

19.764/11A/11/04



**TUGAS AKHIR**  
**( KS 1701 )**

**STUDI PERANCANGAN SISTEM PROPULSI PADA  
KAPAL CATAMARAN UNTUK MISI  
HYDROGRAPHIC SURVEY**



RSSP  
623.823  
100  
5-1  
-----  
2002

Disusun oleh :

**TONI IRAWAN**  
NRP. 4295 100 046

<b>PERPUSTAKAAN ITS</b>	
Tgl. Terima	11-7-2003
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	217944

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2002**

# LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

## STUDI PERANCANGAN SISTEM PROPULSI PADA KAPAL CATAMARAN UNTUK MISI HYDROGRAPHIC SURVEY

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, Januari 2003  
Mengetahui / Menyetujui

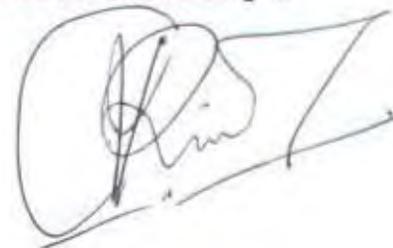
Dosen Pembimbing I



Ir. Suryo Widodo Adjie, MSc.

NIP. 131 879 390

Dosen Pembimbing II



Ir. Made Ariana, MT.

NIP. 132 133 971

## ABSTRAKSI

Dalam Tugas akhir ini, akan membahas prosedur engine-propeller matching pada kapal Catamaran yang menggunakan high speed diesel engine dan dua propeller.

Engine - propeller matching merupakan suatu proses penting dalam design sebuah sistem penggerak kapal. Dengan matching yang tepat antara engine ( motor penggerak utama ), propeller dan kapal itu sendiri, maka akan dihasilkan sebuah sistem penggerak kapal yang akan bekerja optimal pada kondisi operasinya, serta akan meningkatkan efisiensi kerja dari motor induk.

Dari prosedur engine propeller matching akan diperoleh koefisien thrust, koefisien torsi serta efisiensi propeller, baik dalam kondisi trial maupun pada kondisi servicenya.

Selain itu juga dalam Tugas Akhir ini akan dipelajari pula pengaruh gaya eksitasi mesin dan propeller pada peralatan – peralatan kerja untuk misi Hydrographic Survey yang merupakan misi utama dari pembuatan kapal Catamaran yang akan didesign tersebut.

## DAFTAR ISI

Lembar Judul	
Lembar Pengesahan	
Abstraksi	
Kata Pengantar	
Daftar Isi	
Daftar Gambar	
Daftar Tabel	
<b>Bab I Pendahuluan :</b>	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Permasalahan	3
I.3 Batasan Masalah	3
I.4 Tujuan Penulisan	4
I.5 Manfaat Penulisan	4
I.6 Metodologi Penulisan	5
I.7 Sistematika Penulisan	6
<b>Bab II Tujuan Sebuah Survey Hidrografi</b>	
II. 1 Survey Hidrografi	2
II.1.1 Penjabaran daripada kegiatan	2
II.1.2 Perhitungan pendahuluan	5
II.1.3 Perlengkapan Survey	6
II. 2 Alat Survey Hidrografi	10

### **Bab III Konsep Perencanaan Sistem Propulsi Kapal Catamaran**

III. 1 Tinjauan Umum Kapal Catamaran	1
III. 2 Tahanan Kapal Catamaran	3
III. 2. 1 Tahanan Gesek	3
III. 2. 2 Tahanan Sisa	4
III. 2. 3 Tahanan Kekasaran	5
III. 2. 4 Tahanan Udara	5
III. 2. 5 Tahanan Total Kapal	6
III. 3 Interaksi Antara Badan Kapal dan Propeller	6
III. 3. 1 Wake Fraction	6
III. 3. 2 Thrust Deduction Factor	8
III. 3. 3 Efisiensi Relative rotative	9
III. 4 Daya Dorong	9
III. 5 Propeller	10

### **Bab IV Engine Propeller Matching**

IV. 1 Pendahuluan	1
IV. 2 Prinsip-prinsip Sistem daya	2
IV. 3 Permasalahan Matching Motor dan Propeller pada titik design	4
IV. 3. 1 Hal-hal yang diperlukan Dalam Matching	4
IV. 3. 2 Matching dengan mempertimbangkan kondisi Service	5

## **Bab V Tinjauan Getaran Sistem Permesinan**

V.1 Sumber Getar pada kapal	1
V. 2 Eksistensi Mesin	1
V.3 Eksistensi Propeller	2
V. 3. 1 Prosedur estimasi gaya vertical dan horizontal	3
V. 3. 2 Prosedur estimasi gaya Longitudinal	4

## **Bab VI Perhitungan dan Analisa Data**

VI. 1 Perhitungan Tahanan dan Daya Kapal	1
VI. 2 Titik Operasi Propeller	5
VI. 3 Karakteristik Propeller	7
VI. 4 Karakteristik Motor Induk	12
VI. 5 Perhitungan gaya eksitasi propeller	13

## **Bab VII Kesimpulan**

## KATA PENGANTAR

Dengan kerendahan hati saya panjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, Sumber dari segala kasih sayang, yang tak terbatas pencahayaan cintaNya bagi umatNya, sehingga atas limpahan kasih dan anugerahNya, saya dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Studi Perancangan Sistem Propulsi Pada Kapal Catamaran Untuk Misi Hydrographic Survey", dengan baik dan sesuai waktunya.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Selama penulisan Tugas Akhir ini saya banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. **Bapak Ir. Suryo Widodo Adjie, MSc** selaku Dosen Pembimbing I tugas Akhir ini, dan juga sebagai Dosen Wali penulis selama studi di jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS yang tiada jenuhnya memberi bimbingan serta petunjuk kepada penulis. Beribu-ribu kata maaf dari saya atas "kenakalan" saya selama ini saya haturkan kepada Bapak. Semoga Allah selalu melindungi Bapak sekeluarga.
2. **Bapak Ir. Made Ariana, MT** selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir ini. Saya mengucapkan terima kasih yang sangat dalam untuk waktu yang diberikan Bapak untuk saya selama mengerjakan TA ini. Semoga Tuhan selalu melindungi Bapak sekeluarga.
3. **Bapak Dr. Ir. A. A. Masroeri M. Eng**, selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK, ITS. Perhatian dan pengertian Bapak tidak bisa saya balas sampai kapanpun. Semoga Allah selalu melindungi Bapak sekeluarga.

4. Khusus kepada orang tua penulis, Almarhum Ayahanda Tantyono, dan ibunda terkasih Djuariah yang dengan segala ketulusan hati dan doanya selalu menyertai penulis.
5. Khusus kepada kakak-kakakku tercinta, Mbak Ika, Kak Frans, Mbak Yoyon, Mas Syukur, Neng Mus, Mas Heri dan si kecil Habibah, Ryan, Kris, yang sudah memberikan motivasi dan perhatian yang tak ternilai bagi penulis.
6. Khusus kepada Lenny Media Tanti ( my honey, owehku ), yang selalu memberikan dukungan moril selama studi. Maafkan aku yang belum bisa memberikan yang terbaik buatmu, aku selalu membutuhkanmu, jadi tetaplah bersamaku.
7. Kepada rekan-rekan Angkatan '96, Muchlisun, Reza Muzaki, Tina dan si "SmackDown" Rangga, Erick "Gendheng", Heri "Kriwul", tetaplah menjadi teman yang terbaik.
8. Kepada rekan-rekan '95 yang sudah "meninggalkanku", Pur, Heri, Wawan. Kalian sungguh teman-teman yang baik.
9. Kepada rekan-rekan '97, Bogie, Manda, Bayu, Nova, Arief '98, Conk, Becky, Jaja, Kepick, Inul, Hasyim, Hanafi, Maha, Herman '00. Sangat banyak waktu yang tak mungkin terlupakan bersama kalian. Banyak terima kasih saya ucapkan untuk kalian.
10. Khusus untuk sahabat-sahabat sejutaku, Yudo Pria Handoko, Ali Baihaqi, tetaplah menjadi sahabat yang terbaik. Tetaplah sabar "tak riwuki".
11. Dan semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

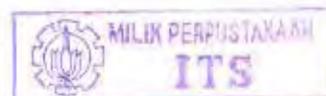
Dengan penuh kerendahan hati dan kesadaran diri, penulis menyadari segala kesempurnaan hanyalah miliknya. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun akan sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan dan kebaikan dari Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam proses pengerjaan penulisan Tugas Akhir ini.

Hormat kami

Surabaya, Januari 2003

PENULIS



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang

Usaha pengolahan sumber daya laut merupakan satu titik berat dalam program pembangunan jangka panjang, mengingat negara Indonesia sebagai negara kepulauan, yang mempunyai wilayah perairan laut yang sangat luas.

Misi Survey Oceanographic dan Hydrographic di Indonesia merupakan salah satu riset untuk usaha meningkatkan pengelolaan sumber daya laut dan sebagai titik awal penelitian tentang Oceanographic dan Hydrographic di Indonesia. Misi tersebut bertujuan untuk memperoleh data-data dan keterangan-keterangan tentang Hydrographic yang lengkap, antara lain:

1. Pemetaan laut.
2. Kelandaian laut (Topografi).
3. Kekuatan arus dan arahnya.
4. Daftar pasang surut.
5. Kepanduan bahari.
6. Komponen lapisan dasar laut.

Dalam misi tersebut diperlukan kapal yang mempunyai performance yang tinggi dan memiliki stabilitas yang baik, serta memiliki kemampuan dalam mengangkut peralatan yang besar. Kapal Catamaran memiliki kelebihan-kelebihan yang dibutuhkan oleh misi tersebut. Untuk mendukung beroperasinya misi tersebut ditetapkan tipe kapal Catamaran dengan panjang 30 meter dan kecepatan

maksimal 16 knot. Seperti diketahui, bahwa kapal Catamaran dapat berolah gerak yang baik pada kecepatan rendah. Disamping itu misi tersebut juga memerlukan peralatan atau instrumentasi yang memadai guna mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

Dalam perancangan kapal, kapal direncanakan untuk berlayar pada suatu kecepatan operasional. Untuk menggerakkan kapal pada kecepatan kapal, diperlukan gaya dorong (thrust) yang akan melawan gaya tahanan kapal yang terjadi akibat luasan badan kapal. Gaya dorong ini dihasilkan oleh propeller yang berputar, sedangkan propeller berputar karena digerakkan oleh motor penggerak utama dengan menstransmisikan energi yang dihantarkan melalui sistem poros.

Untuk menghasilkan sistem penggerak kapal yang bekerja optimal maka perlu diperhatikan interaksi yang terjadi antara badan kapal, motor penggerak, dan propeller.

Tugas akhir ini akan membahas prosedur engine-propeller matching pada kapal yang menggunakan dua high speed diesel engine dan dua propeller yang mengambil studi kasus pada kapal Catamaran yang akan didesign.

Engine propeller matching adalah sebuah proses penting dalam design sebuah sistem penggerak kapal. Dengan matching yang tepat antara engine (motor penggerak utama), propeller dan kapal itu sendiri maka akan dihasilkan sebuah sistem penggerak kapal yang akan bekerja optimal pada kondisi operasinya, serta akan meningkatkan efisiensi kerja dari motor induk.

Selain itu juga dalam tugas akhir ini akan dipelajari pula pengaruh gaya eksitasi mesin dan propeller pada peralatan-peralatan kerja untuk misi Hydrographic Survey..

## **1.2. Permasalahan**

Permasalahan yang akan dianalisa adalah prosedur engine propeller matching pada kapal yang menggunakan dua high speed diesel engine dan dua fixed pitch propeller dengan mengambil kasus pada kapal Catamaran, sehingga didapat titik operasi yang optimum dari sitem penggerak kapal. Dengan menggunakan dua high speed diesel engine dan dua propeller maka gaya dorong total propeller yang dihasilkannya akan mengatasi tahanan total kapal.

Proses matching pada dasarnya adalah mencocokkan kurva-kurva karakteristik yaitu daya vs rpm, torsi vs rpm dari motor penggerak utama maupun dari propeller.

Tugas akhir ini juga akan menganalisa gaya eksitasi engine dan propeller dan pengaruhnya pada peralatan misi hidrografik survey.

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam tugas akhir ini, adalah:

1. Perancangan dilakukan pada kapal tipe Catamaran dengan panjang 30 meter dan kecepatan maksimal 16 knot.
2. Matching dilakukan dengan asumsi bahwa motor utama bekerja pada beban yang sama dan putaran yang sama.

3. Tidak membahas konstruksi kapal, stabilitas dan getaran kapal.
4. Tidak membahas kebisingan yang ditimbulkan sistem propulsi.
5. Kondisi yang berlaku pada perhitungan diasumsikan pada kondisi ideal.
6. Tidak membahas masalah ekonomi.

#### **1.4. Tujuan Penulisan**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk :

1. Menerapkan prosedur engine – propeller matching pada kapal yang menggunakan dua high speed diesel engine dan dua propeller serta menemukan operating point dengan proses matching tersebut.
2. Menganalisa pengaruh gaya eksitasi mesin dan propeller pada peralatan misi hidrografik survey.

#### **1.5. Manfaat Penulisan**

3. Dengan tugas akhir ini akan diketahui proses engine propeller matching dari kapal Catamaran yang menggunakan dua high speed diesel engine dan dua propeller sehingga ditemukan titik operasi yang optimum. Serta diketahui pula pengaruh gaya eksitasi engine dan propeller pada peralatan misi hidrografik survey.

## 1.6. Metodologi Penulisan

Secara umum di dalam penulisa tugas akhir ini, metode penulisan yang akan dilakukan dapat diuraikan sebagai berikut:

### 1. Identifikasi permasalahan.

Kapal Catamaran memiliki sarat yang relatif kecil dan akan berpengaruh dalam penentuan sistem propulsinya. Dan space yang tersedia juga relatif kecil. Dalam perancangannya, disamping mempertimbangkan space dan dimensi yang disediakan, harus juga memperhatikan berat instalasi sistem propulsi, kebutuhan daya, performance yang ingin di capai dan Propulsor yang dipilih, serta tingkat getaran yang terjadi dari pengoperasian sistem tersebut.

### 2. Pengumpulan data.

Adapun data-data yang berkaitan dengan keperluan penulisan selanjutnya adalah sebagai berikut:

- Data kapal yang didesain untuk perhitungan tahanan kapal dan daya kapal.
- Data mesin yang digunakan.
- Data propeller yang digunakan.

Sedangkan studi literatur digunakan untuk menentukan metode yang tepat dalam proses engine propeller matcing.

### 3. Perhitungan tahanan dan daya kapal.

Pada tahap ini dilakukan perhitungan terhadap besarnya tahanan kapal dan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal dengan software MAXSURF, dan pada akhirnya menyeleksi mesin dan propeller yang tepat untuk kapal Catamaran tersebut.

4. Pemilihan mesin dan propeller.

Setelah tahanan dan daya kapal yang dibutuhkan telah diketahui, pemilihan mesin dan propeller yang cocok dengan kebutuhan dan batasan yang ada dapat dilakukan.

5. Menerapkan prosedur engine propeller matching pada kapal Catamaran yang menggunakan dua high speed diesel engine dan dua propeller serta menganalisa pengaruh penambahan nosel pada propeller dan membandingkannya.

**1.7. Sistematika Penulisan**

Dalam perancangan ini, metode yang akan dipakai adalah sebagai berikut :

**Bab I    Pendahuluan**

Berisi tentang :

1.1 Latar Belakang Penulisan

1.2 Permasalahan

1.3 Batasan Masalah

1.4 Tujuan Penulisan

1.5 Manfaat Penulisan

1.6 Metodologi Penulisan

1.7 Sistematika Penulisan

**Bab II    Tujuan dari Misi Hydrographic Survey**

Berisi tentang tujuan dari misi hydrographic survey, kegiatan dan peralatan-peralatan yang digunakan pada misi hydrographic survey.

**Bab III Konsep Perencanaan Sistem Propulsi Kapal Catamaran**

Berisikan tinjauan umum kapal Catamaran serta kelebihanannya, tahanan kapal dan penentuan tingkat kebutuhan daya.

**Bab IV Engine Propeller Matching**

Berisikan tentang permasalahan matching motor dan propeller pada titik design (fpp) dan matching dengan mempertimbangkan kondisi trial dan service pada kapal.

**Bab V Tinjauan Getaran Sistem Permesinan**

Berisikan tentang sumber getar yang ada di kapal serta gaya eksitasi mesin dan propeller pada kapal Catamaran.

**Bab VI Perhitungan dan Analisa Data**

Berisikan tentang data-data kapal, karakteristik tahanan kapal, ropeller, motor dan perhitungan motor dan propeller.

**Bab VII Kesimpulan**

## BAB II

### TUJUAN SEBUAH SURVEY HIDROGRAFI

Tujuan penyelidikan hidrografi adalah untuk memberikan data-data dan keterangan-keterangan hidrografis yang lengkap dan up to date, dengan demikian meningkatkan keamanan pelayaran. Perhubungan melalui laut tidaklah mungkin jika tidak menggunakan peta-peta laut dengan keterangan-keterangan lengkapnya.

Oleh karena itu data-data yang diperoleh dari suatu penyelidikan hidrografi diolah menjadi peta laut, kepanduan bahari, daftar pasang surut, dan daftar arus yang dapat digunakan pelaut. Selain itu disiarkan pula berita pelaut secara berkala untuk perubahan-perubahan yang terjadi.

#### Pemetaan laut :

Tujuan pemetaan laut adalah menggambarkan sebagian permukaan bumi diatas bidang datar, agar mendapatkan gambaran mengenai hubungan posisi pemakai dengan benda dan objek-objek alam sekitarnya.

Berbeda dengan peta darat pada peta laut terdapat keterangan-keterangan yang sebagian besarnya tidak dapat dilihat dengan mata. Misalnya : karang-karang, gosong-gosong, kerna-gka kapal yang tenggelam dan lain-lain. Jika kapal berlayar dekat pantai atau mendekati pantai diperlukan lebih banyak titik pengenal untuk menentukan posisinya, oleh sebab itu peta laut yang dipergunakan perlu berskala besar.

Jadi tujuan utama dari peta laut adalah memberikan gambaran mengenai hubungan antara titi-titik yang penting untuk pelayaran seraya memberikan gambaran mengenai kekhususan bagian yang dilukis dalam peta.

#### Berita untuk pelaut :

Ini adalah terjemahan langsung dari kata Hotico to Marino, yang bertujuan untuk memberikan informasi tentang perubahan yang bersifat kekal didalam alam ini. Berita ini biasanya berisi perubahan kedalam air disuatu alur pelayaran, tidak menyalanya sebuah merou guar, berpindahnya posisi sebuah kerangka terapung, dan lain sebagainya, agar para pelaut dapat menyesuaikan diri dengan situasi kondisi yang baru.

### Penyelidikan pelabuhan :

Dimaksudkan untuk memberikan pertimbangan yang seekonomis mungkin terhadap pembangunan pelabuhan. Tentang kelandaian pantai (topografi) pendangkalan pertahun, kekuatan arus dan arahnya, komponen lapisan dasar laut. Dan alur masuk pelabuhan bagi kapal-kapal yang akan berlabuh.

### **II.1 Survey Hidrografi**

Pada dasarnya sebuah survey hidrografi mempunyai kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

1. setelah diadakan persetujuan kontrak sebuah survey segera oleh pelaksana diadakan perencanaan dan persiapan survey.
2. berdasarkan data-data, gambar-gambar dan penjadwalan dari perencanaan lalu survey dilaksanakan dilapangan.
3. untuk mendapatkan data-data yang sebenarnya maka data-data yang didapat dari lapangan perlu diadakan kompilasi-kompilasi dan koreksi-koreksi.
4. agar sebuah data dapat dipergunakan dalam praktisnya maka hasil dari koreksi-koreksi tersebut diolah lagi sehingga dapat dipergunakan dengan mudah (dalam bentuk gambar dan catatan-catatan).
5. hasil dari 5 ini diadakan koreksi terlebih dahulu sebelum diedarkan untuk dipergunakan.
6. diedarkan dan disiarkan untuk keperluan praktis.

#### **II.1.1 Penjabaran dari pada kegiatan-kegiatan tersebut adalah sebagai berikut :**

1. perencanaan dan persiapan.

Kegiatan berupa :

- pengumpulan referensi-referensi dari daerah yang akan disurvey.
- Perhitungan pendahuluan.
- Persiapan klapal dan alat perlengkapan.
- Persiapan teknis dan penyusunan rencana.

- Penyelesaian administrasi dengan pihak ketiga dan yang berwenang.
- Penjadwalan kerja.

2. pelaksanaan dilapangan :

kegiatan meliputi :

- pengukuran geodetic didarat – Triangulasi untuk membantu perum, kontrol leveling.
- Survey dan observasi dilaut dan dipantai.
- Pameruman.
- Pengamatan pasang surut
- Pengukuran arus.
- Penelitian bawah air
- Pengumpulan data geografi.

3. kompilasi data lapangan :

Kegiatan meliputi :

- perhitungan-perhitungan koordinasi area dan volume kesalahan data dan analisa digital
- Analisa untuk pengeplotan.
- Interpretasi fotografi.
- Kompilasi hasil-hasil dan laporan-laporan lapangan.

4. Penelaahan data :

Kegiatan meliputi :

- Koreksi kesalahan dan klasifikasi keraguan
- Kompilasi data dan informasi lapangan dalam laporan akhir.
- Penelitian kembali metode dan prosedur, dilapangan dan perencanaan organisasi.

5. Pengolahan data-data :

Kegiatan meliputi :

Pengolahan dari :

- A. - Pengukuran geodetik
    - Hasil pengukuran sifat datar.
    - Peta darat
    - Peta irisan melintang topo
    - Daftar hasil hitungan
  - B. - Peta laut / lembar lukis
    - Peta countur dasar laut
    - Profil dasar laut.
  - C. - Tabel profil bottom
  - D. - Tetapan pasang surut
    - Peta arus
    - Keterangan mengenai gelombang.
6. Penggunaan praktis dari hasil adalah untuk :
1. bangunan instalasi di darat (ini dipengaruhi oleh data-data A. menurut keterangan di atas).
  2. untuk pembangunan :
    - Pelabuhan
    - Perluasan di darat
    - Perlindungan garis pantai.
    - Bangunan dibawah air.
    - Fasilitas industri pantai.Hal-hal tersebut didasarkan pada data-data A, B, C, D dan E.
  3. Untuk kepentingan-kepentingan:
    - keamanan pelayaran.
    - Pengerukan alur pelayaran.Berdasarkan pada data-data B, C, D, E, dan F

#### 4. Berbagai bahan study dan referensi untuk masa-masa mendatang.

Dari uraian di atas tersebut sebenarnya masih dapat lagi dari tiap-tiap pointnya akan tetapi yang terpenting adalah pada point 1 bagian perencanaan dan persiapan.

Bagian tersebut dapatlah diuraikan sebagai berikut:

Sebelum sebuah survey di laksanakan maka bagian perencanaan mengambil referensi-referensi yang terdahulu tentang daerah yang akan di survey, agar dapat dengan seksama merencanakan survey tersebut.

Setelah mendapatkan data-data dari referensi, tersebut maka dapatlah dibuat diperhitungkan yang meliputi :

1. perhitungan luas daerah yang disurvei.
2. perhitungan lamanya survey,
3. penentuan skala.
4. penentuan jumlah ahli yang di bawa.

Kemudian di tentukan pula, peralatan dan perlengkapan yang akan dipakai termasuk kapal-kapalnya.

##### A. Persiapan teknis dan penyusunan rencana kerja.

- penentuan titik buntu
- rencana pemeruman dan lain-lain.
- Pemilihan kapal

##### B. Perlengkapan dan kapal yang di persiapkan ,

- penentuan alat-alat untuk menentukan posisi dilaut.
- Penentuan alat survey hidrographi.
- Penentuan alat-alat pembantu untuk mempercepat survey
- Penentuan peralatan kapal.
- Penentuan alat survey oseanografi (bila perlu ).

#### A. Perhitungan Pendahuluan

##### 1. Luas daerah yang disurvei :

Luas dari daerah yang akan disurvei tergantung pada macam dan kepentingan survey tersebut.

Untuk survey alur pelayaran maka luas daerah yang disurvei tidaklah terlalu luas, sedang survey untuk pembuatan peta laut maka survey menjadi luas. Akan tetapi survey biasanya hanya pada daerah-daerah yang dianggap membahayakan pelayaran saja, misalnya di daerah pantai daerah yang sering dilalui kapal atau daerah yang lautnya tidak dalam.

2. Penentuan jumlah ahli yang dibawa :

Jumlah ahli yang dibawa tergantung dari pada macam dari survey yang dilakukan.

3. Lamanya Survey

Sebuah survey hidrografi dilakukan tanpa kapal harus berhenti terlebih dahulu, akan tetapi selamanya melakukan pengukuran kapal tetap berjalan dengan kecepatan antara 5 sampai dengan 8 knot.

Sehingga apabila survey dilaksanakan terus menerus tanpa berhenti akan menyebabkan diperlukanya persediaan makanan dan bahan bakar yang amat banyak.

4. Pemilihan Skala.

Kondisi daerah survey berpengaruh pada besar kecilnya skala yang akan diambil. Pada daerah yang diduga banyak terdapat bahaya terhadap pelayaran, maka diperlukan skala yang lebih besar.

Tujuan dari survey juga berpengaruh pada skala yang akan diambil.

C. Perlengkapan Survey yang Disiapkan.

a. Alat-alat untuk menentukan posisi dilaut.

Secara garis besarnya alat untuk menentukan posisi di laut adalah ada 3 macam :

- Non Electronic instrument
- Electronik instrument
- Satelic system

1. Non electronic instrument adalah :

1. Sextan.
2. The dolit.

2. Electric System :

1. Radar
2. Costrol
3. Hi fik
4. Sea fix
5. Tellurometer
6. Loran C.

b. Alat survey Hidrografi :

1. Alat perum : Echo sounder
2. Bottom Profiling : Seismic Profiling equipment
3. Side ways looking sonar .

c. Alat pembantu untuk mempercepat survey :

- Otomimatic steering control system
- Sea chart system
- Hydrodist
- Monitor recorder
- Patern progress recorder

d. Perlengkapan kapal khusus hidrografi.

1. Secoci kerja
2. Vlet.
3. Hydrodist
4. kemudian hidrografi.

e. Perlengkapan untuk mempercepat jalanya survey

1. automatic Steering Control System.
2. Monitor Recorder
3. Patern Progress Recorder

f. Alat-alat survey Oceanografi.

