

31.00097009815

TUGAS AKHIR

NE 1701

**STUDI PERBANDINGAN
UNJUK KERJA BALING-BALING PENGGANTI
DENGAN BALING-BALING TERPASANG
PADA UNIT KAPAL PATROLI BEA CUKAI (FPB 28)**



RSke
623.873
Ras
S-1

1996

Oleh :

ERWIN RASYID

NRP. 489 420 0215

**JURUSAN TEKNIK SISTIM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1996**

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	16 SEP 1996
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	6509

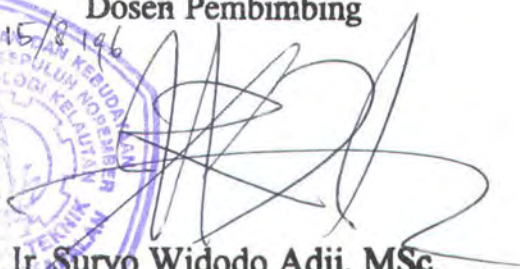
**STUDI PERBANDINGAN
UNJUK KERJA BALING-BALING PENGGANTI
DENGAN BALING-BALING TERPASANG
PADA UNIT KAPAL PATROLI BEA CUKAI (FPB 28)**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan Studi Strata Satu dan memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sistem Perkapalan

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing

15/8/1996


Ir. Suryo Widodo Adji, MSc.

NIP. 131 879 390

**JURUSAN TEKNIK SISTIM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1996**



ABSTRAK

Duta Jasa

J

Abstrak

Fast Patrol Boat 28 merupakan kapal cepat yang didesign khusus untuk kondisi perairan Indonesia. Dalam upaya meningkatkan kecepatan dinas kapal tersebut akan dilakukan penggantian propeler dari baling-baling berdaun 3 menjadi baling-baling berdaun empat. Hal ini akan memberikan implikasi baru dalam unjuk kerja sistem propulsi kapal.

Tugas Akhir ini akan memberikan gambaran tentang keuntungan dan kerugian yang diperoleh dalam penggantian baling-baling kapal FPB 28, serta merupakan studi kelayakan dari penggantian baling-baling kapal tersebut.



KATA PENGANTAR

Duta Jasa

J

KATA PENGANTAR

Dengan selesainya tugas akhir ini, pertama-tama kami ucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kehadirat Allah Yang Maha Pengasih, karena dengan Kodrat dan Iradat-NYA lah tugas akhir ini dapat kami selesaikan.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian Persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Segala kemampuan telah penulis curahkan untuk memberikan yang terbaik, namun menyadari keterbatasan penulis sehingga masih banyak kekurangan-kekurangan di dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Santoso Tondohartono selaku Dekan Fakultas Teknologi Kelautan.
2. Bapak Ir. M. Orianto, BSE, MSc selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal.
3. Bapak Ir. I Wayan Lingga selaku Sekretaris Jurusan Teknik Permesinan Kapal.
4. Bapak Ir. Suryo Widodo Adji, MSc selaku dosen pembimbing yang telah mencurahkan perhatiannya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
5. Bapak Ir. H. Soemartojo WA selaku dosen wali.
6. Bapak-bapak di lingkungan Fakultas Teknologi Kelautan Khususnya Jurusan Teknik Permesinan Kapal.
7. Bapak Ir. Nurcholis karyawan LHI Surabaya.

8. Kedua orang tua penulis menghaturka terima kasih yang sedalam-dalamnya karena selalu memberikan bantuan baik materi maupun moril dan selalu mengikuti perkembangan penulis sehingga dapat menyelesaikan semua masalah yang ada.
9. Iskandar, Oktavian, Daya ,Ario, Arius, Vidi Cs, Kiki dan teman-teman yang lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas saran-saran dan dukungan morilnya kepada penulis.

Harapan penulis semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak terutama untuk kemajuan studi di Fakultas Teknologi Kelautan umumnya dan Teknik Permesinan Kapal khususnya.

Surabaya, Juli 1996

Penulis

Erwin Rasyid

4894200215



DAFTAR ISI

Duta Jasa

J

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Umum	1
1.2. Tujuan Penulisan	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Metodologi Penulisan	4
BAB 2 DASAR TEORI	
2.1. Pendayaan Kapal	1
2.1.1. Definisi Daya	1
2.1.2. Efisiensi Propulsif	4
2.2. Karakteristik Baling-baling sebagai Propulsor Kapal Cepat	6
2.3. Geometri Baling-baling	10
2.4. Kavitasi Pada Baling-baling	18
2.4.1 Umum	18
2.4.2. Penskalaan Model Baling-baling	20
2.4.3. Inti (Nuclei)	21
2.4.4. Pengaruh Viskositas/kekentalan	22

2.4.5. Jenis Kavitas Baling-baling	24
2.5. Prakiraan Kecepatan Dan Daya Kapal	29
2.5.1. Pendahuluan	29
2.5.2. Metode Prakiraan Unjuk Kerja ITTC 1978	31
2.6. Matching Antara Motor Dan Baling-baling	39
BAB 3 SISTEM PROPULSI FPB 28	
3.1 Data Utama Kapal dan Motor penggerak Kapal	1
3.2. Unjuk Kerja Baling-baling Terpasang	2
3.3. Unjuk Kerja Baling-baling Pengganti	4
3.3.1. Propeller Open Water Diagram	4
3.3.2. Prakiraan Kecepatan dan Daya Kapal	6
3.3.3. Korelasi Tahanan Kapal dan Karakteristik Baling-baling.	9
BAB 4 ANALISA MASALAH	
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
PENUTUP	
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



BAB 1

PENDAHULUAN

Duta Jasa



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. UMUM

FPB (Fast Patrol Boat) 28 merupakan kapal cepat yang didesain khusus untuk melakukan pengawasan/patroli yang basic desainnya disesuaikan dengan kondisi perairan Indonesia. Kapal cepat ini didesain dengan sistem propulsi menggunakan baling-baling sebagai alat penggeraknya. Prioritas yang diinginkan dari kapal tersebut adalah kecepatan dinas yang tinggi dengan kemampuan olah gerak yang baik. Untuk itu maka setiap aspek perancangannya diarahkan agar kapal tersebut dapat beroperasi dengan kecepatan dinas yang tinggi. Sehingga perbaikan atau perubahan yang dilakukan baik dari bentuk maupun sistim propulsi kapal harus diperhatikan dan diperhitungkan agar kecepatan dinasnya dapat lebih baik, akan tetapi dengan tanpa mengabaikan kemampuan manoeuvring kapal yang optimal.

Salah satu tugas dan tanggung jawab dari Direktorat Jendral Bea dan Cukai Departemen Keuangan adalah mengawasi arus barang yang keluar/masuk dari/ke pelabuhan dan wilayah hukum Republik Indonesia. Sehingga guna mengatasi kemungkinan-kemungkinan terjadinya penyelundupan barang yang masuk/keluar ke/dari wilayah hukum Republik Indonesia. Ditjend Bea dan Cukai membutuhkan

kapal-kapal yang mampu bergerak cepat dan mampu mengejar penyelundup yang berada di perairan Republik Indonesia.

Saat ini Ditjen Bea dan Cukai memiliki 12 unit kapal patroli (FPB 28) buatan PT. PAL Indonesia dengan nomor seri BC.8001-6 dan BC.9001-6 dari sekian unit kapal patroli milik bea dan cukai yang beroperasi untuk menjaga wilayah perairan Republik Indonesia. Kemajuan teknologi telah memungkinkan para penyelundup memiliki kapal-kapal yang cukup cepat dan mampu mengelabui/menerobos pihak bea dan cukai. Dengan semakin meningkatnya aktifitas mereka, kedua belas unit kapal tersebut dirasa tidak memadai lagi dalam menjalankan operasinya. Hal ini salah satunya disebabkan oleh kecepatan dinas unit kapal patroli sudah tertinggal dibandingkan kapal-kapal yang menerobos perairan Republik Indonesia. Dalam upaya membuat kedua belas kapal patroli tersebut tetap dapat beroperasi dan menjalankan tugasnya menjaga perairan Republik Indonesia, Ditjen Bea dan Cukai bermaksud mengganti baling-baling kapal tersebut agar diperoleh kecepatan dinas kapal yang lebih baik.

Untuk keperluan tersebut pihak TESCO MARINE selaku pabrik pembuat baling-baling menawarkan kepada pihak Bea dan Cukai satu jenis baling-baling yang dikatakan mampu menaikkan kecepatan unit kapal tersebut.

Dari uraian tersebut diatas maka Ditjend Bea dan Cukai memandang perlu adanya evaluasi teknis tentang kelayakan penggantian baling-baling tersebut. Untuk itu maka penulis mengambil tugas akhir ini dengan judul " Studi Perbandingan Unjuk Kerja Baling-Baling Pengganti dengan Baling-Baling Terpasang Pada Unit

Kapal Patroli Bea dan Cukai (FPB 28) " dengan harapan dapat memberikan gambaran unjuk kerja baling-baling pengganti ditinjau dari segi keuntungan dan kerugian serta dampak dari penggantian baling-baling tersebut.

1.2. TUJUAN PENULISAN

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Memberikan masukan mengenai keuntungan-keuntungan yang diberikan dengan penggantian baling-baling yang baru pada unit kapal patroli bea & cukai FPB 28.
2. Memberikan informasi tentang kerugian-kerugian yang mungkin ditimbulkan akibat penggantian baling-baling pada unit kapal tersebut.
3. Memberi pertimbangan berupa layak tidaknya penggantian baling-baling pada unit kapal tersebut dengan baling-baling yang baru.
4. Memberikan saran-saran yang bermanfaat dalam penggantian baling-baling unit kapal patroli tersebut.

1.3. BATASAN MASALAH

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

- ♦ Baling- yang ditinjau adalah baling-baling kapal patroli milik Ditjen Bea danCukai (FPB 28).

-
- ♦ Pembahasan masalah hanya merupakan analisa matematis dengan mengacu pada hasil penelitian secara melakukan studi literatur serta survey lapangan.
 - ♦ Analisa dilakukan meliputi hubungan perubahan principle dimension dari baling-baling pengganti terhadap kecepatan kapal, kavitasi dan getaran. Pembahasan masalah getaran yang terjadi akibat adanya perubahan main dimension baling-baling, ditinjau dari besar kecilnya alternating thrust yang dihasilkan pada baling-baling pengganti yang menentukan besar kecilnya getaran longitudinal.

1.4. METODOLOGI PENULISAN

Secara umum metodologi penulisan tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Studi literatur

Buku-buku referensi yang diperlukan; textbook; handbook; diktat; majalah; paper; journal kuliah tamu; seminar dan catatan kuliah.

b. Studi lapangan

Pengumpulan informasi dan data, baik data primer maupun data sekunder.

c. Identifikasi masalah

d. Pengumpulan data

e. Analisa data

f. Penyimpulan



BAB 2

DASAR TEORI

Duta Jasa



BAB 2

DASAR TEORI

2.1. Pendayaan Kapal (Ship Powering)

2.1.1. Definisi Daya

Variasi tipe-tipe dari mesin kapal tidak semuanya diperhitungkan/diperkirakan pada dasar pemikiran yang sama, sebagaimana halnya tidak mungkin untuk mengukur output daya mesin-mesin tersebut dalam pengertian yang sama secara benar. Mesin uap (Steam Reciprocating Engines) biasanya diperkirakan dengan istilah daya penunjuk (Indicated Power) yang disini dilambangkan dengan P_i , motor bakar dalam (Internal combustion engine) dengan istilah daya penunjuknya adalah daya rem (Brake Power) P_B , dan mesin turbin dengan istilah daya penunjuknya adalah daya poros (Shaft Power) P_s . Istilah Daya kuda kadang kala masih digunakan, dimana besarnya 1 HP = 0,7457 kW. Dalam satuan Inggris 1 HP = 550 ft-lb. per sec.

Daya penunjuk diukur didalam silinder-silinder dengan pengertian dari sebuah instrument/alat (suatu indikator) yang mana pengukuran dilakukan secara terus menerus pada tekanan gas atau uap melalui pengukuran pada panjang perjalanan/perpindahan dan panjang piston. Dari alat penunjuk resultan tekanan efektif rata-rata dapat diukur dan P_i dihitung dari ujung atas dan ujung bawah secara terpisah.

$$P_i = P_m \cdot L \cdot A \cdot n \quad \text{dalam kW}$$

dimana :

P_M adalah tekanan efektif rata-rata, kw/m^2

L adalah panjang langkah piston, m

A adalah luas efektif piston, m^2

n adalah jumlah yang bekerja setiap detik.

Total P_I dari mesin didapat dengan menjumlahkan perhitungan secara terpisah untuk semua silinder.

Daya rem (Brake Power) adalah daya yang diukur pada crank shaft coupling dengan pengertian dari sebuah alat rem mekanik, rem hidrolik atau rem listrik.

Daya tersebut ditentukan dengan rumus :

$$P_B = 2 \pi \cdot Q \cdot n \quad \text{dalam kW}$$

dimana :

Q adalah torsi rem (Brake torque), kN-m

n adalah putaran per detik.

Daya poros adalah daya yang disalurkan melalui poros ke baling-baling. Daya tersebut dihitung dengan menggunakan sebuah alat (Torsiometer) yang diletakkan didalam kapal sedekat mungkin dengan baling-baling. Alat ini mengukur sudut puntir antara dua bagian poros yang mana sudut tersebut secara langsung proporsional terhadap torsi yang disalurkan. Untuk poros padat dan bundar daya poros yang diberikan adalah sebagai berikut :

$$P_s = \frac{\pi(ds)^4 G \theta n}{32 L_s} \quad \text{dalam kW}$$

dimana :

d_s = diameter poros, m

G = modulus geser dari elastis poros, kN/m^2

θ = sudut puntir yang diukur, derajat

L_s = panjang poros sampai sudut θ yang diukur, m

n = putaran perdetik

Modulus geser G untuk poros baja biasanya diambil $8,35 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$.

Untuk hasil yang benar terutama sekali dengan bored shafting, alat tersebut biasanya dikalibrasi terhadap poros dengan mengatur panjang poros dimana torsionmeter digerakkan, sasarannya untuk mengetahui torsi dan pengukuran sudut puntir dan penentuan konstanta kalibrasi $K = Q \cdot L_s / \theta$. P_s dapat kemudian dihitung secara langsung dari beberapa pengukuran sudut puntir dan putaran perdetik sebagai berikut :

$$P_s = K \times \frac{\theta}{L_s} \times 2\pi n$$

Ada beberapa daya yang hilang didalam bantalan stern tube dan di beberapa bantalan poros antara stern tube dan tempat torsionmeter. Daya secara aktual disalurkan ke baling-baling dimana daya tersebut agak sedikit berkurang dari yang diukur oleh torsionmeter. Daya yang disalurkan (Delivered Power) ini diberi simbol P_D . Sebagaimana baling-baling memajukan kapal melalui air pada suatu kecepatan maju V_A , dalam hal ini kapal menyalurkan suatu daya dorong (Thrust), dan daya dorong tersebut adalah :

$$P_T = T \cdot V_A$$

akhirnya, daya efektif adalah :

$$P_E = R \cdot V$$

2.1.2 Efisiensi Propulsif (Propulsive Efficiency)

Efisiensi dari suatu operasi mesin umumnya didefinisikan sebagai rasio dari kerja\daya yang tersedia dengan yang dikeluarkan dalam menjalankan operasi tersebut.

Pada sebuah kapal daya yang tersedia adalah daya yang digunakan untuk mengatasi tahanan\hambatan dalam gerakannya pada suatu kecepatan tertentu, yang diwakili oleh daya efektif P_E .

Daya tersebut digunakan untuk mencapai hasil yang diinginkan tidak mudah untuk ditentukan. Pada kapal yang menggunakan Reciprocating Steam Engines, itu dapat diukur dengan daya yang bekerja yang bekerja di dalam silinder-silindernya sebagaimana yang diberikan oleh daya penunjuk P_i . Efisiensi propulsif keseluruhan dalam kasus ini akan dinyatakan oleh $P_E \setminus P_s$.

Karena efisiensi peralatan-peralatan mekanik, kerugian pada gear dan kerugian pada transmisi poros bervariasi dari satu kapal ke kapal lain, menurut tipe dari permesinan dan layout umum dan bahkan pada suatu kapal dengan beban yang diberikan dimana permesinan beroperasi pada suatu waktu tertentu, sangat sulit untuk menentukan efisiensi hidrodinamis dari suatu kombinasi lambung - baling-baling yang diistilahkan sebagai propulsif keseluruhan.

Suatu pengukuran yang lebih berarti dari efisiensi tenaga penggerak (propulsion) adalah rasio dari daya yang tersedia yang didapat (P_E), terhadap daya

yang disalurkan ke baling-baling secara aktual P_D . Rasio ini diberi nama Quasi-Propulsive Coefficient, dan didefinisikan sebagai :

$$\eta_D = \frac{P_E}{P_D} \dots\dots\dots (1)$$

Daya poros diambil sebagai daya yang disalurkan ke poros ujung mesin induk melalui gearing dan thrust oleh block, sehingga perbedaan antara P_S dan P_D mewakili kerugian daya yang disebabkan oleh gesekan pada bantalan-bantalan poros dan stern tube. Rasio $\frac{P_D}{P_S}$ disebut efisiensi transmisi poros (Shaft Transmission Efficiency)

Dalam tulisan ini, efisiensi propulsif didefinisikan sebagai berikut :

Efisiensi propulsif = Quasi-propulsive coefficient \times Shaft transmission efficiency

$$\frac{P_E}{P_S} = \frac{P_E}{P_D} \times \frac{P_D}{P_S}$$

$$\eta_D = \frac{\eta_D}{\eta_S} \dots\dots\dots (2)$$

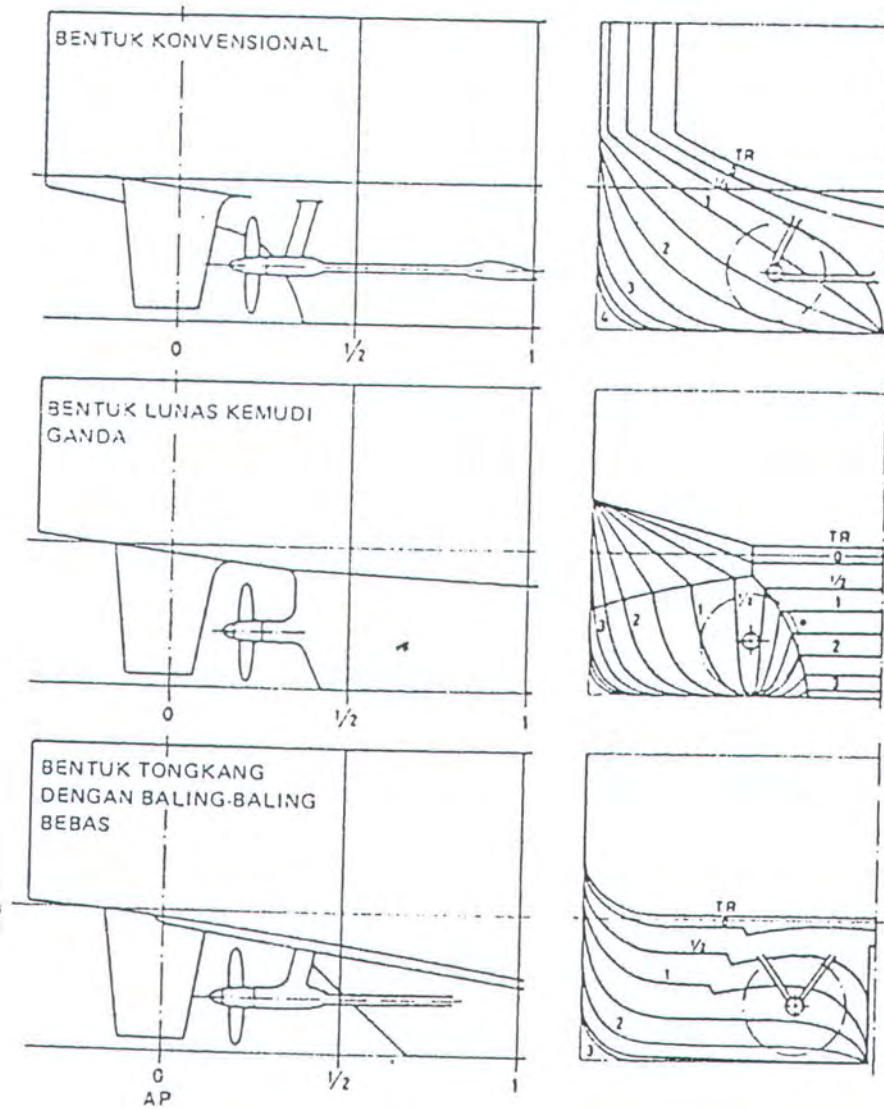
Kerugian pada transmisi daya poros biasanya diambil sekitar 2% untuk kapal-kapal dengan permesinan di belakang dan 3 % untuk kapal-kapal dengan permesinan dibagian tengah kapal, tetapi ini bukan harga mutlak. Harus diingat juga bahwa ketika menggunakan daya yang diukur/didapat dari pengukuran torsiometer, jawabannya akan tergantung pada posisi dari ukuran (meteran) sepanjang poros. Untuk mendekati sedekat mungkin harga daya yang disalurkan pada baling-baling, harus diletakkan sedekat mungkin ke stern tube pada kondisi yang diijinkan/diperbolehkan. Sering diasumsikan bahwa $\eta_S = 1,0$.

Daya rem (Brake Power) yang diperlukan atau daya penunjuk pada turbin, diesel atau steam-reciprocating engine, sebagaimana kasus yang mungkin terjadi,

dapat diperkirakan suatu design tertentu dari harga yang mungkin (wajar) dari efisiensi gear, efisiensi peralatan mekanik dan faktor-faktor beban. Harga-harga ini akan ditemukan pada text book-text book, hand book-hand book dan pada paper-paper teknik permesinan kapal.

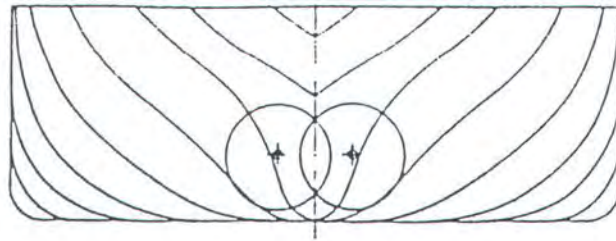
2.2. Karakteristik Baling-Baling Sebagai Propulsor Kapal Cepat

Baling-baling yang dipakai sebagai penggerak kapal cepat harus dirancang khusus untuk memenuhi suatu karakteristik tertentu. Baling-baling kapal cepat dirancang dengan efisiensi yang tinggi dengan daya penggerak kapal yang besar. Pemakaian baling-baling ganda (twin screw propeller) akan menaikkan efisiensi baling-baling. Tetapi kenaikan efisiensi itu akan diimbangi dengan penurunan efisiensi badan kapal. Buritan kapal berbaling-baling ganda mempunyai bentuk yang bermacam-macam. Bentuk yang sering dipakai adalah bentuk buritan yang konvensional V, tetapi dari segi pemakaian bahan bakar, menurut Williams (1980) buritan dengan lunas kemudi (skeg) ganda seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2.1, jauh lebih baik. Kemungkinan bentuk buritan yang ketiga adalah buritan tongkang dengan baling-baling bebas (free propeller barge).



Gambar.2.2.1. Bentuk buritan kapal berbaling-baling ganda

Selain itu, diusulkan pula (Munk dan Prohaska, 1969) pengaturan baling-baling ganda secara saling mengisi (interlocking) atau bertumpangan (overlapping). Kedua baling-baling tersebut adalah baling-baling yang biasa dipakai dalam sistem baling-baling ganda. Kedua baling-baling ini digeser letaknya ke belakang hingga terletak pada kedudukan longitudinal yang sama seperti kedudukan baling-baling tunggal pada umumnya. Kemudian masing-masing baling-baling tersebut digeser ke dalam (saling didekakan) hingga jarak antara poros baling-baling yang satu dengan poros baling-baling lainnya kurang dari garis tengah kedua baling-baling tersebut. Dengan demikian maka kedua baling-baling tersebut akan saling mengisi di daerah bidang paruh (lihat gambar 2.2.2). Ini merupakan penggabungan kelebihan dari sistem baling-baling ganda, yaitu yaitu efisiensi baling-baling yang relatif tinggi, dengan kelebihan dari sistem baling-baling tunggal pada umumnya, yaitu rendahnya tahanan anggota badan dan tingginya efisiensi badan kapal karena besarnya arus ikut di daerah bidang paruh di belakang kapal. Kedua poros dari kedua baling-baling yang diatur demikian ini harus dihubungkan pada satu gigi transmisi yang digerakkan oleh sebuah mesin yang besar. Jika kedua baling-baling tersebut dipasang muka belakang, antara keduanya terdapat jarak longitudinal yang cukup, maka masing-masing poros baling-baling tersebut dapat digerakkan dengan mesin sendiri-sendiri. Pengaturan demikian ini disebut pengaturan secara bertumpangan.

