	3	180	55.0/69.0	180	55.0/69.0
	139/240	60	3	165	55.0/69.0	165	55.0/69.0
	277/480	60	3	83	55.0/69.0	83	55.0/69.0
45EFOZCJ (4P8X)	110/190	50	3	171	45.0/56.0	171	45.0/56.0
	110/220	50	3	148	45.0/56.0	148	45.0/56.0
	115/230	50	1	196	45.0/45.0	196	45.0/45.0
	120/208	50	3	142	41.0/51.0	142	41.0/51.0
	220/380	50	3	86	45.0/56.0	86	45.0/56.0
	230/400	50	3	79	44.0/55.0	79	44.0/55.0
	240/416	50	3	71	41.0/51.0	71	41.0/51.0

## Application Data

### Engine

Engine Specifications	60 Hz	50 Hz
Type	Inline, 4-cycle	
Number of cylinders	4	
Firing order	1-3-4-2	
Aspiration	Turbocharged	
Displacement, L (cu. in.)	4.5 (275)	
Bore and stroke, mm (in.)	106 x 127 (4.17 x 5.00)	
Compression ratio	16:1	
Combustion system	Direct injection	
Rated rpm	1800	1500
Maximum power at rated rpm, HP	99	82
Cylinder block material	Cast iron	
Cylinder head material	Cast iron	
Piston rings	2 compression/1 oil	
Crankshaft material	Forged steel	
Connecting rod material	Forged steel	
Governor type	Electronic isochronous	

### Engine Electrical

Engine Electrical System	60 Hz	50 Hz
Battery, voltage	12- or 24-volt spec isolated ground, standard	
Battery, charging (12 volt)	75 amp	
Battery, charging (24 volt)	50 amp	
Battery, recommendation (min., 12 volt)	625 CCA	
Starter motor	Gear-reduction type	

### Cooling

Cooling System	60 Hz	50 Hz
Capacity, L (U.S. qt.) (approx.), HX/KC* RAD*	14 (15) 24.6 (26)	
Cooling type, HX* RAD*	Heat exchanger Radiator	
Seawater pump type, HX/KC*	John Deere gear driven	
Seawater pump suction lift, maximum, m (ft.), HX/KC*	3.0 (10.0)	
Heat rejected to jacket water at rated kW, kW (Btu/min.)	80 (4548)	70 (3984)
Engine water pump flow, Lpm (gpm)	117 (30.9)	82.9 (21.9)
Seawater pump flow, Lpm (gpm), HX/KC*	90 (24)	76 (20)

### Fuel

Fuel System	60 Hz	50 Hz
Fuel recommendation	Diesel fuel specified to EN 590 or ASTM D975	
Fuel shutoff solenoid	Electric	
Fuel injection pump	High Pressure Common Rail (HPCR)	
Fuel pump priming	Mechanical	
Maximum recommended fuel lift, m (ft.)	2.4 (7.9)	

\* HX = Heat Exchanger, KC = Keel Cooled, RAD = Radiator Model

### Lubrication

Lubricating System	60 Hz	50 Hz
Oil pan capacity with filter, L (U.S. qt.)	14 (15)	
Type	Pressure	

### Operation Requirements

Air Requirements	60 Hz	50 Hz
Engine combustion air requirements, m <sup>3</sup> /min. (cfm)	6.1 (215)	4.2 (148)
Max. air intake restriction, kPa (in. H <sub>2</sub> O)	6.25 (25)	6.25 (25)
Cooling air required for generator set at 50°C (122°F) ambient, m <sup>3</sup> /min. (cfm)		
	HX/KC* RAD*	
	18.12 (640)	15.72 (555)
	135.9 (4800)	113.3 (4000)
Exhaust flow, m <sup>3</sup> /min. (cfm)	14.74 (521)	10.51 (371)
Exhaust temp., °C (°F)	452 (846)	482 (900)
Max. allowed exhaust backpressure, kPa (in. H <sub>2</sub> O)	7.5 (30)	7.5 (30)

### Fuel Consumption

Diesel, Lph (gph) at % load	60 Hz	50 Hz
100%	17.64 (4.66)	14.04 (3.71)
75%	13.66 (3.61)	10.67 (2.82)
50%	9.65 (2.55)	7.34 (1.94)
25%	5.67 (1.50)	3.97 (1.05)

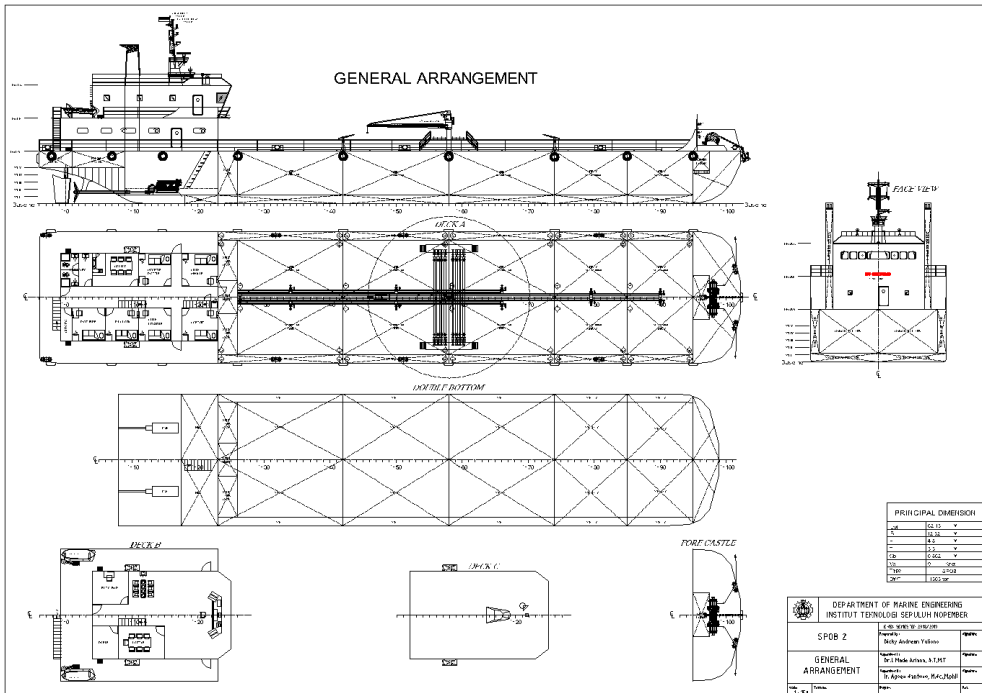
### Engine Features


- One-side serviceability of fuel system, lubrication system, and air cleaner
- Low oil pressure cutout
- High water temperature cutout
- Loss of coolant cutout
- Overcrank cutout
- Belt guard
- Optional digital gauge
- Disposable oil filter
- Extended oil drain
- PTO options: 12- or 24-volt electric clutch


### Controller Features


- A graphical display and pushbutton/rotary selector dial provide easy, local data access.
- Measurements are selectable in metric or English units.
- The controller supports Modbus® protocol with serial bus (RS-485) or Ethernet networks.
- Scrolling display shows critical data at a glance.
- Graphical display of power metering (kW, kVA, V, I, PF, and VAR).
- Integrated hybrid voltage regulator providing ±0.5% regulation.
- Built-in alternator thermal overload protection.

