

EVALUASI TORSI ELECTRIC ENGINE PROTOTYPE PERAHU LISTRIK NELAYAN MENGGUNAKAN METODE PRONY BRAKE

Ahmad Ilham Ramadhani^{1*}, Andie Murtono²

^{1,2} Program Studi Mekanisasi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Bitung

Jalan Tandurusa Kotak Pos 12/BTG, Kota Bitung, Sulawesi Utara

ilham.ramadhani@kkp.go.id¹

Abstrak

Teknologi perahu nelayan berbasis sistem penggerak motor listrik telah dikembangkan sebagai salah satu inovasi kendaraan laut. Perahu listrik dapat bergerak dengan adanya gaya torsi yang dihasilkan dari motor listrik untuk memutar poros motor yang terhubung dengan propeller. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi gaya torsi yang dihasilkan oleh electric engine dengan metode prony brake. Metode penelitian adalah eksperimental dengan pendekatan terhadap variasi beban, variasi diameter eksternal pulley poros motor, dan variasi putaran motor. Hasil perhitungan eksperimen menunjukkan bahwa pengujian prony brake dapat digunakan sebagai instrumen dalam metode pendekatan untuk menghitung torsi. Nilai torsi dipengaruhi oleh diameter pulley, variasi beban, dan variasi putaran awal motor. Nilai torsi terbesar pada variasi beban dan diameter pulley yakni pada diameter pulley 3 inchi dan beban 8 kg, yakni 3,10 Nm. Perubahan putaran poros motor (rpm) mempengaruhi peningkatan torsi. Nilai torsi terbesar pada variasi putaran yakni pada 800 rpm dan beban 8kg pada setiap variasi diameter; 4,31 Nm (2 inchi), 5,34 Nm (2,5 inchi), 6,46 Nm (3 inchi). Torsi yang diperoleh digunakan sebagai acuan dalam menentukan kemampuan electric engine dan kemampuan prototipe perahu nelayan selama beroperasi di laut.

Kata kunci : motor listrik, perahu, prony brake, torsi

Abstract

Fishing boat technology utilizing an electric motor drive system has been developed as one of the innovations in marine vehicle design. Electric boats can move using the torque force generated from the electric motor to rotate the motor shaft, which is connected to the propeller. The aim of this research is to evaluate the torque force produced by an electric engine using the prony brake method. The research method is experimental with an approach to load variations, variations in the external diameter of the motor shaft pulley, and variations in motor rotation. The results of experimental calculations show that the prony brake test can be used as an instrument in the approach method for calculating torque. The torque value is influenced by the pulley diameter, load variations, and variations in the initial rotation of the motor. The largest torque value for variations in load and pulley diameter is at a pulley diameter of 3 inches and a load of 8 kg, namely 3.10 Nm. Changes in motor shaft rotation (rpm) affect the increase in torque. The largest torque value in the rotation variation is at 800 rpm and a load of 8kg for each diameter variation; 4.31 Nm (2 inches), 5.34 Nm (2.5 inches), 6.46 Nm (3 inches). The torque obtained is used as a reference in determining the capabilities of the electric engine and the capabilities of the fishing boat prototype while operating at sea.

Key words : boat, electric engine, prony brake, torque

PENDAHULUAN

Perahu konvensional yang sering digunakan oleh masyarakat nelayan di perairan Kota Bitung yakni perahu pakura. Perahu pakura masih menggunakan *gasoline engine* dengan BBM jenis bensin dan putaran mesin yang dihasilkan dari proses *internal combustion engine* (ICE) [1].

Observasi langsung terhadap beberapa jenis perahu pakura menunjukkan bahwa ukuran utama perahu panjang = 3 - 4 m, lebar = 0,8 - 1 m, dan draft = 0,5 m.

Sistem penggerak perahu jenis *gasoline engine* memiliki beberapa kondisi yang sering ditimbulkan, meliputi; (1) tingginya emisi gas buang, (2) peningkatan jumlah konsumsi bahan bakar, dan (3) keterbatasan *gasoline engine* saat perahu beroperasi [2]. Beberapa masalah dan kondisi

yang ada dapat diubah dengan mengganti sistem penggerak dengan pemanfaatan motor listrik/*electric engine* [3]. Implementasi *electric engine* dipilih karena didasarkan sistem penggerak yang tidak menimbulkan emisi gas buang, tingkat konsumsi sumber energi dari baterai, dan waktu operasi yang lama. Perkembangan penelitian *electric engine* sebelumnya masih berfokus pada karakteristik baterai sebagai sumber energi listrik perahu [4]. Selain berkenaan dengan sumber energi, beberapa penelitian lain juga mengkaji berkenaan dengan distribusi beban terhadap perahu yang dengan konfigurasi peletakan sistem penggerak, baterai, juru kemudi di buritan perahu [5].

