

PERENCANAAN SISTEM PROPULSI ELEKTRIK PADA FAST PATROL BOAT 28 METER

Muhammad Ferdiansyah Wibowo¹, Raden Dimas Endro Witjonarko, S.T., M.T.², Anggara Trisna Nugraha, S.T., M.T.³

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-IV Teknik Perpipaian, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Kelistrikan Kapal, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: Ferdiansyah.Wibowo@Student.ppns.ac.id^{1*}; dimasendl@ppns.ac.id^{2*}; anggaranugraha@ppns.ac.id^{3*};

Abstrak - Selection of the propulsion system is one of the basic considerations in designing a ship. To reduce fuel use, the researchers re-planned the mechanical propulsion system into an electric propulsion system on the ship. The research object is a 28 M fast patrol boat with a speed of 25 knots in full (MCR) conditions, 22 knots in patrol conditions and 15 knots in economical conditions. The electric motor used is a PRAXIS DC EMG-820d-7751 motor with 1457 kW of motor power supplied from a battery that is charged from the shore port. Simulation using MatLab by modeling the motor and propeller to find the value of torque, thrust and advance speed. The power prediction between the motor and the propeller in the graph below can be seen that the motor power can match the power required by the propeller in the condition of 52,388 % power and 100 % speed of the DC motor by adjusting the input voltage to the motor so that it affects the motor speed. The speed of the ship can reach 25 kNots, namely in clean hull conditions of 25 kNots and in rough hull conditions it does not meet the speed requirement of 24 kNots.

Keywords: Patrol Boats, Electric Propulsion Systems, DC Electric Motors, Batteries

Nomenclature

P_a	gaya dorong motor
T_a	torsi motor
V_a	speed of advance
P_c	koefisien propulsive
K_T	koefisien gaya dorong propeller
K_Q	koefisien torsi propeller
J	koefisien advance propeller
Q_{prop}	torsi propeller
T_{prop}	thrust propeller
BHP	daya utama kapal

1. PENDAHULUAN

Semakin berkurangnya ketersediaan bahan bakar fosil, serta banyaknya limbah yang dihasilkan oleh *Combustion Engine* (Propulsi Mekanis), membuat mesin yang menggunakan bahan bakar minyak akan berkurang. Pengembangan bahan bakar alternatif sedang digelakkan untuk menghemat bahan bakar dengan menggunakan minyak bumi seperti minyak tanah, minyak nabati dan lemak hewani dan dalam bentuk gas seperti gas alam, hidrogen, atau biogas. Jenis propulsi kapal semakin beragam sesuai dengan perkembangan teknologi, dengan pertimbangan merujuk pada mengurangi kebutuhan tenaga yang menggunakan bahan bakar minyak [1]. Pada kapal yang menggunakan sistem propulsi mekanis, penggunaan mesin diesel sebagai tenaga untuk pengoperasian baling-baling memiliki beberapa masalah dan kelemahan, diantaranya: menyebabkan

kebisingan dan getaran, membutuhkan perawatannya relatif sulit. kondisi yang mengharuskan menggunakan bahan bakar untuk menggerakkan kapal membuat kebutuhan operasi yang cukup tinggi. Karena permasalahan tersebut, maka perlu disediakan mesin alternatif yang digunakan sebagai daya dorong kapal utama. Sebagai solusi alternatif untuk masalah tersebut maka penggunaan motor DC sebagai tenaga penggerak kapal adalah solusinya. [2]

