

Desain Konversi Motor Tempel Berbahan Bakar Fosil Menjadi Motor Listrik

Abdul Gafur¹, Bambang Antoko², Mardi Santoso³ Ammar Fikriyya Fahmi⁴, Layang Seto⁴, Nopem Ariwiyono⁵

¹ D3 Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Alamat, Kota, Kode Pos, Negara
Email: abdulgafur@ppns.ac.id

Abstrak

Saat ini elektrifikasi kendaraan bermotor hanya pada kendaraan darat, sedangkan kendaraan laut masih belum disentuh oleh pemerintah. Dengan berkembangnya KLBB, tidak menutup kemungkinan jika sektor kendaraan laut akan ikut andil dalam program elektrifikasi yang sedang gencar dijalankan oleh pemerintah. Sejauh ini, ekosistem kendaraan laut berbasis listrik masih terus dikembangkan. Salah satunya dapat dimulai dari konversi untuk tingkat daya penggerak berkapasitas kecil, yaitu pengembangan konversi motor listrik sebagai penggerak kapal nelayan yang digunakan untuk menangkap ikan. Oleh karenanya diperlukan kajian desain konversi motor tempel berbahan bakar fosil menjadi motor listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain konversi motor tempel berbahan bakar fosil menjadi motor listrik, yang meliputi desain pondasi motor listrik menggunakan software 3D, Perhitungan Von mises menggunakan software dan perhitungan manual serta desain sistem transmisi menggunakan software 3D yakni main shaft dan bevel gear. Hasil dari penelitian ini didapatkan desain pondasi motor listrik dengan menggunakan software seperti yang disajikan pada gambar 3 dan gambar 4. Hasil perhitungan von mises *Von Mises Stress* yang didapat sebesar $77,85 \text{ N/mm}^2$ dan untuk hasil simulasi *Software* didapatkan nilai sebesar $83,16 \text{ N/mm}^2$, sedangkan hasil desain sistem transmisi disajikan pada gambar 6a, gambar 6b dan gambar 6c.

Kata kunci: Bahan Bakar Fosil, Konversi, Motor Tempel, Motor Listrik

Abstract

Currently, the electrification of motor vehicles is focused only on land vehicles, while marine vehicles have not yet been addressed by the government. With the development of Electric Motorized Vehicles (KLBB), it is possible that the marine vehicle sector will also participate in the electrification program actively promoted by the government. So far, the ecosystem of electric-powered marine vehicles is still being developed. One of the initiatives can start with the conversion of small capacity propulsion systems, such as the development of electric motor conversions to power fishing boats used for catching fish. Therefore, it is necessary to conduct a study on the design of converting fossil fuel outboard motors into electric motors. This research aims to design the conversion of fossil fuel outboard motors into electric motors, which includes designing the electric motor foundation using 3D software, calculating Von Mises Stress using software and manual calculations, and designing the transmission system using 3D software, specifically the main shaft and bevel gear. The results of this study provide an electric motor foundation design using software as shown in Figures 3 and 4. The Von Mises Stress calculation resulted in a value of 77.85 N/mm^2 , and the software simulation yielded a value of 83.16 N/mm^2 , while the transmission system design is presented in Figures 6a, 6b, and 6c.

Keywords: Fossil Fuel, Conversion, Outboard Motor, Electric Motor

^{1*} abdulgafur@ppns.ac.id

1. Pendahuluan

Dengan berkembangnya KLBB, tidak menutup kemungkinan jika sektor kendaraan laut akan ikut andil dalam program elektrifikasi yang sedang gencar dijalankan oleh pemerintah. Sejauh ini, ekosistem kendaraan laut berbasis listrik masih terus dikembangkan. Salah satunya dapat dimulai dari konversi untuk tingkat daya penggerak berkapasitas kecil, yaitu pengembangan konversi motor listrik sebagai penggerak kapal nelayan yang digunakan untuk menangkap ikan. Pemanfaatan energi bersih melalui program elektrifikasi perlu dikembangkan secara sistematis, hal ini didasarkan atas pertimbangan bahwa pada sektor kelautan, kapal perikanan merupakan salah satu pengguna bahan bakar fosil yang secara kumulatif memiliki tingkat konsumsi yang cukup signifikan. Pada "Webinar Talk to Scientist: Menuju Era Futuristik dengan Riset Kendaraan Listrik" yang diselenggarakan oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) disebutkan bahwa perahu listrik dapat menjadi solusi penurunan biaya operasional nelayan yang diperkirakan sekitar 60% untuk bahan bakar. Webinar tersebut juga memberikan informasi tambahan bahwa terdapat sekitar 395 ribu kapal perikanan laut di Indonesia dan 231 ribu (59%) diantaranya adalah kapal bertenaga motor tempel berbahan bakar fosil.

