

Desain Kriteria *Propeller Clearance* Kapal Tradisional Tipe Pinisi Terhadap Efisiensi Propulsi

Andi Haris Muhammad¹, Hasnawiya Hasan², Jusman³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jln. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar, 90245

Email: ¹andi_haris@eng.unhas.ac.id

Abstrak

Sistem propulsi terdiri dari tiga bagian pokok yaitu: penggerak utama, sistem transmisi dan alat penggerak kapal (*propeller*), perancangan ketiga bagian ini sangat bergantung dari bentuk lambung kapal, khususnya area kerja *propeller*. Permasalahan klasik yang umumnya timbul dalam perancangan sistem propulsi adalah tidak tercapainya kecepatan operasi yang direncanakan atau rendahnya efisiensi propulsi yang dihasilkan. Fenomena ini juga banyak dialami kapal-kapal yang dibangun secara tradisional. Penelitian ini adalah kajian desain kriteria *propeller clearance* pada kapal tradisional tipe pinisi, khususnya terhadap peningkatan efisiensi propulsi kapal. Pengujian daya dorong kapal dilaksanakan pada tangki tarik dengan model panjang 1,2 m (skala 1/35). Hasil penelitian dengan metode gravitasi menunjukan bahwa besaran daya dorong yang dihasilkan sangat bergantung pada jarak peletakan *propeller*. Daya dorong optimal terjadi pada jarak 1,5 m dari poros linggih, harga tersebut akan berkurang sesuai penambahan/pengurangan jarak tersebut. Tidak optimalnya thrust yang dihasilkan pada kondisi peletakan normal (jarak antara 0.35 – 0.7 m dari linggih poros) dikarenakan sudut kemiringan antara *waterline* dan longitudinal axis lambung kapal bagian buritan kapal melebihi ketentuan yang disyaratkan.

Kata Kunci: *Propeller clearance, efisiensi propulsi, kapal tradisional*

I. Pendahuluan

Pinisi adalah kapal layar motor tradisional khas Sulawesi Selatan, yang berasal dari Suku Bugis - Makassar. Kapal ini umumnya memiliki dua tiang layar utama dan tujuh buah layar, yaitu tiga di ujung depan, dua di depan, dan dua di belakang. Dibanding kapal niaga pada umumnya kapal Tipe Pinisi yang dibangun secara tradisional tersebut memiliki sejumlah keunikan diantaranya adalah kapal dibangun tanpa menggunakan gambar rencana garis air (*lines plan*) sebagai mana layaknya kapal yang dibangun oleh bangsa Eropa, hal tersebut termasuk perencanaan sistem propulsi, kapal dibangun hanya berdasarkan kepiawaiannya pengrajin yang diperoleh secara turun temurun. Sejumlah karakter yang dimiliki kapal pinisi antara lain: i) Kapal memiliki lunas (*center keel*) yang relatif besar (diatas rata-rata), ii) Kapal dilengkapi kemudi sisi (*side rudder*) selanjutnya kapal dioperasikan dengan sarat yang tidak menentu (bergantung jumlah muatan). Akhir-akhir ini kapal layar motor Tipe Pinisi banyak dibangun dan digunakan sebagai kapal wisata

dengan tujuan mengunjung pulau-pulau kecil di nusantara dengan kecepatan kapal lebih cepat dibanding peruntukan awalnya sebagai kapal angkutan barang antar pulau hanya berkecepatan 7 s.d 8 knot, hal tersebut tentunya bergantung pada sistem propulsi yang digunakan.

Permasalahan klasik yang biasanya timbul dalam perancangan sistem propulsi adalah tidak terpenuhinya kecepatan dinas yang direncanakan meskipun pada perhitungan telah terpenuhi. Sebagai contoh adalah kasus kapal ikan Mina Jaya, hasil sea trial menunjukkan untuk pemakaian bahan bakar 100%, hanya mencapai 960 rpm dari 1000 rpm yang direncanakan sehingga kecepatan dinas tidak tercapai. Sehingga dalam menganalisa sistem propulsi kapal tidak dapat hanya dengan meninjau secara terpisah aspek-aspek badan kapal, baling-baling dan penggerak utama lainnya, tetapi secara keseluruhan harus diperhatikan secara utuh untuk mendapatkan kesesuaian (*matching point*) yang lebih optimal. Perubahan karakteristik dari ketiga aspek tersebut perlu diikuti dengan penyesuaian kembali (*re-matching*) karena pada kenyataannya sistem propulsi kapal bukanlah



sesuatu yang bersifat deterministik yang dapat diterapkan pada seluruh kapal [1].