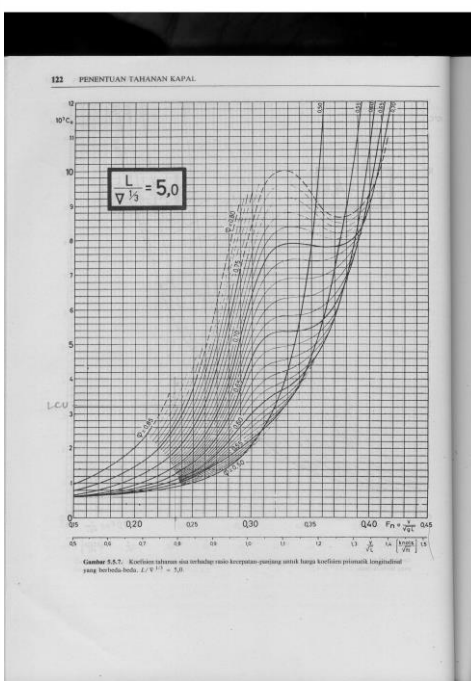
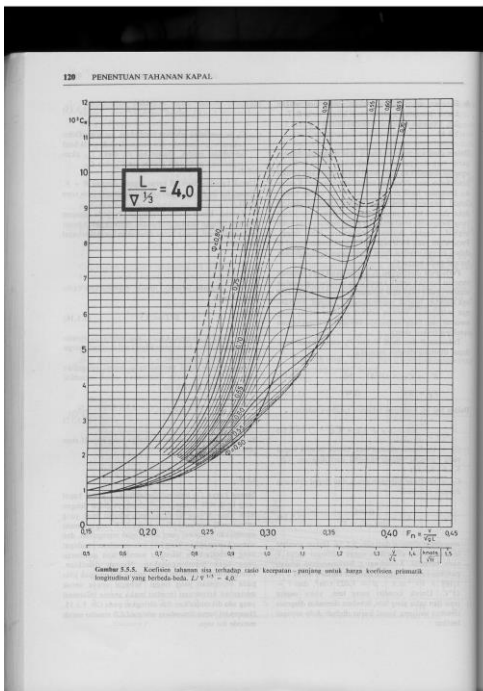
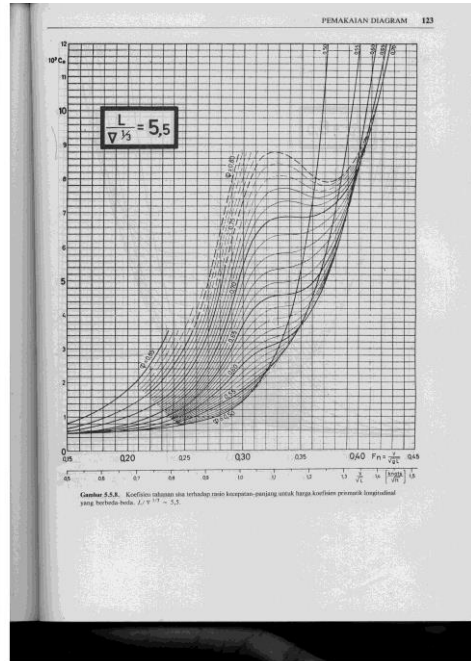
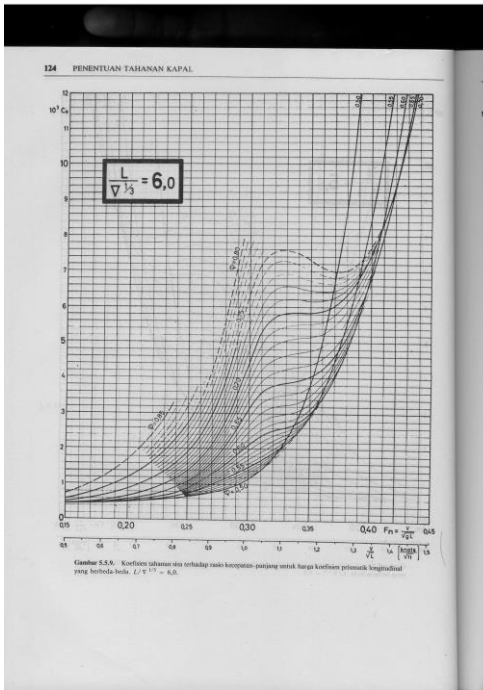
Modbus® is a registered trademark of Schneider Electric.

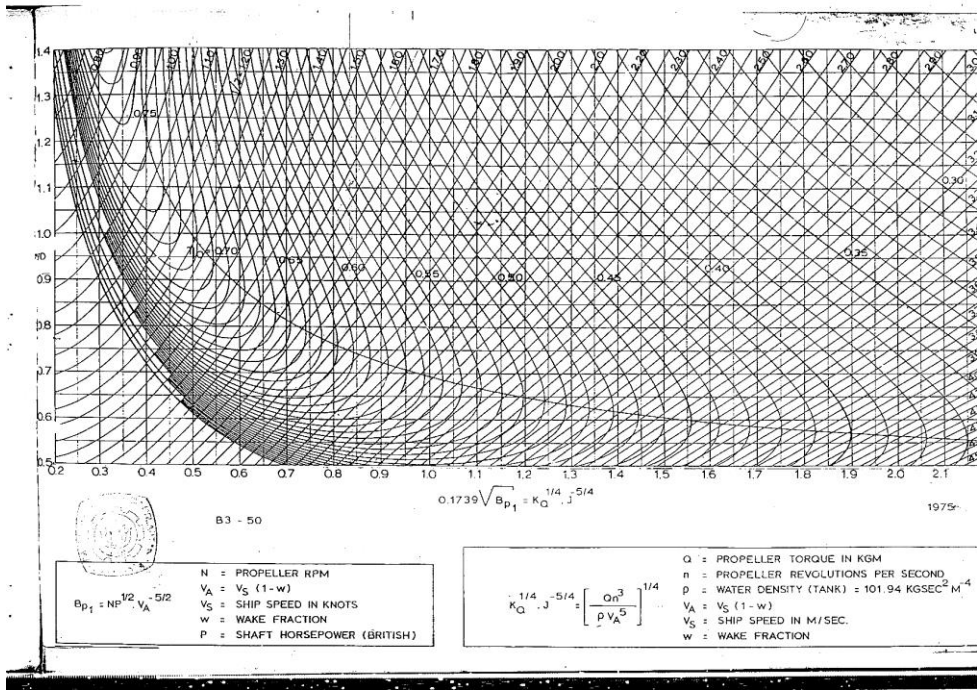
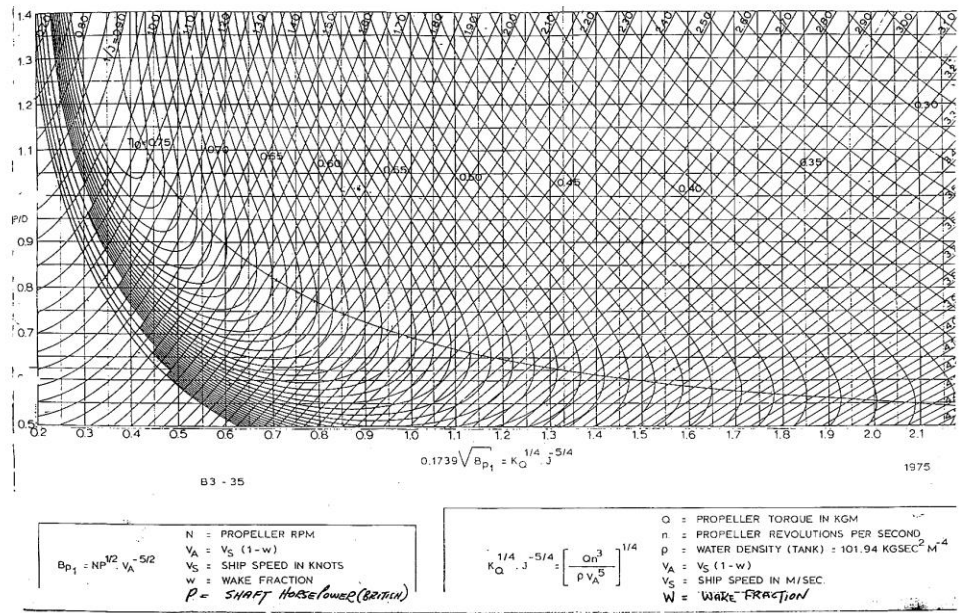