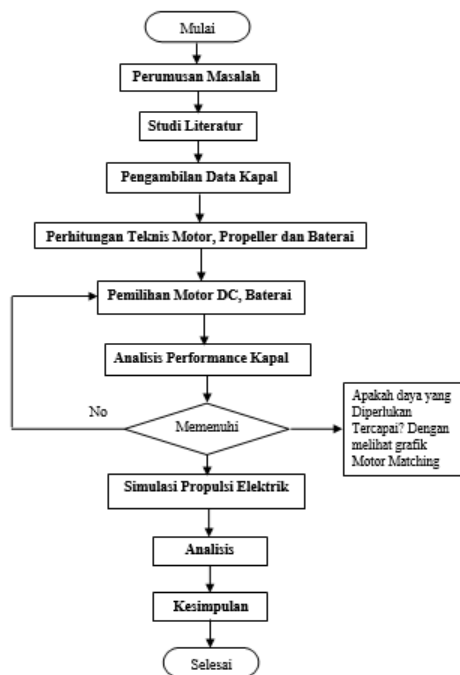
Propulsi listrik menghilangkan kebutuhan akan sejumlah besar ruang di diesel mesin dan poros baling-baling dan kemudi, dengan pengurangan yang signifikan dalam berat total peralatan mekanis sehingga mengurangi bobot dari beban kapal, peningkatan kapasitas kapal muatan dan peningkatan ekonomi navigasi kapal. Sistem propulsi elektrik adalah sistem propulsi di kapal yang menggunakan motor listrik DC dan sumber dayanya dari baterai, baterainya disusun secara seri dan selanjutnya dihubungkan ke converter kemudian diteruskan ke motor listrik DC sehingga menghasilkan gerak mekanis memutar dari hasil interaksi antara listrik dan magnet untuk menggerakkan *propeller* pada kapal. [3]

Pada paper ini akan merencanakan kompartmen sistem propulsi elektrik pada kapal yang mampu untuk menggerakkan baling –

baling dan juga dapat menampung daya yang dibutuhkan pada kapal patroli 28 M ini. Mode propulsi yang digunakan beroperasi pada setiap kecepatan akan berpengaruh terhadap beban baterai dan generator. Maka dari itu perlu dilakukan pengaturan pembebanan pada motor DC pada setiap kecepatan operasi yang digunakan.

2. METODOLOGI

Urutan langkah-langkah dalam penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1 Langkah - langkah penelitian

2.1 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk melengkapi dan menyiapkan konsep teori yang dibutuhkan selama mengerjakan penelitian. Studi literatur yang digunakan meliputi buku atau modul, tugas akhir, jurnal, internet, serta arahan dari dosen pembimbing.

2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Principal Dimensions* Kapal

<i>Principal Dimensions</i>	
LOA	28.80 m
LPP	24.58 m
LWL	25.28 m
B	5.7 m
H	3 m
T	1.25 m
Main Engine	2 x 1457 kW

Vs (<i>Full Speed</i>)	25 kNot
Vs (<i>Cruising</i>)	22 kNot
Vs (<i>Economic</i>)	15 kNot
Jumlah ABK	4 Orang

Tabel 2. Spesifikasi *Motor Shunt DC emg-820d-7751*

No	Kriteria	Spesifikasi
1	<i>Speed</i>	1200 RPM
2	<i>Motor Power</i>	1457 kW
3	<i>Torque</i>	11600 Nm
4	<i>Voltage (rms)</i>	634 V
5	<i>Voltage</i>	895 V
6	Arus	1356 A
7	<i>Efficiency</i>	97,9 %

2.3 Perhitungan Propeller

Perhitungan *propeller* dilakukan untuk mengetahui torsi dan *thrust* yang dihasilkan dengan mencari K_T , K_Q , dan J menggunakan *open water test*. Untuk persamaan unjuk karakteristik kinerja *propeller* adalah sebagai berikut:

$$T_{prop} = K_T \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^4 \quad (1)$$

$$Q_{prop} = K_Q \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^5 \quad (2)$$

