

SINKRONISASI PROPELLER DENGAN MESIN INDUK PADA KAPAL IKAN UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI DAN KINERJA

Propeller Synchronization on Main Engine of The Fishing Vessels to Improve Efficiency and Performance

Setyo Leksono¹

¹PTRIM - Surabaya
Email: Leksono2004@yahoo.com

Diterima: 07 Desember 2015; Direvisi: 18 Desember 2015; Disetujui: 7 Maret 2016

Abstrak

Pemilihan dan penempatan sistem penggerak kapal ikan tradisional baik ukuran kecil (sampan) maupun ukuran besar (30 GRT), lebih banyak ditentukan oleh faktor kebiasaan dan tradisi masyarakat setempat. Akibatnya, tidak adanya sinkronisasi kerja yang efektif antara lambung kapal dengan sistem penggerakannya. Pengaruh yang ditimbulkannya akan mengakibatkan kerugian, diantaranya : pemborosan bahan bakar, vibrasi, umur pakai mesin pendek, waktu tempuh lebih lama dan olah gerak kapal tidak bagus. Sinkronisasi antara lambung kapal, mesin penggerak utama serta *propeller* merupakan tahapan penentu dalam perancangan ataupun pembuatan suatu kapal. Dalam tulisan ini, hal tersebut akan dibahas dengan suatu metode yang cukup akurat untuk menentukan pemilihan *propeller*, terutama untuk kebutuhan kapal-kapal ikan. Metode yang digunakan adalah metode faktor beban *propeller* dan factor beban mesin untuk mengukur sinkronisasi antara *propeller* dengan mesin kapal.

Kata kunci: sinkronisasi, lambung, mesin, *propeller*, faktor-beban

Abstract

Selection and placement of propulsion system of small fishing vessels even the bigger size (30 GRT), more determined by habit and tradition of the local community. As a result, between the hull and the propulsion system is not synchronize. The influence incurred will result in losses, among them: a waste of fuel, vibration, live time of the engine is shorter, the longer of sailing and the motion of the ship is not good. Synchronization between hull, main engine and propeller is a decisive stage in the design or manufacture of a ship. In this paper, such matters will be discussed with a method that is accurate enough to determine the selection of the propeller, especially for the needs of the fishing vessel. For this purpose both propeller load factor and engine load factor were used for synchronization between propeller and main engine.

Keywords: *synchronization, hull, engine, propeller, load-factor*

PENDAHULUAN

Wilayah perairan Indonesia yang begitu luas memuat sentra-sentra daerah penangkapan ikan atau *fishing ground* dengan ditunjang adanya armada kapal ikan baik yang dimiliki oleh rakyat maupun perusahaan-perusahaan penangkapan ikan, akan mampu membawa bangsa Indonesia ke arti negara bahari yang hakiki. Armada kapal ikan yang dimiliki

rakyat biasanya dibuat/dibangun secara tradisional oleh galangan kapal kayu tradisional, dengan metode pembangunan yang didasarkan pada pengalaman yang diturunkan secara turun temurun serta sistem tradisi masyarakat setempat. Banyak ragam dan ukuran kapal kayu yang dioperasikan sebagai kapal penangkap ikan. Unit Penangkapan Ikan (UPPI) Dinas Perikanan-an Probolinggo telah

Sinkronisasi Propeller dengan Mesin Induk Pada Kapal Ikan untuk Meningkatkan Efisiensi dan Kinerja (Setyo Leksono)

menginventarisir jenis perahu tradisional yang dioperasikan oleh masyarakat pesisir di daerah Jawa Timur, untuk sementara ada 18 jenis perahu diantaranya : kranji, etek, pincuk, sro-ol, alis-alis. Sedangkan kapal ikan yang sebelumnya pernah distandarkan oleh Dirjen Perikanan Republik Indonesia, ada beberapa tipe dan ukuran.

Dalam kaitannya dengan standarisasi ukuran kapal ikan, Dirjen Perikanan telah membuat spesifikasi kapal ikan standard untuk beberapa tipe kapal ikan dengan tonase berkisar antara 3-60 GRT (Lihat Tabel.1.)

Dari Tabel 1 terlihat bahwa jenis kapal ikan yang dipakai oleh Dirjen Perikanan untuk menentukan tipe kapal ikan didasarkan pada jenis alat tangkap dan sistem penangkapan yang dilakukan, yakni: *gillnet*, *purse-seiner* dan *pole and line*.