Nansen Bottle :

- Wave recorder
- Digital salinity, temperature, depth instrument
- Current meter

- Water sampler
- Bottom sampler

### Alat-alat Untuk Menentukan Posisi Di Laut.

#### I. Non Electronic Instrument.

##### 1. Theodolit.

Theodolit pada prinsipnya adalah alat yang dipergunakan untuk mengukur besarnya sudut.

Untuk melaksanakan penentuan posisi dipergunakan dua buah theodolit.

#### II. Electronic system untuk position Fixing.

##### 1. Radar

Arti sebenarnya dari kata radar adalah singkatan dari Radio Detection And Ranging. Alat ini adalah suatu sistem penemuan tempat dengan gelombang radio, yang oleh pemancaran dan penerimaan di suatu tempat, dengan mempergunakan sifat-sifat refleksi / pemantulan dari obyek yang di tentukan tempatnya.

##### 2. Consol.

Consol adalah nama yang diberikan oleh orang-orang Inggris pada system navigasi ini. Sedangkan orang-orang Jerman menamakan Sonne. Dengan alat ini memungkinkan seseorang penilik di atas kapal untuk dapat menentukan haluan kapal terhadap suatu rambu radio.

##### 3. Hi Fix, Sea Fix dan Telluro meter untuk position Fixing

Berikut ini adalah perlengkapan dari Decca yang terkenal untuk menentukan position secara teliti. Alat-alat ini terutama sangat baik untuk survey-survey Hidrografi karena sangat teliti.

#### ➤ Hi Fix

Alat-alat ini mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- a. Operating Frequency ; 1700 - 2000 KHz
- b. Type of transmission ; Interrupted Continuous Wave
- c. Switch Rate ; 60 per Minute.
- d. Radiate Power ; 10 W or 40 w.
- e. Max operating ranges over sea ; 50 – 100 miles for 10 W radiated.

100 – 200 Miles for W radiated.

- f. Max Receiver speed : 20 knot, 60 knot, 120 knot.
- g. Positioning Accuracy of the system : Better than 2 metre under optimum condition.

➤ Hi Fix Master drive Unit.

Alat ini terutama berfungsi untuk memberikan mengirimkan getaran berfungsi untuk memberikan/ mengirimkan getaran gelombang radio kepada slave dan receiver. Selain itu juga berfungsi untuk mengontrol pengaturan waktu agar dapat peralatan dapat bekerja dengan frekuensi yang tetap.

Data-data teknis

- a. Operating frequency : 170 – 2000 KHz.
- b. Trigger frequency : operating frequency less 60 Hz.
- c. Time sharing rate :  $60 \pm 1$  per minute.
- d. Voltage : 1,5 – 2 V.
- e. Power consumption : 1,5 A.
- f. Power supply : From secondary battery at 22 V – 28 V dc.

➤ Hi Fix Marine Receiver.

Alat ini adalah untuk menerima patren dari chain station dan menggambarkan dalam garis-garis lengkung tempat kedudukan kapal. Sehingga dapatlah di tentukan posisi kapal secara tepat.

Technical Data :

Operating Frequency	: 170 – 2000 KHz
Trigger Frequency	: less 60 Hz.
Station sampling rate	: $60 \pm 1$ per minute.
Bandwidth	: 100 Hz between 6 dB point.
Maximum speed at lane width 75	: 20 knot or 60 knot with special order.
Power consumption	:
Receiver	3 A Maximum
Blower	50 mA
Synchro Supply	2 A Maximum
Voltage	24 V dc



Power Supply : From secondary at 22 - 28 V.

➤ Hi Fix Channel monitor Recorder.

Alat ini adalah perlengkapan yang portable dan dapat terus menerus memonitor dan merekam dari Hi Fix chain. Alat ini di pasang pada receiver Hi Fix type 9217 / III.

Data - data Teknik :

- a. Recording accuracy : 2 % of full scale deflection  $\pm$  4 second per month.  
Hour marker accuracy
- b. Chart paper speed : 3 in per hour.
- c. Power supply : from secondary battery - at 22 to 28 V dc.
- d. Paper length : One roll is 50 ft (15,2 m)
- e. Power consumption : 1 at 24 V dc.

➤ Sea Fix

Sea Fix adalah type lain dari pada Hi Fix ditunjukkan untuk menentukan posisi dilaut bagi survey yang tidak terlalu luas.

Data-data karakteristik adalah sebagai berikut :

Frequensi 1600 - 2100 Khz.

Type of transmission : Interrupted Continous Wave.

Master : F.9 Slave : 0

Switching rate : 5 per second.

Fadiated power :

Operatio range over sea water : 20 miles.

Receiver I.F.bandwidth : 200 V - 28 V dc.

C . Alat Survey Hydrografi.

Alat Perum Echo Sounder.

Echo sounder adalah bentuk yang sederhana dari pada sonar.

Prinsip : Gema yang dihasilkan oleh Ascilator memancar merambat kesuatu arah yang tertentu dengan kecepatan constan

## BAB III

### KONSEP PERENCANAAN SISTEM PROPULSI KAPAL CATAMARAN

#### III.1. Tinjauan Umum Kapal Catamaran

Kapal Catamaran merupakan salah satu tipe kapal dengan dua lambung (menyerupai bentuk lambung kapal konvensional). Kapal Catamaran memiliki karakteristik tahanan yang bagus dengan kebutuhan daya hanya sekitar 65% - 70% dari kapal konvensional pada kecepatan dan beban muat yang sama. Disamping itu, jenis kapal dengan beam yang lebar ini juga memiliki stabilitas yang baik (NIF, 1996).

Kapal Catamaran memiliki keuntungan sebagai berikut : (CDQ, 1996)

1. Stabilitas kapal yang lebih baik.

Ini disebabkan karena letak titik metasenter melintang dari kapal Catamaran yang jauh lebih tinggi dibandingkan kapal tipe lainnya. Sebagai suatu perbandingan, kapal Catamaran memiliki letak titik metasenter melintang 65 kali lebih tinggi dari kapal pemburu dengan ukuran panjang dan displacement yang sama. Faktor stabilitas ini menjadikan alasan yang penting dalam pemilihan kapal tipe Catamaran.

2. Kemampuan bongkar muat pada titik tengah kapal.

Konsep dari General Dynamic pada kapal Catamaran ( versi FDL ) kemampuan kapal untuk meluncur dalam air diantara dua lambung merupakan pertimbangan penting dari fungsi kapal.

3. Kemampuan manuver pada kecepatan rendah.

Dengan jarak antara propulsornya yang relatif jauh, maka dengan mudah akan menghasilkan momen puntir yang tinggi. Hal inilah yang mengakibatkan mudahnya melakukan olah gerak meskipun kapal dalam kecepatan rendah.

4. Memiliki deck yang lebih luas.

Kapal Catamaran memiliki luas deck 40% lebih besar dibandingkan dengan kapal lambung tunggal yang memiliki panjang dan displacement yang sama. Hal ini memberi keuntungan dalam hal kebutuhan tempat untuk muatan.

5. Kemungkinan untuk mengurangi tahanan.

Hal ini dapat diamati pada kurva tahanan sisa, yang mana volumetric coefficient paling dominan mempengaruhi besarnya tahanan sisa, lebih dari tahanan yang disebabkan oleh energi kinetik yang diserap oleh gelombang. Disini jika dibandingkan dengan kapal konvensional yang memiliki panjang yang sama, tahanan yang diakibatkan oleh gelombang kurang dari setengah tahanan single hull.

6. Bebas terhadap rolling.

Respon rolling dari kapal Catamaran untuk memecah gelombang jauh lebih rendah dari single hull yang sejenis. Ketika kapal Catamaran rolling dengan frekuensi yang lebih tinggi dari single hull pada displacement yang sama, maka amplitudo dari rolling ini jauh lebih tinggi. Sudut ekstrim pada saat rolling pada kapal Catamaran hanya sekitar seperempat dari sudut ekstrim pada kapal konvensional dengan panjang dan displacement yang sama. Gaya statis yang dibutuhkan untuk menjamin keamanan cargo diatas deck hanya sekitar seperempat dari yang dibutuhkan kapal konvensional.

7. Stabiliti Flooded.

Kemungkinan terjadinya pada kapal Catamaran tidak akan terjadi pada kedua lambung secara bersamaan yang akan membuatnya tidak simetris.

Dilihat dari segi dimensi, Catamaran memiliki sarat yang relatif kecil, ini berpengaruh dalam penentuan sistem propulsinya. Begitu juga space yang tersedia untuk peralatan permesinannya relatif kecil. Sistem propulsi terdiri dari tiga bagian pokok, yaitu penggerak utama, sistem transmisi, dan propulsor.

Dalam perancangannya, disamping mempertimbangkan space dan dimensi yang disediakan harus juga memperhatikan berat instalasi sistem propulsi, kebutuhan tenaga dan performance yang diinginkan, propulsor yang dipilih, serta tingkat getaran dan kebisingan yang terjadi dari pengoperasian sistem tersebut ( Adji, SW, 1998 ).

### **III.2. Tahanan Kapal Catamaran**

Tahanan kapal merupakan suatu gaya fluida yang bekerja pada sebuah kapal pada suatu kecepatan tertentu yang melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Tahanan kapal yang selanjutnya disebut tahanan total kapal dipengaruhi oleh sejumlah komponen-komponen tahanan yang akan diuraikan pada sub bab berikutnya yang sama mana mengikuti prosedur dari Werenskiold (Per Werenskiold, 1990).

#### **III.2.1 Tahanan Gesek.**

Tahanan gesek adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan jalan mengintegalkan tegangan tangensial ke seluruh permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal. Gesekan ini disebabkan karena pengaruh viscositas dari air laut yang melewati badan kapal.

Tahanan gesek dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$R_F = 13,84 C_F V_S^2 S$$

Dimana :

$R_F$  = tahanan gesek (kN)

$C_V$  = koefisien tahanan gesek spesifik

$V_S$  = kecepatan kapal ( knot )

$S$  = luas permukaan basah (  $m^2$  )

Koefisien tahanan gesek spesifik, pada umumnya dipengaruhi oleh :

- Sifat aliran.
- Angka Reynold.
- Bentuk permukaan.
- Sifat dan keadaan permukaan.

Dalam penentuan koefisien tahanan gesek spesifik yang telah banyak dilakukan penelitian, baik secara teoritis maupun dengan memakai percobaan.

Dari penelitian tersebut baik yang dilakukan oleh Schoenherr, Froude, Huges, dan yang lainnya telah menghasilkan suatu persamaan koefisien tahanan gesek spesifik yang berbeda-beda.

Untuk memberikan suatu keseragaman dalam melakukan perhitungan gesekan permukaan yang sebenarnya, The International Towing Tank Conference (ITTC) pada tahun 1957 memberikan persetujuan rumus koefisien tahanan gesek spesifik sebagai berikut :

$$C_F = \frac{0,075}{(\text{Log}R_n - 2)^2}$$

Dimana :

$R_n$  = Reynold number, yang diberikan dalam persamaan:

$$R_n = 0,433 V_S L_{WL} 10^6$$

$L_{WL}$  = panjang garis air kapal (m)

## II.2.2. Tahanan Sisa.

Tahanan sisa merupakan suatu nilai pengurangan tahanan total badan kapal terhadap tahanan gesek.

Untuk mendapatkan nilai koefisien tahanan sisa harus mengetahui terlebih dahulu besarnya nilai koefisien dan Froude number.

Froude number didapatkan dari persamaan :

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L_{WL}}}$$

Dimana :

V = kecepatan kapal (m/det)

g = percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)

L<sub>WL</sub> = panjang garis air kapal

### II.2.3. Tahanan Kekasaran.

Tahanan ini terjadi akibat adanya kekasaran pada badan kapal seperti korosi, pengotoran dan sebagainya.

Besarnya nilai koefisien tahanan dan kekasaran dapat mencapai 0.0005.

### II.2.4. Tahanan Udara.

Tahanan ini dialami oleh bagian dari badan utama kapal yang berada diatas permukaan air dan bangunan atas karena gerakan kapal yang juga menyusuri udara.

Tahanan tergantung pada kecepatan kapal serta luas bentuk bagian atas kapal tersebut.

Suatu persamaan yang masih dapat digunakan untuk mempredisi besarnya tahanan udara ( $R_{AA}$ ) yaitu :

$$R_{AA} = 0,012 V_S A_V$$

Dimana :

$$A_V = \text{luas proyeksi bidang frontal dari bangunan atas (m}^2\text{)}.$$

#### II.2.5. Tahanan Total Kapal.

Dari komponen-komponen tahanan kapal yang telah diuraikan pada sub bab sebelumnya dapat digunakan untuk menentukan besarnya tahanan total kapal.

Perhitungan besarnya tahanan total kapal diberikan dengan persamaan :

$$R_T = 13,84 C_T V_S S + R_{AA}$$

Dimana :

$$R_T = \text{tahanan total kapal (kN)}$$

$$C_T = \text{koefisien tahanan total kapal}$$

Koefisien tahanan total kapal merupakan gabungan dari koefisien-koefisien komponen tahanan yang meliputi koefisien tahanan gesek, koefisien komponen sisa dan tahanan kekasaran, sehingga koefisien tahanan total kapal dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$C_T = C_V + C_R + \Delta C_F$$

### III.3. Interaksi Antara Badan Kapal dan Propeller

#### III.3.1. Wake Fraction

Pada prinsipnya bahwa kecepatan aliran air yang menuju ke propeller akan berbeda dengan kecepatan kapal. Jika propeller bekerja pada posisi sebenarnya yaitu dibelakang lambung kapal pada air yang telah terganggu akibat badan kapal, maka air pada daerah buritan akan mengalami efek dari

kecepatan air yang bergerak maju dari arah haluan ke buritan kapal (search dengan arah gerakan kapal)

Gerakan air tersebut dikenal dengan wake ( $w$ ), sebagai hasil dari phenomena di atas propeller tidak perlu lagi memberikan relatif kecepatan sebesar  $V_s$  tetapi cukup sebesar  $V_a$ , speed of advance (Harvald Sv. Aa, *Resistance and Propulsion of Ships*, 1983). Arus ikut (wake) adalah perbedaan antara kecepatan kapal dengan kecepatan aliran air yang menuju ke baling-baling. Taylor mengenalkan koefisien arus ikut yang disebut fraksi arus ikut (wake fraction).

Besarnya wake fraction adalah :

$$W = \frac{V_s - V_a}{V_s}$$

Atau

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

Dimana :  $w$  = wake fraction

$V_s$  = kecepatan kapal

$V_a$  = speed of advance

Wake (arus ikut) disebabkan oleh:

- Frictional drag (arus ikut gesekan) dari kapal yang menyebabkan arus ikut yang menyebabkan kenaikan dari kecepatan dan volume air yang menuju ke daerah buritan. Frictional drag ini menyebabkan kenaikan kecepatan air ke depan relatif terhadap sekitarnya.
- Aliran air yang streamline melewati badan kapal akan menyebabkan kenaikan tekanan pada buritan, dimana aliran streamline itu menutup. Hal ini menyebabkan kecepatan air pada daerah buritan lebih kecil dari kecepatan kapal.

- Bentuk badan kapal akan membentuk pola gelombang pada permukaan air dimana partikel air dan puncak gelombang mempunyai kecepatan ke depan yang disebabkan oleh gerakan orbitalnya, dimana kecepatan orbital tersebut adalah ke arah buritan.

### III.3.2 Thrust Deduction Factor

Gaya dorong ( $T$ ) yang diperlukan untuk mendorong sebuah kapal pada kecepatan  $V$  akan lebih besar dari pada tahanan  $R$  yang dialami kapal tersebut dengan kecepatan yang sama. Kenaikan tahanan tersebut sebesar  $T - R$  dan faktor penambahan tahanan adalah sebesar :

$$a = \frac{T - R}{R}$$

atau

$$T = (1 + a) R$$

Tetapi dalam prakteknya penambahan  $R$  juga dipandang sebagai pengurangan atau deduksi gaya dalam gaya dorong  $T$  yang pada propeller yaitu; menganggap bahwa hanya dengan gaya dorong total sebesar  $T$  terdapat tahanan  $R$  yang harus diatasi. Kehilangan gaya dorong sebesar  $T - R$  ini dinyatakan dalam faktor  $T$  yang disebut faktor deduksi gaya dorong  $t$  (Harvald, Sv. Aa, *Resistenc and Propultion of Ships*, 1983)

$$t = \frac{T - R}{R}$$

atau

$$R = (1 - t) T$$

### III.3.3 Efisiensi Relative Rotative

Efisiensi propeller terdiri dari dua macam yaitu:

- a. Efisiensi Open Water adalah efisiensi yang diukur pada percobaan di tangki percobaan dengan menggunakan model tanpa dipasang dibelakang buritan kapal.

$$\eta_o = \frac{T_o x V_a}{2\pi Q_o}$$

dimana  $T_o, Q_o$  adalah besarnya thrust dan torsi diukur pada kondisi Open Water

- b. Efisiensi propeller pada kondisi di belakang buritan ( di belakang badan kapal).

$$\eta_D = \frac{T_D x V_a}{2\pi M}$$

dimana  $T_D, M$  adalah besarnya thrust dan torsi diukur di belakang badan kapal.

Efisiensi Relatif Rotatif adalah perbandingan antara efisiensi open water dengan efisiensi propeller di belakang badan kapal.

$$\eta_{RR} = \frac{\eta_D}{\eta_o}$$

besarnya efisiensi relatif rotatif adalah :

- \* 1.0 – 1.1 untuk kapal propeller tunggal
- \* 0.95 – 1.0 untuk kapal dengan propeller ganda



### III.4. Daya Dorong

Daya efektif (  $P_E$  ) yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal pada kecepatan  $V_s$  adalah :

$$P_E = 0,00686 R_T V_S$$

Sedangkan propulsor akan menyalurkan daya ( daya dorong/thrust power) sebesar:

$$P_T = T V_a$$

Dimana :

$T$  = gaya dorong/thrust ( N ).

$V_a$  = kecepatan air yang mengalir ke baling-baling ( m/deyt ).

Gaya dorong (  $T$  ) yang diperlukan untuk mendorong sebuah kapal pada kecepatan  $V$  akan lebih besar dari pada tahanan (  $R_T$  ) yang akan dialami kapal itu bila kapal tersebut dengan kecepatan  $V$ .

Kenaikan (  $T - R_T$  ) disebut penambahan tahanan, dan fraksi penambahan tahanan didefinisikan dalam persamaan :

$$a = \frac{T - R_T}{R_T}$$

kehilangan gaya dorong (  $T - R_T$  ) ini dinyatakan dalam fraksi gaya dorong (  $T$  ) dan disebut fraksi deduksi gaya dorong (  $t$  ).

$$a = \frac{T - R_T}{R_T} \quad \text{atau} \quad T = \frac{R_T}{(1-t)}$$

### III.5.Propeller

Fungsi dari propeller adalah untuk mengkonversi gerakan rotasi dari putaran poros mesin mejadi dorongan (thrust).

Pemilihan jumlah propeller yang bekerja pada kapal tergantung pada faktor-faktor dan batasan operasional.Faktor-faktor tersebut antara lain yaitu jumlah daya yang ditransmisikan,sarat kapal,batasan diameter,posisi,tinggi,dan type mesin induk,dan batasan keamanan yang diinginkan (misalnya dalam kasus dimana agar kapal dapat tetap berjalan meskipun satu mesinnya rusak),selain itu faktor yang juga menjadi

acuan adalah investasi awal, biaya operasional, efisiensi propulsi, dan lain-lain (Van Lammeren, *Resistance, Propulsion, and Steering of Ship*, 1948)

Pada dasarnya besarnya gaya dorong ( $T$ ) yang dihasilkan oleh masing-masing propeller akan sama dengan gaya dorong total yang diperlukan untuk menggerakkan kapal, dan daya efektif ( $P_E$ ) dari dua propeller akan sama dengan daya efektif yang diperlukan untuk menggerakkan kapal pada kecepatan  $V_s$ .

Karakteristik propeller dapat disajikan secara grafik dengan menggunakan beberapa koefisien dalam bentuk non dimensional. Koefisien-koefisien non dimensi propeller tersebut adalah Thrust Coefficient ( $K_T$ ), Torque Coefficient ( $K_Q$ ), dan Advance Coefficient ( $J$ ).

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4}$$

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

$$J = \frac{Va}{nD}$$

Dimana :  $\rho$  = densitas air laut

$D$  = diameter propeller

$Q$  = torsi propeller

$T$  = thrust propeller

$V_a$  = speed of advance

$n$  = kecepatan rotasi propeller

tahanan kapal yang telah dikonversikan kedalam bentuk fungsi kuadrat antara  $K_T$  dan  $J$ , akan diplotkan ke dalam open water diagram untuk dapat menentukan operating point dari propeller. Titik perpotongan merupakan titik operasi  $K_T$  dari propeller,

apabila ditarik garis vertikal ke atas akan didapat titik operasi  $K_Q$  dan  $\eta$  dari propeller,  
dan apabila ditarik garis vertikal ke bawah akan didapat titik operasi J dari propeller.

## BAB IV

### ENGINE PROPELLER MATCHING

#### IV.1. Pendahuluan

Matching antara motor penggerak utama dan propeller pada hakekatnya adalah sebuah proses untuk mendapatkan konversi optimal antara bahan bakar dan daya dorong pada kondisi operasi yang menjamin keamanan kerja dari motor penggerak maupun propeller. Jika proses matching tidak dilakukan dengan baik, maka terjadi karakteristik operasi kapal yang tidak baik sehubungan dengan :

- Kecepatan yang dipertahankan (attainable speed)
- Percepatan dan perlambatan
- Konsumsi bahan bakar

Proses matching tidak hanya dilakukan dari sisi motor penggerak saja atau dari sisi propeller saja, tetapi harus ditangani secara keseluruhan.

Proses matching pada dasarnya berpedoman pada karakteristik daya vs rpm atau torsi vs rpm dari high speed diesel engine dan fixed pitch propeller asumsi yang dipakai adalah dalam konservasi energi yaitu daya yang dihasilkan oleh motor penggerak dikurangi oleh kehilangan daya selama transmisi sama besarnya dengan daya yang diserap oleh propeller. Begitu pula dengan torsi, torsi yang dihasilkan oleh motor penggerak dikalikan dengan rasio dari gigi reduksi harus sebanding dengan torsi propeller pada putaran yang sama. Karena karakteristik-karakteristik tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik, dalam penerapannya matching adalah menemukan interaksi (titik dimana daya, torsi, dan rpm adalah

sama) dari kurva-kurva tersebut, kemudian menyesuaikan parameter-parameter dari motor dan propeller agar interaksi tersebut berada pada titik yang diinginkan.

Proses engine-engine matching menjadi kompleks dengan adanya perubahan-perubahan dalam kondisi servicenya. Diantaranya yaitu perubahan-perubahan tahanan kapal akibat fouling badan kapal, cuaca, dan perubahan sarat kapal.

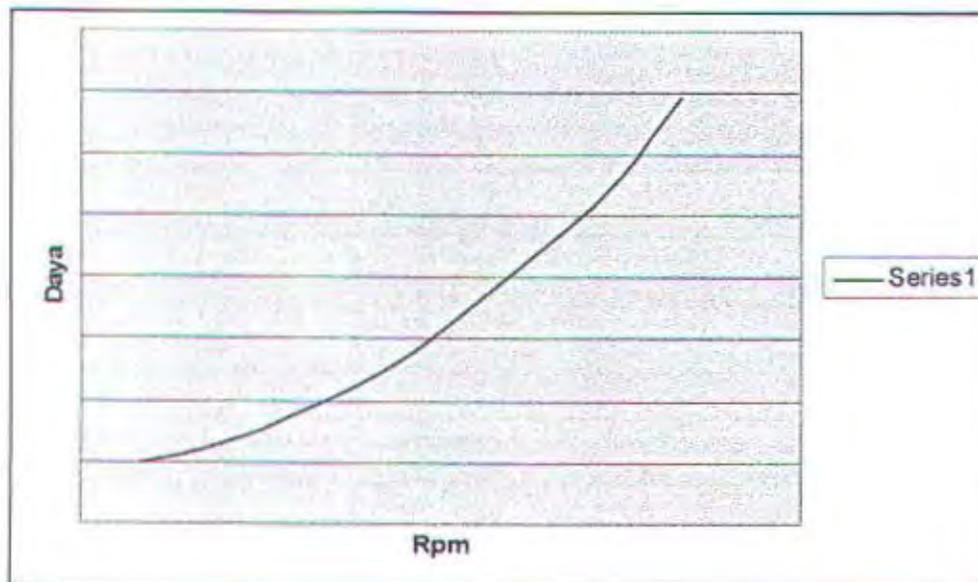
#### **IV.2.Prinsip-Prinsip Sistem Daya**

Matching antara motor penggerak dan propeller adalah aplikasi dari prinsip konversi energi. Prinsipnya adalah bahwa daya yang dihasilkan oleh motor harus sama dengan daya yang diserap oleh propeller. Dalam aplikasi yang sederhana, pernyataan tersebut mudah dipahami dan jelas. Pernyataan tersebut menjadi kurang jelas apabila masalahnya menjadi kompleks seperti beberapa motor bekerja pada beban yang sama, atau satu motor secara bersama-sama menggerakkan beban yang berbeda. Sehingga permasalahan ini membutuhkan perhatian untuk ditinjau terlebih dahulu sebelum membahas hal-hal yang lebih spesifik.

Hal pertama yang perlu diperhatikan adalah daya yang ditransmisikan oleh motor dalam sistem rotating shaft dikarakteristikan dalam dua faktor yaitu rpm dan torsi. Sama dengan sistem transmisi listrik yang didalamnya ada tegangan dan arus, dan sistem hidrolis yang didalamnya ada tekanan dan kecepatan aliran. Dalam masalah mekanik seperti ini, rpm adalah faktor yang harus sama pada kedua ujung rangkaian transmisi. Torsi boleh lebih kecil pada ujung output dibanding pada ujung input, apabila bantalan poros atau peralatan lain menyerap

energi sepanjang poros. Jika tidak ada hal-hal diatas yang menyerap energi maka torsi harus sama pada kedua ujung.

Perhatikan pula contoh kasus yang sederhana ini: sebuah penggerak (motor) dihubungkan dengan beban (propeller) dengan perantaraan poros tanpa bantalan dan peredam-peredam energi lain. Putaran poros akan sama pada kedua ujungnya, dan karena konversi energi membutuhkan daya (rate days) yang sama, maka torsi pada kedua ujungnya juga harus sama. Masing-masing dari kedua unit (motor dan propeller) mempunyai karakteristik torsi vs rpm yaitu hubungan antara rpm dan torsi yang dapat menghasilkan, atau diserap pada kecepatan tertentu. Jika karakteristik-karakteristik diplotkan pada grafik yang sama, maka perpotongannya merupakan koordinat-koordinat torsi vs rpm, dimana koordinat tersebut menunjukkan bahwa kedua faktor sama untuk kedua unitnya serta menunjukkan titik operasi untuk kombinasi beban dan penggeraknya.



