



STUDI INTERAKSI KAPAL - PROPELER PADA *PLANING HULL* AKIBAT PERBEDAAN SUDUT *DEADRISE*

Study of Ship-Propeller Interaction on Planing Hull due to Different Angles Deadrise

Erifive Pranatal^{1,a}, R. Puranggo Ganjar Widityo² dan Fitria Fresty Lungari³

¹Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama, Jl. Arief Rahman Hakim No. 100, Sukolilo, Surabaya, Indonesia

²Teknik Konstruksi Perkapalan, Universitas Jember, Jl. Kalimantan - Kampus Tegal Boto, Sumbersari, Jember, Indonesia

³Teknologi Penangkapan Ikan, Politeknik Negeri Nusa Utara, Jl. Kesehatan No. 1, Tahuna, Kepulauan Sangihe, Indonesia

e-mail: ^aerifive@itats.ac.id

Diterima: 22 September 2021; Direvisi: 25 Mei 2022; Disetujui: 31 Mei 2022

Abstrak

Pemilihan sudut *deadrise* pada *planing hull* dan pengaruh pada kurva beban propeler dilakukan untuk memberikan gambaran yang jelas terhadap pemilihan mesin utama dan kecepatan kapal. Sehingga, tujuan penelitian ini adalah bagaimana pengaruh sudut *deadrise* terhadap kurva beban propeler. Sudut *deadrise* yang dipilih antara lain 7°, 10°, 13°, dan 18°. Metode yang digunakan adalah pendekatan teoretis dengan bantuan data *series* seperti data Propeller Wagenigen B-Series. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan tahanan karena perbedaan sudut *deadrise* mempengaruhi kurva beban propeler dengan nilai persentase perbedaan yang hampir sama. Perbedaan persentase nilai tahanan masing-masing sudut *deadrise* adalah 0,057% (rata-rata selisih tahanan yaitu 33 N) dan perbedaan daya propeler hanya berkisar 0,05%. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa perbedaan sudut *deadrise* pada penelitian ini memberikan pengaruh yang hampir sama dengan perbedaan nilai tahanan kapalnya.

Kata kunci: *planing hull*; *deadrise*; kurva beban propeler

Abstract

The choice of deadrise angle on the planing hull and the influence on the propeller load curve are carried out to provide an overview of the main engine selection and service speed. Therefore, the purpose of this study is to determine the effect of the deadrise angle on the propeller load curve. The selected deadrise angles include 7°, 10°, 13°, and 18°. The method used is a theoretical approach with data series such as the Propeller Wagenigen B-Series. The results show that changes due to differences in deadrise angles affect the propeller load curve with almost the same percentage difference. The difference in the percentage of resistance values for each deadrise angle is 0,057% (the average difference in resistance is 33 N) and the difference in propeller power is only about 0,05%. Thus, it can be concluded that the difference in the deadrise angle in this study has almost the same effect as the difference in the value of the ship's resistance.

Keywords: *planing hull*; *deadrise*; *propeller load curve*

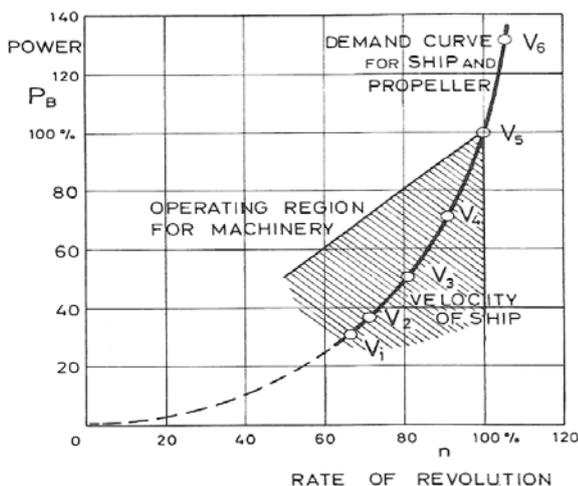
PENDAHULUAN

Perhitungan tahanan pada kapal adalah langkah awal untuk menentukan sistem propulsi kapal. Sistem propulsi terdiri dari kapal, *propulsor* (balong-balong),

dan mesin kapal. Ketiga hal ini harus berkorelasi dengan baik, sehingga menghasilkan sistem propulsi dengan kurva daya yang dibutuhkan oleh kapal dan propeler berada pada *layout* daerah kerja mesin