Disisi lain, perkembangan sektor industri terutama untuk peralatan-peralatan berat, salah satunya mesin diesel penggerak kapal buatan PT Boma Bisma Indra (Persero), cukup bisa dibanggakan. Mesin diesel yang digunakan sebagai penggerak utama kapal yang dihasilkan oleh PT BBI merupakan hasil lisensi dari perusahaan Jerman, DEUTZ-Gmbh. Adapun tipe motor diesel yang dihasilkan oleh perusahaan ini diantaranya adalah: D203, FL912, FL913, SFL 912 dan SFL 413 R/FR/F serta FL/BF 413 F/FR/C ; secara lebih spesifik, dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada kenyataannya, banyak nelayan yang mempunyai kapal-kapal dengan ukuran 15 ton ke atas, mesin penggerak utamanya adalah mesin-mesin *automotive* (PS 120, 300 dsb).

Sedangkan *propeller* yang digunakan sebagai penggerak utama kapal, pengguna bebas memilih karena *propeller* dengan berbagai bentuk dan ukuran telah banyak tersedia di lapangan / di pasar. Sebagian besar *propeller* yang beredar dan banyak digunakan oleh masyarakat nelayan merupakan produk pengrajin tradisional dan pabrik *propeller*. Tetapi sangat disayangkan bahwa *propeller* tersebut tidak dilengkapi dengan informasi yang jelas mengenai performanya (diagram *performance* – KtKqJ diagram). Satu-satunya informasi yang bisa didapatkan adalah diameter dan kemungkinan *pitch* atau *blade area ratio* (pihak penjual tidak bisa menjelaskan tentang ukuran yang dimaksud). Secara umum ukuran *propeller* yang beredar menggunakan

angka-angka, misalnya 28-24, artinya diameter 28 inch dengan *pitch* 24 inch.

Dari hal-hal yang diuraikan di atas, terdapat tiga hal pokok bahasan / permasalahan yang bisa diangkat :

1. Kapal (kapal standard Dirjen Perikanan dan kapal ikan tradisional),
2. Mesin penggerak (buatan PT. BBI atau mesin-mesin *automotive*),
3. *Propeller*.

Dari ketiga hal tersebut, apakah ketiganya sudah membentuk suatu sinergi yang baik ataukah tidak. Bila diantara ketiganya tidak menunjukkan suatu sinergi yang cukup baik, akan mengakibatkan kerugian-kerugian yang tidak bisa dihindarkan seperti:

- modal terlalu mahal
- biaya operasional kapal tinggi karena efisiensi pemakaian bahan bakar rendah,
- performa kapal kurang bagus,
- resiko tinggi terhadap kegaduhan (*noisy*), kavitasi (*cavitation*), erosi (*erosion*).

Tabel.1. Kapal Ikan standard Dirjen Perikanan ukuran 3-60 GRT

No	Jenis kapal	GRT	Lpp (m)	B (m)	T (m)	Vd (knt)
1	Gillnet	3	5.6	2.06	0.5	6.0
2	Gillnet	5	9.29	2.85	0.7	6.0
4	Gillnet	6	8.64	2.75	0.6	7.0
4	Gillnet	7	10.6	2.5	0.7	7.0
5	Gillnet	8	11.7	3.1	0.6	7.0
6	Gillnet	10	13	3.37	0.6	8.5
7	Gillnet	12	9.97	3.4	1.0	7.5
8	Gillnet	15	15.3	3.5	0.8	7.0
9	Gillnet	30	15.5	4.3	1.3	8.5
10	Pole & line	14	11.8	3.7	1.1	7.5
11	Pole & line	20	17.0	3.68	1.0	7.5
12	Pole & line	20	16.2	3.6	1.2	7
13	Pole & line	28	20.5	4.0	1.1	8.5
18	Pole & line	35	20.1	5.68	1.0	9.0
19	Pole & line	35	20.1	4.52	1.8	9.0
20	Pole & line	60	20.6	5.6	1.6	9.0
21	Purse seiner	25	14.5	3.79	0.8	9.0
22	Purse seiner	25	16.3	4.41	1.3	9.0

Tabel.2. Karakteristik daya-putaran motor disesep produksi PT BBI

No.	Tipe	Rpm	(KW)
			Heavy
1	F6L913	1500	58
		1800	69
		2000	76
		2150	79
		2300	84
		2500	89
		2650	93
3	F8L413F	1500	109
		1800	129
		2000	140
		2150	149
		2300	157
		2500	165
4	F5L413FR	1500	68
		1800	80
		2000	87
		2150	94
		2300	98
		2500	103