2.4 Motor Propeller Matching

Dilakukan menggunakan *excel* dengan melakukan perbandingan antara motor dan *propeller* menggunakan grafik *power prediction* antara BHP dan kecepatan. Dengan membuat grafik kondisi *clean hull* dan *rough hull* untuk mengetahui *speed prediction* untuk mengetahui apakah kecepatan kapal (Vs) dapat tercapai dengan menggunakan motor yang dipilih. Parameter perhitungan untuk motor yaitu [4]:

$$Q_m(i) = (i - i_o)/Kv \quad (3)$$

$$\Omega(i, v) = (v - iR)Kv \quad (4)$$

$$P_{shaft}(i, v) = Q_m \Omega = (i - i_o)(v - iR) \quad (5)$$

$$P_{elec}(i, v) = v i \quad (6)$$

$$\eta_m(i, v) = P_{shaft}/P_{elec} \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Motor Propeller Matching

Dari hasil perhitungan yang dilakukan menggunakan *Excel*, maka didapatkan data untuk mengetahui berapa BHP SCR yang diperlukan untuk menggerak *propeller* dengan berdasarkan pada setiap kondisi *Hull* maka dapat diketahui performa kapal untuk kondisi *clean* dan *rough hull*, didapatkan data seperti pada tabel dibawah:

Tabel 3. *Clean Hull*

n-propeller	n-propeller	Torsi	Delivery Power	Shaft Power	Brake Power SCR	RPM	Brake Power SCR
(rpm)	(rps)	(kN)	(kW)	(kW)	(kW)	(%)	(%)
0	0	0	0	0	0	0	0
41,5123626	0,691873	0,072772	0,31619	0,309866	0,31619	5	0,010888
83,0247253	1,383745	0,291087	2,529522	2,478931	2,529522	10	0,087105
166,049451	2,767491	1,164347	20,23617	19,83145	20,23617	20	0,696838
249,074176	4,151236	2,619782	68,29709	66,93115	68,29709	30	2,351828
290,586538	4,843109	3,565814	108,4532	106,2842	108,4532	35	3,734616
332,098901	5,534982	4,65739	161,8894	158,6516	161,8894	40	5,574704
373,611264	6,226854	5,894509	230,5027	225,8926	230,5027	45	7,93742
415,123626	6,918727	7,277171	316,1902	309,8664	316,1902	50	10,88809
456,635989	7,6106	8,805377	420,8492	412,4322	420,8492	55	14,49205
498,148352	8,302473	10,47913	546,3767	535,4492	546,3767	60	18,81463
539,660714	8,994345	12,29842	694,6699	680,7765	694,6699	65	23,92114
581,173077	9,686218	14,26326	867,626	850,2735	867,626	70	29,87693
622,68544	10,37809	16,37364	1067,142	1045,799	1067,142	75	36,74731
664,197802	11,06996	18,62956	1295,115	1269,213	1295,115	80	44,59763
705,710165	11,76184	21,03103	1553,443	1522,374	1553,443	85	53,4932
747,222527	12,45371	23,57804	1844,021	1807,141	1844,021	90	63,49936
788,73489	13,14558	26,27059	2168,749	2125,374	2168,749	95	74,68143
830,247253	13,83745	29,10869	2529,522	2377,751	2426,276	100	83,54945

