

PERAMALAN BEBAN PENERANGAN KAPAL *RO-RO* 32.45 METER MENGUNAKAN METODE *ZCM* (*ZONAL CAVITY METHOD*)

Suardi¹, Wira Setiawan², Muhammad Uswah Pawara³, Andi Mursid Nugraha
Arifuddin⁴, Alamsyah⁵, Widya Yulia Astin⁶

¹Program Studi Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Kalimantan
suardi@lecturer.itk.ac.id

²Marine Technology, School of Engineering, Newcastle Upon Tyne NE1 7RU, UK
w.s.syafuruddin2@newcastle.ac.uk

³Program Studi Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Kalimantan
uswah.pawara@lecturer.itk.ac.id

⁴Program Studi Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Kalimantan
alamsyah@lecturer.itk.ac.id

⁵Program Studi Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Kalimantan
andi.mursid@lecturer.itk.ac.id

⁶Program Studi Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Kalimantan
widayuliaastin@gmail.com

ABSTRAK

Sistem penerangan di atas kapal penumpang kapal *ro-ro* 32.45 meter masih menggunakan lampu *fluorescent* atau biasa disebut sebagai lampu neon, lampu ini dipandang kurang efektif mengingat berbagai penelitian menyebutkan bahwa lampu *fluorescent* memiliki dampak negatif berupa kandungan mercury yang membahayakan lingkungan dan daya yang lebih boros dibandingkan dengan menggunakan lampu LED. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji tingkat penghematan daya generator untuk penerangan setelah mengganti lampu *fluorescent* menjadi lampu LED. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode lumen atau biasa disebut metode *ZCM* (*Zonal Cavity Method*). Hasil penelitian di dapatkan jumlah beban listrik penerangan pada penerangan *fluorescent* yang telah di akumulasikan tiap deck sebesar 24.41 kW, sedangkan penerangan dengan jenis penerangan LED di dapatkan beban listrik penerangan sebesar 12.49 kW. Sehingga dengan hasil yang tertera di atas didapatkan efisiensi daya sebesar 11.92 kW yang kemudian akan di simulasikan pada desain gambar 3D.

Kata Kunci: Beban Penerangan, Lampu LED, *Zonal Cavity Method*, efisiensi daya

FORECASTING ILLUMINATION LOAD OF RO-RO SHIP 32.45 METERS USING ZCM METHOD (ZONAL CAVITY METHOD)

ABSTRACT

The lighting system aboard a 32.45-meter *ro-ro* passenger ship still uses fluorescent lamps or commonly referred to as neon lamps, these lamps are seen as ineffective considering various studies have stated that fluorescent lamps have a negative impact in the form of mercury content which is harmful to the environment and more wasteful power than by using LED lights. The purpose of this study is to examine the level of generator power saving for lighting after changing fluorescent lamps to LED lamps. The method used in this research is the lumen method or commonly called the *ZCM* method (*Zonal Cavity Method*). The results of the study show that the total electric load for lighting on fluorescent lighting that has been accumulated per deck is 24.41 kW, while lighting with LED lighting types is getting a lighting electric load of 12.49 kW. So that with the results listed above, a power saving of 11.92 kW is obtained which will then be simulated in a 3D drawing design.

Keyword: Illumination Load, LED Lamp, *Zonal Cavity Method*, power efficiency

PENDAHULUAN

Dalam membangun suatu kapal baja yang berukuran besar seperti *ro-ro* tidak hanya mengandalkan kekuatan konstruksinya saja, instalasi lainnya juga memegang peranan penting seperti instalasi permesinan, perpipaan, propulsi, dan sistem kelistrikan kapal juga harus diperhatikan karena kapal merupakan bangunan yang biaya produksinya sangat mahal dibandingkan dengan bangunan yang umum di darat [1]. Untuk permesinan utama kapal dibedakan menjadi dua bagian yaitu mesin penggerak kapal yang berfungsi untuk memberikan gaya dorong pada kapal melalui putaran baling baling serta mesin generator yang berfungsi untuk mendistribusikan daya listrik untuk kebutuhan di atas kapal seperti beban power untuk pemompaan, beban penerangan (lampu), beban darurat, beban monitoring, serta beban navigasi dan komunikasi kapal [2].

