

## PERANCANGAN DAN PENGGAMBARAN PROPELLER DENGAN PENDEKATAN SOFTWARE HYDROCOMP PROPCAD

Slamet Wahyudi, Ruslan Arief, Priyonggo Syamrahmadi

Sekolah Staf dan Komando TNI Angkatan Laut Jakarta Selatan, Indonesia

Email: pekkepek@gmail.com, ruslanarief01@gmail.com, mpriyonggo@yahoo.co.id

### Abstrak

Sistem propulsi kapal terdiri dari tiga komponen utama yaitu motor penggerak utama, sistem transmisi dan alat gerak. Ketiga komponen utama ini merupakan suatu kesatuan yang didalam proses perencanaannya tidak dapat ditinjau secara terpisah. Alat gerak kapal disini adalah *propeller*, *propeller* adalah komponen utama dalam menggerakkan suatu kapal. Dalam mendesain suatu propeller, ada beberapa tahapan yang harus dilaksanakan yaitu menghitung tahanan total kapal (RT) dan kebutuhan *power* kapal beserta *losses* yang diterima dalam sistem propulsi kapal. Dalam tulisan ini dilaksanakan desain propeller pada kapal tipe AT 117 meter dengan menggunakan *software* Propcad. Propcad adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mendesain gambar tampilan propeller dengan tampilan 2D dan 3D serta menghasilkan desain gambar dengan ukuran sebenarnya yang ditampilkan dalam format CAD. Data yang digunakan berasal dari data hasil perhitungan MARIN DESP Program. Kesimpulan dari tulisan ini adalah adalah propeller yang cocok digunakan pada kapal tipe AT 117 meter dan diolah dengan MARIN DESP Program dan diinputkan ke dalam *software* propcad adalah diameter propeller sebesar 2.5 meter dengan 4 blade dan mempunyai (P/D) sebesar 0.937, AE/A0 sebesar 0.786 dan revolution sebesar 305 rpm.

**Kata Kunci:** tahanan kapal; propulsi kapal; *propeller*; propcad

### Abstract

*Ship propulsion system consists of three main components, namely the main drive motor, transmission and locomotor system. The third major component of an entity that is in the planning process can not be viewed in isolation. Locomotor ship here is the propeller, propeller is a major component in moving a ship. In designing a propeller, there are several steps that must be done is to calculate the total resistance of ships (RT) and the need for ship power's and received losses in ship propulsion system. In this paper carried out the design of the propeller on the ship type AT 117 meters by using software propcad. Propcad software is used to design a propeller display with 2D and 3D design and produce images with the actual size shown in CAD format. The data used are derived from data on the calculation MARIN DESP Program. The conclusion of this paper is a propeller that is suitable for use on the ship type AT 117 meter and treated with MARIN DESP Program and entered into the software propcad is the propeller diameter of 2.5 meters with a 4 blade and has a (P/D) of 0.937, AE / A0 of 0.937 and revolution 305 rpm.*

**Keywords:** *ship resistance; propulsion; propeller; propcad*

## **Pendahuluan**

Sistem propulsi adalah rangkaian sistem pada kapal yang digunakan untuk menggerakkan suatu kapal. Dalam operasinya di laut, suatu kapal harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kecepatan dinas ( $V_s$ ) seperti yang direncanakan. Hal ini mempunyai arti bahwa, kapal haruslah mempunyai rancangan sistem propulsi (penggerak) yang dapat mengatasi keseluruhan gaya-gaya hambat (*total resistance*) yang terjadi agar memenuhi standar kecepatan dinasnya.

Secara umum, sistem propulsi kapal terdiri dari 3 (tiga) komponen utama yaitu motor penggerak utama (*main engine*), sistem transmisi dan alat gerak (*propulsor*). Ketiga komponen utama ini merupakan suatu kesatuan yang didalam proses perencanaannya tidak dapat ditinjau secara terpisah. Alat gerak kapal disini adalah propeller, propeller adalah komponen utama dalam menggerakkan suatu kapal.

Dalam mendesain suatu propeller, ada beberapa tahapan yang harus dilaksanakan yaitu menghitung tahanan total kapal (RT) dan kebutuhan power kapal beserta *losses* yang diterima dalam sistem propulsi kapal. Dalam menghitung kebutuhan power dari suatu kapal dapat digunakan dua metode yaitu perhitungan secara numerik dan dengan uji model melalui percobaan di laboratorium. Dalam tulisan ini akan dilaksanakan pendesainan dan penggambaran *propeller* dari suatu kapal dengan menggunakan *software Propcad*.

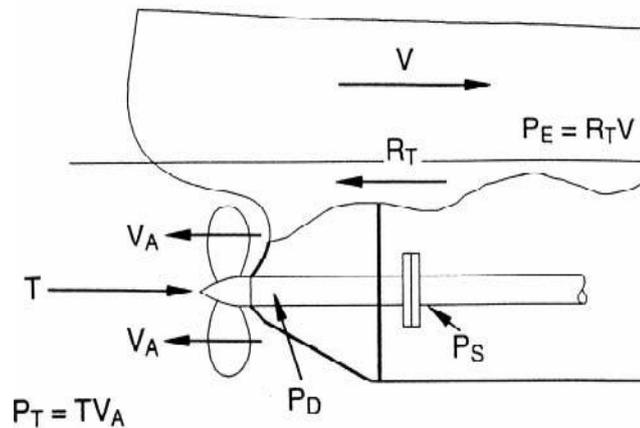
### **1. Tahanan Kapal**

Tahanan kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja berlawanan dengan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut akan sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Melihat bahwa kapal bergerak di bidang fluida cair yang nilai kerapatan massanya lebih besardari udara sehingga semakin besar kecepatan dan dimensi suatu kapal maka semakin besar pula energi yang dibuang untuk menghasilkan energi berupa gelombang (*wave*), gelombang inilah yang kemudian bergesekan dengan lambung kapal dan arahnya melawan arah kapal sehingga menimbulkan gaya berlawanan.

Perhitungan tahanan kapal ini sangatlah penting sekali dan diharapkan seakurat mungkin dalam arti tidak kurang dan tidak lebih karena mempengaruhi aspek-aspek dari segi biaya investasi, efisiensi, biaya perawatan, biaya operasional, persaingan ekonomis dan lain - lain. Oleh karena itu berbagai macam cara digunakan oleh para desainer kapal untuk memprediksi besar daya dari suatu kapal dengan hasil seakurat mungkin dengan menentukan besar tahanan total yang bekerja pada suatu kapal.