Tabel 4. *Rough Hull*

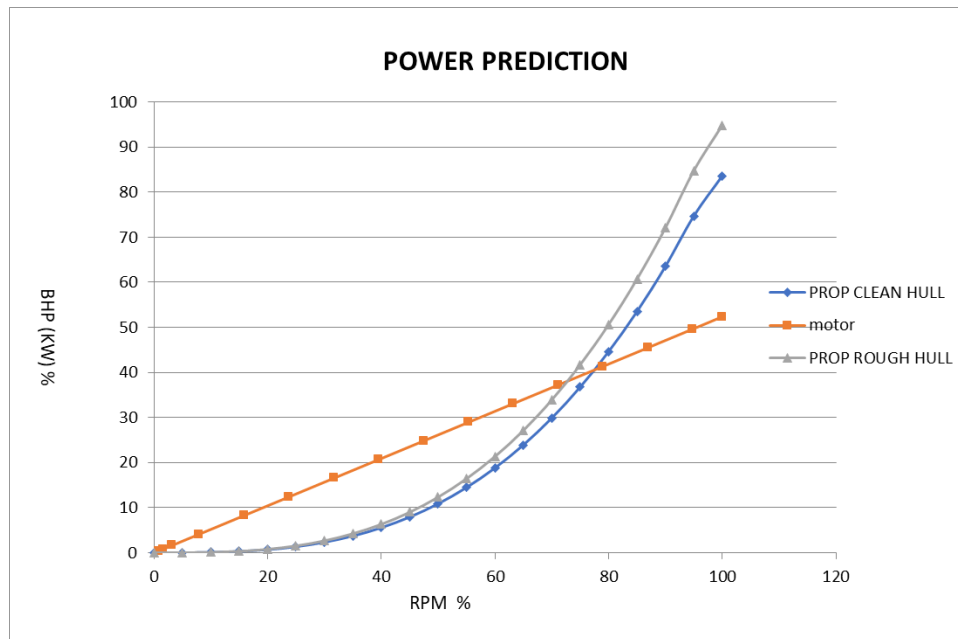
n-propeller	n-propeller	Torsi	Delivery Power	Shaft Power	Brake Power SCR	RPM	Brake Power SCR
(rpm)	(rps)	(kN)	(kW)	(kW)	(kW)	(%)	(%)
0	0	0	0	0	0	0	0
43,17286	0,719548	0,079358	0,358598	0,351426	0,358598	5	0,012348
86,34571	1,439095	0,317431	2,868787	2,811411	2,868787	10	0,098787
129,5186	2,158643	0,714219	9,682155	9,488512	9,682155	15	0,333408
172,6914	2,87819	1,269723	22,95029	22,49129	22,95029	20	0,790299
215,8643	3,597738	1,983943	44,82479	43,9283	44,82479	25	1,543553
259,0371	4,317286	2,856877	77,45724	75,9081	77,45724	30	2,66726
302,21	5,036833	3,888527	122,9992	120,5392	122,9992	35	4,235511
345,3829	5,756381	5,078893	183,6024	179,9303	183,6024	40	6,322395
388,5557	6,475929	6,427974	261,4182	256,1898	261,4182	45	9,002004
431,7286	7,195476	7,93577	358,5983	351,4264	358,5983	50	12,34843
474,9014	7,915024	9,602282	477,2944	467,7485	477,2944	55	16,43576
518,0743	8,634571	11,42751	619,6579	607,2648	619,6579	60	21,33808
561,2471	9,354119	13,41145	787,8406	772,0837	787,8406	65	27,1295
604,42	10,07367	15,55411	983,9938	964,314	983,9938	70	33,88409
647,5929	10,79321	17,85548	1210,269	1186,064	1210,269	75	41,67594
690,7657	11,51276	20,31557	1468,819	1439,442	1468,819	80	50,57916
733,9386	12,23231	22,93438	1761,794	1726,558	1761,794	85	60,66783

n-propeller	n-propeller	Torsi	Delivery Power	Shaft Power	Brake Power SCR	RPM	Brake Power SCR
(rpm)	(rps)	(kN)	(kW)	(kW)	(kW)	(%)	(%)
820,2843	13,6714	28,64813	2459,626	2410,433	2459,626	95	84,69787
863,4571	14,39095	31,74308	2868,787	2696,66	2751,693	100	94,75528

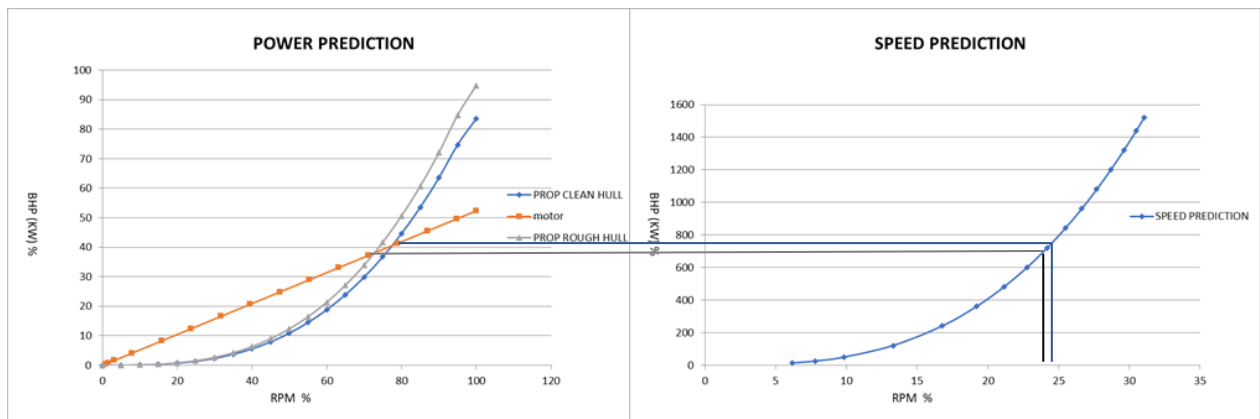
Tabel 5. Performance Motor DC

V in	n- Motor	n - motor	RPM%	Torsi	Delivery Power	Efektif Power
Volt	(rpm)	(rps)	(%)	(kN)	(kW)	(kW)
5	9,489	0,15815	0,79075	10,09	10,02121	6,159033
10	18,98	0,31633333	1,581667	10,09	20,04452	12,31937
20	37,96	0,63266667	3,163333	10,09	40,08905	24,63873
50	94,92	1,582	7,91	10,09	100,2437	61,60981
150	284,8	4,74666667	23,73333	10,09	300,7735	184,8554
200	379,6	6,32666667	31,63333	10,09	400,8905	246,3873
250	474,4	7,90666667	39,53333	10,09	501,0075	307,9192
300	569,1	9,485	47,425	10,09	601,0189	369,3862
350	663,8	11,0633333	55,31667	10,09	701,0303	430,8532
400	758,3	12,6383333	63,19167	10,09	800,8305	492,1904
450	852,9	14,215	71,075	10,09	900,7363	553,5925
500	947,3	15,7883333	78,94167	10,09	1000,431	614,8648
550	1042	17,3666667	86,83333	10,09	1100,442	676,3318
600	1136	18,9333333	94,66667	10,09	1199,714	737,3445
634	1200	20	100	10,09	1267,304	778,885

Ship Power	Brake Power	Vs^3	Vs		Brake Power
(kW)	(kW)		m/s	kNot	%
10,22572	12,03026	16,82849	2,56260537	6,183893261	0,414265143
20,4536	24,063055	33,66053	3,22879386	7,791490973	0,828617601
10,22572	12,03026	16,82849	2,56260537	6,183893261	0,414265143
40,90719	48,12611	67,32106	4,06802535	9,816663487	1,657235203
102,2895	120,34063	168,3381	5,52154767	13,32419804	4,143961155
204,536	240,63055	336,6053	6,9562255	16,78625844	8,286176013
10,22572	12,03026	16,82849	2,56260537	6,183893261	0,414265143
306,9117	361,07261	505,0853	7,96382261	19,21771864	12,43362976
409,0719	481,2611	673,2106	8,76429493	21,14936036	16,57235203
511,2322	601,4496	841,3359	9,44038724	22,78085725	20,71107429
613,2846	721,51131	1009,284	10,030851	24,20572144	24,84543082
715,3371	841,57302	1177,232	10,5589483	25,4800877	28,97978734
817,174	961,38118	1344,825	11,0379545	26,63599069	33,10541239
919,1187	1081,3161	1512,596	11,4790942	27,70051695	37,23540317
1020,848	1200,9975	1680,012	11,8878713	28,68694814	41,35666247
1122,9	1321,0592	1847,96	12,2714954	29,61268195	45,491019
1224,198	1440,2334	2014,666	12,6299324	30,47763612	49,59481534
1293,167	1521,3733	2128,168	12,8627945	31,03956202	52,38888944