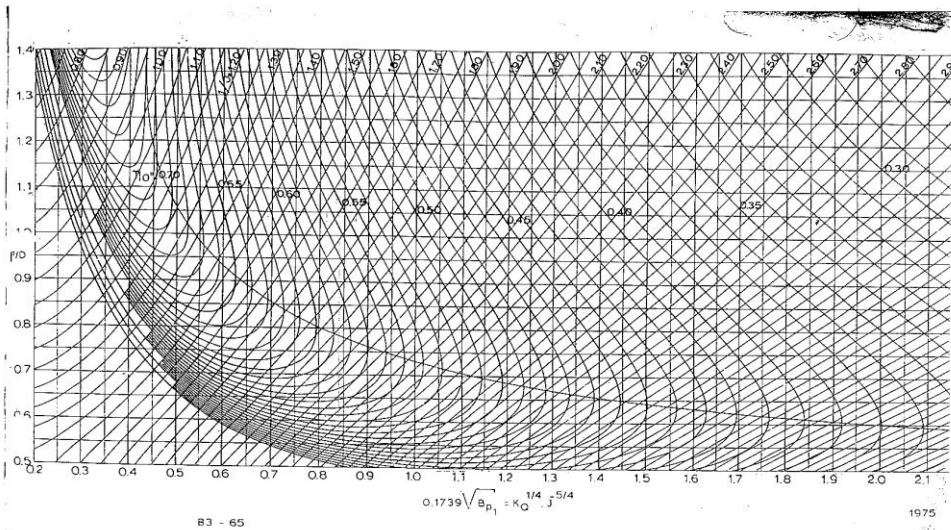
		<b>Calculation and Specification of Generator and Shore Connection</b>			Project	kapal 1
					Doc. No	: 12 - 42 16 010- EL
					Rev. No	:
					Page	: 7
<b>Electrical Load (kW)</b>						
No	ITEM		Sailing	Loading	Unloading Siang	Malam
1	MACHINERY PART	: Continue load	61.5	3.8	1.4	1.4
		: Intermitten load	19	32.2	3.3	3.3
2	HULL PART	: Continue load	32.8	16.4	13.7	15.8
		: Intermitten load	0.0	3.1	3.1	0.0
3	ELECTRICAL PART	: Continue load	5.7	8.3	1.3	12.6
		: Intermitten load	7.3	0.4	0.2	0.1
4	Total load	: Continue load	100.06	28.52	16.36	29.80
	Power (d)	: Intermitten load	25.94	35.77	6.63	3.43
5	Diversitas factor (e)	: $0.7 \times (d)$ intermitten	18.16	25.04	4.64	2.40
6	Total of load	: (d) continue + ( e )	<b>118.22</b>	<b>53.56</b>	<b>21.00</b>	<b>32.20</b>
7	Generator work	: kW x S.set	70 X 1	210 X 1	210 X 2	210 X 2
8	Working capacity		<b>70</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>70</b>
9	Generator that available	: kW x S.set	70 X 1	210 X 1	210 X 2	210 X 2
10	Load Factor	: (f)/(h) x 100%	168.88	76.51	30.00	46.00
11	Shore Connection(1.15x number of cargo handling)		-	-	-	-

		<b>Calculation and Specification of Generator and Shore Connection</b>			Project	kapal 2
					Doc. No	: 12 - 42 16 010- EL
					Rev. No	:
					Page	: 7
<b>Electrical Load (kW)</b>						
No	ITEM		Sailing	Loading	Unloading Siang	Malam
1	MACHINERY PART	: Continue load	49.4	3.8	1.4	1.4
		: Intermitten load	19	29.0	3.3	3.3
2	HULL PART	: Continue load	32.8	16.4	13.6	15.8
		: Intermitten load	0.0	3.1	3.1	0.0
3	ELECTRICAL PART	: Continue load	5.7	8.3	1.3	12.6
		: Intermitten load	7.3	0.4	0.2	0.1
4	Total load	: Continue load	88.01	28.52	16.25	29.80
	Power (d)	: Intermitten load	25.94	32.55	6.63	3.43
5	Diversitas factor (e)	: $0.7 \times (d)$ intermitten	18.16	22.78	4.64	2.40
6	Total of load	: (d) continue + ( e )	<b>106.17</b>	<b>51.30</b>	<b>20.89</b>	<b>32.20</b>
7	Generator work	: kW x S.set	70 X 1	210 X 1	210 X 2	210 X 2
8	Working capacity		<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>
9	Generator that available	: kW x S.set	70 X 1	210 X 1	210 X 2	210 X 2
10	Load Factor	: (f)/(h) x 100%	163.33	78.93	32.14	49.54
11	Shore Connection(1.15x number of cargo handling)		-	-	-	-