Tahanan total (RT) yang dialami kapal terdiri dari sejumlah komponen tahanan yang berbeda, yang diakibatkan pula oleh berbagai macam penyebab dan saling berinteraksi. Tahanan total (RT) yang dialami kapal terdiri dari sejumlah komponen tahanan yang berbeda yang diakibatkan oleh berbagai macam penyebab dan saling

berinteraksi. Untuk menjelaskan masalah tahanan secara praktis, maka dapat diuraikan menjadi beberapa komponen utama sebagai berikut:



Gambar 1

Gaya – gaya yang bergerak pada sistem penggerak

Tahanan total ( $R_T$ ) yang dialami kapal terdiri dari sejumlah komponen tahanan yang berbeda yang diakibatkan oleh berbagai macam penyebab dan saling berinteraksi. Untuk menjelaskan masalah tahanan secara praktis, maka dapat diuraikan menjadi beberapa komponen utama sebagai berikut:

- Tahanan Gesek ( $R_F$ )
- Tahanan Sisa ( $R_R$ )
- Tahanan Viscous ( $R_v$ )
- Tahanan Tekanan ( $R_p$ )
- Tahanan Gelombang ( $R_w$ )
- Tahanan Appendage ( $R_{APP}$ )
- Tahanan Kekasaran
- Tahanan Udara ( $R_A$ )
- Tahanan Daun Kemudi

## 2. Propulsi kapal

Propulsi kapal membicarakan tentang gaya dorong atau lebih dikenal sebagai gaya penggerak atau *propulsive force* dari kapal. Agar kapal dapat bergerak dengan suatu kecepatan yang dikehendaki, maka gaya lawan yang dialami kapal tersebut harus diatasi oleh gaya lain yang mendorong kapal agar dapat bergerak sesuai arah kecepatannya. Gaya lain tersebut adalah gaya penggerak dari kapal. Untuk dapat mengetahui sistem propulsi yang baik, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Alat propulsi dari sistem propulsi kapal yang akan memberikan gaya dorong atau *thrust* pada kapal. Alat propulsi yang umum dan banyak digunakan di kapal adalah alat propulsi mekanis baling – baling atau *screw propeller*. Gaya dorong dari kapal diperoleh dari gaya angkat atau *lift* yang dialami oleh daun baling – baling pada waktu baling – baling berputar di dalam air.

- b) Sumber tenaga yang didapat dari bekerjanya mesin penggerak pokok kapal. Dengan tenaga ini dapat dihasilkan gaya dorong dari alat propulsi tadi. Jadi alat propulsi mekanis hanya dapat bekerja dengan bantuan mesin penggerak atau *main engine* yang sesuai dengan kecepatan yang dikehendaki.

Badan kapal atau *hull* berkaitan juga dengan propulsi kapal. Jadi secara singkat suatu kapal dengan kecepatan yang telah ditentukan dengan ukuran – ukuran kapal akan dapat diperoleh bentuk badan kapal, sehingga akan dapat diketahui berapa besarnya tenaga yang dibutuhkan dari mesin penggerak pokok dan perencanaan alat propulsinya.

### 3. Pemilihan *Propeller*

Dalam memilih propeller, ada beberapa karakteristik yang harus diperhatikan dan akan menjadi pertimbangan utama, yaitu: *type propeller*, diameter *propeller*, *pitch ratio* dan jumlah daun *propeller* tersebut.

Dalam memilih tipe *propeller* yang mempunyai tingkat efisiensi paling optimal dapat dicari dengan menggunakan  $B_p$ - $\delta$  diagram. Langkah – langkah yang dilakukan dalam menentukan *propeller* adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung  $B_p$

$$B_p = N_p \cdot \sqrt{P_s} \cdot V_a^{5/2}$$

dimana :

$N_p$  = Putaran *propeller* (rpm)

Putaran tersebut dimana besarnya merupakan putaran pokok motor induk setelah direduksi oleh Gear Box dengan tujuan untuk menghasilkan putaran yang rendah.

$V_a$  = *Speed of advance* (knots)

$P_s$  = Daya pada propeller (hp)

- b. Memotong  $B_p$  dengan *optimum line propeller of efficiency*

- c. Membaca  $(P/D)_0$  dan nilai  $\delta_0$

- d. Menentukan harga  $D_0$

$$D = \delta_0 \cdot V_a \cdot N_p$$

- e. Menentukan harga  $DB$ , dimana untuk kapal yang menggunakan :

*Single screw* ;  $DB = 0.95 \cdot D_0$

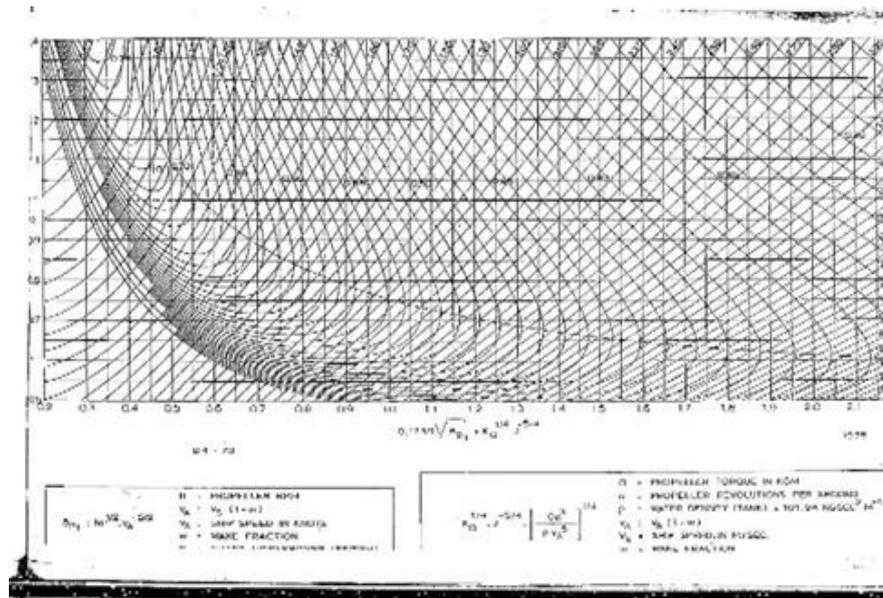
*Double screw* ;  $DB = 0.97 \cdot D_0$

- f. Menghitung  $\delta_B$

$$D = DB \cdot N_p \cdot V_a$$

- g. Memotongkan  $B_p$  semula dengan nilai  $\delta_B$ , kondisi ini sudah berada di belakang kapal (*behind the hull*).

- h. Membaca  $(P/D)_0$  dan efisiensi



Gambar 2  
Bp-δ diagram B4 – 70

#### 4. Kavitasasi

Kavitasasi adalah suatu proses dinamik suatu elemen daun bila tekanan menurun sampai ke tekanan jenuh pada tempat itu. Akibat dari adanya kavitasasi ini, akan timbul gelembung *kavitasi-kavitasi*.