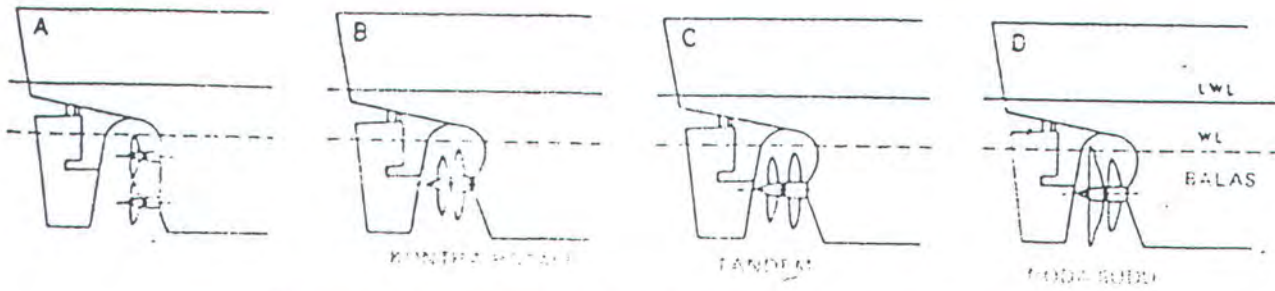


Gambar.2.2.2. Baling-baling saling mengisi (bertumpangan)

Gambar 2.2.3 menunjukkan beberapa cara pengaturan lainnya yang tergolong nonkonvensional untuk baling-baling ganda :

- Baling -baling yang satu diletakkan di bawah, atau di atas baling baling lainnya.
- Kedua baling-baling berputar dengan arah yang berlawanan (contrarotating propeller)
- Kedua baling-baling diletakkan secara tandem (gandeng muka belakang)
- Baling-baling dan roda sudu yang berputar

Dalam gambar 2.2.3 ditunjukkan pengaturan jenis D (Grim, 1980). Dalam hal ini, sebuah roda bersudu dipasang di belakang baling-baling. Roda ini tidak digerakkan secara mekanis, tetapi berputar bebas. Daya dalam arus pacuan akan hilang percuma jika tidak dimanfaatkan. Karena itu fungsi dari roda bersudu ini adalah untuk mengambil daya dari arus slip tersebut dan mengubahnya menjadi daya dorong tambahan. Rancang bangun roda tersebut adalah sebagai berikut : Bagian yang dalam berfungsi sebagai turbin, sedangkan bagian yang luar sebagai baling-baling. Dengan pengaturan seperti itu dapat diperoleh tambahan efisiensi sebesar kurang lebih 5 %.

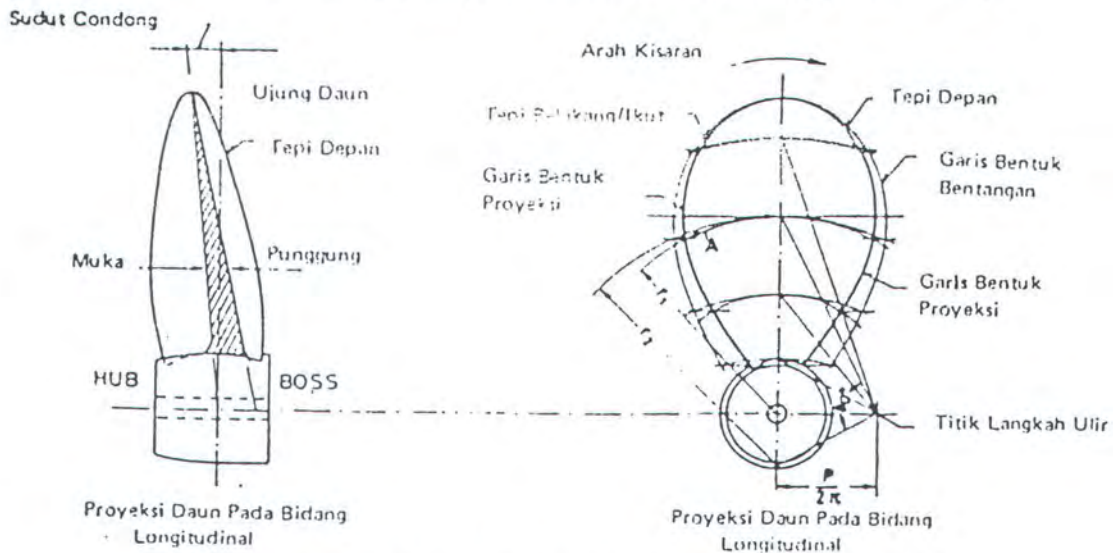


Gambar.2.2.3. Pengaturan baling-baling ganda secara modern

2.3. Geometri Baling-Baling

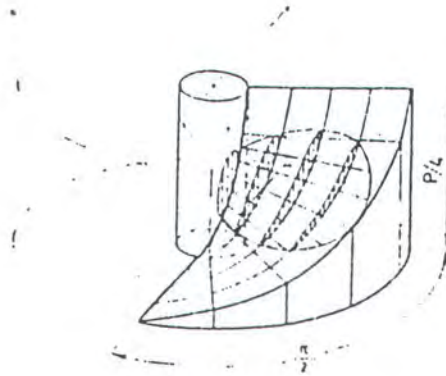
Untuk mengenal bentuk baling-baling dan kaitannya dengan perencanaan gambarnya, maka berikut ini akan dijelaskan geometri dari baling-baling dan beberapa definisi yang perlu diketahui untuk dapat mengetahui lebih lanjut sistem propulsi di kapal.

Permukaan daun baling-baling yang menghadap ke belakang disebut sisi muka atau paras (face) atau sisi tekanan tinggi, sedangkan sisi sebaliknya disebut punggung atau sisi belakang (back) atau sisi tekanan rendah (gambar 2.3.1).



Gambar.2.3.1. Sketsa definisi baling-baling

Bentuk sisi tekanan tinggi yang paling sederhana adalah permukaan berbentuk spiral (helicoidal surface). Permukaan ini dapat didefinisikan sebagai permukaan yang dibentuk oleh sebuah garis lurus yang disebut garis generator atau generatriks (generatrix atau generator line), yang berputar mengelilingi suatu sumbu yang melalui salah satu ujungnya dan sekaligus bergerak ke sepanjang sumbu tersebut (gambar 2.3.2).

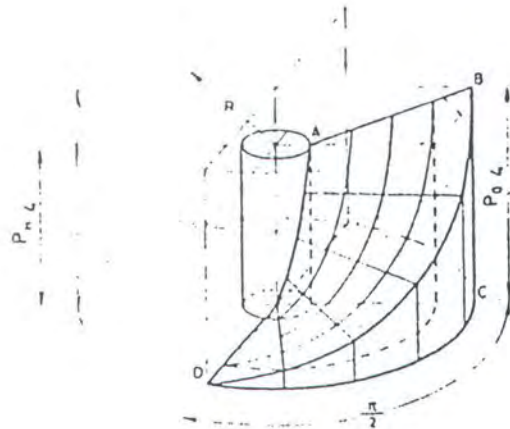


Gambar.2.3.2. Permukaan berbentuk spiral dengan langkah ulir tetap

Jarak aksial yang ditempuh dalam tiap putaran disebut langkah atau jarak ulir P (pitch). Jika langkah ulir tersebut tetap maka berarti bahwa P untuk semua jari-jari dalam baling-baling demikian itu sama.

Langkah ulir dapat pula bervariasi secara radial. Gambar.2.3.3. menunjukkan permukaan berbentuk spiral yang mempunyai distribusi langkah ulir yang bervariasi secara radial. Jika garis generatornya berupa garis lurus maka distribusi langkah ulirnya akan merupakan distribusi yang linier. Jika garis

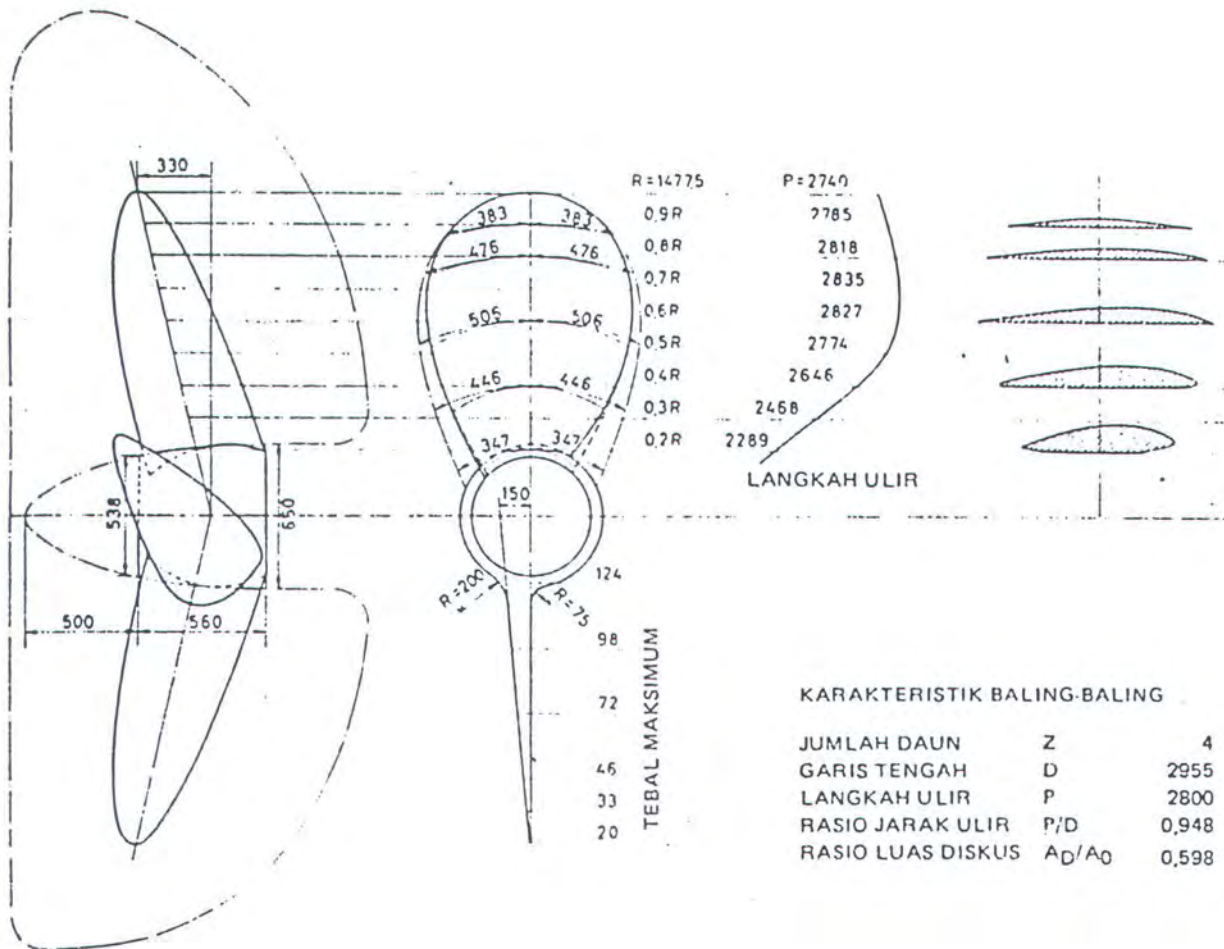
generatornya berupa kurva maka baling-baling yang mempunyai garis generator yang demikian itu akan mempunyai distribusi langkah ulir yang tidak linier. Distribusi langkah ulir dapat bermacam-macam dan terserah pihak perancang untuk menentukannya yang terbaik untuk masing-masing keadaan.



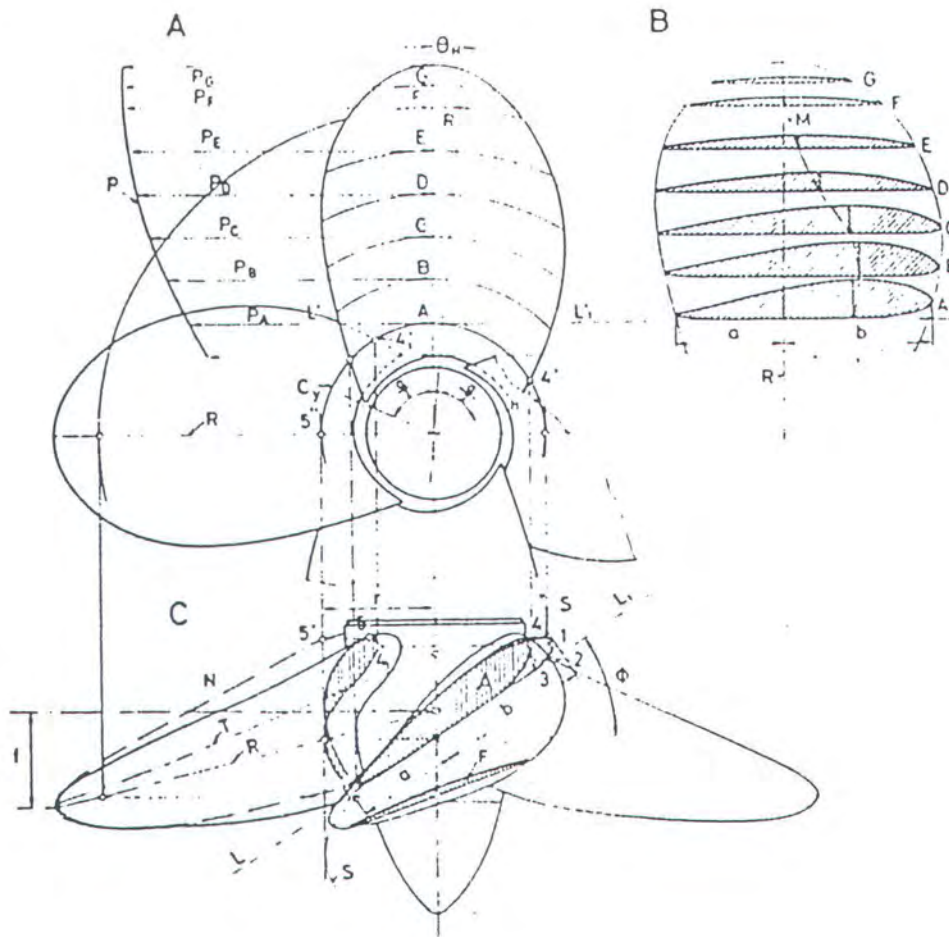
Gambar.2.3.3. Permukaan berbentuk spiral dengan langkah ulir yang bervariasi secara radial

Sisi tekanan rendah atau punggung baling-baling demikian itu disebabkan bentuk penampang daun yang tidak benar-benar merupakan penampang berbentuk spiral. Jika suatu daun baling-baling dipotong dengan sejumlah silinder yang mempunyai titik pusat yang sama (konsentris) dan mempunyai sumbu yang sama dengan sumbu baling-baling tersebut maka akan didapat sejumlah penampang (elemen) daun tersebut. Semua penampang tersebut mempunyai bentuk yang mirip dengan penampang sayap (wing section); juga disini pihak perancanglah yang harus

menentukan bentuk yang terbaik yang memungkinkan. Beberapa bentuk penampang daun ditunjukkan pada gambar.2.3.4. dan 2.3.5.

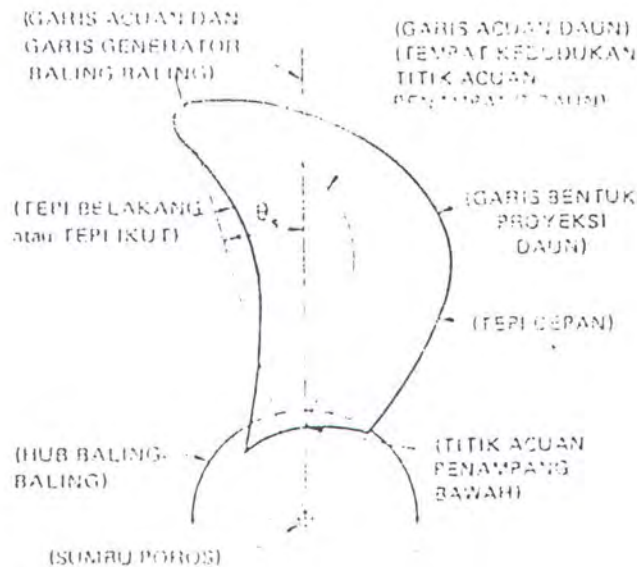


Gambar.2.3.4. Baling-baling berdaun empat



Gambar.2.3.5. Penggambaran baling-baling berdaun empat

Gambar.2.3.5 juga memberikan gambaran mengenai cara menggambar baling-baling jika jumlah daun, garis tengah, langkah ulir, kecondongan (rake), garis acuan dan penampang daunnya ditentukan. Pertama-tama semua penampang daun tersebut diatur dulu menurut garis acuan R (lihat bagian B). Kontur disekeliling semua penampang daun itu menyatakan luas bentang (expanded area) daun baling-baling tersebut. Luas bentang merupakan harga pendekatan untuk luas permukaan baling-baling. Dengan demikian maka didefinisikan sama dengan luas yang dilingkup oleh garis bentuk (outline) sebuah daun baling-baling kali jumlah daun baling-baling. Garis bentuk sebuah daun baling-baling digambar dengan jalan meletakkan pada setiap jari-jari r , panjang chord (panjang penampang daun) pada garis lurus. Tempat kedudukan titik ujung semua garis chord yang digambarkan tadi akan memberikan garis bentuk daun tersebut. Kemudian digambarkan perpotongan sejumlah silinder bundar konsentris sesuai letak dan jumlah penampang daun tadi berikut garis acuannya, dibagian A dan C dalam gambar tersebut. Masing-masing penampang tersebut kemudian diatur pada bidang singgung silinder (C) demikian rupa sehingga sudut yang dibentuk antara garis yang sejajar dengan garis yang tegak lurus sumbu silinder dengan sisi muka penampang tersebut sesuai dengan langkah ulir penampang yang bersangkutan (garis langkah ulir = pitch line). Setelah itu, masing-masing garis langkah ulir dan penampang tersebut seolah-olah ditempelkan melingkar pada silinder yang bersangkutan, seperti yang ditunjukkan pada gambar tersebut. Kemudian semua amplopnya (kurva yang menghubungkan semua titik ujung penampang daun



Gambar 2.3.6. Gambar yang menunjukkan sudut serong (skew angle) θ_s pada ujung dan garis acuan untuk baling-baling serong

2.4. Kavitasi Pada Baling-Baling

2.4.1. Umum

Kavitasi merupakan fenomena yang dapat terjadi jika baling-baling bekerja dengan beban yang relatif tinggi. Kavitasi adalah proses dinamis, pada proses ini didalam fluida yang tekanannya turun hingga pada tekanan uap fluida tersebut akan timbul sejumlah rongga (cavities) yang berisi uap. Jika pada baling-baling kapal timbul kavitasi maka, diatas putaran kritis tertentu akan terjadi pemecahan aliran yang terus meningkat, dan hal ini akan mengakibatkan berkurangnya gaya dorong. Kavitasi dapat menyebabkan kapal tidak dapat mencapai kecepatan yang diinginkan. Kavitasi juga dapat menimbulkan getaran, bunyi, dan erosi pada

tersebut) ditransfer dari bagian C ke bagian A. dibagian C kontur jarak kelonggaran (clearance) dapat pula digambarkan.

Dari bagian A dapat diperoleh luas proyeksi daun baling-baling (A_p). Luas proyeksi adalah luas yang dilingkup oleh garis bentuk seluruh daun baling-baling diluar hub yang diproyeksikan sebuah bidang yang tegak lurus sumbu poros. Garis bentuk tersebut didapatkan dengan cara seperti yang telah diuraikan tadi atau dengan menggambar untuk setiap jari-jari, titik ekstrim penampang yang telah ditentukan tadi dalam pandangan kearah sumbu poros. Tempat kedudukan titik ujung dari semua garis chord yang digambarkan dengan cara tersebut diatas merupakan garis bentuk yang diperlukan. Berikut ini akan diberikan definisi untuk luas diskus (disk area) A_o dan luas bentang A_D .

Luas diskus A_o adalah luas lingkaran yang dibentuk oleh putaran ujung daun (blade tip) baling-baling bergaris tengah D :

$$A_o = \pi \frac{D^2}{4}$$

Luas bentang A_D adalah luas permukaan baling-baling. Luas ini lebih kurang sama dengan luas yang dilingkup oleh garis bentuk sebuah daun dikalikan jumlah daun. Garis bentuk daun baling-baling didapatkan dengan jalan menggambar untuk setiap jari-jari r , panjang chord sepanjang busur lingkaran yang mempunyai jari-jari r_1 yang sama dengan jari-jari kurvatur spiral langkah ulir (pitch helix), dan dinyatakan sebagai :

$$r_1 = \frac{r}{\cos^2 \phi}$$

ϕ sudut langkah ulir pada jari-jari itu. Garis spiral (helical line) pada silinder tersebut diganti dengan elips dan r_1 adalah jari-jari kurvatur baik untuk elips

maupun spiral. Garis bentuk ini diperoleh dengan cara menggambarkan tempat kedudukan titik ujung semua gari chord yang digambarkan dengan cara tadi. Gambar.2.3.1. menunjukkan konstruksi tersebut.

Dalam gambar itu juga (gambar.2.3.1) diberikan definisi untuk kecondongan (rake) atau sudut condong (rake angle). Kecondongan adalah jarak pergeseran atau perpindahan dari bidang baling-baling ke garis generator menurut arah kesepanjang sumbu poros. Kecondongan kebelakang merupakan kecondongan yang positif. Kecondongan pada ujung daun atau sudut condong umumnya dipakai sebagai ukuran kecondongan.

Set-back, wash-back atau wash-up diartikan sebagai jarak perpindahan (displacement) tepi depan (leading edge) atau tepi belakang (trailing edge) penampang daun baling-baling dari garis datum sisi muka langkah ulir (pitch face datum line) jika bentuk penampang tersebut diacukan pada garis datum itu. Jika negatif disebut wash-down. Ratio set-back adalah set-back dibagi panjang chord.

Akhirnya harus didefinisikan pula pengertian mengenai penyerongan (skew) atau skew-back (lihat gambar.2.3.6.). Penyerongan adalah perpindahan suatu penampang daun disepanjang spiral langkah ulir diukur dari garis generator ke titik acuan penampang tersebut. Penyerongan positif adalah penyerongan yang berlawanan dengan arah gerakan maju penampang daun yang bersangkutan.

Semua definisi tadi diberikan menurut kamus ITTC, the ITTC Dictionary of Ship Hydrodynamics (ITTC, 1978).

baling-baling. Jika pada seluruh permukaan suatu baling-baling kapal terdapat arus ikut (wake) yang berbeda-beda dan jika perbedaan itu besar maka pada permukaan itu akan cenderung terjadi kavitasi.

Dalam rekayasa umumnya kavitasi didefinisikan *sebagai proses pembentukan fase uap dari suatu fluida ketika fluida tersebut mengalami pengurangan tekanan pada suhu sekeliling (ambient temperature) yang tetap.* Secara umum suatu fluida dikatakan mengalami kavitasi jika didalam fluida tersebut terlihat adanya gelembung yang terbentuk akibat turunnya tekanan. Untuk dapat memulai timbulnya kavitasi pada tekanan sekitar tekanan uap diperlukan sejumlah gelembung kecil, yang disebut inti (nuclei), sering cukup hanya dalam ukuran submikroskopis saja, yang mengandung gas permanen dan atau uap cairan yang bersangkutan. sebuah inti yang tumbuh dengan sangat cepat (setelah mencapai ukuran kritisnya) mengandung zat yang sebagian besar adalah fase uap. Waktu berlangsungnya difusi tersebut sangat singkat sekali sehingga tidak memungkinkan terjadinya kenaikan volume gas. Berkembangnya gelembung tersebut sangat tergantung pada penguapan fluida itu sendiri. Proses tersebut merupakan kavitasi yang sebenarnya dan dinamakan kavitasi uap (vaporous cavitation). Sebagaimana yang disebutkan diatas, terjadinya kavitasi demikian itu memerlukan tekanan dibawah tekanan uap.

2.4.2. Penskalaan Model Baling-Baling

Kavitasi pada baling-baling kapal diselidiki pada skala model didalam suatu terowongan kavitasi (cavitation tunnel) atau didalam tangki percobaan bertekanan, dimana ukuran dari baling-baling kapal direduksi dengan faktor skala λ . Untuk mendapatkan suatu kondisi yang mirip dengan kondisi yang sebenarnya, dua parameter penskala harus ditentukan. Parameter-parameter tersebut adalah koefisien maju semu (advance ratio) dan angka kavitasi σ_n (cavitation index), dimana :

$$J = \frac{V_a}{nD} \quad (2.1)$$

$$\sigma_n = \frac{p_s - p_v}{\frac{1}{2}\rho n^2 D^2} \quad (2.2)$$

Koefisien maju semu J adalah suatu ukuran untuk beban baling-baling dan digantikan oleh koefisien gaya dorong K_T (Koefisien gaya dorong), dimana:

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^2} \quad (2.3)$$

dimana :

T = gaya dorong baling-baling	N
V _a = kecepatan maju semu baling-baling	m sec ⁻¹
n = putaran baling-baling per detik	sec ⁻¹
D = diameter baling-baling	m
p _s = tekanan statis pada poros baling-baling	Nm ⁻²
ρ = massa jenis air	kg m ⁻³
p _v = tekanan uap air	Nm ⁻²

2.4.3. Inti (Nuclei)

Ikatan antara molekul-molekul air dimana kavitasi terjadi, dapat dipecah oleh kehadiran sejumlah kecil gas bebas. Dikarenakan adanya tegangan permukaan gas ini akan berbentuk gelembung-gelembung kecil dengan diameter sekitar 10 - 100 μm . Gelembung-gelembung ini disebut nuclei.

Di air laut nuclei ini secara konstan terbentuk oleh pecahan gelombang dan mungkin juga oleh mikro organisme. Didalam terowongan kavitasi gelembung-gelembung ini terbentuk oleh pompa atau aliran sirkulasi ulang dari pengujian kavitasi.

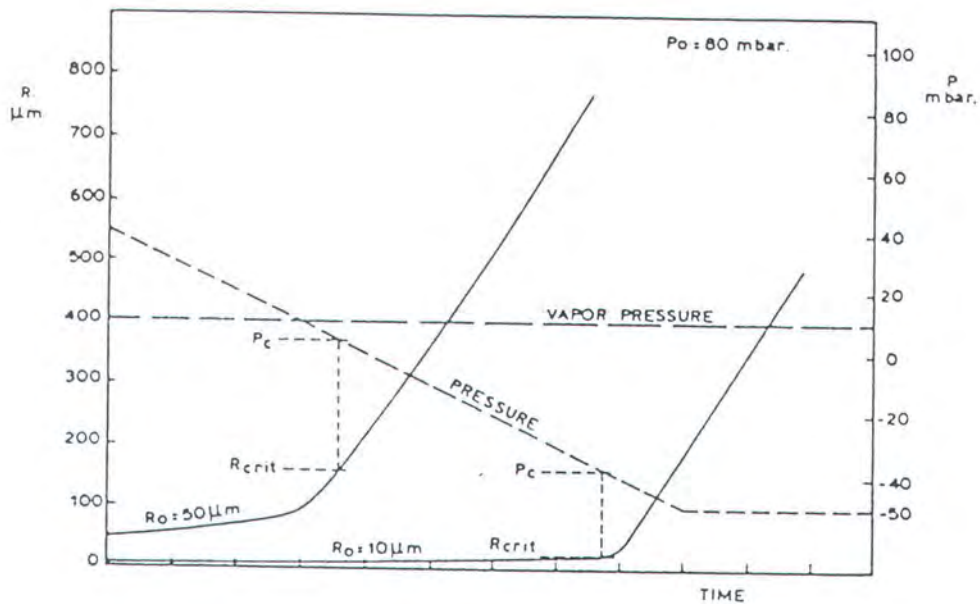
Pertimbangkan pertumbuhan dua nuclei yang berdiameter awal 20 dan 100 μm ketika tekanan turun secara linier menuju nol. Asumsikan bahwa tidak ada gas yang hilang muncul melalui dinding gelembung dimana hasil seperti yang ditunjukkan seperti pada gambar 2.4.1. Ada suatu titik yang jelas pada saat gelembung tumbuh sangat cepat. Ini adalah tekanan pada saat dimana gelembung gas menjadi tidak stabil dan tekanan ini disebut tekanan kritis p_c .

$$p_c = p_v - \frac{4s}{3 R_{crit}} \quad (2.4)$$

Dimana R_{crit} adalah radius dari gelembung gas pada tekanan kritis.

$$R_{crit} = \left(\frac{3K}{2s} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.5)$$

s adalah tegangan permukaan dan K adalah suatu konstanta yang tergantung pada banyaknya gas dalam gelembung tersebut, dimana tergantung pada kondisi awal terbentuknya, untuk ukuran gelembung awal diameter adalah R_0



Gambar. 2.4.1 Pertumbuhan gelembung di air ketika tekanan menurun

Karena pertumbuhan gelembung sangat cepat ketika tekanan berada dibawah tekanan kritis kita dapat mempertimbangkan tekanan kritis sebagai tekanan permulaan. Dari persamaan 2.4 dan 2.5 dua hal penting dan menarik menentukan tekanan permulaan dapat dijumpai :

- Tekanan permulaan selalu lebih rendah dari tekanan uap
- Tekanan permulaan tergantung dari banyaknya gas didalam nucleus, berdasarkan ukuran awalnya.

2.4.4. Pengaruh Viskositas/Kekentalan

Dari hasil penyelidikan yang dilakukan (Arakeri dan Acosta, Journal of Fluids Eng., 1973) diketahui bahwa lapisan batas (boundary layer) pada suatu badan/permukaan suatu benda dapat mempengaruhi tekanan permulaan, terutama

lapisan batas transisi dari aliran laminer ke turbulen atau adanya suatu gelembung pemisahan. Suatu gelembung pemisahan muncul ketika lapisan batas laminer memisahkan diri dari dinding. Lapisan geser yang terpisah ini dalam kondisi tidak stabil, menjadi turbulen dan melekat kembali pada dinding. Suatu daerah kecil dimana air didaerah tersebut tidak mengikuti aliran air (dead-water region) terjadi didalam lapisan batas, sehingga disebut gelembung pemisahan laminer.

Dampak kekentalan ini mempengaruhi permulaan timbulnya kavitasi mungkin oleh tekanan lokal rendah yang muncul di daerah transisi atau daerah penggabungan kembali (reattachment region). Tekanan kritis tidak lagi merupakan tekanan utama pada badan atau pada daun baling-baling, tetapi merupakan tekanan minimum yang muncul di dalam lapisan batas. Sebagian dari distribusi bentuk nuclei pada tekanan permulaan secara nyata menjadi tergantung pada lapisan batas, yang tergantung dari angka reynolds dan oleh distribusi tekanan pada daun-daun. Daun-daun diasumsikan halus (smooth) dan pengaruh turbulen pada lapisan batas akan diabaikan. Angka reynolds pada daun-daun baling-baling dapat dikarakteristikan oleh angka reynolds baling-baling.

$$Re_n = \frac{nD^2}{\nu} \quad (2.6).$$

Karena pada prototype sebuah baling-baling lapisan batasnya akan menjadi turbulen pada titik tekanan minimum, sasaran akan mencapai suatu lapisan batas turbulen pada titik tersebut pada skala model juga.

2.4.5. Jenis Kavitasi Baling-Baling

Kavitasi pada baling-baling kapal secara garis besar dapat diklasifikasikan menurut rupa alamiah yang ditampilkan dan dapat diamati, menjadi 4 jenis, yaitu :

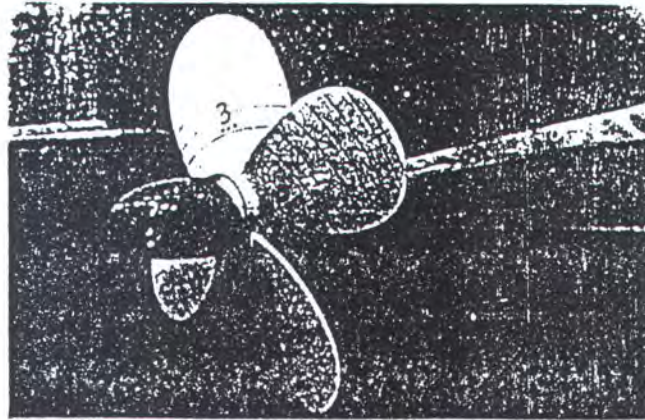
- a. Kavitasi Tip Vortex (Tip Vortex Cavitation)
- b. Kavitasi Selapis (Sheet Cavitation)
- c. Kavitasi Gelembung (Bubble Cavitation)
- d. Kavitasi Awan (Cloud Cavitation)

Secara sepintas akan dijelaskan keempat jenis kavitasi tersebut.

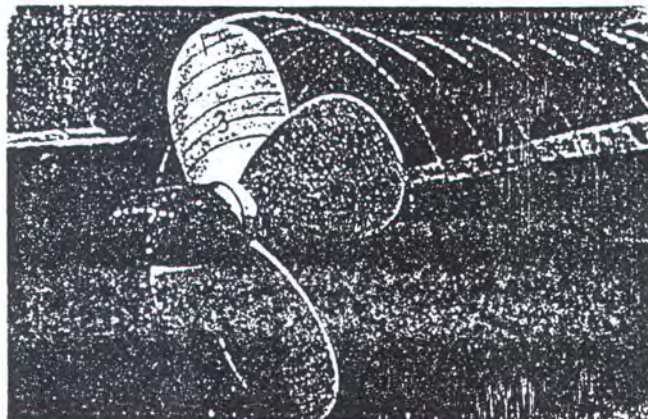
a. Kavitasi Vortex

Butir-butir gelembung kecil kavitasi terbentuk berderet berirngan disumbu-sumbu spiral melingkar menyelubungi masing-masing daun baling-baling dan berawal dari ujung tepi atau tip dari permukaan punggung daun baling-baling (the tip of lifting surfaces). Dalam baling-baling kapal disamping ujung tepi atau tip dari daun baling-baling terjadi vortex yang berawal dari pangkal daun baling-baling yang kemudian disebut kavitasi hubungan vortex. Pada kapal-kapal konvensional, baik kavitasi tip vortex maupun kavitasi hubungan vortex tidak berpengaruh langsung pada erosi permukaan daun baling-baling. Tetapi dari hasil penelitian terakhir dapat diketahui, bahwa kavitasi tip vortex menyebabkan erosi yang cukup serius pada permukaan dalam dari nozzle atau duct untuk kapal baling-baling dengan nozzle. Hasil penemuan dari galangan kapal Spanyol Astilleros Espanoles SA, yang dikenal sebagai T.V.F. Propeller (Tip Vortex Free, dengan memakai nozzle) dimana telah dicoba pada beberapa kapal besar.

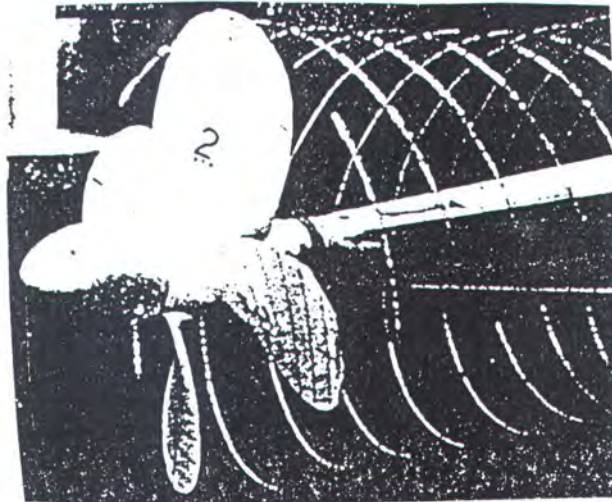
Dikatakan bahwa T.V.F Propeller tersebut dapat menghemat pemakaian bahan bakar 12% dari kalau memakai baling-baling biasa. Patent tersebut cocok untuk kapal-kapal gemuk dimana harga koefisien blok besar dan putaran baling-baling rendah.



Gambar.2.4.2. Vortex Cavitation tanpa elektrolisa



Gambar.2.4.3. Vortex Cavitation dengan elektrolisa



Gambar.2.4.4. Permulaan Kavitasi dalam Towing Tank

b. Kavitasi Selapis (Sheet Cavitation)

Kavitasi jenis ini terjadi bilamana sudut pukul atau angle of attack dari datangnya partikel-partikel fluida pada permukaan punggung atau back dari daun baling-baling besarnya melebihi secara mencolok terhadap harga angle of attack normal untuk penampang daun baling-baling tersebut sehingga kemerosotan tekanan (pressure drop) dipermukaan punggung daun baling-baling tersebut sangat cepat sekali. Akibatnya adalah ditempat dimana terjadi pressure drop yang drastis itu, sejumlah partikal fluida akan berpisah dari solid boundary-nya atau permukaan daun baling-baling disana dan membentuk sebuah rongga yang luas tetapi tipis yang terlihat seperti lapisan tipis perak (silvery sheet) yang melingkar menyelubungi daun baling-baling daun seperti selendang perak. Kemungkinan besar sekali rongga itu terisi oleh uap fluida (liquid vapour) dan udara serta gas lainnya. Menurut penelitian, jenis kavitasi ini tidak banyak menurunkan besarnya efisiensi baling-baling dan erosi yang ditimbulkan kecil sekali. Fenomena yang

sama dapat timbul dipermukaan muka (face) daun baling-baling (pressure site) kalau angle of attack dari aliran fluida pada permukaan itu jauh lebih rendah dari harga angle of attack normal untuk penampang daunnya. Kavitasasi ini disebut face cavitation, tetapi rongga yang terjadi sangat kecil lebarnya terhadap panjang dari cord daun baling-baling. Pengalaman menunjukkan, bahwa kavitasasi ini dapat menimbulkan erosi pada permukaan daun baling-baling.

c. Kavitasasi Gelembung (Bubble Cavitation)

Bilamana angle of attack dari aliran fluida kepada permukaan daun tidak begitu besar sehingga aliran tersebut tidak terlepas dari permukaan daun dengan sendirinya, maka tekanan disitu akan berangsur-angsur turun harganya dari titik stagnasi sampai melewati tekanan penguapan. Ditempat itulah terbentuk sejumlah butir-butir gelembung sangat kecil (bubble of microscopic size). Kemudian ditempat berikut dibelakangnya dimana tekanan lebih turun lagi ukuran butir-butir gelembung bertambah besar dan pada suatu harga tertentu yang merupakan hubungan kritis antara tekanan dan surface tension dari butiran gelembung, maka gelembung-gelembung itu akan pecah. Setelah pecah akan disusul terbentuknya gelembung-gelembung baru dan kemudian akan pecah lagi. Demikian proses dinamis yang sama akan terjadi berulang. Jadi gelembung-gelembung kavitasasi itu tidak melekat langsung pada permukaan daun dan tidak diam saja serta kemudian akan pecah disuatu tempat. Kavitasasi jenis ini akan dinamakan kavitasasi gelembung dan menurut penelitian akibatnya akan lebih parah dari kavitasasi selapis, yakni

efisien baling-baling dapat turun banyak dan erosi yang ditimbulkannya lebih merusak permukaan daun baling-baling.



Gambar.2.4.5. Bubble Cavitation

d. Kavitasi Awan (Cloud Cavitation)

Kavitasi jenis ini terjadi dikarenakan adanya variasi lokal dari adanya pembagian kecepatan fluida yang masuk lewat piringan baling-baling pada suatu angle of attack yang besar sehingga rongga tipis yang merupakan sheet cavity yang menyelimuti sebagian daun baling-baling menghilang menjadi tidak ada tetapi berubah bertahap berupa awan kavitasi. Didaerah itu aliran fluida tidak lagi mengikuti contour dari penampang daun baling-baling dan eddy zone disitu keseluruhannya berkavitasi. Penelitian menunjukkan bahwa jenis kavitasi ini merupakan jenis yang paling berbahaya dan paling merusak penimbul erosi permukaan daun. Erosi akibat kavitasi awan ini biasanya dibarengi dengan timbulnya deformasi tepi daun yaitu trailing edge dari daun baling-baling menjadi bengkok. Kejadian ini dapat mengakibatkan timbulnya getaran yang dapat

dirasakan diatas kapal. Untuk baling-baling putaran tinggi kavitas awan yang serupa dapat etrjadi disekeliling pangkal dari daun baling-baling (blade root). Kecondongan dari poros baling-baling menyebabkan variasi sinusoidal dari angle of attack aliran fluida yang mengenai permukaan daun baling-baling akibat dari variasi komponen circumferential dari kecepatan yang melewati piringan baling-baling. Erosi yang ditimbulkan oleh kavitas dipangkal daun ini dapat berupa lubang keci yang dalam (deep pits) atau lubang yang lebih melebar (ditch), dan hal itu menunjukan betapa parah akibatnya yang kadangkala dapat menyebabkan daun baling-baling patah lepas pada saat kapal sedang berlayar padahal nakhoda tidak merasa baling-baling kapalnya menabrak benda keras dilaut.

2.5 Prakiraan Kecepatan Dan Daya Kapal (Speed-Power Prediction)

2.5.I. Pendahuluan

Percobaan model kapal telah bertahun-tahun dipakai untuk memprakirakan daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal. Percobaan tersebut juga dipakai sebagai dasar dalam perencanaan baling-baling.

Percobaan model harus dilakukan di tangki percobaan atau di tangki yang airnya bersirkulasi. Tangki percobaan tersebut harus dilengkapi dengan alat untuk mengukur gaya dan kecepatan. Jika hasil yang diperoleh dari percobaan dipakai untuk memprakirakan suatu faktor kapal maka hukum perbandingan harus dipenuhi. Data-data yang diukur dalam uji model adalah sebagai berikut ;

- Kecepatan model kapal V_M

-
- Tahanan total model R_M
 - Gaya dorong baling-baling T_M
 - Torsi Q_M pada yang disalurkan
 - Putaran baling-baling

Semua data tersebut harus ditransformasi ke kapal yang sebenarnya.

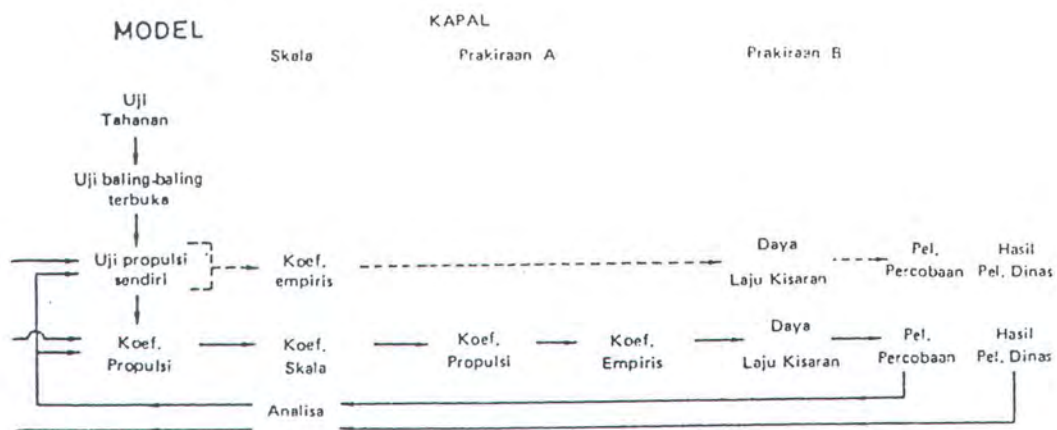
Dalam pelayaran percobaan, kapal yang digerakkan oleh mesin diesel maka kecepatan V , daya indikasi P_i dan putaran baling-baling n diukur. Kadang-kadang torsi Q pada baling-baling juga diukur. Gaya dorong juga diukur, tetapi sangat jarang sekali. Secara umum akan terlihat bahwa dari uji model dapat diperoleh lebih banyak informasi daripada pelayaran percobaan. Contohnya, pengukuran tahanan hanya dilakukan dalam uji model. Kadang-kadang ada juga upaya untuk mengukur tahanan langsung dari pelayaran percobaan. Pengukuran ini sulit dilakukan terutama sebagai akibat dari pengaruh arus pacu yang ditimbulkan oleh kapal penarik. Selain itu perairan yang atasnya tertutup (*sheltered*) dengan luas yang cukup juga sulit didapat. Hal lain yang membuat kenapa pengukuran tahanan secara langsung tidak dilakukan adalah karena pengukuran tersebut merupakan pekerjaan yang mahal dan memakan waktu yang lama.

Dengan membandingkan hasil dari uji model dengan hasil dari pelayaran percobaan maka hubungan antara kedua perangkat data tersebut seharusnya akan dapat dengan mudah ditentukan. Tetapi kenyataannya tidaklah demikian. Beberapa masalah mengenai korelasi tersebut akan dibahas dalam kaitannya

dengan "1978 ITTC Performance Prediction Method." (Metode Prakiraan Unjuk Kerja menurut ITTC 1978).

2.5.2. Metode Prakiraan Unjuk Kerja ITTC 1978

Banyak diantara metode lama yang memprakirakan daya poros dan putaran baling-baling dengan jalan mengalikan hasil dari uji model baling-baling sendiri dengan faktor skala dan faktor koreksi total yang sederhana. Gambar 2.5.1 merupakan sketsa dari prinsip prakiraan. Dalam gambar tersebut prosedur ini diberi tanda dengan garis putus-putus



Gambar 8.2.1. Gambaran mengenai prinsip prakiraan.

Gambar 2.5.1 Gambaran mengenai prinsip prakiraan

Metode prakiraan tersebut memberikan pengertian bahwa percobaan dengan model kapal dan baling-baling berikut ini telah dilakukan :

Percobaan 1. Uji Tahanan :

$$R_{TM} = f(V_M)$$

R_{TM} adalah tahanan dan V_M adalah kecepatan.

Percobaan 2. Uji Baling-baling Terbuka :

$$K_{TM} = f(V_n, n_M)$$

$$K_{QM} = f(V_n, n_M)$$

K_{TM} dan K_{QM} masing-masing adalah koefisien gaya dorong dan torsi baling-baling, n_M adalah putaran.

Percobaan 3. Uji Baling-baling sendiri :

$$T_M = f(V_M, n_M)$$

$$Q_M = f(V_M, n_M)$$

T_M dan Q_M adalah gaya dorong dan torsi baling-baling yang dipasang pada model kapal. Dalam seluruh pelaksanaan pengujian suhu air diukur.

Prosedur untuk percobaan 1, dapat dibagi kedalam langkah berikut ini :

- a. Melakukan Uji Tahanan
- b. Menentukan faktor bentuk k_M
- c. Penentuan tahanan sisa C_{RS}
- d. Menganggap :

$$k_s = k_M$$

$$C_{RS} = C_{RM}$$

- e. Memperkirakan kelonggaran kekasaran (roughness allowance).

$$C_{rs} = \left[105 \left(\frac{k_s}{L} \right)^{\frac{1}{5}} - 0,64 \right] 10^{-3}$$

harga kekasaran k_s dapat diambil sebesar $k_s = 150 \times 10^{-6}$ m.

L tidak boleh lebih besar daripada 400 m.

- f. Memperkirakan tahanan udara .

$$C_{AA} = 0,001 \frac{A_g}{S}$$

A_g adalah luas proyeksi melintang kapal diatas garis air dan S adalah luas

permukaan basah, tanpa lunas bilga.

- g. Menganggap :

$$C_{RS} = \frac{0,075}{\left(1 + \frac{C_{AA}}{C_{RS}} R_{rel} - 2 \right)^2}$$

h. Menghitung :

$$C_{TS} = (1 + k)C_{FN} + C_{RN} + C_A + C_{AA}$$

$$R_{TS} = C_{TS} \left(\frac{1}{2} \rho V^2 \right) S$$

Prosedur analisa menurut ITTC untuk percobaan 2 :

a. Melakukan Uji Baling-baling Terbuka

b. Menghitung

$$K_{TM} = f_1(J)$$

$$K_{QM} = f_2(J)$$

J adalah koefisien maju semu

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

D adalah garis tengah baling-baling dan n adalah putaran baling-baling.

c. Perubahan koefisien drag baling-baling ΔC_D dianggap :

$$C_{LM} = 2 \left(1 + 2 \frac{t}{c} \right) \left[\frac{0,044}{(R_{enc})^{\frac{1}{6}}} - \frac{5}{(R_{acc})^{\frac{2}{3}}} \right]$$

$$C_{LS} = 2 \left(1 + 2 \frac{t}{c} \right) \left(1,89 + 1,62 \log \frac{c}{k_p} \right)$$

Dalam rumus yang telah disebutkan tadi dan berikut ini c adalah panjang chord

(panjang elemen daun baling-baling dari ekor hingga hidung, t adalah tebal

maksimum, P/D rasio langkah ulir dengan garis tengah D dan R_{acc} adalah

angka Reynolds lokal pada $x = r/R = 0,75$. Harga kekasaran daun

$k_p = 30 \times 10^{-6}$ m. Dalam pelaksanaan uji baling-baling terbuka R_{acc} tidak

boleh lebih kecil daripada 2×10^5 :

$$\Delta C_D = C_{DM} - C_{DS}$$

d. Menghitung koreksi karekteristik baling-baling :

$$\Delta K_T = -0,30Z \left(\frac{c}{D} \right)_{0,75} P/D \Delta C_D$$

$$\Delta K_Q = 0,25Z \left(\frac{c}{D} \right)_{0,75} \Delta C_T$$

Z adalah banyaknya daun baling-baling. Koreksi drag didasarkan pada persamaan lerbs.

e. Perhitungan karakteristik baling-baling skala penuh (sebenarnya) :

$$K_{TS} = K_{TM} - \Delta K_T$$

$$K_{QS} = K_{QM} - \Delta K_Q$$

Karena C_{DM} umumnya lebih besar daripada C_{DS} maka harga K_Q dalam skala penuh untuk suatu harga rasio maju akan lebih kecil dan harga K_T sedikit lebih besar daripada harga yang untuk model.

Percobaan 3, menurut ITTC 1978 tentang prakiraan daya dan putaran dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Menghitung koreksi gesekan permukaan :

$$F_D = \frac{1}{2} \rho_M V_M^2 S_M [C_{FM} - (C_{FS} + C_A)]$$

dimana :

ρ_M = massa jenis air di dalam tangki percobaan dalam $10/m^3$

V_M = kecepatan model dalam m/detik

S_M = permukaan basah model dalam m^2

C_{FM} = koefisien tahanan gesek untuk model

C_{FS} = koefisien tahanan gesek untuk kapal

C_A = koreksi gesekan, tergantung pada permukaan badan kapal.

- b. Melakukan uji propulsi sendiri : Mengukur gaya dorong T , torsi Q , putaran n dan kecepatan V .
- c. Menyatakan T dan Q yang diukur dari uji propulsi sendiri dalam bentuk tanpa dimensi :

$$K_{TM} = \frac{T}{\rho(D^4)n^2}$$

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

Dengan memakai K_{TM} sebagai masukan, maka J_{TM} dan K_{QTM} dapat dibaca dari karakteristik model baling-baling dan fraksi arus ikut.

$$w_{TM} = 1 - \frac{J_{TM} D_a}{V}$$

serta dapat dihitung efisiensi rotatif relatif sebesar :

$$\eta_F = \frac{K_{QTM}}{K_{QM}}$$

Deduksi daya dorong diperoleh dari :

$$t = \frac{T + F_D - R_C}{T}$$

R_C adalah tahanan yang dikoreksi terhadap perbedaan antara suhu dalam pelaksanaan uji tahanan dengan suhu dalam pelaksanaan uji propulsi sendiri.

$$R_C = \frac{(1+k)C_{FMC} + C_R}{(1+k)C_{FM} + C_R} R_{TM}$$

C_{FMC} adalah koefisien gesekan pada suhu dalam pelaksanaan uji propulsi sendiri.