Sistem kelistrikan untuk penerangan di atas kapal menggunakan tegangan 220 volt yang disuplai dari generator kemudian dialirkan ke main switch board dan selanjutnya ke *junction lightning* yang terletak di tiap geladak kapal (tergantung jumlah geladak) dan selanjutnya dialirkan ke beban lampu-lampu yang ada di langit-langit ruangan [3]. Jumlah kebutuhan daya untuk penerangan dapat diketahui dengan cara menjumlah seluruh daya lampu yang terpasang di atas kapal. Semakin tinggi kebutuhan daya penerangan akan berdampak pada semakin besar pula kapasitas generator yang terpasang pada kapal [4], [5] karena kapasitas daya yang besar berbanding lurus dengan jumlah konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan yang tentunya akan memberatkan dalam hal biaya operasional kapal tersebut [6], [7]. *International Maritime Organization* (IMO) yang merupakan badan dibawah PBB telah mengeluarkan target pengurangan emisi dari asap gas buang kapal hingga mencapai 70 % pada tahun 2050 yang salah satunya yaitu kapal *ro-ro* [4].

Terdapat beberapa penelitian yang melakukan kajian tentang efisiensi penggunaan daya generator di atas kapal guna menekan laju konsumsi bahan bakar menyebutkan bahwa terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan seperti penggunaan lampu hemat energy seperti lampu *LED* pada kapal yang terbukti efektif menekan biaya operasional bahan bakar hingga 50%, penelitian ini dilakukan pada kapal nelayan penangkap cumi-cumi [8]. Kajian penggunaan lampu *LED* pada kapal penumpang 300 GT yang efektif menurunkan beban generator sebesar 8 kW [9]. Kajian tentang penggunaan lampu *LED* pada kapal *tugboat* yang memberikan nilai

efisiensi penggunaan bahan bakar generator hingga 34 % [10]. Kajian tentang penggunaan lampu *LED* yang dikombinasikan dengan lampu metal halide (MH) pada kapal nelayan di vietnam juga memberikan dampak positif berupa penghematan konsumsi bahan bakar [11].

Kapal *ro-ro* 32.45 meter adalah jenis kapal penumpang yang dalam pembangunannya masih menggunakan lampu fluorescent sementara jika mengacu pada penelitian yang sudah ada memberikan fakta bahwa terdapat tingkat penghematan daya generator untuk penerangan jika kapal menggunakan lampu *LED* sehingga tujuan utama dari penelitian ini adalah melakukan perhitungan kebutuhan daya listrik untuk penerangan di atas kapal baik menggunakan lampu *fluorescent* dan lampu *LED* kemudian dibandingkan sehingga didapatkan tingkat penghematan daya generator. Untuk metode penentuan kebutuhan daya lampu yang digunakan adalah metode *cavity* yang umum digunakan pada bangunan di atas permukaan seperti rumah dan gedung [12].

METODE PENELITIAN

A. Spesifikasi Kapal Ro-ro 32.45 Meter

Kapal *ro-ro* 32.45 meter merupakan salah satu jenis kapal penumpang yang digunakan untuk rute jarak pendek – menengah untuk mengangkut penumpang dan barang serta memiliki rampa dibagian haluan dan buritan kapal [13]. Untuk dimensi dari kapal ini dapat dilihat pada tabel 1.

TABEL 1. UKURAN UTAMA KAPAL

Tipe kapal	<i>Ferry Ro-ro</i>
Panjang Kapal (LPP)	32.45 m
Lebar (<i>Breadth</i>)	11 m
Tinggi (<i>Depth</i>)	3.30 m
Garis Air (<i>Draft</i>)	2.20 m

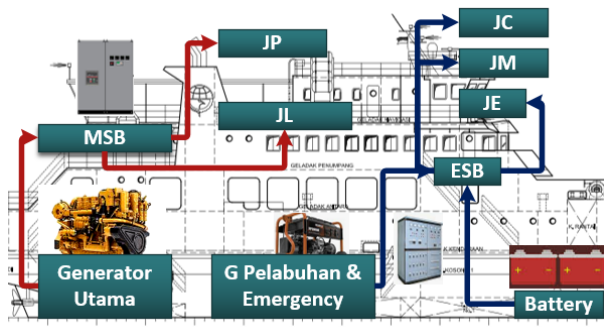


Gambar 1. Kapal Ro-ro saat Proses Pembangunan

Gambar 1 menunjukkan proses pembangunan kapal *ro-ro* 32.45 meter saat masih di galangan kapal di daerah Jawa Timur.