		<b>Calculation and Specification of Generator and Shore Connection</b>			Project	kapal 3
					Doc. No	: 12 - 42 16 010- EL
					Rev. No	:
					Page	: 7
<b>Electrical Load (kW)</b>						
No	ITEM		Sailing	Loading	Unloading Siang	Malam
1	MACHINERY PART	: Continue load	46.4	3.8	1.4	1.4
		: Intermitten load	8	15.6	3.3	3.3
2	HULL PART	: Continue load	32.8	16.4	12.3	15.8
		: Intermitten load	0.0	3.1	3.1	0.0
3	ELECTRICAL PART	: Continue load	5.7	8.3	1.3	12.6
		: Intermitten load	7.3	0.4	0.2	0.1
4	Total load	: Continue load	85.01	28.52	14.96	29.80
	Power (d)	: Intermitten load	15.06	19.12	6.63	3.43
5	Diversitas factor (e)	: $0.7 \times (d)$ intermitten	10.54	13.38	4.64	2.40
6	Total of load	: (d) continue + ( e )	<b>95.55</b>	<b>41.90</b>	<b>19.60</b>	<b>32.20</b>
7	Generator work	: kW x S.set	70 X 1	210 X 1	210 X 2	210 X 2
8	Working capacity		<b>55</b>	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>55</b>
9	Generator that available	: kW x S.set	70 X 1	210 X 1	210 X 2	210 X 2
10	Load Factor	: (f)/(h) x 100%	173.73	76.19	35.64	58.55
11	Shore Connection(1.15x number of cargo handling)		-	-	-	-

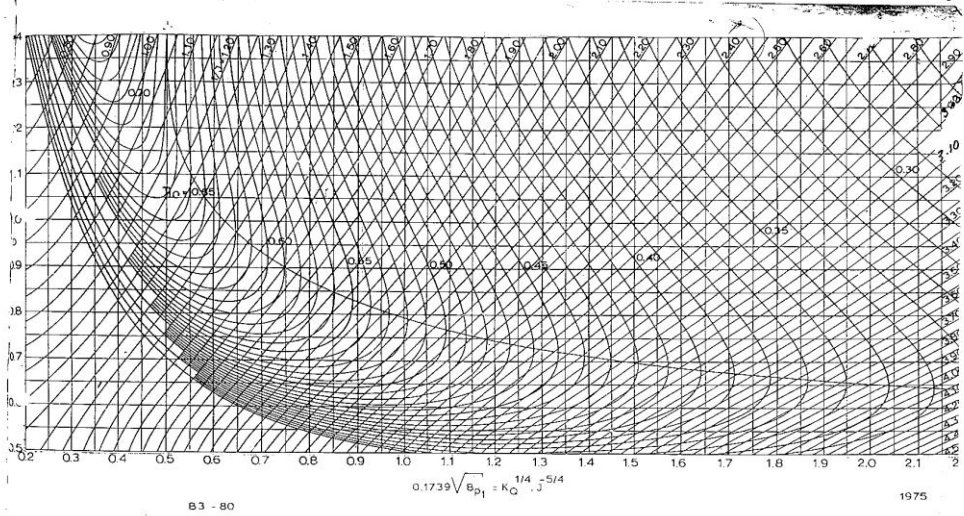






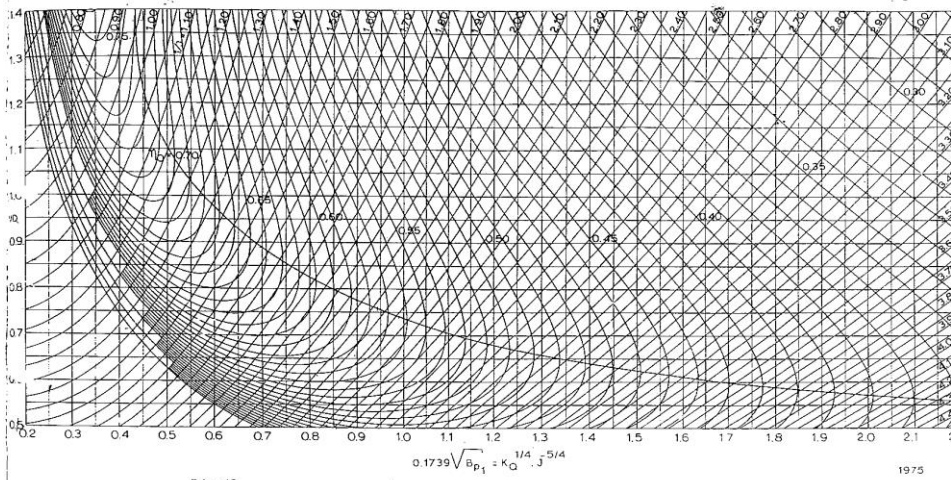
$B_{P_1} = NP^{1/2} V_A^{-5/2}$   
 N = PROPELLER RPM  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN KNOTS  
 w = WAKE FRACTION  
 P = SHAFT HORSEPOWER (BRITISH)

$K_Q^{1/4} J^{-5/4} = \left[ \frac{Qn^3}{\rho V_A^5} \right]^{1/4}$   
 Q = PROPELLER TORQUE IN KGM  
 n = PROPELLER REVOLUTIONS PER SECOND  
 $\rho$  = WATER DENSITY (TANK) = 101.94 KGSEC<sup>-2</sup>M<sup>-4</sup>  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN M/SEC.  
 w = WAKE FRACTION



$B_{P_1} = NP^{1/2} V_A^{-5/2}$   
 N = PROPELLER RPM  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN KNOTS  
 w = WAKE FRACTION  
 P = SHAFT HORSEPOWER (BRITISH)

$K_Q^{1/4} J^{-5/4} = \left[ \frac{Qn^3}{\rho V_A^5} \right]^{1/4}$   
 Q = PROPELLER TORQUE IN KGM  
 n = PROPELLER REVOLUTIONS PER SECOND  
 $\rho$  = WATER DENSITY (TANK) = 101.94 KGSEC<sup>-2</sup>M<sup>-4</sup>  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN M/SEC.  
 w = WAKE FRACTION

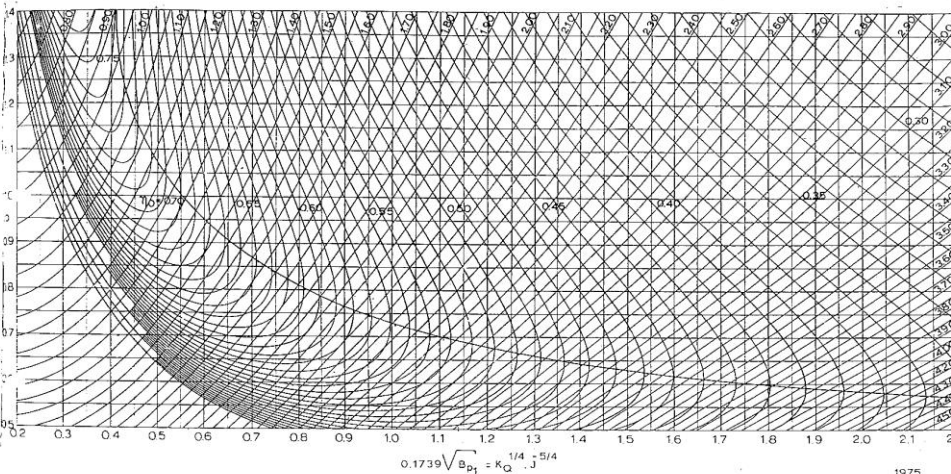


B4 - 40

1975

$B_{p1} = NP^{1/2} \cdot V_A^{-5/2}$   
 N = PROPELLER RPM  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN KNOTS  
 w = WAKE FRACTION  
 P = SHAFT HORSEPOWER (BRITISH)