(diarsir) seperti yang terlihat pada Gambar 1 (Harvald, 1991). Titik *match* terjadi jika kurva daya propeler melalui daerah operasional mesin dengan mesin bekerja pada 100% daya dan rotasi mesin. Beberapa hal terjadi jika titik *match* tidak tepat pada saat perencanaan sistem propulsi yaitu mesin akan bekerja *overload* atau *over-rotation*.

Oleh karena itu kurva beban propeler harus sesuai dengan *layout* kinerja mesin utama. Pergeseran kurva beban propeler dipengaruhi banyak hal, antar lain: *ratio pitch* dan diameter propeler (P/D), jumlah daun propeler (Z), diameter propeler (D), dan rasio luas propeler (BAR). Pada penelitian ini dilakukan studi pengaruh perbedaan sudut *deadrise* pada kapal *planing hull* terhadap kurva beban propeler. Selain itu juga tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kecepatan servis kapal dengan melakukan analisa pada kurva kapal-propeler-harga. Definisi dari sudut *deadrise* dapat dilihat pada Gambar 2. Secara empiris *deadrise* akan mempengaruhi kurva beban propeler dengan kurva beban propeler akan bergerak ke kiri (lihat Gambar 1) jika tahanan kapal meningkat, demikian sebaliknya (Harvald, 1991).



Gambar 1. Diagram kecepatan putaran versus daya rem menunjukkan interaksi antara ship-engine-propeller. (Harvald, 1991)

Penelitian ini merupakan lanjutan dari dua penelitian sebelumnya. Penelitian pertama adalah studi pengaruh variasi sudut *deadrise*, β *planing hull* pada tahanan dengan $\beta = 10^\circ$ menghasilkan tahanan yang lebih rendah (Pranatal, 2020a). Penelitian

selanjutnya adalah studi analisis pengaruh sudut *deadrise* terhadap *planing craft* terhadap stabilitas dan *seakeeping* (Pranatal, 2020b).

Selain itu terdapat beberapa penelitian terdahulu yang memiliki topik yang sama. Baital, et al. (2020) membahas analisis *engine propeller matching*, dikarenakan perubahan tahapan *powering process*. Pemilihan spesifikasi mesin utama dan estimasi hambatan kapal dilakukan pertama kemudian dilakukan pemilihan karakteristik propeler yang sesuai dengan hambatan dan mesin utama tersebut. Hasil penelitian ini adalah *propeller* yang digunakan adalah Wagenigen B Series B5-76 dan total efisiensi *propeller* 41,2 %. Stapersma and Woud (2005) membahas permasalahan dasar *matching* antara mesin utama dan *propulsor* dan juga membahas tentang *sea margin*, *engine margin*, dan *light running margin*. Geertsma, et al. (2017) melakukan penelitian pada sistem propulsi untuk kapal bermesin *hybrid* dan bagaimana pemilihan propulsi. Hasil penelitian menyebutkan bahwa pengurangan konsumsi bahan bakar dan emisi terjadi 10-35% pada mesin *hybrid* yang diterapkan pada kapal. Yasim, et al. (2021) melakukan penelitian menyelaraskan *main engine* dengan propeler dengan studi kasus pada kapal perikanan untuk mendapatkan kecepatan yang optimal yaitu 7,3 knot dengan mempertahankan *main engine* dan propeler yang telah ada. Nurhadi, et al. (2018) melakukan analisis *engine propeller matching* terhadap kapal cepat dengan data propeler Gawn Series. Efisiensi propeler yang diperoleh adalah 0,56 dan kecepatan 28 knot pada kondisi *rough hull*.

Gap analysis pada penelitian ini lebih menekankan pengaruh terhadap perubahan sudut *deadrise* terhadap kurva daya propeler dan kecepatan optimum berdasarkan kurva yang telah diperoleh.

METODE

Pengumpulan data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain: ukuran utama kapal dapat dilihat pada Tabel 1, data tahanan kapal pada setiap perubahan sudut *deadrise*, β dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3,

data karakteristik propeler yang digunakan.