Gambar 4.1

Biasanya pasangan kurva ini berpotongan pada titik, dan interaksinya adalah sebuah keseimbangan yang stabil. Kestabilan dapat pula diduga dari kurva-kurva karakteristik ini. Pada gambar 4.1 apabila penyimpangan yang menyebabkan kecepatan meningkat di atas titik perpotongan, maka torsi yang dibutuhkan beban untuk mempertahankan rpm akan melebihi torsi yang ada pada penggerak. Oleh sebab itu maka motor harus diakselerasikan untuk mencapai keseimbangan. Karena diviasi secara otomatis direduksi mendekati nol, maka keseimbangan tersebut stabil.

Penggunaan kurva daya vs rpm pada proses matching pada dasarnya sama dengan penggunaan kurva torsi vs rpm, karena daya proporsional dengan hasil dari torsi dan rpm. Analisa yang telah dijelaskan diatas dapat pula diterapkan pada pengeplotan daya vs rpm dan pada pembahasan selanjutnya akan digunakan metode matching dengan menggunakan kurva daya vs rpm.

### **IV.3. Permasalahan Matching Motor Dan Propeller Pada Titik Design (fpp)**

#### **IV.3.1. Hal-hal yang Diperlukan Dalam Matching**

Jika kurva daya vs rpm dari motor dan propeller diplotkan satu sama lain maka interaksinya merupakan titik operasinya. Problem yang dihadapi seorang desainer adalah bagaimana memilih kurva motor mana dan kurva propeller mana yang menghasilkan interaksi terbaik.

Jadi untuk melakukan engine propeller matching maka informasi-informasi yang dibutuhkan adalah :

1. Karakteristik daya vs rpm dari propeller
2. Karakteristik daya vs rpm dari motor dengan dilengkapi dengan kurva sfc.

Skala dari karakteristik motor harus sama dengan karakteristik propeller (umumnya dalam prosentase).

Untuk mendapatkan hasil matching yang baik maka :

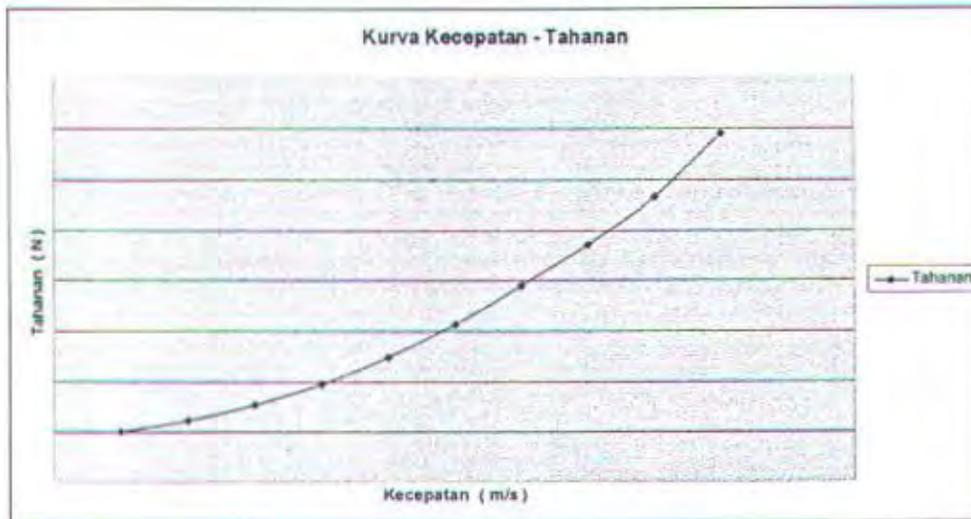
- Motor harus menghasilkan tenaga yang maksimum atau mendekati maksimum pada kondisi desainnya, yaitu kondisi yang paling sering dialami.
- Pada kondisi off-design maka instalasi permesinan harus dapat mengatasi kebutuhan pada waktu operasional, misalnya kecepatan kapal.
- Pemilihan dan matching untuk engine dan propeller harus sedemikian rupa sehingga memberikan total investasi dan biaya operasional (biaya konsumsi bahan bakar, biaya perawatan) yang seminimal mungkin dalam life time motor.

#### IV.3.2. Matching dengan Mempertimbangkan Kondisi Service

Langkah awalnya yaitu mengetahui kondisi trial, dimana hubungan kecepatan kapal dengan tahanannya diketahui melalui uji model maupun melalui perhitungan ( gambar 4.2 ).

Kondisi trial didefinisikan sebagai kondisi kapal dengan muatan penuh, badan kapal yang bersih (tanpa fouling), dan kondisi perairan yang tenang. Pada kurva kondisi trial ini maka harus ditambahkan sebuah margin yang menyatakan kenaikan tahanan karena fouling badan kapal dan keadaan perairan. Oleh karena itu sea margin didefinisikan sebagai :

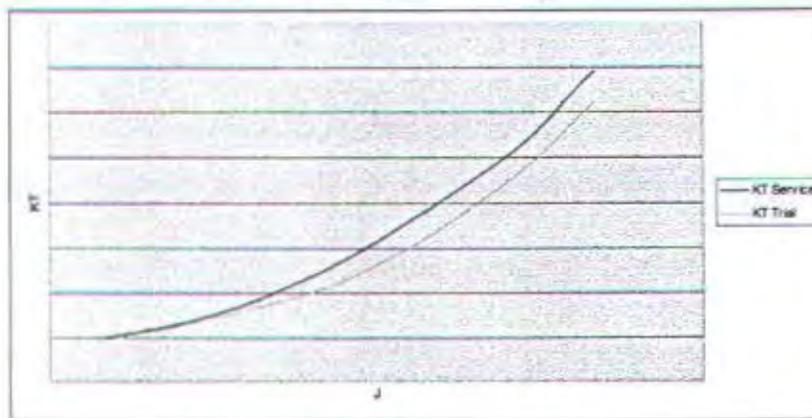
$$\begin{aligned} SM = \text{sea margin} &= (\text{tahanan pada kondisi service} / \text{tahanan kondisi trial}) \\ &= (R_T \text{ service} / R_T \text{ trial}) \end{aligned}$$



Gambar 4.2 Hubungan antara Tahanan dan Kecepatan Kapal

Sea margin ditentukan berdasarkan pengalaman ataupun perhitungan dengan memperhatikan tahanan tambahan yang ditimbulkan gelombang. Secara kasar nilai dari sea margin itu sendiri berkisar antara 1,1 – 1,25.

Tahanan pada kondisi service dan kecepatan pada kondisi tersebut adalah dasar untuk desain propeller yang pada akhirnya akan menghasilkan kurva beban propeller untuk kondisi service dan kondisi trial ( gambar 4.3 ).



Gambar 4.3 Kurva Beban Propeller

Sea margin selain didefinisikan sebagai rasio tahanan juga dapat didefinisikan sebagai rasio daya propeller (Woud, J. Klein, *Matching Ship, Propeller, and Prime Mover*, 1988), yaitu:

$$SM = CSR / \text{daya propeller kondisi trial}$$

Dimana CSR (Continuous Service Rating) adalah gaya yang dibutuhkan propeller pada kecepatan pada kondisi servicenya.

Perbedaan harga Sea Margin dari kedua definisi diatas cukup kecil (perbedaannya disebabkan karena pengaruh perubahan efisiensi propeller antara kondisi trial dan kondisi service).

Setelah dapat kondisi service maka motor dapat dimatch-kan sehingga motor dapat memberikan daya maksimumnya pada kondisi service. Hal ini berarti titik *MCR* (Maximum Continuous Rating, 100 % daya motor pada 100% kecepatan motor) berada pada lintasan garis beban propeller. Untuk mendapat umur (life time) motor serta biaya perawatan yang rendah (ekonomis) maka *MCR* dari motor harus lebih besar dari *CSR* (yang dibutuhkan oleh propeller). Keuntungan lain adalah kecepatan service dapat dipertahankan pada daya motor yang berada pada kondisi *CSR*. Selain dua keuntungan diatas hal ini juga dapat menyebabkan konsumsi bahan bakar spesifik pada kecepatan service dapat diminimalkan.

Rasio antara Continuous Service Rating dan Maximum Continuous Rating disebut juga engine margin, yaitu:

$$EM = CSR / MCR$$

Engine margin ini mempunyai nilai 0,8 – 0,9.

Metode matching seperti yang dijelaskan di atas terbukti berjalan baik. Pada kondisi service kecepatan kapal dapat dipertahankan pada daya motor yang sesuai. Dengan kemungkinan terjadinya penambahan tahanan kapal akibat kondisi service, maka dengan perhitungan dan metode matching yang tepat maka masih

ada margin atau dengan kata lain kelebihan daya motor yang dapat digunakan untuk mempertahankan kecepatan service tersebut.

## BAB V

### TINJAUAN GETARAN SISTEM PERMESINAN

Getaran secara umum dikenal sebagai gejala fisik yang selalu berulang sendiri. Suatu system yang memiliki massa dan elastisitas mampu bergerak secara relative, dan apabila getaran tersebut terjadi secara berulang sendiri dalam interval waktu tertentu maka gerakan tersebut dikenal dengan getaran.

Frekuensi eksitasi ditentukan oleh instalasi penggerak, terutama motor penggerak utama. Pada motor dengan putaran lambat, putarannya menentukan basis frekuensi orde pertama. Orde frekuensi yang lebih tinggi disebabkan oleh momen dan gaya bebas dari gaya motor yang sulit untuk dibalansir selain tergantung pula pada jumlah silinder pada motor.

#### V.1 Sumber Getar Pada Kapal

Penyebab timbulnya getaran pada kapal antara lain adalah adanya proses pembakaran dari mesin induk dan eksitasi propeller. Getaran yang disebabkan oleh eksitasi main engine merupakan factor terbesar penyumbang getaran, terutama didaerah kamar mesin.

#### V.2 Eksitasi Mesin

Gaya dan eksitasi mesin diesel disebabkan oleh gaya inerti dari peralatan yang bergerak ( mekanisme torak engkol ) dan adanya perubahan tekanan gas didalam silinder.

Untuk menghitung besarnya gaya inerti dan momen eksitasi mesin akan dilakukan analisa dinamik terhadap mekanisme torak engkol dan analisa gaya tekanan gas pembakaran dalam silinder.

Data – data yang diperlukan untuk menentukan besarnya resultan gaya yang bekerja pada engine meliputi :

- berat komnen bolak – balik ( piston ) : 32 N (  $W_p$  )
- berat batang penghubung ( connecting rod ) : 46.7 N (  $W_p'$  )
- Panjang batang penghubung : 381 mm (  $L$  )
- Radius poros engkol (  $0.5 * \text{panjang langkah piston}$  ) : 76 mm (  $R$  )
- Engine speed : 1200 rpm
- Kecepatan sudut putar : 125.6 rad/det

Dari buku Dinamika Permesinan, untuk menentukan besarnya resultan gaya yang bekerja pada mesin 12 silinder dirumuskan :

$$F = \frac{(W_p + W_p')}{g} R \omega^2 \left( \frac{R}{L} 12 \cos 2\theta_1 \right)$$

dengan nilai  $\theta_1 = 0$ , dimana  $\theta_1$  adalah sudut antara poros engkol dengan garis vertical.

Frekuensi eksitasi diperoleh dari besarnya putaran engine dikalikan dengan  $2\pi \text{ rad}/60$ .

Dari data diperoleh ;

- ✓ Engine speed : 1200 rpm
- ✓ Besarnya frekuensi eksitasi :  $1200 * 2\pi \text{ rad}/60 = 125.6 \text{ rad / det}$
- ✓ Massa engine : 2415 kg

### V.3 Eksitasi Propeller

Gaya eksitasi Propeller dihasilkan oleh inteksi dari propeller dengan wake pada kondisi pengoperasiannya. Dan dengan metode untuk menghitung gaya tersebut yang didasari pada asumsi quasi steady state, dimana diasumsikan bahwa gaya pada elemen daun

propeller untuk setiap pusat adalah sama jika bekerja pada aliran steady untuk kecepatan sama.

### V.3.1 Prosedur estimasi gaya vertical dan horizontal pada propeller

Dalam penentuan gaya vertical dan horisantal dari propeller pada bearing, Lewis 1962 juga menggunakan metode Goust theory. Dari teori ini, eksitasi dari propeller dengan jumlah daun  $N$  dihasilkan oleh orde  $N-1$  dan  $N+1$  circumferential components dari wake.

Melalui metode ini koefisien gaya diberikan dengan persamaan :

$$\Psi_{(N-1)A} = \int EA_{N-1} S_{N-1}^3 d(r/R)$$

$$\Psi_{(N+1)A} = \int EA_{N+1} S_{N+1}^3 d(r/R)$$

$$\Psi_{(N-1)B} = \int EA_{N-1} S_{N-1}^3 d(r/R)$$

$$\Psi_{(N+1)B} = \int EA_{N+1} S_{N+1}^3 d(r/R)$$

Sedangkan koefisien gaya getar  $K$  ( $K_{N-1A}$ ,  $K_{N+1A}$ ,  $K_{N-1B}$ ,  $K_{N+1B}$ ) diberikan dengan persamaan :

$$K = \frac{\Psi U}{100nD}$$

dimana ;  $n$  : putaran propeller ( rps )

Gaya eksitasi dalam arah tegak lurus poros propeller yang dihasilkan oleh propeller secara umum diberikan dengan persamaan :

$$F = K \rho n^2 D^4$$

atau dapat ditulis dengan :

$$F = \frac{\rho \Psi n U D^3}{100}$$



dengan memperhatikan koefisien dan arah gerak, maka gaya eksitasi propeller dalam arah vertical dan horizontal masing – masing diberikan dengan persamaan :

Gaya Horizontal

$$F_H = \frac{\rho n U D^3}{100} \left[ (\Psi_{N-1A} - \Psi_{N+1A})^2 + (\Psi_{N-1B} - \Psi_{N+1B})^2 \right]$$

Gaya Vertikal

$$F_V = \frac{\rho n U D^3}{100} \left[ (\Psi_{N-1A} - \Psi_{N+1A})^2 + (\Psi_{N-1B} - \Psi_{N+1B})^2 \right]$$

### V.3.2. Prosedur Estimasi Dari Gaya Longitudinal

Eksitasi propeller terdiri dari tiga komponen gaya dan tiga komponen momen yang timbul dari pengoperasian propeller pada daerah wake yang tidak uniform.

Perhitung komponen-komponen tersebut yang dituliskan pada persamaan yang ada diturunkan melalui distribusi dari unsteady blade lift ( $L_q$ ) yang memiliki keakurasian tinggi. Disamping itu salah satu prosedur yang relative sederhana untuk diterapkan dan memiliki keakurasian yang cukup baik yang telah dikembangkan adalah metode Ghust Theory. dengan metode ini distribusi dari unsteady blade lift diberikan dengan persamaan

$$L_q(r) = \rho U^2 R C_{lq}(r)$$

dengan :

$$C_{lq}(r) = \pi \frac{V_r(r) l(r)}{UR} C_x(r, k^*) e^{-lq_u(r)}$$

Dimana :

U = Kecepatan kapal

R = Jari-jari propeller

$V_r$  = Kecepatan relative tangensial

$$V_r = \sqrt{V_a^2 + \Omega^2 r^2}$$

$$\frac{V_r(r)}{U} = \sqrt{\left(\frac{V_a}{U}\right)^2 + \left(\frac{\pi r}{JR}\right)^2}$$

$V_{nq}(r)$  : kecepatan normal dari wake untuk blade section pitch pada jarak  $r$ .

Dengan ilustrasi gambar 3.4, harga  $V_{nq}(r)$  diperoleh dari persamaan :

$$V_{nq}(r) = -C_{xq} \cos \beta_G + C_{Tq} \sin \beta_G$$

Dimana :

$C_{xq}$  dan  $C_{Tq}$  adalah koefisien wake harmonic axial dan tangensial

$\beta_G$  adalah sudut geometric pitch, yang diberikan dengan persamaan :

$$\tan \beta_G(r) = \frac{P(r)}{2\pi}$$

$$\tan \beta_G(r) = \frac{P(r)/D}{\pi(r/R)}$$

dimana :

$P(r)$  : distribusi blade pitch

$l(r)$  : panjang chord pada jarak  $r$

$C_s(r, k^*)$  : bilangan sears ( didapat dari gambar 3.4 ) merupakan fungsi dari

reduced frekuensi  $k^*$

$$C_s = C_s^R + iC_s^I$$

Reduced frekuensi didefinisikan sebagai :

$$K^*(r) = q\theta_c(r)$$

Sedangkan  $\alpha_w(r)$  merupakan sudut skew

## Gaya Longitudinal

$$F_{ipm} = C_{ipm} \rho U^2 R^2$$

## BAB VI

### PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

#### Data Utama Kapal

Loa : 30 m

Lwl : 27,6 m

B : 9 m

Bpx : 8,87 m

H : 4,2 m

B : 2 m

T : 2 m

Vs : 16 knot

Va : 14 knot

$\bar{V}$  : 153,524 m<sup>3</sup>

S : 273,64 m

#### VI.1 Perhitungan Tahanan Kapal dan Daya Kapal

Untuk memberikan suatu keseragaman dalam melakukan perhitungan gesekan permukaan dan untuk mengembangkan data yang diperoleh dari model ke ukuran kapal yang sebenarnya, The International Towing Tank Conference (ITTC) pada tahun 1957 memberikan persetujuan rumus koefisien tahanan gesek spesifik sebagai berikut :

$$C_f = \frac{0,075}{(\log R_n - 2)^2}$$

$$C_f = \frac{0,075}{(\log 2 \cdot 10^8 - 2)^2}$$

dimana :

Rn = Reynold Number, yang diberikan dalam persamaan :

$$Rn = 0,433 Vs \times Lwl \times 10^6$$

$$\begin{aligned} Rn &= 0,433 \times 8,42 \times 27,6 \times 10^6 \\ &= 2 \cdot 10^8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cf &= \frac{0,075}{(\log 2 \cdot 10^8 - 2)^2} \\ &= 1,27 \cdot 10^3 \end{aligned}$$

Tahanan sisa merupakan suatu nilai dari pengurangan nilai dari tahanan total badan kapal terhadap tahanan gesek. Penentuan tahanan sisa didapatkan dari uji perbandingan model serta korelasi antara kapal dengan model. Sebagaimana percobaan yang telah dilakukan oleh MARINTEK A/S, OCEAN LABORATORIES yang menghasilkan suatu grafik koefisien tahanan sisa sebagai fungsi dari Froude Number pada beberapa tingkat koefisien volumetric seperti pada gambar.

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}}$$

$$F_n = 0,98$$

$$Cr = 1,9 \cdot 10^3$$

Tahanan kekasaran terjadi akibat adanya kekasaran pada badan kapal seperti korosi, pengotoran dan sebagainya. Besarnya nilai koefisien tahanan kekasaran  $\Delta Cf$  dapat mencapai 0,0005.

$$\Delta Cf = 5 \cdot 10^{-4}$$

Dari komponen-komponen tahanan kapal yang telah diuraikan sebelumnya, dapat digunakan untuk menentukan besarnya tahanan total kapal.

$$C_t = 4,17 \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} R_T &= 13,84 \cdot 4,17 \cdot 10^{-3} (16)^2 = 273,64 \\ &= 4042,89 \text{ P} \approx 17950,42 \text{ N} \end{aligned}$$

Daya efektif (EHP) yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air pada kecepatan  $V_s$  (knot) adalah :

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= 0,00686 \cdot 4042,89 \cdot 16 \\ &= 443,75 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-w} = \frac{0,935}{0,9} = 1,04$$

$$\begin{aligned} \text{THP} &= \frac{\text{EHP}}{\eta_H} = \frac{443,75}{1,04} \\ &= 426,68 \end{aligned}$$

Efisiensi relative rotatif dari twin screw ship berkisar antara 0,95 - 1

$$\eta_r = 0,95$$

$$\eta_p = 0,6$$

Besarnya nilai koefisien propulsive adalah :

$$\begin{aligned} P_c &= 0,95 \times 0,6 \times 1,04 \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

$$\text{DHP} = \frac{\text{EHP}}{0,6}$$

$$= \frac{443,75}{0,6}$$

$$= 739,583 \text{ HP}$$

## V.2. Titik Operasi Propeller

Untuk mendapatkan harga konstanta  $\alpha$  maka dilakukan perhitungan atau analisa regresi grafik tersebut diatas agar di dapat hubungan :

$$\begin{aligned}R_T &= \alpha \times V_s^2 \\ &= \frac{1}{2} \times \alpha \times S \times C_T \times V_s^2\end{aligned}$$

sehingga didapat :

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{1}{2} \times \rho \times S \times C_T \\ &= \frac{1}{2} \times 1025 \times 273.64 \times 4.12 \times 10^{-3} \\ &= 584.8\end{aligned}$$

Hubungan tahanan dan kecepatan kapal ini akan diimplementasikan kedalam bentuk hubungan kwadrat antara  $K_T$  dan  $J$  :

$$\begin{aligned}K_T &= \left\{ \frac{\alpha}{[(1-t)(1-w)^2 \rho D^2]} \right\} \times J^2 \\ &= \left\{ \frac{584.8}{[(1-0.07)(1-0.17)^2 1025 (1.39^2)]} \right\} \times J^2 \\ &= 0.46 J^2\end{aligned}$$

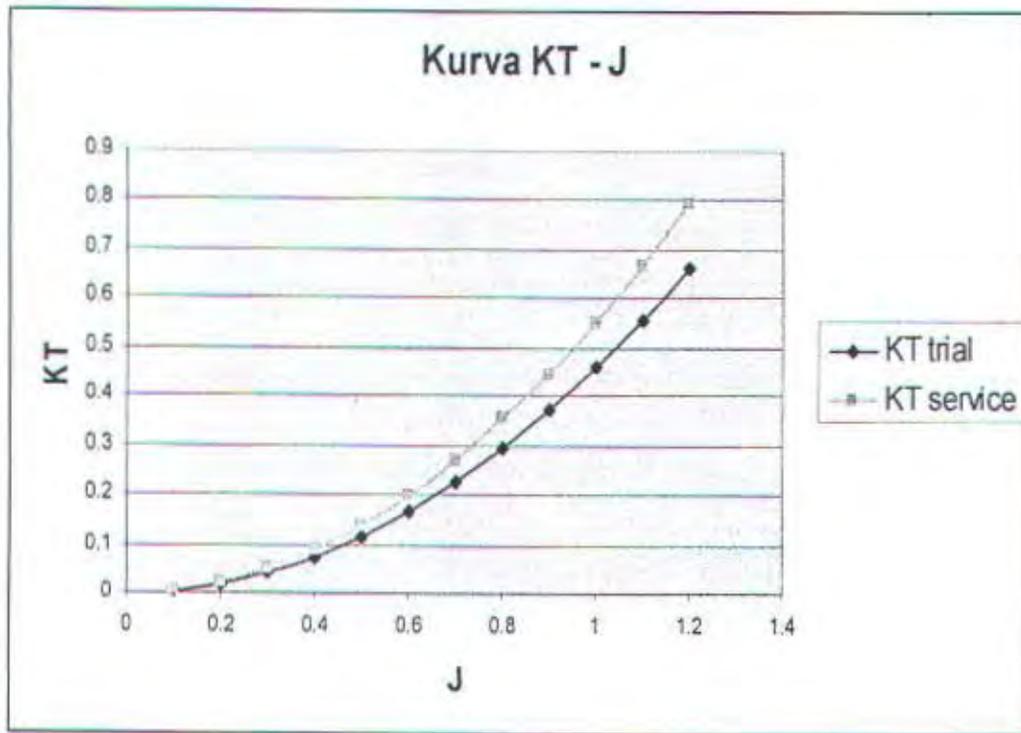
Hubungan  $K_T$  dan  $J$  diatas adalah hubungan yang didapat pada kondisi *trial* ( *ideal* ), untk mendapatkan titik operasi propeller pada kondisi *service* maka harga *Sea Margin* harus pula diperhitungkan. Harga sea margin ini akan mempengaruhi besarnya tahanan kapal, oleh karena itu hubungan antara  $K_T$  dan  $J$  juga akan berubah. Besarnya sea margin yang sesuai dengan daerah pelayaran kapal di Indonesia adalah 15% - 20% ( Harval Sv.Aa, *Resistance And Propulsion of Ship*, 1983 ).

Pengaruh penambahan sea margin tersebut akan ditunjukkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}K_T &= 120\% \times 0.46 J^2 \\ &= 0.55 J^2\end{aligned}$$

Hubungan  $K_T$  dan  $J^2$  baik untuk kondisi trial maupun untuk kondisi service ini kemudian akan diplotkan pada kurva open water propeller Bp series 4 – 55 untuk mendapatkan titik operasi propeller. Dibawah ini ditunjukkan table dan hubungan antara  $K_T$  dan  $J^2$  pada kondisi trial dan service.