Banyak nelayan Indonesia menghabiskan biaya operasional hanya untuk membeli pertalite dan oli sebagai bahan bakar campuran motor tempel konvensional 2-strokes engine. Biaya ini terbilang mahal karena hampir 60% dari biaya operasional per hari. Kekurangan lain dari motor tempel konvensional adalah sifatnya yang menghasilkan asap dari proses pembakaran serta menimbulkan getaran dan kebisingan. Dengan pemanfaatan motor tempel listrik tersebut, diketahui bahwa motor tempel listrik mampu memotong biaya bahan bakar yang digunakan nelayan secara signifikan. Selain itu juga motor tempel listrik tidak menghasilkan emisi CO₂ karena tidak berasap, mengurangi kebisingan mesin, serta membangun ekosistem kendaraan listrik nelayan, khususnya bagi nelayan yang bergerak di sektor perikanan laut.

Bertolak dari besarnya potensi pemanfaatan dan pengembangan motor tempel bertenaga listrik sebagai motor penggerak kapal nelayan dalam waktu dekat, maka terdapat beberapa aspek yang menjadi prioritas awal untuk dapat dikembangkan. Beberapa isu yang berkaitan dengan aspek operasional motor tempel berpenggerak listrik seperti : adanya pendapat di kalangan nelayan bahwa motor listrik memiliki aki/ battery yang cukup besar sehingga akan berdampak pada permasalahan peningkatan penggunaan volume dan bobot. Selain itu, isu lainnya ialah pada sistem hidrolik motor tempel listrik. Sistem hidrolik tersebut saat ini dinilai masih kurang optimal, khususnya dalam proses mengangkat dan menurunkan mesin di air, mengakibatkan seringkali propeller mesin masih mengenai pasir ketika mesin diangkat pada saat kapal melakukan pendaratan di pantai. kendala ini tentunya dapat menyebabkan rusaknya bagian propeller dan menyulitkan nelayan selama proses pendaratan kapal. Dengan adanya permasalahan tersebut, penulis mengajukan program transformasi motor tempel konvensional menjadi motor listrik yang telah disempurnakan, dengan tujuan menghasilkan desain motor tempel listrik yang lebih ringkas dan mudah dioperasikan serta dapat menjawab isu operasional di atas dengan desain rancangan sistem motor-propeller yang lebih optimal dan hemat daya.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa langkah untuk mencapai hasil desain motor listrik outboard yang diinginkan. Kegiatan yang dilakukan pertama kali adalah menentukan spesifikasi Motor bensin yang akan dikonversi, kemudian menentukan spesifikasi motor listrik khususnya torsi, putaran dan daya pada motor listrik. Jika Spesifikasi sudah ditentukan, selanjutnya membuat desain pondasi tambahan motor listrik dengan menggunakan software 3D. selanjutnya melakukan perhitungan Von misses stress, Dispalcement dan Safety factor . Tahap terakhir adalah mendesain sistem tranmisi yakni diameter poros utama dengan menggunakan persamaan berikut:

$$d_s = [5\tau, a_1 \times K_t \times C_b \times T]^{1/3} \quad (1)$$

Dimana :

- d_s = diameter poros (mm)
- τ = tegangan geser izin (kg/mm²)
- T = momen rencana (kg.mm)
- K_t = faktor koreksi tumbukan

Perhitungan Momen torsi

$$T = 9,76 \times 10^5 \frac{Pd}{n} \quad (2)$$

Tegangan Geser yang diijinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{Sf_1 \times Sf_2} \quad (3)$$

Pada langkah terakhir adalah melakukan perhitungan bevel gear dan pinion dengan menggunakan software 3D

3. Hasil dan Diskusi

Pada penelitian ini, motor tempel yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

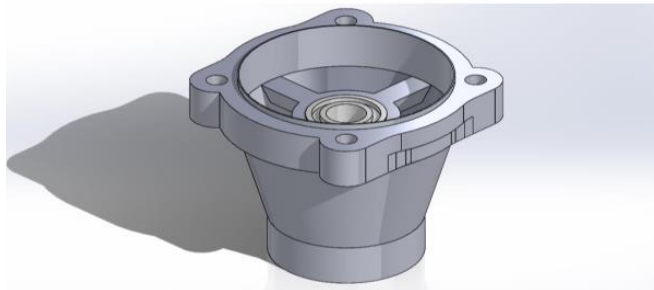
Engine Type	: Single Cylinder, 2 Stroke, Air-Cooled
Max Power	: 1.9kw/6500RPM
Idle Speed	: 3000 RPM
Propeller Diameter	: 21.5 cm
Bore x Stroke	: 44mm x 33mm

Spesifikasi motor listrik yang digunakan adalah sebagai berikut :

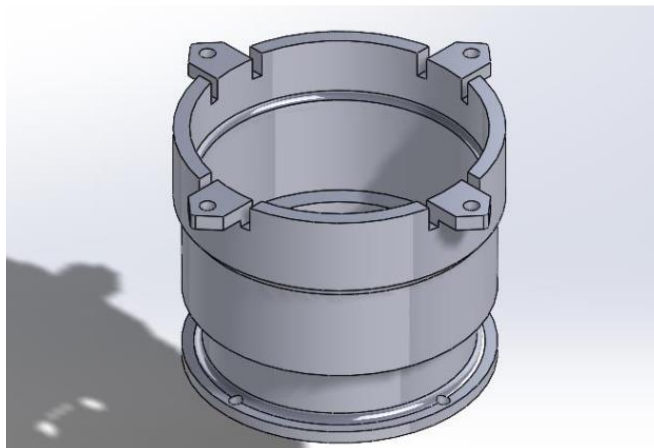
Voltage	: 48V/60V
Ratio	: 1:6
Output RPM	: 450
Direct RPM	: 2500
Power	: 800W/1000W
urrent	: 45A max

3.1. Desain pondasi Tambahan

Pada riset ini dilakukan konversi motor bakar menjadi motor listrik. Hal ini pastinya akan berpengaruh pada desain pondasi yang berbeda antara penggerak motor bensin dengan penggerak motor listrik. Agar motor listrik bisa dipakai, perlu dilakukan modifikasi desain pondasi yang akan digunakan pada motor listrik, salah satunya adalah dengan melakukan desain pondasi tambahan yang akan digunakan untuk menempatkan motor listrik gambar. Pada



Gambar 1. Desain Pondasi motor bakar (eksisting)



Gambar 2. Desain Pondasi Motor Listrik

Setelah dibuat desain menggunakan software 3D, selanjutnya dilakukan perhitungan von mises , Displacement dan safety factor seperti yang disajikan pada table 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan *Software* dan Teoritis pada Pondasi Motor Listrik

Material	Von Misses Stress (N/mm ²)		Displacement (mm)		Safety Factor	
	Software	Perhitungan	Software	Perhitungan	Software	Perhitungan
ASTM A335	85,078	77,85	0,002	0,009131	4,878	4,877
ASTMA106	83,167	77,85	0,002	0.009587	2,465	2,464
ASTM A53	83,167	77,85	0,002	0.010092	2,886	2,885



