

Analisis Gangguan Kerja Potensiometer Pada Modul Kendali Steering Utama Type Rexpeller MV. Fanny

Fajar Pujiyanto^{1*}, Ali Khamdilah², Eka Darmana³, Santhi Wilastari⁴, Dwi Sulistyorini⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal, Politeknik Bumi Akpelni

Jl. Pawiyatan Luhur II/17, Bendan Duwur, Semarang, Indonesia

*e-mail korespondensi: fajar.pujiyanto@akpelni.ac.id

Abstract

Modern ship steering systems utilizing Rexpeller Thrusters rely heavily on the accuracy of position sensor readings, particularly potentiometers. This study analyzes signal disturbances in the potentiometer of the MV Fanny steering system, characterized by instability in resistance and output voltage. A qualitative descriptive research method was employed. Measurement results indicate voltage spikes at 50° and drops at 90°, as well as resistance anomalies at 70° and 110°. These disturbances cause the control system to receive erroneous thrust position data, triggering unnecessary automatic corrective commands, known as “self-moving steering.” Resistance–voltage versus angle plots reinforce the indication of localized damage on the potentiometer’s resistive track. System simulation shows that the error signals activate the ECU, causing continuous corrective actions. The implications of this research reveal that potentiometer instability poses a serious threat to ship operational safety by inducing uncommanded rudder movements and reducing control accuracy. This underscores the necessity of upgrading sensor technology from analog potentiometers to more reliable feedback devices and implementing periodic signal monitoring. Academically, the study contributes to the development of electrical engineering knowledge by establishing the relationship between sensor degradation and control instability. Inspection findings confirm that potentiometer faults significantly disrupt ship navigation, thus requiring recalibration, physical inspection, component replacement, and the implementation of redundant sensor systems to ensure steering reliability and safety.

Keywords : Potentiometer, rexpeller thruster steering, non-linear voltage and resistance.

Abstrak

Sistem kemudi kapal modern berbasis Rexpeller Thruster sangat bergantung pada akurasi pembacaan sensor posisi, terutama potensiometer. Penelitian ini menganalisis gangguan sinyal pada potensiometer sistem steering kapal MV Fanny, ditandai dengan ketidakstabilan resistansi dan tegangan output. Metode penelitian yang digunakan yaitu deskriptif kualitatif. Hasil pengukuran menunjukkan adanya lonjakan tegangan pada sudut 50° dan penurunan pada 90°, serta anomali resistansi pada sudut 70° dan 110°. Gangguan ini menyebabkan kontrol menerima data posisi thrust yang keliru, sehingga memicu perintah korektif otomatis yang tidak diperlukan “self-moving steering”. Grafik resistansi dan tegangan terhadap sudut memperkuat indikasi adanya kerusakan lokal pada jalur resistif potensiometer. Simulasi sistem menunjukkan bahwa sinyal error menyebabkan ECU aktif dan melakukan koreksi secara menerus. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa ketidakstabilan potensiometer berdampak serius terhadap keselamatan operasional kapal, dikarenakan picu pergerakan kemudi tanpa perintah dan penurunan akurasi kendali. Pentingnya peningkatan teknologi sensor dari potensiometer analog menuju perangkat umpan balik yang lebih andal dan sinyal berkala. Secara akademis, riset ini memberi kontribusi pada pengembangan ilmu kelistrikan, terkait hubungan antara degradasi sensor dan ketidakstabilan kontrol. Hasil pengecekan oleh kerusakan potensiometer mengganggu pergerakan navigasi kapal secara serius, sehingga diperlukan kalibrasi ulang, pemeriksaan fisik, dan penggantian komponen potensiometer, serta penerapan sistem sensor cadangan guna menjaga keandalan dan keselamatan sistem kemudi kapal.

Kata kunci: Potensiometer, rexpeller thruster steering, tegangan dan resistansi tidak linier.