J	$J^2$	$K_T$ trial	$K_T$ service
0.1	0.01	0.0046	0.0055
0.2	0.04	0.0184	0.022
0.3	0.09	0.0414	0.0495
0.4	0.16	0.0736	0.088
0.5	0.25	0.115	0.1375
0.6	0.36	0.1656	0.198
0.7	0.49	0.2254	0.2695
0.8	0.64	0.2944	0.352
0.9	0.81	0.3726	0.4455
1	1	0.46	0.55
1.1	1.21	0.5566	0.6655
1.2	1.44	0.6624	0.792



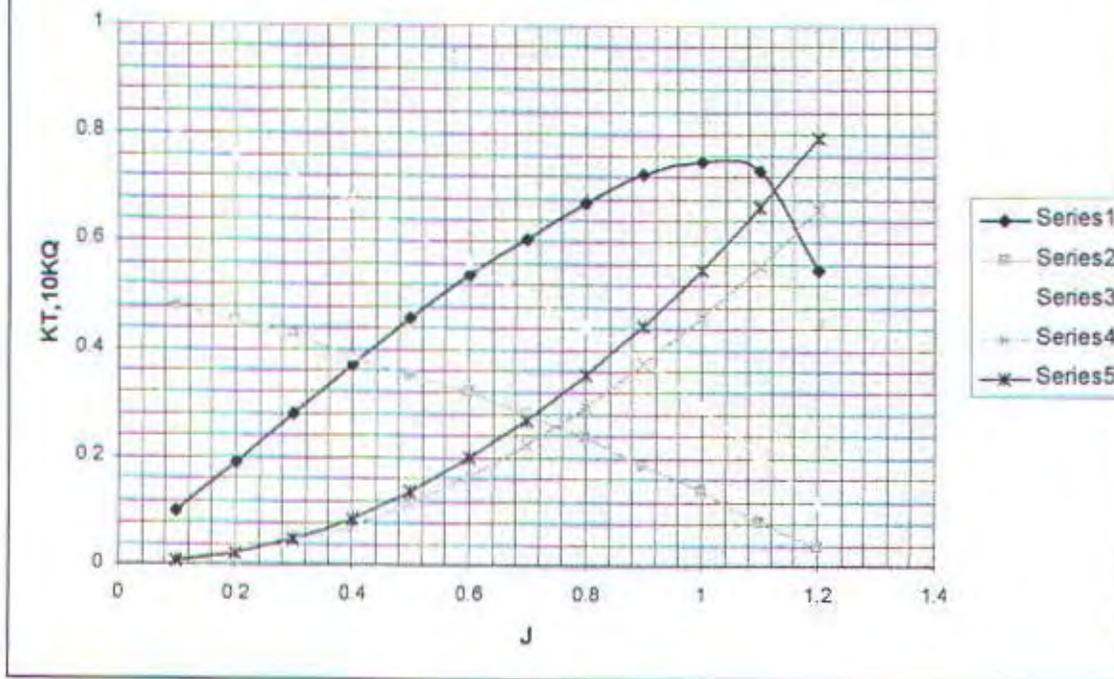
### V.3. Karakteristik Propeller

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa karakteristik propeller untuk *fixed pitch propeller* diberikan dalam konstanta – konstanta sebagai berikut :

- Koefisien gaya dorong ( $K_T$ )
- Koefisien torsi ( $K_Q$ )
- Koefisien advance ( $J$ )
- Koefisien open water ( $\eta_o$ )

Harga  $K_T$  pada kondisi trial dan service yang didapatkan tersebut kemudian diplotkan pada gambar kurva open water propeller. Dari hasil pengeplotan akan didapatkan titik operasi propeller yaitu dengan mempertemukan titik perpotongan antara  $K_T$  ( pada kurva open water propeller ) dengan harga  $K_T$  kondisi trial dan service.

Kurva titik operasi propeller series 4-55



Berdasarkan pembacaan kurva diatas, maka didapatkan hasil :

1. Titik operasi propeller pada kondisi trial

- $J = 0.74$
- $K_T = 0.25$
- $K_Q = 0.049$
- $\eta_o = 0.63$

2. Titik operasi propeller pada kondisi service

- $J = 0.7$
- $K_T = 0.28$
- $K_Q = 0.054$
- $\eta_o = 0.6$

Dari harga  $K_Q$  yang diperoleh dapat dihitung besarnya torsi dari propeller (  $Q$  ), dimana :

$$Q = K_Q \times \rho \times n^2 \times D^5$$

$$PD = 2 \pi Q n$$

$$PB = PD / 0.97$$

service

P/D	1.2
eff.	0.6
KQ	0.054
KT	0.28
D	1.39
n(rps)	5

$$QD = 287.2047554 \ n^2$$

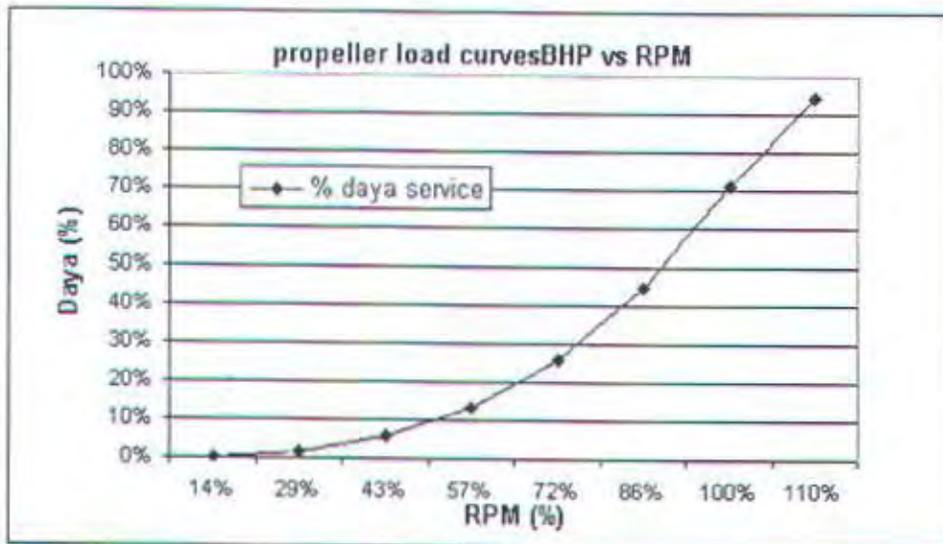
$$302.3207952$$

$$PD = 1898.574594 \ n^3$$

n (rps)	PD(W)	PD(kW)	PB(kW)	PB(HP)
0.7155963	695.716	0.696	0.732	0.982
1.4311927	5565.728	5.566	5.859	7.853
2.146789	18784.332	18.784	19.773	26.505
2.8623853	44525.822	44.526	46.869	62.827
3.5779817	86964.501	86.965	91.542	122.710
4.293578	150274.654	150.275	158.184	212.043
5.0091743	238630.580	238.631	251.190	336.716
5.5100917	317617.296	317.617	334.334	448.169

n (rps)	rating speed (%)	PB (HP)	rating PB (%)
0.78	14%	0.98	0%
1.56	29%	7.85	2%
2.34	43%	26.51	6%
3.12	57%	62.83	13%
3.9	72%	122.71	26%
4.68	86%	212.04	45%
5.46	100%	336.72	71%
6.006	110%	448.17	94%





trial

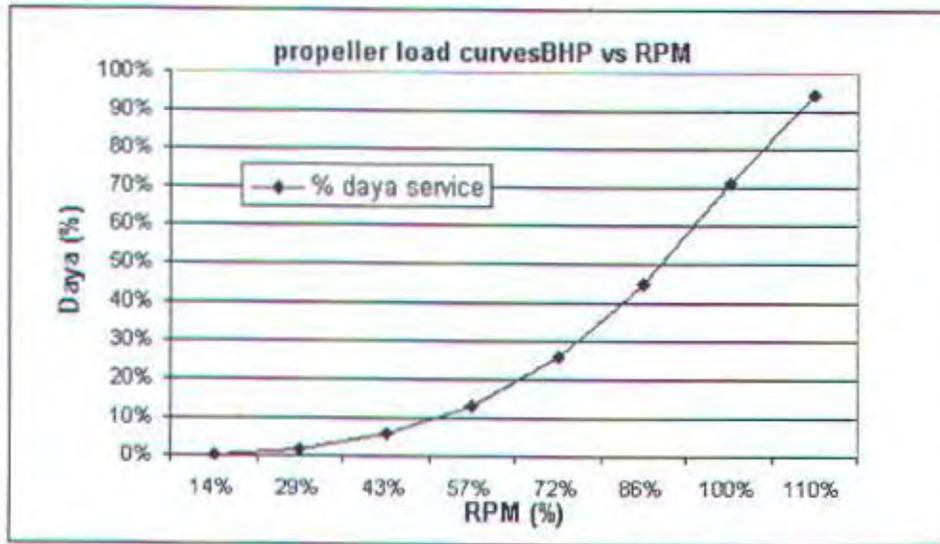
P/D                    1.2  
 eff.                    0.63  
 KQ                    0.049  
 KT                    0.25  
 D                      1.39  
 n(rps)                5

QD =                260.6117225    n<sup>2</sup>  
                       274.3281289  
 PD                   1722.78065    n<sup>3</sup>

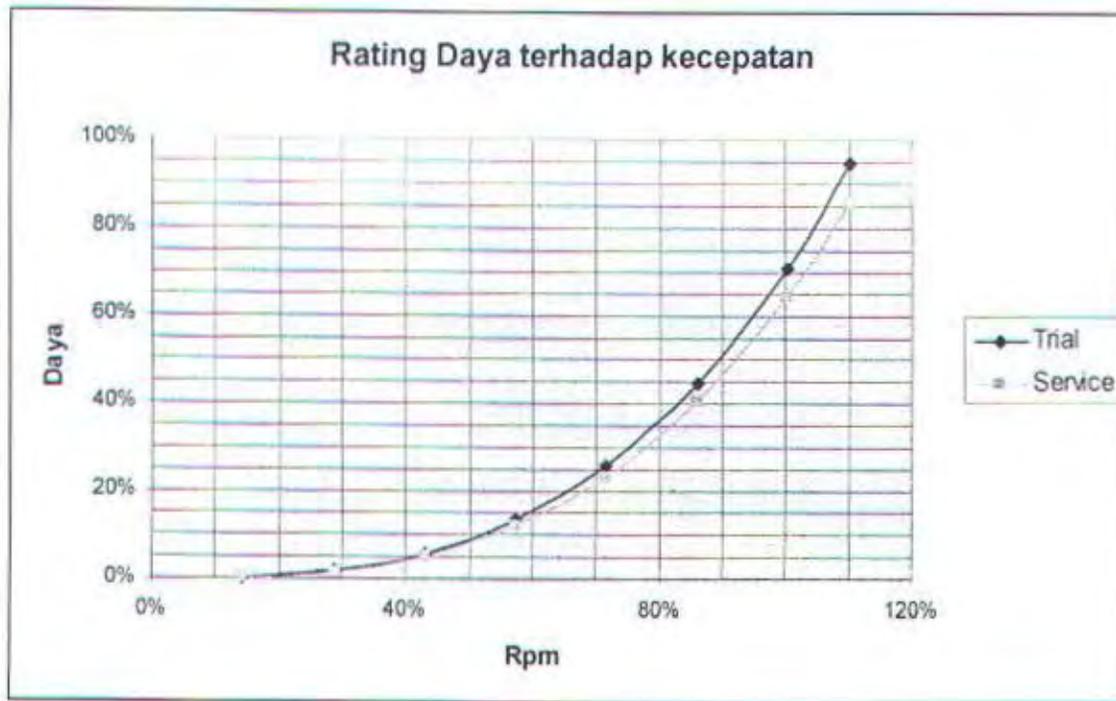
n (rps)	PD(W)	PD(kW)	PB(kW)	PB(HP)
0.7155963	631.298	0.631	0.665	0.891
1.4311927	5050.383	5.050	5.316	7.126
2.146789	17045.042	17.045	17.942	24.051
2.8623853	40403.060	40.403	42.530	57.010
3.5779817	78912.232	78.912	83.066	111.348
4.293578	136360.334	136.360	143.537	192.409
5.0091743	216535.156	216.535	227.932	305.539
5.5100917	288208.287	288.208	303.377	406.672

n (rps)	rating speed (%)	PB (HP)	rating PB (%)
0.78	14%	0.89	0%
1.56	29%	7.13	2%
2.34	43%	24.05	5%
3.12	57%	57.01	12%
3.9	72%	111.35	23%

4.68	86%	192.41	41%
5.46	100%	305.54	64%
6.006	110%	406.67	86%

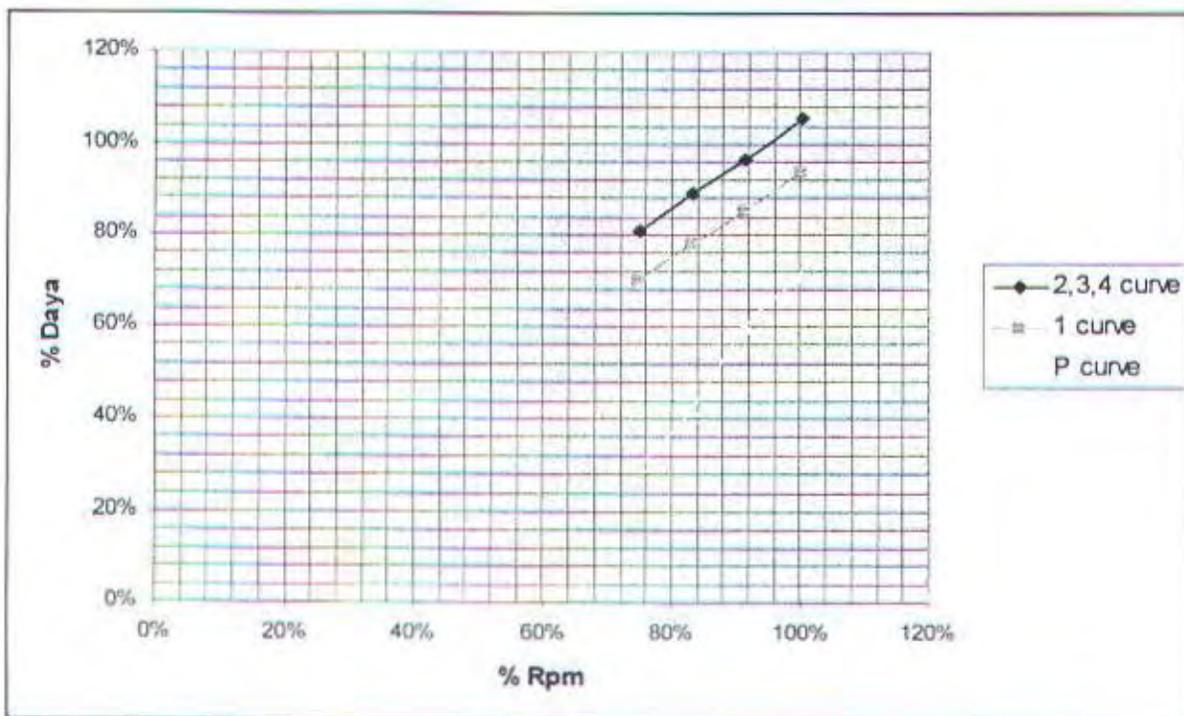


Hubungan antara beban propeller dan kecepatan propeller akan lebih jelas terlihat dalam gambar di bawah ini.



#### VI.4. Karakteristik Motor Induk

Dalam proses matching ini komponen terakhir sekaligus yang mempunyai peran sangat penting dalam motor induk. Dalam hal ini yang dibutuhkan dalam proses matching adalah pengeplotan kurva beban propeller pada kurva daya vs Rpm motor induk. Untuk itu maka perlu diketahui karakter unjuk kerja dari motor induk. Setelah itu dilakukan langkah pengeplotan beban propeller pada daerah kerja dari motor induk.



## VI.5. Perhitungan gaya eksitasi propeller :

### 1. Gaya Horizontal

$$\begin{aligned} F_h &= \frac{\rho n U D^3}{100} [(\psi_{N-1A} - \psi_{N+1A})^2 + (\psi_{N-1B} - \psi_{N+1B})^2] \\ &= \frac{1025 \times 5 \times 8,42 \times 1,39^3}{100} [(-0,775 + 0,1665)^2 + (-0,27 - 0,093)^2] \\ &= 111,16 \text{ N} \end{aligned}$$

### 2. Gaya Vertikal

$$\begin{aligned} F_v &= \frac{\rho n U D^3}{100} [(\psi_{N-1A} + \psi_{N+1A})^2 + (\psi_{N-1B} + \psi_{N+1B})^2] \\ &= \frac{1025 \times 5 \times 8,42 \times 1,39^3}{100} [(-0,775 - 0,1665)^2 + (-0,27 + 0,093)^2] \\ &= 58,15 \text{ N} \end{aligned}$$

### 3. Gaya Longitudinal

$$\begin{aligned} F_{ipm} &= C_{ipm} \rho U^2 R^2 \\ &= 0,00469 \times 1025 \times 8,42^2 \times 0,695^2 \\ &= 164,63 \text{ N} \end{aligned}$$

## BAB VII

### KESIMPULAN

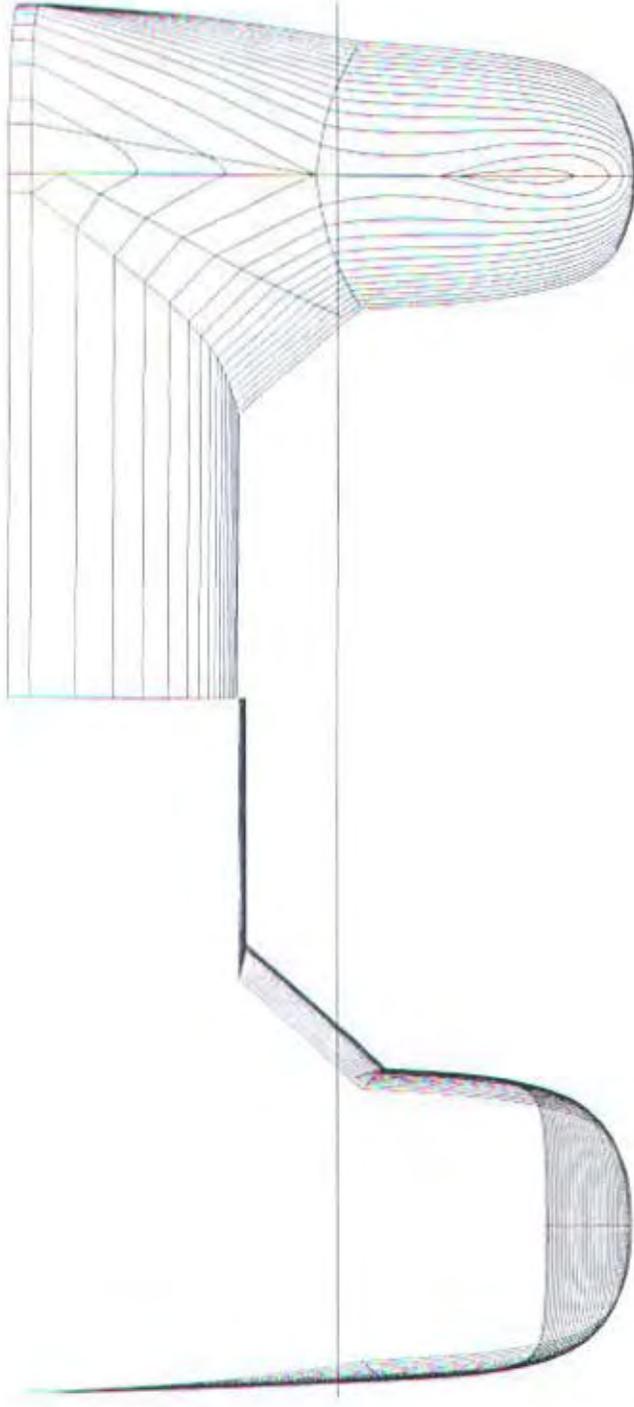
Dari perhitungan dan analisa yang telah dilakukan terhadap prosedur engine – propeller matching pada kapal katamaran yang menggunakan dua high speed diesel engine dan dua propeller dan menganalisa pengaruh gaya eksitasi mesin dan propeller pada peralatan misi hydrographic survey dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada kondisi trial koefisien thrust yang didapatkan dari fungsi koefisien advance, setelah diplotkan pada kurva open water, propeller B series 4-55, didapatkan koefisien thrust ( $K_t$ ) sebesar 0,25, dan koefisien torsi ( $K_q$ ) sebesar 0,049, serta efisiensi yang dicapai sebesar 63 %. Titik matching point dengan pitch diman titik operasi pada 100 % putaran maksimum, engine output yang dicapai berkisar 64 % dari daya maksimum mesin.
2. Pada kondisi service koefisien thrust yang didapatkan dari fungsi koefisien advance, setelah diplotkan pada kurva open water, propeller B series 4-55, didapatkan koefisien thrust ( $K_t$ ) sebesar 0,28, dan koefisien torsi ( $K_q$ ) sebesar 0,054, serta efisiensi yang dicapai sebesar 60 %. Titik matching point dengan pitch diman titik operasi pada 100 % putaran maksimum, engine output yang dicapai berkisar 71 % dari daya maksimum mesin. Pada engine envelope ( daerah optimum kerja mesin ) mesin yang digunakan terdapat pada zone limit kurva 1, dimana daerah tersebut merupakan daerah continous operating.

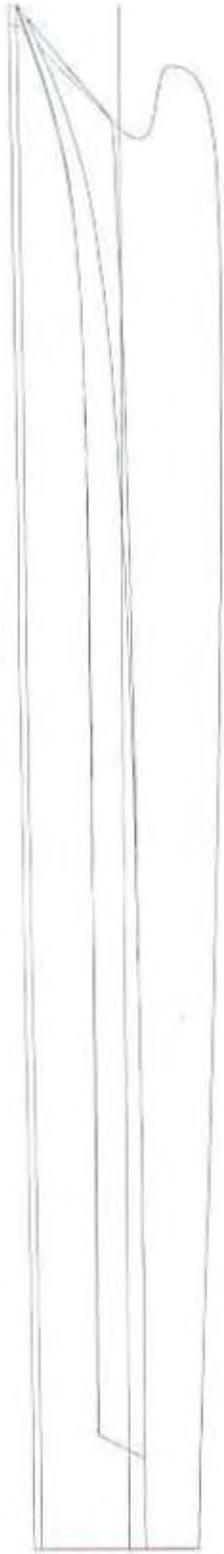
3. Propeller yang diterapkan pada kapal catamaran menunjukkan tingkat eksitasi yang cukup tinggi dan hal itu berhubungan langsung dengan getaran yang dapat mengganggu operasional dari peralatan – peralatan misi hydrographic survey. Pemilihan material damper yang tepat sangat membantu untuk pemaksimalan dari tercapainya tujuan misi hydrographic survey. Penggunaan mesin diesel perlu juga dipertimbangkan, karena berat dari mesin itu sendiri dan space yang tersedia pada kapal catamaran

Tabel Data Kapal

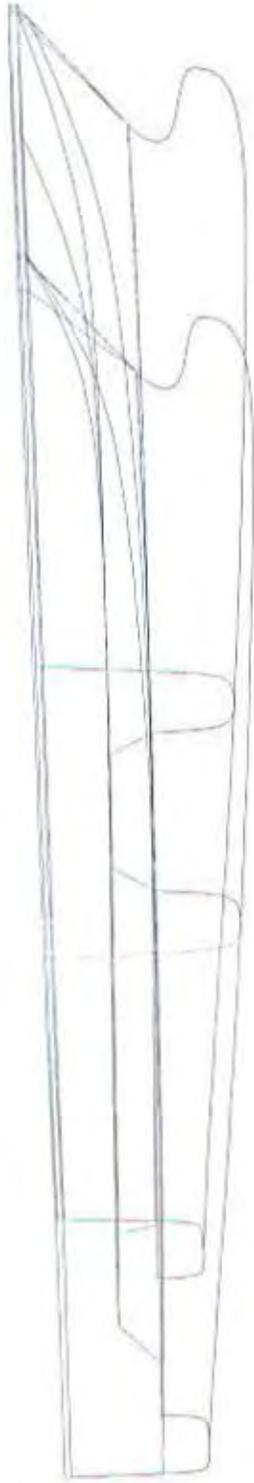
LOA	30	m
LWL	27.596	m
H	4.2	m
Beam	8.87	m
Draft	2	m
Vs	16	knots
Cb	0.44	
Displaced volume	153.524	m <sup>3</sup>
Wetted area	273.639	m <sup>2</sup>
Prismatic coeff.	0.831	
Waterplane area coeff.	0.422	
1/2 angle of entrance	17.65	deg.
LCG from midships(+ve for'd)	-1.157	m
Transom area	5.271	m <sup>2</sup>
Max sectional area	6.692	m <sup>2</sup>
Bulb transverse area	0.065	m <sup>2</sup>
Bulb height from keel	0	m
Draft at FP	2	m
Deadrise at 50% LWL	57.26	deg.
Hard chine or Round bilge	Round bilge	
Frontal Area	0	m <sup>2</sup>
Headwind	0	kts
Drag Coefficient	0	
Air density	1.293	kg/m <sup>3</sup>
Appendage Area	0	m <sup>2</sup>
Nominal App. length	0	m
Appendage Factor	1	
Correlation allow.	0.0004	
Kinematic viscosity	1.1883E-06	m <sup>2</sup> /s
Water Density	1025.9	kg/m <sup>3</sup>