B. Instalasi Kelistrikan Kapal Ro-ro 32.45 Meter

Seperti yang dijelaskan di awal bahwa sumber listrik di atas kapal disuplai dari generator yang sebelumnya telah melewati proses perhitungan beban kelistrikan di atas kapal. Jika kapal memerlukan daya sebesar 100 kW, sesuai aturan yang berlaku maka besar daya generator yang harus terpasang adalah 100 kW ditambah faktor keamanan sebesar 15% sehingga total 115 kW daya generator minimal yang harus terpasang [9]. Untuk kapal ro-ro disuplai dari empat jenis sumber tenaga yaitu generator utama (minimal 2 unit), generator pelabuhan, generator darurat, dan baterai. Sementara untuk kondisi penggunaan daya dibagi menjadi lima kondisi yaitu kondisi saat kapal berlayar, kondisi keluar dan masuk pelabuhan, kondisi bongkar muat, kondisi berlabuh, dan kondisi darurat [3].



Gambar 2. Distribusi Daya dari Generator ke Beban di Atas Kapal Ro-ro 32.45 Meter

Gambar 2 menunjukkan distribusi daya listrik dari generator dan baterai di atas kapal ro-ro 32.45 meter menuju ke setiap Junction yang terdiri dari *junction power* (JP), *junction lightning* (JL), *junction communication* (JC), *junction monitoring* (JM), dan *junction emergency* (JE) [9]. Khusus untuk generator utama hanya mensuplai kebutuhan listrik ke JP dan JL, namun untuk generator pelabuhan dan generator *emergency* mensuplai ke JC, JM, dan JE.

C. Standar Pencahayaan di atas Kapal

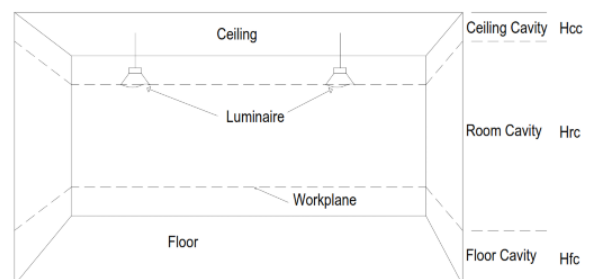
Tidak ada perbedaan signifikan antara ruangan di atas kapal dan ruangan lainnya pada bangunan darat, masing-masing ruangan membutuhkan intensitas pencahayaan yang sesuai standar yang berlaku. Untuk acuan pencahayaan di atas kapal menggunakan regulasi dari *the American Bureau of Shipping (ABS) Standards* [14] seperti pada Tabel 2 berikut.

TABEL 2. STANDAR PENCAHAYAAN RUANGAN DI ATAS KAPAL

Ruangan	Level cahaya	Ruangan	Level cahaya
Ruang Kabin dan Ruang Sanitary			
Ruang Baca	150 Lux		
Ruang Kerja	500 Lux	Kamar mandi	200 Lux
Ruang Tidur	200 Lux	<i>Bath/shower area</i>	150 Lux
		<i>Light</i>	
Ruang ganti	200 Lux	<i>During Sleep Period</i>	<30 Lux
Ruang Makan			
Ruang Mess dan <i>Cafeteria</i>	300 Lux	<i>Snack or Coffee Area</i>	150 Lux
Ruang Bermain			
Ruang Tunggu	200 Lux	Ruang <i>Gym</i>	300 Lux
<i>General Lighting</i>	150 Lux	<i>Bulletin Board</i>	150 Lux
Ruang Komputer	300 Lux	Ruang Bermain	200 Lux
<i>Movie room</i>	150 Lux	Ruang <i>Resepsionis</i>	300 Lux

D. Zonal Cavity Method (ZCM)

Metode ZCM atau yang lebih dikenal dengan metode lumen merupakan metode yang banyak dipakai dalam menentukan tingkat pencahayaan dalam ruangan termasuk di atas kapal karena metode ini dipandang lebih akurat dalam menentukan jumlah pencahayaan karena memanfaatkan efek pantulan cahaya dari lampu (*luminaire*) ke setiap sisi ruangan. karena memperhitungkan pantulan pencahayaan. Metode ini memiliki tiga acuan dasar yang disebut sebagai dimensi rongga ruangan antara lain rongga langit-langit (*Ceiling*), rongga dinding (*Wall*), dan rongga pada lantai (*Floor*) [15].