$K_Q^{1/4} \cdot J^{-5/4} = \left[ \frac{Qn^3}{\rho V_A^5} \right]^{1/4}$   
 Q = PROPELLER TORQUE IN KGM  
 n = PROPELLER REVOLUTIONS PER SECOND  
 $\rho$  = WATER DENSITY (TANK) : 101.94 KGSEC<sup>2</sup> M<sup>-4</sup>  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN M/SEC.  
 w = WAKE FRACTION



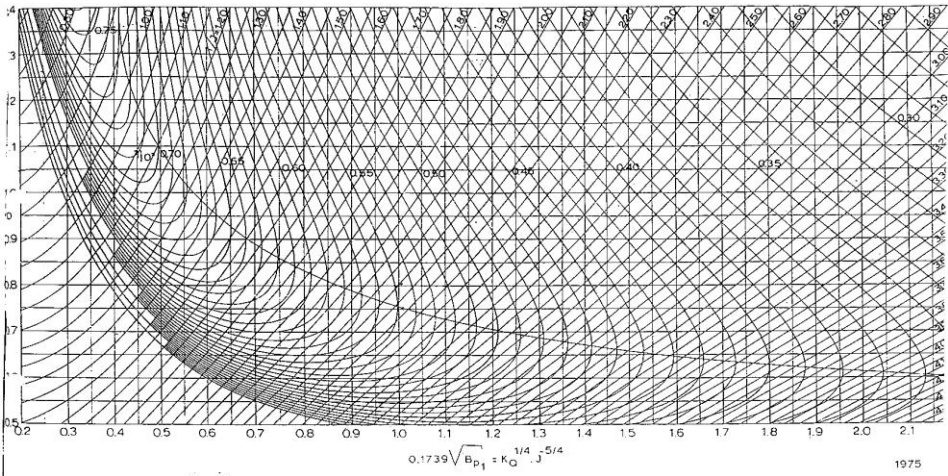
B4 - 55

1975

$B_{p1} = NP^{1/2} \cdot V_A^{-5/2}$   
 N = PROPELLER RPM  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN KNOTS  
 w = WAKE FRACTION  
 P = SHAFT HORSEPOWER (BRITISH)

$K_Q^{1/4} \cdot J^{-5/4} = \left[ \frac{Qn^3}{\rho V_A^5} \right]^{1/4}$   
 Q = PROPELLER TORQUE IN KGM  
 n = PROPELLER REVOLUTIONS PER SECOND  
 $\rho$  = WATER DENSITY (TANK) : 101.94 KGSEC<sup>2</sup> M<sup>-4</sup>  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN M/SEC.  
 w = WAKE FRACTION





B4 - 70

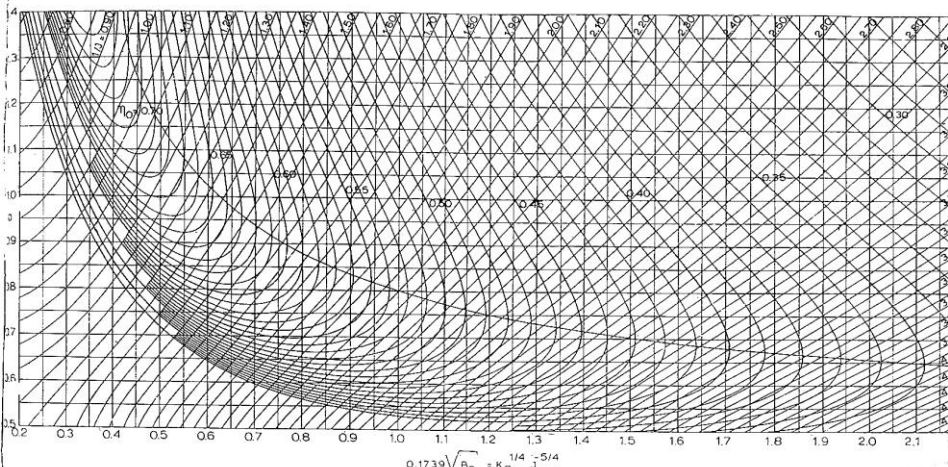
1975

$B_{P1} = NP^{3/2} \cdot V_A^{-5/2}$

N = PROPELLER RPM  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN KNOTS  
 w = WAKE FRACTION

$$K_Q^{1/4} \cdot J^{-5/4} = \left[ \frac{Qn^3}{\rho V_A^5} \right]^{1/4}$$

Q = PROPELLER TORQUE IN KGM  
 n = PROPELLER REVOLUTIONS PER SECOND  
 $\rho$  = WATER DENSITY (TANK) : 101.94 KGSEC<sup>-2</sup> M<sup>-4</sup>  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN M/SEC.  
 w = WAKE FRACTION