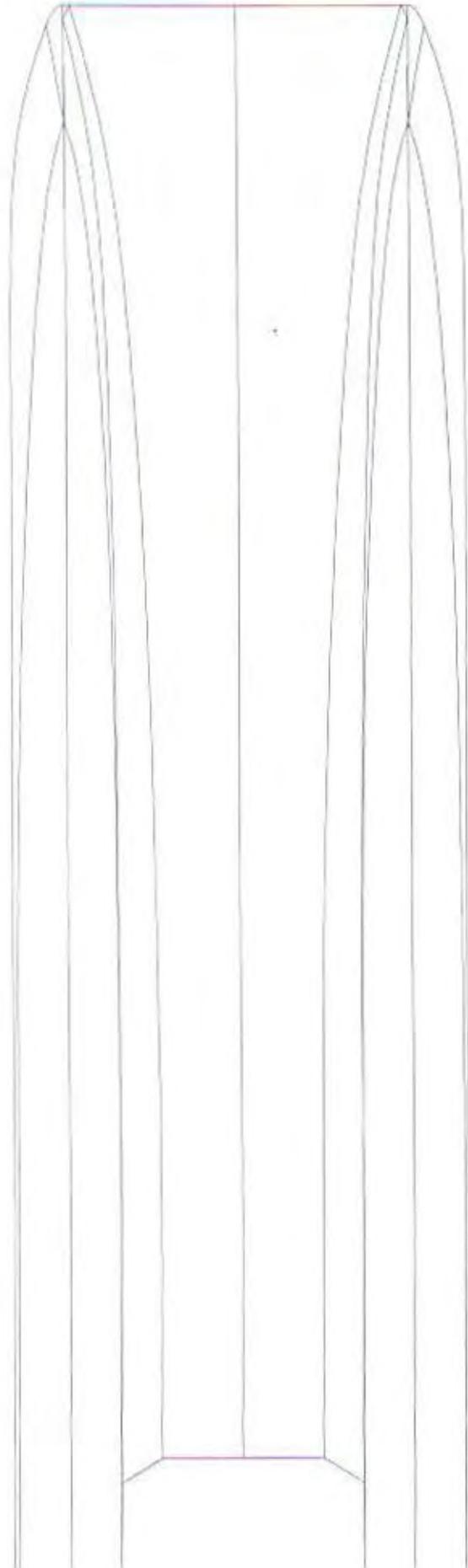
Body Plan View



Profile View



Perspective View

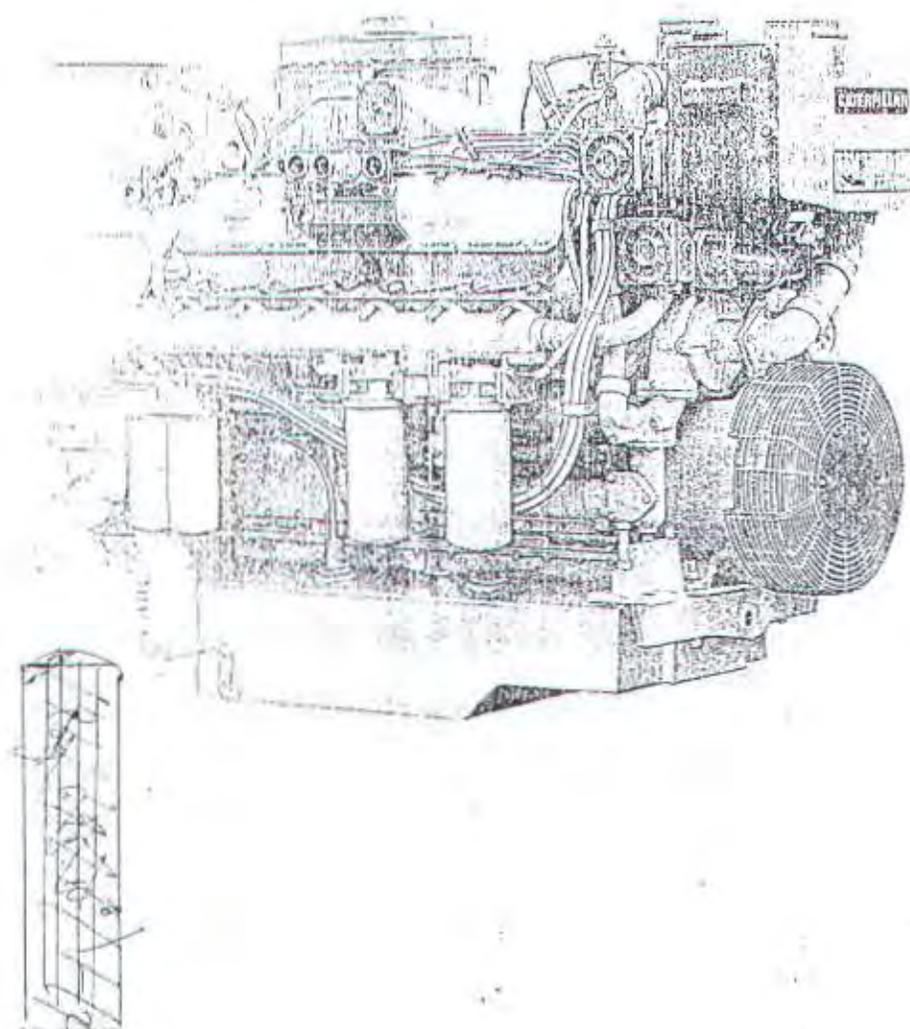


Plan View

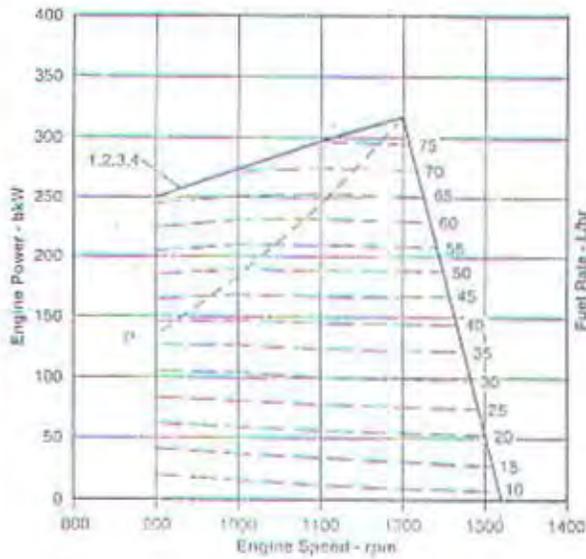
i	r/R	P/D	l/R	a	b	θ	k	V <sub>0</sub> /U	C <sub>s</sub>		C <sub>t</sub>	V <sub>sq</sub>		cos λ <sub>a</sub>	sin λ <sub>a</sub>	C <sub>l</sub>		C <sub>l cos λ</sub>		C <sub>lPI</sub>		C <sub>lPI</sub>		
									Re	Im		Re	Im			Re	Im	Re	Im	Re	Im		Re	Im
0.49	0.25	231.2779	1.01248	0.425292949	1.567402	0.027492	0.1099669	1.847592	0.017	0.235	0	0.021	0	0.0122	-0.13001	0.991513	-0.0005	-0.002	-0.0046	-0.0009	-0.0009	0.0009	0.0017	
0.49	0.35	261.3124	1.092543	0.454812033	1.566591	0.018735	0.075018	2.431676	0.017	0.256	-0.0473	0.0184	0.042	0.0088	-0.2459	0.989294	0.003	0.043	0.0028	0.03				
0.49	0.45	284.5982	1.170142	0.485461411	1.563831	0.014345	0.057378	3.040666	0.088	0.256	-0.0747	0.0173	0.068	0.0071	-0.36259	0.931947	0.032	0.056	0.046	0.062				
0.49	0.55	299.0683	1.221874	0.504767833	1.563022	0.011662	0.046649	3.662159	0.182	0.241	-0.0812	0.0137	0.075	0.0048	-0.43341	0.901196	0.105	0.042	0.105	0.053				
0.49	0.65	303.9903	1.231728	0.49761072	1.564082	0.009787	0.039146	4.290724	0.245	0.212	-0.0705	0.0089	0.067	0.0027	-0.40744	0.913233	0.12	0.16	0.14	0.013				
0.49	0.75	288.1563	1.231728	0.483780741	1.562868	0.006648	0.03459	4.923654	0.303	0.173	-0.0567	75	0.055	0.002	-0.38632	0.924361	0.118	-2	0.134	-0.025				
0.49	0.85	273.5937	1.231728	0.484812614	1.561041	0.008315	0.03326	5.559438	0.371	0.12	-0.046	0.0056	0.045	0.0013	-0.36017	0.932885	0.104	-0.063	0.9	-0.059				
0.49	0.95	219.9389	1.231728	0.305894529	1.557234	0.009254	0.037018	6.197252	0.483	-0.01	-0.037	0.0062	0.036	0.0013	-0.43347	0.899234	0.036	0.087	0.043	-0.083				

Performance  
curves

kW (hp) @ r/min	Metric		Rating Level	Reference No.	Page No.
	Horsepower (PS)				
317 (425) @ 1200	431		A-Rating	TM1007-07	51
465 (624) @ 1800	634		A-Rating	TM0008-04	52
481 (650) @ 1800	660		A-Rating	DM1901-00	53
354 (475) @ 1200	482		B-Rating	TM1006-04	54
500 (671) @ 1800	680		B-Rating	TM1675-04	55
537 (720) @ 1800	731		B-Rating	DM1902-00	56
570 (764) @ 2100	775		C-Rating	TM1676-05	57
619 (830) @ 2100	842		D-Rating	TM7749-01	58
641 (860) @ 2100	872		E-Rating	TM0060-02	59



		SI Metric	English
General Engine Data	Number of Cylinders and Arrangement .....	12 Vee	12 Vee
	Bore and Stroke .....	137 mm x 152 mm	5,4 in. x 6,0 in.
	Displacement .....	27,0 L	1649 cu in.
	Compression Ratio .....	14,5 to 1	14,5 to 1
	Cycle .....	4	4
	Rotation — Facing Flywheel End .....	CCW	CCW
	Firing Order .....	1-4-9-8-5-2- 11-10-3-6-7-12	1-4-9-8-5-2- 11-10-3-6-7-12
Air Intake System	System Restriction Limits:		
	Maximum Allowable w/Clean Dry Element .....	3,7 kPa	15 in. H <sub>2</sub> O
	Maximum Allowable w/Dirty Element .....	7,5 kPa	30 in. H <sub>2</sub> O
	Cleaner Type .....	Dry 1 Stage	Dry 1 Stage
Control System	Governor Type .....	Hydra-Mechanical	Hydra-Mechanical
	Shutoff Type .....	Electrical	Electrical
Cooling System (Engine Only)	Engine and Expansion Tank Coolant Capacity .....	162 L	171,2 qt
	Coolant Outlet Temperature (Maximum Allowable) .....	99°C	210°F
	Coolant Inlet Temperature (Minimum Allowable) .....	74°C	165°F
	Coolant Static Head (Maximum Allowable) .....	17,4 m	57 ft
	System Pressure (Minimum Recommended) .....	48 kPa	7 psi
	Coolant System Regulator:		
Start to Open Temperature .....	80-84°C	176-183°F	
Fully Open Temperature .....	90-94°C	194-201°F	
Exhaust System	Exhaust Manifold Type .....	Water Cooled	Water Cooled
	System Back Pressure (Maximum Allowable) .....	6,7 kPa	27 in. H <sub>2</sub> O
Fuel System	Fuel System Type .....	Scroll	Scroll
	Filter Type .....	Canister	Canister
	Priming Pump Type .....	Manual	Manual
	Fuel Supply Line Restriction (Maximum Allowable) .....	30 kPa	9 in. Hg
	Fuel Return Line Restriction (Maximum Allowable) .....	27 kPa	8 in. Hg
	Normal Fuel Pressure .....	207 kPa	30 psi
	Fuel Flow to Transfer Pump (To Engine) .....	193 L/h	51 gph
Lube Oil System	Refill Volume With Filter Change .....	138 L	146 qt
	Oil Pressure With SAE 10w30 Oil @ 59°C (210°F):		
	Normal Range .....	276-586 kPa	40-85 psi
	Minimum @ Low Idle .....	138 kPa	20 psi
	Filter Type .....	MCE	MCE
	Oil Type Recommended .....	API CF-4	API CF-4
	Crankcase Ventilation Type .....	To Atmosphere	To Atmosphere
Oil Cooler Type .....	Tube Bundle	Tube Bundle	
Mounting System (Engine Only)	Length — Rear of Flywheel Hsg to Front of Engine .....	1821,7 mm	71,7 in.
	Height Overall .....	1621,4 mm	63,83 in.
	Width Overall .....	1530,8 mm	60,27 in.
	Unit Dry Weight .....	2415 kg	5324 lb
	Flywheel Housing Size .....	SAE No. 0	SAE No. 0
	Static Bending Moment @ Rear Face Flywheel Housing (Maximum Allowable) .....	1356 N·m	12002 lb-in.
	Dimensional Drawing Number .....	3N9347	3N9347
Starting System (Engine With SAE 10w30 Oil)	Recommended Battery Capacity (Minimum) for 90-sec Cranking @ 0°C (32°F) and Above Ambient Temperature:		
	24 Volt Motor .....	870 CCA	870 CCA
	3C-32 Volt Motor .....	870 CCA	870 CCA



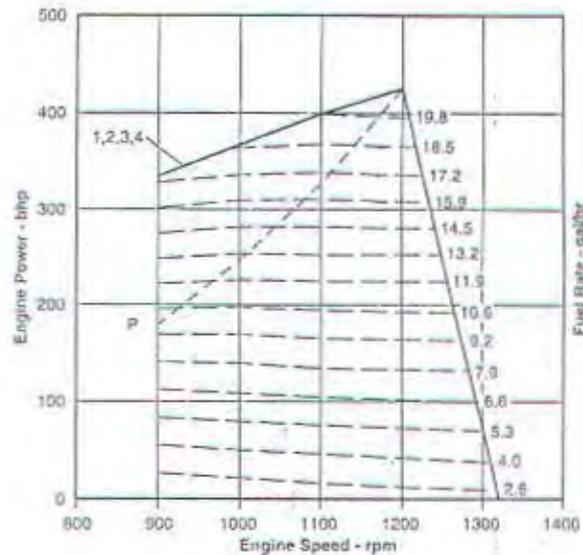
**ZONE LIMIT DATA**

Curve	Engine Speed rpm	Engine Power kW	Fuel Cons g/kW-hr	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Air Flow cu m/min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/min
Curve 1	1200	317	211.6	80.0	98.5	27.4	329	55.5
	1150	308	211.6	77.6	92.2	25.6	340	52.9
	1100	297	211.8	75.0	86.4	23.9	351	50.3
	1050	286	213.5	72.7	81.5	22.2	361	47.6
	1000	274	215.6	70.4	76.3	20.6	372	44.8
	950	262	218.7	68.3	70.4	19.1	387	42.6
	900	250	222.6	66.3	63.7	17.6	408	40.6
Curve 2	1200	317	211.6	80.0	98.5	27.4	329	55.5
	1150	308	211.6	77.6	92.2	25.6	340	52.9
	1100	297	211.8	75.0	86.4	23.9	351	50.3
	1050	286	213.5	72.7	81.5	22.2	361	47.6
	1000	274	215.6	70.4	76.3	20.6	372	44.8
	950	262	218.7	68.3	70.4	19.1	387	42.6
	900	250	222.6	66.3	63.7	17.6	408	40.6
Curve 3	1200	317	211.6	80.0	98.5	27.4	329	55.5
	1150	308	211.6	77.6	92.2	25.6	340	52.9
	1100	297	211.8	75.0	86.4	23.9	351	50.3
	1050	286	213.5	72.7	81.5	22.2	361	47.6
	1000	274	215.6	70.4	76.3	20.6	372	44.8
	950	262	218.7	68.3	70.4	19.1	387	42.6
	900	250	222.6	66.3	63.7	17.6	408	40.6
Curve 4	1200	317	211.6	80.0	98.5	27.4	329	55.5
	1150	308	211.6	77.6	92.2	25.6	340	52.9
	1100	297	211.8	75.0	86.4	23.9	351	50.3
	1050	286	213.5	72.7	81.5	22.2	361	47.6
	1000	274	215.6	70.4	76.3	20.6	372	44.8
	950	262	218.7	68.3	70.4	19.1	387	42.6
	900	250	222.6	66.3	63.7	17.6	408	40.6

**PROPELLER DEMAND DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power kW	Fuel Cons g/kW-hr	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Air Flow cu m/min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/min	
Optimum Load (Curve P)	1200	317	211.6	80.0	98.5	27.4	329	55.5
	1150	279	212.4	71.0	79.6	24.0	333	48.8
	1100	244	216.0	62.9	63.0	20.0	334	42.7
	1050	212	219.1	55.5	49.7	18.3	333	37.3
	1000	183	222.6	48.7	38.4	16.1	328	32.6
	950	157	226.7	42.3	28.4	14.2	319	28.3
	900	134	231.3	36.9	19.9	12.5	305	24.3

Brake Mean Effective Pressure	1172 kPa
Heat Rejection to Coolant (total)	278 kW
Heat Rejection to Aftercooler	18 kW
Heat Rejection to Exhaust (total)	212 kW
Heat Rejection to Oil Cooler Coolant	43 kW
Heat Radiation to Atmosphere from Engine	46 kW



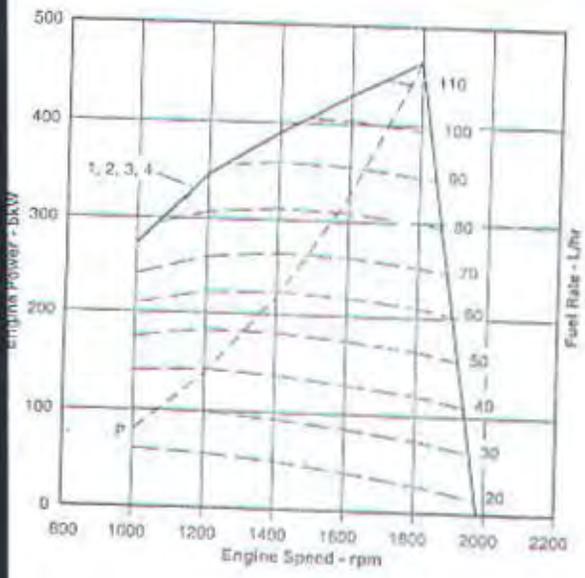
**ZONE LIMIT DATA**

Curve	Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons lb/hp-hr	Fuel Rate gal/hr	Boost Press in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm
Curve 1	1200	425	.348	21.1	29.2	968	624	1958
	1150	413	.348	20.5	27.3	905	644	1869
	1100	399	.348	19.8	25.6	844	664	1775
	1050	383	.351	19.2	24.1	785	682	1681
	1000	368	.354	18.6	22.6	726	702	1583
	950	351	.360	18.0	20.8	673	728	1505
	900	335	.366	17.5	18.8	621	766	1435
Curve 2	1200	425	.348	21.1	29.2	968	624	1958
	1150	413	.348	20.5	27.3	905	644	1869
	1100	399	.348	19.8	25.6	844	664	1775
	1050	383	.351	19.2	24.1	785	682	1681
	1000	368	.354	18.6	22.6	726	702	1583
	950	351	.360	18.0	20.8	673	728	1505
	900	335	.366	17.5	18.8	621	766	1435
Curve 3	1200	425	.348	21.1	29.2	968	624	1958
	1150	413	.348	20.5	27.3	905	644	1869
	1100	399	.348	19.8	25.6	844	664	1775
	1050	383	.351	19.2	24.1	785	682	1681
	1000	368	.354	18.6	22.6	726	702	1583
	950	351	.360	18.0	20.8	673	728	1505
	900	335	.366	17.5	18.8	621	766	1435
Curve 4	1200	425	.348	21.1	29.2	968	624	1958
	1150	413	.348	20.5	27.3	905	644	1869
	1100	399	.348	19.8	25.6	844	664	1775
	1050	383	.351	19.2	24.1	785	682	1681
	1000	368	.354	18.6	22.6	726	702	1583
	950	351	.360	18.0	20.8	673	728	1505
	900	335	.366	17.5	18.8	621	766	1435

**PROPELLER DEMAND DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons lb/hp-hr	Fuel Rate gal/hr	Boost Press in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm	
Optimum Load (Curve P)	1200	425	.348	21.1	29.2	968	624	1958
	1150	374	.351	16.8	23.6	846	631	1723
	1100	327	.355	16.6	18.7	739	633	1509
	1050	285	.360	14.7	14.7	647	631	1318
	1000	246	.366	12.9	11.4	568	623	1151
	950	211	.373	11.2	8.4	500	607	990
	900	179	.380	9.7	5.9	441	581	859

Brake Mean Effective Pressure	170 psi
Heat Rejection to Coolant (total)	15810 Btu/min
Heat Rejection to Aftercooler	1024 Btu/min
Heat Rejection to Exhaust (total)	12056 Btu/min
Heat Rejection to Oil Cooler Coolant	2445 Btu/min
Heat Radiation to Atmosphere from Engine	2616 Btu/min



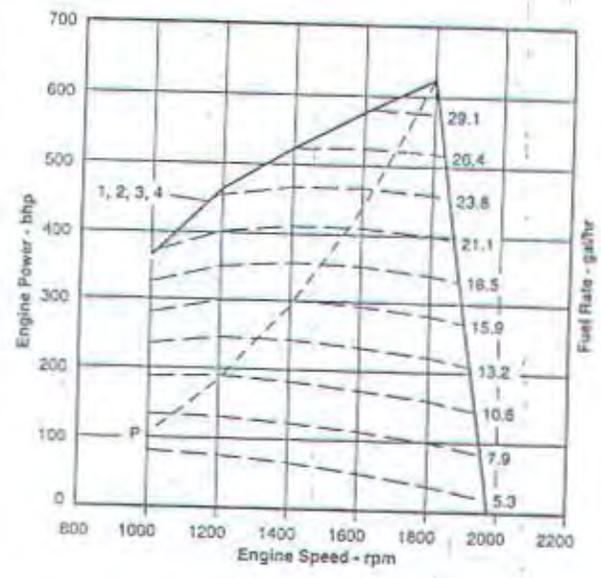
ZONE LIMIT DATA

Engine Speed rpm	Engine Power kW	Fuel Cons g/ kW-hr	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Air Flow cu m/ min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/ min
1800	465.0	214	118.6	132.9	43.1	322	85.9
1700	447.7	214	114.0	123.3	39.9	335	81.5
1600	429.4	213	109.2	113.5	36.7	350	76.9
1400	389.7	215	99.9	93.8	30.2	388	67.6
1200	346.1	224	92.2	74.7	23.8	437	57.6
1000	272.4	243	78.9	55.9	18.1	489	47.1
1800	465.0	214	118.6	132.9	43.1	322	85.9
1700	447.7	214	114.0	123.3	39.9	335	81.5
1600	429.4	213	109.2	113.5	36.7	350	76.9
1400	389.7	215	99.9	93.8	30.2	388	67.6
1200	346.1	224	92.2	74.7	23.8	437	57.6
1000	272.4	243	78.9	55.9	18.1	489	47.1
1800	465.0	214	118.6	132.9	43.1	322	85.9
1700	447.7	214	114.0	123.3	39.9	335	81.5
1600	429.4	213	109.2	113.5	36.7	350	76.9
1400	389.7	215	99.9	93.8	30.2	388	67.6
1200	346.1	224	92.2	74.7	23.8	437	57.6
1000	272.4	243	78.9	55.9	18.1	489	47.1

PROPELLER DEMAND DATA

Engine Speed rpm	Engine Power kW	Fuel Cons g/ kW-hr	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Air Flow cu m/ min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/ min
1800	465.0	214	118.6	132.9	43.1	322	85.9
1700	391.7	215	100.5	102.3	36.2	334	73.3
1600	325.5	217	81.6	75.3	30.0	342	61.5
1400	218.8	225	58.7	35.1	20.5	331	41.7
1200	137.8	238	39.2	13.7	14.7	293	27.9
1000	79.7	260	24.7	2.8	11.2	243	19.2

on Effective Pressure ..... 1147 kPa  
 ction to Coolant (total) ..... 414 kW  
 ction to Aftercooler ..... 46 kW  
 ction to Exhaust (total) ..... 322 kW  
 ction to Oil Cooler Coolant ..... 84 kW  
 ction to Atmosphere from Engine ..... 69 kW



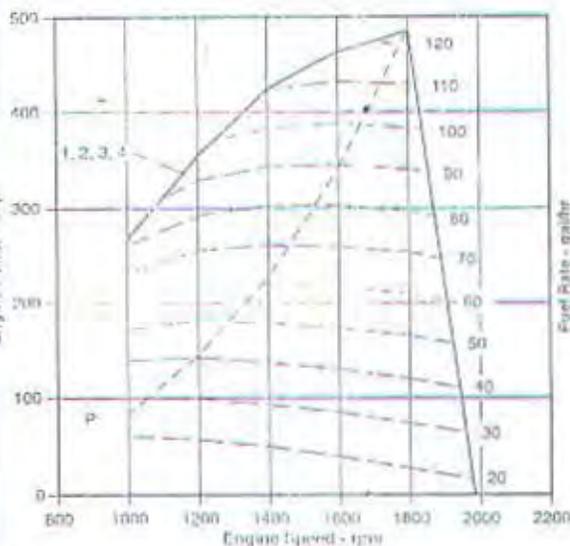
ZONE LIMIT DATA

Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons lb/ hp-hr	Fuel Rate gal/ hr	Boost Press in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm
1800	624	.352	31.3	39.4	1522	612	3034
1700	600	.352	30.1	36.5	1409	636	2878
1600	576	.350	28.8	33.6	1296	662	2716
1400	523	.353	26.4	27.8	1067	730	2387
1200	464	.368	24.4	22.1	840	819	2034
1000	365	.399	20.8	16.6	639	911	1663
1800	624	.352	31.3	39.4	1522	612	3034
1700	600	.352	30.1	36.5	1409	636	2878
1600	576	.350	28.8	33.6	1296	662	2716
1400	523	.353	26.4	27.8	1067	730	2387
1200	464	.368	24.4	22.1	840	819	2034
1000	365	.399	20.8	16.6	639	911	1663
1800	624	.352	31.3	39.4	1522	612	3034
1700	600	.352	30.1	36.5	1409	636	2878
1600	576	.350	28.8	33.6	1296	662	2716
1400	523	.353	26.4	27.8	1067	730	2387
1200	464	.368	24.4	22.1	840	819	2034
1000	365	.399	20.8	16.6	639	911	1663

PROPELLER DEMAND DATA

Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons lb/ hp-hr	Fuel Rate gal/ hr	Boost Press in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm
1800	624	.352	31.3	39.4	1522	612	3034
1700	525	.353	26.5	30.3	1278	632	2589
1600	438	.357	22.3	22.3	1059	647	2172
1400	293	.370	15.5	10.4	724	627	1473
1200	185	.391	10.4	4.1	519	560	985
1000	107	.427	6.5	.8	396	469	678

Brake Mean Effective Pressure ..... 166 psi  
 Heat Rejection to Coolant (total) ..... 23544 Btu/min  
 Heat Rejection to Aftercooler ..... 2616 Btu/min  
 Heat Rejection to Exhaust (total) ..... 18312 Btu/min  
 Heat Rejection to Oil Cooler Coolant ..... 3640 Btu/min  
 Heat Radiation to Atmosphere from Engine ..... 3924 Btu/min



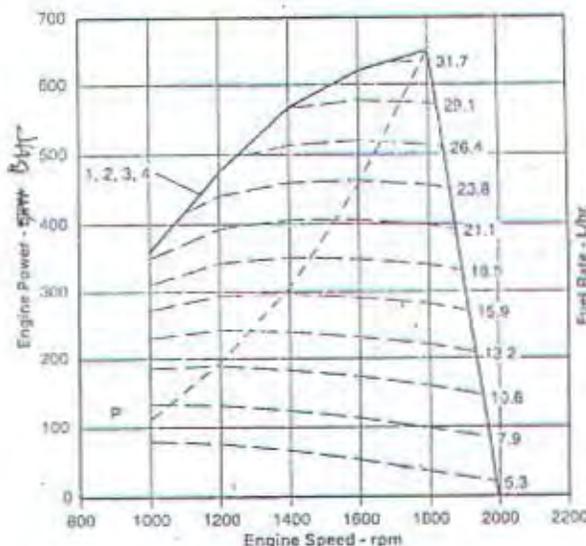
**ZONE LIMIT DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power kW	Fuel Cons g/h	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Air Flow cu m/min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/min
<b>1</b>							
1800	485.0	213	123.0	113.0	38.8	367	87.3
1600	461.4	214	117.6	100.6	33.7	398	79.5
1400	423.2	218	109.0	85.0	28.2	435	71.0
1300	387.6	223	103.0	74.1	24.9	457	65.0
1200	353.3	231	97.1	65.0	22.0	486	59.7
1100	313.2	242	90.4	57.3	19.5	516	54.9
1000	267.4	257	82.1	48.2	16.9	535	49.0
<b>2</b>							
1800	485.0	213	123.0	113.0	38.8	367	87.3
1600	461.4	214	117.6	100.6	33.7	398	79.5
1400	423.2	218	109.0	85.0	28.2	435	71.0
1300	387.6	223	103.0	74.1	24.9	457	65.0
1200	353.3	231	97.1	65.0	22.0	486	59.7
1100	313.2	242	90.4	57.3	19.5	516	54.9
1000	267.4	257	82.1	48.2	16.9	535	49.0
<b>3</b>							
1800	485.0	213	123.0	113.0	38.8	367	87.3
1600	461.4	214	117.6	100.6	33.7	398	79.5
1400	423.2	218	109.0	85.0	28.2	435	71.0
1300	387.6	223	103.0	74.1	24.9	457	65.0
1200	353.3	231	97.1	65.0	22.0	486	59.7
1100	313.2	242	90.4	57.3	19.5	516	54.9
1000	267.4	257	82.1	48.2	16.9	535	49.0
<b>4</b>							
1800	485.0	213	123.0	113.0	38.8	367	87.3
1600	461.4	214	117.6	100.6	33.7	398	79.5
1400	423.2	218	109.0	85.0	28.2	435	71.0
1300	387.6	223	103.0	74.1	24.9	457	65.0
1200	353.3	231	97.1	65.0	22.0	486	59.7
1100	313.2	242	90.4	57.3	19.5	516	54.9
1000	267.4	257	82.1	48.2	16.9	535	49.0