Data propeler yang digunakan $D = 0,11$ m, jumlah *blade* = 3 dan BAR = 0.6. Karakteristik propeler Wagenigen B-Series dengan 3 *blade* dengan BAR = 0.6 dan $P/D = 0,5-1,4$ dapat lihat pada Gambar 4 (Bernitsas et al., 1981).

Karakteristik propeler dinyatakan dalam beberapa istilah seperti koefisien gaya dorong (K_T), koefisien torsi (K_Q), efisiensi propeler (η_o) dan koefisien langkah maju atau *advance coefficient* (J). Definisi tersebut dapat dilihat pada rumus-rumus berikut:

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \tag{1}$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \tag{2}$$

$$\eta_o = \frac{J}{2\pi} \cdot \frac{K_T}{K_Q} \tag{3}$$

$$J = \frac{V_A}{nD} \tag{4}$$

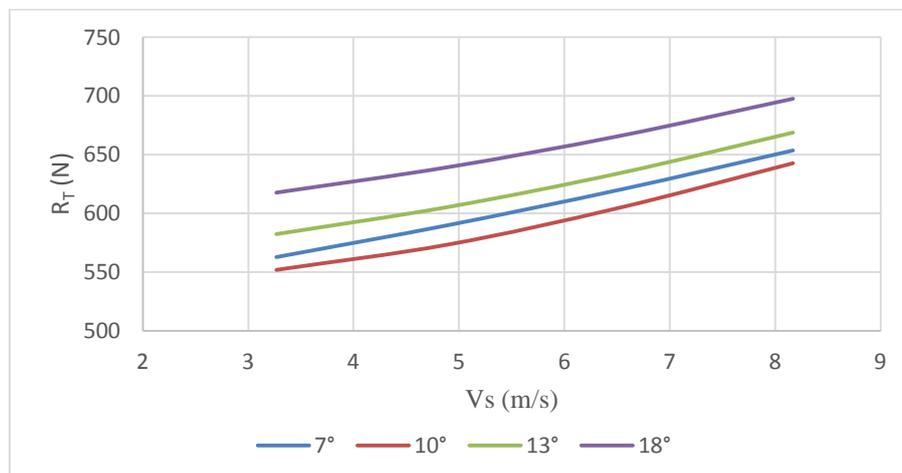
K_T = Koefisien gaya dorong (*thrust*) *propeller*;
 K_Q = Koefisien torsi *propeller*; η_o = Efisiensi *propeller*;
 J = Koefisien *advanced propeller*;
 V_A = Kecepatan *advanced propeller* [m/s]; ρ = Massa jenis fluida [kg/m^3]; n = Putaran *propeller* [rps];
 D = Diameter *propeller* [m].

Tabel 1. Ukuran utama dan koefisien bentuk kapal

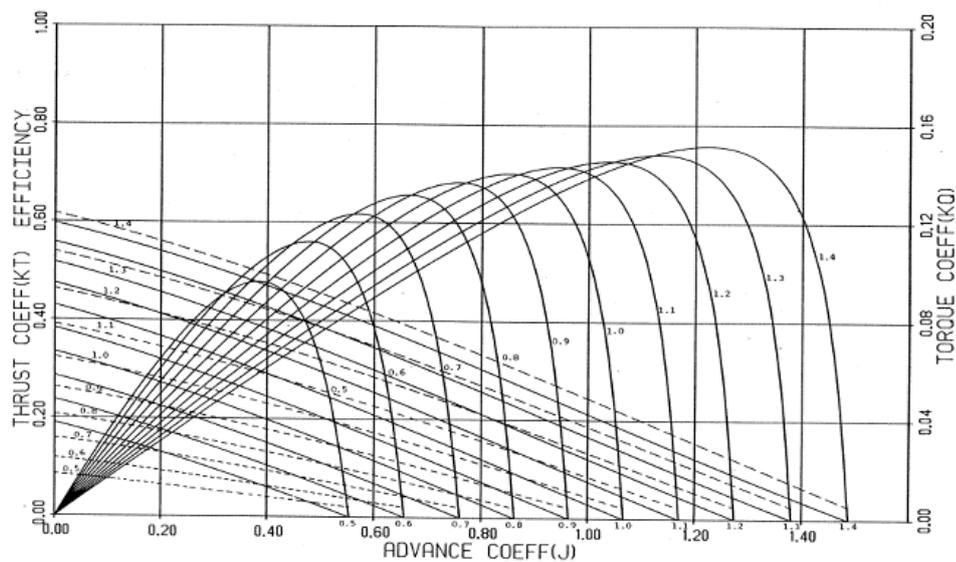
No	Item	Nilai
1	LOA	6,393 m
2	LPP	5,920 m
3	LWL	5,940 m
4	B	1,703 m
5	T	0,225 m
6	Cb	0,556
7	Cw	0,821
8	β	10°, 13°, dan 18°
9	Δ	1,292 ton