Gelembung – gelembung tersebut akan pecah bila meninggalkan tempat karena tekanan sekeliling naik. Kemudian terbentuk lagi kavitasasi kecil dan pecah demikian seterusnya sehingga terjadi di semua daerah tempat kavitasasi. Pecahnya butir-butir gelembung (kavitasi) akan disertai gaya kecil, tetapi karena bekerja di suatu titik yang sangat kecil maka tegangan yang terjadi ditempat itu akan cukup tinggi. Akibat lain dari kavitasasi adalah menurunnya gaya dorong propeller dan getaran pada badan badan kapal (hull vibration). Turunnya gaya dorong menjadikan daya yang perlu tersedia harus lebih besar agar kecepatan yang direncanakan dapat tercapai. Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan angka kavitasasi.

a) Menentukan angka kavitasasi dengan *Burril's Diagram*

$$\sigma_{0.7R} = \frac{188.2 + 19.62h}{V_a^2 + 4.836.n^2.D^2}$$

dimana :

h = Kedalaman poros *propeller* dari permukaan air laut sarat air – tinggi poros *propeller* (m)

D = Diameter *propeller* (m)

n = Putaran *propeller* (rps)

V<sub>a</sub> = *Speed of advance* (m/s)

Setelah mendapatkan angka kavitasasi (σ<sub>0.7R</sub>), kemudian diplotkan ke *Burril's diagram* dengan cara menarik garis σ<sub>0.7R</sub> ke daerah batas kavitasasi yang telah ditentukan, sehingga diperoleh harga TC dari diagram.

- b) Menentukan angka kavitasi dengan perhitungan. Skala perbandingan antara *propeller thrust per sq.in* dan *dynamic pressure* atau disebut dengan *thrust coefficient (TC)* adalah sebagai berikut:

$$t_c = \frac{T / A_p}{0.5 \cdot \rho \cdot (V_{0.7R})^2} \cdot \frac{T / A_p}{Q_{0.7R}}$$

dimana :

T = Thrust deduction factor (kN)

$$= \frac{PE}{(1-t) \cdot V_s}$$

PE = Effective horse power (kW)

Vs = Service speed (m/s)

Ap = Luas proyeksi daun (m<sup>2</sup>)

Q0.7R = Tekanan dinamis pada 0.7 jari – jari ujung

= kecepatan air pada 0.7R propeller

$$(V_{r_{0.7R}})^2 = Va^2 + (0.7 \cdot \pi \cdot n \cdot D)^2$$

$$t_c = \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot (V_{r_{0.7R}})^2 \cdot A_p}$$

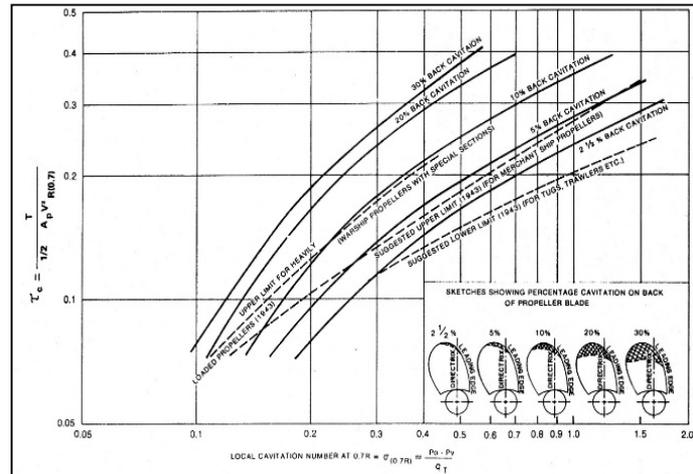
dimana:

$$AP = AD (1.067 - (0.229 \cdot P/DB))$$

AD = luas kembang daun  
baling – baling

- c) Dari *Burril's diagram* akan didapat kurva yang sesuai dengan propeller *type Wageningen*. Yang mana urva yang dipilih tersebut merupakan kurva yang disarankan untuk baling-baling kapal. *type Wageningen*. Hal ini berarti bahwa untuk menghindari kavitasi yang berlebihan dan erosi dalam pelayaran dilaut maka baling-baling kapal tersebut harus berada di bawah kurva tersebut. Sehingga syarat bebas kavitasi adalah sebagai berikut :

$$t_c \text{ Diagram} > t_c \text{ Perhitungan}$$



Gambar 3  
Diagram Kavitasi (Burrill)

### 5. Propeller Ganda (*Twin Screw*)

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

Pada dasarnya besar gaya dorong  $T$  yang dihasilkan oleh masing-masing *propeller* akan sama dengan gaya dorong total  $T_{TOTAL}$  yang diperlukan untuk menggerakkan kapal pada kecepatan  $V_s$ . Hal ini akan ditunjukkan dalam besarnya koefisien beban gaya dorong (*thrust load coefficient*) yaitu koefisien yang menunjukkan gaya dorong per area unit dari *propeller*.

Koefisien beban gaya dorong untuk satu *propeller*:

$$C_{TH} = \frac{T_{1PROP}}{0.5V_a^2(0.25D^2)}$$

Sedangkan koefisien beban gaya dorong untuk dua *propeller*:

$$C_{TH} = \frac{T_{1TOTAL}}{0.5V_a^2(0.25(D_1^2 + D_2^2))}$$

Karena  $D_1 = D_2$ , maka  $D^2 + D^2 = 2D^2$ , atau

$$2C_{TH} = \frac{T_{TOTAL}}{0.5V_a^2(0.25D^2)}$$

Dari persamaan-persamaan diatas yang menunjukkan bahwa besarnya gaya dorong total dua *propeller* sama dengan jumlah dari dua gaya dorong dari masing-

masing *propeller*. Begitu pula untuk daya efektif PE dalam hubungannya dengan penggunaan dua *propeller* dapat ditunjukkan dalam perumusan berikut :

$$C_{TH} = \frac{2.546P_E}{\rho D^2 V_a^2 y_H}$$

Karena  $D_1 = D_2$ , maka  $D^2 + D_2^2 = 2D^2$ , sehingga untuk dua *propeller* berlaku

$$2C_{TH} = \frac{2.546P_{E\ TOTAL}}{\rho D^2 V_a^2 y_H}$$

sehingga,  $PE\ TOTAL = 2PE\ 1\ PROP$

Melihat dari kenyataan-kenyataan di atas maka untuk selanjutnya dalam perhitungan akan digunakan asumsi bahwa *matching*, gaya dorong total *propeller* yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal adalah gaya dorong total yang dihasilkan masing-masing *propeller*.