- d. Model dan kapal dianggap mempunyai deduksi gaya dorong maupun efisiensi rotatif relatif yang sama :

$$t_S = t_M$$

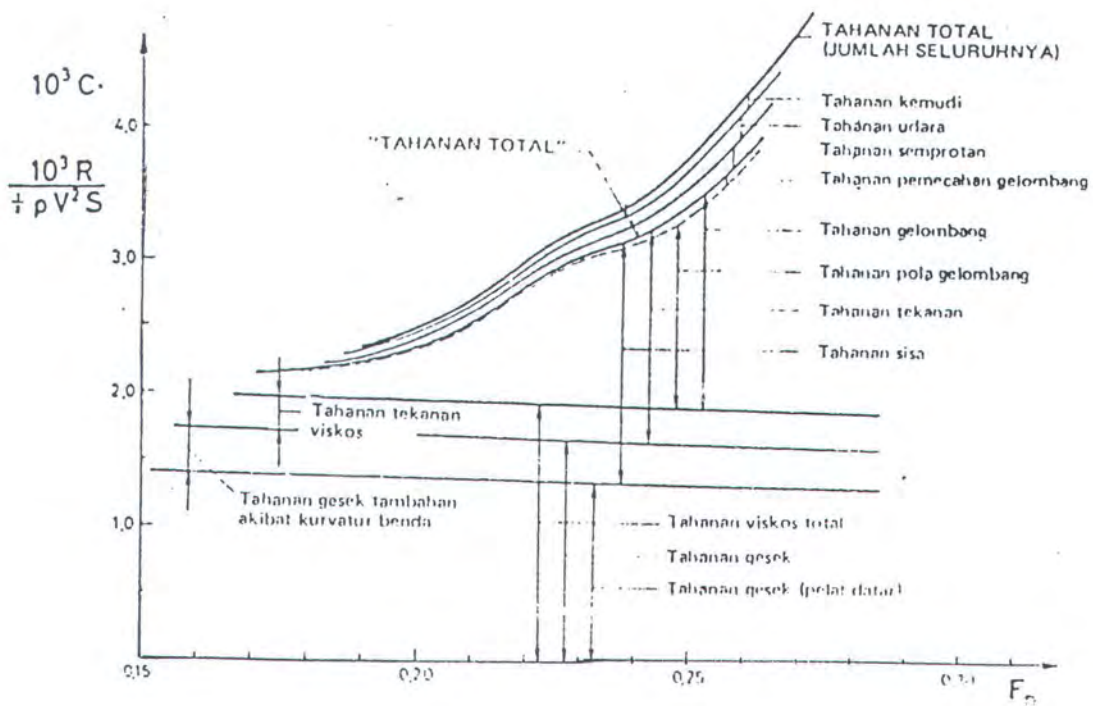
$$\eta_{RS} = \eta_{RM}$$

e. Fraksi arus ikut skala penuh w_{TS} dianggap dapat dihitung dari arus ikut model

w_{TM} dan deduksi gaya dorong t dengan memakai :

$$w_{TS} = (t + 0,04) + (w_{TM} - t - 0,04) \frac{C_{VS}}{C_{VM}}$$

C_{VS} dan C_{VM} adalah koefisien tahanan viskos spesifik total masing-masing untuk kapal dan untuk model (gambar 2.5.2)



Gambar 2.5.2 Kurva koefisien tahanan

f. Menghitung beban baling-baling skala penuh dari hasil analisa tahanan kapal

dengan menggunakan rumus :

$$\frac{K_T}{J^2} = \frac{S}{2D^5} \frac{C_{TS}}{(1-t_S)(1-w_{TS})^2}$$

S adalah luas permukaan basah.

g. Dengan memakai K_T/J^2 sebagai masukan maka harga koefisien maju untuk skala J_{TS} dan koefisien torsi K_{QTS} dapat diketahui dari diagram karakteristik baling-baling skala penuh.

h. Menghitung kuantitas berikut ini :

Laju putaran :

$$n_s = \frac{(1 - w_{TS})J_s^2}{J_{TS}D} \quad (\text{putaran/detik})$$

Daya yang disalurkan :

$$P_{DS} = 2\pi\rho D^5 n_s^3 \frac{K_{QTS}}{\eta_{RS}} \cdot 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

Gaya dorong baling-baling :

$$T_s = \frac{K_T}{J^2} J_{TS}^2 \rho D^4 n_s^4 \quad (\text{N})$$

Torsi baling-baling :

$$Q_s = \frac{K_{QTS}}{\eta_{RS}} \rho D^5 n_s^2 \quad (\text{Nm})$$

Daya efektif :

$$P_E = C_{TS} \left(\frac{1}{2} \rho J_s^3 \right) S \cdot 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

Efisiensi total :

$$\eta_D = \frac{P_E}{P_{DS}}$$

Efisiensi badan kapal :

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w_{TS}}$$

Hanya perhitungan n_s dan P_{DS} saja yang diperlukan untuk melakukan prakiraan.

i. Bila perlu, karena satu dan lain hal sehubungan dengan prosedur pengujian model dan pengujian skala penuh yang dipakai oleh pihak tangki percobaan, faktor koreksi C_p dapat dipakai untuk daya poros dan C_N laju putaran, untuk kondisi pelayaran percobaan. Harga rata-rata faktor koreksi pelayaran percobaan

tersebut, C_P dan C_N dapat diperoleh dengan jalan membandingkan hasil yang diperoleh dari pengujian di tangki percobaan yang dihitung dengan memakai program komputer. Jika harga prakiraan yang dikehendaki berada dalam margin tertentu maka harga masukan $C_P - C_N$ harus sedikit lebih besar daripada harga rata-rata tersebut. Prakiraan akhir menjadi :

$$n_T = C_N n_S \quad (\text{putaran/detik})$$

untuk laju putaran, dan

$$P_{DT} = C_P P_{DS} \quad (\text{kW})$$

untuk daya yang disalurkan.

- j. Selain memakai faktor koreksi C_P dan C_N tersebut, dapat dipakai faktor koreksi individu ΔC_{FC} dan Δw_C . ΔC_{FC} adalah koreksi kelonggaran kekasaran (atau korelasi) dan Δw_C adalah koreksi terhadap Δw yang dihitung dengan memakai rumus pengaruh skala pada arus ikut (w_{TS}). Selanjutnya harga prakiraan akhir

dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\frac{K_T}{J^2} = \frac{C}{2D^3} \frac{C_{TS} + \Delta C_{FC}}{(1 - \eta)(1 - w_{TS} + \Delta w_C)^2}$$

Dengan harga K_T/J^2 ini sebagai masukan maka J_{TS} serta K_{QTS} dapat dibaca dari diagram karakteristik baling-baling skala penuh, dan :

$$n_T = \frac{(1 - w_{TS} + \Delta w_C) V_S}{J_{TS} D} \quad (\text{putaran/detik})$$

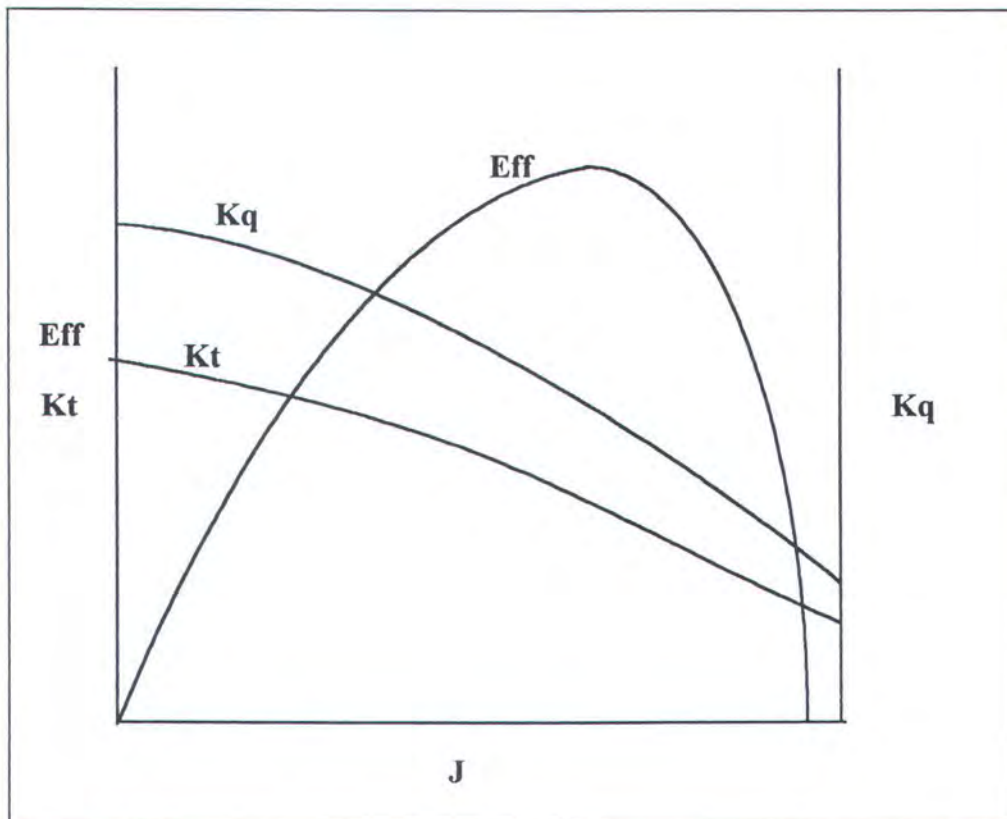
$$P_{DT} = 2\pi\rho D^5 n_T^3 \frac{K_{QTS}}{\eta_{RM}} \cdot 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

Besarnya harga faktor koreksi ΔC_{FC} dan Δw_C sangat bergantung baik pada

prosedur yang dipakai dalam uji model dan pelayaran percobaan maupun pada margin prakiraan yang dipilih.

2.6. MATCHING ANTARA MOTOR DAN BALING-BALING

Salah satu tugas utama dalam perencanaan sistem propulsi di kapal adalah matching antara motor dengan baling-balingnya. Untuk dapat melakukan matching tersebut harus dimengerti karakteristik-karakteristik masing-masing unit yaitu motor dan baling-baling.



Gambar.2.6.1. Kurva K_Q, K_T, η_0

Dalam kasus ini baling-baling yang dipakai adalah jenis Fixed-Pitch Propeller. Untuk itu kita harus mengetahui karakteristik dari baling-baling tersebut. Beberapa konstanta yang berguna untuk menganalisa karakteristik dari baling-baling :

- Koefisien torsi (K_Q)
- Koefisien gaya dorong (K_T)
- Koefisien maju semu (J)
- Efisiensi baling-baling di air terbuka (η_0)

Dimana :

$$K_Q = \frac{Q}{\rho D^5 n^2} \dots\dots\dots(1)$$

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

$$J = \frac{V_A}{nD} \dots\dots\dots(3)$$

$$\eta_0 = \frac{TV_A}{2\pi nQ} = \frac{JK_T}{2\pi K_Q} \dots\dots\dots(4)$$

Q = torsi baling-baling

T = gaya dorong baling-baling

ρ = densiti air laut

D = diameter baling-baling

n = laju kisaran baling-baling

V_A = kecepatan maju semu

Setiap jenis baling-baling akan mempunyai koefisient yang berbeda-beda. Biasanya K_Q , K_T , J akan diplot kedalam grafik sebagai berikut.

untuk menganalisa karakteristik baling-baling perlu adanya asumsi dan idealisasi :

- Tahanan adalah proporsional terhadap kuadrat kecepatan. Dalam hal ini dianggap tahanan gesek yang dominan dalam komponen-komponen tahanan kapal.

$$R = \frac{1}{2} C_f \rho S V_s^2 \quad ; \text{ atau}$$

$$R = K V_s^2 \quad \dots\dots\dots(5)$$

- Wake fraction dan thrust deduction adalah konstan pada semua range kecepatan kapal.

$$V_A = V_s (1-w) \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$R = T (1-t) \quad \dots\dots\dots(7)$$

Dari persamaan (5) dan disubstitusikan oleh persamaan (6) dan (7) maka

$$R = K V_s^2$$

$$T (1-t) = K \left[\frac{V_A}{1-w} \right]^2 \quad \dots\dots\dots(8)$$

Dari koefisien thrust K_T (persamaan 2)

$$T = K_T \rho n^2 D^4 \quad \dots\dots\dots(9)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (8) ke (9) didapat

$$K_T = \frac{K}{(1-t)(1-w)^2 \rho D^4} \left(\frac{V_A}{nD} \right)^2 \quad \dots\dots(10)$$

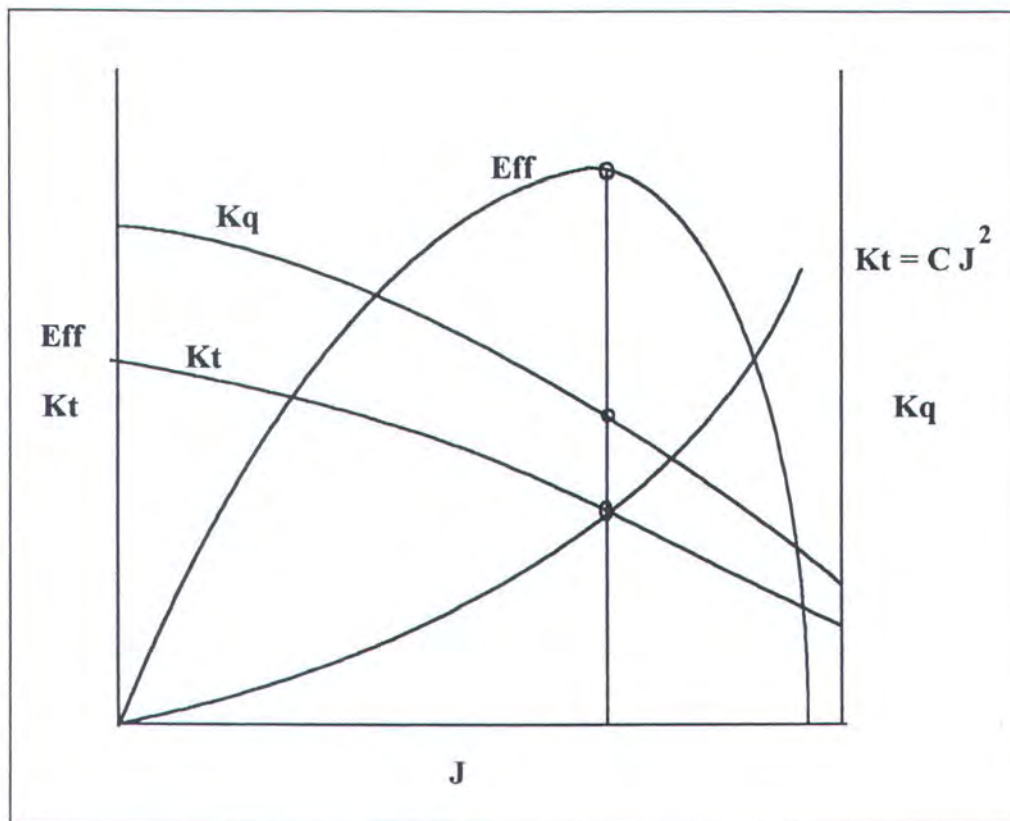
Karena koefisien maju semu $J = \frac{V_A}{nD}$, maka persamaan (10) menjadi

$$K_T = \frac{K}{(1-t)(1-w)^2 \rho D^2} J^2 \quad \dots\dots\dots(11)$$

Dengan asumsi bahwa D , ρ , t , w adalah konstan maka persamaan (11) akan menjadi :

$$K_T = K \times J^2 \dots\dots\dots(12)$$

Dengan persamaan (12), kita mampu mengimplementasikan tahanan kapal ke dalam fungsi K_T dan J . Setelah tahanan kapal dapat di implementasikan dalam bentuk fungsi kuadrat antara K_T dan J , maka dengan memplot fungsi tersebut kedalam diagram air terbuka akan ditemukan titik perpotongan antara kurva tahanan dan kurva K_T baling-baling. Perpotongan adalah 'operational point' dari baling-baling yang bila ditarik garis secara vertikal akan memberikan nilai operasional J , K_Q , dan η_0 .



Gambar 2.6.2. Single point of operation

Untuk kurva tahanan kuadrat, baling-baling akan memiliki 'single point of operation, tidak tergantung kecepatan kapal :

- J, K_T , K_Q tetap konstan
- Torsi baling-baling akan merupakan fungsi kuadrat dari kecepatan

baling-baling (n)

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

$$Q = K n^2$$

- Daya dari baling-baling P akan merupakan fungsi pangkat tiga dari kecepatan baling-baling.

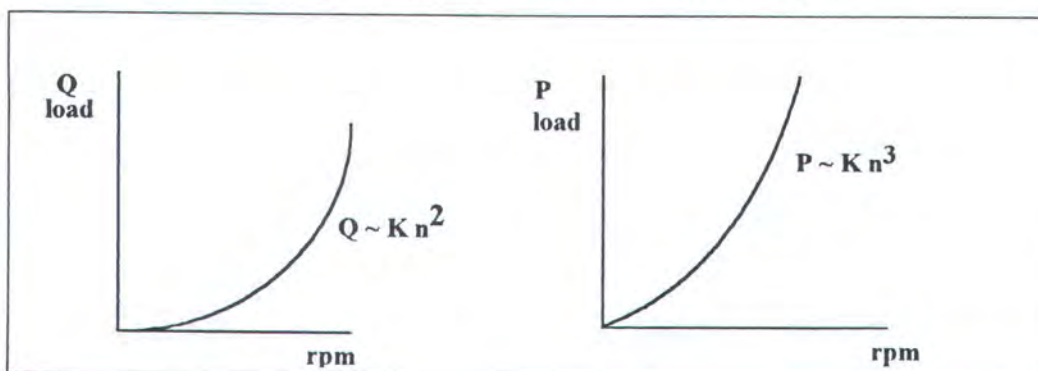
$$P = Q \cdot n$$

$$= K \cdot n^3$$

Dari hubungan $P = K \cdot n^3$ dan $Q = K \cdot n^2$ maka dapat ditarik kesimpulan yang disebut dengan "Propeller Law" sebagai berikut :

1. Rpm baling-baling adalah proporsional dengan kecepatan kapal.
2. Torsi baling-baling adalah proporsional dengan kuadrat rpm.
3. Power baling-baling adalah proporsional dengan rpm pangkat tiga.

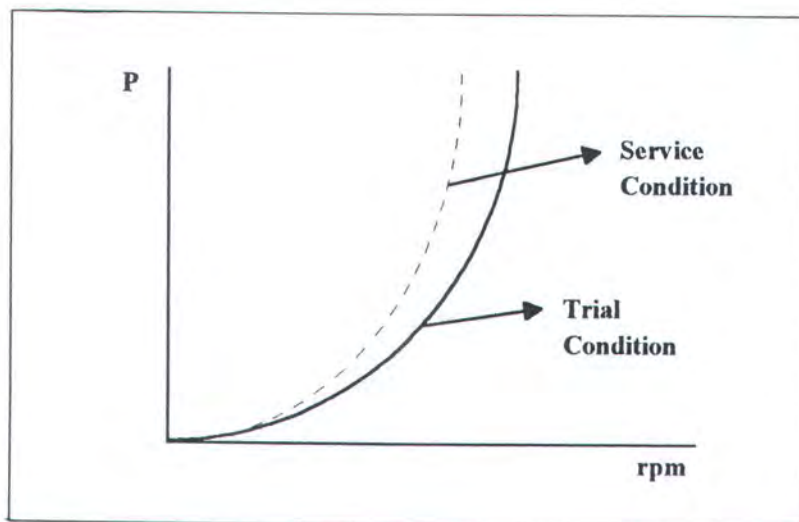
Dengan mengetahui hubungan Daya baling-baling vs rpm, kita dapat memplot kurva beban daya baling-baling vs rpm, dan beban torsi vs rpm.



Gambar 2.6.3. Kurva beban daya baling-baling dan kurva beban torsi baling-baling

Beban daya baling-baling tersebut diatas masih perlu dikoreksi lagi dengan perubahan displacement (kondisi kapal kosong atau penuh), sea state (cuaca), bertambah kasarnya permukaan, dan lain-lainnya.

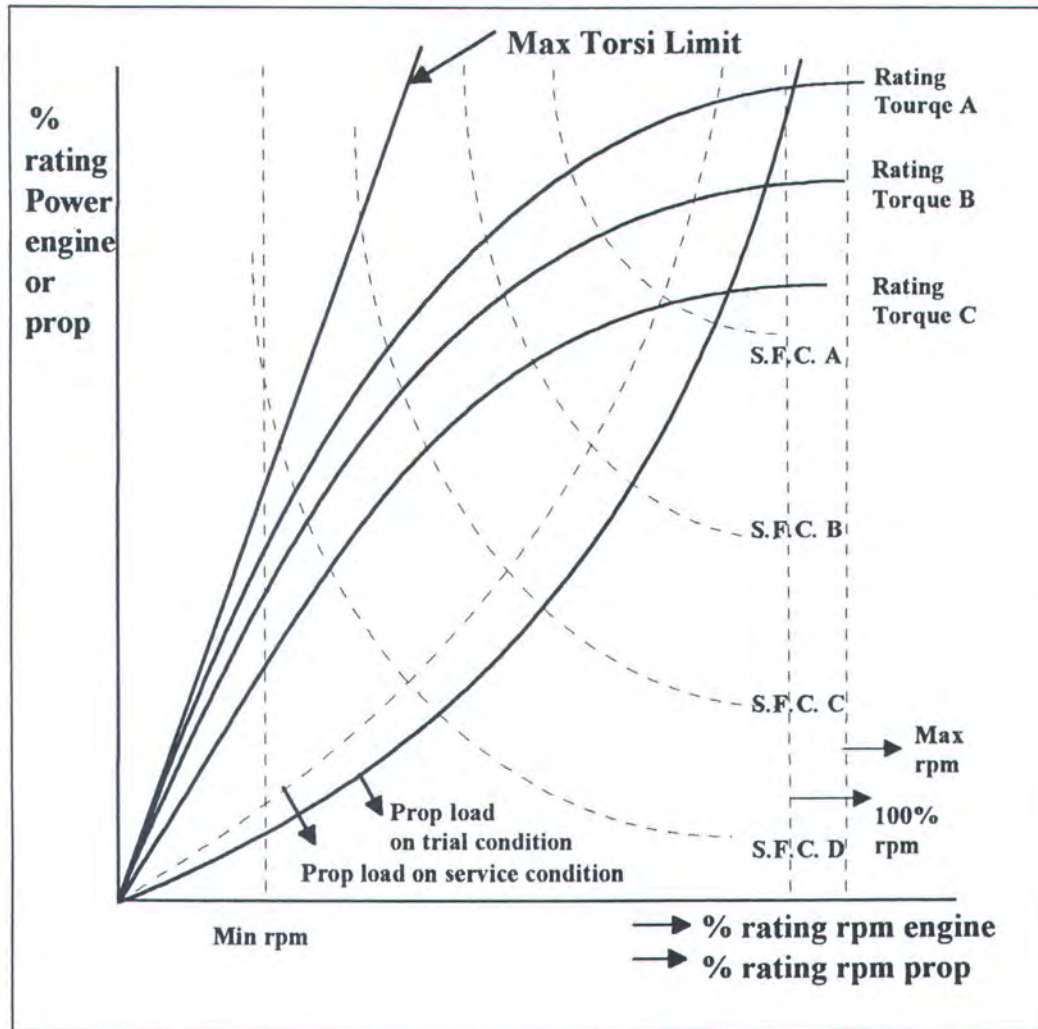
Dari keadaan ideal (trial condition) menuju keadaan "service condition" harga-harga extra allowence dapat diambil berdasarkan route pelayaran dari kapal tersebut. Setelah ditambahkan dengan allowance maka kurva baling-baling tersebut akan bergeser ke atas.



Gambar 2.6.4. Kurva daya baling-baling vs rpm setelah diberi allowance

Dengan membuat rating pada karakteristik beban baling-baling, dimana baling-baling diekspresikan dalam bentuk prosentase rated motor kita, maka kita dapat memplot kurva karakteristik baling-baling kedalam kurva karakteristik daya motor, dimana :

$$\frac{\text{Beban daya baling-baling pada rpm tertentu}}{100\% \text{ daya mesin}} = \% \text{ rating baling-baling}$$



Gambar 2.6.5. Kurva matching motor dan baling-baling

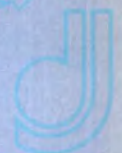
Dengan hasil matching di atas maka kita dapat menganalisa apakah baling-baling terpasang sudah 'match' dengan motor secara baik (dapat bekerja 100% rating motor dengan pemakaian bahan bakar yang rendah, dengan masa pemakaian motor /umur motor yang lama).



BAB 3

SISTEM PROPULSI FPB 28

Duta Jasa



BAB 3

SISTEM PROPULSI FPB 28

3.1. DATA UTAMA KAPAL DAN MOTOR PENGGERAK KAPAL

Fast Patrol Boat 28 (FPB 28) merupakan kapal cepat milik Ditjen Bea dan Cukai yang didesain khusus yang basic desainnya disesuaikan dengan kondisi perairan di Indonesia. Sedangkan desain unit kapal tersebut dibuat oleh sebuah perusahaan di Jerman. Adapun ukuran utama unit kapal FPB 28 adalah sebagai berikut :

• Length Over All (Loa)	:	28,000 m
• Length Perpendicular (Lpp)	:	26,000 m
• Breadth mld (B)	:	5,400 m
• Depth on 1/2 Lenghtah (H)	:	3,420 m
• Draught mld	:	1,267 m
• Longitudinal Center Gravity	:	11,313 m
• Vertical Center Gravity	:	2,498 m
• Weight (Empty Ship)	:	51,561 ton
• Displacement	:	67,449 m
• Block Cofficient	:	0,360 m
• Kecepatan service	:	29 knots
• Kecepatan maximum	:	30 knots

• Cp : 0,464

Pada Tugas Akhir ini penggantian hanya dilakukan pada baling-balingnya saja sedangkan motor yang digunakan untuk memutar baling-balingnya adalah tetap. Motor induk yang digunakan adalah motor diesel merk MTU buatan Jerman. Adapun spesifikasi motor yang digunakan adalah sebagai berikut :

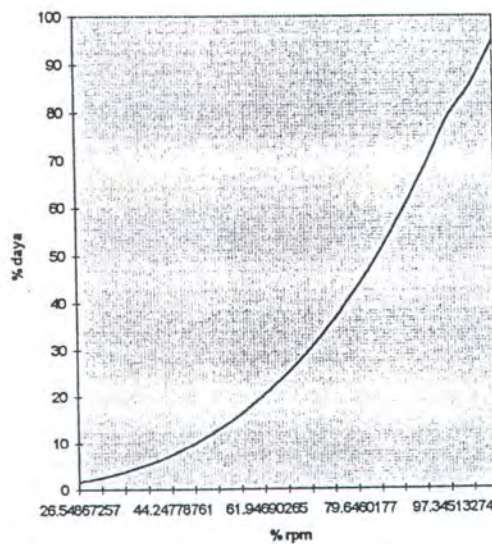
- Type motor : TC92
- Jumlah silinder : 12 buah
- Bentuk body : V type
- Berat motor : 3697 kg (kering)
- Panjang motor : 2347 mm
- Lebar motor : 1446 mm
- Tinggi motor : 1551 mm (dari bed plate)
- Daya maksimum : 1105 kW = 1481,56 HP

3.2. UNJUK KERJA BALING-BALING TERPASANG

Spesifikasi baling-baling yang sudah terpasang pada unit kapal milik Ditjen Bea dan Cukai (FPB 28) adalah sebagai berikut :

- Jumlah daun : 3 lembar
- Diameter : 1050 mm
- Langkah ulir : 1460 mm
- Berat : 170 kg
- Material : G.Ni.Al.Bz.

Unjuk kerja yang dihasilkan dengan menggunakan baling-baling ini adalah kecepatan service 29 knots sedangkan kecepatan maksimumnya adalah 30 knots. Kecepatan service dicapai dengan daya mesin sebesar 1220 HP pada putaran 2240 RPM, sedangkan putaran maksimum dicapai pada putaran motor 2340 RPM dan daya motor sebesar 1360 RPM. Adapun unjuk kerja baling-baling tersebut seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 3.2.1. Grafik unjuk kerja baling-baling terpasang.

3.3. UNJUK KERJA BALING-BALING PENGGANTI

Adapun spesifikasi baling-baling pengganti adalah sebagai berikut :

- Jumlah daun : 4
- Diameter : 1180 mm
- Pitch : 1229 mm
- Berat : 205 kg

- Material : HTB 1
- Sudut rake : 6 derajat

3.3.1. Propeller Open Water Diagram

Setiap baling-baling mempunyai karakteristik yang berbeda. Karakteristik yang berbeda-beda ini digambarkan berdasarkan suatu konstanta-konstanta tidak berdimensi antara lain :

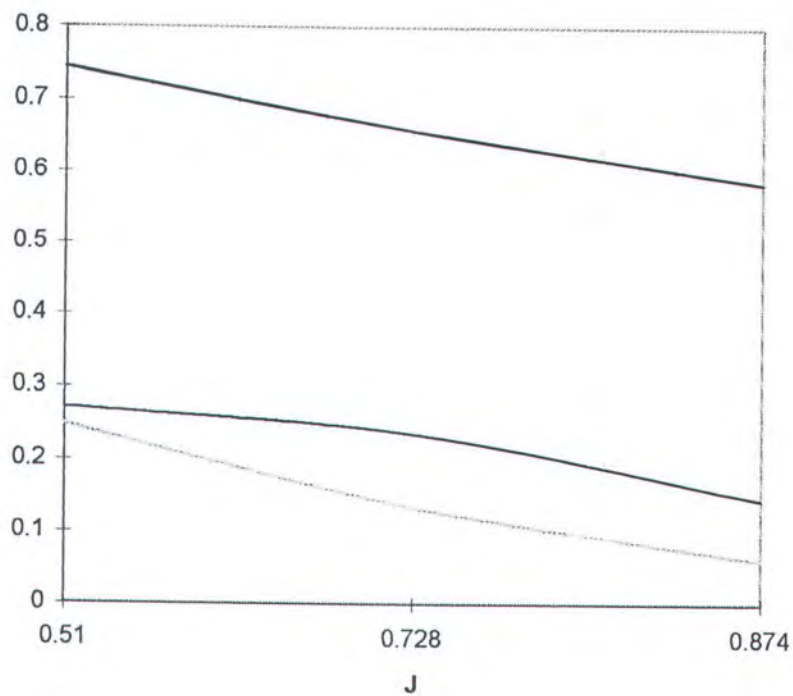
- Koefisien torsi (K_Q)
- Koefisien gaya dorong (K_T)
- Koefisien maju semu (J)
- Efisiensi open water (η_0)

Besarnya harga konstanta-konstanta tersebut didapat dari open water test yang menggunakan model pada perairan yang homogen. Adapun hasil open water test didapat gaya dorong (T), torsi(Q), kecepatan maju semu (V_a), putaran baling-baling model (n), diameter model sebagai input datanya. Dari input data tersebut dapat dicari konstanta-konstanta tersebut di atas. Besarnya konstanta-konstanta tersebut seperti terlihat pada tabel di bawah ini :

K_Q	K_T	J	η_0
0,02709	0,24872	0,50985	0,74533
0,02357	0,13358	0,72833	0,65724
0,01447	0,06070	0,87386	0,58382

Tabel 3.3.1. Harga konstanta-konstanta hasil perhitungan untuk baling-baling pengganti

Jika konstanta-konstanta tersebut diplotkan dalam satu grafik maka akan tampak seperti gambar di bawah ini :



Gambar 3.3.1. Grafik K_Q , K_T , J baling-baling pengganti

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa kecepatan maksimum yang dapat dihasilkan dengan menggunakan baling-baling kapal tersebut adalah 32 knots.

Di dalam kurva ini tersebut akan diplotkan kurva tahanan untuk mendapatkan besarnya harga koefisien torsi. Karena kurva tersebut merupakan harga koefisien maju semu (J) terhadap koefisien torsi (K_Q), koefisien gaya dorong (K_T) dan efisiensi baling-baling (η_0) maka tahanan kapal harus diimplementasikan ke dalam bentuk koefisien gaya dorong terlebih dahulu.

3.3.2. Prakiraan Kecepatan Dan Daya Kapal

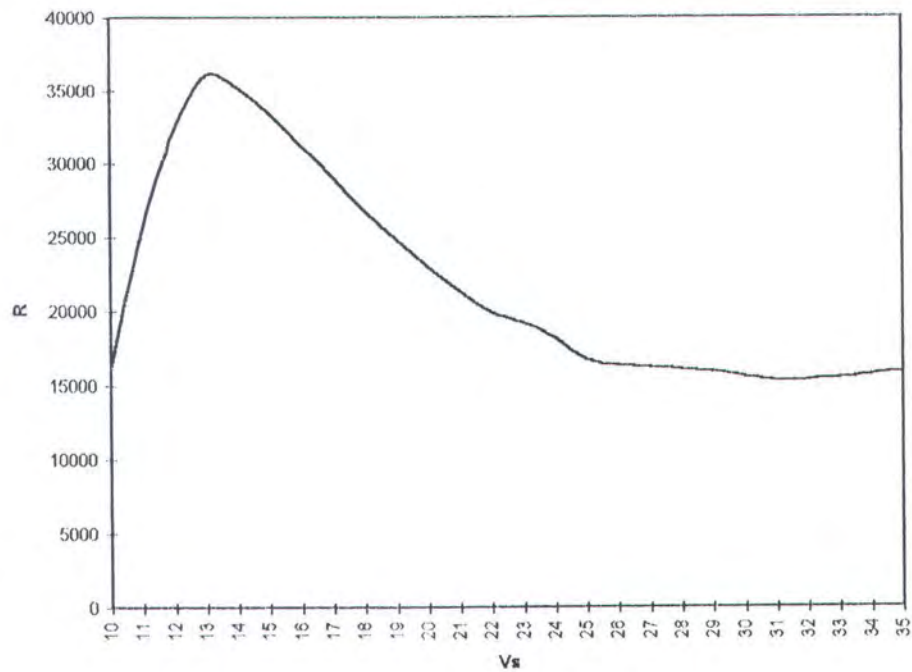
Perhitungan tahanan kapal menggunakan metode Savitsky. Dari perhitungan didapat besarnya harga tahanan dan daya efektif kapal pada masing-masing kecepatan. Besarnya harga-harga tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Vs	Daya	Tahanan
17	1506,160	28874,560
24,4	1316,683	17496,114
32	1500,589	15282,870

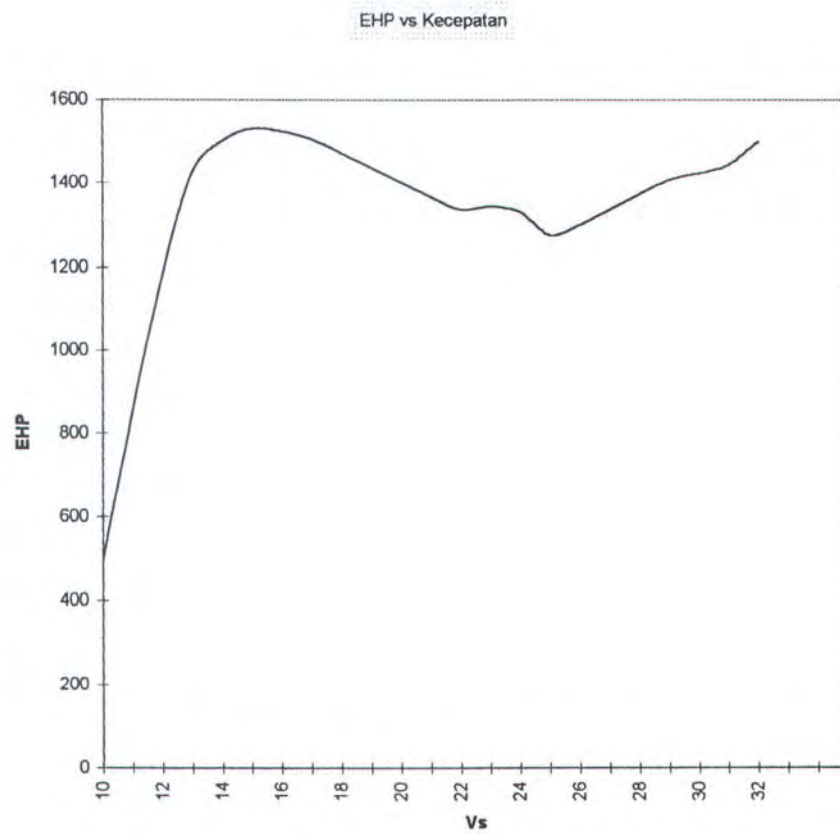
Tabel 3.3.2. Hubungan antara daya, tahanan dan kecepatan kapal

Berdasarkan harga-harga tersebut di atas dapat dibuat kurva yang menyatakan hubungan antara tahanan kapal terhadap kecepatan kapal dan daya efektif

terhadap kecepatan kapal. Karena dari hasil percobaan hanya dapat dicari kecepatan pada tiga titik, penulis menganggap bahwa kurva yang dihasilkan tidak dapat mewakili persamaan yang memperlihatkan hubungan korelasi antara tahanan dan kecepatan begitu juga dengan daya terhadap kecepatan. (Lihat gambar 3.3.2 dan 3.3.3)



Gambar 3.3.2. Kurva antara kecepatan kapal terhadap tahanan



Gambar 3.3.3. Kurva kecepatan kapal terhadap daya baling-baling

Kurva ini dapat digunakan untuk membaca besarnya daya efektif yang dibutuhkan kapal pada berbagai kecepatan kapal.

3.3.3. Korelasi Tahanan Kapal dan Karakteristik Baling-baling

Dari hasil perhitungan tahanan kapal didapat harga kecepatan kapal yang menghasilkan besarnya tahanan kapal yang berbeda-beda, namun hubungan antara keduanya tidak dijelaskan. Untuk mencari korelasi antara tahanan kapal dan karakteristik baling-baling yang terwujud dalam open water diagram maka hubungan antara kecepatan kapal dengan tahanan kapal harus diimplementasikan dalam suatu persamaan.

Pada tugas akhir ini untuk menganalisa karakteristik baling-baling diperlukan adanya asumsi dan idealisasi guna mencari persamaan hubungan antara kecepatan kapal dengan tahanan kapal. (Prastowo, H. Materi kuliah Permesinan Kapal II, 1991). Asumsi dan idealisasi tersebut antara lain :

- Tahanan adalah proporsional terhadap kuadrat kecepatan dan harga koefisien tahanan gesek C_f , densitas air laut ρ dan luasan permukaan basah kapal S adalah konstan, sehingga dapat ditulis dalam bentuk persamaan menjadi :

$$R = k \cdot V_s^2 \quad (3.1)$$

- Wake fraction w dan koefisien gaya dorong t adalah konstan pada semua range kecepatan kapal.

Dari kurva hubungan antara kecepatan dengan tahanan kapal didapat persamaan sebagai berikut :

$$R = (0,135815 V_s^5 - 16,13322 V_s^4 + 751,6635 V_s^3 - 175059,3 V_s^2 + 186152,9 V_s - 743476) \times 4,448 \text{ (N)} \quad (3.2)$$

$$\text{karena : } R/4,448 = T (1-t) \quad (3.3)$$

maka persamaan tersebut menjadi :

$$T = (0,135815 V_s^5 - 16,13322 V_s^4 + 751,6635 V_s^3 - 175059,3 V_s^2 + 186152,9 V_s - 743476) / 4,448(1-t) \tag{3.4}$$

Karena $T = K_T \cdot \rho \cdot n^2 D^4$

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

$$K_T \cdot \rho \cdot n^2 D^4 = (0,135815 V_s^5 - 16,13322 V_s^4 + 751,6635 V_s^3 - 175059,3 V_s^2 + 186152,9 V_s - 743476) / 4,448 (1-t) \tag{3.5}$$

$$K_T = (0,135815 V_s^5 - 16,13322 V_s^4 + 751,6635 V_s^3 - 175059,3 V_s^2 + 186152,9 V_s - 743476) / 4,448(1-t) (\rho \cdot n^2 D^4) \tag{3.6}$$

$$K_T = \frac{0,135815 \left(\frac{V_d}{1-w}\right)^5 - 16,13322 \left(\frac{V_d}{1-w}\right)^4 + 751,6635 \left(\frac{V_d}{1-w}\right)^3 - 175059,3 \left(\frac{V_d}{1-w}\right)^2 + 186152,9 \left(\frac{V_d}{1-w}\right) - 743476}{4,448(1-t)\rho n^2 D^4} \tag{3.7}$$

Dengan mengasumsikan bahwa D, adalah konstan dan maka persamaan (3.7)

akan menjadi:

$$K_T = \left[\frac{0,135815 \cdot V_d^5}{4,448(1-w)^5(1-t)\rho D^4} - \frac{16,13322 \cdot V_d^4}{4,448(1-w)^4(1-t)\rho D^4} + \frac{751,6635 \cdot V_d^3}{4,448(1-w)^3(1-t)\rho D^4} - \frac{17059,3}{4,448(1-w)^2(1-t)\rho D^4} + \frac{186152,9}{4,448(1-w)(1-t)\rho D^4} - \frac{743476}{4,448(1-t)\rho D^4} \right] J^2 \tag{3.8}$$

D = diameter baling-baling = 1.18 m

Setelah semua angka-angka dimasukkan kedalam persamaan (3.8) maka akan didapat persamaan : $c = 0,11$. Sehingga bentuk tahanan dalam K_T adalah :

$$K_T = 0,11 \cdot J^2$$

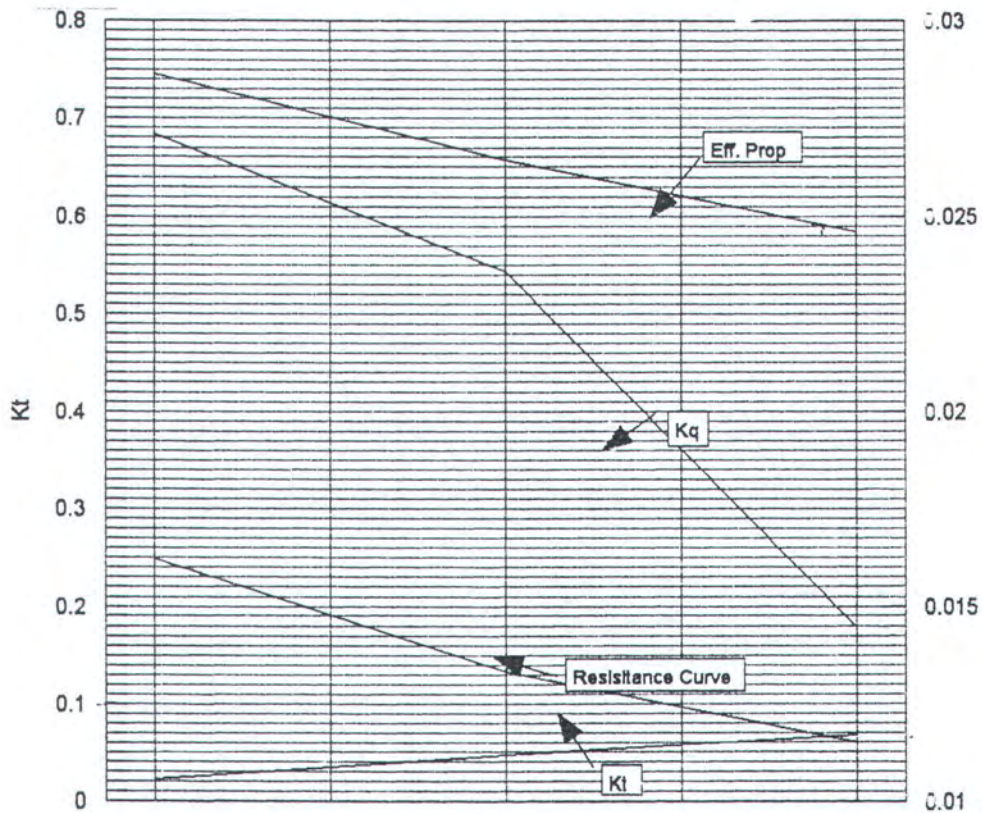
Berdasarkan persamaan (3.8) setelah tahanan diimplementasikan dalam bentuk fungsi kuadrat antara K dan J , maka untuk selanjutnya adalah memplot fungsi tersebut ke dalam open water diagram untuk kemudian didapatkan satu titik pertemuan

antara kurva tahanan dan kurva K dari baling-baling. Perpotongan tersebut adalah titik operasi baling-baling yang apabila ditarik garis ke bawah akan menunjukkan titik operasi dari J dan apabila ditarik garis ke atas akan menunjukkan titik operasi dari K dan . Hasil pengeplotan tersebut dapat dilihat pada tabel 3.3.3.

AdvanceRatio J	(AdvanceRatio) ² J ²	Konstanta C	Tahanan Kapal K _T = C.J ²
0,510	0,2601	0,11	0,0286
0,728	0,53	0,11	0,0584
0,874	0,764	0,11	0,0841

Tabel 3.3.3. Hasil pengeplotan tahanan kapal ke dalam K

Jika hasil pada tabel 3.3.3 diwujudkan dalam bentuk kurva dan diplotkan pada gambar 3.3.1 akan tampak seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.3.4. Kurva pengeplotan tahanan kapal pada diagram baling-baling pada open water test

Berdasarkan pembacaan gambar maka besarnya harga-harga koefisien-koefisien adalah sebagai berikut :

$$\text{Koefisien gaya dorong } K_T = 0,065$$

$$\text{Koefisien torsi } K_Q = 0,015$$

$$\text{Efisiensi baling baling } \eta_0 = 0,6$$

Besarnya torsi baling-baling dihitung berdasarkan persamaan :

$$Q = K_Q \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^5 \quad (3.9)$$

dan

$$P = K_Q \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D^5 \quad (3.10)$$

Karena torsi mempunyai satuan kg.m/s^2 dan daya mempunyai satuan kilowatt atau horsepower, maka rpm harus dirubah ke dalam bentuk rps. Maka persamaan (3.9) dan (3.10) harus dirubah menjadi :

$$Q = K_Q \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^5 \cdot 2\pi / (3600 \cdot 1000) \quad (\text{kN}) \quad (3.11)$$

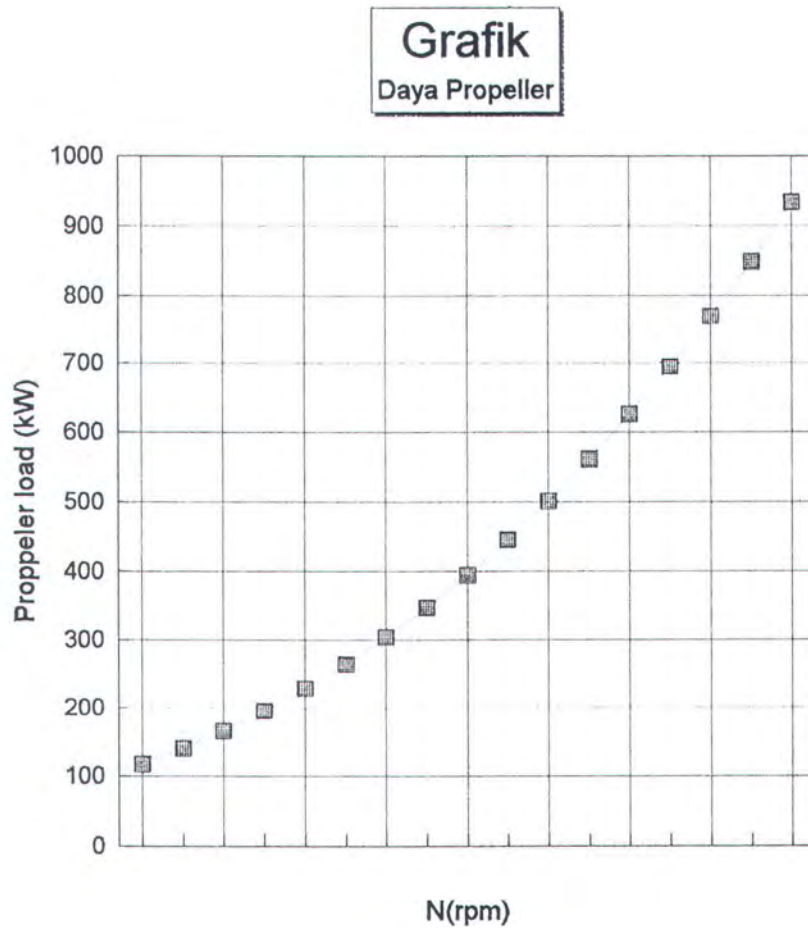
$$P = K_Q \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D^5 \cdot 2\pi / (21600 \cdot 1000) \quad (\text{kW}) \quad (3.12)$$

Pada pembahasan tugas akhir ini putaran baling-baling dibandingkan dengan putaran motor dan didapat gear ratio sebesar 2,314 Sedangkan putaran mesin berkisar antara 600 rpm sampai 2340 rpm. Karena torsi mempunyai satuan kg.m/second dan daya mempunyai satuan kilowatt atau horsepower, maka rpm harus dikonversikan menjadi radius/detik (rps). Apabila harga torsi baling-baling dan power baling-baling dibuat dalam bentuk tabel untuk putaran motor yang sudah disebutkan diatas maka akan tampak seperti pada tabel berikut.

N (rpm)	Q (kN)	P (kW)
600	22.86	18.41
700	31.11	29.24
800	40.63	43.64
900	51.42	62.14
1,000	63.49	85.24
1,100	76.82	113.45
1,200	91.42	147.28
1,300	107.29	187.26
1,400	124.43	233.89
1500	142.85	287.67
1,600	162.53	349.12
1,700	183.48	418.76
1,800	205.7	497.09
1,900	229.19	584.63
2,000	253.95	681.88
2,100	279.98	789.36
2,200	307.28	907.59
2,260	324.26	983.89
2,340	347.63	1,092.11

Tabel 3.3.4 Harga torsi dan power baling-baling

Karena satuan dari daya pada tabel diatas dalam kilowatt, maka harus dikonversi menjadi horsepower (hp) dimana 1 hp = 0.746 kilowatt. Apabila tabel 3.3.4 diplot kedalam bentuk kurva torsi dan daya baling-baling terhadap rpm maka akan tampak seperti gambar berikut .

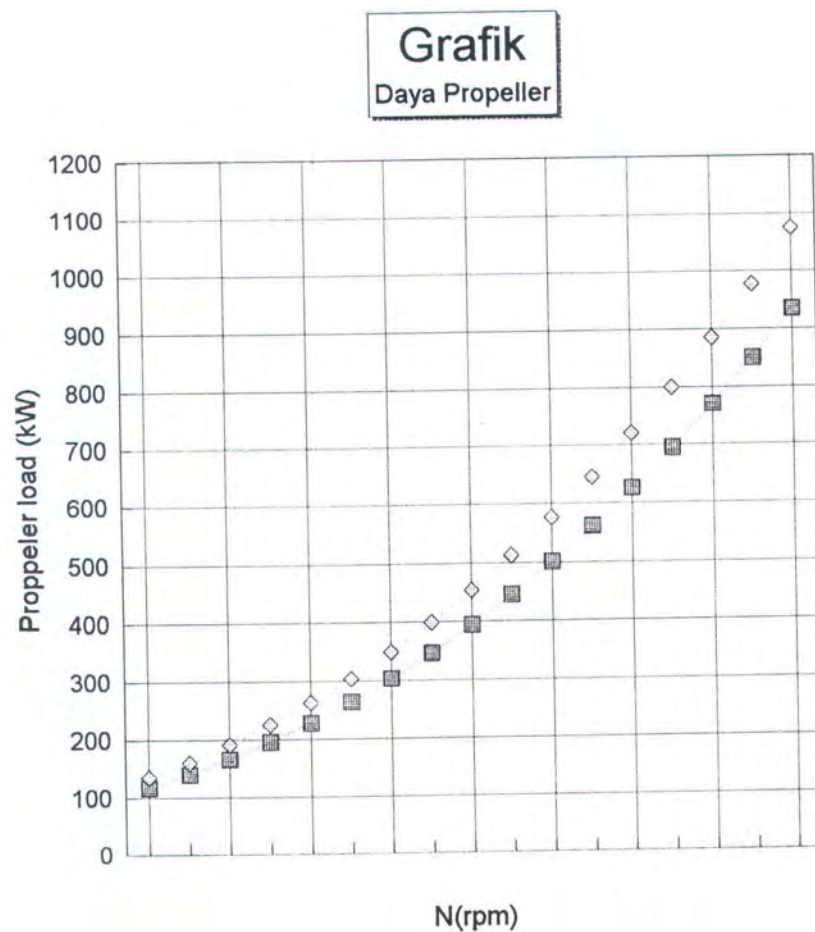


Gambar 3.3.5. Kurva daya terhadap rpm

Kurva daya baling-baling terhadap rpm diatas merupakan kondisi ideal, untuk menuju keadaan service condition maka harga daya-daya tersebut harus diberi extra allowance (sea margin). Berdasarkan Harvald, Sv. Aa : "Resistance and Propultion of Ships", untuk kapal yang berlayar dengan route Asia Timur harga Sea Margin adalah 15

sampai 20 persen. Pada pembahasan tugas akhir ini harga Sea Margin diambil 15 persen. Maka harga-harga daya menjadi seperti pada tabel 3.3.6 baris ke empat.

Apabila harga-harga daya tersebut sudah diberikan allowance sebesar 15% maka kurva daya tersebut akan bergeser ke kiri seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3.3.6 Kurva daya setelah diberi allowance



BAB 4

ANALISA MASALAH

Duta Jasa

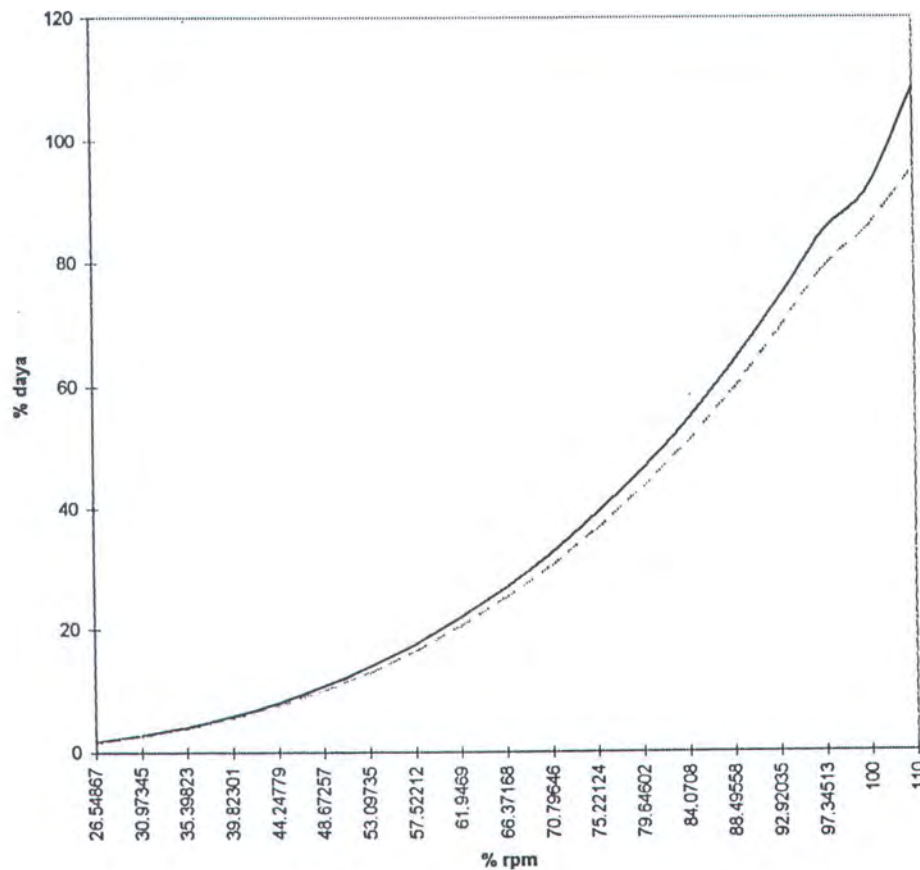


BAB 4

ANALISA MASALAH

Dari hasil perhitungan pada bab sebelumnya kita telah mendapatkan angka-angka yang mewakili unjuk kerja dari baling-baling pengganti. Selanjutnya angka-angka tersebut akan diperbandingkan dengan angka-angka yang terjadi pada baling-baling yang sudah terpasang. Seperti yang sudah kita ketahui bahwa dengan menggunakan baling-baling yang sudah terpasang (daun tiga) pada 100% putaran mesin dicapai kecepatan 29 knot, sedangkan kecepatan maksimum yang dapat dicapai adalah 30 knot pada 110 % putaran mesin. Dengan menggunakan baling-baling yang sedang dianalisa (pengganti) kecepatan maksimum kapal dapat mencapai 32 knot. Sedangkan pada 100 % putaran mesin dapat dicapai kecepatan sebesar 30 knot. Hal ini berarti terjadi kenaikan kecepatan sebesar 2 knot.

Ditinjau dari penggunaan daya motor akibat dari penambahan kecepatan tersebut mengakibatkan daya yang dibutuhkan memutar baling-baling juga bertambah besar. Besarnya kenaikan harga daya tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1. Perbandingan daya pada baling-baling terpasang dan baling-baling pengganti

Pada putaran rendah kenaikan daya relatif kecil. Pada 100 % putaran mesin terjadi kenaikan daya sebesar 6,53 % atau sekitar 71 kW. Hal ini terus meningkat sampai pada 110 % .

putaran mesin. Pada keadaan ini kenaikan daya yang terjadi adalah sebesar 14 % atau sekitar 78 kW. Akibat mesin dioperasikan pada daya yang lebih tinggi, maka ' life time ' motor lebih singkat begitu juga dengan Mean Time Between Overhaul akan lebih singkat jika dibandingkan dengan menggunakan baling-baling terpasang.

Pemakaian bahan bakar (Sfoc) pada 110 % putaran motor mengalami kenaikan sekitar 0,5g/kw.h, ini berarti bahwa untuk beroperasi satu jam terjadi kenaikan kebutuhan bahan bakar sekitar 39 gram.

Pada putaran baling-baling rendah (misalnya pada waktu manuvering atau kapal di pelabuhan mesin harus bekerja pada rpm rendah. Namun berdasarkan diagram karakteristik mesin yang ada maka pemakaian bahan bakarnya akan semakin tinggi.

Penambahan tahanan kapal akan mengakibatkan beban baling-baling akan bergeser ke atas. Ini mengakibatkan daya yang diberikan mesin berkurang pada torsi yang sama. Sehingga untuk mendapatkan daya yang sama dengan keadaan yang direncanakan maka mesin harus bekerja pada torsi yang lebih tinggi.

Dari hasil pengujian kavitasi, dapat diketahui bahwa dengan merubah-rubah beban baling-baling (J dianggap sebagai suatu ukuran untuk beban baling-baling) dan digantikan oleh koefisien gaya dorong K_T akan bervariasi pula jenis kavitasi yang terjadi. Semakin besar beban semakin besar pula kavitasi yang ditimbulkan. Pada pengujian kavitasi yang dilakukan kondisi pembebanan yang berbeda menghasilkan beberapa jenis keadaan kavitasi :

- Pada kecepatan 30 knot jenis kavitasi yang terjadi adalah :
 - tip vortex cavitation
 - sheet cavitation
 - Pressure side cavitation

- Pada Kecepatan 32 knot jenis kavitasi yang terjadi :
 - tip vortex cavitation yang terjadi sangat hebat
 - Meluasnya sheet cavitation
 - Mulai timbul bubble cavitation
 - Mulai terjadi kavitasi pada bagian bawah daun (Blade root)
 - Sedikit pressure side cavitation
 - Pada tahap ini mulai terjadi kavitasi pada bagian penyangga baling-baling.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Duta Jasa

BAB 5

KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Dengan menggunakan baling-baling yang baru terjadi kenaikan kecepatan sebesar 2 knot pada 110% putaran mesin.
- Dengan menggunakan baling-baling yang baru terjadi kenaikan pemakaian bahan bakar sebesar 39 gram setiap satu jam pada putaran mesin 2340.
- Baling-baling pengganti layak dipasang pada unit kapal FPB 28.

SARAN

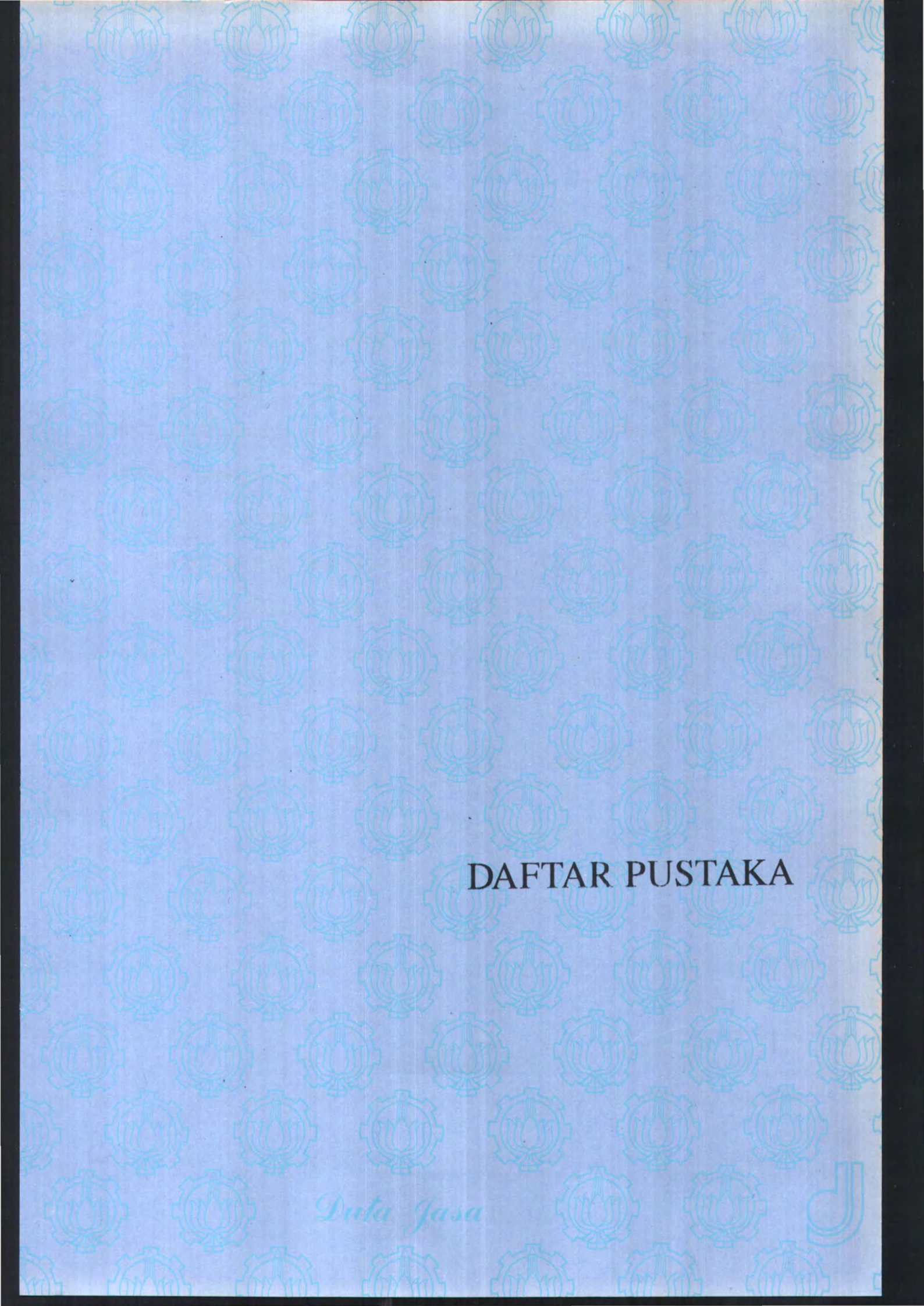
- Sehubungan dengan permasalahan pada karya tulis ini perlu dipertimbangkan masalah kavitasi yang terjadi pada baling-baling pengganti. Karena terdapat beberapa jenis kavitasi yang masing-masing memiliki karakteristik yang khas untuk setiap baling-baling.
- Untuk mengantisipasi terjadinya kavitasi pada baling-baling pengganti bisa dilakukan pencegahan dengan menggunakan bahan yang tahan terhadap kavitasi
- Sehubungan dengan terjadinya kenaikan pemakaian bahan bakar, maka dengan menggunakan baling-baling pengganti perlu dipertimbangkan kapasitas dari tangki bahan bakar.

PENUTUP

Kiranya tiada kebanggaan yang tak terkira, tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan semoga bisa bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya. Penulis telah berusaha dengan seluruh tenaga dan pikiran untuk menyelesaikan akhir ini. Namun demikian masih ada kekurangan-kekurangan. Untuk itu penulis akan berterima kasih bila ada pihak yang mau memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir.

Akhirnya sekali lagi penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT akan membalas budi baik dengan imbalan yang setimpal.
AMIEN !



DAFTAR PUSTAKA

Data Jasa

J

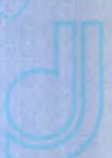
DAFTAR PUSTAKA

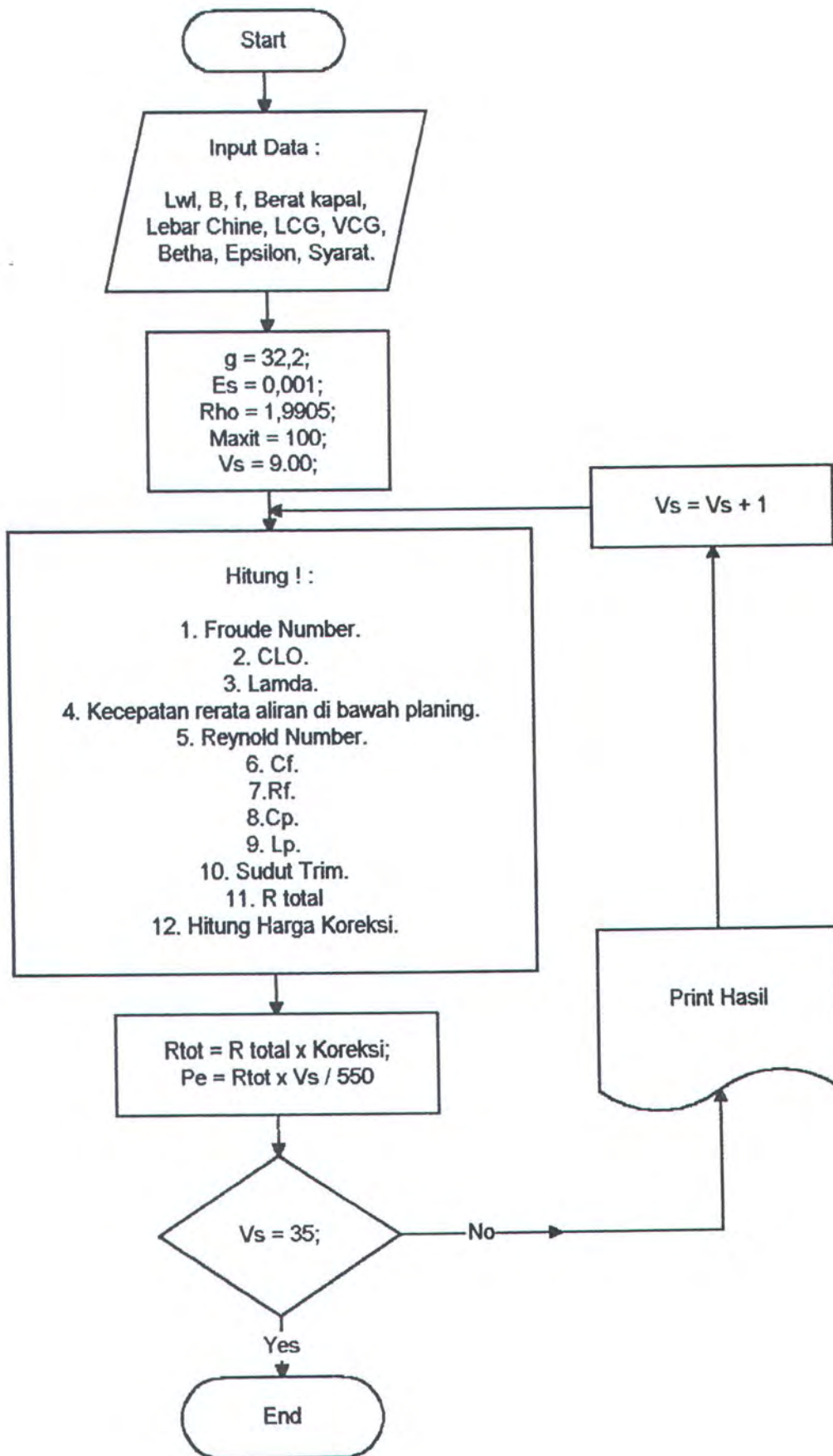
1. Savitsky, D., "Hydrodynamic Design of Planing Hulls", (Marine Technology), Vol.1 No.1, Oct. 1964.
2. Lewis, E.V., Principle of Naval Architecture Vol II, Resistance, Propulsion and Vibration, SNAME Publ., 1988.
3. Sv. Aa. Harvald, Resistance and Propulsion of Ship Department of Ocean Engineering, The Technical University of Denmark, Lyngby.
4. T. P. O' Brien CGIA, Amrina, The Design of Marine Screw Propellers.
5. Woud, J. Klein, Prof Ir, Matching Ship Propeller, and Prime Mover, Delft University of Technology.
6. Harrington, L. Roy, Marine Engineering, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 601 Pavonia Avenue, Jersey City, N.J. 07306.
7. Prastowo, Hari Ir. MSc, Materi Kuliah Permesinan Kapal II.
8. Bhattacharyya, r., Dynamic of Marine Vehicles, John Wiley and Sons, New York, 1978.
9. Thiel, "Hydrodynamics of a Planing Craft", Guest Lecture Notes, FTK -ITS, 1987.
10. W, Maharjo Ir., S, Teguh, MSE, Diktat kuliah Propulsi Kapal.
11. Dctor, L.J., "Hydrodynamics of High - Speed Small Craft", The Department of Naval Architecture and Marine Engineering, The University of Michigan Report No.292, Jan. 1985



LAMPIRAN

Duta Jasa





Options: xtype,list,extensions,warnings,terminal,check

```

C234567
C$NOWARN
C$NOEXT
C *****
C          PROGRAM MENGHITUNG TAHANAN PLANNING HULL
C          DENGAN METODE SAVITSKY
C *****
1  DIMENSION CL(100),AL(100),R(15),TAU(15),VAR23(15),CFA(100)
2  DIMENSION VAR24(15)
3  CHARACTER *12 FNAME
  C*****TAMPILAN LAYAR
4  WRITE(*,*) CHAR(27),'[30;46m'
5  WRITE(*,*) CHAR(27),'[2J'
6  WRITE(*,*) ' Program Menghitung Tahanan Kapal Cepat '
7  PAUSE
8  WRITE(*,*) CHAR(27),'[2J'
  C***** MEMASUKKAN DATA INPUT*****
9 1  FORMAT(5X,'DATA-DATA YANG DIBERIKAN')
10  WRITE(*,2)
11 2  FORMAT((\),3X,'LWL (m) = ')
12  READ(*,*)ALWL
13  ALWL=ALWL*3.2808
14  WRITE(*,3)
15 3  FORMAT((\),3X,'LEBAR KAPAL (m) = ')
16  READ(*,*)Bx
17  Bx=Bx*3.2808
18  WRITE(*,4)
19 4  FORMAT((\),3X,'f (m) = ')
20  READ(*,*)F
21  F=F*3.2808
22  WRITE (*,5)
23 5  FORMAT((\),3X,'BERAT KAPAL (ton) = ')
24  READ(*,*)DELTA
25  DELTA =DELTA*2204.6244
26  WRITE(*,6)
27 6  FORMAT((\),3X,'LEBAR CHINE (m) = ')
28  READ(*,*)WIDTH
29  WIDTH=WIDTH*3.2808
30  WRITE(*,7)
31 7  FORMAT((\),3X,'LCG (m) = ')
32  READ(*,*)ALCG

```

```

33   ALCG=ALCG*3.2808
34   WRITE(*,8)
35 8   FORMAT((\),3X,'VCG (m) = ')
36   READ(*,*)VCG
37   VCG=VCG*3.2808
38   WRITE(*,9)
39 9   FORMAT((\),3X,'BETA (derajat) = ')
40   READ(*,*)BETA
41   WRITE(*,10)
42 10  FORMAT((\),3X,'EPSILON (derajat) = ')
43   READ(*,*)EPS
44   WRITE(*,*) CHAR(27),'[2J'
45   WRITE(*,*) CHAR(27),'[5m'
46   WRITE(*,11)
47 11  FORMAT(9(/),32X,'Wait ....')
48   WRITE(*,13)
49 13  FORMAT(3X,'Fn',6X,'R',10X,'EHP',9X,'Cf',7X,'Vknot',7X'LAMDA')
50   WRITE(*,*)
51   FN=2
52   g = 32.2
53   Es=0.001
54   MAXIT=100
55   RHO=1.9905
56   AMU=.9996E-5
57   VOLUME=DELTA/(RHO*G)
58   write(1,12)ALCG,BETA
59 12  FORMAT(7X,'LCG= ',F5.2,4X,'BETA= ',F4.1/)
c    WRITE(1,13)
c13  FORMAT(3X,'Fn',5X,'Te',8X,'Tahanan',5X,'Porpoising',4X,'Power')

```

C-----

```

C    FROUDE NUMBER
60   Vknot = 9.000
61 20  Vknot = Vknot + 1
62   V = Vknot*1.6876
63   Fn=V/(SQRT(G*VOLUME**.333333))
C    MODIFIED FROUDE NUMBER
64   Cv=V/SQRT(G*WIDTH)
C    LIFT COEFFICIENT
65   CIB=DELTA/(0.5*RHO*V**2*WIDTH**2)
C    ANGLE OF ATTACK (2 <= T <= 15 derajat )
66   DO 30 I=1,14
67   TAU(I)=I+1
68 30  CONTINUE
69   DO 40 I=1,14

```

```

C** LANGKAH 1
70 T=TAU(I)**1.1
C** LANGKAH 2 :MENGHITUNG CLO DENGAN ITERASI
71 ITER=1
72 CL(1)=.001
73 Ea=1.1*Es
74 WHILE(Ea.GT.Es.AND.ITER.LT.MAXIT)
75     ITER=ITER+1
76     CL(ITER)=CIB+.0065*BETA*CL(ITER-1)**.6
77     IF(CL(ITER).NE.0)THEN
78         Ea=ABS((CL(ITER)-CL(ITER-1))/CL(ITER))
79     ELSE
80     ENDIF
81 ENDWHILE
82 CLO=CL(ITER)
C** LANGKAH 3
83 VAR1 = CLO/T
C** LANGKAH 4 :MENGHITUNG LAMBDA DENGAN ITERASI
84 ITER=1
85 AL(1)=3.
86 Ea=1.1*Es
87 WHILE(Ea.GT.Es.AND.ITER.LT.MAXIT)
88     ITER=ITER+1
89     AL(ITER)=VAR1/((.012*AL(ITER-1)**(-.5)+.0055*AL(ITER-1)
+         **1.5/Cv**2)
90     IF(AL(ITER).NE.0) THEN
91         Ea=ABS((AL(ITER)-AL(ITER-1))/AL(ITER))
92     ELSE
93     ENDIF
94 ENDWHILE
95 ALAMB=AL(ITER)
C** LANGKAH 5
96 VAR5=(1-(0.012*ALAMB**.5*T-0.0065*BETA*(0.012*ALAMB**.5*T)
+ **0.60)/(ALAMB*COS(.01745*TAU(I))))
97 IF(VAR5.LE.0) GOTO 15
98 V1=V*SQRT(VAR5)
C** LANGKAH 6 : MENGHITUNG BILANGAN REYNOLD
99 Rn=V1*ALAMB*WIDTH/AMU
C** LANGKAH 7 : MENGHITUNG FRICTION COEFFICIENT (Cf ATTC)
C DENGAN ITERASI
100 ITER=1
101 CFA(1)=.001
102 Ea=1.1*Es
103 WHILE(Ea.GT.Es.AND.ITER.LT.MAXIT)
104     ITER=ITER+1