Tabel 2. Data hambatan pada variasi sudut *deadrise*, β

V_s (m/s)	Fn	RT at Deadrise, β (N)			
		7°	10°	13°	18°
3,269	0,429	562,670	551,857	582,195	617,490
4,903	0,643	590,061	573,486	605,445	639,336
6,538	0,858	620,470	605,028	634,486	666,199
8,172	1,072	653,861	642,668	668,939	697,814



Gambar 3. Kecepatan servis - tahanan total pada variasi *deadrise*



Gambar 4. Karakteristik propeler Wagenigen B-Series dengan 3 blade, BAR = 0,6 (Bernitsas, et al., 1981)

Perhitungan dan Pembuatan Kurva Beban Propeler

Langkah-langkah untuk menentukan kurva beban propeler adalah sebagai berikut ini:

1. Asumsikan bahwa kecepatan pada propeler (*advance velocity*) sama dengan kecepatan kapal;
2. Asumsikan nilai hambatan kapal sama dengan gaya dorong. Asumsi pada poin 1 dan 2 dilakukan karena perbedaan yang sangat kecil dari kedua nilai tersebut sehingga dapat diabaikan;
3. Menghitung beban propeler (*propeller loading*) K_T/J^2 tiap kecepatan menggunakan Persamaan 5;
4. Temukan titik K_T/J^2 pada kurva beban pada Gambar 4 yang sesuai dengan nilai yang dihitung dan membaca *advance ratio* (J) dan koefisien torsi (K_Q) pada garis vertikal yang sama;
5. Hitung jumlah putaran per detik (rps) dari formula *advance ratio* (J) dan daya (P_D) dari torsi dan frekuensi sudut.

Perhitungan dilakukan untuk semua nilai tahanan pada masing-masing sudut *deadrise*. Setelah dilakukan analisis dan interpretasi pada grafik dan tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan daya propeler atau daya yang disalurkan ke propeler pada sudut *deadrise*, β 10° dapat dilihat pada Tabel 3. Definisi koefisien atau

K_T/J^2 dapat dihitung sebagai berikut:

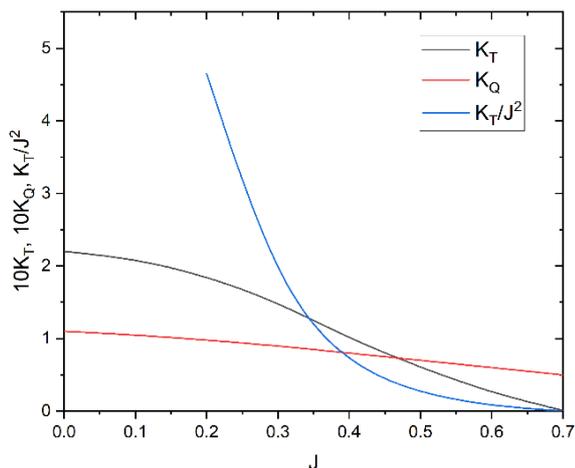
$$\frac{K_T}{J^2} = \frac{T / \rho n^2 D^4}{\left(\frac{V_A}{nD} \right)^2} = \frac{T}{\rho D^2 V_A^2} = \frac{T}{12.4025 V_A^2} \quad (5)$$

Nilai dari K_T/J^2 untuk masing-masing kecepatan dapat dilihat pada Tabel 3. Gambar 5 menunjukkan karakteristik propeler dengan jumlah *blade* 3, BAR = 0,600 dan P/D = 0,6.