PERMASALAHAN

Seperti diuraikan di atas, ada beberapa permasalahan yang perlu diperhatikan dalam pensinergian antara badan kapal, mesin penggerak dan *propeller*. Ada 3 (tiga) macam kondisi/pemilihan bentuk sinergi tersebut:

1. Kondisi pertama, kecepatan kapal telah ditentukan. *Designer* haruslah merancang lambung kapal, menghitung kebutuhan daya serta *propeller* kapal sehingga kapal mampu bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan (proses perancangan kapal yang lazim dilakukan).
2. Kondisi kedua, lambung kapal telah dibuat. Mesin dan *propeller* telah banyak tersedia di pasaran, maka *designer* haruslah menentukan sikap dalam pemilihan mesin dan *propeller* yang pas untuk kebutuhan kapal dengan ataupun tanpa batasan kecepatan.
3. Kondisi ketiga, lambung kapal telah dibuat, mesin telah disediakan. Kondisi ini akan membawa *designer* haruslah mampu memilih/merancang *propeller* yang pas/cocok untuk kondisi kapal dan mesin yang telah ada supaya kapal dapat melaju dengan kecepatan maksimum.

BAHAN DAN METODE

Beberapa kapal ikan standart yang dikeluarkan oleh Dirjen Perikanan dengan GRT berkisar 25 Ton dipakai sebagai bahan penelitian/kajian untuk memadukan antara badan kapal, mesin penggerak

dan *propeller*. Data kapal yang dipakai sebagai bahan penelitian seperti disebutkan pada Tabel 3.

Tabel.3. Data kapal Purse Seiner yang dipakai sebagai bahan kajian.

Ukuran Utama	
Loa	20.22 m
Lwl	16.32 m
B	4.389 m
H	1.85 m
T	1.38 m
V	9 knots
Cb	0.44
GT	25 ton
Displacement	44 ton

Dengan menggunakan metode Oortmerssen “perhitungan prediksi daya kapal-kapal kecil (*small boat*)”, estimasi tahanan total dan *engine power* didapatkan seperti ditampilkan pada pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil estimasi perhitungan Tahanan total kapal dan *engine power* dengan metode Oortmerssen

Tahanan Kapal	
Tahanan total	0.578 ton
EHP	26.228 kW
BHP pd NCR	103.7 HP
BHP pd MCR	122HP
Daya Engine	
Tipe	F5L413FR
Putaran	2300
Daya	128 HP

1. Perhitungan Performa *propeller* dengan metode polinomial

Salah satu seri *propeller* yang sering dipakai oleh para praktisi perkapalan adalah *propeller* keluaran Wageningen yang lebih dikenal dengan sebutan *propeller Seri-B*. Penamaan *propeller* seri ini dipresentasikan dalam bentuk B4-40 (sebagai contoh). Huruf B menyatakan *propeller* Wageningen seri B, Angka 4 pertama menunjukkan jumlah daun dan angka 40 menunjukkan harga rasio luas daun (*blade area ratio*) atau A_E / A_0 sebesar 0.40. Untuk mempercepat proses perencanaan *propeller* pada tahap awal desain (*preliminary design*), penggunaan komputer sangat membantu untuk mempersingkat waktu perencanaan.

Karakteristik *propeller* B-seri dipresentasikan dalam bentuk diagram, desainer kapal lebih mengenalnya dengan sebutan B_p atau B_u delta diagram. Kedua diagram itu sangatlah membantu desainer kapal untuk mencari optimum diameter *propeller* ataupun optimum putaran *propeller*.

Sinkronisasi Propeller dengan Mesin Induk Pada Kapal Ikan untuk Meningkatkan Efisiensi dan Kinerja (Setyo Leksono)

Sistematik seri *propeller* dibentuk dari sejumlah model *propeller* dengan variasi rasio *pitch/diameter* dan karakteristik *propeller* lainnya dibuat tetap, seperti: bentuk potongan daun, out-line daun, ketebalan daun, rasio hub dan diameter *propeller* (d/D). Hasil open water test dari model *propeller* dipresentasikan dalam bentuk diagram koefisien gaya dorong (Kt) dan koefisien torsi (Kq) sebagai fungsi dari J dan P/D untuk berbagai rasio permukaan daun (A_E/A₀) dan jumlah daun (Z),

$$K_t = \frac{T}{\dots n^2 D^4} \quad (1)$$

$$K_q = \frac{Q}{\dots n^2 D^5} \quad (2)$$

$$J = \frac{v_a}{nD} \quad (3)$$

dimana:

- T = gaya dorong (Thrust).
- Q = torsi *propeller* (Torque).
- ρ = massa jenis fluida.
- n = putaran *propeller* (RPS).
- D = diameter *propeller*.
- V_a= kecepatan arus masuk (*Velocity of advance*).