Pengaruh Penggunaan *Propeller* Ganda Terhadap Harga *Wake Fraction* dan *Thrust Deduction Factor*. Untuk mencari harga *wake fraction* pada kapal dengan *propeller* ganda maka berlaku rumusan di bawah ini (*Lewis, E.V., Principles of Naval Architectures, Vol. II, 1998*).

a. Menggunakan bossing dan putaran *propeller* arah keluar (outward)

$$w = 2Cb^5(1 - Cb) + 0.2(\cos)^2 \cdot \psi + 0.20$$

b. Menggunakan bossing dan putaran *propeller* arah kedalam (inward)

$$w = 2Cb^5(1 - Cb) + 0.2(\cos)^2 \cdot (90 - 2\psi) + 0.20$$

c. *Propeller* dengan *struts*

$$w = 2Cb^5(1 - Cb) + 0.04$$

Untuk mencari harga *thrust deduction factor* kapal dengan *propeller* ganda maka berlaku rumusan dibawah ini :

a. Menggunakan bossing

$$t = 0.25w + 0.14$$

b. Menggunakan *struts*

$$t = 0.70w + 0.06$$

dimana :

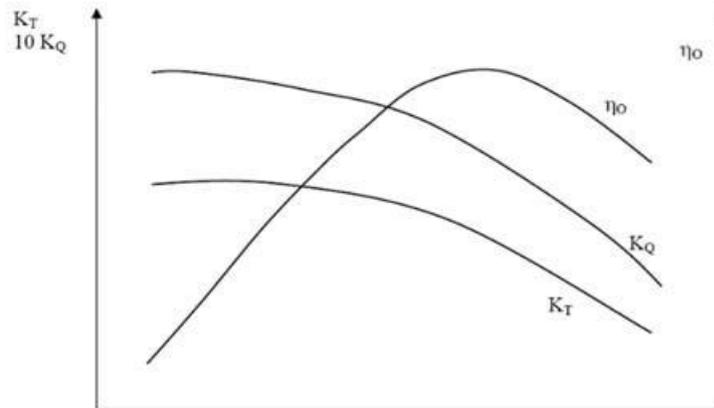
$w$  = *Wake fraction*

$Cb$  = Koefisien blok

$\Psi$  = Sudut *bossing* terhadap horizontal

## 6. Karakteristik *Propeller*

Karakteristik *propeller* dapat disajikan secara grafik dengan menggunakan beberapa koefisien dalam bentuk non dimensional. Diagram ini memberikan bentuk torsi  $Q$  dan *thrust*  $T$  sebagai fungsi dari kecepatan. Untuk mendapatkan koefisien-koefisien ini harus dilakukan *open water test* dengan bantuan sebuah *dynamometer* yang dapat mencatat sendiri dan dipasang di kapal yang dibuat khusus untuk keperluan ini.



Gambar 4  
Grafik open water test

Dari Gambar 4. diatas bahwa koefisien-koefisien non dimensi *propeller* tersebut adalah *Thrust Coefficient*  $K_T$ , *Torque Coefficient*  $K_Q$  dan *Advance Coefficient*  $J$ .

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

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

$$J = \frac{V_a}{n \cdot D}$$

dimana :

- $\rho$  = Densitas air laut
- $D$  = Diameter *propeller*
- $Q$  = Torsi *propeller*
- $T$  = *Thrust propeller*
- $V_a$  = *Speed of advance*
- $n$  = Kecepatan rotasi *propeller*

Diagram ini sesuai bagi *propeller* dalam kondisi open water tanpa pengaruh dari hull kapal. Sedangkan efisiensi *propeller* dalam kondisi tersebut adalah.

$$\eta_0 = \frac{TV_a}{2\pi Qa} = \frac{K_T \cdot J}{2\pi K_Q}$$

Besarnya efisiensi ini juga dapat dilihat pada diagram *open water* yang dapat digunakan untuk mengkonversikan karakteristik tahanan kapal menjadi karakteristik *propeller*.

Jika diagram *open water* tidak diberikan maka harga koefisien  $K_T$ ,  $K_Q$ ,  $J$  dapat dicari dengan rumus pendekatan dengan menggunakan kurva  $B_p$ - $\delta$  dan  $B_u$ - $\delta$  *propeller* (Woodward, J.B., *The Diesel Engine to Drive a Ship*, 1971) yaitu.

$$K_Q = \frac{1.89 \cdot 10^7 \cdot Bp^2}{\rho/g_0 \delta^5}$$

$$K_T = \frac{1.173 \cdot 10^6 \cdot Bu^2}{\rho/g_0 \delta^4}$$

$$I = \frac{101.3}{\delta}$$

dimana :

$\rho$  = Densitas air laut (lbm/ft<sup>3</sup>)

$g_0$  = Percepatan gravitasi

= (32.17 lbm ft/lbf sec<sup>2</sup>)

Dari pembahasan sebelumnya diketahui bahwa tahanan kapal adalah  $R=aVs^2$ , maka didapatkan persamaan :

$$T(1-t) = a \left[ \frac{V_a}{1-w} \right]^2$$

$$T = \frac{a}{(1-t) \cdot (1-w)^2} V_a^2$$

Dari karakteristik propeller, gaya dorong propeller:

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

Jika T disubstitusikan maka :

$$K_T \rho n^2 D^4 = \frac{a}{(1-t) \cdot (1-w)^2} V_a^2$$

$$K = \frac{a}{(1-t) \cdot (1-w)^2 \rho D^2} \left[ \frac{V_a}{nD} \right]^2$$

Dengan asumsi bahwa D, t, w,  $\rho$  konstan maka persamaan akan menjadi :

$$K_T = \beta \left[ \frac{V_a}{nD} \right]^2$$

Karena *advance coefficient*,  $= \frac{V_a}{nD}$ , maka :

$$K_T = \beta \cdot J^2$$

Dari persamaan-persamaan diatas terlihat bahwa tahanan kapal dapat dikonversikan ke dalam bentuk fungsi dari karakteristik propeller yaitu  $K_T$ - J. Tahanan kapal yang telah dikonversikan ke dalam bentuk fungsi kuadrat antara  $K_T$  dan J, akan diplotkan ke dalam open water diagram untuk dapat menentukan operating point dari propeller. Titik perpotongan merupakan titik operasi  $K_T$  dari propeller, apabila ditarik garis vertical ke atas akan didapatkan titik operasi  $K_Q$  dan  $\eta_0$  dari propeller dan apabila ditarik garis vertical ke bawah akan didapat titik operasi J dari propeller.

## 7. Karakteristik Torsi dan Daya Propeller

Sebuah motor penggerak akan memberikan torsi ke *propeller* pada putaran tertentu. Untuk menyesuaikan kombinasi antara motor dan *propeller* akan membutuhkan karakteristik propeller yang ditampilkan dalam hubungan antara torsi kecepatan atau dalam hubungan daya kecepatan. Karakteristik propeller KT dan KQ diplotkan dengan menggunakan beberapa asumsi:

- a) Tahanan badan kapal proporsional dengan thrust.
- b) Tahanan badan kapal proporsional dengan kuadrat kecepatan kapal.
- c) Kecepatan proporsional dengan putaran propeller.

Perlu diperhatikan yaitu J harus konstan meskipun kecepatan kapal berubah dan jika torsi konstan maka KQ akan konstan pula, pada akhirnya akan menghasilkan bahwa torsi *propeller* sebanding dengan kuadrat kecepatan *propeller*. Karena daya merupakan produk dari torsi dikalikan dengan kecepatan rotasi maka daya akan sama dengan kecepatan *propeller* pangkat tiga (*Woodward, Engine-Propeller Matching, 1976*).