PENDAHULUAN

Sistem kemudi kapal modern untuk pengendalian arah dorong sangat bergantung pada integrasi antara sistem aktuator, sensor, dan kontrol elektronik. Salah satu komponen penting dalam sistem ini adalah potensiometer, yang berfungsi sebagai sensor posisi sudut untuk mendeteksi arah atau orientasi dari unit kemudi kapal, seperti pada sistem *Repeller Thruster* (Marine, 2017). Sistem pergerakan *repeller thruster* ini mirip dengan *aquamaster steering thruster* (Aquamaster, 2015) ataupun *azimuth thruster* (Rolls-Royce, 2021), dimana sistem *propulsion* dan *propeller* dapat berputar 360 derajat (Yunanto et al., 2020). Salah satu komponen utama yaitu potensiometer (Midori, 2020) bekerja dengan mengubah gerakan mekanis rotasi menjadi perubahan nilai resistansi yang kemudian dikonversi menjadi tegangan listrik. Tegangan ini diterjemahkan sebagai posisi sudut *thrust*, dan menjadi acuan dalam sistem kontrol untuk menentukan arah dorongan kapal. Potensiometer pada sistem *repeller* terhubung langsung ke modul kontrol utama dan berperan dalam memberi sinyal posisi aktual *thrust* kepada ECU (*Electronic Control Unit*).

Gejala gangguan pada sistem *thruster* yang berulang dan berpotensi membahayakan stabilitas manuver kapal. Salah satu gangguan yang menjadi perhatian adalah nilai resistansi potensiometer yang tidak stabil, bahkan ketika poros berada dalam posisi tetap. Ketidakstabilan ini menyebabkan tegangan *output* dari potensiometer berubah-ubah secara acak, yang diterima sistem kontrol sebagai perubahan posisi *thrust*. Akibatnya, sistem *steering* melakukan koreksi gerakan sendiri, yang dalam kasus tertentu memicu rotasi *thrust* secara spontan tanpa input dari operator (fenomena *self-moving steering*). Hal ini tentunya sangat berisiko, terutama saat kapal berada dalam fase sensitif seperti proses merapat, bongkar muat *ship to ahup*, atau manuver di lintasan sempit.

Secara teknis tegangan output dari potensiometer bersifat linier, jika terjadi kendala komponen maka perubahan nilai tegangan di setiap 1 derajat menjadi tidak linier atau melompat. Tegangan yang sepatutnya meningkat secara bertahap dari 0,00V ke 5,00V dalam skala penuh, justru mengalami anomali lompatan tegangan secara tiba-tiba, seperti dari 2,2 V langsung meloncat ke 3,0 V saat sudut berubah 1 derajat. Hal ini mengganggu proses pembacaan posisi yang seharusnya memiliki nilai presisi tinggi dan berkelanjutan.

Permasalahan komponen menimbulkan dua implikasi utama. Pertama, kerusakan sensorik menyebabkan sistem kontrol kehilangan referensi posisi aktual, dan memicu kesalahan komputasi dalam menentukan arah *thruster*. Kedua, gerakan *thrust* yang tidak diinginkan (*spontaneous rotation*) sangat membahayakan kapal dan lingkungan sekitar, karena dapat menyebabkan kapal bergerak tanpa kendali atau menyimpang dari arah yang diperintahkan. Pengoperasian secara menyeluruh dengan gangguan ini menyebabkan sistem propulsi bekerja tidak efisien, dan menimbulkan stres tambahan pada sistem hidrolik dan elektrik akibat koreksi berterusan oleh ECU.

Reliabilitas sensor potensiometer dalam sistem *thruster* merupakan faktor kritis dalam menjaga stabilitas, keamanan, dan efisiensi operasi kapal. Maka diperlukan analisis teknis yang mendalam terhadap karakteristik gangguan kerja potensiometer, mencakup pengukuran nilai resistansi, tegangan output pada setiap perubahan sudut. Analisis dilakukan untuk menentukan apakah gangguan berasal dari keausan fisik pada potensiometer, kesalahan wiring, interferensi sinyal, atau ketidaksesuaian konfigurasi kontrol.

Secara teknis, potensiometer yang digunakan pada sistem *repeller* merupakan *rotary potentiometer* tipe analog, yang memiliki rentang resistansi tertentu (nilai 0–10 k Ω) dan menghasilkan output tegangan sebanding dengan posisi sudut rotasi. Dalam kondisi ideal, perubahan 1 derajat sudut harus menghasilkan perubahan tegangan yang konstan dan linier. Namun, ketika jalur resistif mengalami keausan atau terputus sebagian, maka output akan mengalami gangguan seperti *spike*, *drop*, atau lompatan tiba-tiba, yang seluruhnya terbaca

sebagai kesalahan posisi (*positioning error*). Hal inilah yang menjadi permasalahan utama dalam penelitian ini.