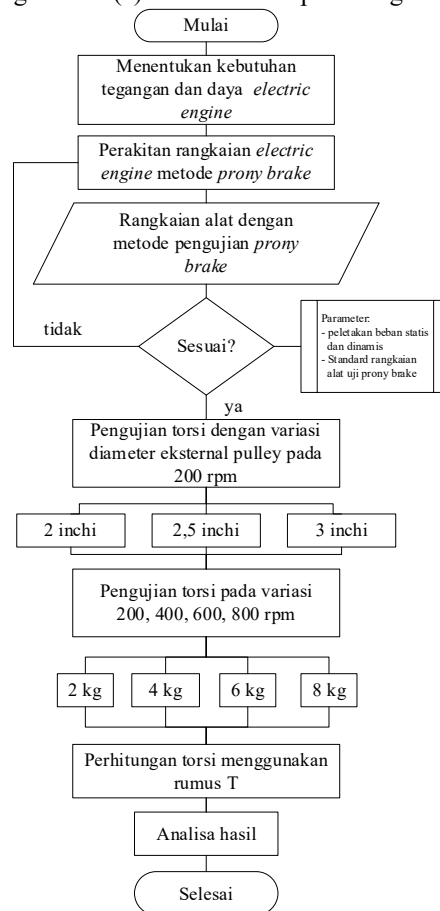
Inovasi pemanfaatan *electric engine* saat ini perlu untuk dilengkapai dengan tidak hanya terfokus pada sumber energi dan distribusi beban pada perahu. Penelitian pemanfaatan *electric engine* juga membutuhkan evaluasi lebih mendalam berkenaan tentang hubungan antara komponen utama baterai dan motor listrik, meliputi sumber energi dan torsi yang dihasilkan. Penelitian sebelumnya telah mengkaji faktor suplai energi pada *electric engine* yakni bersumber dari baterai [6], sedangkan pada proses perahu bergerak membutuhkan torsi yang dihasilkan oleh motor listrik. Faktor torsi pada *electric engine* berperan untuk memutar poros motor yang terhubung dengan *connecting road* dan *propeller* [7]. Perahu pakura yang dengan konsep *electric engine* perlu untuk memperhitungkan besar torsi [8]. Torsi merupakan gaya putar yang dihasilkan oleh mesin untuk menggerakkan kendaraan dari posisi diam.

Penentuan besar torsi minimum yang dibutuhkan oleh perahu pakura, dapat diuji pada skala laboratorium dengan metode *prony brake*. Prinsip penentuan torsi dengan metode *prony brake* yakni adanya putaran torsi dipengaruhi oleh beban yang diterima, diameter eksternal *pully*, dan variasi putaran motor listrik. Bagian poros motor listrik menerima beban total akibat putaran *propeller* sehingga mempengaruhi besar torsi yang dihasilkan [9].

Penelitian eksperimental ini bertujuan untuk menghitung dan mengevaluasi besar torsi yang mampu dihasilkan oleh motor listrik berdasarkan metode *prony brake*. Tahapan penelitian berfokus pada simulasi mekanis berdasarkan variasi beban 2 kg s.d. 8 kg, menggunakan interval kenaikan 2 kg. dengan variasi diameter eksternal 2 inchi, 2,5 inchi, dan 3 inchi. Setiap variasi beban dan variasi diameter dilakukan variasi putaran rpm. Hasil pengamatan dan perhitungan dengan metode *prony brake*, selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam menentukan torsi minimal yang mampu dihasilkan oleh *electric engine*.

METODE PENELITIAN

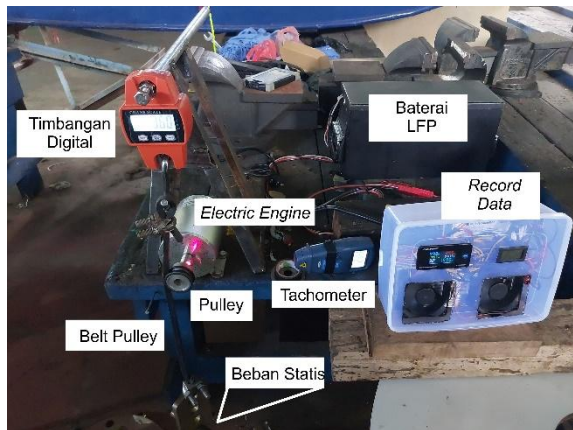
Alat dan bahan pada penelitian ini meliputi: Motor Brushless BLDC, Baterai LFP, Timbangan Digital “Crane Scale” 300 kg, variasi beban 2 kg s.d. 8 kg, Pulley diameter 2 inchi, 2,5 inchi, dan 3 inchi. Data pengujian diperoleh dari hasil eksperimen dan perhitungan. Diagram alir penelitian ditunjukkan oleh Gambar 1, terdiri beberapa meliputi; (a) perancangan alat, (b) penimbangan berat beban, (c) perakitan beban pada rangkaian alat dan (d) perhitungan torsi (e) evaluasi hasil perhitungan.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Komponen alat dirangkai menjadi *experimental setup*. Selanjutnya pengambilan data dilakukan pada kondisi ruangan yang sama agar untuk meminimalisir adanya getaran, gesekan, maupun tingkat keausan *v-belt* yang digunakan pada percobaan. Rangkaian uata dimulai dari baterai LFP yang menyuplai energi listrik ke sistem *electric engine*. Listrik yang masuk pada *electric engine* melalui *controller* diubah menjadi energi mekanis untuk menggerakkan *ass electric engine* yang terhubung dengan *pulley*. Untuk mengetahui besar torsi yang mampu dihasilkan, maka *electric engine* diberikan variasi beban yang digantung dengan

mengetahui berat awal W_1 dan W_2 selama percobaan. Data yang diperoleh selanjutnya dihitung dengan persamaan untuk mendapatkan nilai torsi. Ilustrasi *experimental setup* ditunjukkan pada Gambar 2.

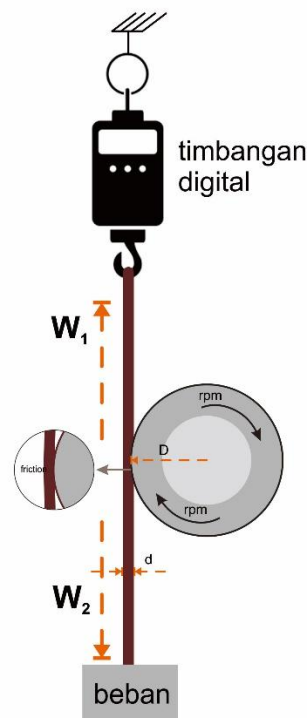


Gambar 2 Rangkaian Alat Pengujian

Prinsip pengujian torsi *electric engine* dengan metode *prony brake* yakni menguji kemampuan *electric engine* dalam menghasilkan besar torsi dengan diberikan hambatan/pengeraman menggunakan variasi beban. Ilustrasi Sistem *prony brake dynamometer* ditunjukkan pada Gambar 3.

Pulley akan bergerak secara rotasi mengikuti putaran poros motor. Kedua komponen yang terhubung tersebut mengalami hambatan/gesekan dari *belt* yang digantung dengan variasi beban, sehingga putaran poros motor kan berkurang dan menyebabkan perubahan pada nilai torsi yang dihasilkan. Proses pengujian torsi terhadap *electric engine* dengan metode *prony brake* dilakukan melalui tahapan pengaturan alat dan pengoperasian alat uji.

Pada tahap pengoperasian *electric engine* disuplai oleh baterai yang kebutuhan didasarkan pada *working voltage*. *Electric engine* dirangkai dengan komponen tambahan untuk mendapatkan pengaturan rangkaian *prony brake* [10]. Komponen dirangkai dengan menggantungkan beban pada *belt* yang mengenai pada *pulley*. Nilai beban yang dimunculkan pada alat timbangan selanjutnya dibaca sebagai beban sesuai dengan variasi setiap beban.



Gambar 3 Sistem *Prony Brake Dynamometer*

Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi pulley dengan diameter eksternal 2 inchi, 2,5 inchi, dan 3 inchi dan setiap pully diujicobakan dengan pembebanan statis 2 kg s.d. 8 kg. Selanjutnya *electric engine* dioperasikan berdasarkan rpm tetap dan variasi rpm. Pada saat pengujian, nilai beban yang ada pada timbangan akan mengalami perubahan selama terjadinya gesekan antara *pulley* dan *belt*.

Penentuan torsi dilakukan dengan metode pendekatan *prony brake* dengan menggunakan turunan persamaan dalam menentukan torsi (Nm) [11].

$$T = (W_2 - W_1) \times \frac{D_p}{2} \dots\dots\dots(1)$$

- dimana;
- T = torsi (N.m)
- W_2 = pembacaan pada timbangan (N)
- W_1 = beban W (N)
- D_p = diameter (d. pulley + d. tali) (cm)

Hasil perhitungan dari persamaan 1, selanjutnya dievaluasi untuk mengetahui kemampuan torsi *electric engine* yang akan digunakan pada perahu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prony brake merupakan metode keilmuan dalam bidang teknik mesin yang berfungsi untuk

mengetahui besar torsi (N.m) yang dihasilkan oleh *electric engine*. Prinsip kerja dalam metode pendekatan *prony brake* yakni adanya perubahan beban (W) yang diakibatkan adanya gesekan antara belt dengan bidang diameter *pulley*. Penelitian yang dilakukan oleh [12] dan [13] menjelaskan bahwa metode *prony brake* memanfaatkan adanya prinsip hambatan/pengereman yang dihasilkan akibat adanya gesekan mekanik antara permukaan *pulley* dengan *belt*. Nilai hambatan mekanik dapat dikonfigurasi berdasarkan nilai W yang ditumpu oleh tuas. Nilai torsi merupakan gaya yang dapat diketahui dari hasil persamaan antara berat beban dengan panjang tuas penumpu.

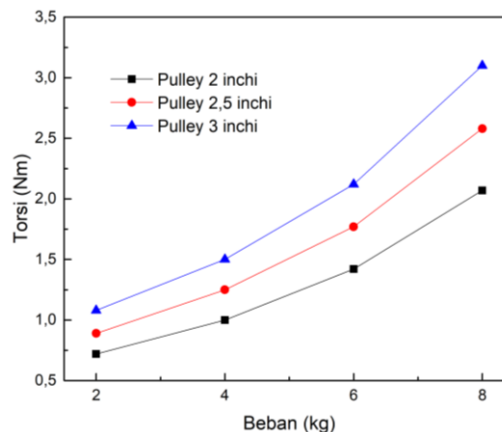
Evaluasi Torsi *Electric engine* dengan Metode *Prony brake* Pada RPM Tetap

Pengujian *prony brake* merupakan metode pendekatan eksperimental yang bertujuan untuk menghitung besar torsi (N.m) yang mampu dihasilkan oleh *electric engine*. Proses pengujian dilakukan dengan menerapkan pembebanan statis pada variasi 2 kg s.d. 8 kg. Berat beban tersebut kemudian dikonversi untuk menjadi newton karena dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Hasil pengujian pada Tabel 1, menunjukkan torsi yang dihasilkan dari perbedaan diameter *pulley* dan variasi beban pada putaran motor 200 rpm.

Tabel 1 Nilai Torsi Metode *Prony Brake* 200 rpm

Beban (kg)	Torsi (N.m)		
	2 inchi	2,5 inchi	3 inchi
2	0,72	0,89	1,08
4	1,00	1,25	1,50
6	1,42	1,77	2,12
8	2,07	2,58	3,10

Pada Gambar 4, ditunjukkan grafik hubungan antara beban dan torsi pada setiap variasi perbedaan diameter *pulley*. Berdasarkan hasil eksperimen dan perhitungan dapat dijelaskan bahwa penambahan nilai W, menunjukkan nilai torsi yang dihasilkan juga semakin besar pada diameter *pulley* yang sama. Sedangkan pada pembebanan statis yang sama, menunjukkan adanya peningkatan besar torsi yang dihasilkan oleh *electric engine* pada variasi diameter *pulley*.



Gambar 4 Nilai Torsi pada Perbandingan Diameter Pulley

Berdasarkan kedua fenomena tersebut dapat dianalisa bahwa perubahan torsi yang diperoleh dengan metode *prony brake* pada kondisi rpm yang tetap, disebabkan adanya perubahan variasi berat (W) dan variasi diameter *pulley*. Pada pengujian dengan variasi beban yang semakin berat, dapat menyebabkan beban semakin bergerak ke bawah akibat adanya massa dan gravitasi. Dalam kondisi pengujian tersebut, *electric engine* cenderung membutuhkan gaya yang lebih besar untuk memutar poros motor. Besar torsi yang dihasilkan merupakan inisiasi gaya awal yang dibutuhkan *electric engine* dari posisi diam menjadi bergerak secara rotasi. Pada pengujian dengan diameter *pulley* yang semakin besar, dapat menyebabkan adanya gesekan antara *pulley* dengan *v-belt* yang semakin lebar. Gesekan yang terjadi menyebabkan adanya resistansi dan/atau hambatan secara langsung.

Peningkatan besar torsi pada penelitian bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh [14] menjelaskan bahwa torsi yang dihasilkan oleh *electric engine* merupakan gaya awal yang dibutuhkan oleh motor untuk menggerakkan pada bagian poros. Nilai torsi yang dihasilkan disebabkan adanya pengaruh beban dan gesekan pada pulley. Penelitian lain yang bersesuaian berkenaan besar torsi oleh [15] menjelaskan bahwa torsi yang dihasilkan oleh *electric engine* dapat mengalami perubahan akibat adanya hambatan yang semakin besar. Pada kondisi perairan, *electric engine* yang digunakan akan menerima hambatan berupa gelombang air laut dan kecepatan angin pada lambung perahu pakura.

Evaluasi Torsi *Electric Engine* dengan Metode *Prony brake* Pada Variasi RPM

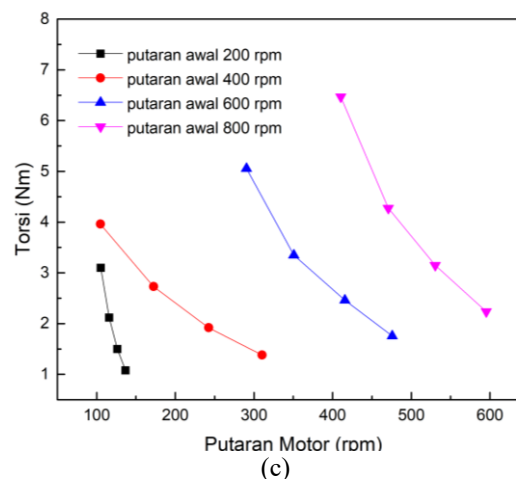
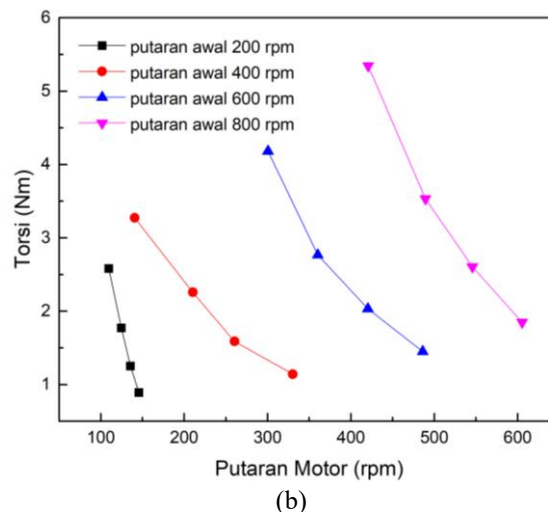
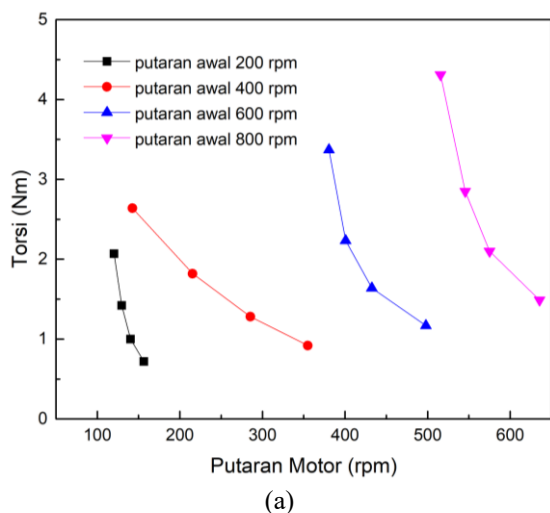
Pengujian *prony brake* tidak hanya dapat digunakan dalam menentukan besar torsi yang dihasilkan oleh *electric engine* pada putaran motor yang sama. Pada penelitian ini dilakukan pengujian

untuk menentukan torsi *electric engine* akibat adanya variasi putaran motor. Proses pengujian juga dilakukan terhadap variasi beban dengan menggunakan tiga ukuran diameter *pulley* yang berbeda. Selanjutnya ditentukan nilai yang tertera pada alat pembaca timbangan dinotasikan sebagai nilai W1 dan perubahan nilai berat dinotasikan sebagai W2. Nilai perubahan yang diperoleh selanjutnya dihitung dengan persamaan untuk menentukan torsi yang mampu dihasilkan oleh *electric engine*.

Hasil pengujian pada Tabel 2, menunjukkan torsi yang dihasilkan dari perbedaan diameter pulley, variasi beban, dan variasi rpm.

Tabel 2 Nilai Torsi Metode *Prony brake*

Beban (kg)	Torsi (N.m)			
	200	400	600	800
D = 2 inchi				
2	0,72	0,920	1,170	1,490
4	1,00	1,280	1,640	2,100
6	1,42	1,820	2,232	2,850
8	2,07	2,640	3,370	4,310
D = 2,5 inchi				
2	0,89	1,141	1,451	1,848
4	1,25	1,587	2,034	2,604
6	1,77	2,257	2,768	3,534
8	2,58	3,274	4,179	5,344
D = 3 inchi				
2	1,08	1,380	1,755	2,236
4	1,5	1,921	2,461	3,151
6	2,12	2,731	3,349	4,276
8	3,1	3,961	5,056	6,467



Gambar 5 Torsi Pada Variasi RPM Dengan Diameter Pulley (a) 2, (b) 2,5, dan (c) 3 inchi

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 5 menunjukkan adanya grafik yang memiliki kesamaan pada setiap variasi diameter *pulley*. Dapat dijelaskan bahwa penggunaan ukuran diameter *pulley* yang semakin besar, maka akan terjadi dua fenomena; (1) peningkatan nilai torsi pada nilai W yang sama, dan (2) peningkatan nilai torsi pada variasi pembebanan statis. Kedua fenomena tersebut terjadi akibat adanya perubahan putaran motor (rpm).

Dua kondisi yang terjadi pada pengujian variasi rpm dapat dianalisis bahwa *electric engine* dapat mengalami perubahan kecepatan ketika rpm motor mengalami fluktuasi. Putaran motor bergerak secara rotasi saat dikenai beban W1, akan menghasilkan gaya awal yang dibutuhkan untuk memutar pulley. Akibat adanya poros motor yang berputar, maka pulley juga berputar searah poros motor. Gesekan yang terjadi antara v-belt yang digunakan untuk menggantung beban dengan pulley

menyebabkan nilai berat pada alat pembaca timbangan berubah menjadi semakin berat dan dinotasikan sebagai W2.

Putaran motor (rpm) yang semakin cepat akan menyebabkan terjadinya gesekan antara pulley dan *v-belt*. Gesekan dalam periode yang begitu cepat membutuhkan putaran poros motor yang cepat pula. Sehingga *electric engine* akan merespon dengan menghasilkan torsi yang dibutuhkan sesuai dengan perubahan kondisi poros motor. Fenomena yang terjadi pada eksperimen bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh [16] dan [17] dengan metode *prony brake* dapat diketahui pengaruh perubahan torsi dan kecepatan akibat adanya perubahan pembebanan. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa putaran motor dapat meningkatkan torsi yang selaras dengan peningkatan kecepatan kendaraan.

Prototipe perahu nelayan jenis pakura yang beroperasi di perairan laut dapat mengalami berbagai kondisi yang tidak menentu, meliputi ombak tinggi, kecepatan angin yang tinggi, cuaca buruk, arus laut, dan arah angin laut. Beberapa kondisi tersebut dapat berdampak secara langsung pada kemampuan sistem penggerak perahu. Pada saat awal sebelum beroperasi, torsi yang dihasilkan berperan dalam menghasilkan gaya untuk menggerakkan perahu dari posisi diam. Apabila prototipe perahu nelayan terkena ombak dan gelombang yang besar maka diperlukan torsi yang besar pula agar perahu nelayan dapat bergerak sesuai lajur pelayaran dan tidak terbawa ombak atau arus laut. Putaran awal yang diinputkan ke *electric engine* berperan dalam menghasilkan torsi. Semakin tinggi kecepatan awal yang diberikan, maka akan terjadi peningkatan kemampuan torsi. Menurut Belinda [11], diameter *pulley* berpengaruh terhadap besar torsi yang dihasilkan. Sehingga nilai torsi yang mampu dihasilkan oleh *electric engine* pada prototipe perahu nelayan perlu diperhatikan sebagai acuan kemampuan awal perahu sebelum beroperasi.

KESIMPULAN

Pemanfaatan *electric engine* sebagai salah satu inovasi sistem penggerak prototipe perahu nelayan jenis pakura perlu untuk mengevaluasi nilai torsi yang mampu dihasilkan. Torsi yang dihasilkan berperan untuk mengubah perahu dari posisi diam hingga bergerak. Implementasi pengukuran torsi berdasarkan metode *prony brake* dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk menentukan torsi dalam skala laboratorium. Evaluasi torsi didasarkan pada variasi beban, variasi diameter *pulley*, dan variasi rpm awal. Ketiga faktor tersebut saling berkaitan dalam menghasilkan perubahan nilai torsi.

Implikasi langsung yang dapat dikaji yakni pada kondisi *propeller* semakin dalam dari permukaan air laut, maka besar resistansi yang dihasilkan juga semakin besar. Kondisi tersebut menyebabkan nilai torsi juga semakin besar.

Nilai torsi yang dihasilkan pada putaran rpm tetap dipengaruhi oleh variasi beban dan diameter *pulley*. Nilai torsi terbesar pada variasi beban dan diameter pulley yakni pada diameter pulley 3 inchi dan beban 8 kg, yakni 3,10 Nm. Besar torsi yang dihasilkan pada variasi beban, menunjukkan trend peningkatan ketika semakin besar beban yang diterima oleh *electric engine*. Hal ini disebabkan adanya bidang gesekan yang lebih panjang karena beban yang lebih berat akan cenderung memberikan gesekan yang lebih besar. Trend peningkatan nilai torsi juga terjadi pada pembebanan statis yang menunjukkan adanya peningkatan besar torsi pada variasi diameter *pulley*. Hal ini disebabkan area gesekan lebih lebar, sehingga terjadi gesekan/*friction* lebih banyak.

Perubahan putaran poros motor (rpm) pada setiap variasi beban dan diameter *pulley* mempengaruhi peningkatan torsi. Nilai torsi terbesar pada variasi putaran yakni pada 800 rpm dan beban 8kg pada setiap variasi diameter; 4,31 Nm (2 inchi), 5,34 Nm (2,5 inchi), 6,46 Nm (3 inchi). Fenomena yang terjadi pada percobaan tersebut dapat disimpulkan bahwa *electric engine* mengalami perubahan nilai torsi yang berdampak pada perubahan kecepatan ketika rpm motor mengalami fluktuasi. Torsi yang diperoleh digunakan sebagai acuan dalam menentukan kemampuan *electric engine* dan kemampuan prototipe perahu nelayan selama beroperasi di laut.

Penelitian berkenaan pemanfaatan *electric engine* perlu untuk dikembangkan dalam hal peninjauan kemampuan baterai sebagai sumber utama dalam sistem penggerak. Sehingga dengan adanya kajian eksperimental tersebut, sistem penggerak menggunakan *electric engine* dapat dimanfaatkan oleh nelayan serta mampu menciptakan kendaraan laut *zero emission*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. S. Tumigolung, F. P. T. Pangalila, and F. E. Kaparang, "Studi tentang Pengaruh Perbedaan Daya Mesin terhadap Kecepatan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak pada Perahu Pakura," *J. Ilmu dan Teknol. Perikan. Tangkap*, vol. 2, no. 5, pp. 187–193, 2017.
- [2] A. Boretti, "Advantages and Disadvantages of Diesel Single and Dual-Fuel Engines,"

- Froontiers Mech. Eng.*, vol. 5, no. 12, pp. 1–15, 2019, doi: 10.3389/fmech.2019.00064.
- [3] M. H. N. Aliffrananda, A. R. Safaruddin, H. Supomo, and S. Regitasyali, “Design of laminated bamboo fishing boat with local cultural heritage using electric motor to support fishing tourism in Pasuruan , East Java,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1052, no. 1, pp. 1–16, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1052/1/012032.
- [4] R. Reabroy, Y. Tiaple, S. Pongduang, and T. Nantawong, *The Possibility of using Electrical Motor for Boat Propulsion System*, vol. 79. Elsevier B.V., 2015. doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.601.
- [5] M. Mehedi and T. Iqbal, “Optimal Sizing of a Hybrid Power System for Driving a Passenger Boat in Bangladesh,” *Conf. Pap.*, vol. 2, no. 3, pp. 1–6, 2020, doi: 10.1109/EPEC48502.2020.9319920.
- [6] D. Harjono, W. Widodo, H. Sugiarto, and A. Bakar, “Analisis Kapasitas Dan Pengisian Baterai Pada Mobil Listrik Ponocar,” *Electrotech. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2022.
- [7] V. T. Tuan, P. N. Huy, S. Phoemsapthawee, and S. Kreuawan, “E-Engine for a Long-Tail Boat , an Application in ASEAN (Association of Southeast Asian Nations) -Design and Comparison with Internal Combustion Engine,” *World Electr. Veh. Joirnal*, vol. 12, no. 36, pp. 1–11, 2021.
- [8] A. Amiadji, A. Baidowi, and A. Nanda Oktova, “Impact Analysis of Trim Tab Inclination Angles Variation to Propulsion Power Requirement of 6 Meter’s Speed Boat,” *Int. J. Mar. Eng. Innov. Res.*, vol. 6, no. 3, pp. 175–184, 2021, doi: 10.12962/j25481479.v6i3.10639.
- [9] Muh. Irbabunnuha A, Y. M. Sholihin, and M. D. Trisno, “Rancang Bangun Alat Uji Torsi Tipe *Prony brake* Untuk Unjuk Kerja Mesin Motor Bakar Kapasitas 6,6 Kw,” *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 10, no. 3, pp. 20–24, 2020, doi: 10.35814/teknobiz.v10i3.1759.
- [10] F. Laamena and A. Taihutu, “Kajian Optimasi Ukuran Kapal Tradisional dan Perhitungan Hambatannya,” *J. Metiks*, vol. 1, no. 1, pp. 17–22, 2021.
- [11] D. Belinda, Siswoyo, and B. Setiadi, “Rancang Bangun Dynamometer Model *Prony brake* untuk Alat Uji Motor Listrik,” *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 269–274, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/4269>.
- [12] R. Hadiputranto, “Brake Untuk Sarana Praktikum Prestasi Mesin,” *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 11–18, 2015.
- [13] I. Herry and R. A. Pathur, “Pengujian Dinamometer *Prony brake* Untuk Praktikum Prestasi Mesin Motor Diesel,” *Univ. Lambung Mangkurat*, vol. 3, no. 1, pp. 28–34, 2014..
- [14] H. Maghfiroh, A. J. Titus, A. Sujono, F. Adriyanto, and J. S. Saputro, “Induction Motor Torque Measurement using *Prony brake*,” *Int. J. Robot. Control Syst.*, vol. 2, no. 3, pp. 594–605, 2022, doi: <http://doi.org/10.31763/ijrcs.v2i3.782>.
- [15] S. Tjandra, A. Suhartono, and T. Salim Suswanto, “Simplification of the *Prony brake* Dynamometer System Using Brake Caliper Load,” *Int. J. Sci. Technol. Manag.*, vol. 4, no. 5, pp. 1351–1357, 2023, doi: 10.46729/ijstm.v4i5.920
- [16] M. Yahya, T. Sukmadi, and B. Winardi, “Perencanaan modul *prony brake* untuk penentuan karakteristik mekanik (torsi terhadapkecepatan) dan efisiensi motor induksi 3 fasa,” *Depaetemen Tek. Elektro, Univ. Diponegoro, Semarang.*, vol. vol 5, p. 421, 2016.
- [17] R. N. Situmorang, P. Manik, and A. Wi. B. Santosa, “Analisa Nilai Thrust Optimum Propeller Pada Kapal Tugboat Pelabuhan Paket-II 2x1850HP Dengan Variasi Diameter Propeller, Jumlah Daun Propeller & Kecepatan Putaran Propeller(RPM),” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 8, no. 3, pp. 112–116, 2020.