

# ANALISA PEMILIHAN *PROPELLER* TIPE B-SERIES PADA KAPAL FERİ RO-RO 600 GT DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI MATCHPRO

## *Selection Analysis of B-Series Propeller Type on Ferry Ro-Ro 600 GT Vessel using Matchpro Applications*

Habibi<sup>1</sup> dan Nurhadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Sistem Perkapalan, FTK - ITS, Surabaya.

<sup>2</sup>Balai Teknologi Hidrodinamika, BPPT, Surabaya.

Email: habibi\_bje@yahoo.com

Diterima: 23 Agustus 2016; Direvisi: 23 Oktober 2016; Disetujui: 23 Nopember 2016

### Abstrak

Kondisi perairan Indonesia yang terdiri dari ribuan gugusan pulau memberikan tantangan untuk mendesain alat transportasi yang efisien dari segi pengoperasiannya. Kapal Feri Ro-Ro merupakan salah satu alternatif yang dipakai. Namun dari beberapa kasus didapatkan bahwa kapal tidak memenuhi kecepatan sesuai perencanaan. Salah satu penyebabnya adalah turunnya efisiensi dari *propeller*. Turunnya efisiensi *propeller* ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya terjadinya kavitasi pada *propeller*, ketidak sesuaian mesin dan *propeller* yang digunakan pada saat operasional, sehingga diperlukan suatu metode *engine propeller matching*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tipe *propeller B-series* yang tepat untuk kapal Feri Ro-Ro 600 GT dengan menggunakan aplikasi Matchpro dengan database *propeller* dan mesin penggerak yang digunakan. Dari hasil penelitian diketahui bahwa tipe *propeller B-Series* yang paling efisien dipasang pada Kapal Feri Ro-Ro 600 GT adalah tipe B335.

**Kata kunci:** kapal feri, efisiensi *propeller*, Matchpro

### Abstract

*Indonesian maritime condition that consists of thousands of islands, provides a challenge to design an efficient transportation for operation. Ferry Ro-Ro is one of alternative that is used. But in some cases it was found that the vessel does not reach the speed according to the plan. One of the reasons is decline in the efficiency of propeller. The fall of propeller efficiency is caused by several factors, including the occurrence of cavitation of the propeller, mismatch between engine power with propeller that used during operation, so, a method of engine propeller matching is needed. This study is aimed to analyze the type of propeller B-series for Ferry Ro-Ro 600 GT, by using Matchpro application based on propeller database and engine driving that used. The result shown that the best type of efficient propeller of B-Series for Ferry Ro-Ro 600 GT is B335 type.*

**Keywords:** ferry vessel, propeller efficiency, Matchpro

### PENDAHULUAN

Kapal feri adalah kapal khusus yang dibuat atau dibangun untuk penyeberangan barang dan penumpang, dengan jarak pelayaran pendek dan dekat,

dengan melintasi sungai, kawasan pelabuhan, juga sepanjang pantai atau pulau. Kapal feri beroperasi sepanjang pantai suatu pulau dan atau antar pulau yang hanya membawa sedikit kendaraan dan penumpang.

Dalam beroperasi, suatu kapal feri setidaknya harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kecepatan dinas ( $V_s$ ) seperti yang sudah direncanakan sejak awal. Hal ini berarti bahwa, kapal yang beroperasi dengan baik haruslah memiliki suatu rancangan sistem penggerak (*propulsion system*) yang dapat mengatasi keseluruhan gaya hambat (*total resistance*) yang terjadi agar tetap dapat mempertahankan kecepatan dinas seperti yang sudah direncanakan.

Kapal Feri Ro-Ro adalah kapal yang dibangun untuk penyebrangan kendaraan dan penumpang dengan jarak yang pendek dalam melintasi sungai atau pantai suatu pulau atau antar pulau. Sebagai produk teknologi transportasi, maka Kapal Feri Ro-Ro mempunyai ciri-ciri umum sebagai berikut:

- Geladak diisyaratkan dengan lebar yang cukup besar untuk pengangkutan kendaraan agar arus masuk keluarnya kendaraan menjadi cepat.
- Mempunyai geladak kendaraan/mobil sebagai *deck* kekuatan utama.
- Di atas geladak kendaraan terdapat geladak untuk muatan penumpang
- Penempatan kendaraan sedemikian rupa sehingga terlindungi dari air laut
- Mempunyai pintu rampa (*ramp door*) baik itu di depan dan belakang maupun di samping.
- Untuk mencukupi lebar kapal yang besar. Kapal di lengkapi dengan balok pelintang yang cukup dan juga dilengkapi dengan *fender*.
- Karakteristik yang lebih spesifik dari Kapal Feri Ro-Ro yaitu dimana bongkar muat secara horisontal dengan menggunakan roda dari luar dan kedalam kapal melalui rampa jembatan kapal.
- Kapal ini selain mengangkut barang juga mengangkut penumpang. (Rosmani dkk., 2013)

Kebutuhan akan Kapal Feri Ro-Ro dengan berbagai fungsinya, mengharuskan untuk rancangan sistem penggerak kapal yang efektif dan efisien. Sistem penggerak yang optimal dilakukan dengan pemilihan tipe *propeller* secara cermat sesuai dengan kebutuhan serta selaras dengan mesin penggerak yang akan dipasang di kapal.

### Perumusan dan Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan sebelumnya, penulis ingin mengkaji dan menganalisis pemilihan *propeller* tipe *B-Series* yang akan digunakan pada Kapal Feri Ro-Ro 600 GT, dengan menggunakan aplikasi Matchpro, sehingga diketahui tipe *propeller*

mana yang memiliki efisiensi tertinggi.

Batasan masalah dalam melakukan penelitian yang dilakukan mencakup beberapa aspek antara lain: perhitungan tahanan dan daya kapal serta pemakaian *propeller* tipe *B-Series*. Perhitungan tahanan dan *power* kapal dengan menggunakan *hull speed* yaitu program yang digunakan untuk menghitung tahanan dan *power* kapal. Hasil perhitungan ini ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik. Tipe *B-Series propeller* yang dianalisis sesuai yang disediakan oleh *database* aplikasi, dalam hal ini ada 8 (delapan) tipe *B-Series propeller* yang tersedia dalam aplikasi yaitu: B335, B350, B365, B380, B440, B455, B470 dan B485. Data *B-Series propeller* ini didapatkan dari grafik *data sheet open water B-Series propeller* yang telah dimasukkan dalam *database* aplikasi program.

### TINJAUAN PUSTAKA

#### *Engine Propeller Matching*

Salah satu tahapan dalam mengevaluasi desain kapal feri adalah EPM (*Engine Propeller Matching*). *Matching point* merupakan suatu titik operasi dari putaran motor penggerak kapal (*engine speed*) yang sedemikian hingga tepat (*match*) dengan karakter beban *propeller*, yaitu titik operasi putaran motor dimana tenaga yang diserap oleh *propeller* sama dengan tenaga yang dihasilkan oleh *engine* dan menghasilkan kecepatan kapal yang mendekati dengan kecepatan servis kapal yang direncanakan.

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 (*Delivered Power /  $P_D$* ) ke alat gerak kapal adalah berasal dari Daya Poros (*Shaft Power /  $P_s$* ), sedangkan Daya Poros sendiri bersumber dari Daya Rem (*Brake Power/ $P_B$* ) setelah dikurangi dengan *shaft losses*.

#### Karakteristik Umum *Propeller* pada *Open Water*

Gaya dan momen yang dihasilkan oleh *propeller* dapat digambarkan dalam bentuk besaran pokok, yang disajikan dalam serangkaian karakteristik tak bersatuan (*nondimensional*). Karakteristik ini digunakan untuk menggambarkan secara umum performa dari suatu *propeller*. Karakteristik tersebut adalah:

Thrust Coefficient

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

Torque Coefficient

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

Coefficient Advance

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

Cavitation number

$$\sigma = \frac{P_0 - e}{\frac{1}{2} \rho V^2} \quad (4)$$

dimana :

- D = diameter *propeller*
- $K_T$  = koefisien *thrust*
- $K_Q$  = koefisien *torque*
- J = koefisien *advance*
- $V_a$  = kecepatan *advance* aliran fluida
- n = kecepatan putar *propeller*
- $\rho$  = massa jenis fluida
- $P_0 - e$  = tekanan statis fluida di daun *propeller*

### Interaksi Lambung Kapal dengan *Propeller*

Carlton (2007), memaparkan tentang interaksi lambung kapal dan *propeller* (*hull and propeller interaction*) merupakan upaya-upaya pendekatan diatas kertas untuk mendapatkan karakteristik kinerja *propeller* saat beroperasi untuk kondisi di belakang kapal (*behind the ship*). Metode yang digunakan dengan rumusan berikut:

$$T_{ship} = \frac{\alpha V_a^2}{(1-t)(1-w)^2} \quad (5)$$

$$T_{prop} = K_t \times \rho \times n^2 \times D^4 \quad (6)$$

$$T_{prop} = T_{ship}$$

$$K_T = \frac{\alpha V_a^2}{(1-t)(1-w)^2 \rho \times n^2 \times D^4} \quad (7)$$

dimana:

- $T_{ship}$  = gaya yang dibutuhkan kapal
- $T_{prop}$  = gaya yang dihasilkan *propeller*
- $K_T$  = koefisien *thrust*
- t = *thrust deduction factor*
- w = *wake factor*

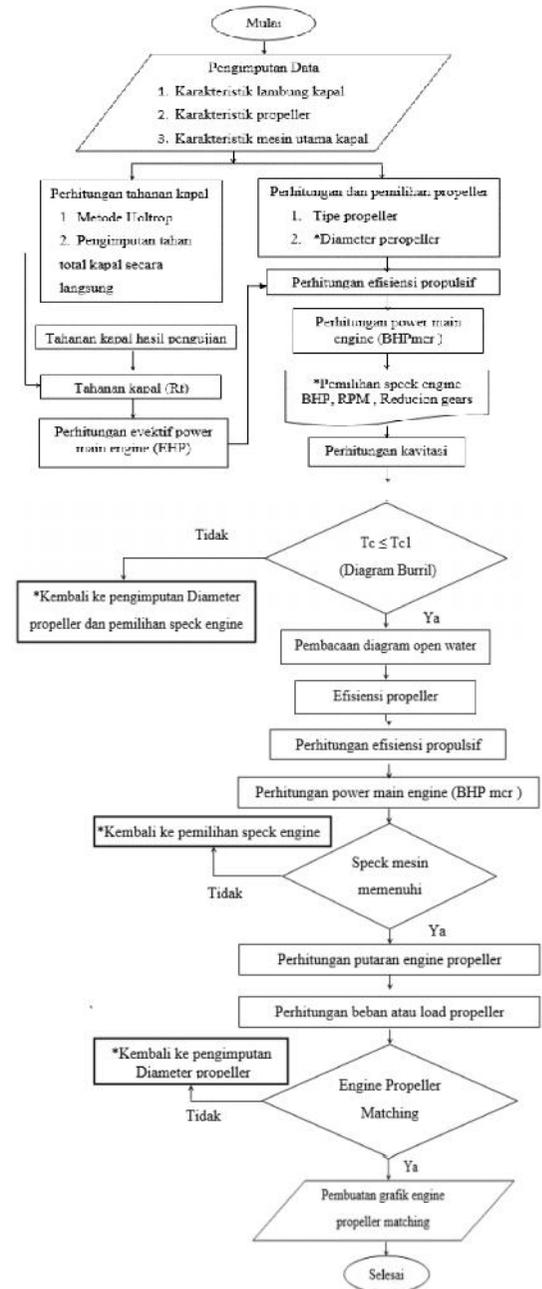
$$= 0.5 \cdot \rho \cdot C_T \cdot S$$

$C_T$  = total resistance coefficient

S = ship wetted surface area

n = kecepatan putar *propeller*

### METODOLOGI



Gambar 1. Flow chart penelitian

Untuk mendapatkan *match point* antara lambung kapal, *propeller* dan mesin utama kapal, yaitu titik dimana daya yang diserap oleh *propeller* sama dengan daya yang dihasilkan oleh mesin kapal sehingga dihasilkan kecepatan kapal yang mendekati dengan kecepatan servis sesuai yang direncanakan, sedangkan langkah pengerjaan dengan aplikasi Matchpro dapat dipresentasikan seperti Gambar 1.

Data-data yang dikumpulkan selanjutnya akan diolah, adapun tahapan dalam analisa data meliputi:

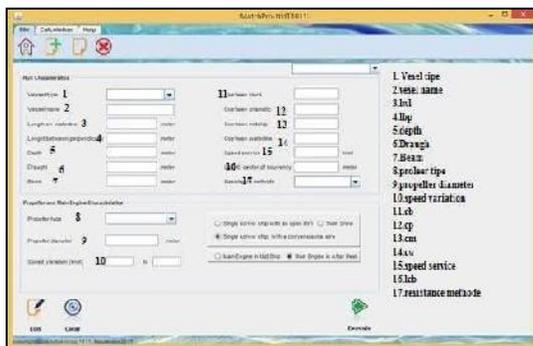
1. Penyajian data kapal
2. Perhitungan *main engine power*
3. Perhitungan karakteristik *propeller*
4. Perhitungan putaran *engine*
5. Perhitungan *propeller load*
6. Penentuan *engine propeller matcing*
7. Grafik *engine propeller matcing*

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dan *non eksperimental* dengan menggunakan aplikasi Matchpro. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data perhitungan Kapal Feri Ro-Ro 600 GT yang telah ada sebelumnya. Aplikasi yang digunakan untuk menganalisa pemilihan tipe *propeller* yang dipasang pada Kapal Feri Ro-Ro 600 GT adalah aplikasi Matchpro.

#### Aplikasi Matchpro

Aplikasi Matchpro adalah aplikasi berekstensi java yang dikompilasi menjadi *file class*, yaitu *byte code* yang bisa dijalankan di semua *Java Virtual Machine*, tidak peduli apapun *OS*-nya ataupun arsitektur *processor*-nya.



Gambar 2. Tampilan Aplikasi Matchpro

Aplikasi ini dikembangkan pada awal tahun 2016

di Laboratorium Komputer Pascasarjana Fakultas Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Aplikasi Matchpro di desain untuk membantu melakukan analisa hubungan antara *hull, engine* dan *propeller* satu sama lain, sehingga akan memberikan data yang akurat berhubungan dengan efisiensi *engine propeller matching*. Tampilan utama aplikasi dapat dilihat pada Gambar 2.

#### Peng-input-an Data Kapal dan Data Mesin

Proses pengerjaan penelitian ini dimulai dengan peng-input-an data kapal dan data mesin utama Kapal Feri Ro-Ro yang digunakan. Peng-input-an data-data kapal dilihat pada Gambar 2. Adapun data kapal yang di input-kan dapat dilihat pada Tabel 1. Adapun data hasil perhitungan tahanan kapal yang merupakan data input-an dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Tabel dimensi Kapal Feri Ro-Ro 600GT

No.	Item	Ukuran Kapal	Satuan
1	LOA	50,070	meter
2	LWL	48,596	meter
3	LBP	46,780	meter
4	B	13,800	meter
5	H	4,140	meter
6	T	2,760	meter
7	Cb	0,602	
8	Cm	0,770	
9	Cp	0,782	
10	Cw	0,894	
11	Volume	1.110,35	meter <sup>3</sup>
12	LCB	0,355	meter
13	Vs	13.5	Knot

Sumber: Rosmani, 2013

Tabel 2. Tabel tahanan kapal hasil perhitungan dengan software

No.	Variasi Kecepatan (Knot)	Resistance (kN)
1	11.50	70.05
2	11.75	75.50
3	12,00	81.53
4	13.00	122.45
5	13.50	156.56
6	13.75	175.57

Sumber: Rosmani, 2013

Berdasarkan hasil perhitungan tahanan Kapal Feri Ro-Ro 600 GT dengan *software*, maka perkiraan kasar kebutuhan daya pada kecepatan 13.5 knot adalah:

$$P_E = R_T * V_s$$

$$P_B = P_E / (\eta_h \times \eta_p \times \eta_s \times \eta_m) / 0.98 / 0.85$$

$$P_B = 2249.16 \text{ kW.}$$

Dari perhitungan tersebut maka pada penelitian ini akan dipasang mesin kapal dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Merek : Caterpillar
- Model : M32C
- Power : 2250 kW
- Bore : 18.11 inch
- Stroke : 514 inch
- Rpm : 600 Rpm

### Seleksi Tipe *Propeller*

Penyeleksian tipe *propeller* dilakukan dengan cara mempertimbangkan kavitasi yang coba dihitung untuk semua tipe *propeller*. Aplikasi Matchpro memberikan *list propeller* yang cocok untuk dipasang di Kapal Feri Ro-Ro 600 GT. Daftar *propeller* dapat dilihat pada Tabel 3.

Nilai *c* hitung adalah hasil perhitungan *c* berdasarkan rumus koefisien *Burril* (1943) untuk memperkirakan terjadinya kavitasi,  $tc = \frac{T/A_p}{0.5 \rho V^2}$ , dimana:

*c* = nilai kritis koefisien.

*T* = gaya dorong baling-baling.

*A<sub>p</sub>* = luas proyeksi daun.

*V<sub>R</sub>* = kecepatan relatif air pada 0.7 jari-jari ujung *R*

Nilai *c* graph adalah nilai *c* dalam diagram *Burril* yang didapatkan dengan menghitung nilai *c* pada 0.7*R* yang dipotongkan pada nilai *upper limit*.

Apabila perhitungan nilai *c* *propeller* lebih kecil daripada nilai *c* *Burril* maka kemungkinan kecil *propeller* akan mengalami kavitasi.

Dalam hal pemilihan *propeller*, beberapa parameter dibawah ini harus dipenuhi:

- Diameter *propeller* harus lebih kecil dari 0,7 *T*.
- Tidak terjadi kavitasi pada *propeller*.
- *Propeller* yang dipilih mempunyai efisiensi yang paling bagus.
- Bhp MCR harus lebih kecil dari daya mesin yang dipasang di kapal Feri Ro-Ro 600 GT.

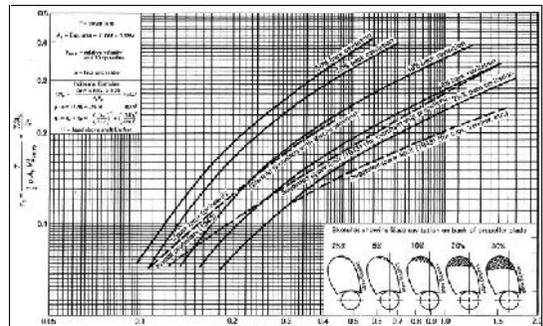
Melihat ketentuan tersebut, maka *propeller* yang dipilih adalah *propeller* dengan tipe B335 dan B440 dengan beberapa alasan antara lain:

- Dari hasil perhitungan kavitasi yang ada pada tabel 3, dapat dilihat bahwa semua tipe *propeller* yang di pilih aplikasi tidak mengalami kavitasi dimana (*c* hit < *c* graph), namun selisih tertinggi terdapat pada tipe B335, B440 dan B455.
- Selain tidak terjadi kavitasi, tipe *propeller* B335, dan B440 memiliki efisiensi *propeller* tertinggi dimana tipe ini mempunyai nilai efisiensi 0.727 dan 0.71.

Tabel 3. Tabel list *propeller*

T.prop	Max.D	Eff	Bhp Mcr (kW)	<i>c</i> hitung	<i>c</i> graph
B335	1.93	0.727	1952.26	0.18325	0.50123
B350	1.93	0.709	2001.96	0.13093	0.28976
B365	1.93	0.679	2087.89	0.11177	0.22588
B380	1.93	0.663	2139.00	0.14276	0.33371
B440	1.93	0.71	2026.21	0.21919	0.69526
B455	1.93	0.70	2027.60	0.18999	0.53496
B470	1.93	0.695	2042.19	0.12075	0.25582
B485	1.93	0.661	2147.74	0.1108	0.22266

Sumber: Data olahan aplikasi Matchpro



Gambar 3. Diagram kavitasi *Burril* (sumber: Marine Propellers and Propulsion)

### Perhitungan Power Engine

Hasil perhitungan kebutuhan *power* dengan efisiensi *propeller behind the ship* yaitu efisiensi yang diukur pada posisi *propeller* di buritan kapal pada kecepatan dinas kapal, pada perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel hasil perhitungan kebutuhan daya

Tipe <i>propeller</i>	BHP mcr (kW)	%MCR
B335	1952.26	86.77
B440	2026.21	90.05

Sumber: Data olahan aplikasi Matchpro

Pertimbangan dengan melihat persentase daya yang dibutuhkan untuk mendapatkan kecepatan dinas Kapal Feri Ro-Ro 600 GT pada kondisi *sea margin* yaitu 13.5 knot, maka dipilih tipe B335 dengan pertimbangan bahwa persentase kebutuhan daya yang dibutuhkan lebih kecil yaitu 86.77% dibandingkan dengan tipe B440 yaitu sekitar 90.05%. Artinya tipe *propeller* B335 hanya membutuhkan sekitar 1952.26 kW power dari 2250 kW power *main engine* yang di pasang di Kapal Feri Ro-Ro 600 GT.