Daya yang proporsional dengan kecepatan rotasi pangkat tiga dan torsi proporsional dengan kecepatan rotasi kuadrat merupakan implementasi dari "*propeller law*" tetapi hanya berlaku untuk kapal-kapal type tertentu dan akan ditunjukkan dengan suatu persamaan. Untuk kapal-kapal dengan kecepatan relative rendah (mempunyai *displacement* konstan) dengan bilangan *Froude*  $Fn \approx 0.1 - 0.2$ , maka kurva tahanan merupakan fungsi kuadrat. Propeller akan memiliki satu titik operasi yang tidak tergantung pada kecepatan kapal, dimana:

- a) J, KT, KQ konstan.
- b) Torsi propeller Q akan merupakan fungsi kuadrat dari kecepatan *propeller*.

$$Q = KQ \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^5$$

Atau

$$Q = \text{konstanta} \cdot n^2$$

- c) Daya *propeller* P akan merupakan fungsi torsi dikalikan putaran *propeller*.

$$P = Q \cdot n$$

- d) Substitusi persamaan akan menghasilkan:  $Q = \text{konstanta} \cdot n^3$

## 8. Pengaruh Kondisi Operasional Karakteristik Daya Propeller

Tahanan kapal dan daya efektif yang telah dihitung sesuai dengan kondisi kapal pada kondisi trial, yaitu kondisi yang diasumsikan ideal terhadap gelombang, angin, kedalaman air dan kehalusan badan kapal. Pada kondisi operasi terjadi perubahan-perubahan sebagai berikut:

- a) Perubahan *displacement*
- b) *Fouling*
- c) Perubahan tahanan
- d) Jumlah *propeller* yang beroperasi
- e) Jumlah mesin
- f) *Sea Margin*

## 9. Karakteristik Motor Induk (Motor Diesel)

Motor penggerak kapal harus dipilih sedemikian rupa sehingga dicapai penyelesaian optimal dari kombinasi berat, tata muat dan dapat menghasilkan daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal dihasilkan dengan biaya yang semurah mungkin yaitu biaya operasi yang terkait dengan pemakaian bahan bakar dan konsumsi minyak pelumas. Jika biaya operasi yang murah merupakan faktor yang terpenting dalam prosedur perancangan, maka mesin diesel dapat memenuhi persyaratan tersebut (*Harvald Sc. Aa., Resistance and Propulsion of Ship, 1983*).

## 10. Karakteristik Torsi – Rpm

Motor diesel dikatakan sebagai motor dengan torsi konstan, yaitu apabila beban berubah maka torsi motor tetap konstan. Beberapa keadaan dapat merubah sifat diatas, misalnya jika putaran motor diatur agar konstan maka torsi akan dipaksa untuk ikut berubah menyesuaikan keadaan ini. Begitu pula jika motor menggunakan *turbocharge* maka akan merubah sifat torsi konstannya. Meskipun demikian asumsi bahwa motor diesel merupakan motor dengan torsi konstan cukup realistis dan berguna pada permasalahan interaksi antara motor- *propeller*.

## 11. Daya Kapal

Secara umum kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*propulsor*). Daya yang disalurkan (PD) ke alat gerak kapal adalah berasal dari Daya Poros (PS), sedangkan Daya Poros sendiri bersumber dari Daya Rem (PB) yang merupakan daya *output* motor penggerak kapal. Berikut adalah daya yang ada di kapal.

- a) Daya Efektif (PE)
- b) Daya Dorong (PT)
- c) Daya yang disalurkan (PD)
- d) Daya Poros (PS)
- e) Daya Mesin Penggerak (PB)

## 12. *Software Propcad*

*Software Propcad* adalah *software* yang digunakan untuk mendesain gambar tampilan *propeller* dengan tampilan 2D dan 3D serta menghasilkan desain gambar dengan ukuran sebenarnya yang ditampilkan dalam format CAD.

Data yang digunakan dalam tulisan ini berasal dari data hasil perhitungan MARIN DESP Program. Adapun variable-variabel yang digunakan dalam menggunakan *software Propcad* adalah sebagai berikut :

- a) *Principal data* adalah data ukuran utama *propeller* meliputi tipe *propeller*, jumlah daun, *nominal pitch*, *BAR* dan diameter *propeller*.
- b) Bentuk Geometri, disini akan menentukan titik koordinat dari suatu *propeller*. Didalam menu tersebut data akan dihitung secara otomatis berdasarkan data yang dimasukkan dalam *principal data*.

- c) Bentuk dan ukuran shaft. Ukuran tersebut meliputi *shaft diameter*, *thickness rule*, *Camber* dan *Cupping*.

*Software* Propcad disini outputnya hanya berupa tampilan gambar desain *propeller* dalam 2D dan 3D. Untuk data inputan harus benar-benar valid karena *software* propcad tidak akan menampilkan gambar desain *propeller* apabila data yang dimasukkan tidak valid.

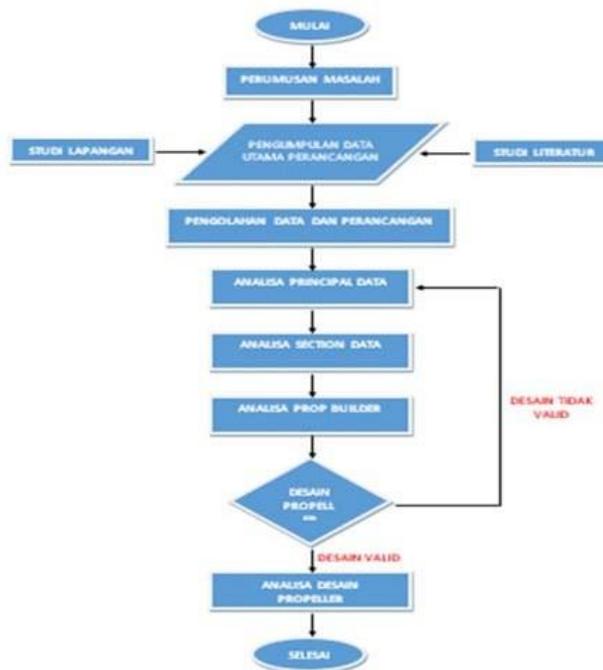
**Metode Penelitian**

Dalam pembahasan penulisan ini, penulis menggunakan sumber-sumber data dari kapal, Laboratorium Hidrodinamika dan pihak-pihak lain yang terkait serta ditunjang juga dengan literatur / buku referensi yang ada. Adapun untuk metode yang diterapkan adalah melalui tahap-tahap mulai dari persiapan awal sampai pada kesimpulan akhir, yaitu sebagai berikut:

- a) *Persiapan*. Mempelajari dasar-dasar teori maupun data yang diperoleh dari kepustakaan dan rumus-rumus pendekatan yang berkaitan dengan perancangan dan penggambaran *propeller* kapal. Untuk studi literatur pembahasan masalah ini, berdasarkan pada disiplin ilmu teori bangunan kapal tahanan kapal, *power* kapal, hidrodinamika dan desain *propeller B-Series*.
- b) *Pengamatan dilapangan*. Dalam penulisan ini untuk mendukung proses pengumpulan data- data dan penulisan, maka penulis mengadakan pengamatan di lapangan dalam hal ini adalah kapal AT 117 meter sebagai obyek penelitian dan laboratorium hidrodinamika.
- c) *Perhitungan dan pengkajian*. Melakukan perhitungan-perhitungan secara numerik, dengan program MARIN DESP untuk mengetahui data kebutuhan *power* kapal dan dari data-data desainer kapal AT 117 meter kemudian melakukan perancangan *propeller* kapal dengan menggunakan *software* Propcad.
- d) *Pembahasan dan kesimpulan*. Agar mencapai suatu hasil akhir yang baik dari penulisan ini adalah dengan melakukan pembahasan bab demi bab yang merupakan suatu proses dalam penulisan hingga dapat diambil suatu kesimpulan dan saran yang dapat bermanfaat dalam perancangan *propeller* kapal AT 117 meter.

**Tabel 1**  
**Data hidrostatis kapal AT 117 meter**

Draft (m)	Vol (m <sup>3</sup> )	Displ (t)	LCB (m)	VCB (m)	WPA (m <sup>2</sup> )	LCF (m)	KML (m)	KMT (m)	WSA (m <sup>2</sup> )	TPC (t/cm)	MTC (t-m/cm)	CB	CM	CP	CW
2.450	3537.976	3648.564	48.516	1.245	1606.949	52.389	375.734	10.397	1963.499	16.471	124.440	0.802	0.988	0.812	0.892
2.500	3618.349	3731.103	48.601	1.272	1611.231	52.337	370.409	10.243	1977.393	16.515	125.436	0.804	0.988	0.813	0.895
2.550	3698.940	3813.865	48.682	1.299	1615.469	52.285	365.278	10.097	1991.287	16.559	126.427	0.806	0.989	0.815	0.897
2.600	3779.748	3896.851	48.758	1.327	1619.675	52.231	360.339	9.957	2005.186	16.602	127.415	0.807	0.989	0.817	0.899
2.650	3860.754	3980.038	48.831	1.354	1623.818	52.177	355.565	9.824	2019.078	16.644	128.395	0.809	0.989	0.816	0.902
2.700	3941.972	4063.443	48.899	1.381	1627.874	52.121	350.924	9.696	2032.930	16.686	129.358	0.811	0.989	0.820	0.904
2.750	4023.390	4147.051	48.964	1.408	1631.792	52.067	346.375	9.574	2046.707	16.726	130.291	0.812	0.989	0.821	0.906
2.800	4104.997	4230.853	49.025	1.436	1635.594	52.013	341.927	9.457	2060.417	16.765	131.199	0.814	0.990	0.823	0.908
2.850	4186.795	4314.849	49.083	1.463	1639.297	51.962	337.581	9.345	2074.066	16.803	132.086	0.816	0.990	0.824	0.910
2.900	4268.773	4399.030	49.138	1.490	1642.882	51.911	333.325	9.237	2087.652	16.840	132.947	0.817	0.990	0.826	0.912
2.950	4350.926	4483.390	49.189	1.517	1646.348	51.862	329.155	9.134	2101.172	16.875	133.782	0.819	0.990	0.827	0.914
3.000	4433.242	4567.915	49.239	1.544	1649.712	51.814	325.075	9.036	2114.636	16.910	134.596	0.821	0.990	0.829	0.916
3.050	4515.740	4652.627	49.285	1.571	1652.981	51.768	321.079	8.941	2128.043	16.943	135.387	0.822	0.990	0.830	0.918
3.100	4598.391	4737.495	49.330	1.598	1656.157	51.723	317.167	8.851	2141.396	16.976	136.157	0.824	0.991	0.832	0.920
3.150	4681.199	4822.523	49.371	1.625	1659.237	51.681	313.333	8.764	2154.688	17.007	136.905	0.825	0.991	0.833	0.921
3.200	4764.159	4907.706	49.411	1.652	1662.220	51.640	309.574	8.681	2167.926	17.038	137.631	0.827	0.991	0.834	0.923
3.250	4847.265	4993.039	49.449	1.679	1665.107	51.600	305.887	8.601	2181.114	17.067	138.335	0.828	0.991	0.836	0.925
3.300	4930.513	5078.515	49.485	1.706	1667.889	51.561	302.265	8.524	2194.243	17.096	139.016	0.830	0.991	0.837	0.926
3.350	5013.901	5164.136	49.519	1.733	1670.578	51.524	298.710	8.450	2207.319	17.123	139.675	0.831	0.991	0.838	0.928
3.400	5097.416	5249.886	49.552	1.760	1673.183	51.489	295.224	8.379	2220.349	17.150	140.315	0.833	0.991	0.840	0.929
3.450	5181.061	5335.769	49.583	1.787	1675.705	51.456	291.804	8.310	2233.330	17.176	140.935	0.834	0.992	0.841	0.931



Gambar 5  
Diagram kerangka penelitian

### Hasil dan Pembahasan

Dalam perancangan dan penggambaran propeller kapal dalam hal ini sebagai obyek adalah kapal AT 117 meter. Berikut adalah data teknis kapal AT 117 meter.

Tabel 2  
Data ukuran utama kapal AT 117 meter

Item	Simbol	Nilai	Unit
Length between perpendiculars	Lpp	109.8	m
Length on water line	Lwl	112.2	m
Breadth moulded	Bmld	16.4	m
Draught (full load condition)	Tm	3.00	m
Draught (ballast condition)	Tm	2.253	m
Displacement volume moulded	$\nabla$	4433.2	m <sup>3</sup>
Block Coefficient	Cb	0.822	
Midship section coefficient	Cm	0.991	
Prismatic coefficient	Cp	0.829	
Length breadth ratio	L/B	6.841	
Breadth draught ratio	B/T	5.467	
Speed	V <sub>s</sub>	14	knots

```

MARIN program DESPPC 1999_0      Performance Prediction of Displacement Ships
Date: 2014/20/08                 Time: 14:26:26                      Page 2
*****
* LST
*****

Propeller design conditions
-----
Design speed                    16.00 [knots] (User Estimate!)
Design shaft power              5987 [kw]
Min. prop. diameter             2.450 [m]
Max. prop. diameter             2.500 [m]
Revolutions                     305.0 [1/Min]
Addition to AEAO                0.300 [-]

Main propeller data
-----
Number of props                 2 [-]      Diameter          2.500 [m]
Number of blades                4 [-]      AEAO              0.786 [-]
Clearance prop. tip             0.02 [m]    PDRA             0.937 [-]
Propeller roughness            0.000030 [m]

Propeller type : B-series propeller

Miscellaneous
-----
Aftbody hullform (CSTERN)      20.0 [-]
Aperture configuration (CSC)    10.0 [-]
water depth not provided

General data
-----
CA-Calculated                   0.000525 [-]      Bare hull formfactor  1.3527 [-]
Addition to CA                  0.000000 [-]      Specific mass water   1025.0 [kg/m3]
Hull roughness                  0.000120 [m]      Temperature water     25.0 [Degr C]
Addition to wake                0.000 [-]         Addition to thrust ded. 0.000 [-]