B4 - 85

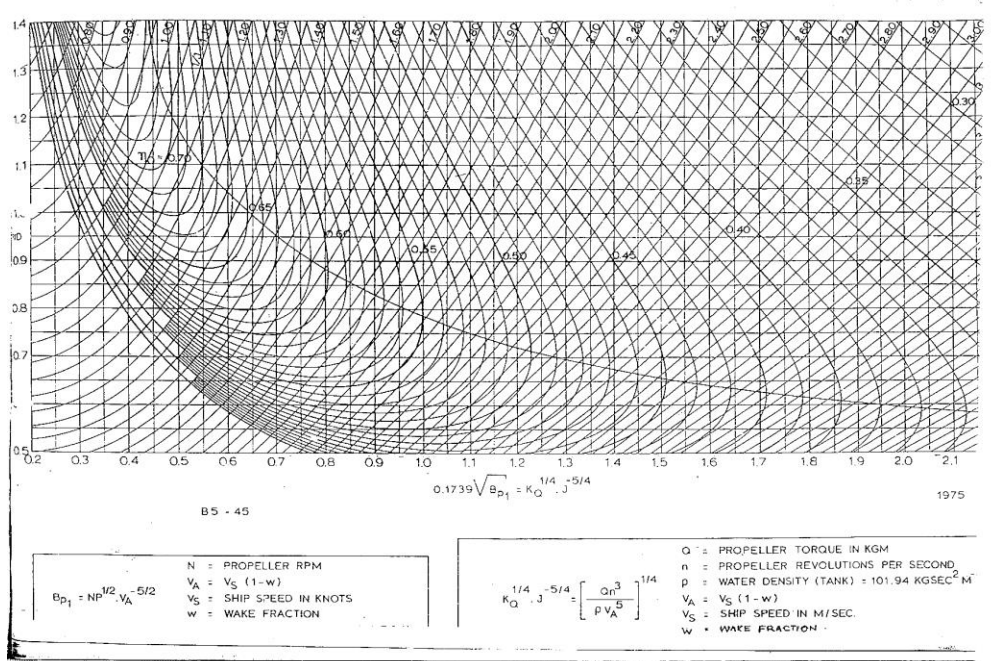
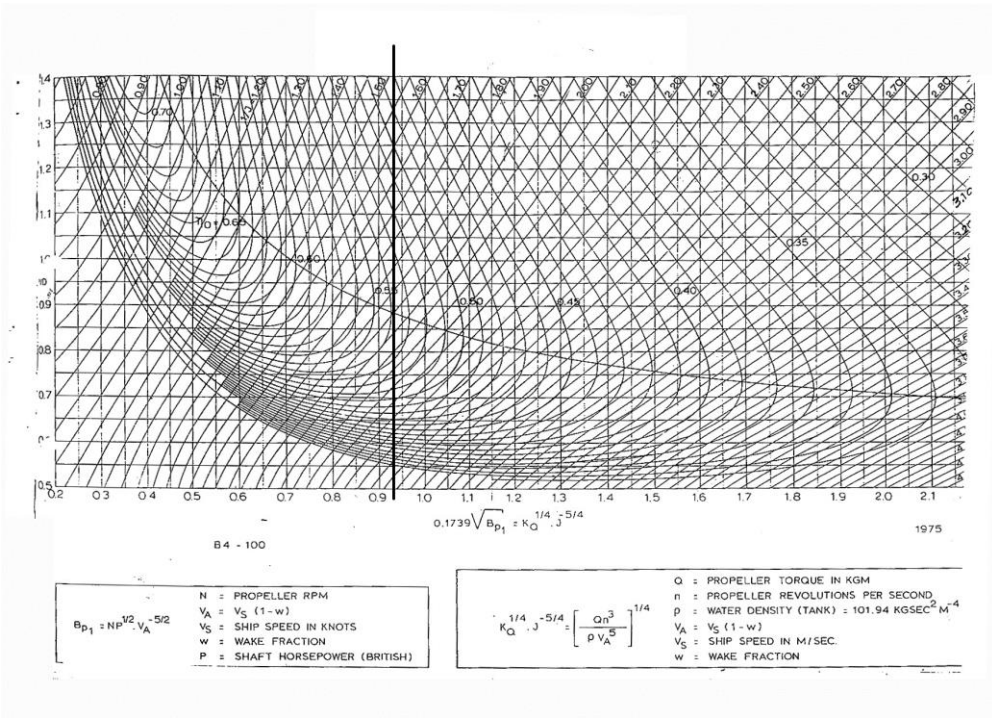
1975

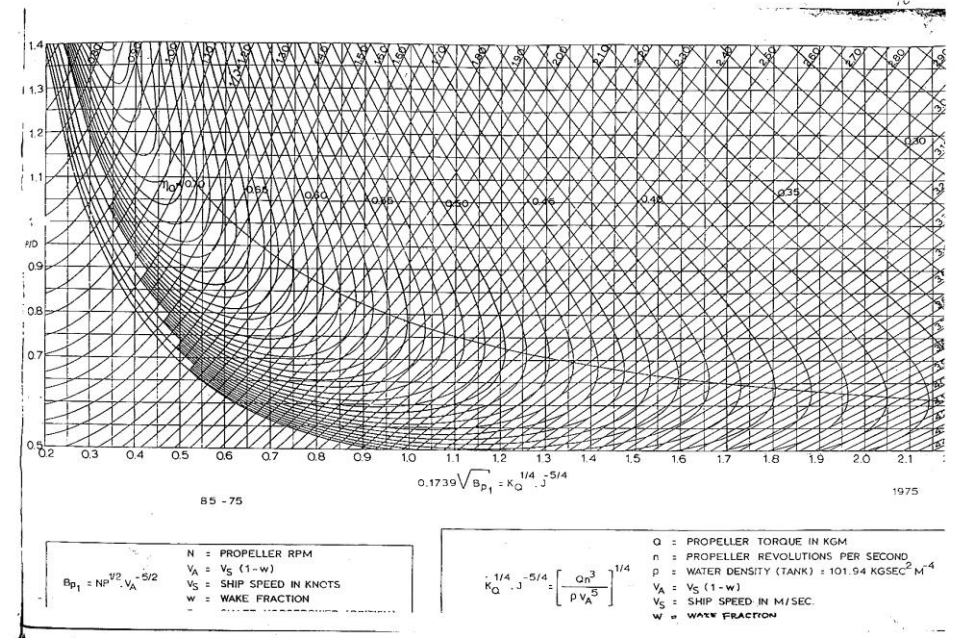
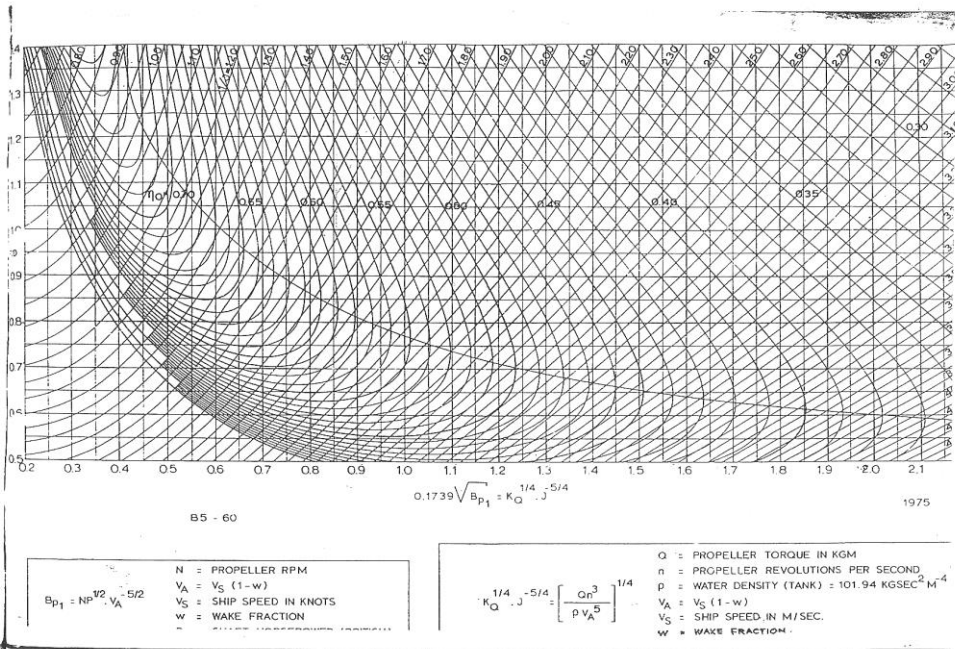
$B_{P1} = NP^{3/2} \cdot V_A^{-5/2}$