Kendala dari kerusakan potensiometer adalah *fenomena moving control otomatis*, yaitu *thruster* unit berputar sendiri tanpa perintah langsung dari operator di anjungan. Kondisi ini terjadi karena ECU menerima sinyal fiktif, seolah-olah operator menggerakkan *joystick steering*, namun sebenarnya sinyal berasal dari potensiometer yang rusak. Dalam situasi nyata, efek sinyal fiktif menyebabkan kapal berubah arah tanpa dikendalikan dan meningkatkan risiko tabrakan dengan kapal lain.

Potensiometer merupakan komponen dengan masa pakai yang terbatas dan sangat bergantung pada kondisi lingkungan (suhu, kelembaban, getaran, dan gaya mekanik), maka diperlukan evaluasi kinerja secara berkala. Fokus analisis potensiometer diarahkan pada karakteristik nilai resistansi dan tegangan yang dihasilkan oleh potensiometer dalam kondisi kerja aktual, serta dampak yang dihasilkan terhadap pergerakan *steering*. Penelitian ini juga meninjau reaksi sinyal error / fiktif, sehingga terjadi *self moving thrust* tanpa perintah operator. Kajian tentang analisis potensiometer dalam pergerakan sistem steering kapal dalam beberapa tahun kebelakang, yaitu tentang uji akurasi potensiometer di mesin kemudi (Suharso et al., 2022) dan penelitian tentang sensor incremental rotary encoder dan potensiometer pada kemudi kapal (S et al., 2023). Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa ketidakstabilan potensiometer pada sistem *thruster* dapat berdampak serius terhadap keselamatan operasional kapal, karena memicu pergerakan kemudi tanpa perintah dan penurunan akurasi kendali. Pentingnya peningkatan teknologi sensor dari potensiometer analog menuju perangkat umpan balik digital yang lebih andal dan pemeriksaan sinyal berkala. Secara akademis, riset ini memberi kontribusi pada pengembangan ilmu teknik kelautan terkait hubungan antara degradasi sensor dan ketidakstabilan kontrol

METODE

Metode yang digunakan untuk analisis permasalahan *steering repeller thruster* yaitu pendekatan deskriptif kualitatif. Pendekatan ini dipilih karena karakter permasalahan yang kompleks, menyangkut sistem teknis kendali arah dorong kapal yang melibatkan aspek mekanik dan elektronik. Analisis deskriptif kualitatif digunakan untuk memahami secara mendalam karakteristik teknis dan fenomena ketidakstabilan yang terjadi, seperti perubahan sudut *thruster* atau jeda respon terhadap input kendali.

Objek utama penelitian adalah sistem utama *steering repeller thruster* sebagai propulsi kapal yang memungkinkan putaran 360 derajat untuk arah dorong, menjadikan kapal lebih fleksibel dan pergerakan putar cepat dalam bermanuver. Sistem terdiri dari berbagai komponen yaitu elektromotor (*drive motor*), aktuator hidrolik yang mengatur arah sudut *thruster*, sensor posisi oleh potensiometer yang membaca sudut aktual arah dorong, serta sistem kontrol elektronik berbasis ECU yang mengelola keseluruhan fungsi kendali.

Metode pengumpulan data, yaitu pengamatan langsung dan studi dokumentasi. Pengamatan dan pengecekan dilakukan langsung pada sistem *steering* saat kapal dalam berbagai kondisi operasi, yaitu *idle* (diam di perairan), manuver pelabuhan, dan saat kecepatan penuh. Fokus pengamatan tertuju pada pergerakan sudut putar *thruster* dalam merespons perintah dari *joystick steering*. Dasar pengamatan dan pengukuran yaitu jeda waktu (*delay*) antara input dan respon, serta indikasi deviasi arah dorong yang tidak sesuai dengan perintah operator. Melalui pengamatan dan identifikasi gejala ketidakstabilan secara langsung, serta mencatat parameter penting yang berkaitan dengan komponen *steering*. Dokumentasi menjadi metode pelengkap dalam proses penelitian ini, mencakup penelusuran dokumen teknis yang berkaitan langsung dengan sistem *repeller thruster*. Data utama analisis meliputi resistansi,

tegangan, waktu respon terhadap input, yang menunjukkan seberapa cepat sistem kendali *steering* menyesuaikan posisi sudut *thruster*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis potensiometer yang digunakan dalam *rexpeller steering thruster* yaitu CPP-45 series, ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil pengukuran parameter teknis dibandingkan dengan data spesifikasi standar pabrikan sistem *rexpeller thruster* ditampilkan pada Tabel 1. Data tersebut memperkuat analisa bahwa sistem *steering* tidak lagi bekerja dalam batas performa ideal. Ketidaksesuaian ini menunjukkan adanya gangguan pada koordinasi antara sinyal elektronik dan aktuasi hidrolik sistem.



Gambar 1. Potensiometer CPP-45(Plastic et al., 2021)

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran *Thuster*

Parameter	Aktual	Ideal	Deviasi	Status
Sudut Maksimal Rotasi (°)	178°	180°	-2°	Normal
Waktu Respon Sudut 45° (s)	2.8	≤ 2.0	+0.8 s	Lambat
Delay Sistem Saat Idle (s)	1.2 – 1.5	< 0.5	+0.7 s	Abnormal / Koreksi ulang
Deviasi Akurasi Sudut (%)	8.5 – 12 %	≤5%	+3.5%	Perlu koreksi
Tekanan Hidrolik Normal (bar)	170 – 190	200	-10	Menurun tidak optimal
Frekuensi gangguan	Setiap manuver	1 kali / bln	Sering eror	Abnormal
Akurasi steering sudut tetap	91%	≥ 95%		Kurang akurat

Pengukuran dilakukan dengan memutar poros potensiometer secara bertahap tiap 10° dari posisi 0° hingga 180°. Hasil tegangan dan resistansi yang diukur dibandingkan dengan nilai ideal. Data hasil pengukuran pada Tabel 2.

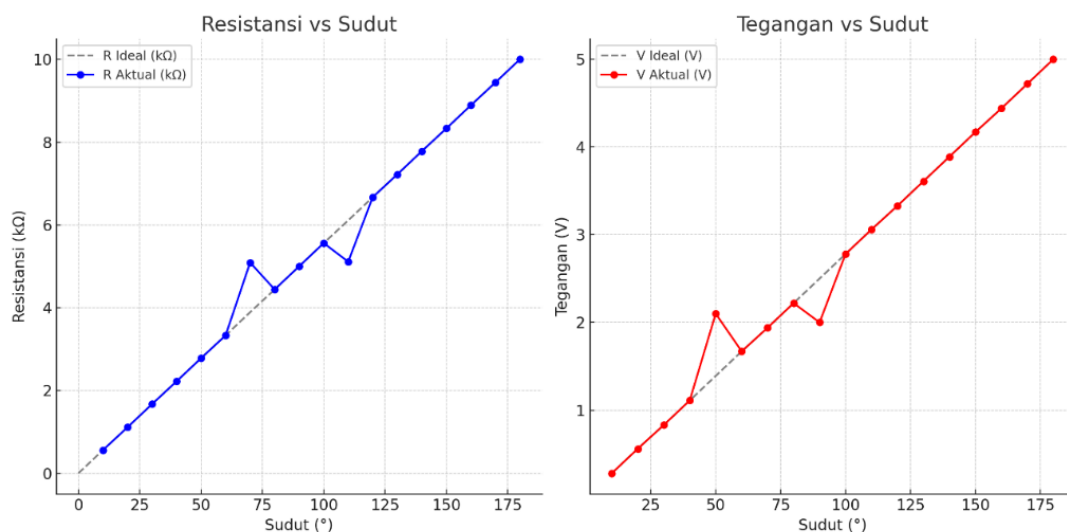
Tabel 2. Pengukuran Tegangan dan Resistansi Potensiometer

Sudut	R Ideal ($k\Omega$)	R Aktual ($k\Omega$)	V ideal (V)	V Aktual (V)	Anomali
0	0.00	-			
10	0.56	0.56	0.28	0.28	-
20	1.11	1.11	0.56	0.56	-
30	1.67	1.67	0.83	0.83	-
40	2.22	2.22	1.11	1.11	-
50	2.78	2.78	1.39	2.10	Lonjakan
60	3.33	3.33	1.67	1.67	-
70	3.89	5.09	1.94	1.94	Lonjakan
80	4.44	4.44	2.22	2.22	-
90	5.00	5.00	2.50	2.00	Drop
100	5.56	5.56	2.78	2.78	-
110	6.11	5.11	3.06	3.06	Drop
120	6.67	6.67	3.33	3.33	-
130	7.22	7.22	3.61	3.61	-
140	7.78	7.78	3.89	3.89	-
150	8.33	8.33	4.17	4.17	-
160	8.89	8.89	4.44	4.44	-
170	9.44	9.44	4.72	4.72	-
180	10.00	10.00	5.00	5.00	-

Hasil pengukuran pada Tabel 2 dinyatakan bahwa:

1. Pada sudut 50° , tegangan aktual melonjak dari 1.39 V ke 2.10 V, menunjukkan anomali lonjakan tegangan.
2. Pada sudut 70° , resistansi meningkat tajam dari 3.89 $k\Omega$ menjadi 5.09 $k\Omega$, di luar tren linier.
3. Sudut 90° , tegangan mengalami drop mendadak dari ideal 2.5 V menjadi 2.0 V.
4. Pada 110° , resistansi juga menunjukkan penurunan drastis dari 6.11 $k\Omega$ ke 5.11 $k\Omega$.

Interpretasi Grafik hasil pengukuran potensiometer yaitu hubungan antara sudut - tegangan dan sudut – resistansi, ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan Sudut vs Tegangan dan Sudut vs Resistansi

Hasil pengukuran hubungan antara sudut potensiometer terhadap resistansi dan tegangan output mengungkapkan beberapa anomali signifikan yang berpotensi memengaruhi kinerja sistem kendali *thruster*.

1. Grafik Sudut vs Resistansi

Hubungan ideal antara sudut dan resistansi seharusnya linier, nilai pengukuran seharusnya dengan bertambahnya sudut rotasi potensiometer, resistansi juga meningkat secara proporsional. Hal ini berbeda dengan hasil pengukuran aktual, yaitu

- Sudut 70°, resistansi aktual meningkat secara signifikan dari nilai ideal 3.89 kΩ menjadi 5.09 kΩ. Kondisi ini menunjukkan adanya lonjakan resistansi, yang dapat disebabkan oleh gesekan tidak merata, kerusakan jalur karbon, atau kontak internal yang tidak stabil pada potensiometer.
- Sudut 110°, resistansi aktual justru menurun menjadi 5.11 kΩ dibanding nilai ideal 6.11 kΩ. Penurunan ini termasuk anomali jenis drop, yang bisa disebabkan oleh dislokasi atau korosi pada titik kontak potensiometer.

Implikasi: Perubahan resistansi yang tidak sesuai ini menyebabkan sinyal pembacaan posisi *thrust* menjadi tidak akurat, sehingga potensi kesalahan kendali meningkat, terutama dalam manuver halus.

2. Grafik Tegangan vs Sudut

Tegangan output potensiometer seharusnya menunjukkan kurva linier yang mengikuti perubahan sudut. Namun, grafik menunjukkan beberapa deviasi penting:

- Sudut 50°, tegangan aktual melonjak drastis dari nilai ideal 1.39 V menjadi 2.10 V. Lonjakan tegangan yang dapat menyebabkan sistem kendali mengartikan bahwa *thrust* telah berpindah lebih jauh dari posisi sebenarnya.
- Sudut 90°, terjadi penurunan tegangan dari 2.50 V menjadi 2.00 V. kondisi ini disebabkan oleh kehilangan kontak sesaat, komponen longgar, atau keausan sebagian pada jalur tegangan.

Implikasi: Fluktuasi tegangan ini akan menyebabkan sistem kendali membaca posisi *thrust* secara salah, dan dapat menghasilkan manuver yang tidak sesuai perintah operator.

Berdasarkan grafik dan data hasil pengukuran, dapat dinilai bahwa potensiometer pada sistem *repeller steering* menunjukkan tanda-tanda ketidakstabilan performa, baik dari sisi resistansi maupun tegangan output. Ketidaksesuaian nilai aktual terhadap nilai ideal mengindikasikan bahwa potensiometer tidak lagi menghasilkan sinyal linier dan akurat sebagaimana mestinya. Pada beberapa sudut ditemukan anomali yaitu sudut 50°, 70°, 90°, dan

110°, yang ditandai dengan lonjakan dan penurunan nilai resistansi serta tegangan yang tidak normal. Keadaan ini berpotensi besar menyebabkan kesalahan pembacaan posisi thrust, sehingga sistem tidak mampu merespons perintah kemudi secara tepat. Implikasi dari gangguan ini menyebabkan respon kendali kapal menjadi lambat, tidak akurat, atau bahkan menyesatkan, terutama pada saat kapal yang membutuhkan presisi tinggi seperti bermanuver di perairan sempit. Jika tidak ditangani, kondisi ini dapat berdampak pada keselamatan operasional kapal dan menimbulkan risiko kerusakan atau kecelakaan.

Langkah perbaikan pada potensiometer yaitu, Pertama dilakukan kalibrasi ulang terhadap potensiometer dan sistem pembaca sinyal guna memastikan kesesuaian kembali antara nilai masukan dan keluaran. Kedua dilakukan pemeriksaan fisik secara menyeluruh terhadap potensiometer, terutama pada jalur karbon dan kontak internal, untuk mendeteksi kemungkinan keausan atau kerusakan. Kerusakan komponen yang bersifat mekanis permanen, maka wajib dilakukan penggantian potensiometer. Ketiga meningkatkan keandalan sistem kendali *thrust*, diterapkan sistem redundansi atau penyiapan komponen sensor cadangan, sehingga kegagalan pada satu sensor, sistem tetap dapat berfungsi dengan baik tanpa mengganggu operasional kapal secara keseluruhan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis grafik hubungan antara sudut potensiometer terhadap resistansi dan tegangan output pada sistem *thruster*, ditemukan adanya gangguan non-linieritas sinyal yang signifikan pada sudut-sudut tertentu, khususnya di 50°, 70°, 90°, dan 110°. Gangguan ini muncul dalam bentuk lonjakan maupun penurunan nilai resistansi dan tegangan yang menyebabkan sistem kendali *thrust* salah menginterpretasikan posisi aktual *thrust*. Dampak yang dihasilkan yaitu sistem mengeluarkan perintah koreksi yang tidak diperlukan, yang memicu fenomena *steering* berputar sendiri, serta mengganggu kestabilan pergerakan kapal. Ketidakesesuaian sinyal input secara langsung menurunkan keakuratan dan keandalan sistem kemudi, serta mempercepat keausan komponen hidrolik akibat koreksi berulang yang tidak semestinya. Pola anomali yang muncul secara acak namun konsisten pada sudut tertentu mengindikasikan adanya keausan atau gangguan pada jalur resistif potensiometer. Maka diperlukan tindakan kalibrasi ulang, pemeriksaan fisik, dan penggantian komponen potensiometer, serta penerapan sistem sensor cadangan guna menjamin keselamatan dan kinerja optimal sistem kemudi kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aquamaster. (2015). *AQM_servicemanual.pdf* (p. 551).
- Marine, K. (2017). *rexpeller thruster steering* (1st ed.). kawasaki marine.
- Midori. (2020). *Potensiometer cpp 45* (Midori (ed.); 1st ed.).
- Plastic, C., Sensor, A., & Mount, S. (2021). *CPP-45 Series - CPP-45 , CPP-45B. June*.
- Rolls-Royce. (2021). *Azimuth thrusters Fixed mounted thrusters*. 5.
- S, A. R., Santoso, G Budi, A., & Kumara, R. B. (2023). Perbandingan Sensor Incremental Rotary Encoder dan Potensiometer pada Simulasi Kemudi Kapal Berbasis Arduino. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(1), 155. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v11i1.155>
- Suharso, A. R., Hendarto, A., Sirait, E., Kumara, R. B., & Susanto. (2022). Pengujian Tingkat Ketelitian Potensiometer pada Simulasi Kemudi Kapal. *Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 16(2), 79–86.
- Yunanto, R., Hartono, Y., & Mulyatno, I. P. (2020). Studi Analisis Kekuatan Intermediate Shaft Z -Peller pada Kapal KT. Bima 306 Akibat Variasi Bahan dan Sudut Elevasi. *Teknik Perkapalan*, 8(4), 532–545.