```

Gambar 6  
Hasil data propeller dari program MARIN DESP

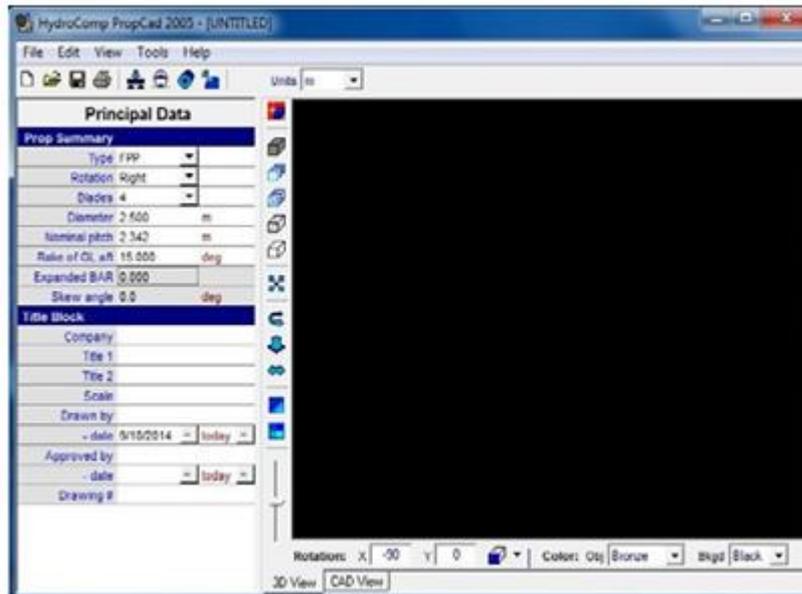
### 1. Perancangan dengan *software* Propcad

Propcad adalah suatu *software* dalam menggambarkan desain *propeller* dalam bentuk 3D maupun 2D. Dalam mendesain sebuah *propeller*, dibutuhkan 4 variabel yang digunakan dalam pengerjaan desain *propeller*. Data yang akan digunakan pada desain *propeller* berikut adalah data yang didapatkan dari hasil perhitungan dengan program MARIN DESP. *Propeller* yang akan digunakan dalam desain ini adalah propeller tipe *B-Series*. Berikut adalah variabel yang digunakan dalam mendesain suatu propeller yang didapat dari hasil program DESP.

- a) Diameter propeller (D) : 2.5 m
- b) Expanded area ratio (AE/AO): 0.786
- c) Jumlah daun propeller (Z) : 4 buah
- d) Pitch ratio (P/D) : 0.937

Dalam perhitungan desain propeller berikut, digunakan buku Principles of Naval Architecture Second Revision, Vol II – Edward V. Lewis dan The Wageningen Propeller Series – G.Kuiper dalam menentukan nilai dan konstanta untuk mendukung perhitungan. Untuk desain propeller kapal tipe AT 117 meter akan menggunakan *software* Propcad dalam mendesain bentuk gambar 3D dan 2D. Langkah-langkah dalam mendesain propeller dengan menggunakan *software* Propcad yaitu:

a) Principal Data

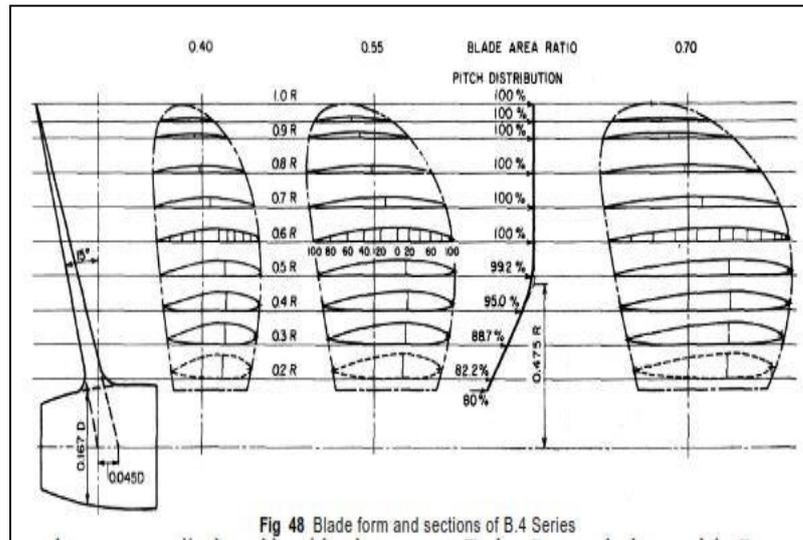


Gambar 7  
Tampilan awal software propcad

Data – data yang harus dimasukkan pada principal data adalah sebagai berikut:

- 1) Type : FPP
- 2) Rotation : *Right*
- 3) Blades : 4
- 4) Diameter : 2.5 m
- 5) Nominal pitch : 2.342 m
- 6) Rake of GL aft  $15^0$

Untuk menghitung *nominal pitch* dengan data hasil MARIN DESP, didapatkan PDRA sebesar 0.937. Sedangkan PDRA adalah sama dengan P/D, sehingga *nominal pitch* (P) didapatkan dari perkalian PDRA dengan diameter *propeller* (D) yang didapatkan hasil sebesar 2.342 m. *Rake of GL* adalah sudut kemiringan pada *generating line* pada *propeller* dan ditentukan sebesar  $15^0$  pada *propeller* tipe B-4 *series*.



Gambar 8  
Bentuk blade dan ukuran pada B-4 Series

b) Section Data

Setelah data sudah dimasukkan kedalam *principal data*, maka dapat di klik *edit section data* (pada menu bar) sehingga akan keluar *section data* seperti pada gambar diatas. Data tersebut secara otomatis akan keluar berdasarkan input data pada *principal data* dan untuk *section data* tidak perlu diedit karena sudah merupakan *output* dari *principal data*.