```

```

105     CFA(ITER)=(.242/(ALOG10(Rn)+ALOG10(CFA(ITER-1))))**2
106     IF(CFA(ITER).NE.0) THEN
107         Ea=ABS((CFA(ITER)-CFA(ITER-1))/CFA(ITER))
108     ELSE
109         ENDIF
110     ENDWHILE
111     CfATTC=CFA(ITER)
112     C** LANGKAH 8
112     DELTACf=0.0004
113     C** LANGKAH 9
113     Cf=CfATTC+DELTACf
114     C** LANGKAH 10
114     Rf=Cf*.5*RHO*V1**2*ALAMB*WIDTH**2/COS(BETA*.01745)
115     C** LANGKAH 11 : MENGHITUNG TAHANAN
115     R(I)=DELTA*TAN(.01745*TAU(I))+Rf/COS(.01745*TAU(I))
116     C** LANGKAH 12 : MENGHITUNG Cp
116     Cp=0.75-1/(5.21*Cv**2/ALAMB**2+2.39)
117     C** LANGKAH 13 : MENGHITUNG Lp
117     ALp=Cp*ALAMB*WIDTH
118     C** LANGKAH 14 : MENGHITUNG C
118     C=ALCG-ALp
119     C** LANGKAH 15 :MENGHITUNG A
119     A=-WIDTH*TAN(.01745*BETA)/4+VCG
120     C** LANGKAH 16
120     VAR16=1-SIN(.01745*TAU(I))*SIN(.01745*(TAU(I)+EPS))
121     C** LANGKAH 17
121     VAR17=DELTA*(VAR16*C/COS(.01745*TAU(I))-F*SIN(.01745*TAU(I)))
122     C** LANGKAH 18
122     VAR23(I)=VAR17+Rf*(A-f)
123     VAR24(I)=VAR23(I)/ABS(VAR23(I))
124 40  CONTINUE
125     DO 50 J=1,13
126     IF(VAR24(J).LE.0.AND.VAR24(J+1).GT.0) THEN
127         tink = TAU(J+1)-TAU(J)
128         Te=TAU(J)+(ABS(VAR23(J))/(ABS(VAR23(J))+VAR23(J+1)))*tink
129         C** LANGKAH 19 : MENGHITUNG R
129         Re=R(J)-(R(J)-R(J+1))*(Te-TAU(J))/(TAU(J+1)-TAU(J))
130     GOTO 60
131     ENDIF
132 50  CONTINUE
133     GOTO 70
134     C** LANGKAH 18 : MENGHITUNG KOREKSI R
134 60  AK = 3*(ALCG/WIDTH)*2.718281828**(-3*(Fn-0.85))
135     AM=.98+2*((ALCG/WIDTH)**1.45)*(2.72**(-2*(Fn-0.85)))-AK
136     C** LANGKAH 19 : MENGHITUNG R KOREKSI

```

```
136   Rkoreksi=Re*AM
      C   MENGHITUNG TENAGA EFEKTIF
137   POWER=Rkoreksi*v/550
      c   MENGHITUNG PORPOISING STABILILITY
138   PS=SQRT(CLB/2)
139   WRITE(*,14)FN,Rkoreksi,Power,Cf,Vknot,ALAMB
140 14  FORMAT(2X,F3.1,2X,F9.3,2X,F9.3,2X,F8.3,2X,F8.3,2X,F8.3)
141 70  IF(Vknot.GE.35.00) GOTO 80
142   PAUSE
143   GOTO 20
144 15  WRITE(*,*) CHAR(27),'[0M'
145   WRITE(*,*) CHAR(27),'[2J'
146 80  END
```

0.9	25009.300	844.114	0.003	11.000	1.377
1.0	31381.110	1155.464	0.003	12.000	2.184
1.1	33997.350	1356.111	0.003	13.000	2.178
1.2	33066.630	1420.446	0.003	14.000	2.129
1.3	31444.290	1447.238	0.003	15.000	2.074
1.3	29437.810	1445.214	0.003	16.000	2.017
1.4	27297.380	1423.891	0.003	17.000	1.955
1.5	25305.610	1397.642	0.003	18.000	1.888
1.6	23356.460	1361.656	0.003	19.000	1.817
1.7	21748.740	1334.661	0.003	20.000	1.742
1.8	20185.160	1300.643	0.003	21.000	1.662
1.9	19012.630	1283.429	0.003	22.000	1.580
1.9	19012.630	1283.429	0.003	22.000	1.580
1.9	18272.040	1289.501	0.003	23.000	1.494
2.0	16944.250	1247.787	0.003	24.000	1.406
2.1	16071.990	1232.867	0.003	25.000	1.316
2.2	15841.620	1263.804	0.003	26.000	1.225
2.3	15682.800	1299.254	0.003	27.000	1.134
2.4	15530.290	1334.272	0.003	28.000	1.046
2.4	15290.430	1360.581	0.003	29.000	0.961
2.5	14772.390	1359.812	0.003	30.000	0.879
2.6	14671.390	1395.532	0.003	31.000	0.802
2.7	14831.850	1456.305	0.003	32.000	0.730
2.8	15015.720	1520.432	0.003	33.000	0.665

PERSAMAAN POLINOMIAL DERAJAT 5 ($y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5$)

jumlah data : n = 23

xi	yi	xi ²	xi ³	xi ⁴	xi ⁵	xi ⁶	xi ⁷	xi ⁸	xi ⁹	xi ¹⁰	xi.yi	xi ² .yi
10	16189.79	100	1000	10000	100000	1000000	10000000	1E+08	1E+09	1E+10	161897.9	1618979
11	25377.99	121	1331	14641	161051	1771561	19487171	2.14E+08	2.36E+09	2.59E+10	279157.9	3070737
12	32180.02	144	1728	20736	248832	2985984	35831808	4.3E+08	5.16E+09	6.19E+10	386160.2	4633923
13	35796.52	169	2197	28561	371293	4826809	62748517	8.16E+08	1.06E+10	1.38E+11	465354.8	6049612
14	34956.75	196	2744	38416	537824	7529536	1.05E+08	1.48E+09	2.07E+10	2.89E+11	489394.5	6851523
15	33275.99	225	3375	50625	759375	11390625	1.71E+08	2.56E+09	3.84E+10	5.77E+11	499139.9	7487098
16	31054.26	256	4096	65536	1048576	16777216	2.68E+08	4.29E+09	6.87E+10	1.1E+12	496868.2	7949891
17	28874.56	289	4913	83521	1419857	24137569	4.1E+08	6.98E+09	1.19E+11	2.02E+12	490867.5	8344748
18	26645	324	5832	104976	1889568	34012224	6.12E+08	1.1E+10	1.98E+11	3.57E+12	479610	8632980
19	24662.98	361	6859	130321	2476099	47045881	8.94E+08	1.7E+10	3.23E+11	6.13E+12	468596.6	8903336
20	22847.33	400	8000	160000	3200000	64000000	1.28E+09	2.56E+10	5.12E+11	1.02E+13	456946.6	9138932
21	21224.43	441	9261	194481	4084101	85766121	1.8E+09	3.78E+10	7.94E+11	1.67E+13	445713	9359974
22	19787.14	484	10648	234256	5153632	1.13E+08	2.49E+09	5.49E+10	1.21E+12	2.66E+13	435317.1	9576976
23	19039.62	529	12167	279841	6436343	1.48E+08	3.4E+09	7.83E+10	1.8E+12	4.14E+13	437911.3	10071959
24	18068.93	576	13824	331776	7962624	1.91E+08	4.59E+09	1.1E+11	2.64E+12	6.34E+13	433654.3	10407704
25	16636.89	625	15625	390625	9765625	2.44E+08	6.1E+09	1.53E+11	3.81E+12	9.54E+13	415922.3	10398056
26	16291.83	676	17576	456976	11881376	3.09E+08	8.03E+09	2.09E+11	5.43E+12	1.41E+14	423587.6	11013277
27	16127.64	729	19683	531441	14348907	3.87E+08	1.05E+10	2.82E+11	7.63E+12	2.06E+14	435446.3	11757050
28	15984.37	784	21952	614656	17210368	4.82E+08	1.35E+10	3.78E+11	1.06E+13	2.96E+14	447562.4	12531746
29	15817.11	841	24389	707281	20511149	5.95E+08	1.72E+10	5E+11	1.45E+13	4.21E+14	458696.2	13302190
30	15456.83	900	27000	810000	24300000	7.29E+08	2.19E+10	6.56E+11	1.97E+13	5.9E+14	463704.9	13911147
31	15171.28	961	29791	923521	28629151	8.88E+08	2.75E+10	8.53E+11	2.64E+13	8.2E+14	470309.7	14579600
32	15282.87	1024	32768	1048576	33554432	1.07E+09	3.44E+10	1.1E+12	3.52E+13	1.13E+15	489051.8	15649659
483	516750.1	11155	276759	7230763	1.96E+08	5.46E+09	1.55E+11	4.48E+12	1.31E+14	3.87E+15	10030871	2.15E+08

jumlah data : n = 23

$xi^3 \cdot yi$	$xi^4 \cdot yi$	$xi^5 \cdot yi$	$(yi - y)^2$	$(yi - a - bx - cx^2 - dx^3)^2$
16189790	1.62E+08	1.62E+09	39408349	22751.99401
33778105	3.72E+08	4.09E+09	6.44E+08	620042.5734
55607075	6.67E+08	8.01E+09	1.04E+09	50261.66972
78644954	1.02E+09	1.33E+10	1.28E+09	1560958.833
95921322	1.34E+09	1.88E+10	1.22E+09	5195.57661
1.12E+08	1.68E+09	2.53E+10	1.11E+09	213852.3319
1.27E+08	2.04E+09	3.26E+10	9.64E+08	442410.6778
1.42E+08	2.41E+09	4.1E+10	8.34E+08	177460.8423
1.55E+08	2.8E+09	5.03E+10	7.1E+08	27064.33293
1.69E+08	3.21E+09	6.11E+10	6.08E+08	29180.56938
1.83E+08	3.66E+09	7.31E+10	5.22E+08	133757.2802
1.97E+08	4.13E+09	8.67E+10	4.5E+08	149207.2601
2.11E+08	4.64E+09	1.02E+11	3.92E+08	51188.5386
2.32E+08	5.33E+09	1.23E+11	3.63E+08	189822.8036
2.5E+08	5.99E+09	1.44E+11	3.26E+08	31033.52
2.6E+08	6.5E+09	1.62E+11	2.77E+08	495106.4267
2.86E+08	7.44E+09	1.94E+11	2.65E+08	327728.6676
3.17E+08	8.57E+09	2.31E+11	2.6E+08	74965.46383
3.51E+08	9.82E+09	2.75E+11	1.09E+09	3429.291931
3.86E+08	1.12E+10	3.24E+11	2.9E+10	124580.2815
4.17E+08	1.25E+10	3.76E+11	5.76E+11	118677.8921
4.52E+08	1.4E+10	4.34E+11	2.3E+08	14306.21556
5.01E+08	1.6E+10	5.13E+11	5.76E+11	79719.51939
5.03E+09	1.26E+11	3.29E+12	1.19E+12	4942702.562

$$\begin{aligned}
 X_{\text{rata-rata}} &= 21 \\
 Y_{\text{rata-rata}} &= 22467.4
 \end{aligned}$$

matrik penyelesaian dengan eliminasi GAUSS

23	483	11155	276759	7230763	1.96E+08	=	516750.1
483	11155	276759	7230763	1.96E+08	5.46E+09	=	10030871
11155	276759	7230763	1.96E+08	5.46E+09	1.55E+11	=	2.15E+08
276759	7230763	1.96E+08	5.46E+09	1.55E+11	4.48E+12	=	5.03E+09
7230763	1.96E+08	5.46E+09	1.55E+11	4.48E+12	1.31E+14	=	1.26E+11
1.96E+08	5.46E+09	1.55E+11	4.48E+12	1.31E+14	3.87E+15	=	3.29E+12
23	483	11155	276759	7230763	1.96E+08	=	516750.1
	1012	42504	1418824	44204160	1.34E+09	=	-820882
	42504	1820588	61822068	1.95E+09	6.02E+10	=	-3.5E+07
	1418824	61822068	2.13E+09	6.82E+10	2.12E+12	=	-1.2E+09
	44204160	1.95E+09	6.82E+10	2.21E+12	6.94E+13	=	-3.7E+10
	1.34E+09	6.02E+10	2.12E+12	6.94E+13	2.2E+15	=	-1.1E+12
23	483	11155	276759	7230763	1.96E+08	=	516750.1
	1012	42504	1418824	44204160	1.34E+09	=	-820882
		35420	2231460	97703540	3.7E+09	=	-905678
		2231460	1.42E+08	6.25E+09	2.38E+11	=	-3.9E+07
		97703540	6.25E+09	2.78E+11	1.07E+13	=	-1.1E+09
		3.7E+09	2.38E+11	1.07E+13	4.11E+14	=	-2E+10
23	483	11155	276759	7230763	1.96E+08	=	516750.1
	1012	42504	1418824	44204160	1.34E+09	=	-820882
		35420	2231460	97703540	3.7E+09	=	-905678
			1184040	99459360	5.39E+09	=	17895502
			99459360	8.39E+09	4.57E+11	=	1.43E+09
			5.39E+09	4.57E+11	2.5E+13	=	7.41E+10
23	483	11155	276759	7230763	1.96E+08	=	516750.1
	1012	42504	1418824	44204160	1.34E+09	=	-820882
		35420	2231460	97703540	3.7E+09	=	-905678
			1184040	99459360	5.39E+09	=	17895502
				38565874	4.05E+09	=	-7.2E+07
				4.05E+09	4.26E+11	=	-7.4E+09

23	483	11155	276759	7230763	1.96E+08	=	516750.1
	1012	42504	1418824	44204160	1.34E+09	=	-820882
		35420	2231460	97703540	3.7E+09	=	-905678
			1184040	99459360	5.39E+09	=	17895502
				38565874	4.05E+09	=	-7.2E+07
					1.23E+09	=	1.67E+08

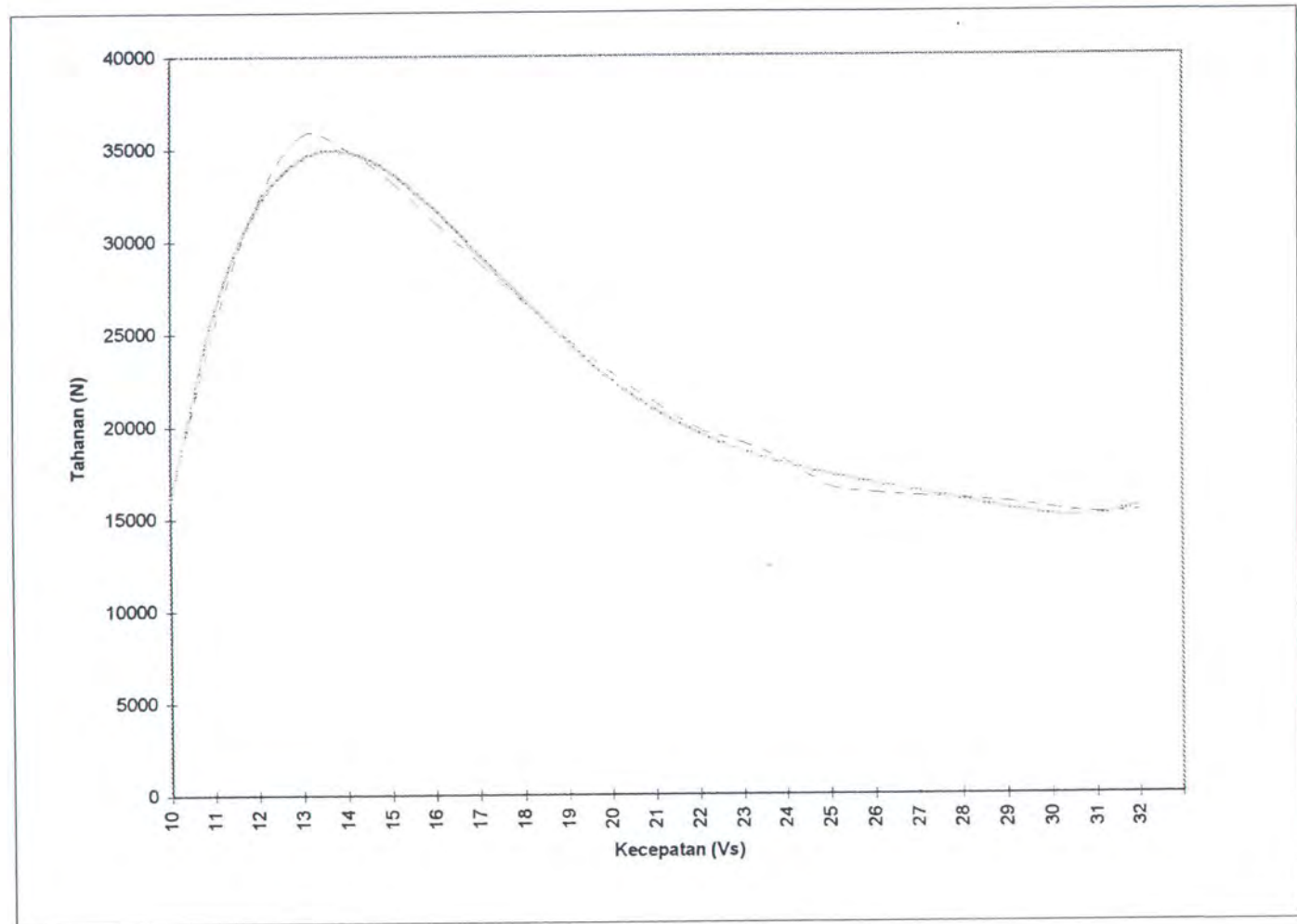
f = 0.135815
 e = -16.1332
 d = 751.6635
 c = -17059.3
 b = 186152.9
 a = -743476

Maka :

$$y = -743476 + 186152.9 x + -17059.3 x^2 + 751.6635 x^3 + -16.1332 x^4 + 0.135815 x^5$$

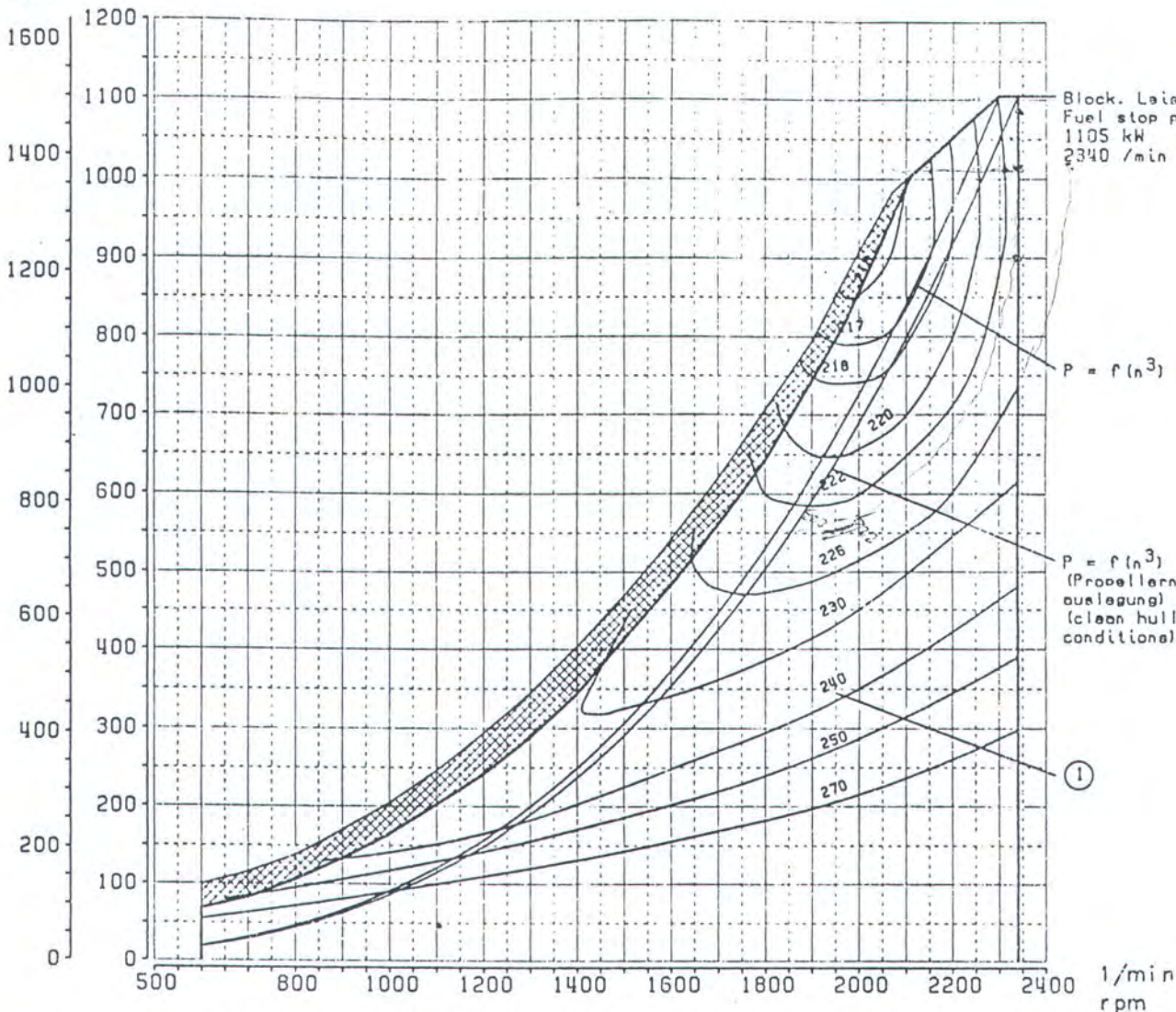
Akurasi : 99.99959 % Ok !

xi	yi	y
10	16189.79	16038.95
11	25377.99	26165.42
12	32180.02	31955.83
13	35796.52	34547.14
14	34956.75	34884.67
15	33275.99	33738.43
16	31054.26	31719.4
17	28874.56	29295.82
18	26645	26809.51
19	24662.98	24492.16
20	22847.33	22481.6
21	21224.43	20838.16
22	19787.14	19560.89
23	19039.62	18603.93
24	18068.93	17892.77
25	16636.89	17340.53
26	16291.83	16864.31
27	16127.64	16401.44
28	15984.37	15925.81
29	15817.11	15464.15
30	15456.83	15112.33
31	15171.28	15051.67
32	15282.87	15565.22



We reserve all rights to this technical drawing. Without our prior permission, no part of this drawing may be reproduced in any way whatsoever.

PS.mHP kW



Block. Leistung
 Fuel stop power
 1105 kW
 2340 /min

$P = f(n^3)$

$P = f(n^3)$
 (Propellerneu-
 anlage)
 (clean hull
 conditional)

①

1/min
rpm

Anwendungsgruppe

Hochgeschwindigkeitsyachten,
schnelle militaerische Schiffe

1DS

Application group

High-speed yachts,
fast military vessels

Bezugsdaten

Ansauglufttemperatur 40 °C
 Rohwassertemperatur <32 °C
 Luftdruck 1000 mbar
 Ansaugunterdruck 20 mbar
 Abgasueberdruck 30 mbar

Reference Conditions

Intake air temperature
 Raw water temperature
 Barometric pressure
 Intake depression
 Exhaust back pressure

Spezif. Kraftstoffverbrauch

Verbrauchangaben (g/kWh), Toleranz +5% entspr.
 DIN/ISO 3046. Kraftstoff nach DIN 51601/MIL-F 16884F
 mit einem unteren Heizwert von mind. 42800 kJ/kg.
 Incl. aller zum Motorbetrieb notwendigen Pumpen.

①

Specific fuel consumption

Fuel consumption (g/kWh), tolerance +5% per
 DIN/ISO 3046. Diesel fuel to DIN 51601/MIL-F 16884F
 with a min. L.H.V. of 42800 kJ/kg (18390 BTU/lb).
 All pumps necessary for engine operation included.

Begriffsbestimmungen

Leistungen sind Nutzleistungen entspr. DIN/ISO 3046
 Leistungsreserve fuer Beschleunigung

Definitions

Ratings are net brake power per DIN/ISO 3046
 Power reserve for acceleration

Zeit zwischen Grundueberholungen TBO 6000 h Time between overhauls

Zugehoeriges Standard-Lastprofil a) b) Associated standard load profile
 a) Last bezogen auf block. Leistung (%) 100 10 a) Load related to fuel stop power (%)
 b) Anteil an der Betriebszeit (%) 70 70 b) Operating time share (%)
 <10 20

Fuer diese technische Unterlage bestehen wir
 uns alle Rechte vor. Sie darf ohne unsere
 Zustimmung weder vervielfaeltigt, noch
 Dritten zuganglich gemacht, noch in anderer
 Weise missbrauehlich verwendet werden.

				MTU MOTOREN- UND TURBINEN-UNION FRIEDRICHSHAFEN GMBH		Benennung/ Title Leistungsdiagramm Performance Diagram	
				Datum/ Date 01.03.94		Name Gipsner	
Bearbeitet/ Drawn by Gipsner		Geprueft/Checked by 17.3.94 Gipsner		Zeichnungs-Nr./ Drawing No. 5530003799			
Abteilung/ Department VPS		Motor/typ/ Engine type 12V 331 TC92		Auftrag/ Projekt Nr. Order/ Project No. 5530003199			
Buchst. Rev.		Aenderung Modification		Bemerk./ Note			
Auftrags-Nr. Release No.		Datum Date		Urspr./ Origin			
Name Gipsner		Name Gipsner		Urspr./ Origin			



MTU Auftrags Nr. 771217
 MTU Order No.
 Motortyp 12V 331 TC92
 Type of engine
 Kunde MTU ASIA PTE. LTD.
 Customer

VERBRENNUNGSLUFT UND BELÜFTUNG COMBUSTION AND VENTILATION AIR:

Ansaugung der Verbrennungsluft aus dem Maschinenraum
 Combustion air is drawn from the engine room

P_M	Max. Motorleistung max. power of engine	1105 kW
t_1	Außenluft-Temperatur Ambient air temperature	30 °C
t_2	Maschinenraumtemperatur Engine room temperature	40 °C
t	Temperaturdifferenz $(t_2 - t_1)$ Temperature difference $(t_2 - t_1)$	10 °C
\dot{Q}_M	Vom Motor abgestrahlte Wärmemenge Radiated heat from engine	35 kW
\dot{V}_1	Zuluftmenge Total air flow	3.03 m ³ /s
\dot{V}_2	Kühlluftmenge Ventilation air flow	3.03 m ³ /s
\dot{V}_3	Motorverbrennungsluftmenge Engine combustion air flow	1.8 m ³ /s
\dot{V}_4	Abluftmenge Air extraction flow	1.23 m ³ /s

Alle Angaben beziehen sich auf 1 Motor und die Zeichnung
 MOTORLUFTSYSTEM #5-597 277 Version III
 All data refer to one engine and to the drawing
 ENGINE AIR REQUIREMENTS #5-597 277 Version III

Datum : 19.04.94

Technische Daten

Name : Gipser

Technical data

Abt. : VPS

Zchg.Nr./drwg.No.