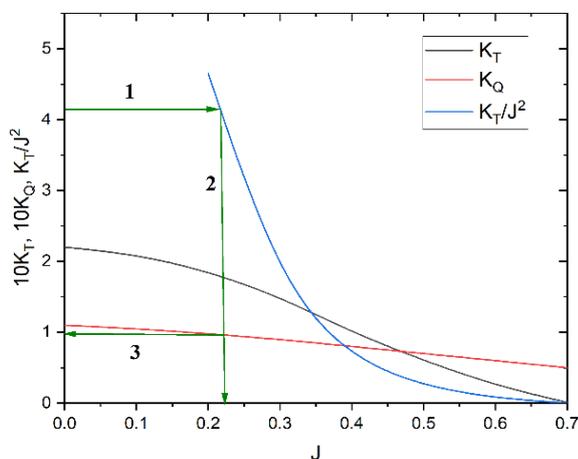
Tabel 3. Hasil Perhitungan P_D pada sudut β 10°

	<i>Deadrise</i> , $\beta = 10^\circ$			
$V_A = V$ [m/s]	3,269	4,903	6,538	8,172
$T = R_T$ [N]	551,857	573,486	605,028	642,668
D [m]	0,11	0,11	0,11	0,11
Coeff = K_T/J^2	4,164	1,923	1,141	0,776
J	0,21	0,34	0,41	0,43
K_Q	0,097	0,091	0,086	0,082
n [rps]	141,51	156,40	174,80	195,50
P_D [kW]	28,50	36,10	47,62	63,53

Gambar 6 merupakan contoh penggunaan grafik karakteristik propeler pada kecepatan 3,269 m/s.



Gambar 5. Karakteristik Wagenigen B-Series



Gambar 6. Penggunaan kurva karekteristik propeler

Nilai K_T/J^2 yang diperoleh dari Persamaan 5 diplot pada sumbu Y. Kemudian menggunakan garis horizontal pada nilai tersebut akan berpotongan pada kurva beban K_T/J^2 (1) pada Gambar 6. Pada titik perpotongan tersebut ditarik garis vertikal ke sumbu x untuk menentukan nilai J (2) pada Gambar 6. Pada garis vertikal yang sama, yang berpotongan dengan kurva K_Q dibuat garis horizontal (3) pada Gambar 6 untuk mendapatkan nilai K_Q pada sumbu y.

Nilai n (rps) diperoleh menggunakan Persamaan 4 setelah nilai J diketahui, sedangkan torsi (Q) diperoleh dari Persamaan 2 setelah mengetahui nilai dari koefisien torsi (K_Q). Nilai P_D diperoleh dengan Persamaan 6 berikut ini:

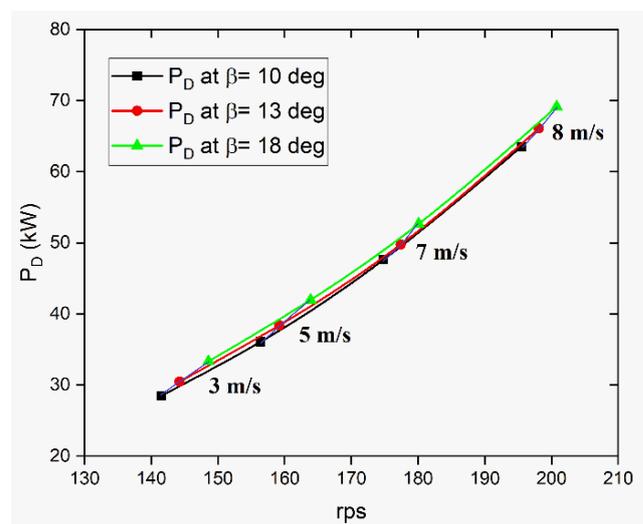
$$P_D = 2\pi Qn \quad (6)$$

Hal yang sama dilakukan juga untuk kecepatan dan sudut *deadrise* lainnya.