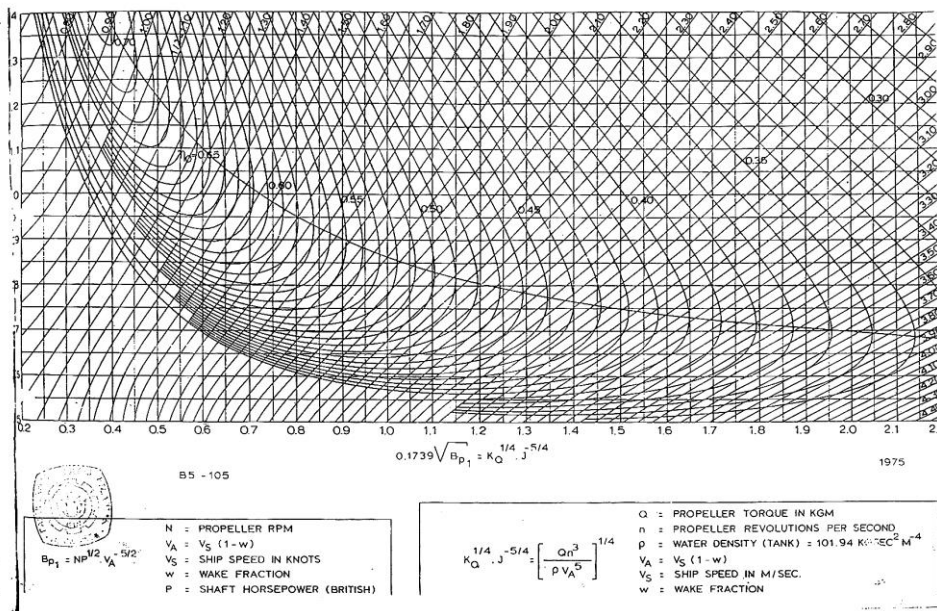
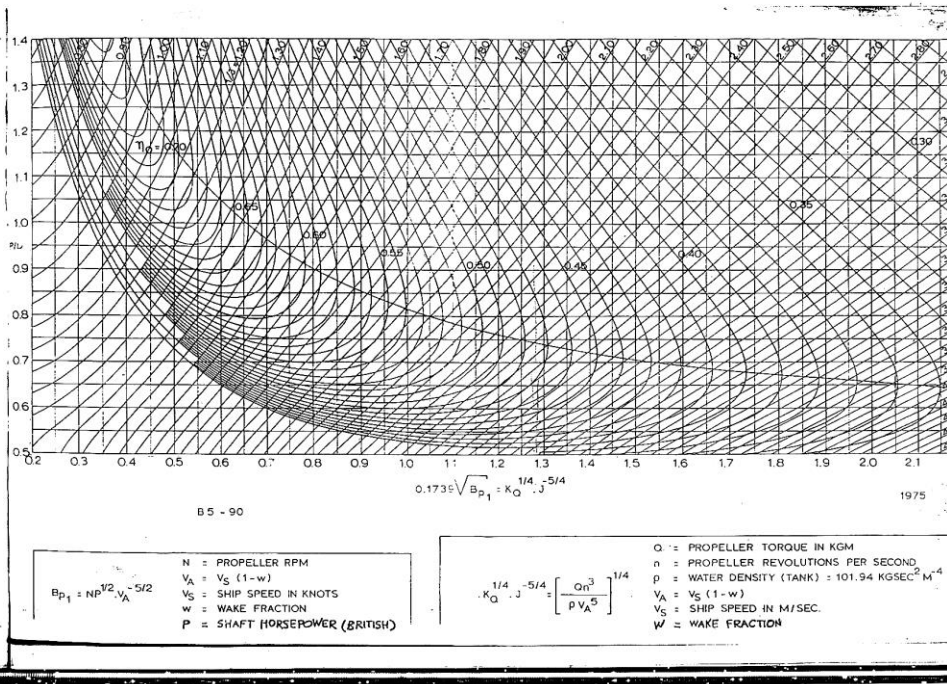
N = PROPELLER RPM  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN KNOTS  
 w = WAKE FRACTION

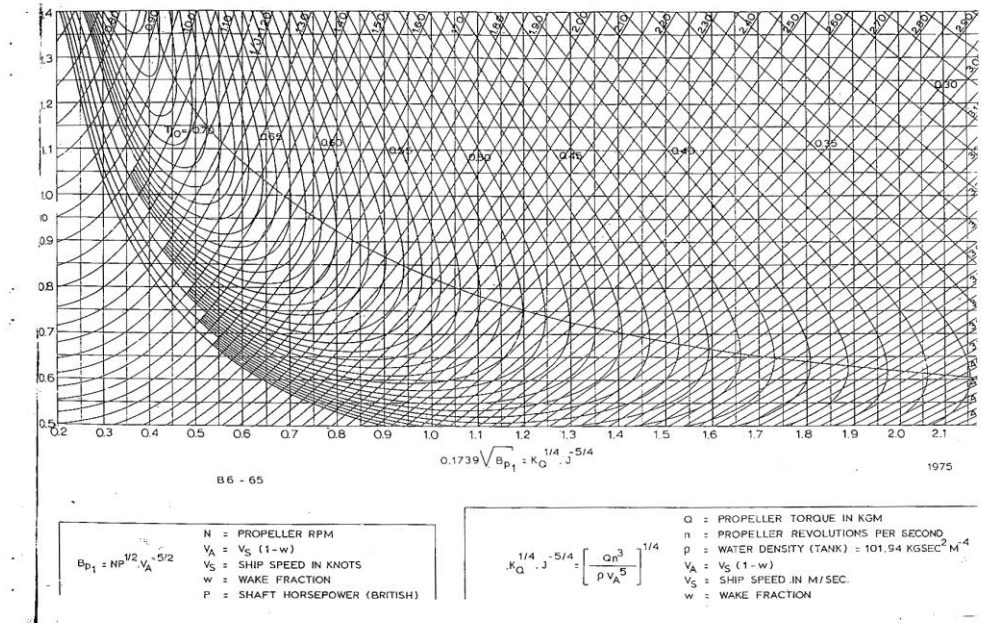
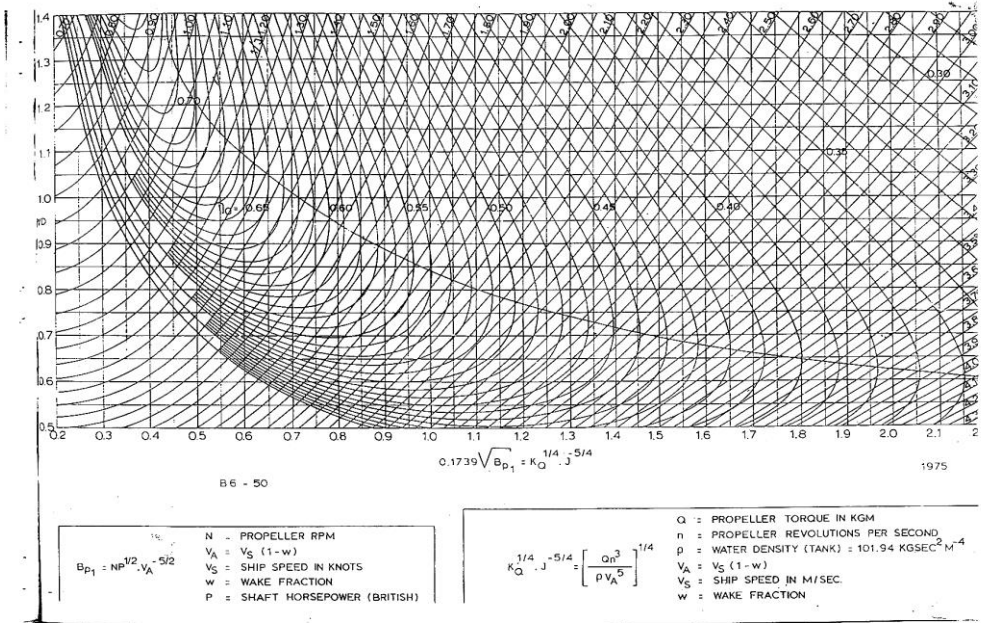
$$K_Q^{1/4} \cdot J^{-5/4} = \left[ \frac{Qn^3}{\rho V_A^5} \right]^{1/4}$$