VPS-GI-A771217

Blatt/Sheet 2 von/of 4



MTU Auftrags Nr.	771217
MTU Order No.	
Motortyp	12V 331 TC92
Type of engine	
Kunde	MTU ASIA PTE. LTD.
Customer	

ABGASSYSTEM EXHAUST SYSTEM:

P_M	Max. Motorleistung Max. power of engine	1105	kW
\dot{V}_A	Abgasvolumenstrom bei t_A , max. Exhaust volume flow at t_A , max.	4.4	m ³ /s
t_A	Abgastemperatur <u>nach</u> Turbolader Exhaust temperature <u>after</u> turbocharger	500	°C
p	Abgasgegendruck am Abgasturboladerausstritt Exhaust back pressure at turbocharger outlet	30	mbar
P_{max}	Abgasgegendruck am Abgasturboladerausstritt <u>nur kurzzeitig</u> zulässig, nicht für Aus- legung des Systems	50	mbar

Exhaust back pressure at turbocharger outlet,
only for short time, not permissible for
dimensioning of piping system

Die von MTU gelieferten Abgaskompensatoren dienen ausschließlich zum Ausgleich von geringen Anschlußabweichungen und Motorbewegungen während des Betriebes. Sie sind nicht zur Aufnahme von Längenausdehnungen der anschließenden Rohrleitungen vorgesehen; diese Längenausdehnungen sind durch geeignete Mittel (z.B. weitere Kompensatoren) auszugleichen. Daher sind die Abgasleitungen kurz nach dem am Motor angebauten Kompensator starr zu halten, um Kräfteeinwirkungen von den Abgasturboladern fernzuhalten.

The exhaust bellows supplied by MTU (engine mounted) are intended for compensation of slight connection deviations as well as for engine movements during operation. They are not intended for taking up the linear expansion of adjacent pipe lines; these linear expansions are to be compensated by suitable means (e.g. further bellows). For this reason the exhaust pipes fitted immediately after the engine-mounted bellows are to be supported rigidly to avoid stress transference to the exhaust turbochargers.

Datum : 19.04.94

Technische Daten

Name : Gipser

Technical data

Abt. : VPS

Zchg.Nr./drwg.No.

VPS-GI-A771217

Blatt/Sheet 3 von/of 4



MTU Auftrags Nr.	771217
MTU Order No.	
Motortyp	12V 331 TC92
Type of engine	
Kunde	MTU ASIA PTE. LTD.
Customer	

MOTORLEISTUNGEN ENGINE PERFORMANCES:

Bezugsdaten
Reference conditions

Ansauglufttemperatur	40 °C
Intake air temperature	
Rohwassertemperatur	≤ 32 °C
Raw water temperature	
Barometerstand	1000 mbar
Barometric pressure	

Leistung
Engine performance

Blockierte Leistung P_M	1105 kW	bei n = 2290 - 2340 1/min
Fuel Stop Power		at
Getriebeeingangsleistung P_M	1105 kW	bei n = 2290 - 2340 1/min
Gearbox input power		at
Getriebewirkungsgrad	97 %	
Gearbox efficiency		
Getriebeübersetzung i	2.917	
Gearbox reduction ratio		
Getriebeausgangsleistung und Drehzahl		
Gearbox output power and speed		
	P_0	1071 kW bei n = 785 bis 800 1/min
		at to

Datum : 19.04.94

Technische Daten

Name : Gipser

Technical data

Abt. : VPS

Zchg.Nr./drwg.No. VPS-GI-A771217

Blatt/Sheet 1 von/of 4

Non Cavitating Condition														
No. Expt	Thrust	Torque	nm(rps)	KT	KQ	Vam (m/s)	Dm	Jm	Ds	ns(rps)	Vas(m/s)	Vs(m/s)	Vs(knot)	Eff.Prop
1	512	11.5132	33.253	0.2487	0.0271	3.5	0.20644	0.510	1.18	13.90871	8.367816	8.786954	17.08029	0.7453
2	275	10.0177	33.2544	0.1336	0.0236	5	0.20644	0.728	1.18	13.90929	11.95402	12.55279	24.40041	0.6572
3	125	6.1504	33.2596	0.0607	0.0145	6	0.20644	0.874	1.18	13.91147	14.34483	16.50918	32.09093	0.5838
Cavitating Condition														
1	460	15.765	33.266	0.228866	0.037995	3.5	0.20644	0.509652	1.18	13.91414	8.367816	8.786954	0	0.488846
2	445	15.189	33.261	0.221470	0.036618	3.7	0.20644	0.538856	1.18	13.91205	8.845977	9.289065	0	0.518964
3	418	14.031	33.2684	0.207940	0.033811	4	0.20644	0.582417	1.18	13.91515	9.563218	11.00612	0	0.570369

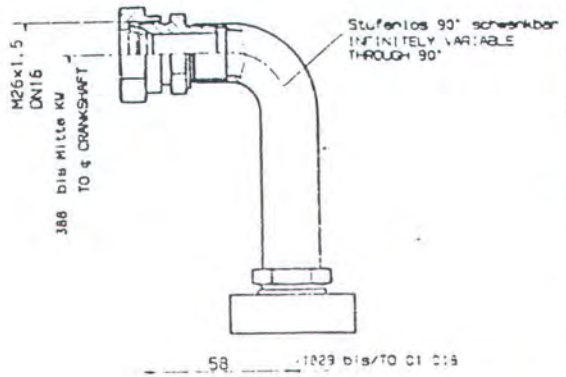
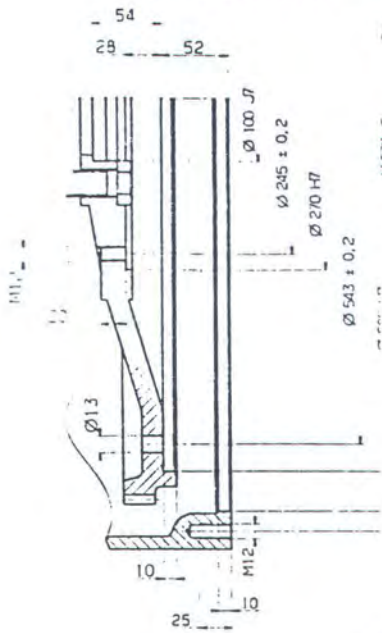
$$\begin{aligned}
 KT &= T/(\rho \cdot n^2 \cdot D^4) \\
 KQ &= Q/(\rho \cdot n^2 \cdot D^5) \\
 J &= Va/(n \cdot D) \\
 Va &= (1-w)Vs \quad \text{m/s} \\
 w &= 2Cb^5(1-Cb)+0.04 \\
 \text{Eff.Prop} &= KT \cdot J / (KQ \cdot 2^{3.14}) \\
 ns &= nm / (Ds/Dm)^{0.5} \quad \text{rps}
 \end{aligned}$$

03.018 M 1:2

M 1:2.5

09.003

Schnitt A-A
SECTION A-A

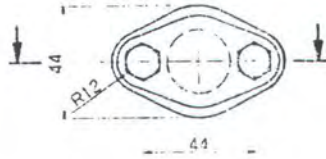
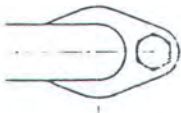
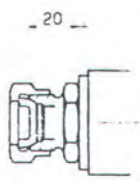


09.004

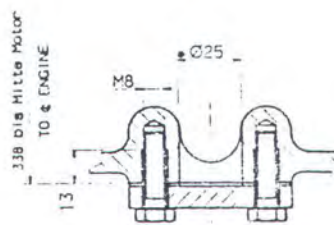
4

18.018

372 bis Mitte Motor TO & ENGINE
NUT 12x1.5



95 bis Mitte Motor TO & ENGINE



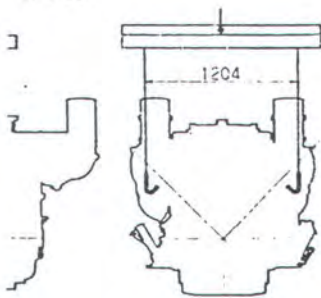
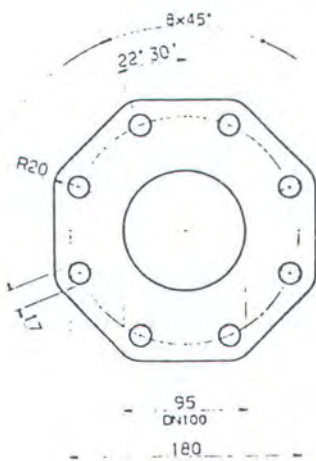
20.010, 20.014

M 1:2

23.015

Verbindung an Hebezeug
LIFTING SLINGS

M 1:20



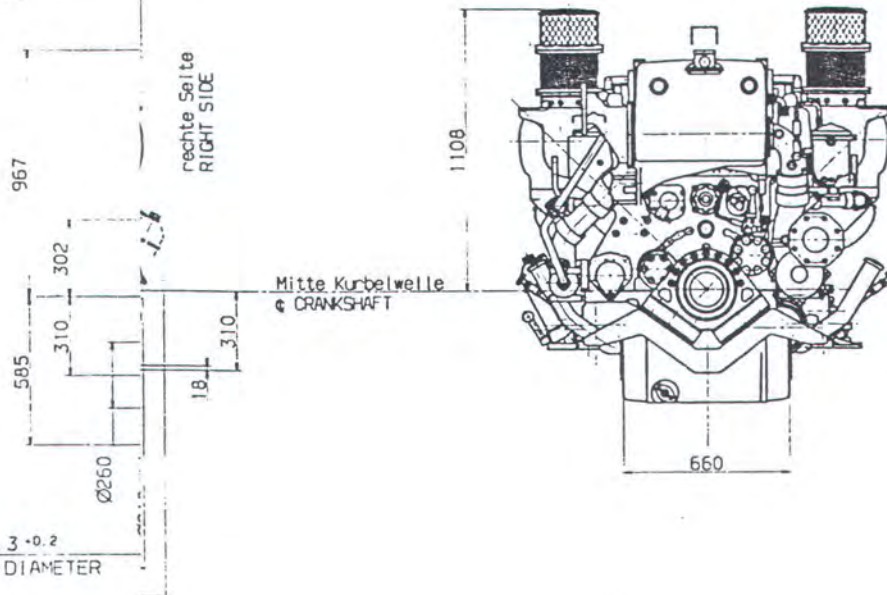
		Motor 12V 331 TC 92 ENGINE 12V 331 TC 92	
553 010 02 46		4	

Ansaugluftfilter
INTAKE AIR FILTER

Elastische Kupplung
PESTILENT COUPLING

Getriebe mit starrer Lagerung
GEARBOX WITH RIGID MOUNTING

Ansicht auf KGS
VIEW ON TIMING END



Gewichte / Füllmengen WEIGHTS / FILLING CAPACITIES										
Motor ENGINE		Kupplung COUPLING Vulkan		Getriebe GEARBOX		Schmieröl LUBE OIL		Wasser WATER		Gesamtgewicht TOTAL WEIGHT
Type	kg	Type	kg	Type	kg	Motor ENGINE kg	Getriebe GEARBOX kg	Motor ENGINE kg	Getriebe GEARBOX kg	kg
TC92	3697	EZR1232	94	BW196P	420	140	25	130	3	4509

⊙ = Schwerpunkt
CENTER OF GRAVITY

*1) Lage der Abdruckschrauben
LOCATION OF JACK SCREWS

Zulässige Schräglagen fuer Motor SAFE INCLINED POSITIONS FOR ENGINE	
1. Zulässige Betriebsneigung (absolut) in Längsrichtung ADMISSIBLE OPERATION INCLINATION IN LONGITUDINAL DIRECTION	
1.1 Betriebsneigung KGS unten, dauernd OPERATION INCLINATION, DRIVING END (KGS) DOWN PERMANENT	17°
1.2 Betriebsneigung KGS unten, dauernd OPERATION INCLINATION, FREE END (KGS) DOWN PERMANENT	12°
2. Betriebsneigung in Querrichtung, dauernd OPERATION INCLINATION, IN TRANSVERSE DIRECTION PERMANENT	14°

Zulässige Schräglagen fuer Getriebe SAFE INCLINED POSITIONS FOR GEARBOX	
1. Betriebsneigung in Längsrichtung, dauernd OPERATION INCLINATION IN LONGITUDINAL DIRECTION PERMANENT	±30°
2. Betriebsneigung in Querrichtung, dauernd OPERATION INCLINATION IN TRANSVERSE DIRECTION PERMANENT	±25°

Ausrichtvorschrift

Zwischen Getriebe und Propellerwelle
Versatz Propellerwelle zur Getriebeachse

Abstand von Getriebeabtriebsflansch zur Propellerwellenlager

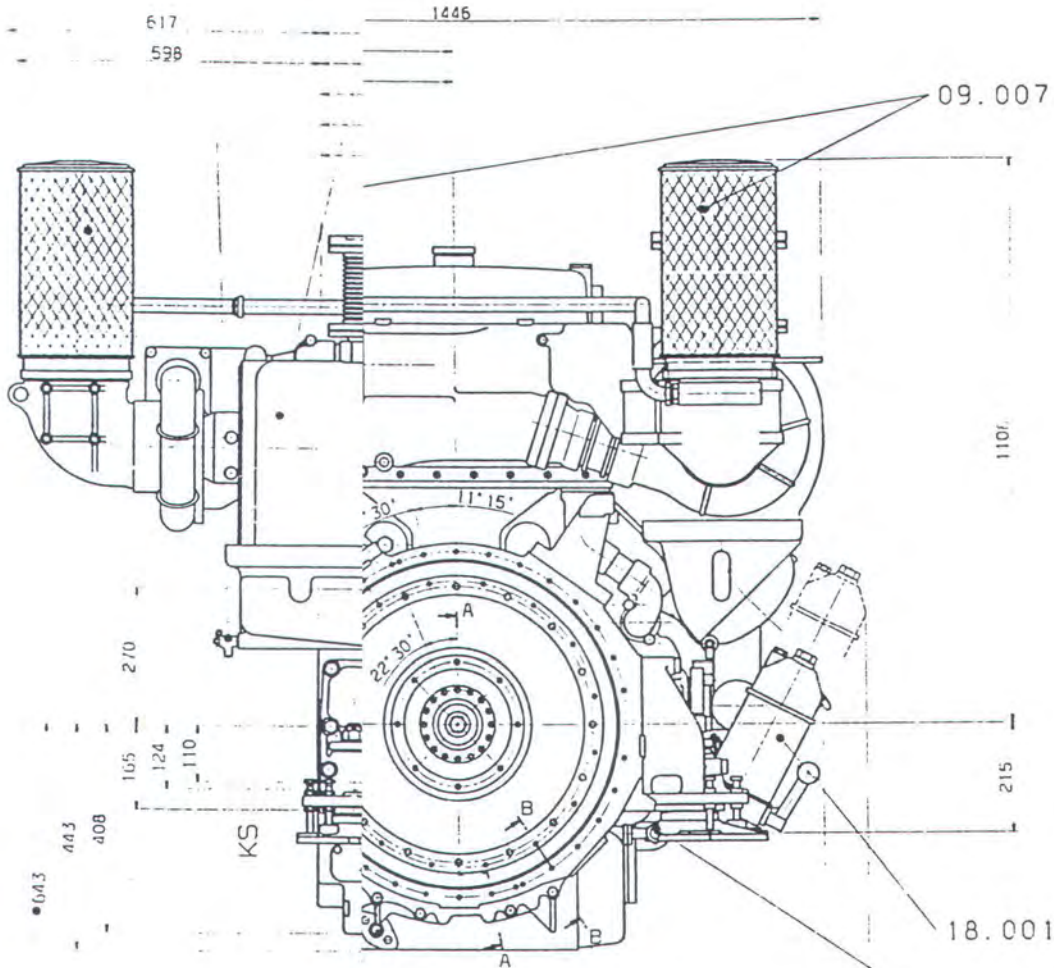
Winkelfehler von Getriebeabtriebsflansch zum Wellenflansch gemessen bei R 126 mm



Motor 12V 331 TC 92	1:10
ENGINE 12V 331 TC 92	
553 001 14 01	

oplungsseite (KS)
 RIVING END (KS)

09.007 20.012

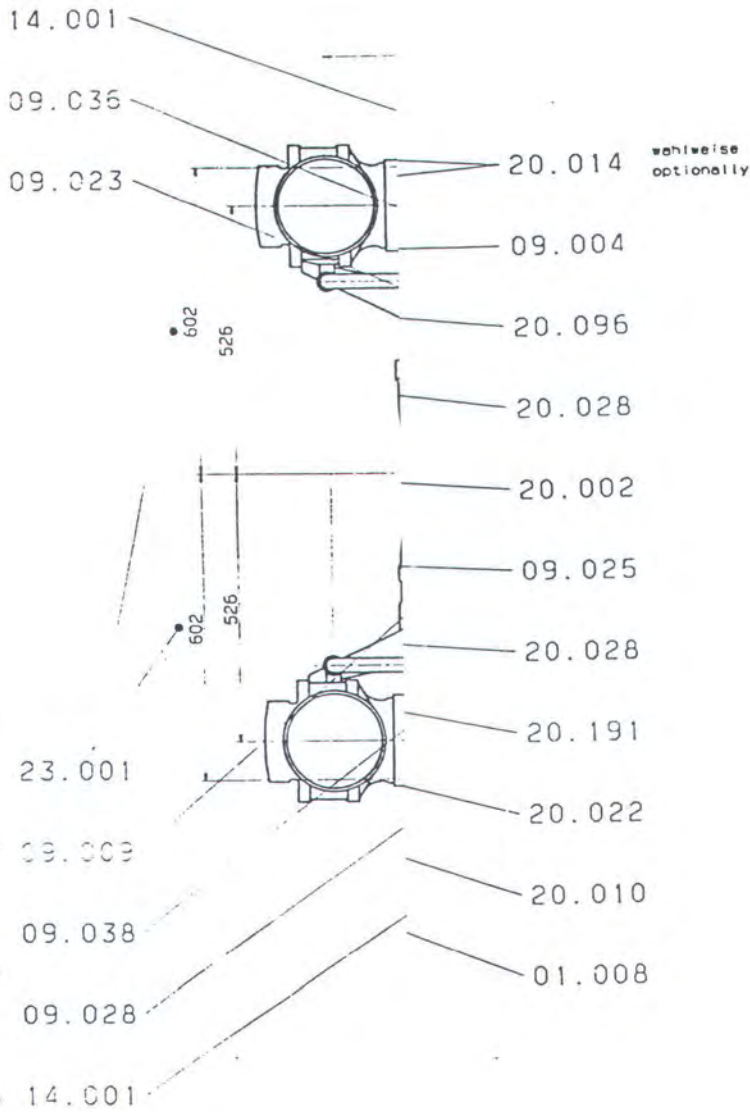


Ausbauklasse
 Anbauplatz für die Unterteil
 für Pleuelstangenbau
 REMOVAL CLEARANCE
 FOR REMOVAL OF
 SUBSTITUTION OF REMOVAL

01.001
 01.018

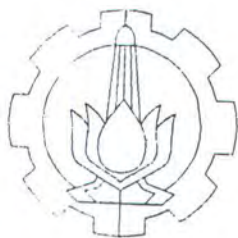
18.00
 Schwerpunkt
 CENTER OF GRAVITY

553 010 02 46 CAD 28.03.92 21.03.92 21.03.92		1:5 A
Motor 12V 331 TC 92 ENGINE 12V 331 TC 92		
mtu MTU MOTOR OIL UNIT TURBOCHARGER ELECTRIC STARTER		553 010 02 46 2



Ansicht Z1
 Motorlagerung KS 23.017
 VIEW Z1 ENGINE MOUNTING FLYWHEEL EI

553 010 02 46		1:5		A	
GAC 12V 331 TC 92		Motor 12V 331 TC 92		ENGINE 12V 331 TC 92	
+ mtu		553 010 02 46			



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Telp. 5947254, 5947274
Pesw. 262, 5948757, Fax. 5947254

TUGAS AKHIR (NE. 1701)

Nama : Erwin Rasyid
Nomor Pokok : 4894200215
Tanggal diberikan tugas : 20 September 1995
Tanggal diselesaikan tugas :

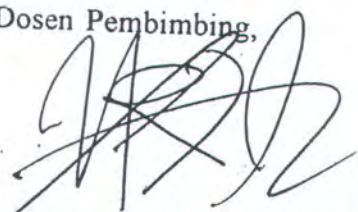
JUDUL KARYA TULIS :

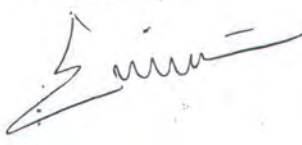
Studi Perbandingan Unjuk Kerja Baling-baling Pengganti Dengan
Baling-baling Terpasang Pada Unit Kapal Bea Cukai (FPB 28)


Dosen Pembimbing,

Mahasiswa,

Surabaya,
Kajur,


Ir. Suryo Widodo Adji, M.Sc
NIP : 131 879 390


Erwin Rasyid
NRP. 4894200215


Ir. Moch. Orianto BSE, MSc
NIP : 130 786 955

1 copy untuk : Arsip Jurusan
1 copy untuk : Arsip Dosen Pembimbing
1 copy untuk : Arsip Mahasiswa Ybs.
file:tabaru

LEMBAR EVALUASI PRESENTASI KE DUA TUGAS AKHIR
 (TN 1701)

Setelah membaca, mempelajari dan menimbang presentasi ke dua tugas akhir yang dilaksanakan oleh

Nama : Erwin Rasyid
 Nrp : 489 420 0215
 Judul : Studi Perbandingan Ujukt Kerja Baling - Baling Pegganti Dengan Baling - Baling Terpasang Pada Unit Kapal Patroli Bea Cukai (FPB 28).
 Tanggal SK TA :
 Dosen Pembimbing : 1. Ir. Suryo W.A.
 2.

maka tim dosen menilai bahwa pekerjaan tugas akhir tersebut sampai dengan hari ini mencapai % dari keseluruhan tugas dan memutuskan mahasiswa tersebut diatas (Lingkari salah satu pilihan dibawah ini)

1. Dapat melanjutkan dan mengikuti presentasi ke tiga
2. Dapat melanjutkan namun belum dapat mengikuti presentasi ke tiga serta memperpanjang waktu pengerjaan selama bulan
3. Tidak dapat mengikuti presentasi ke tiga serta mengganti judul baru

CATATAN :

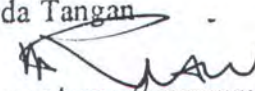
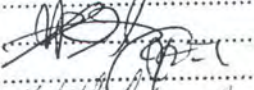
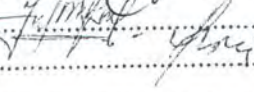

Surabaya,

Menyetujui tim dosen penilai

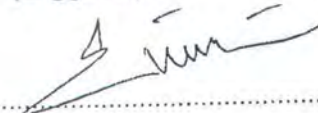
N a m a

- | | | |
|----|----------------------|--------------------|
| 1. | Ir. M. Oktanto | (ketua) |
| 2. | Ir. Suryo W.A | (Dosen Pembimbing) |
| 3. | Ir. I Made Ariane | (anggota) |
| 4. | Ir. Irfan Supriyanto | (anggota) |
| 5. | Haris Kristono | (anggota) |
| 6. | | (anggota) |
| 7. | | (anggota) |

Tanda Tangan

- | | |
|----|---|
| 1. |  |
| 2. |  |
| 3. | |
| 4. |  |
| 5. |  |
| 6. | |
| 7. | |

Tanda tangan Mahasiswa





**DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL**

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Telp. 5947254, 5947274
Pesw. 262, 5948757, Fax. 5947254

DAFTAR KEMAJUAN TUGAS AKHIR (NE. 1701)

Judul karya tulis : "Studi Perbandingan Unjuk Kerja Baling-baling Pengganti Dengan Baling-baling Terpasang Pada Unit Kapal Patroli Bea Cukai (FPB 28) "

Dosen pembimbing : Ir. Suryo Widodo Adji, M.Sc

Nama : Erwin Rasyid

Nomor Pokok : 4894200215

Tanggal diberikan tugas :

Tanggal diselesaikan tugas :

No	TGL	KEMAJUAN	T.T. DOSEN	No	TGL	KEMAJUAN	T.T DOSE
1		Konsultan Bab I	<i>[Signature]</i>	10		Konsultan Bab V	<i>[Signature]</i>
2		Konsultan Bab I & Bab II	<i>[Signature]</i>	11		Konsultan Bab V	<i>[Signature]</i>
3		— " —	<i>[Signature]</i>	12		Revisi bab V	<i>[Signature]</i>
4		— " —	<i>[Signature]</i>	13			
5		Revisi Bab I & II	<i>[Signature]</i>	14			
6		Konsultan Bab III	<i>[Signature]</i>	15			
7		Konsultan Bab III & IV	<i>[Signature]</i>	16			
8		Konsultan Bab IV	<i>[Signature]</i>	17			
9		Revisi Bab III & IV	<i>[Signature]</i>	18			

Catatan :

Siap untuk diujikan	25/7/96
Belum siap untuk diujikan	
waktu tugas diperpanjang	
Tugas dibatalkan	

Surabaya, 25 Juli 1996

Dosen pembimbing

[Signature]

(...Ir...Suryo...WA...M.Sc.)
NIP : 131 879 390