Sedangkan efisiensi *propeller* didefinisikan sebagai berikut:

$$\eta_o = \frac{J}{2f} \frac{K_t}{K_q} \quad (4)$$

Beberapa keterbatasan yang dimiliki oleh *propeller* seri ini adalah :

- i. rasio P/D : 0.5 ÷ 1.4
- ii. rasio permukaan daun : 0.3 (untuk 2 daun) - 1.05 (untuk 5 daun)
- iii. jumlah daun : 2 ÷ 7

Namun dalam prakteknya, penggunaan diagram B_p maupun B_u delta untuk menentukan optimum diameter dan putaran *propeller*, sangatlah memakan waktu dan tidak efisien. MWC Oosterveld dan P Van Oossanen⁽³⁾, telah mengembangkan suatu metode perencanaan *propeller* B-seri dengan bantuan komputer dengan memakai metode polinomial.

Analisa Regresi kurva K_t dan K_q dilakukan untuk mendapatkan K_t dan K_q pada harga P/d, Z, A_E/A₀ dan J yang bersesuaian.

$$K_t = f_1(P/D, Z, A_E/A_0, J) \quad (5)$$

$$K_q = f_2(P/D, Z, A_E/A_0, J) \quad (6)$$

Perhitungan pendekatan harga K_t dan K_q didasarkan pada hasil test Tangki (*Towing Tank*)

pada sejumlah model *propeller* Wageningen. Dari sejumlah data *open-water test* dilakukan *fairing* dengan menggunakan metode analisa regresi. Hal ini telah dikembangkan oleh Van Lammeren⁽³⁾ serta Oosterveld dan Van Oossanen⁽⁵⁾.

Perhitungan (*fairing*) lebih lanjut dilakukan oleh Oosterveld dan Van Oossanen⁽⁴⁾, dimana Koefisien gaya dorong (K_t) dan torsi (K_q) *propeller* diekspresikan sebagai bentuk polinomial dalam J, P/D, A_E / A₀, Z.

Persamaan umum regresi polinomial yang digunakan untuk menurunkan rumus adalah :

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2}^2 + \dots + b_k x_{ki}^k \quad (7)$$

dimana b_i adalah koefisien polinomial.

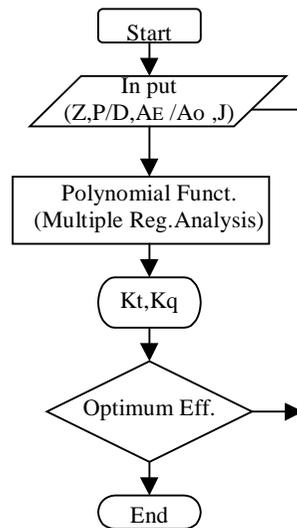
Dengan menggunakan hasil regresi polinomial yang dihasilkan oleh Oosterveld dan Van Oossanen, harga K_t dan K_q dapat dicari sebagai berikut (persamaan 8 dan 9 di bawah ini) :

$$K_t = \sum_{s,j,u,v} C_{s,j,u,v} * (J)^s (P/D)^j (A_E/A_0)^u (Z)^v \quad (8)$$

$$K_q = \sum_{s,j,u,v} C_{s,j,u,v} * (J)^s (P/D)^j (A_E/A_0)^u (Z)^v \quad (9)$$

dimana C adalah koefisien polinomial. Harga koefisien polinomial untuk gaya dorong dan torsi dapat dilihat pada Ref.⁽⁵⁾ Dengan memasukkan harga J, A_E / A₀, P/D dan jumlah daun, karakteristik *propeller* B-seri untuk kondisi uji air terbuka (*open water test*) dapat ditemukan.