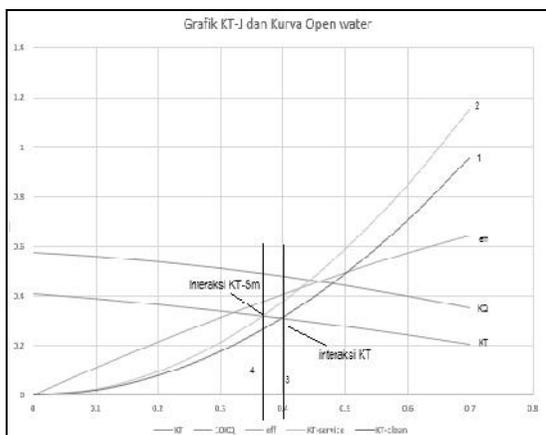
**Penggambaran Grafik KT-J dan Diagram Open Water Tipe B335**

Interaksi lambung kapal dan *propeller* (*hull and propeller interaction*) merupakan upaya-upaya pendekatan “diatas kertas” untuk mendapatkan karakteristik kinerja *propeller* saat beroperasi untuk kondisi *behind the ship*. (Adji, 2005). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Tabel data KT-J dan kurva *open water*

J	KT	10KQ	Eff	KT-Service	KT-Clean
0	0.4063	0.57562	0	0	0
0.1	0.3855	0.55991	0.10964	0.02352	0.0196
0.2	0.362	0.5388	0.21397	0.09408	0.0784
0.3	0.3357	0.51229	0.31308	0.21168	0.1764
0.4	0.3067	0.48037	0.40675	0.37631	0.3136
0.5	0.2750	0.44305	0.4943	0.58799	0.48999
0.6	0.2406	0.40033	0.57431	0.84671	0.70559
0.7	0.2035	0.35221	0.64404	1.15246	0.96039

Sumber: Data olahan aplikasi Matchpro



Gambar 4. Grafik KT-J dan Kurva *open water*

Kurva [1] merupakan *trendline* koefisien *propeller thrust* untuk *trial conditions*. Dan dengan melihat keadaan kurva J [3] diperoleh harga koefisien *propeller torque*, KQ pada kondisi trial. Sedangkan, Kurva [2] adalah *trendline* dari *propeller thrust coefficient* pada kondisi *hull service margin* dan dengan menarik kurva J [4] sedemikian hingga melewati titik KT-SM, maka diperoleh koefisien torsi *propeller*, KQ-SM, pada kondisi *hull service margin*. Selanjutnya, kedua angka KQ dan KQ-SM inilah yang digunakan untuk menentukan karakteristik beban *propeller* (*propeller load characteristics*).

Pembacaan titik potong antara KT dengan KT-service (*rough water condition*) dan KT-clean (*calm water condition*) tersebut dilakukan secara otomatis oleh aplikasi, yaitu nilai J, KT, KQ dan efisiensi, dimana hasil dapat dilihat pada Tabel 6. Dari pembacaan grafik terlihat bahwa pada kondisi operasional efisiensi *propeller* menurun menjadi sekitar 0.38 – 0.4.

Tabel 6. Tabel pembacaan berbagai nilai oleh aplikasi

Condition	J	KT	10KQ	Eff
Rough water	0.37	0.32	0.49	0.38
Calm water	0.4	0.31	0.48	0.4

Sumber: Data olahan aplikasi Matchpro

dimana:

KT = koefisien *propeller thrust*

KQ = koefisien *propeller torque*

J = koefisien *advanced*

Eff = efisiensi *propeller* pada kondisi *open water*

**KESIMPULAN**

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil suatu kesimpulan bahwa dengan menggunakan aplikasi Matchpro dari beberapa *propeller* tipe *B-series* yang paling efisien untuk dipasang pada Kapal Feri Ro-Ro 600 GT adalah tipe B335. Pemilihan *propeller* tipe ini sesuai dengan ketentuan bahwa diameter *propeller* yg dipilih memenuhi persyaratan diameter maksimum, tidak terjadi kavitasi pada *propeller* berdasarkan perhitungan pada diagram *burril*, serta mempunyai efisiensi yang paling baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Carlton, J. S. (2007). *Marine Propellers and Propulsion*, United Kingdom, Elsevier, Oxford.
- Harvald, Sv. Aa. (1992). *Tahanan dan Propulsi Kapal*, Surabaya, Airlangga University Press.
- Kristensen, Hans Otto. (2013). *Prediction of Resistance and Propulsion Power of Ships*, University of Southern Denmark, Work package 2 Report no. 04, DTU.
- Rosmani, dkk. (2013). Pengaruh bentuk lambung kapal Terhadap tahanan kapal, *Proceeding Hasil Penelitian, Fakultas Teknik Universitas Hassannudin*, ISBN: 978-979-127255-0-6.
- Surjo W. Adji. (2005). *Engine Propeller Matching* [Online]Available: [its.ac.id/ambilfile.php?idp=87](http://its.ac.id/ambilfile.php?idp=87).