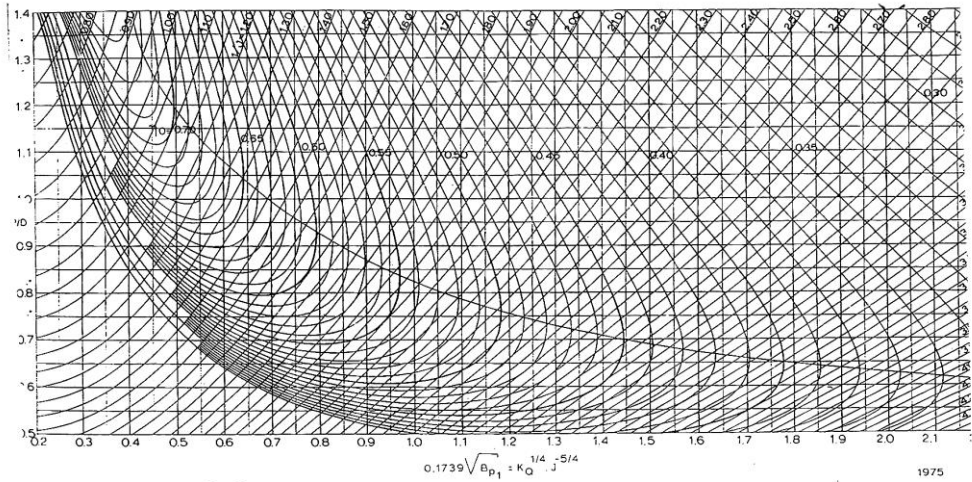
Q = PROPELLER TORQUE IN KGM  
 n = PROPELLER REVOLUTIONS PER SECOND  
 $\rho$  = WATER DENSITY (TANK) : 101.94 KGSEC<sup>-2</sup> M<sup>-4</sup>  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN M/SEC.  
 w = WAKE FRACTION











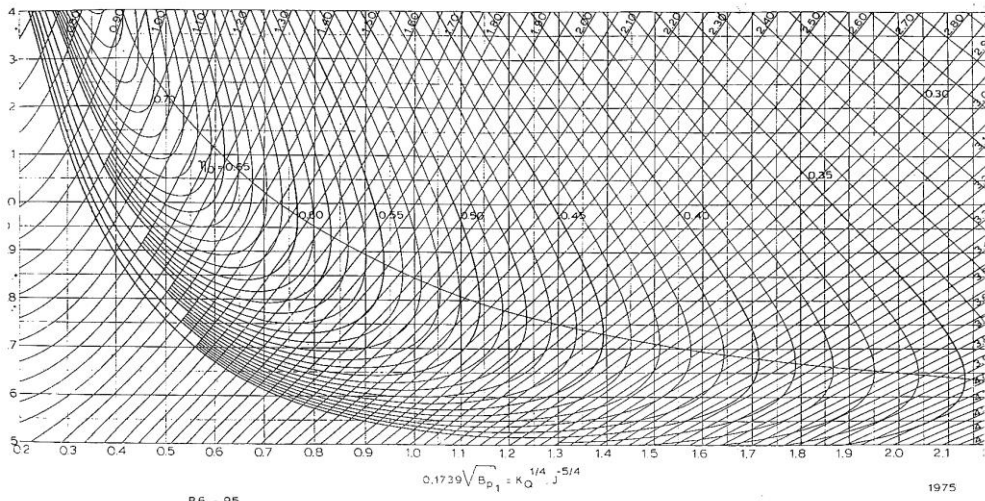
B6 - 80

$B_{p1} = NP^{1/2} V_A^{-5/2}$

N = PROPELLER RPM  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN KNOTS  
 w = WAKE FRACTION  
 P = SHAFT HORSEPOWER (BRITISH)

$K_Q^{1/4} J^{-5/4} = \left[ \frac{Qn^3}{\rho V_A^5} \right]^{1/4}$

Q = PROPELLER TORQUE IN KGM  
 n = PROPELLER REVOLUTIONS PER SECOND  
 $\rho$  = WATER DENSITY (TANK) = 101.94 KG/SEC<sup>2</sup> M<sup>-4</sup>  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN M/SEC.  
 w = WAKE FRACTION



B6 - 95

$B_{p1} = NP^{1/2} V_A^{-5/2}$

N = PROPELLER RPM  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN KNOTS  
 w = WAKE FRACTION  
 P = SHAFT HORSEPOWER (BRITISH)

$K_Q^{1/4} J^{-5/4} = \left[ \frac{Qn^3}{\rho V_A^5} \right]^{1/4}$

Q = PROPELLER TORQUE IN KGM  
 n = PROPELLER REVOLUTIONS PER SECOND  
 $\rho$  = WATER DENSITY (TANK) = 101.94 KG/SEC<sup>2</sup> M<sup>-4</sup>  
 $V_A = V_S (1-w)$   
 $V_S$  = SHIP SPEED IN M/SEC.  
 w = WAKE FRACTION



**Dicky Andrean Yuliono** merupakan nama yang diberikan Bapak Andik Zuliono dan Ibu Sulianah kepada penulis. Dilahirkan di Mojokerto pada 3 Januari 1996 sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis dibesarkan di lingkungan kota, Kelurahan Sagulung, Kota Batam, Kepulauan Riau. Penulis memulai studi di SDN 005 Batu Aji selama enam tahun dan lulus pada tahun 2008. Melanjutkan jenjang berikutnya di SMP 9 Batam (2009-2011) dan SMK Negeri 5 Batam, Lulus SMK pada 2014 dan melanjutkan kembali jenjang perguruan tinggi Diploma di Universitas Diponegoro Semarang. Mengambil Jurusan Teknik Perkapalan (2014-2017), dan selanjutnya melanjutkan Strata 1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember mengambil jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Dalam perkuliahan penulis mengambil penelitian untuk Tugas Akhir pada bidang studi *Marine Machinery and Sistem (MMS)*.