Hasil perhitungan daya propeler atau P_D untuk masing-masing *deadrise* dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 7 Dimana nilai n diperoleh dari Persamaan 4 setelah mengetahui nilai J (dari kurva karakteristik propeler) dan nilai P_D diperoleh dari Persamaan 5 dimana nilai Q diperoleh setelah mendapatkan nilai K_Q (dari kurva karakteristik propeler).

Tabel 4. Hasil perhitungan P_D pada tiap *deadrise*

β 10°		β 13°		β 16°	
n	P_D	n	P_D	n	P_D
141,510	28,496	144,258	30,499	148,586	33,328
156,406	36,095	159,199	38,398	163,881	41,978
174,807	47,623	177,416	49,788	180,104	52,691
195,507	63,526	198,114	66,101	200,791	69,153



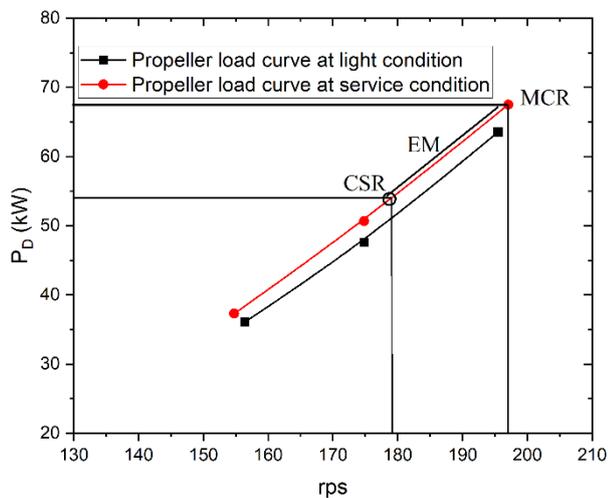
Gambar 7. Kurva kapal-propeller-daya variasi *deadrise* 10°, 13°, dan 18°

Gambar 7 menunjukkan bahwa perubahan tahanan total pada variasi sudut *deadrise* (lihat Gambar 3) tidak terlalu mempengaruhi kurva kapal-propeller-daya. Perbedaan kurva tersebut berkisar 0,05% sampai 0,07%.

Selain itu penambahan kecepatan dari 7-8 m/s membutuhkan daya yang lebih banyak, dibandingkan kecepatan 3-5 m/s atau 5-7 m/s. Hasil ini memberikan informasi bahwa kecepatan servis ekonomis berkisar pada kecepatan 5-7 m/s, karena apabila kapal beroperasi pada kecepatan di atas 7 m/s akan membutuhkan daya yang lebih besar yang akhirnya akan membutuhkan bahan bakar yang besar pula.

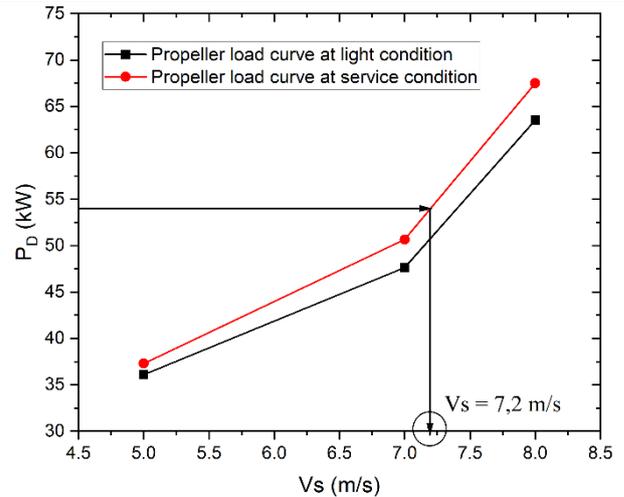
Menentukan Kecepatan Servis pada Kapal

Dalam menentukan kecepatan harus diperhatikan kondisi pelayaran kapal. Ada dua kondisi pelayaran yaitu (1) *trial condition* menunjuk pada situasi lambung bersih, air tenang, kondisi air dalam, dan tanpa muatan. *Trial condition* disebut juga dengan *light condition*; dan (2) *service condition* menunjuk pada kondisi kapal yang sedang beroperasi saat melakukan tugasnya. Kondisi ini antara lain badan kapal memiliki biota laut (*hull fouling*) setidaknya sampai dua tahun, *sea state* 2 atau 3, air dalam, dan pada kondisi *displacement* desain. (Molland, et al., 2011).