**PROPELLER DEMAND DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power kW	Fuel Cons g/h	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Air Flow cu m/min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/min
1800	485.0	213	123.0	113.0	38.8	367	87.3
1600	340.8	219	84.9	61.4	26.9	381	61.8
1400	228.2	226	51.6	26.0	18.8	362	42.2
1300	182.7	232	50.5	19.0	16.1	339	34.7
1200	143.7	239	40.9	8.8	13.9	312	28.7
1100	110.7	248	37.7	3.8	12.2	281	23.7
1000	83.2	261	25.0	0.4	10.8	251	19.7

Mean Effective Pressure	1195 kPa
Rejection to Coolant (total)	429 kW
Rejection to Aftercooler	29 kW
Rejection to Exhaust (total)	330 kW
Rejection to Oil Cooler Coolant	66 kW
Radiation to Atmosphere from Engine	70 kW



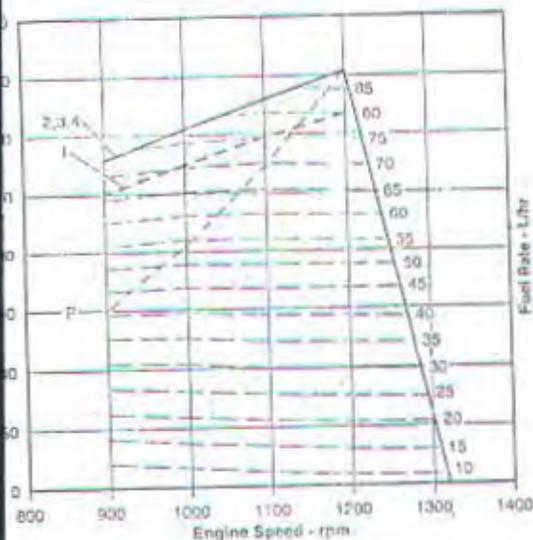
**ZONE LIMIT DATA**

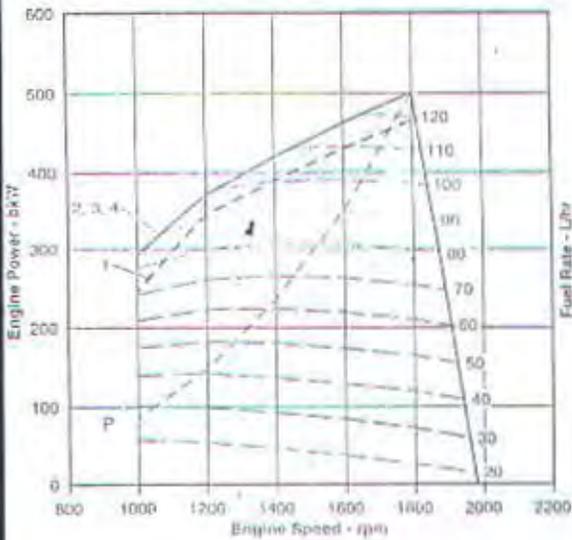
Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons lb/hr	Fuel Rate gal/hr	Boost Press in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm
<b>Curve 1</b>							
1800	650	350	32.5	33.7	1370	693	3083
1600	619	352	31.1	29.8	1190	748	2808
1400	568	358	29.0	25.2	996	815	2507
1300	520	367	27.2	21.9	879	855	2295
1200	474	380	25.7	19.2	777	907	2108
1100	420	398	23.9	17.0	689	960	1939
1000	359	423	21.7	14.3	597	995	1730
<b>Curve 2</b>							
1800	650	350	32.5	33.7	1370	693	3083
1600	619	352	31.1	29.8	1190	748	2808
1400	568	358	29.0	25.2	996	815	2507
1300	520	367	27.2	21.9	879	855	2295
1200	474	380	25.7	19.2	777	907	2108
1100	420	398	23.9	17.0	689	960	1939
1000	359	423	21.7	14.3	597	995	1730
<b>Curve 3</b>							
1800	650	350	32.5	33.7	1370	693	3083
1600	619	352	31.1	29.8	1190	748	2808
1400	568	358	29.0	25.2	996	815	2507
1300	520	367	27.2	21.9	879	855	2295
1200	474	380	25.7	19.2	777	907	2108
1100	420	398	23.9	17.0	689	960	1939
1000	359	423	21.7	14.3	597	995	1730
<b>Curve 4</b>							
1800	650	350	32.5	33.7	1370	693	3083
1600	619	352	31.1	29.8	1190	748	2808
1400	568	358	29.0	25.2	996	815	2507
1300	520	367	27.2	21.9	879	855	2295
1200	474	380	25.7	19.2	777	907	2108
1100	420	398	23.9	17.0	689	960	1939
1000	359	423	21.7	14.3	597	995	1730

**PROPELLER DEMAND DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons lb/hr	Fuel Rate gal/hr	Boost Press in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm
1800	650	350	32.5	33.7	1370	693	3083
1600	457	350	23.5	18.2	950	718	2182
1400	305	372	16.3	7.7	664	683	1490
1300	245	381	13.3	4.7	569	643	1225
1200	193	393	10.8	2.6	491	594	1014
1100	148	408	8.6	1.1	431	538	837
1000	112	429	6.8	0.1	381	484	696

Brake Mean Effective Pressure	173 psi
Heat Rejection to Coolant (total)	24397 Btu/min
Heat Rejection to Aftercooler	1649 Btu/min
Heat Rejection to Exhaust (total)	18767 Btu/min
Heat Rejection to Oil Cooler Coolant	3753 Btu/min
Heat Radiation to Atmosphere from Engine	3981 Btu/min





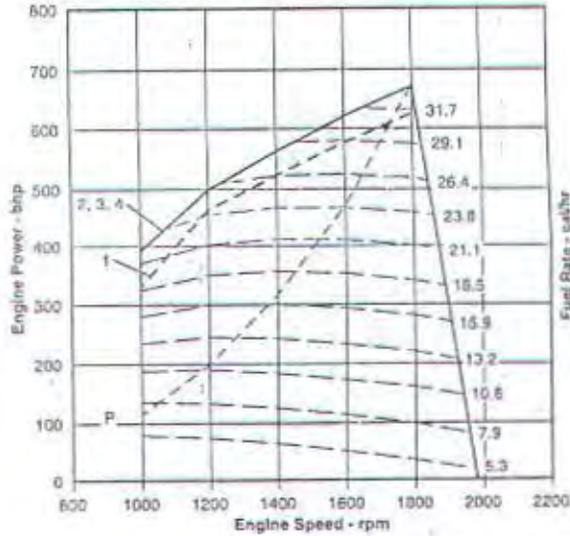
ZONE LIMIT DATA

	Engine Speed rpm	Engine Power kW	Fuel Cons g/kW-hr	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Air Flow cu m/min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/min
e 1	1800	465	214	118.0	132.9	43.1	322	85.9
	1700	448	214	114.0	123.3	39.9	335	81.5
	1600	430	213	109.2	113.5	36.7	350	76.9
	1400	390	215	99.9	93.8	30.2	388	67.6
	1200	345	224	92.2	74.7	23.8	437	57.0
1000	245	242	70.8	44.3	16.7	463	42.0	
e 2	1800	500	214	127.6	145.9	45.3	325	90.9
	1700	481	214	122.5	135.4	42.1	337	86.5
	1600	462	213	117.3	125.7	38.9	352	82.0
	1400	419	214	107.1	106.3	32.2	391	72.4
	1200	372	223	99.0	84.9	25.2	445	61.7
1000	291	243	84.4	64.5	19.2	503	50.9	
e 3	1800	500	214	127.6	145.9	45.3	325	90.9
	1700	481	214	122.5	135.4	42.1	337	86.5
	1600	462	213	117.3	125.7	38.9	352	82.0
	1400	419	214	107.1	106.3	32.2	391	72.4
	1200	372	223	99.0	84.9	25.2	445	61.7
1000	291	243	84.4	64.5	19.2	503	50.9	
e 4	1800	500	214	127.6	145.9	45.3	325	90.9
	1700	481	214	122.5	135.4	42.1	337	86.5
	1600	462	213	117.3	125.7	38.9	352	82.0
	1400	419	214	107.1	106.3	32.2	391	72.4
	1200	372	223	99.0	84.9	25.2	445	61.7
1000	291	243	84.4	64.5	19.2	503	50.9	

PROPELLER DEMAND DATA

	Engine Speed rpm	Engine Power kW	Fuel Cons g/kW-hr	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Air Flow cu m/min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/min
Maximum	1800	500	214	127.6	145.9	45.3	325	90.9
Rated	1700	421	214	107.7	113.2	38.1	335	77.6
(Curve P)	1600	351	216	90.4	84.0	31.5	345	65.2
	1400	235	223	62.6	39.4	21.3	340	43.9
	1200	148	236	41.6	15.5	15.0	303	29.0
	1000	86	256	25.2	3.5	11.3	252	19.7

Mean Effective Pressure ..... 1233 kPa  
 Rejection to Coolant (total) ..... 447 kW  
 Rejection to Aftercooler ..... 54 kW  
 Rejection to Exhaust (total) ..... 348 kW  
 Rejection to Oil Cooler Coolant ..... 58 kW  
 Radiation to Atmosphere from Engine ..... 71 kW



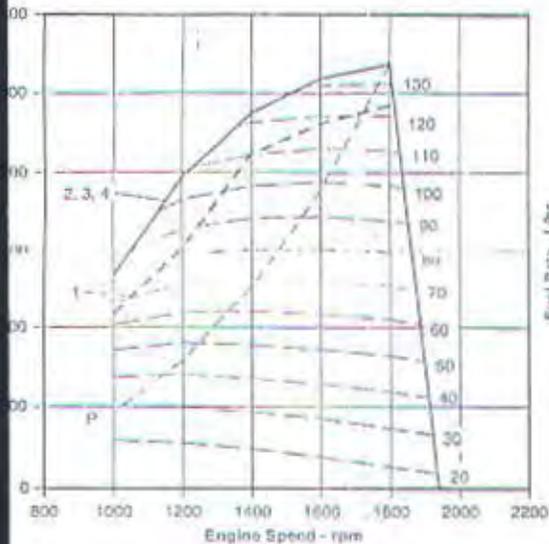
ZONE LIMIT DATA

	Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons lb/hp-hr	Fuel Rate gal/hr	Boost Press in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm
Curve 1	1800	624	.352	31.3	39.4	1522	612	3034
	1700	600	.352	30.1	36.5	1409	636	2878
	1600	570	.350	28.8	33.6	1296	662	2716
	1400	523	.353	26.4	27.8	1067	730	2387
	1200	464	.368	24.4	22.1	840	819	2034
1000	329	.396	18.7	13.1	590	866	1483	
Curve 2	1800	671	.352	33.7	43.2	1600	617	3210
	1700	646	.352	32.4	40.4	1487	639	3055
	1600	619	.350	31.0	37.5	1374	666	2896
	1400	562	.352	28.3	31.5	1137	736	2557
	1200	499	.367	26.2	25.1	890	833	2179
1000	391	.399	22.3	19.2	678	938	1801	
Curve 3	1800	671	.352	33.7	43.2	1600	617	3210
	1700	646	.352	32.4	40.4	1487	639	3055
	1600	619	.350	31.0	37.5	1374	666	2896
	1400	562	.352	28.3	31.5	1137	736	2557
	1200	499	.367	26.2	25.1	890	833	2179
1000	391	.399	22.3	19.2	678	938	1801	
Curve 4	1800	671	.352	33.7	43.2	1600	617	3210
	1700	646	.352	32.4	40.4	1487	639	3055
	1600	619	.350	31.0	37.5	1374	666	2896
	1400	562	.352	28.3	31.5	1137	736	2557
	1200	499	.367	26.2	25.1	890	833	2179
1000	391	.399	22.3	19.2	678	938	1801	

PROPELLER DEMAND DATA

	Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons lb/hp-hr	Fuel Rate gal/hr	Boost Press in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm
Optimum	1800	671	.352	33.7	43.2	1600	617	3210
Load	1700	565	.352	28.5	33.5	1345	634	2740
(Curve P)	1600	471	.355	23.9	24.9	1112	654	2303
	1400	316	.367	15.5	11.7	752	644	1550
	1200	199	.368	11.0	4.5	530	578	1024
	1000	115	.421	6.9	1.0	399	485	696

Brake Mean Effective Pressure ..... 179 psi  
 Heat Rejection to Coolant (total) ..... 25421 Btu/min  
 Heat Rejection to Aftercooler ..... 3071 Btu/min  
 Heat Rejection to Exhaust (total) ..... 19791 Btu/min  
 Heat Rejection to Oil Cooler Coolant ..... 3867 Btu/min  
 Heat Radiation to Atmosphere from Engine ..... 4038 Btu/min



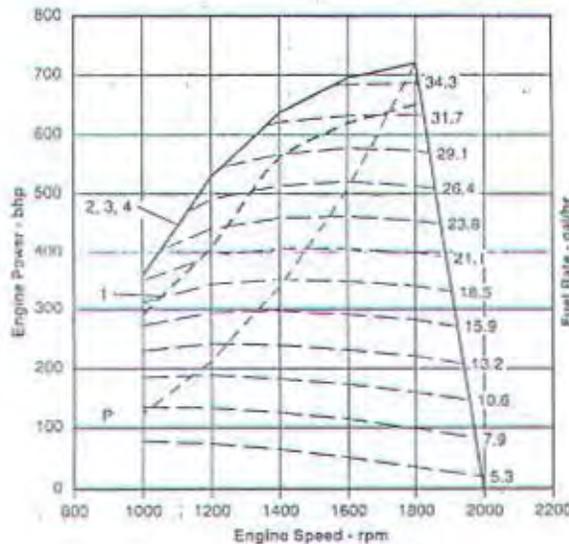
**ZONE LIMIT DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power kW	Fuel Cons g/kWh	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Air Flow cu m/min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/min
1800	485.0	213	123.0	113.0	36.0	367	87.3
1600	461.4	214	117.6	100.0	33.7	398	79.5
1400	421.2	218	109.9	85.0	28.2	439	71.0
1300	387.6	223	103.0	74.1	24.9	457	66.0
1200	303.3	230	83.2	47.6	19.6	458	51.3
1100	255.5	239	72.8	35.8	18.7	461	43.9
1000	216.4	250	64.5	26.2	14.2	462	37.4
1800	537.0	213	136.6	131.7	41.8	378	95.7
1600	518.2	214	132.1	121.4	37.0	403	88.0
1400	474.5	217	122.8	104.9	31.3	441	79.2
1300	434.0	222	115.1	91.7	27.5	466	72.5
1200	393.8	231	108.3	80.1	24.1	500	66.5
1100	339.0	242	97.9	67.5	20.8	530	59.8
1000	267.4	257	82.1	48.2	16.9	535	49.0
1800	537.0	213	136.6	131.7	41.8	378	95.7
1600	518.2	214	132.1	121.4	37.0	403	88.0
1400	474.5	217	122.8	104.9	31.3	441	79.2
1300	434.0	222	115.1	91.7	27.5	466	72.5
1200	393.8	231	108.3	80.1	24.1	500	66.5
1100	339.0	242	97.9	67.5	20.8	530	59.8
1000	267.4	257	82.1	48.2	16.9	535	49.0

**PROPELLER DEMAND DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power kW	Fuel Cons g/kWh	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Air Flow cu m/min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/min
1800	537.0	213	136.6	131.7	41.8	378	95.7
1600	377.2	216	97.3	72.5	28.9	388	67.0
1400	257.7	224	67.5	31.8	19.7	378	45.5
1300	202.3	229	56.3	18.4	16.6	357	37.1
1200	159.1	236	44.7	11.1	14.3	329	30.3
1100	122.6	244	35.7	5.2	12.4	297	24.9
1000	90.1	256	28.1	1.3	10.9	264	20.5

Mean Effective Pressure .....1324 kPa  
 Heat Rejection to Coolant (total) .....480 kW  
 Heat Rejection to Aftercooler .....39 kW  
 Heat Rejection to Exhaust (total) .....369 kW  
 Heat Rejection to Oil Cooler Coolant .....73 kW  
 Heat Rejection to Atmosphere from Engine .....73 kW



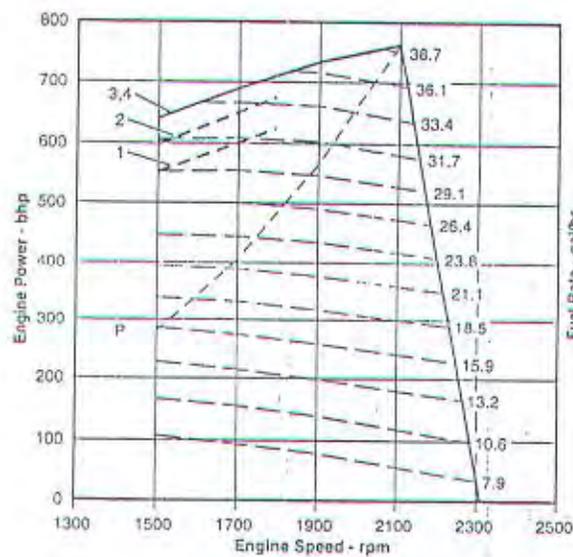
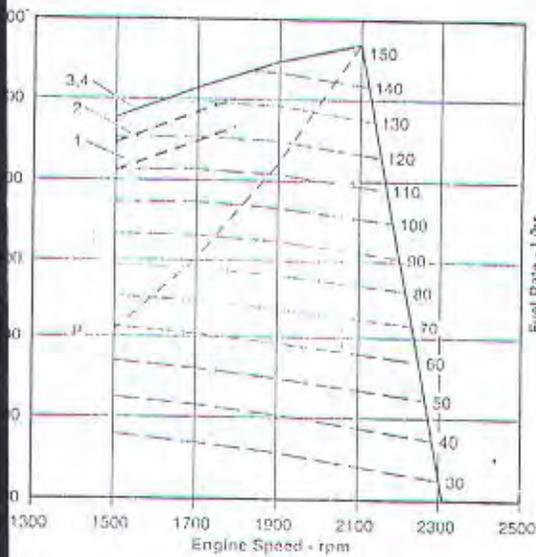
**ZONE LIMIT DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons lb/hp-hr	Fuel Rate gal/hr	Boost Press in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm
1800	650	.350	32.5	33.7	1370	693	3083
1600	619	.352	31.1	29.8	1190	748	2808
1400	568	.358	29.0	25.2	998	815	2507
1300	520	.367	27.2	21.9	879	855	2295
1200	407	.378	22.0	14.1	892	857	1812
1100	343	.393	19.2	10.6	590	862	1550
1000	290	.411	17.0	7.8	501	864	1321
1800	720	.350	36.1	39.0	1476	712	3380
1600	695	.352	34.9	36.0	1307	757	3125
1400	636	.357	32.4	31.1	1105	825	2797
1300	582	.365	30.4	27.2	971	870	2560
1200	528	.380	28.6	23.7	851	933	2348
1100	455	.398	25.9	20.0	735	996	2112
1000	359	.423	21.7	14.3	597	995	1730
1800	720	.350	36.1	39.0	1476	712	3380
1600	695	.352	34.9	36.0	1307	757	3125
1400	636	.357	32.4	31.1	1105	825	2797
1300	582	.365	30.4	27.2	971	870	2560
1200	528	.380	28.6	23.7	851	933	2348
1100	455	.398	25.9	20.0	735	996	2112
1000	359	.423	21.7	14.3	597	995	1730

**PROPELLER DEMAND DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons lb/hp-hr	Fuel Rate gal/hr	Boost Press in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm	
Optimum	1800	720	.35	36.1	39.0	1476	712	3380
Lead	1600	506	.355	25.7	21.5	1021	731	2366
(Curve P)	1400	339	.368	17.8	9.4	698	713	1607
	1300	271	.376	14.6	5.7	585	674	1310
	1200	213	.388	11.8	3.3	505	625	1070
	1100	164	.401	9.4	1.5	438	567	879
	1000	124	.421	7.4	0.4	385	507	724

Brake Mean Effective Pressure .....192 psi  
 Heat Rejection to Coolant (total) .....27298 Btu/min  
 Heat Rejection to Aftercooler .....2218 Btu/min  
 Heat Rejection to Exhaust (total) .....20985 Btu/min  
 Heat Rejection to Oil Cooler Coolant .....4152 Btu/min  
 Heat Radiation to Atmosphere from Engine .....4152 Btu/min



**ZONE LIMIT DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons. g/ kW-hr	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Air Flow cu m/ min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/ min
1800	463	220.2	121.5	97.2	38.7	388	86.2
1700	448	221.7	118.5	91.9	36.1	396	81.5
1600	431	222.8	114.4	85.6	33.3	408	76.7
1500	412	223.9	109.9	78.8	30.6	424	72.4
1400	391	226.3	105.5	72.6	28.0	452	68.8
1800	508	220.2	131.2	107.0	40.8	395	92.0
1700	484	221.2	127.0	102.8	38.2	403	87.2
1600	466	222.1	123.4	96.7	35.4	415	82.4
1500	446	222.9	118.5	90.1	32.5	433	78.0
1400	424	226.2	114.3	83.7	29.8	461	74.2
2100	570	228.1	155.0	125.8	49.6	394	111.4
2000	561	225.4	150.8	123.3	47.5	396	107.2
1900	548	221.8	144.8	120.8	45.3	396	102.2
1800	532	220.3	139.6	118.2	42.7	402	97.3
1700	514	221.1	135.5	112.2	40.0	409	92.3
1600	496	221.7	131.0	106.3	37.2	421	87.7
1500	476	222.2	126.1	100.6	34.4	440	83.3
1400	448	226.2	120.9	92.4	31.2	466	78.4
2100	570	228.1	155.0	125.8	49.6	394	111.4
2000	561	225.4	150.8	123.3	47.5	396	107.2
1900	548	221.8	144.8	120.8	45.3	396	102.2
1800	532	220.3	139.6	118.2	42.7	402	97.3
1700	514	221.1	135.5	112.2	40.0	409	92.3
1600	496	221.7	131.0	106.3	37.2	421	87.7
1500	476	222.2	126.1	100.6	34.4	440	83.3
1400	448	226.2	120.9	92.4	31.2	466	78.4

**ZONE LIMIT DATA**

Curve	Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons. lb/ hp-hr	Fuel Rate gal/ hr	Boost Press in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm
Curve 1	1800	620	.362	32.1	28.8	1368	730	3046
	1700	601	.364	31.3	27.2	1274	745	2878
	1600	578	.366	30.2	25.3	1177	766	2710
	1500	552	.368	29.0	23.3	1080	795	2555
	1400	524	.372	27.9	21.5	987	845	2429
Curve 2	1800	671	.362	34.7	32.0	1442	743	3249
	1700	649	.364	33.7	30.4	1348	757	3078
	1600	625	.365	32.6	28.6	1250	779	2911
	1500	598	.366	31.3	26.7	1149	812	2753
	1400	568	.372	30.2	24.8	1052	861	2621
Curve 3	2100	764	.375	40.9	37.3	1750	741	3934
	2000	752	.371	39.8	36.5	1676	744	3786
	1900	735	.365	38.3	35.8	1599	745	3610
	1800	713	.362	36.9	35.0	1508	756	3437
	1700	689	.363	35.8	33.2	1411	768	3258
Curve 4	2100	764	.375	40.9	37.3	1750	741	3934
	2000	752	.371	39.8	36.5	1676	744	3786
	1900	735	.365	38.3	35.8	1599	745	3610
	1800	713	.362	36.9	35.0	1508	756	3437
	1700	689	.363	35.8	33.2	1411	768	3258

**PROPELLER DEMAND DATA**

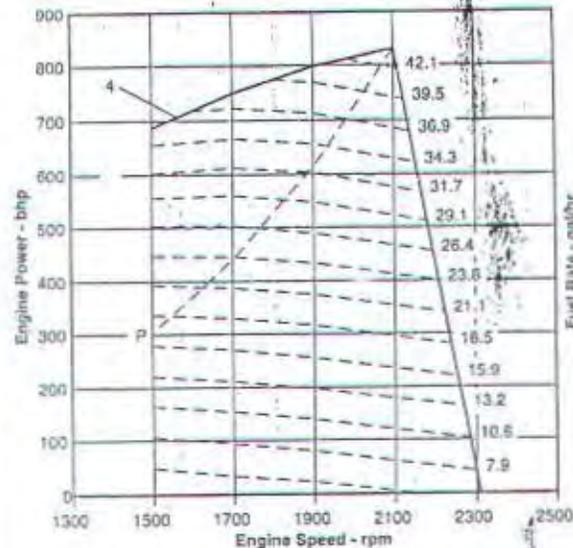
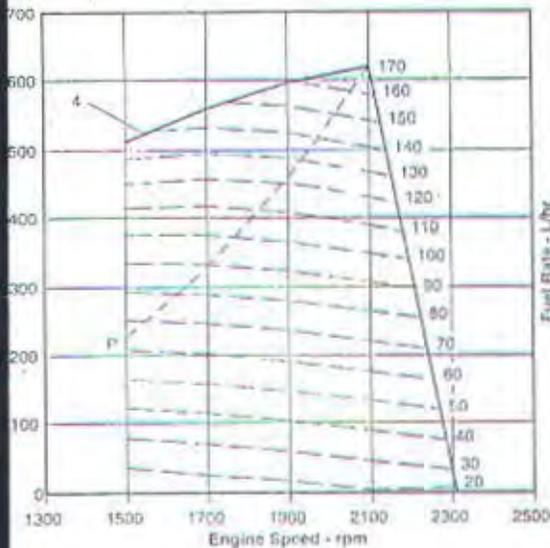
Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons. g/ kW-hr	Fuel Rate L/hr	Boost Press kPa Gauge	Air Flow cu m/ min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/ min
1100	570	228.1	155.0	125.8	49.6	394	111.4
1000	492	225.4	132.3	107.2	44.3	375	96.6
900	422	225.1	113.3	87.4	38.5	368	83.1
800	359	227.7	97.4	66.8	32.9	367	70.7
700	302	230.3	83.0	49.8	28.0	362	59.8
600	252	233.3	70.1	35.9	24.0	356	50.8
500	208	237.6	58.8	24.3	20.6	345	42.8
400	169	247.5	49.8	14.3	17.7	323	35.4

**PROPELLER DEMAND DATA**

Optimum Load (Curve P)	Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons. lb/ hp-hr	Fuel Rate gal/ hr	Boost Press in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm
	2100	764	.375	40.9	37.3	1750	741	3934
	2000	660	.371	34.9	31.7	1563	707	3412
	1900	566	.370	29.9	25.9	1360	695	2934
	1800	481	.374	25.7	19.8	1160	692	2495
	1700	406	.379	21.9	14.7	988	684	2111
	1600	338	.384	18.5	10.6	849	672	1792
	1500	279	.391	15.5	7.2	727	653	1510
	1400	226	.407	13.2	4.2	624	613	1250

Effective Pressure ..... 1205 kPa  
 Heat Rejection to Coolant (total) ..... 545 kW  
 Heat Rejection to Aftercooler ..... 66 kW  
 Heat Rejection to Exhaust (total) ..... 461 kW  
 Heat Rejection to Oil Cooler Coolant ..... 83 kW  
 Heat Rejection to Atmosphere from Engine ..... 85 kW

Brake Mean Effective Pressure ..... 175 psi  
 Heat Rejection to Coolant (total) ..... 30994 Btu/min  
 Heat Rejection to Aftercooler ..... 3753 Btu/min  
 Heat Rejection to Exhaust (total) ..... 26217 Btu/min  
 Heat Rejection to Oil Cooler Coolant ..... 4720 Btu/min  
 Heat Radiation to Atmosphere from Engine ..... 4834 Btu/min



**ZONE LIMIT DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons. gal/kW-hr	Fuel Rate L/hr	Boost Press. kPa Gauge	Air Flow cu m/min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/min
2100	610	227.8	168.1	134.4	51.3	408	118.0
2000	610	229.3	169.7	134.1	49.2	410	113.7
1900	505	222.6	168.0	132.8	47.2	412	109.3
1800	570	220.6	162.0	132.9	45.2	416	105.1
1700	559	220.9	147.1	128.6	42.4	423	100.6
1600	537	222.2	142.2	123.8	39.7	434	95.7
1500	512	224.7	137.2	117.1	36.7	451	90.2
1400	408	228.6	132.9	111.4	34.1	472	86.4

**ZONE LIMIT DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons. lb/hp-hr	Fuel Rate gal/hr	Boost Press. in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm
2100	830	.375	44.4	39.8	1813	766	4166
2000	818	.370	43.2	39.7	1738	770	4016
1900	798	.366	41.7	39.6	1668	773	3860
1800	775	.363	40.2	39.4	1594	780	3711
1700	749	.363	38.9	38.1	1498	793	3552
1600	720	.365	37.0	36.7	1401	813	3380
1500	687	.369	36.2	34.7	1297	844	3184
1400	654	.376	35.1	33.0	1205	882	3050

**PROPELLER DEMAND DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons. gal/kW-hr	Fuel Rate L/hr	Boost Press. kPa Gauge	Air Flow cu m/min	Exh Temp °C	Exh Flow cu m/min
2100	619	227.8	168.1	134.4	51.3	408	118.0
2000	535	224.3	143.0	116.6	46.0	386	102.1
1900	450	223.2	122.0	98.9	40.5	373	88.3
1800	390	224.5	104.5	82.8	35.4	368	78.7
1700	328	227.7	89.3	62.5	30.2	369	65.0
1600	274	232.9	79.7	43.8	25.3	366	54.2
1500	226	238.2	64.1	27.9	20.9	358	44.5
1400	183	245.3	53.6	19.4	16.1	344	37.6

**PROPELLER DEMAND DATA**

Engine Speed rpm	Engine Power bhp	Fuel Cons. lb/hp-hr	Fuel Rate gal/hr	Boost Press. in. Hg-Gauge	Air Flow cfm	Exh Temp °F	Exh Flow cfm	
Optimum	2100	830	.375	44.4	39.8	1813	766	4166
Load	2000	717	.369	37.8	34.5	1623	726	3605
(Curve P)	1900	615	.367	32.2	29.3	1432	704	3117
	1800	523	.370	27.6	24.5	1255	694	2707
	1700	440	.374	23.5	18.5	1068	696	2297
	1600	367	.381	20.0	13.0	895	691	1915
	1500	303	.392	16.9	8.3	739	677	1578
	1400	246	.403	14.2	5.4	640	651	1328

Mean Effective Pressure .....1308 kPa  
 Heat Rejection to Coolant (total) .....597 kW  
 Heat Rejection to Aftercooler .....71 kW  
 Heat Rejection to Exhaust (total) .....513 kW  
 Heat Rejection to Oil Cooler Coolant .....60 kW  
 Heat Radiation to Atmosphere from Engine .....65 kW

Brake Mean Effective Pressure .....190 psi  
 Heat Rejection to Coolant (total) .....33951 Btu/min  
 Heat Rejection to Aftercooler .....4038 Btu/min  
 Heat Rejection to Exhaust (total) .....29174 Btu/min  
 Heat Rejection to Oil Cooler Coolant .....3412 Btu/min  
 Heat Radiation to Atmosphere from Engine .....3697 Btu/min

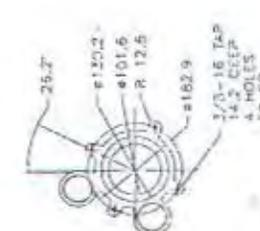
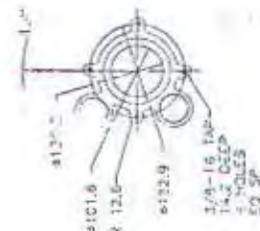
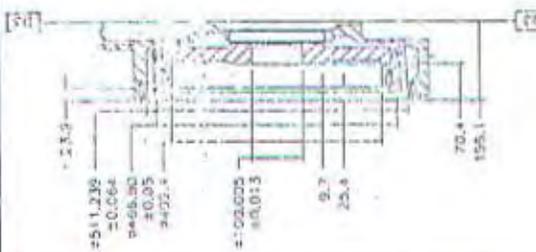
PERFORMANCE ANALYSIS MONITORING PORTS FOR SEA TRIAL ETC.

- 902 - JACKET WATER PUMP OUTLET TEMP 1/2 STD PIPE TAP
- 903 - AFTER-COOLER WATER INLET TEMP 3/8 STD PIPE TAP
- 904 - INTAKE MANIFOLD TEMP 1/2 STD PIPE TAP
- 907 - AIR INLET RESTRICTION 1/8 STD PIPE TAP
- 911 - INTAKE MANIFOLD PRESSURE 1/2 STD PIPE TAP
- 913 - ENGINE OIL TEMPERATURE 1/2 STD PIPE TAP
- 914 - ENGINE OIL PRESSURE 7/8-14 TAP
- 917 - FULL PRESSURE 9/16-13 TAP
- 919 - JACKET WATER PRESSURE AT PUMP OUTLET 1/2 STD PIPE TAP
- 923 - JACKET WATER PRESSURE AT PUMP INLET 1/4 STD PIPE TAP
- 921 - JACKET WATER PRESSURE FROM COOLING SYSTEM 1/4 STD PIPE TAP
- 922 - JACKET WATER TEMPERATURE FROM COOLING SYSTEM 1/4 STD PIPE TAP
- 923 - AFTER-COOLER WATER INLET PRESSURE 1/2 STD PIPE TAP
- 924 - AFTER-COOLER WATER OUTLET PRESSURE 3/8 STD PIPE TAP
- 927 - GAUGE FLUID INLET PRESSURE 1/4 STD PIPE TAP
- 931 - TURBO COMPRESSOR OUTLET TEMPERATURE 1/4 STD PIPE TAP
- 940 - TURBO COMPRESSOR OUTLET PRESSURE 1/4 STD PIPE TAP

- 517 - STARTING MOTOR AND PAD (SEE FIG. 133) FROM BOX
- 519 - POWER DISTRIBUTION BOX
- 528 - GEN 24 PH. RECEPTACLE
- 603 - GOVERNOR CONTROL SHAFT (NO. OF TEETH=32) DOMETRAL PITCH=49.2041 MAJOR DIAMETER=13.73
- 904 - MANUAL SHUT-OFF SHAFT (SEE DETAILS SHEET 67) MECHANICAL GOVERNOR (NO. OF TEETH=35) DOMETRAL PITCH=74.2268 MAJOR DIAMETER=12.30
- 617 - FLEEC ELECTRONIC GOVERNOR CONTROL BOX
- 701 - CUSTOMER MOUNTING HOLES (PITCH=27.3) REAR-(SEE VIEW A-A SHEET 5)
- 801 - LIFTING EYE
- 802 - INSTRUMENT PANEL (FOR PA-5941 AND PA-6042 ONLY)
- 803 - SERVICE METER
- RG - REMOVAL DISTANCE
- MS - MAXIMUM STROKE

- 01 - CENTERLINE OF TRANSDUCER
- 02 - CENTERLINE OF TRANSDUCER BLOCK
- 03 - JIG FACILITY OF TRANSDUCER BLOCK
- 102 - FILTER CUP
- 103 - SEA WATER INLET
- 105 - SEA WATER INLET 1/2 STD PIPE TAP
- 106 - SEA WATER INLET 1/2 STD PIPE TAP
- 107 - JACKET WATER HEATER
- 108 - HEAT EXCHANGER
- 137 - JACKET WATER HEATER
- 145 - MARINE DEAR WATER SUPPLY CONNECTION 1 3/16-12 TAP
- 201 - FUEL INLET 1/2 STD PIPE TAP
- 202 - FUEL INLET RETURN 1/2 STD PIPE TAP
- 203 - FUEL PRIMING PUMP MS-45.1
- 204 - FUEL FILTER 30\*27.3
- 305 - OIL DRAIN LEFT SIDE AND RIGHT FRONT POINT REAR 1 1/8-15 TAP
- 307 - OIL FILLER 1/2 STD PIPE TAP
- 308 - OIL FILLER 1/2 STD PIPE TAP
- 309 - OIL LEVEL GAGE
- 401 - AIR INLET
- 402 - EXHAUST
- 439 - AIR INAKE SHUT-OFF LEVER (SEE DETAILS SHEET 1) (SEE DETAILS SHEET 2 AND 7)

FLYWHEEL AS. AND FLYWHEEL HOSS  
SCALE 1:1



DETAILS OF EXHAUST HOSS  
SCALE 1:1

SEE SHEETS 2 THRU 6 FOR (PORT) RA SERVICE ENGINE AIR'S  
PA-5042 ENG 00 (ELECTRONIC GOVERNOR)  
PA-5152 ENG 00 (MECHANICAL GOVERNOR)

SEE SHEETS 7 AND 8 FOR (STANDBY) BY SERVICE ENGINE AIR'S  
PA-5041 ENG 00 (ELECTRONIC GOVERNOR)  
PA-5153 ENG 00 (MECHANICAL GOVERNOR)

OVERALL LENGTH --- 1923.5  
OVERALL WIDTH --- 1294.2  
OVERALL HEIGHT --- 1311.9

DIMENSIONS WITHOUT APPROVED ARE LOCATED FROM PARALLEL ZERO PLANE. (REFER TO 107107-00)

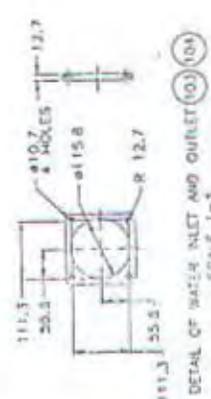
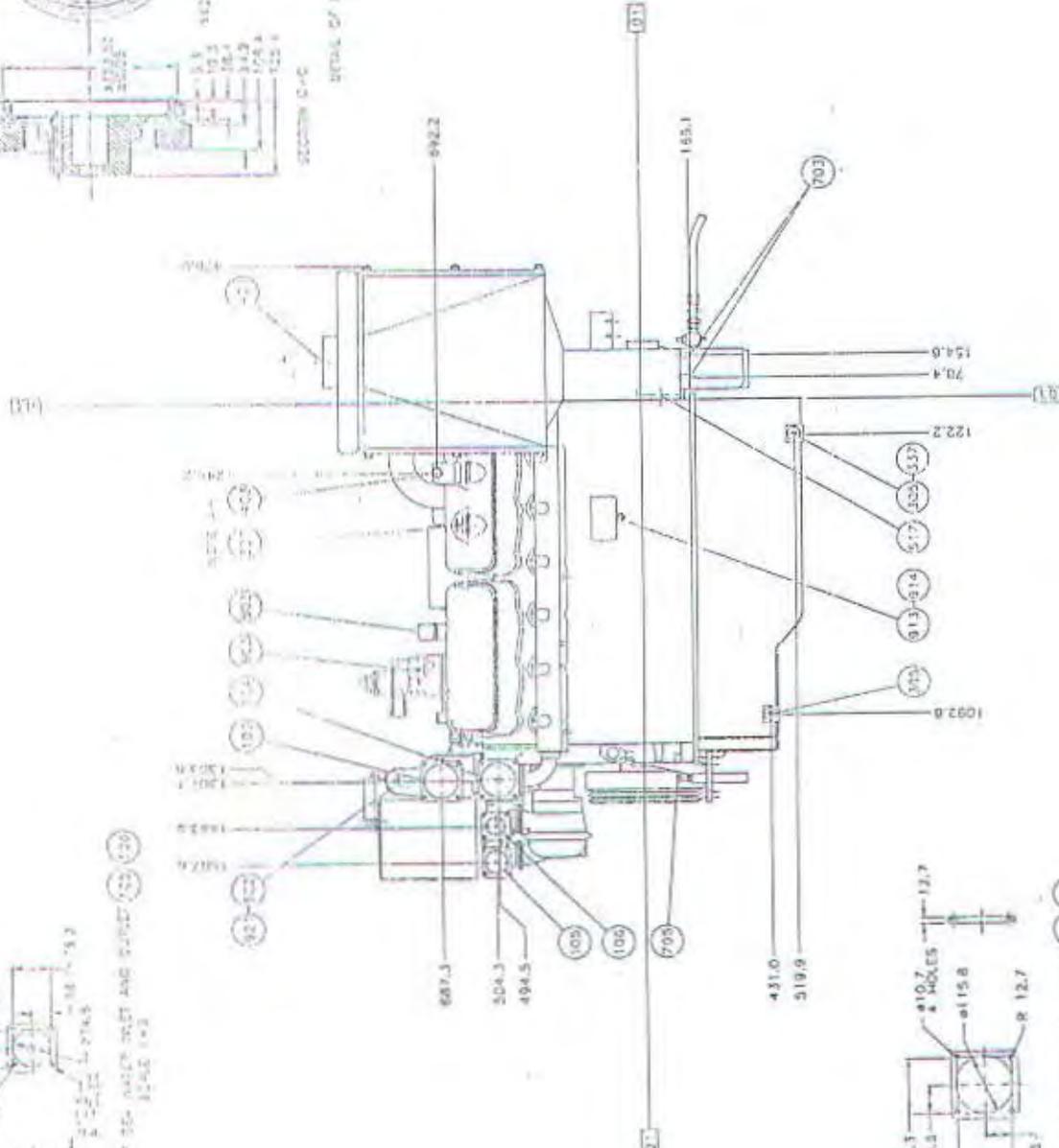
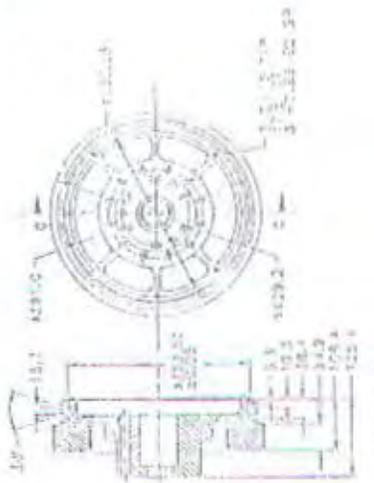
MODEL	CYL	BORE	STROKE
20120	2	127.2	150.1

MANUFACTURER'S INFO

DATE	BY	CHKD	APP'D

DESIGNED BY: [ ]  
DRAWN BY: [ ]  
CHECKED BY: [ ]  
APPROVED BY: [ ]

APPROVED FOR PRODUCTION	DATE
3412 117 117 117 117 117	1957
DRAWN BY: [Name] CHECKED BY: [Name] DESIGNED BY: [Name]	
PROJECT: [Name] DRAWING NO.: 3412C	

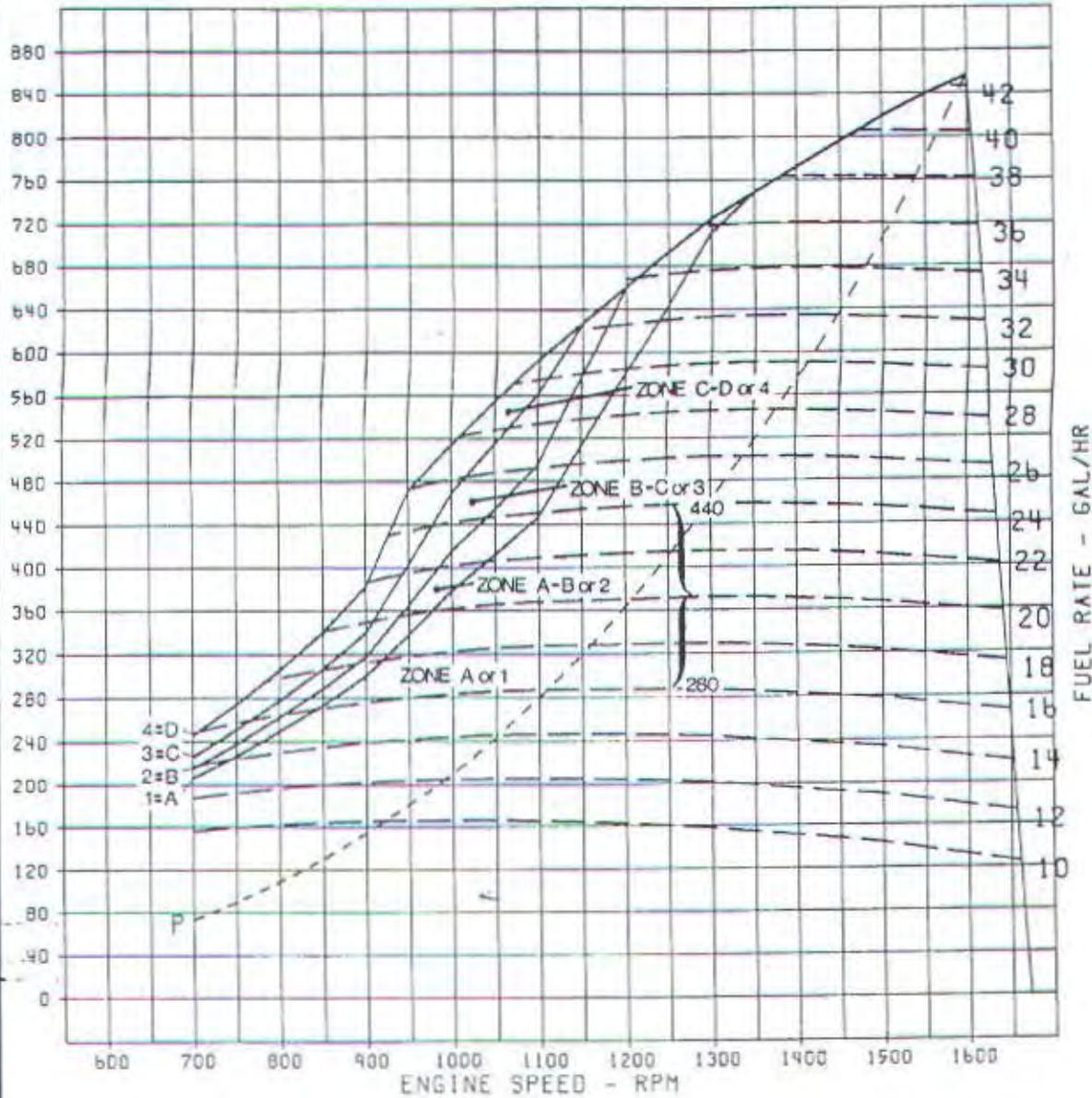




**Format 3 and Format 4:**

The most complete display of engine performance data in the industry.

*Example: 3508 Continuous, rated 855 hp at 1600 rpm.*



### one A or 1

for continuous operation without interruption or load cycling, while operating at combination of power and speed on or under Curve A. Curve A is similar to Curve B in Format 2.

### one A-B or 1-2

operation at combination of power and speed within one A-B is limited to four-hour periods, followed by a one-hour period at combinations of power and speed on or under Curve A.

### one B-C of 2-3

operation at combination of power and speed within one B-C is limited to one-hour periods, followed by a one-hour period at combinations of power and speed on or under Curve A.

### one C-D or 3-4

operation at combination of power and speed within one C-D is limited to five-minute periods, followed by a one-hour period at combinations of power and speed on or under Curve A.

### Curve P

Power Curve P shown here (sometimes called the shaft power curve) describes the power demanded by a conventional, fixed pitch propeller. Shaft power may be assumed to be 97% of the engine brake horsepower. This curve is similar to the original curve in Format 1 and similar to Curve A in Format 2.

## Fuel Consumption Lines

The parallel, slightly curving, dotted lines, with the graduations on their right ends, are lines of constant fuel rate. The engine in our example will consume approximately 30 U.S. gallons per hour of fuel while producing 585 bhp at 1640 rpm. Generally, the lines of constant fuel rate will be concave downward, *bowing up* near their midpoints. The *most efficient engine rpm* to generate any given amount of power will be found directly under the high point of the fuel rate line nearest to the required horsepower. This will be useful in those applications which can vary the engine speed at which power is extracted, such as controllable pitch propellers.

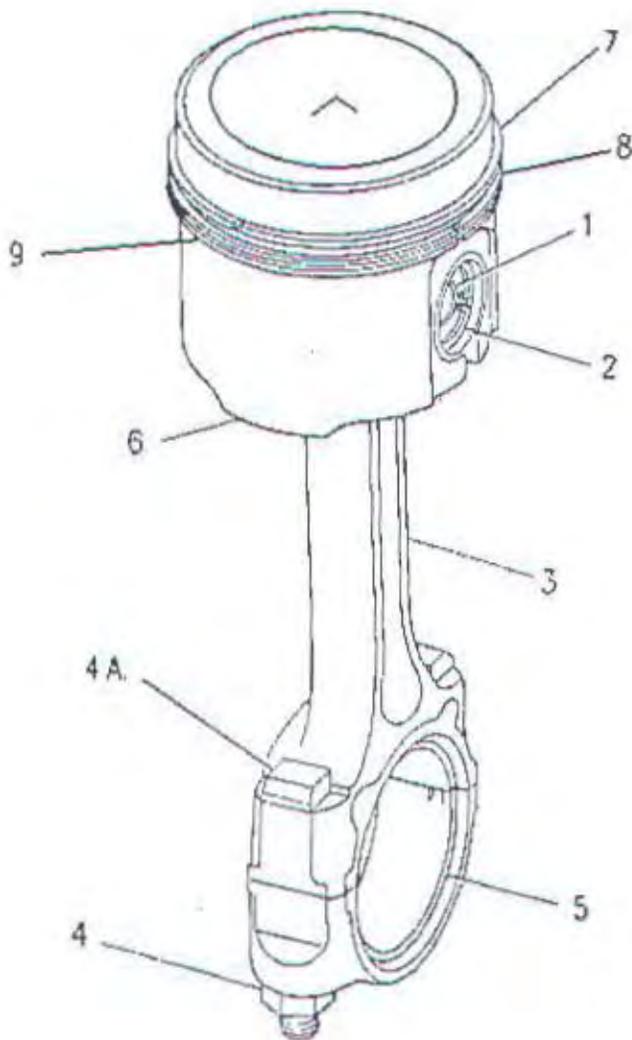
The graphical data (on Sheet 1 of 2) is additionally supported by a full set of tabular information. The tables below (on Sheet 2 of 2) include boost or intake manifold pressure (in. Hg — gauge), exhaust temperature (°F), combustion air flow (cfm), and exhaust gas flow (cfm) as well as speed (rpm), power (bhp), fuel rate (gal/h), and fuel consumption (lb/hp-h) for all the curves shown.



3412C MARINE ENGINE Parts Identification  
Part Number SEBP2524-12 Publication Date 2002/11/01 Update Date 2002/11/05

7890 PISTON & ROD GP  
9BR1-Up.  
1:1 RATIO

101263358



PHIC #1 g00671792

Ref	Grph	Number	Qty	Part Name
		4P-18241	2	PISTON & ROD GP
1	1	8P-1608	1	PIN-PISTON
2	1	7E-5665	2	RETAINER-PIN
3	1	160-8178	1	ROD AS-CONNECTING
	1	4P-8495	1	BEARING-SLEEVE
4	1	8L-3441	2	NUT
4A	1	6N-8942	2	BOLT-CONNECTING ROD
5	1	9Y-9497	1	BEARING-CONNECTING ROD
	1	4W-5702	1	BEARING-CONNECTING ROD (.635MM US)
	1	4W-5703	1	BEARING-CONNECTING ROD (1.27MM US)
				BODY AS-PISTON
6	1	1W-5900	1	RING-PISTON (TOP)
8	1	2P-2817	1	RING-PISTON (INTERMEDIATE)
9	1	7N-7078	1	RING-OIL

NOT PART OF THIS GROUP

PARTS INV CTL

CATERPILLAR PART INFORMATION

PC3093510

Number: 9Y7212

Pt Type: AA Desc: PISTON AS

UM: PC

Act	Mao	Trk	Pkg	CC	Bec	Gross		Dlr
Ind	Ind	Eng	Qty			Weight	UM	Shr
F	N	4	1	2A	PAY	7.010	LB	Y

Width X Height: 5.500 IN X 5.500 IN X 5.500 IN

c:

CAT Avail CF08:NPR Inquiry

PARTS INV CTL

CATERPILLAR PART INFORMATION

PC3093510

Number: 1608178

Pt Type: AA Desc: ROD AS-CONN

UM: PC

Act	Mao	Trk	Pkg	CC	Bec	Gross		Dir
Ind	Ind	Eng	Qty			Weight	UM	Shr
F	N	4	1	2A	RAN	10.273	LB	Ind
								Y

X Width X Height: 15.000 IN X 5.700 IN X 1.950 IN

esc:

:CAT Avail CF08:NPR Inquiry

**Products**

HANGZHOU FADA GEARBOX CO.,LT



Homepage

Firm brief

Products

News

Feedback

E-mail

GEARBOXES  
FEATURE

GEARBOXES

OTHER  
PRODUCTS

**Gearboxes**



**06 12HP/2100RPM**

DRIVE TYPE: Purely mechanical, direct output  
with 1 shaft

L x W x H 360x340x485mm N.W.6kg

ORIGINAL RATIO	EXACT RATIO	RATE(HP/RPM)
2.1:1	2.52:1	0.006
2.5:1	3.05:1	0.006
3:1	3.59:1	0.006

RECOMMEND ENGINE: YANMAR TS130, TS105 HATZ E700



**16A 32HP/2000RPM**

DRIVE TYPE: Purely mechanical, direct output  
input loading

L x W x H 520x410x600mm N.W.34kg

ORIGINAL RATIO	EXACT RATIO	RATE(HP/RPM)
2.1:1	2.07:1	0.016
2.5:1	2.48:1	0.016
3:1	2.95:1	0.016
3.5:1	3.35:1	0.016
4:1	3.87:1	0.016

**MB142 90HP/2500RPM**

DRIVE TYPE: Compact design, hydraulic control

L x W x H 785x570x733mm N.W.100kg

DRIVE TYPE: Purely mechanical, direct output

ORIGINAL RATIO	EXACT RATIO	RATE(HP/RPM)
2.1:1	1.97:1	0.040
2.5:1	2.30:1	0.040
3:1	2.66:1	0.040
3.5:1	3.14:1	0.033
4:1	3.35:1	0.029
4.5:1	4.50:1	0.025
5:1	5.06:1	0.022
5.5:1	5.47:1	0.018

400 Rpm

RECOMMEND ENGINE: CUMMINS 4B3.9-M CAT 3304BNA  
MITSUBISHI FORD E5D442 NWM D229-4



## MB170 132HP/2500RPM

DIRIGITTORE: Hydratic control, mosti competitiva price.