Rendahnya efisiensi propulsi yang dihasilkan kapal dapat diakibatkan: i) aliran air yang tidak seragam menuju propeller; ii) ketidakcukupan area kerja propeller; iii) separation lines (sudut kemiringan antara waterline dan logitudinal axis lambung kapal bagian buritan yang melebihi ketentuan yang disyaratkan) [2]. Hal tersebut pula berakibat pada besaran daya motor dan tingginya getaran yang dihasilkan. Berdasarkan penomena diatas, perlunya suatu kajian desain kriteria *propeller clearance* pada kapal tradisional tipe pinisi, khususnya terhadap peningkatan efisiensi propulsi kapal.

II. Studi Pustaka

II.1 Sistem Propulsi Kapal

Sistem propulsi kapal adalah suatu sistem yang digunakan untuk menggerakkan kapal pada suatu kecepatan tertentu. Secara umum sistem propulsi terdiri dari tiga bagian pokok yaitu: penggerak utama (*main engine*), sistem transmisi (*gear box*) dan alat penggerak kapal (*propeller*). Perancangan ketiga bagian ini sangat tergantung dari tipe kapal, ukuran utama, kecepatan kapal, model lambung serta model buritan kapal. Karena itu, kapal, mesin penggerak dan baling-baling harus dipandang sebagai suatu sistem yang utuh dan memiliki paduan yang terbaik.

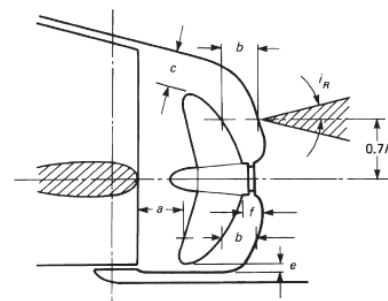
Gambar 1 menampilkan sistem propulsi kapal kayu, disamping menggunakan *centre propeller*, kapal tersebut pula dilengkapi *side propeller*. Layaknya dengan model buritan yang ada kapal sangat cocok menggunakan center propeller seperti halnya kapal-kapal modern, namun ketentuan *propeller clearance* yang disyaratkan dapat dipenuhi secara utuh sehingga efisiensi propulsi yang dihasilkan sesuai dengan yang direncanakan.

Gambar 2, menampilkan kriteria *propeller clearance* yang dikembangkan DnV (Det Norske Veritas) khususnya untuk kapal dengan propeller tunggal [2]. Pada gambar jelas clearance yang diberikan jarak horizontal antara propeller dan rudder (a), jarak horisontal antara *propeller post* dengan lambung (b), jarak vertikal antara ujung propeller dan lambung, jarak vertikal antara ujung

propeller dan sepatu kemudi (e). Serta sudut kemiringan antara waterline dan logitudinal axis lambung kapal bagian buritan (0.7 R).



Gambar 1. Model buritan kapal kayu tradisional dan sistem propulsi yang digunakan



(a)

- $a > 0.1D$
 - $b > (0.35 - 0.02Z)D$
0.27D for four-bladed propellers
 - $c > (0.24 - 0.01Z)D$
0.20D for four-bladed propellers
 - $e > 0.035D$
- Horizontal to the rudder
Horizontal to the propeller post
Vertical to the counter
Vertical to the heel

(b)

Gambar 2. Propeller clearance untuk propeller tunggal; Det Norske Veritas [2]

II.2 Persamaan Matematika

II.2.1 Persamaan Gerak

Persamaan matematika gerak kapal yang didasarkan pada persamaan gerak surge sebagai berikut:

$$X = m(\ddot{u}) \tag{1}$$

Selanjutnya, \ddot{u} adalah komponen percepatan terhadap titik berat kapal (G), Gaya hidrodinamika tersebut dapat didefinisikan secara terpisah kedalam berbagai fisik elemen gaya dan

momen kapal sesuai dengan konsep yang dikembangkan oleh Ogawa dan Kansai [3] sbb.:

$$X = X_H + X_P \tag{2}$$

dimana subskript H , dan P merujuk pada elemen lambung dan propeller.

II.2.2 Gaya Lambung

Persamaan gaya yang ditimbulkan oleh lambung (X_H) pada prinsipnya adalah sebuah pendekatan dari regresi polynomial hubungan tahanan dan kecepatan kapal. Selanjutnya koefisien dari persamaan tersebut dapat disebut koefisien tahanan. Persamaan tersebut adalah sbb:

$$X_H = \frac{1}{2} \rho L d U^2 (X'_0) \tag{3}$$

dimana; L adalah panjang kapal, d adalah sarat kapal, U adalah kecepatan dan X'_0 adalah koefisien tahanan kapal.

II.2.3 Gaya Propeller

Persamaan gaya yang ditimbulkan propeller kapal dapat diekspresikan berdasarkan persamaan yang dikembangkan oleh Kijima *et al.* [4] dan Kijima dan Tanaka [5]. Gaya yang ditimbulkan propeller (X_P) adalah sbb.

$$X_P = (1 - t_p) \rho K_T D_p^2 n^2 \tag{4}$$

dimana:

$$K_T (J_P) = C_1 + C_2 J_P + C_3 J_P^2$$

$$J_P = U \cos \beta (1 - w_p) / (n D_p)$$

dimana; t_p adalah koefisien pengurangan gaya dorong, n adalah putaran propeller, D_p adalah diameter propeller, K_T adalah koefisien gaya dorong propeller, w_p adalah koefisien fraksi arus ikut propeller efektif, J_P adalah koefisien angka maju, dan C_1 , C_2 dan C_3 adalah masing-masing konstanta angka maju.

II.2.4 Efisiensi Lambung

Efisiensi lambung adalah perbandingan antara daya efektif dan daya dorong kapal sebagai mana persamaan [6]:

$$\eta_H = \frac{PE}{PT} = \frac{RT \cdot V_s}{T \cdot VA} = \frac{1 - t}{1 - w} \tag{5}$$

dimana; PE adalah daya efektif, PT adalah daya dorong, RT adalah tahanan total, T adalah daya dorong, V_s adalah kecepatan kapal, V_a adalah Kecepatan aliran yang melewati kapal, t adalah koefisien daya dorong dan w adalah fraksi arus ikut.

II.3 Model dan Eksperimen

Untuk melihat fenomena hidrodinamika kapal secara nyata diperlukan suatu model pengujian. Pengujian daya motor dilaksanakan dengan metode gravitasi dengan model panjang 1.2 m (skala 1/30) lihat Gambar 3 dan Tabel 1. Selanjutnya data tahanan dan propulsi kapal didasarkan pada penelitian sebelumnya [7]. Sebagaimana Tabel 3.



Gambar 3. Model pengujian kapal kayu tradisional Tipe Pinisi yang digunakan

Tabel 1. Dimensi utama kapal kayu tradisional tipe pinisi

Dimensi	Kapal	Model
Skala, λ	1	35
Displasmen (ton)	279.92	0.00637
Lwl (m)	30.5	0.87
B (m)	8.5	0.24
H (m)	3.7	0.11
T (m)	2.7	0.08
Cb	0.389	0.389

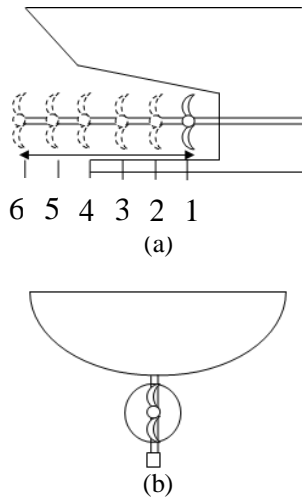
Tabel 2. Parameter propeller dan daya motor

Parameter	Dimensi	Parameter	Dimensi
		Luas daun,	
Jumlah daun, Z	2	AE/Ao	60
Diameter, D	1.085	Wake fraksi	0.14
Pitch rasio. P/D	0.7	Thrust deduksi	0.091

II.3.1 Pemodelan Sistem Propulsi

Untuk dapat mengetahui berapa besar daya dorong dan kecepatan kapal terhadap peletakan propeller, konfigurasi sistem propulsi sangat memegang peran penting. Gambar 3 menampilkan model konfigurasi peletakan

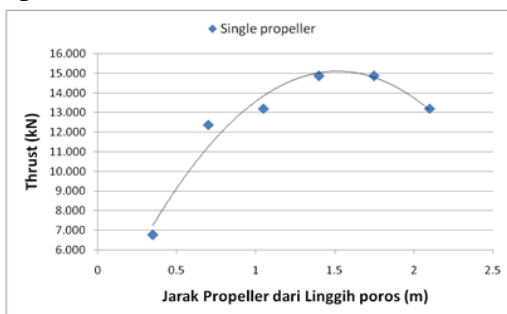
propeller yang dipergunakan pada kapal tradisional Tipe Pinisi dengan jarak propeller masing-masing 0.35 - 2.1 m dari linggih poros.



Gambar 4. (a), (b) Konfigurasi peletakan propeller

III. Pembahasan

Gambar 5 menampilkan prediksi besaran daya dorong sesuai dengan jarak peletakan propeller. Daya dorong terbesar pada jarak 1,5 m dari poros linggih, hal tersebut akan berkurang sesuai penambahan/pengurangan jarak tersebut. Tidak optimalnya thrust yang dihasilkan pada kondisi peletakan normal (antara 0.35 – 0.7 m dari linggih poros) dapat disebabkan sudut kemiringan yang dibentuk antara waterline dan longitudinal axis lambung kapal bagian buritan (*separation lines*) yang melebihi ketentuan yang disyaratkan dengan demikian aliran air yang melewati propeller tidak seragam dan tidak berkecukupan sebagai kerja propeller. Lebih jauh kondisi tersebut akan berakibat pada rendahnya efisiensi propulsi dan getaran yang dihasilkan. Hasil lengkap pengujian tertera pada Tabel 4.



Gambar 5. Prediksi besaran thrust sesuai dengan peletakan propeller

Tabel 4. Prediksi besaran thrust sesuai dengan peletakan propeller

Konfigurasi	Jarak propeller (m)	Thrust (kN)	Kecepatan (m/s)
1.	0.35	6.777	2.453
2.	0.7	12.383	2.896
3.	1.05	13.208	2.962
4.	1.4	14.878	3.094
5.	1.75	14.878	3.094
6.	2.1	13.208	2.962

IV. Kesimpulan

1. Metode gravitasi sangat efektif untuk mengukur daya dorong kapal sesuai dengan peletakan propeller.
2. Besarnya daya dorong yang dihasilkan sangat bergantung pada kecukupan area kerja propeller dan sudut kemiringan yang dibentuk antara waterline dan longitudinal axis lambung kapal bagian buritan kapal.

Kepustakaan

- [1] A. Haris Muhammad, I.K.A.P. Utama and S.W. Adji, "A Design Study Into the Hull and Propulsion System Matching of 'Minajaya' Fishing Vessel With Chine and Round Bilge Hull Form", *Indonesia Journal of Marine Technology Research*, Vol. 1, No. 3, ITS Indonesia, 2001
- [2] H. Schneekluth, V. Bertram, V., *Ship Design for Efficiency and Economy*, Ed. 2. Oxford Boston: Butterworth-Heinemann, 1998.
- [3] A. Ogawa, H. Kansai, "On the Mathematical Model of Manoeuvring Motion of Ship", *International Shipbuilding Progress*, Vol. 25, No 292: pp. 306-319, 1987.
- [4] K. Kijima, N. Yasuaki, T. Masaki, "Prediction Method of Ship Manoeuvrability in Deep and Shallow Water", *Proceedings of the Marsim & ISCM 90 Conference*. June 4-7, Tokyo, Japan, 1990.
- [5] K. Kijima, S. Tanaka, "On the prediction of ship manoeuvrability characteristics", *Proceeding of the International Conference of Ship Simulation and Ship Manoeuvrability*. September 15-17, London, 1993.
- [6] V. Betram, *Practical of Ship Hydrodynamics*. Butterworth-Heinemann: London, England, 2000.
- [7] A. Haris Muhammad, Qadriyani, "Kombinasi Layar dan Motor Propulsi sebagai Penggerak Kapal Tradisional Tipe Pinisi", *Laporan Penelitian Mandiri Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin*, 2011.