Prosedur perhitungannya dapat dilihat pada diagram alir Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perhitungan karakteristik kinerja *propeller* B-seri

2. Metodologi Penentuan Propeller

Beberapa tahapan pekerjaan yang harus dilaksanakan untuk menentukan *propeller* yang sesuai untuk kebutuhan kapal dan mesin penggerak adalah sebagai berikut:

1. Menentukan putaran *propeller* (n), PT BBI merekomendasikan besarnya *gear ratio* untuk keperluan di lapangan sebesar 3:1 (*Gear box* Hangzhu seri 300)

2. Menghitung *advance ratio* (J)

$$J = V_{ad}/(n \cdot D)$$

dimana,

$$V_{ad} = (1-w)V_s$$

$$V_{ad} = \text{advance speed (m/det)}$$

$$w = \text{wake fraction}$$

$$= -0.05 + 0.50 C_b \text{ (untuk single screw)}$$

$$V_s = \text{kecepatan kapal (m/det)}$$

$$D = \text{diameter propeller}$$

(dalam perhitungan, diameter *propeller* divariasikan dengan batasan $< 0.7T$)

3. Berdasarkan nilai J yang didapat, digunakan untuk mencari efisiensi optimum *propeller* pada kurva diagram *open water* yang sudah dikembangkan dalam bentuk polinomial dengan memvariasikan :

$$\text{Jumlah daun (Z): 3 s/d 4}$$

$$\text{Pitch ratio (P/D): 0.5 s/d 1.4}$$

$$\text{Ae/Ao : 0.35 s/d 0.85}$$

4. Pengecekan load *propeller* dengan load engine. Dimana besarnya *load engine factor* harus lebih besar daripada *load propeller factor*, hal ini karena untuk mengatasi terjadinya momen puntir *propeller* terhadap *engine*. Korelasi antara *propeller* terhadap daya *engine* yang dibutuhkan menurut M.C.W Oorstevelde dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{K_Q}{J^5} = \frac{Qn^3}{\dots V_{ad}^5} \left(\frac{Pd * n^2}{2f \dots V_{ad}^5} \right) \quad (10)$$

dimana:

$$Q = \text{Torsi propeller}$$

$$= \text{massa jenis air laut (kg/m}^3\text{)}$$

Pd = besarnya BHP dikurangi *shaft losses* (untuk kamar mesin di belakang *shaft losses* sebesar 3%). Dalam perhitungan perencanaan *propeller*, besarnya Pd divariasikan dari 100% MCR sampai dengan 50% MCR.

5. Pengecekan terhadap gaya dorong (*Thrust*) yang dihasilkan.

Besarnya gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan oleh *propeller* harus mampu melawan gaya tahan (*Resistance*) kapal pada kecepatan tertentu. Jadi $T_{prop} > T_{ship}$, dimana:

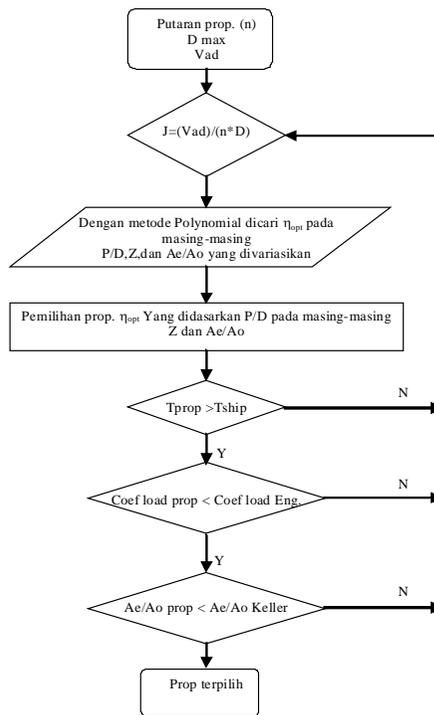
$$T_{prop} = K_T n^2 \dots D^4$$

$$T_{ship} = \frac{R}{1 - t}$$

$$t = \text{thrust deduction factor}$$

$$= (0.5-0.7) w$$

Proses desain *propeller* dapat dipresen-tasikan seperti pada Gambar 2.



Gambar.2. Diagram alir pemilihan *propeller*

Tabel. 5. Hasil Perhitungan *Propeller* pada kapal ikan tipe Purse-seiner 25GT

Jumlah daun		3
Diameter	m	0.78
P/D		0.58
Pitch	m	0.452
Ae/Ao		0.5
E ffisiensi		0.538
Koef.Thrust		0.1047
Koef.Torsi		0.012
Thrust Prop.	N	6486
Load prop.		1.402
Thrust ship	N	6307
Load Engine	100% MCR	2.761
	90% MCR	2.485
	80% MCR	2.209
	70% MCR	1.932
	60% MCR	1.656
	50% MCR	1.38

PEMBAHASAN

Sinkronisasi antara lambung kapal, mesin dan *propeller* atau lebih dikenal dengan istilah *propeller matching* merupakan hal terpenting dalam penentuan kinerja suatu kapal. Persamaan (10) merupakan suatu formula yang sangat berguna bagi para perancang kapal untuk menentukan sinkronisasi antara mesin induk dengan *propeller*. Ada 2 istilah dasar pada persamaan (10) yang sangat berguna, yakni:

- Faktor beban *propeller* ($Q_n^3 / \dots v_{ad}^5$)
- Faktor beban mesin ($P_d n^2 / 2f \dots v_{ad}^5$)

Arti harfiah dari kedua faktor tersebut adalah:

- faktor beban *propeller* adalah kebutuhan daya *propeller* untuk berputar guna menghasilkan *thrust* yang diinginkan.
- faktor beban mesin adalah daya yang disediakan mesin untuk memutar *propeller* guna menghasilkan *thrust* yang diinginkan.

Dengan mengambil contoh kapal ikan 25 GT dari Ditjen Perikanan, sinkronisasi antara lambung, mesin dan *propeller* dilakukan seperti terlihat pada Tabel 5. Tabel 5 merupakan hasil perhitungan *propeller matching* pada kasus-kasus yang lazim dalam dunia perkapalan. Pada kecepatan kapal yang diinginkan serta ketersediaan mesin penggerak kapal yang telah ditentukan, maka *propeller* yang sesuai untuk kapal yang dimaksud adalah *propeller* diameter 78 cm berdaun 3 dengan *blade area ratio* 0.5 dan *pitch diameter ratio* sebesar 0.452.

Dalam kasus kapal ikan tradisional, pembuatan lambung dilakukan tanpa adanya gambar-gambar teknis (*lines plan* dan sebagainya), serta mesin penggerak yang telah ditentukan oleh pemilik kapal, maka sinkronisasi dilakukan dengan persamaan (10) melalui tahapan sebagai berikut :

- pada beberapa variasi kecepatan yang diinginkan, hitung faktor beban mesin,
- dengan bantuan diagram Kt Kq *propeller* B series, pada kecepatan yang sesuai, lihat besarnya Kq *propeller* untuk masing-masing variasi *blade area ratio*,
- pilih *propeller* dengan faktor beban *propeller* lebih kecil daripada faktor beban mesin,
- dari hasil tahapan di atas, pilih *propeller* dengan efisiensi yang paling baik.

KESIMPULAN

Dalam pemilihan/penentuan ukuran *propeller* untuk menggerakkan kapal pada kecepatan yang ditentukan, dan dengan bantuan diagram *performance* ataupun perangkat lunak yang ada (metode *polynomial propeller* B-series), maka tahapan yang perlu dilakukan adalah :

- Menghitung faktor beban mesin pada kecepatan yang ditentukan atau pada variasi kecepatan (apabila kecepatan kapal tidak diketahui).
- Pada kecepatan kapal yang ditentukan, putaran mesin serta diameter *propeller* yang diijinkan, hitung besarnya faktor beban *propeller* untuk masing jumlah daun, *pitch diameter ratio* ataupun *blade area ratio*.
- Pilih *propeller* yang mempunyai faktor beban *propeller* lebih kecil daripada faktor beban mesin serta yang mempunyai efisiensi yang paling tinggi.
- Dengan menggunakan formula Keller, bandingkan apakah *blade area ratio propeller* terpilih lebih besar daripada *blade area ratio* Keller.

DAFTAR PUSTAKA

- Gunsteren, LA van and Pronk, C. *Propeller design concepts*, technicals papers, LIPS BV, Drunen, Holland.
- Kuiper, G. (1992), *The Wageningen propeller series*, MARIN.
- Lammeren, WPA van, Manen, JD van and Oosterveld, MWC. (1969), *The Wageningen b-screw series*, Trans SNAME.
- Oosterveld, MWC dan Van Oossanen, P. *Further computer-analysed data of the Wageningen B-screw serie*, MARIN, Publication No.-
- Oosterveld, MWC and Oossanen, P van. (1972), *Recent developments in marine propeller hydrodynamics*, Jubilee Meeting of NSMB.
- Oossanen, P van. *Calculation of performance and cavitation characteristics of propeller including effects of non uniform flow and viscosity*, Publication No.457, NSMB, Wageningen.
- Oossanen, P van. (1979), *Theoretical prediction of cavitation on propellers*, Marine Technology, Vol.4.