

DESAIN SISTEM PROPULSI HYBRID PADA FAST PATROL BOAT 28 METER

Muhammad Septaldi Millenian Setiawan^{1*}, 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 Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

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

Email: mseptaldi@student.ppns.ac.id^{1*}; dimasendl@ppns.ac.id^{2*}; anggaranugraha@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - Hybrid System Vessel technology has recently become a frequently discussed topic in machinery technology. The Hybrid System Vessel technology in question is a ship that runs with two power sources, an engine that works with a fuel power source and an electric motor that works with an electric power source. The object of this research is a 28 m Patrol Ship with a speed of 25 knots in full conditions (MCR), 22 knots in Patrol conditions and 15 knots in economic conditions. The electric motor used is the PRAXIS DC EMG-590d-620 motor with a power of 584 kW supplying motor power from the battery and the diesel motor used is the Baudoin M126.3 motor with a power of 1104 Kw. Simulation using MatLab by modeling the motor and propeller to find the value of torque, thrust and speed advance. Obtained power prediction DC motor, motor speed can meet the needs of the desired economic speed of 16.78 kNot, obtained power prediction Diesel Motor, motor speed can meet the needs of the desired patrol speed of 22.17 kNot.

Keywords: Patrol Boats, Hybrid 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
K_a	konstanta jangkar
P_a	torsi motor
T_a	thrust motor
ω_m	kecepatan sudut motor

1. PENDAHULUAN

Mengingat Indonesia merupakan negara maritim yang luas lautnya 2:3 luas daratannya, maka pengamanan seluruh wilayah laut perlu dilakukan.[1].Kemungkinan terjadi pelanggaran Wilayah, pengambilan kekayaan laut tanpa izin,penyelundupan,perompakan serta sabotase. Kapal Patroli memiliki misi untuk melindungi dan mengawasi suatu wilayah Perairan dari kegiatan penyelundupan, Illegal Looging, Illegal Fishing dan lain lain[2].

Karena keterbatasan jumlah kapal Patroli dan anggaran yang disediakan oleh Negara, dan untuk efisiensi biaya operasional Serta tuntutan pengamanan wilayah laut NKRI,Diperlukan suatu pembaharuan dalam sistem kapal patroli.Pada Kapal patroli saat ini juga masih menggunakan bahan bakar minyak untuk menjalankan tugasnya.

Sehingga ketika terjadi kelangkaan , mengakibatkan keamanan perairan indonesia semakin terancam. Oleh karena itu untuk menjalankan misi melindungi teritorial perairan Indonesia,kapal patroli harus dirancang memiliki kecepatan dinas yang bervariasi, ekonomis dan fleksibilitas yang tinggi [3].

Salah satu jenis sistem propulsi yang memiliki fleksibilitas operasional yang tinggi serta ekonomis adalah sistem propulsi hybrid.Sistem Propulsi Hybrid yang direncanakan untuk kapal Fast Patrol Boat 28 m memiliki tiga operasional, yaitu sistem listrik, sistem PTO dan sistem mekanis. Penggunaan ketiga jenis mode operasional disesuaikan dengan kebutuhan daya untuk mencapai kecepatan dinas

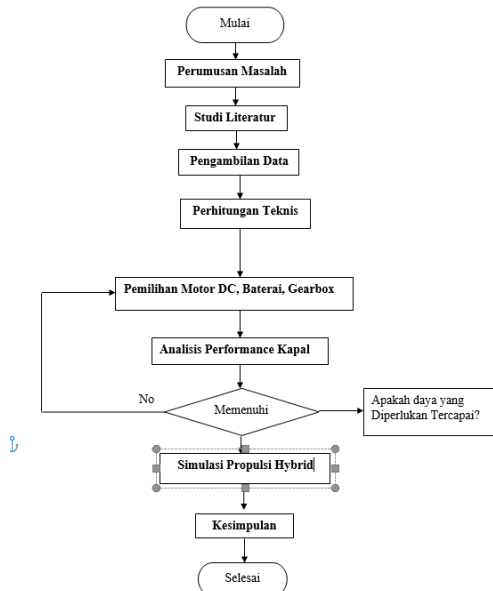
Dengan adanya perubahan mode operasional pada setiap kecepatan pada kapal Patroli, menjadikan sistem ini memiliki fleksibilitas pembangkitan daya yang tinggi hingga sistem ini tepat untuk kapal yang memiliki kecepatan bervariasi.[4].Dalam pengoperasian sistem propulsi hybrid, mode propulsi yang digunakan beroperasi pada setiap kecepatan akan berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar engine. Untuk mendapatkan konsumsi bahan bakar pada titik yang terendah, perlu dilakukan pengaturan pembebanan pada motor utama maupun motor listrik pada setiap kecepatan operasional kapal.

Namun juga timbul permasalahan yaitu engine room pada kapal patroli tidak terlalu besar.Maka dari itu, Pemilihan kebutuhan daya untuk motor utama (diesel),kapasitas baterai, daya motor listrik

sangat menentukan keberhasilan untuk perencanaan sistem propulsi Hybrid pada Kapal Fast Patrol Boat 28 m. Untuk itu pada penelitian ini dilakukan perencanaan sistem propulsi hybrid untuk mendapatkan performance yang paling maksimal.

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

Principal Dimensions	
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 1500 HP
Vs (Full Speed)	25 kNot
Vs (Cruising)	22 kNot
Vs (Economic)	15 kNot
Jumlah ABK	4 Orang

Tabel 2. Spesifikasi Motor Shunt DC emg-590d-620l

No	Kriteria	Spesifikasi
1	Speed	1800 RPM

No	Kriteria	Spesifikasi
2	Motor Power	584 kW
3	Torque	3103 Nm
4	Voltage (rms)	527 VRms
5	Voltage	743 Vdc
6	Arus	680 ARms
7	Efficiency	98,3 %

Tabel 3. Spesifikasi Motor Diesel Baudoin 12 M26.3

No	Kriteria	Spesifikasi
1	Displacement	31,8 litre
2	Max Torque	5530 Nm@1650 rpm
3	SFOC	209 Gr/kw-Hr
4	Max Output Power	1500 BHP
5	Engine Speed (RPM)	2200 Rpm
6	EIAPP certificate	IMO T2&T3
7	Class certificate	IACS Class

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 DC 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 [5]:

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

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

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

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

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

2.5 Motor Diesel 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.

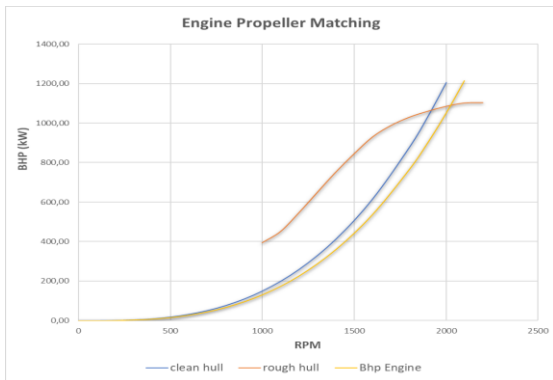
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Motor DC Diesel Propeller Matching

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

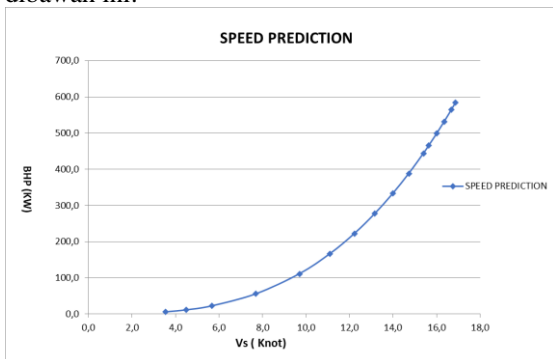


Gambar 2 Power Prediction DC Motor

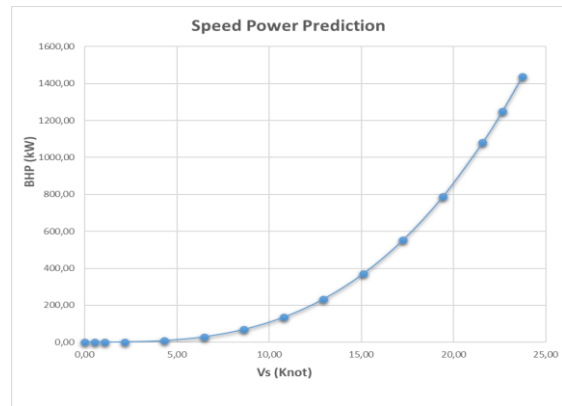


Gambar 3 Power Prediction Diesel Motor

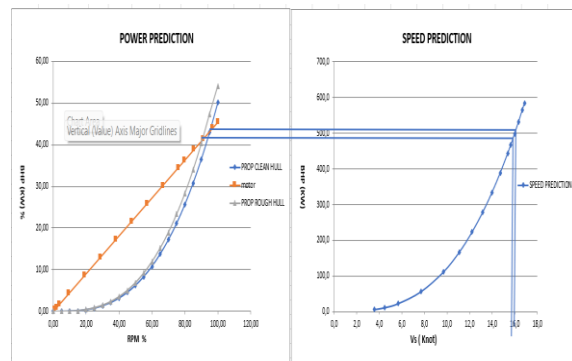
Untuk melihat berapa kecepatan kapal (V_s) yang dapat dicapai motor dapat melihat pada grafik dibawah ini:



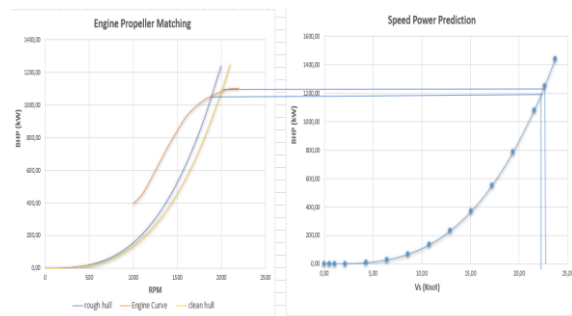
Gambar 4 Speed Prediction DC Motor



Gambar 5 Speed Prediction Diesel Motor



Gambar 6 Motor DC Propeller Matching



Gambar 7 Motor Diesel Propeller Matching

3.2 Power Prediction DC Diesel Motor

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 DC

Power prediction antara motor dan propeller pada grafik dibawah dapat diketahui bahwa daya motor dapat sesuai dengan daya yang diperlukan propeller pada kondisi 50,04 % power dan 100 % kecepatan dari motor DC dengan cara mengatur masukan voltase pada motor sehingga mempengaruhi kecepatan motor.

2. Speed Prediction DC

Pada gambar diatas dapat diketahui bahwa kecepatan kapal mampu mencapai mode operasional ekonomis yang direncanakan, yaitu pada kondisi clean hull sebesar 16 kNot dan pada kondisi rough hull yaitu sebesar 15,8 kNot.

3. Power prediction Diesel

Power prediction antara motor dan propeller pada grafik dibawah dapat diketahui bahwa daya motor dapat sesuai dengan daya yang diperlukan propeller pada kondisi 48,93 % power dan 100 % kecepatan dari motor Diesel

4. Speed Prediction Diesel

Pada gambar diatas dapat diketahui bahwa kecepatan kapal mampu mencapai mode operasional patrol yang direncanakan yaitu pada kondisi clean hull sebesar 22,5 kNot dan pada kondisi rough hull yaitu sebesar 21,8 kNot.

4. KESIMPULAN

Dari desain system dan pemodelan propulsi hybrid pada Fast Patrol Boat 28 Meter yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Diperoleh komponen system propulsi kapal Hybrid berupa motor DC sebagai penggerak sekunder yaitu PRAXIS EMG-590d-620l dengan spesifikasi daya 584 kW dan kecepatan 1800 rpm, dan Motor Diesel sebagai penggerak primer yaitu Baudoin M126.3 dengan spesifikasi daya 1104 kw dan kecepatan 2200 rpm, PRAXIS Green Battery dengan spesifikasi storage 600 kWh per rak dengan 1 rak berisi 6 baterai, gearbox sebagai system transmisi untuk mereduksi kecepatan maupun daya dengan rasio gearbox sebesar 2,639 untuk Motor Diesel dan ratio gearbos 2,171 untuk Motor listrik dan propeller type B4-100 diameter 1,26 m yang memiliki efisiensi 63%.
2. Diperoleh bahwasanya Power prediction antara motor DC dan propeller pada daya motor sesuai dengan daya yang diperlukan propeller pada kondisi 50,04 % power dari 100% kecepatan dari motor DC dengan cara mengatur masukan voltase pada motor sehingga mempengaruhi kecepatan motor, didapatkan kecepatan kapal mencapai 16,87 kNot , Dapat Diartikan Kecepatan yang direncanakan pada Mode Ekonomis (15 knot) telah tercapai.
3. Diperoleh bahwasanya Power prediction antara motor Diesel dan propeller pada daya motor sesuai dengan daya yang diperlukan propeller pada kondisi 48,93 % power, didapatkan

kecepatan kapal mencapai 22,5 kNot , Dapat Diartikan Kecepatan yang direncanakan pada Mode Patroli (22 knot) telah tercapai.

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] E. R. Agoes Profesor, “Hukum Laut Internasional (Unclos 1982): Implementasi Dan Tantangan Ke Depan,” 2021.
- [2] A. Windyandari and D. Wahyudi, “Methodology of The Hybrid Propulsion System (DMP & DEP) For Trimaran Type Fast Patrol Boat,” *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 8, no. 3, pp. 161–172, 2011.
- [3] dan I. G. T. Bimantoro, I. M. Ariana, “Analisa Penerapan Sistem Hybrid pada Kapal KPC-28 dengan Kombinasi Diesel Engine dan Motor Listrik yang Disuplai Dengan Baterai,” *J. Tek. Pomits*, vol. 3, no. 1, pp. 64–69, 2014.
- [4] H. K. Prasetya and E. S. Koenhardono, “Perencanaan Sistem Propulsi Hybrid Untuk Kapal Fast Patrol Boat 60 M,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.19398.
- [5] 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.