Sections data					
Geometry					
r/R	Chord	Max T	MidC:GL	p/Phominal	Face:RL
1.0000	0.00750	0.00375	0.21702	1.0000	0.00000
0.9875	0.35583	0.00881	0.20455	1.0000	0.00000
0.9750	0.49358	0.01013	0.19203	1.0000	0.00000
0.9500	0.67868	0.01275	0.16653	1.0000	0.00000
0.9000	0.86857	0.01800	0.11603	1.0000	0.00000
0.8000	1.06274	0.02850	0.03545	1.0000	0.00000
0.7000	1.13441	0.03900	-0.02578	1.0000	0.00000
0.6000	1.13307	0.04950	-0.06554	1.0000	0.00000
0.5000	1.08719	0.06000	-0.09089	0.9833	0.00000

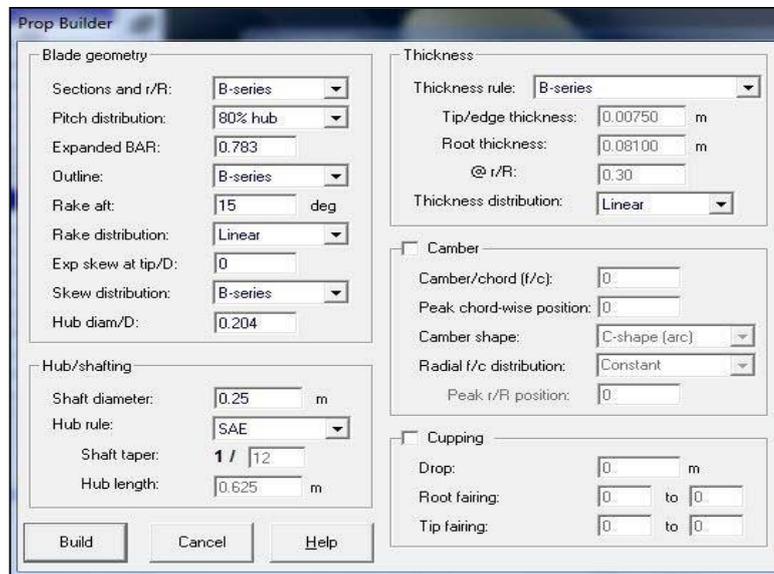
  

Edge radii					
r/R	LE back r	LE face r	TE back r	TE face r	
1.0000	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000	
0.9875	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000	
0.9750	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000	
0.9500	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000	
0.9000	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000	
0.8000	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000	
0.7000	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000	
0.6000	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000	

Gambar 9  
Section data pada propcad

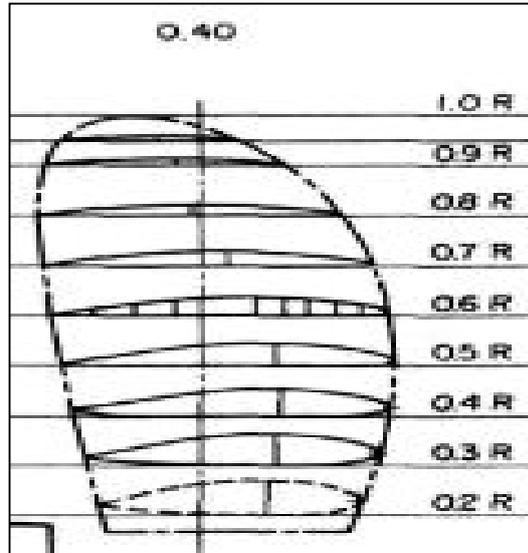
c) *Prop Builder*

Setelah *section data* maka langkah selanjutnya adalah di klik *builder* sehingga tampilannya akan seperti di bawah ini.



Gambar 10  
Prop Builder pada propcad

Pada *Section and r/R*, *Outline*, *skew distribution* dan *thickness rule* semuanya diisikan *B-series* karena desain propeller akan menggunakan tipe *B-series*. *Pitch distribution* diisikan 80% *hub* dan mempunyai konstan *pitch* pada semua jari-jari. Hanya series 4 daun yang mempunyai *pitch reduction* dari 0.5R ke *hub*, sehingga *pitch distribution* sebesar 80% *hub* dari jari-jari terluar. *Expanded BAR* (AE/AO) dari data MARIN DESP mempunyai nilai sebesar 0.786. Sedangkan untuk *Hub diam/D* diisikan nilai sebesar 0.204. Nilai tersebut berdasarkan ketentuan yang diambil dari buku *Principles of Naval Architecture Second Revision, Vol II – Edward V. Lewis hal 186* dengan sedikit penambahan nilai sebesar 0.004 agar sedikit lebih lebar.



Gambar 11  
Hub diameter/D pada 0.2R

Pada menu *Hub/Shafting*, untuk nilai dari *shaft* diameter didapatkan dari perkalian antara jari-jari *propeller* dengan *hub* diameter atau 0.2R. sehingga didapatkan nilai sebesar 0.25 m. *Hub rule* menggunakan standar SAE dengan *shaft taper* 1/12 dan *hub length* sebesar 0.625 m. Pada *thickness rule* menggunakan standar dari *B-series* dengan nilai dari *Tip/edge thickness* sebesar 0.00750 m, nilai *root thickness* sebesar 0.08100 m dan nilai  $r/R$  sebesar 0.30 dengan *thickness distribution linear*. Untuk menu *camber* dan *cupping* pada saat ini tidak perlu diisi dan dibiarkan kosong. Setelah itu klik “Build” maka akan tampil menu *section data*. Kemudian klik OK. Kemudian akan tampil gambar tampilan 3D dari desain *propeller* dengan data yang sudah dimasukkan dan didapatkan dari hasil perhitungan program MARIN DESP.

## 2. Hasil Desain *Propeller*

Setelah beberapa tahap diatas dilaksanakan dengan benar dan dilaksanakan dengan perhitungan yang valid, maka *propcad* akan menampilkan desain gambar sebagai berikut:



## BIBLIOGRAFI

- A.A.B. Dinariyana, (2012), "*Teori Bangunan Kapal*", Diktat, Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Kelautan ITS, Surabaya
- Adji, Suryo.W, (2005), "*Engine Propeller Matching*", Diktat, Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Kelautan ITS, Surabaya
- Agoes Santoso, MSc, M.Phil, (2014), "*Propulsi Kapal*", Diktat, Jurusan Teknik Mesin STTAL, Surabaya
- Edward V. Lewis, (1988), "*Principles of Naval Architecture Second Revision*", The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New Jersey
- G. Kuiper, (1992), "*The Wageningen Propeller Series*", MARIN, Netherland
- Harvald, Sv. Aa, (1992) "*Resistance and Propulsion of Ship*", John Wiley and Sons, New York
- Holtrop, J, (1984), "*Statistical Re-analysis of Resistance and Propulsion Data*", International Shipbuilding Progress, Vol. 31
- John B Woodward, (1973), "*Matching Engine and Propeller*", The Department of Naval Architecture and Marine Engineering
- Slamet Wahyudi, (2014), "*Analisa powering kapal tipe LST 117 meter dengan perhitungan numerik yang tervalidasi uji model kapal*", Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin STTAL XXXIII, Surabaya

---

### Copyright holder:

Slamet Wahyudi, Ruslan Arief, Priyonggo Syamrahmadi (2022)

### First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

### This article is licensed under:

