

Investigasi Efisiensi Propeler Kapal Ikan Tradisional

*Deni Mulyana, Jamari, Rifky Ismail

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang 50275

*E-mail: deni.m99i@gmail.com

ABSTRAK

Kapal ikan tradisional biasanya dibuat dari kayu dan dengan pola kapal yang diperoleh secara empiris sebagai warisan turun-temurun tanpa diketahui nilai hambatan kapalnya. Adapun sistem propulsi kapal ikan tradisional saat ini biasanya menggunakan propeler sebagai pendorong kapal. Pemilihan propeler biasanya hanya berdasarkan kesediaan di pasaran dan kecocokan dengan *shaft* kapal yang dipakai, tanpa memperhatikan faktor hambatan kapal sebagai pertimbangan pemilihan propeler. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi nilai hambatan kapal ikan tradisional serta mengetahui kinerja propeler yang terpasang sehingga dapat diketahui apakah pemilihan propeler kapal yang terpasang di kapal sudah baik atau tidak. Jenis kapal ikan yang diteliti adalah kapal ikan jenis *purse seine* di perairan Tegal. Pengambilan data mencakup ukuran utama kapal serta ukuran utama propeler yang terpasang. Kemudian dilakukan pemodelan kapal, estimasi hambatan kapal, dan estimasi efisiensi propeler yang terpasang pada kapal dengan mengasumsikan bahwa propeler kapal merupakan tipe B-series. Efisiensi *open water* propeler terpasang akan dibandingkan dengan efisiensi *open water* propeler yang dirancang dengan menggunakan perangkat lunak. Dari pengolahan data didapatkan bahwa nilai hambatan kapal diprediksi sebesar 3.08 kN pada kecepatan kapal 7 knot. Efisiensi *open water* propeler terpasang sebesar 0.478 sedangkan propeler hasil perhitungan perangkat lunak mempunyai efisiensi *open water* sebesar 0.546. Ini menunjukkan bahwa pemilihan propeler yang terpasang pada kapal ikan tradisional yang diteliti masih kurang baik

Kata kunci: efisiensi *open water*, hambatan kapal, propeler B-series

1. PENDAHULUAN

Sistem propulsi (penggerak) kapal sangat berpengaruh pada kinerja operasional sebuah kapal laut. Sistem propulsi yang baik akan menjadikan kapal laut mampu bekerja pada kecepatan yang diinginkan. Berdasarkan observasi yang dilakukan oleh Sukadana dan Suastawa [1], semua unit kapal ikan jenis payang yang diobservasi menggunakan sistem propulsi yang seragam yang dipilih sesuai kebiasaan bertahun-tahun dan disesuaikan dengan ketersediaan di pasaran. Hal ini menunjukkan bahwa sistem propulsi pada kebanyakan kapal nelayan tradisional di perairan nusantara tidak direncanakan melalui suatu perancangan yang baik.

Dari observasi di perairan Tegal didapatkan bahwa kapal-kapal ikan nelayan tradisional di sana dibuat dari kayu dengan pola yang seragam. Pola ini diperoleh secara empiris dari ilmu warisan turun-temurun. Hampir semua pengrajin pembuat kapal tidak mengetahui seberapa besar nilai hambatan kapal yang mereka buat. Padahal nilai hambatan kapal sangat berpengaruh pada perancangan propeler. Karena agar kapal bisa bergerak dengan kecepatan yang diinginkan, diperlukan propeler yang bisa menghasilkan gaya dorong yang nilainya lebih besar dari hambatan kapal [2-4].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menginvestigasi nilai hambatan kapal ikan yang menjadi objek penelitian dan mengetahui kinerja propeler yang terpasang sehingga dapat diketahui apakah pemilihan propeler yang terpasang sudah baik atau belum. Kinerja yang akan dicari adalah nilai efisiensi propeler pada kondisi *open water* dengan mengasumsikan bahwa propeler yang terpasang termasuk jenis Wageningen B-series.

Secara umum kinerja propeler ditampilkan dalam parameter nondimensional berupa koefisien gaya dorong (K_T), koefisien torsi (K_Q), dan efisiensi propeler (η) [5-8]. Karakteristik geometri terpenting untuk memprediksi kinerja propeler B-series adalah diameter (D), *pitch-diameter ratio* (P/D), *blade area ratio* (Ae/Ao), dan jumlah *blade* (Z) [5, 8]. Nilai K_T dan K_Q dapat dihitung dengan polinomial (lihat rumus 1 dan 2) yang diperkenalkan oleh Oosterveld dan van Oossanen [8]. Sedangkan nilai efisiensi *open water* dihitung dengan rumus 3 [5-8].

$$K_T = \sum_{n=1}^{39} C_n (J)^{s_n} \left(\frac{P}{D}\right)^{t_n} \left(\frac{Ae}{Ao}\right)^{u_n} (Z)^{v_n} \quad (1)$$

$$K_Q = \sum_{n=1}^{47} C_n (J)^{s_n} \left(\frac{P}{D}\right)^{t_n} \left(\frac{Ae}{Ao}\right)^{u_n} (Z)^{v_n} \quad (2)$$

$$\mu_o = \frac{JK_T}{2\pi K_Q} \quad (3)$$

$$J = \frac{v_A}{n \times D} \quad (4)$$

dimana:

$J = \text{advance number}$ $v_A = \text{speed of advance}$ $n = \text{putaran propeler}$

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu (1) estimasi hambatan kapal ikan, (2) analisis kinerja propeler yang terpasang pada kapal ikan, dan (3) perancangan propeler yang sesuai untuk kapal ikan yang diteliti. Data terkait kapal dan propeler terpasang diambil di galangan kapal kayu milik KUD Karya Mina, Tegal. Dalam penelitian ini akan digunakan alat dan bahan berupa:

1. Alat ukur (meteran, mistar baja, jangka sorong, mikrometer),
2. Tali tambang dan bandul pemberat,
3. Perangkat komputer, dan
4. Perangkat lunak penunjang (DELFTShip, NavCad, dan FREE!Ship Plus).

2.1. Estimasi Nilai Hambatan Kapal

Untuk dapat mencari nilai hambatan maka terlebih dahulu dicari data geometri utama kapal ikan. Geometri diukur secara manual langsung pada kapal. Dari data geometri yang diperoleh, lalu dibuat model lambung kapal tiga dimensi dengan menggunakan perangkat lunak DELFTship. Dari model lambung kapal ini maka diperoleh parameter-parameter desain hidrostatis kapal yang diperlukan untuk mengestimasi nilai hambatan. Selain data geometri kapal, diukur juga data geometri propeler agar dapat mencari nilai parameter hasil interaksi antara propeler dengan lambung kapal.

Ada banyak metode yang dipakai untuk mencari hambatan kapal. Dalam penelitian ini metode estimasi hambatan yang digunakan adalah metode Holtrop [9, 10] dengan memperhatikan terlebih dahulu syarat batasan parameter hidrostatis yang perlu dipenuhi. Estimasi hambatan ini akan dilakukan pada variasi kecepatan kapal 2 (dua) sampai dengan 9 (sembilan) knot. Untuk membantu mengestimasi nilai hambatan kapal, akan digunakan perangkat lunak Free!Ship. Nilai parameter yang dihasilkan dari interaksi antara propeler dengan lambung kapal yaitu *thrust deduction coefficient* (t), *wake fraction coefficient* (w), *relative rotational efficiency* (η_r), dan kecepatan putar propeler (n) juga dicari nilainya dengan menggunakan perangkat lunak NavCad.

2.2. Analisis Kinerja Propeler yang Terpasang

Analisis kinerja propeler ditampilkan dengan kurva karakteristik *open water* yang didapatkan dari polinomial propeler Wageningen B-series dengan input berupa parameter geometri propeler terpasang. Dari kurva tersebut diperoleh nilai efisiensi *open water* propeler. Perhitungan kinerja propeler ini akan dibantu oleh program propol.exe pada perangkat lunak Free!Ship.

2.3. Perancangan Propeler Menggunakan Perangkat Lunak

Agar dapat mengetahui apakah pemilihan propeler yang terpasang di kapal yang diteliti sudah baik atau tidak maka perlu dilakukan perbandingan kinerja propeler terpasang dengan propeler hasil perhitungan teknik. Maka dilakukan perancangan menggunakan program propcalc.exe pada perangkat lunak Free!Ship untuk mendapatkan propeler yang memenuhi kebutuhan kapal ikan yang diteliti. Propeler yang didapatkan dari perhitungan ini kemudian dianalisis kinerjanya menggunakan polinomial propeler B-series dan ditampilkan dalam kurva karakteristik *open water*. Nilai efisiensi *open water* kedua propeler tersebut akan dibandingkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Kapal dan Pembuatan Model Lambung Kapal

Kapal ikan tradisional yang menjadi objek penelitian (Gambar 1) adalah kapal jenis *purse seine*. Data umum dan data geometri kapal ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data umum kapal ikan tradisional yang diteliti.

No	Data	
1	Nama kapal	KM Maju Jaya
2	Engine	Mitsubishi Colt Diesel 4 Silinder
3	Daya mesin maksimal	110 HP
4	Putaran maksimal	2900 rpm
5	Gearbox ratio	4 : 1
6	Tipe lambung	Full displacement
7	Jumlah mesin	1 (single engine)
8	Jumlah propeler	1 (single propeller)
9	Kecepatan dinas	7 knot

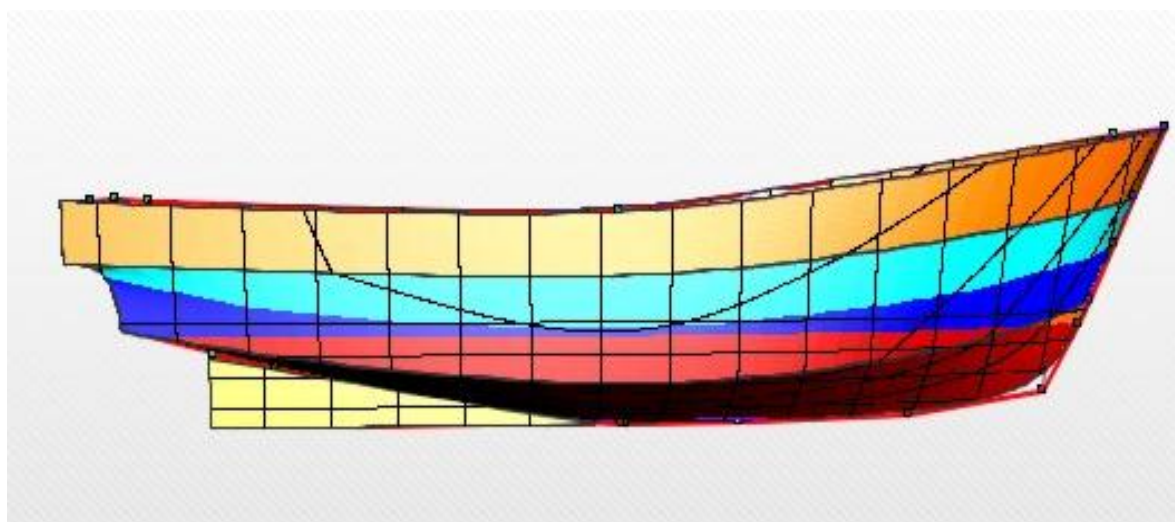


Gambar 1. KM Maju Jaya yang menjadi objek penelitian.

Tabel 2. Hasil pengukuran geometri kapal.

No	Parameter Geometri	Satuan	Nilai Pengukuran
1	L_{OA} (panjang keseluruhan)	m	16.15
2	L_{WL} (panjang pada garis air)	m	14.32
3	B (lebar desain)	m	3.5
4	B_{OA} (lebar terbesar)	m	3.7
5	B_{WL} (lebar pada garis air)	m	3.46
6	T_s atau D_s (sarat)	m	1.4
7	I (kedalaman poros <i>shaft</i>)	m	0.6

Pengukuran geometri kapal dilakukan langsung pada kapal secara manual, menggunakan alat ukur sederhana seperti meteran serta alat bantu lain seperti tambang dan bandul pemberat. Pengukuran ini dilakukan di saat kapal sedang di darat dan juga saat di air laut. Data geometri utama kapal dijadikan acuan untuk membuat gambar model lambung kapal. Proses pemodelannya dilakukan dengan bantuan perangkat lunak DELFTShip. Karena keterbatasan data pengukuran, maka model lambung tidak akan sama persis dengan bentuk aslinya, akan tetapi dapat dikatakan model yang dibuat sudah mendekati ukuran sebenarnya. Hasil pemodelan lambung kapal diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model lambung kapal.

Setelah model lambung kapal dibuat maka dapat diperoleh beberapa data desain hidrosatis kapal yang diperlukan sebagai inputan untuk menghitung hambatan kapal. Data-data yang diperlukan tersebut diberikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data parameter desain hidrosatis lambung kapal.

No	Parameter	Simbol	Satuan	Nilai
1	Total displaced volume	∇	m ³	29.973
2	Displacement	∇	ton	30.538
3	Wetted surface area	A_{WS}	m ²	56.425
4	Waterplane area	A_{WL}	m ²	41.224
5	Midship section area	A_M	m ²	3.408
6	Longitudinal center of bouyancy	LCB	m	7.491
7	Longitudinal center of bouyancy	LCB	%	-3.551
8	Block coefficient	C_{BWL}	-	0.4293
9	Prismatic coefficient	C_P	-	0.6103
10	Midship coefficient	C_M	-	0.7035
11	Waterplane coefficient	C_{WL}	-	0.8316

3.2. Data Geometri Propeler

Kapal yang diteliti mempunyai sebuah propeler yang memiliki empat buah *blade* (Gambar 3). Pengukuran propeler dilakukan untuk mencari diameter, *pitch*, dan *blade area ratio*. Hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 4. Untuk selanjutnya propeler terpasang ini diasumsikan sebagai propeler jenis Wageningen B-series.

Tabel 4 Hasil pengukuran geometri propeler terpasang.

No	Parameter Geometri	Satuan	Nilai Pengukuran
1	Diameter (D)	m	0.8
2	Pitch (P)	m	0.4
3	Pitch diameter ratio (P/D)	-	0.5
4	Blade area ratio (A_e/A_o)	-	0.55

**Gambar 3.** Propeler yang terpasang pada kapal ikan.

3.3. Estimasi Hambatan Kapal

Untuk memprediksi hambatan kapal ada beberapa metode yang biasa dipakai. Pada penelitian ini metode yang akan digunakan adalah metode Holtrop yang memiliki syarat batasan parameter hidrostatis yang ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Batasan parameter metode Holtrop [9,10].

Parameter	Batasan Holtrop	Desain Kapal	Keterangan
L_{WL}/B_{WL}	3.9 – 14.9	4.144	Memenuhi
B_{WL}/T	2.1 – 4.0	2.47	Memenuhi
C_P	0.55 – 0.85	0.6103	Memenuhi
Fn	0.05 – 1.0	0.315	Memenuhi

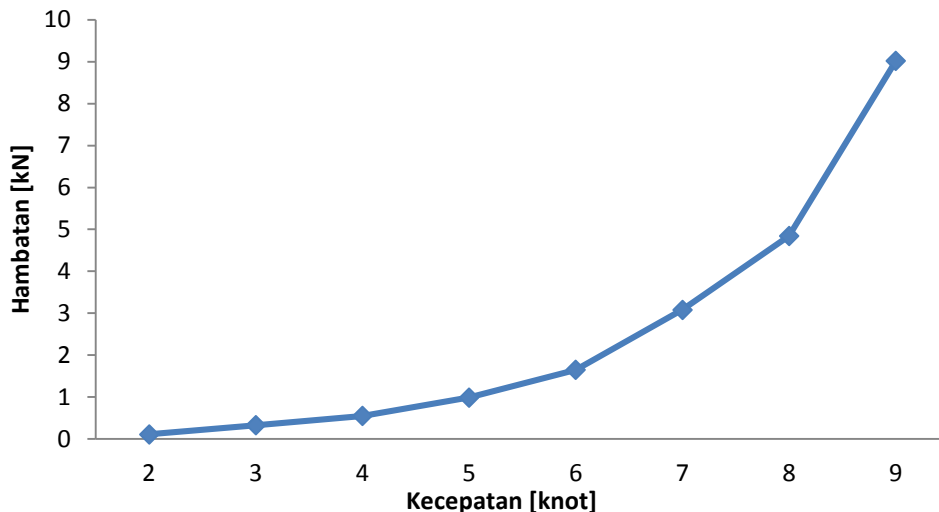
Tabel 5 menunjukkan bahwa desain kapal yang diteliti memenuhi syarat perhitungan hambatan kapal metode Holtrop. Selanjutnya untuk membantu prediksi nilai hambatan, digunakan program hydronship yang terintegrasi pada perangkat lunak Free!Ship. Dalam memprediksi nilai hambatan kapal ini dilakukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Kecepatan kapal dibatasi mulai dari 2 sampai dengan 9 knot.
2. Tidak memasukan data angin, gelombang, dan *appendages*.
3. Pengaruh angin, gelombang, dan *appendages* kapal diasumsikan sebesar 10% dari hambatan lambung kapal.

Selain nilai hambatan kapal nilai parameter hasil interaksi antara propeler dengan lambung kapal juga dihitung menggunakan bantuan perangkat lunak NavCad. Hasil dari perhitungan ini ditampilkan pada Tabel 6. sedangkan hubungan antara kecepatan kapal dengan hambatan kapal ditampilkan dalam grafik pada Gambar 4.

Tabel 6 Nilai hambatan total kapal dan parameter hasil interaksi propeler dengan lambung kapal.

v [knot]	R_T [kN]	w [-]	t [-]	η_r [-]	n Engine [rpm]	n Propeler [rpm]
2	0.1	0.1880	0.2204	1.01	610.6	152.7
3	0.33	0.1850	0.2204	1.01	905.6	226.4
4	0.55	0.1831	0.2204	1.01	1201.5	300.4
5	0.99	0.1817	0.2204	1.01	1520.5	380.1
6	1.65	0.1807	0.2204	1.01	1904.6	476.1
7	3.08	0.1798	0.2204	1.01	2415.4	603.8
8	4.84	0.1791	0.2204	1.01	2911.6	727.9
9	9.02	0.1785	0.2204	1.01	3709.7	927.4



Gambar 4. Kurva hubungan antara kecepatan dengan hambatan kapal.

Dari hasil prediksi hambatan serta analisis interaksi propeler dengan lambung kapal pada kecepatan kapal 7 knot didapatkan data sebagai berikut:

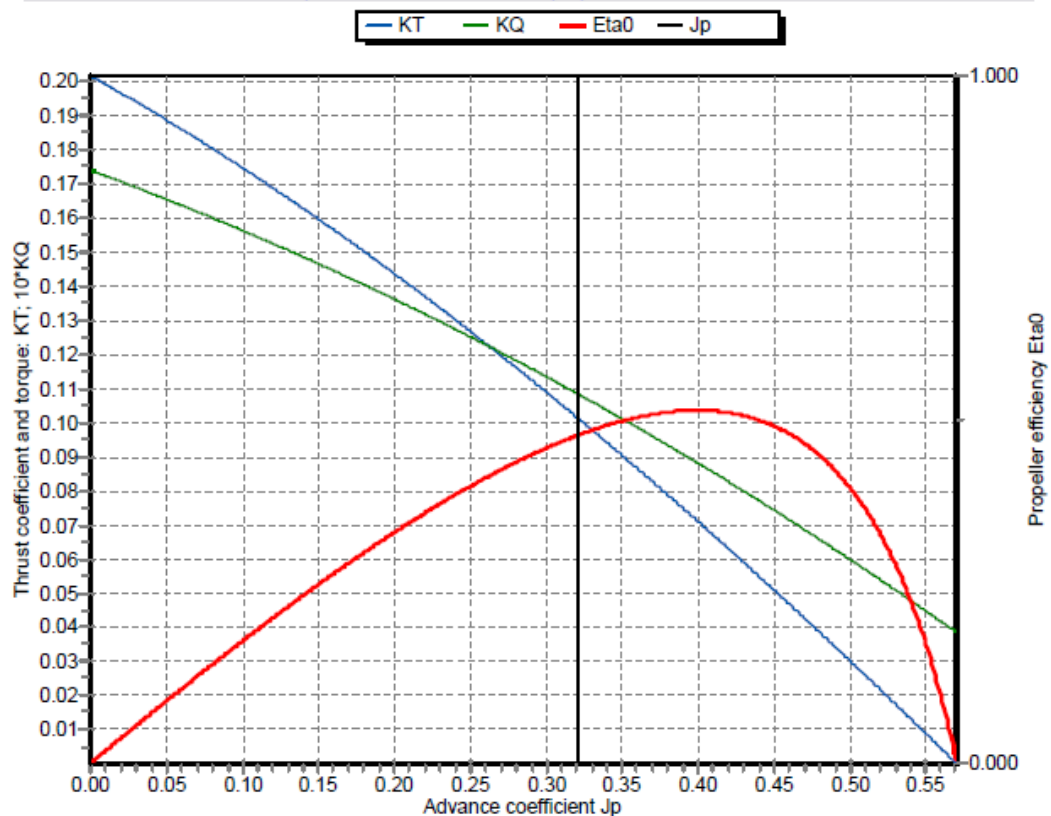
1. Hambatan total, R_T = 3.08 kN
2. Wake fraction coefficient, w = 0.1791
3. Thrust deduction coefficient, t = 0.2204
4. Relative rotative efficiency, η_r = 1.01
5. Putaran propeler, n = 603.8 rpm

3.4. Analisis Kinerja Propeler Terpasang

Kinerja propeler terpasang dihitung dengan polinomial B-series. Dengan memasukan input berupa parameter propeler (D , P/D , A_e/A_o), putaran propeler (n), dan *advance speed* (v_A) kita dapat melihat kinerja propeler pada kecepatan kapal tertentu, dalam hal ini kecepatan kapal yang diinginkan adalah 7 knot. Nilai *advance speed* dicari terlebih dahulu, didapatkan:

$$v_A = v (1 - w) = 7(1 - 0.1798) = 5.74 \text{ knot} = 2.95 \text{ m/s}$$

Dengan menggunakan program propol.exe pada perangkat lunak Free!Ship dapat ditampilkan kurva karakteristik *open water* dari propeler (Gambar 5).



Gambar 5. Karakteristik *open water* propeler terpasang.

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa untuk kecepatan 7 knot dan putaran 603.8 rpm didapatkan pada nilai J 0.3277 dan menghasilkan efisiensi *open water* sebesar 0.478.

3.5. Perancangan Propeler dengan Perangkat Lunak

Sebagai pembandingan bagi propeler yang terpasang pada kapal, maka dirancang propeler yang sesuai dengan spesifikasi kapal yang diteliti. Perancangannya menggunakan program propcalc.exe pada perangkat lunak Free!Ship. Dengan memasukkan data berupa nilai v , R_T , w , dan t , dihitung propeler yang memenuhi kebutuhan kapal. Batasan yang diberikan pada proses ini adalah nilai *blade area ratio*, *diameter*, dan jumlah *blade* dibuat sama dengan propeler terpasang. Proses perhitungan memberikan hasil:

1. Diameter propeler (D) = 0.8 m
2. Pitch diameter ratio (P/D) = 0.941
3. Blade area ratio (A_e/A_o) = 0.55

Untuk propeler dengan parameter tersebut nilai *advance coefficient* (J) yang optimum pada kecepatan 7 knot adalah 0.511 pada putaran propeler 434 rpm. Nilai efisiensi *open water* yang dapat dicapai adalah sebesar 0.546. Jika dibandingkan maka propeler hasil perhitungan ini mempunyai nilai efisiensi 14.2% lebih tinggi dibanding propeler terpasang.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa pada kecepatan 7 knot, hambatan kapal yang diteliti sebesar 3.08 kN dan propeler terpasang menghasilkan efisiensi *open water* sebesar 0.478. Nilai efisiensi di bawah 0.5 termasuk rendah untuk sebuah propeler kapal, hal ini menunjukkan bahwa pemilihan propeler terpasang yang dilakukan oleh nelayan tradisional masih kurang baik. Adapun propeler yang dirancang dengan bantuan perangkat lunak memiliki efisiensi *open water* sebesar 0.546 atau lebih tinggi 14.2% dibanding propeler terpasang.

5. REFERENSI

- [1] Sukadana I.B.P. dan Suastawa I.W., 2009, "Rancangan propeller optimum kapal ikan tradisional", *Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi LOGIC*, Vol 9 No. 2, Hal 88- 92.
- [2] Adji, S.W., 2002, "Resistance and Propulsion", Bahan ajar, ITS, Surabaya.
- [3] Adji, S.W., 2002, "Ship Powering", Bahan ajar, ITS, Surabaya.
- [4] Adji, S.W., 2006, "Pengenalan Sistem Propulsi", Bahan ajar, ITS, Surabaya.
- [5] Kuiper, G., 1992, "The Wageningen Propeller Series", MARIN Publication, Wageningen.
- [6] Man, 2012, "Basic Principles of Ship Propulsion", Man Diesel & Turbo.

- [7] Oosterveld, M.W.C. dan Oossanen, P. van, 1972, "Recent development in marine propeller hydrodynamics", *Netherlands Ship Model Basin (MARIN)*.
- [8] Oosterveld, M.W.C. dan Oossanen, P. van, 1975, "Further computer-analyzed data of the Wageningen B-screw series", *International Shipbuilding Progress*.
- [9] Holtrop, J., dan Mennen, G. G. J., 1982, 'An approximate power prediction method', *Netherlands Ship Model Basin (MARIN)*.
- [10] Holtrop, J.A., 1984, 'Statistical re-analysis of resistance and propulsion data', *International Shipbuilding Progress*. Vol.31.