Gambar 2 Power Prediction Propeller vs Motor



Gambar 3 Speed Prediction Propeller vs Motor

3.2 Power Prediction

Untuk mengetahui apakah *motor* didapatkan dari matching *motor* dan *propeller* dengan *speed* (RPM) sebagai sumbu X dan power (kW) sebagai sumbu Y. Persentase kecepatan dan kekuatan *motor* berasal dari perbandingan nilai setiap poin antara *motor* dan *propeller* dititik manakah *motor* dan *propeller* matching yang nantinya digunakan untuk mengetahui berapa besar daya dan kecepatan *motor* yang digunakan untuk dapat menggerakkan *propeller*. Sedangkan presentase kecepatan dan tenaga *propeller* berasal dari perhitungan pencocokan *motor* dengan asumsi data kapal yang digunakan. Garis oranye menunjukkan performa *motor* pada kondisi 100%, sedangkan garis biru merupakan performa *propeller* yang digunakan pada kondisi 100%. Kedua garis tersebut digunakan untuk melihat seberapa besar presentase *motor* untuk dapat menggerakkan *propeller* nantinya.

1. Power prediction

Power prediction antara motor dan propeller pada grafik dibawah dapat diketahui bahwa daya motor dapat sesuai dengan daya yang diperlukan propeller pada kondisi 52,388 % power dan 100 % kecepatan dari motor DC dengan cara mengatur masukan voltase pada motor sehingga mempengaruhi kecepatan motor.

2. Speed Prediction

Pada gambar diatas dapat diketahui bahwa kecepatan kapal mampu mencapai 25 kNots yaitu pada kondisi clean hull sebesar 25 kNots dan pada kondisi rough hull tidak menukupi kebutuhan kecepatannya yaitu sebesar 24kNots.

4. KESIMPULAN

Power prediction antara motor dan propeller pada grafik dibawah dapat diketahui bahwa daya motor dapat sesuai dengan daya yang diperlukan propeller pada kondisi 52,388 % power dan 100 % kecepatan dari motor DC dengan cara mengatur masukan voltase pada motor sehingga mempengaruhi kecepatan motor. Kecepatan kapal mampu mencapai 25 kNot yaitu pada kondisi clean hull sebesar 25 kNot dan pada kondisi rough hull tidak menukupi kebutuhannya yaitu sebesar 24 kNot.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis bahwa penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan, motivasi dan nasehat dari berbagai pihak. Dengan demikian penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Raden Dimas Endro Witjonarko, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I penulis.
2. Bapak Anggara Trisna Nugraha, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II penulis.
3. Kedua Orang Tua penulis yang telah memberikan segala-galanya bagi penulis.
4. Teman-teman seperjuangan Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, PPNS.

6. PUSTAKA

- [1] H. Niu, M. Zhao, and F. Qin, "Study on the Ship Electric Propulsion System and Its Development," vol. 122, no. Icaset, pp. 212–216, 2017, doi: 10.2991/icaset-17.2017.40.
- [2] Alexander Volta Matondang, "ANALISA DESIGN DAN KAJIAN EKONOMIS SISTEM PROPULSI ELEKTRIS YANG RAMAH LINGKUNGAN PADA KAPAL IKAN 30 GT," 2017.
- [3] Sunardi and Pamungkas, "Study of Small Ship With Electrical Movement Power for Supervision of River and Estuary Conservation Area," *J. Kelaut.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–11, 2019.
- [4] E. S. Koenhardono, J. Prananda, and E. Danian, "Analysis of Engine Propeller Matching of DC Motor as a Main Propulsion," vol. 2, no. 1, pp. 8–15, 2017.