100% IT - 100% Originali - 100% Siciliani

100% Siciliani - 100% Originali - 100% Siciliani



GEAR RATIO	EXACT RATIO	PATE (HP/RPM)
1	1.975:1	6.657
2	2.566:1	5.053
3	3.157:1	4.053
4	3.748:1	3.053
5	4.339:1	2.053
6	4.930:1	1.053
7	5.521:1	0.657
8	6.112:1	0.457
9	6.703:1	0.357
10	7.294:1	0.257

BOARD ENGINE: CUMMINS 6B6.9-M KELVIN 6115-YANNAR

SHAFT: 30L VD/3.5/12 PERKINS 6HD 100



**Products**

HANGZHOU FADA GEARBOX CO.,L

B

GEARBOXES  
FEATURE

GEARBOXES

OTHER  
PRODUCTS**135A 270HP/2000RPM**

CHRCTRSTC: Compact design, Hydraulic control.

L x W x H 720;A730;A975mm N.W.450kg

BELL HOUSING: SAE1 FLANGE $\epsilon^{\circ}14^{\circ}$ 

NOMINAL RATIO	EXACT RATIO	RATE(HP/RPM)
2:1	2.03:1	0.135
2.5:1	2.59:1	0.135
3:1	3.04:1	0.135
3.5:1	3.62:1	0.135
4:1	4.11:1	0.135
4.5:1	4.65:1	0.127
5:1	5.06:1	0.120
5.5:1	5.47:1	0.105
6:1	5.81:1	0.095

RCMMD ENGINE: CUMMINS N-885-M; CAT 3306B SCAC.;  
DAF DKVD1160M; DETROIT 6V-92TA YANMAR 6HA(M)-HTE**MB270A 500HP/2500RPM**

CHRCTRSTC: Compact design, hydraulic control

L x W x H 780;A950;A1000mm N.W.650kg

BELL HOUSING: SAE0.1 FLANGE $\epsilon^{\circ}14^{\circ}$  $\epsilon^{\circ}16^{\circ}$  $\epsilon^{\circ}18^{\circ}$ 

NOMINAL RATIO	EXACT RATIO	RATE(HP/RPM)
4:1	4.048:1	0.200
4.5:1	4.526:1	0.200
5:1	5.118:1	0.200
5.5:1	5.50:1	0.182
6:1	5.947:1	0.150
6.5:1	6.389:1	0.120
7:1	6.824:1	0.120

RCMMD ENGINE: CUMMINS VTA-903-M; KELVIN TGSC8;  
CAT 3406BTA; ISUZU UM12PB1TC; DAF DKX1160AM-ATI;  
DETROIT 6-71T**300/D300A 875HP/2500RPM**CHRCTRSTC: Input direction can be altered by turning oil pump by  
180 degree

L x W x H

N.W.

300 910;A800;A1080mm 700kg

D300A 910;A855;A1225mm 940kg

BELL HOUSING: SAE 0.1 FLANGE $\epsilon^{\circ}14^{\circ}$  $\epsilon^{\circ}16^{\circ}$  $\epsilon^{\circ}18^{\circ}$ 

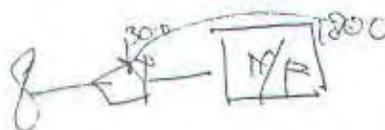


NOMINAL RATIO TARGET RATIO RATE (RPM/RPM)

300	2:1	2.04:1	0.35
	2.5:1	2.54:1	0.35
	3:1	3.0:1	0.33
	3.5:1	3.53:1	0.30
	4:1	4.10:1	0.25
13300A	4:1	4.00:1	0.35
	4.5:1	4.48:1	0.33
	5:1	5.05:1	0.30
	5.5:1	5.52:1	0.25
	6:1	5.90:1	0.25
	6.5:1	6.56:1	0.20
	7:1	7.06:1	0.20
	7.5:1	7.63:1	0.17

RCMMD ENGINE: CUMMINS VTA28-M,CAT 3412TA;  
 GARDNER 6LYT1;DETROIT 12V92TA;BAUDOIN  
 12P15.2S  
 DAUHATSU M5S





**Products**

HANGZHOU FADA GEARBOX

- [Homepage](#)
- [Firm brief](#)
- [Products](#)
- [News](#)
- [Feedback](#)
- [E-mail](#)

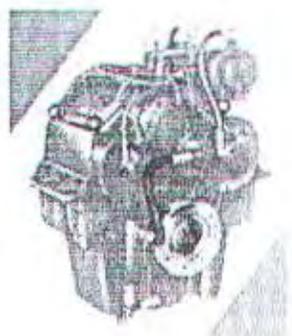
- GEARBOXES
- FEATURE
- GEARBOXES
- OTHER PRODUCTS

**Gearboxes**



**T300 750HP/2300RPM**

Hydraulic clutch, high torque, system shock (100% overload), cast iron housing, 2000 RPM, 17/2, 100, 30°



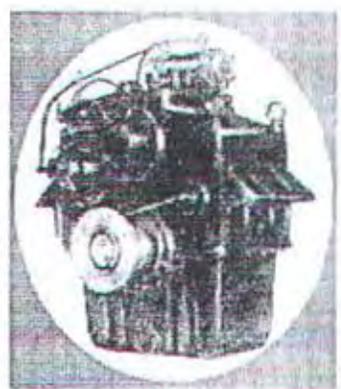
Input shaft: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100, 2200, 2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2900, 3000, 3100, 3200, 3300, 3400, 3500, 3600, 3700, 3800, 3900, 4000, 4100, 4200, 4300, 4400, 4500, 4600, 4700, 4800, 4900, 5000, 5100, 5200, 5300, 5400, 5500, 5600, 5700, 5800, 5900, 6000, 6100, 6200, 6300, 6400, 6500, 6600, 6700, 6800, 6900, 7000, 7100, 7200, 7300, 7400, 7500, 7600, 7700, 7800, 7900, 8000, 8100, 8200, 8300, 8400, 8500, 8600, 8700, 8800, 8900, 9000, 9100, 9200, 9300, 9400, 9500, 9600, 9700, 9800, 9900, 10000

INPUT RATIO	EXACT RATIO	RATE (HP/RPM)
1.0	5.032:1	0.33
1.5	3.688:1	0.50
2.0	2.516:1	0.75
3.0	1.677:1	1.13

Input shaft: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100, 2200, 2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2900, 3000, 3100, 3200, 3300, 3400, 3500, 3600, 3700, 3800, 3900, 4000, 4100, 4200, 4300, 4400, 4500, 4600, 4700, 4800, 4900, 5000, 5100, 5200, 5300, 5400, 5500, 5600, 5700, 5800, 5900, 6000, 6100, 6200, 6300, 6400, 6500, 6600, 6700, 6800, 6900, 7000, 7100, 7200, 7300, 7400, 7500, 7600, 7700, 7800, 7900, 8000, 8100, 8200, 8300, 8400, 8500, 8600, 8700, 8800, 8900, 9000, 9100, 9200, 9300, 9400, 9500, 9600, 9700, 9800, 9900, 10000

**MB320 1100HP/2100RPM**

Hydraulic clutch, high torque, system shock (100% overload), cast iron housing, 2000 RPM, 17/2, 100, 30°



Input shaft: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100, 2200, 2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2900, 3000, 3100, 3200, 3300, 3400, 3500, 3600, 3700, 3800, 3900, 4000, 4100, 4200, 4300, 4400, 4500, 4600, 4700, 4800, 4900, 5000, 5100, 5200, 5300, 5400, 5500, 5600, 5700, 5800, 5900, 6000, 6100, 6200, 6300, 6400, 6500, 6600, 6700, 6800, 6900, 7000, 7100, 7200, 7300, 7400, 7500, 7600, 7700, 7800, 7900, 8000, 8100, 8200, 8300, 8400, 8500, 8600, 8700, 8800, 8900, 9000, 9100, 9200, 9300, 9400, 9500, 9600, 9700, 9800, 9900, 10000

INPUT RATIO	EXACT RATIO	RATE (HP/RPM)
1.0	2.1	0.55
1.5	1.4	0.85
2.0	1.05	1.15
3.0	0.7	1.75
4.0	0.525	2.1

Input shaft: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100, 2200, 2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2900, 3000, 3100, 3200, 3300, 3400, 3500, 3600, 3700, 3800, 3900, 4000, 4100, 4200, 4300, 4400, 4500, 4600, 4700, 4800, 4900, 5000, 5100, 5200, 5300, 5400, 5500, 5600, 5700, 5800, 5900, 6000, 6100, 6200, 6300, 6400, 6500, 6600, 6700, 6800, 6900, 7000, 7100, 7200, 7300, 7400, 7500, 7600, 7700, 7800, 7900, 8000, 8100, 8200, 8300, 8400, 8500, 8600, 8700, 8800, 8900, 9000, 9100, 9200, 9300, 9400, 9500, 9600, 9700, 9800, 9900, 10000

**750B 750HP/1000RPM**



with max 10-15 HP and electromagnetic control oil pump has  
 2 speed 1:2500 RPM 1:500 RPM and 1000 RPM

L x W x H 1540, A1120, A1210mm - N.W 1600kg

NOMINAL RATIO	EXACT RATIO	RATE(HP/RPM)
1.5:1	1.48:1	0.75
2:1	1.97:1	0.75
2.8:1	2.48:1	0.75
3:1	2.92:1	0.75

STROKES: 1000 RPM  
 1000 RPM  
 1000 RPM  
 1000 RPM



---

## VRU-05 Motion Reference Unit - Part Number 8800210

---

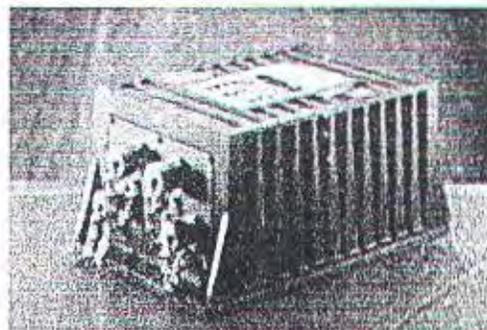
The RESON VRU-05 combines GPS data with inertial sensors to ensure the accuracy of Multibeam Echo Sounder data across the full cross-track swath width. Even on small vessels in rough sea conditions . . . even through tight turns and rapid speed changes . . . the VRU-05 enables the hydrographic surveyor to stay productive and maintain IHO accuracy standards.



Real-time heave, roll and pitch information is provided in analog and digital form, and all outputs are configurable via a simple operator menu. The VRU-05 can interface to a GPS, DGPS or speed log, and accepts heading gyrocompass data.

In the RESON tradition, the VRU-05 offers outstanding performance from a compact and lightweight package: vessel motion is measured to 0.05° optimal accuracy from a box weighing under 5 kg.

- Advanced Processing Techniques
- High-Grade Inertial Sensing Elements
- GPS/DGPS or Speed Log Input
- Low Power Consumption
- Compact & Lightweight




---

### VRU PARTS LIST

- VRU Sensor Electronics Package (weight: 4.8kgs; size 216x130x175mm)
- Interconnect Cables (x4 - all 8 metre lengths) for
  - primary comms,
  - power/remote,
  - auxiliary I/O
  - analogue Output
- VRU System Manual
- 3½" diskette with Software
- Transit Case (weight [all components]: 17.3kgs; size 584x457x305mm)

---

### VRU BENEFITS

- Full utilization of echosounder.
- Survey to IHO standards.
- High Dynamic Accuracy during vessel turns & speed changes.
- Easy and convenient installation.
- No data timing errors.
- Worldwide support and service.
- Two year Warranty.

---

### VRU FUNCTIONALITY

- Direct interface to SeaBat 6042 , no setup required.

- Simple to use menu structure.
- Visual aid shows user when sensor has settled.
- Settings only need be set once; retained in memory.
- Fully scaleable analog outputs.
- Log motion data to hard/floppy disc w/incl. software.
- Simultaneously output serial & analog heave, roll, pitch.
- Graphical display software allows accurate measurement of Heave, Roll & Pitch outputs.
- Computes remote heave when remote point coordinates are entered.

## DATA ENTRY METHODS

---

- Operator entry of set-up configuration.
- Automatic transfer of position and heading from the MICU via NMEA format.

## DATA OUTPUTS

---

- RS232 Serial Data consisting of heave, pitch and roll values measured and offset to the SeaBat 8101 System.
- RS232 Serial Data consisting of the heave at the SBES transducer.

## PERFORMANCE SPECIFICATIONS *Specifications subject to change without notice.*

---

### Heave:

Range:	±99m
Resolution:	1 cm.
Bandwidth:	0.05 to >10 Hz
Accuracy:	5 cm or 5%, whichever is greater

### Roll, Pitch:

Range:	±50°
Resolution:	Digital 0.01° , Analog 0.024°
Bandwidth:	0 - 10 Hz
Accuracy:	±0.03° at ± 5° . (Mounted on CG) ±0.05° at ± 30° . (Mounted off-axis)

Angular Rate  
Change: 100°/second

Noise: <0.05° rms.

Cross Axis  
Coupling: <1%

### Electrical:

Power Requirement: 18-36V d.c. 15W at 24V d.c.

Range: ±10V

Resolution: 12 bit

Minimum Load: 10k //1500pF

Digital Interface: To EIA Standard RS232C, RS422

Digital Output  
Rate: Dependant upon output format and baud rate. The Sensor will supply data packets at the highest possible transfer rate. Using default settings (Format 1 at 9600 baud), the digital output rate will be 32 packets per second. Max 200 Hz.

Analog Output  
Rate: 500 Hz

### Environmental:



Temperature Range:	Operating: 0° to +40°C
	Storage: -20° to +70°C
Shock (survival):	30g peak - 40ms half-sine
Vibration (operating):	30mm/s <sup>2</sup> or 0.2mm, 7-300 Hz
Transverse Accel.:	500 mg peak 0.1s sine
Ingress Protection:	IP65 Splashproof
Tilt:	Operating: ±30° any plane Transit/Storage: No Limit
Yaw Immunity:	10° per second with 30° roll and pitch
<b>Physical:</b>	
Size:	257(l) x 127(h) x 171(w) mm
Weight:	4.8 kg
Finish:	Black satin powder coat

---

Copyright © RESON

*Contact Us*

*This page was last modified 30-March 1999*



## The Rental Expert

[\[Homepage\]](#) [\[Company Profile\]](#) [\[Careers\]](#) [\[Contact Us\]](#) [\[Quality\]](#) [\[Search\]](#) [\[News\]](#)

### Motion Reference Units

#### Offshore Survey Rental Equipment

 [Print Version](#)

#### SIMRAD SEATEX MRU-5



#### GENERAL DESCRIPTION

The third generation MRU 5 is specially designed for high precision monitoring measurement in marine applications and for users requiring high accuracy roll, pitch and heave measurements. The MRU 5 provides high performance motion data for various marine applications ranging from small underwater vehicles to large ship motion control. Very high reliability is achieved by using solid state sensors with no moving parts and the proven MRU electrical and mechanical construction.

#### APPLICATIONS

The MRU 5 is the ideal sensor for motion compensation of swathe bathymetric echo sounders, DP systems, ROV's helideck monitoring systems, high speed vessel motion damping system and towfish systems. It is also ideal for structural monitoring of offshore platforms and large vessels or any application where accurate motion data is crucial for high performance quality and safety. The MRU 5 provides documented roll and pitch dynamic accuracy of 0.03° RMS at a ±5° amplitude. The MRU 5 maintains its specified accuracy aboard any surface vessel or subsea vehicle.

#### Easy to Set up and Use

Interfacing the MRU 5 data output to various sonar systems is made easy since the MRU 5 software includes data protocols for more than twenty frequently used single and multibeam echosounder systems. Using the configuration cable and the Seatex MRC configuration software included with the MRU 5, a series of simple menu prompts allows the user to choose the optimum configuration for the application. The MRU 5 and the MRC software are flexible and can accommodate a wide range of application types.

#### Output Variables

The MRU 5 offers 189 data output variables. These variables can be either digital or analogue output signals. Status messages of the MRU 5 health and overall performance can also be easily monitored by the user.

#### Digital I/O Protocols

For two-way communication with the MRU 5, a proprietary binary serial protocol is used. Output variables are transmitted as IEEE 32 bit floats (recommended) or as scaled integers. In addition, ASCII-based NMEA 0183 proprietary sentences or various echo sounder formats may be selected as the data output protocol.

#### External Communication

The MRU 5 accepts external input of speed and heading information on separate serial lines for improved accuracy in heave, roll and pitch during turns and accelerations. Additionally, a third CMOS input line is available for polling or synchronising the MRU data output from a peripheral computer.

#### FEATURES

- High accuracy roll, pitch and heave measurements during turns and accelerations
- Each MRU delivered with Calibration Certificate
- Small size, light weight, low power consumption
- Improved dynamic accuracy in heave, roll and pitch
- Negligible drift in heave after vessel 'turn'
- High output data rate (100Hz)
- No limitation in mounting orientation
- Lever arm compensation when mounted off the vessel CG (centre of gravity)
- Selectable communication protocols in the MRC software for any system using motion sensors
- Units can be supplied for surface or subsea configuration (3000m or 4000m)

#### TECHNICAL SPECIFICATIONS

<b>Angular rate sensors</b>	
Number of Sensors	3
Angular orientation range	Unlimited
Angular Rate Range	$\pm 150^\circ/\text{s}$
Axis misalignment	$< 0.05^\circ$
Resolution in all axes	$< 0.01^\circ$
<b>Orientation Output</b>	
Angular rate noise roll, pitch, yaw	0.025°/s RMS
Static <sup>2</sup> accuracy roll, pitch	0.25°RMS
Dynamic accuracy roll, pitch (for a $\pm 5^\circ$ amplitude)	0.030° RMS
Scale factor error	0.2%
<b>Acceleration Sensors</b>	
Number of Sensors	3
Acceleration Range (all axes)	$\pm 30 \text{ m/s}^2$
Acceleration noise <sup>2</sup>	0.0020 $\text{m/s}^2$ RMS
Acceleration accuracy	0.01 $\text{m/s}^2$ RMS
Scale factor error	0.020% RMS
<b>Heave Motion Output</b>	
Output range	$\pm 50\text{m}$ , adjustable
Periods	0 to 25s
Dynamic accuracy	5 cm or 5% whichever is highest
<b>Data Output</b>	
Analog channels	#4, $\pm 10\text{V}$ , 14 bit resolution
Digital output variables	#16 (max), RS 232 or RS 422
Data output rate (max)	100Hz

Internal update rate	400 Hz (angular)
<b>Power</b>	
Power requirements	12-30V DC, max 11w
<b>Environment</b>	
Temperature Range	-5° to +55°C
Humidity range, electronics	Sealed, no limit
Max vibration (operational)	0.5 m/s <sup>2</sup> (10-2000 Hz continuous)
Max vibration (non-operational)	20 m/s <sup>2</sup> (0-2000 Hz continuous)
Max shock (non-operational)	1000 m/s <sup>2</sup> (10ms peak)
<b>Other Data</b>	
MTBF (computed)	50000h
Housing Dimensions	Ø105 x 204mm (4.134" x 8.051")
Material	Anodised Aluminum
Weight	2.5Kg (Surface Unit)
Connector	Souriau 851-36RG 16-26S50

- 1) When the MRU is exposed to a combined two-axes sinusoidal angular motion with five minutes duration
- 2) When the MRU is stationary over a 30 minute period.

Top]

[Remote Visual  
Inspection Rental  
Equipment]

[NDT Rental  
Equipment]

[ROV & Trencher  
Rental Equipment]

[Environmental  
Monitoring Rental  
Equipment]

[Diver Inspection  
Rental Equipment]

E.&O.E.

Request Information

© 2002 Ashtead Technology Ltd.

Latest Update: 21/08/2002



**FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN – ITS  
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**

KAMPUS ITS KEPUTIH SUKOLILO SURABAYA 60111  
TLP. 5994754, 5994251 – 55 PES. 1102 FAX. 5994754

**SURAT KEPUTUSAN Pengerjaan Tugas Akhir  
(KS 1701)**

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS, maka perlu diterbitkan Surat Keputusan Pengerjaan Tugas Akhir yang memberikan tugas kepada mahasiswa tersebut dibawah ini untuk mengerjakan Tugas sesuai judul dan lingkup bahasa yang telah ditentukan.

Nama Mahasiswa : Toni Irawan  
NRP : 4295.100.046  
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Suryo Widodo Adji, MSc.  
2. Ir. Made Ariana, MT  
Tanggal Diberikan Tugas : 25 Februari 2002  
Tanggal Diselesaikan Tugas :  
Judul Tugas Akhir : “ STUDI PERANCANGAN SISTEM PROPULSI  
KAPAL TIPE KATAMARAN UNTUK MISI  
HIDROGRAPHIC SURVEY “

Surabaya, 12 Maret 2002  
Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan ITS

  
DR. Ir. Agoes A. Masroeri, M.Eng  
NIP. 131.407.591

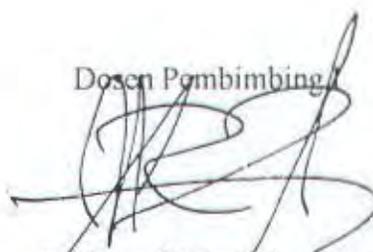
Surabaya, 12 Maret 2002  
Yang menerima tugas :  
Mahasiswa

  
Toni Irawan  
NRP. 4295.100.046

Dosen Pembimbing II

  
Ir. Made Ariana, M T  
NIP. 132.133.971

Dosen Pembimbing I

  
Ir. Surjo Widodo A, MSc.  
NIP. 131.879.390





## LEMBAR EVALUASI PRESENTASI PROPOSAL (P-1) TUGAS AKHIR

Setelah membaca, menimbang, dan mempelajari Presentasi Proposal Tugas Akhir yang dilaksanakan oleh:

Nama / NRP : TONY IRRAWAN / 95-046  
 Judul Proposal : ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN LAND USE (MITSUBISHI IS) PADA KAPAL KANTOR FRAKSIONAL DI PANTAI LENJEKAN - SURABAYA

Maka Tim Dosen Penilai memutuskan mahasiswa tersebut diatas :

1. Menerima proposal tanpa perbaikan
2. Menerima proposal dengan perbaikan atau catatan
3. Menolak proposal.

Dan menetapkan Dosen Pembimbing Tugas Akhir ybs adalah:

1. Sumpo Widodo Ir. sebagai Dosen Pembimbing Utama
2. Made Karna Ir. sebagai Dosen Pembimbing Pendamping

Hal-hal yang menjadi catatan pada penulisan Proposal Tugas Akhir tersebut adalah:

(bila diperlukan dapat dilanjutkan pada halaman kosong dibalik)

ganti judul sebelum presentasi  
 "STUDI PERANCANGAN SISTEM PROPULSI KAPAL TIPE CATAMARAN UNTUK MISI HYDROGRAPHIC SURVEY"

Menghadap dosen Pembimbing

Surabaya, 26/02/02

Tim Dosen Penilai Presentasi Proposal Tugas Akhir,

Tanda Tangan

PLIM WIDODO (Ketua Tim)  
SEMIN (Anggota)  
MADE A. (Anggota)  
SUMPO W. AGI (Anggota)  
ASIANTO (Anggota)  
Eddy Su (Anggota)

1.

2.

3.

5.

6.

DEMARTOJO (7)

Tanda tangan mahasiswa



LEMBAR EVALUASI PRESENTASI INTERIM (P-2) TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa: Tony Irawan NRP Mahasiswa: 42 95 100 046.

Judul Tugas Akhir: Studi Perencanaan Sistem Propulsi Pada Kapal Batambaran untuk Misi Hydrographic Survey.

Nama Pembimbing I: SW Semester: Gasal/Genap Tahun Ajaran: 2002/2003

Nama Pembimbing II: MA Tanggal Presentasi: 27 Nov 2002

EVALUASI OLEH TIM PENGUJI

- Langsung mengikuti Presentasi Akhir Istimewa (P3+) pada tanggal .....
- Melanjutkan penulisan TA dan mengikuti Presentasi Akhir Reguler (P3) pada tanggal .....
- Melanjutkan penulisan TA dan mengikuti Presentasi Interim (P2) pada semester berikutnya.
- Membatalkan penulisan TA dan wajib mengajukan Proposal baru.

Catatan: (bila diperlukan dapat dilanjutkan pada halaman kosong dibalik)

- Misi Hydrographic Survey harus ditunjukkan.
- Konsultasi Dosen Pembimbing:
  - Bp. SW → 1 kali / minggu
  - Bp. MA → 1 kali / minggu

Nama Dosen Penguji	Tanda Tangan	No	Nama Dosen Penguji	Tanda Tangan
Aries P.H.		6	Semin	
MADE A		7	SARDONO S	
ACIANTO		8		
Emilio W.A.		9		
Abd. Munif		10		