Gambar 3. Gambar teknik pondasi tambahan konversi motor listrik



Gambar 4 . Assembly Motor listrik dengan pondasi tambahan

3.2. Desain Sistem Transmisi

a. Perencanaan Main Shaft

Perencanaan *main shaft* ini digunakan untuk menyesuaikan dengan spesifikasi motor listrik, material yang digunakan masih sama dengan material yang sebelumnya yaitu AISI 1045. Perhitungannya sebagai berikut :

$$Pd = fc \times P$$

$$Pd = 1,2 \times 0,8$$

$$Pd = 0,96 \text{ kw}$$

Momen Torsi

$$T = 9,76 \times 10^5 \frac{Pd}{n}$$

$$T = 9,746 \times 10^5 \times 0,96 / 2500$$

$$T = 374,2426 \text{ kg.mm}$$

$$T = 0,374246 \text{ kg.m}$$

Tegangan Geser yang diijinkan

$$\tau\alpha = \frac{\sigma B}{Sf1 \times Sf2}$$

$$\tau\alpha = \frac{58}{6 \times 3}$$

$$\tau\alpha = 3,222 \text{ kg/mm}^2$$

Diameter Poros

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau\alpha} \times Kt \times Cb \times T \right]^{1/3}$$

$$d_s = \left[\frac{5,1}{3,222} \times 1 \times 2,3 \times 374,246 \right]^{1/3}$$

$$d_s = 11,08 \text{ mm}$$

$$d_s = 12 \text{ mm}$$

Diameter bagian yang menjadi tempat bantalan adalah 12 mm, maka :

$$\text{Jari-jari fillet} = \frac{12-11}{2} = 0,5$$

Konsentrasi tegangan pada poros bertangga

$$\frac{rs}{ds} = \frac{0,5}{11} = 0,045$$

$$\beta = 1,3$$

Konsentrasi tegangan pada poros dengan alur pasak

$$\frac{0,16}{11} = 0,014$$

$$\alpha = 2,8$$

Tegangan Geser

$$\tau = \frac{5,1 T}{ds^3}$$

$$\tau = 1,434$$

Dari hasil perhitungan untuk perencanaan *main shaft* dengan material yang digunakan AISI 1045 pada motor listrik ini aman karena perbandingan nilai $\tau\alpha \times Sf2 / (\alpha \text{ atau } \beta)$ diatas nilai $\tau \times Cb \times Kt$. Pada gambar berikut adalah desain main shaft.

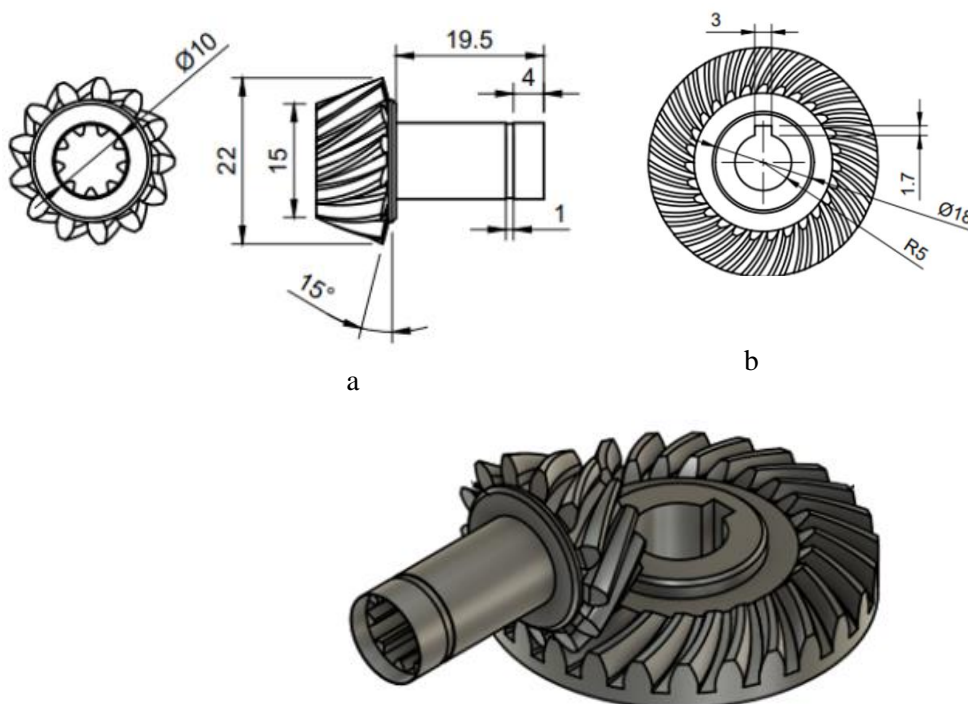
Gambar. 5 Desain Main Shaft

b. Perencanaan Bevel Gear

Dari hasil perhitungan didapatkan desain bevel gear dengan data sebagai berikut:

- Suduk kerucut jarak bagi
 $d1 = 2R \cdot \sin \delta1 = 2 \times 30 \cdot \sin 26,56^\circ = 26,82 \text{ mm}$
 $d2 = 2R \cdot \sin \delta2 = 2 \times 30 \cdot \sin 64,44^\circ = 54,12 \text{ mm}$
- Jumlah gigi (z) = 21
- Kecepatan keliling 1,35 m/s
- Kelonggaran puncak = 0,477
- Tinggi kepla gigi = 5,557 mm

Adapun hasil desain bevel gear dan pinion terlihat pada gambar



Gambar 6a. Gambar bevel gear, 6b. Gambar spiral gear, 6c. Gambar 3D Bevel Gear dan Spiral Gear

4. Kesimpulan

- Desain pondasi konversi motor listrik disajikan pada gambar 3 dan gambar 4 dengan material yang digunakan adalah ASTM A 106 dan AST A53
- Pembebanan yang diberikan pada pondasi Motor Listrik adalah beban statis dari Motor Listrik *Mid Drive Brushless* 1 PK, dimana beban tersebut bernilai 78,4 N. Hasil perhitungan teori *Von Misses Stress* yang didapat sebesar 77,85 N/mm² dan untuk hasil simulasi *Software* didapatkan nilai sebesar 83,16 N/mm². Hasil perhitungan teori *Displacement* (defleksi) yang didapat sebesar 0.009 mm dan untuk hasil simulasi *Software* yang didapat sebesar 0,002 mm.
- Desain Sistem Transmisi konversi motor listrik yang terdiri dari main shaft dan bevel gear disajikan pada gambar 5, gambar 6a, gambar 6b. dan gambar 6c.

Daftar Pustaka

- ANDIKA, D. R. (2016) TUGAS AKHIR–TM141585 ANALISA KEKUATAN SPIRAL BEVEL GEAR DENGAN VARIASI SUDUT SPIRAL MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA, Jurnal Teknik Mesin ITS
- Aqviansyah, Z. F. G. (2022). Analisis Kekuatan Spiral Bevel Gear Dengan Variasi Face Width Menggunakan Metode Elemen Hingga. *STATOR: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1), 10-14.
- Bergh, L., & Helldén, U. (2007). *Electrical systems in pod propulsion*.
- HALIM, F. F. (2023). Pengaruh Variasi Rasio Straight Bevel Gear Dengan Material Aisi 4140 Terhadap Kinerja Generator Gerak Translasi Dan Rotasi (Doctoral Dissertation, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa).
- Hizrie, M. A. (2022). *Perancangan Sistem Transmisi Pencacah Rumpuk Gajah Dengan Tiga Mata Pisau Dengan Motor Listrik* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Hidajat, R., & Lulus, L. (2015). Teori dan Penerapan Metode Elemen Hingga. Surakarta: UNS
- Julian. Firdiansyah. (2020). Perancangan Dan Analisis Simulasi Pembebanan Statis Rangka Mesin Penggiling Daging Dengan Software Solidworks 2018. Jakarta. . Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma
- Muhammad, A. H., Alwi, R., Hasan, H., Sitepu, H., & Sapangallo, S. (2018, August). Pemodelan Sistem Propulsi Kapal Perikanan Dengan Hybrid Energi. In *Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa)* (No. 1).
- Rara Meris, C. (2015). *Perencanaan Pondasi Beban Dinamis Untuk Kelompok Mesin Compressor*
- Saleh, A., & Hizkhia, T. R. (2021). Perancangan Transmisi Mesin Pengayak Pasir. *Jurnal TEDC*, 15(2), 159-165
- Yasmine Emily, K. M. (2021). *Kekuatan Struktur Pondasi Mesin Induk Harbour Tug Boat*. 2(1), 2021–2022.
<https://doi.org/10.31331/maristec.v2i1>