Gambar 8. Kurva kapal-propeler-daya pada *deadrise*, $\beta = 10^\circ$

Jika diasumsikan 100% putaran dan daya mesin terletak pada ujung sebelah kanan kurva beban propeler pada kondisi servis maka daya pada titik tersebut disebut *Maximum Continuous Rating* (MCR). MCR pada 67,5 kW dan putaran 197,06 rps. Daya pada kecepatan servis yaitu saat kapal beroperasi pada kecepatan tersebut secara terus menerus disebut dengan *Continuous Service Rating* (CSR). Persentase selisih antara MCR dan CSR disebut *Service Margin* (SM). Nilai ini berkisar 10-20%. Maka nilai CSR pada 54 kW dan putaran 179 rps seperti yang terlihat pada Gambar 8. Daya CSR tersebut diplot pada Gambar 9 untuk menentukan kecepatan servis, sehingga diperoleh kecepatan servis sebesar 7,2 m/s atau sama dengan 13,99 knot.



Gambar 9. Kurva Vs versus PD

KESIMPULAN

Perubahan sudut *deadrise*, β memberikan pengaruh terhadap kurva beban propeler dengan selisih terkecil 0,05%. Persentase ini lebih kecil dibandingkan dengan persentase selisih tahanan kapal akibat perubahan *deadrise* yaitu 0.057%. Kurva beban propeler yang paling kecil ada pada sudut *deadrise* 10° , pada sudut ini menghasilkan tahanan yang lebih kecil juga.

Sedangkan kecepatan servis yang dipilih adalah 7,2 m/s atau 13,99 knot. Pada kecepatan ini mesin bekerja pada 54 kW dan putaran 179 rps dan *Engine Margin* (EM) sebesar 20%. Pemilihan EM sebesar 20% dilakukan karena faktor *maintenance* mesin penggerak utama yang lebih baik sehingga meningkatkan *lifetime* mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Baital, M. S., Putranto, A. B., dan Waluyo, B. S., (2020). Analisa Engine Propeller Matching (EPM) pada Kapal Rescue Boat Karena Perubahan Tahap Powering Process. *Gema Teknologi*, Vol. 21(1): 49–55.
- Bernitsas, M., Ray, D., and Kinley, P. (1981). KT, KQ and Efficiency Curvers for the Wageningen B-Series Propellers. Ann Arbor: Departement of Naval Architecture and Marine Engineering.
- Geertsma, R. D., Negenborn, R. R., Visser, K., and Hopman, J. J. (2017). Design and Control of



- Hybrid Power and Propulsion Systems for Smart Ships: A Review of Developments. *Applied Energy*, Vol. 194: 30–54.
- Harvald, S. A. (1991). Resistance and Propulsion of Ships. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Molland, A. F., Turnock, S. R., and Hudson, D. A. (2011). Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Ship Propulsive Power. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nurhadi, N., Zen, H., and Sumarsono, S. (2018). Study of Engine Propeller Matching for High-Speed Vessel with Gawn Series Propeller. *EPI International Journal of Engineering*, Vol. 1(1): 39–42.
- Pranatal, E. (2020a). Pengaruh Sudut Deadrise Terhadap Tahanan Planing Hull. *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN II)*, Vol. 2(1): 649–655.
- Pranatal, E., 2020b. Analisis Pengaruh Sudut Deadrise Planing Craft terhadap Stabilitas dan Seakeeping. *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, Vol. 14(2): 61–72.
- Stapersma, D., and Woud, H., 2005. Matching Propulsion Engine with Propulsor. *Journal of Marine Engineering & Technology*, Vol. 4(2): 25–32.
- Yasim, A., Wibowo, R. K. K., dan Priohutomo, K. (2021). Kajian Sinkronisasi Mesin Utama dan Propeller pada Kapal Perikanan Pasca Reparasi (Studi Kasus KM. Nelayan 2017-572). *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, Vol. 15(1): 11–20.

HALAMAN KOSONG