Gambar 3. Simulasi Pencahayaan dalam Ruangan

Untuk langkah perhitungan dalam mencari tingkat cahaya dalam ruangan terlebih dahulu menentukan rasio rongga ruangan (RCR), kemudian koefisien refleksi, kemudian faktor reflektansi, dan

terakhir menghitung tingkat cahaya rata-rata. Untuk mendapatkan nilai dari *Ratio Room Cavity* (RCR) bisa didapatkan dengan menggunakan rumus berikut [15].

$$RCR = \frac{5 \text{ hrc} (L+W)}{(L \times W)} \quad (1)$$

Dimana :

- hrc = Jarak pencahayaan ke tempat kerja
- L = Panjang ruangan (m)
- W = Lebar ruangan (m)

Besarnya flux cahaya yang diperlukan dalam suatu ruangan dihitung dengan rumus sebagai berikut [15].

$$\Phi \text{ Ruang} = \frac{(E \text{ Ruang} \times A)}{(CU \times LLF)} \quad (2)$$

Dimana :

- $\Phi \text{ Ruang}$ = Flux cahaya (Lumen)
- E Ruang = Iluminasi (Lux)
- A = Luas ruangan (m²)
- CU = *Coefficient of Utilization*
- LLF = *Total light loss factor*

Sedangkan untuk menghitung jumlah lampu yang diperlukan dalam suatu ruangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut [15].

$$N \text{ Ruang} = \frac{\Phi \text{ Ruang}}{\Phi \text{ Lampu}} \quad (3)$$

Dimana:

- Niip Ruang = Jumlah lampu
- $\Phi \text{ Ruang}$ = Flux cahaya (Lumen)
- $\Phi \text{ lampu}$ = Flux cahaya pada lampu yang akan dipilih (Lumen).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapal ro-ro 32.45 meter memiliki lima geladak yaitu alas ganda, geladak kendaraan, geladak antara, geladak penumpang, dan navigasi *deck*. Sistem penerangan yang direncanakan di atas kapal terdiri dari dua yaitu penerangan dalam kondisi normal dan penerangan kondisi darurat. Untuk jenis lampu yang digunakan adalah lampu *fluorescent*, adapun tabulasi daya listrik untuk penerangan di atas kapal dengan menggunakan lampu tipe *fluorescent* dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3. TOTAL KEBUTUHAN DAYA PENERANGAN MENGGUNAKAN LAMPU *FLUORESCENT*

Nama Ruangan di Atas Kapal	Power (kW)
Alas Ganda	7.72 Kw
Geladak Kendaraan	0.56 Kw
Geladak Antara	1.78 Kw
Geladak Penumpang	4.87 Kw
<i>Navigation deck</i>	9.48 Kw

Langkah selanjutnya yaitu dilakukan perhitungan dimensi ruangan-ruangan di atas kapal yang meliputi panjang, lebar, tinggi, dan luas area ruangan. Tabel 4 disajikan ukuran dimensi dari ruangan di atas kapal (*Navigation Deck*)

TABEL 4. DIMENSI RUANGAN *NAVIGASI DECK*

Ruangan di <i>Navigation Room</i>	Dimensi Ruangan (m)			Luas (m ²)
	Panjang	Lebar	Tinggi	
R. CUCI PS	1.5	1.4	2.4	2.1
KM/WC PS	1.5	1.4	2.4	2.1
ABK 2P PS	3	2.8	2.4	8.33
KAMAR KKM PS	2.5	2.8	2.4	6.93
KM/WC KKM PS	1.1	1.5	2.4	1.65
RUANG <i>NAVIGASI</i>	2.5	11	2.4	25.2
KORIDOR	7	1	2.4	6.99
CAFETARIA	1.7	2	2.4	3
DAPUR	1.3	2.8	2.4	3.63
MESS	2.2	2.8	2.4	6.1
ESEP	1	2.8	2.4	2.8
KMR NAHKODA SB	2.5	2.8	2.4	7
KM. WC KMR NAHKODA SB	1.5	1.1	2.4	1.65
50 P. KURSI PS/SB	10.5	11	2.4	84.5

Selanjutnya dilakukan simulasi pemasangan lampu LED pada geladak kapal dan kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan intensitas cahaya yang sesuai dengan standar ABS dan terakhir dilakukan pemilihan dan penentuan jumlah lampu sesuai kebutuhan lumen tiap ruangan. Adapun kebutuhan standar iluminasi minimum yang diperlukan pada ruangan di atas geladak navigasi dapat dilihat pada Tabel 5.

TABEL 5. STANDAR ILUMINASI MINIMUM (*LUMEN*) RUANGAN *NAVIGASI DECK*

Pembagian Ruangan	Standart Iluminasi (Lux)	RCR	CU	Iluminasi Min (Lumen)
				Kondisi Normal
R. CUCI PS	150	11.0	0.8	543
KM/WC PS	150	11.0	0.2	1880
ABK 2P PS	150	5.5	0.3	6176
KAMAR KKM PS	150	6.1	0.2	6314

Pembagian Ruangan	Standart Iluminasi (Lux)	RCR	CU	Iluminasi Min (Lumen)
Kondisi Normal				
KM/WC KKM PS	150	12.6	0.2	1503
RUANG NAVIGASI	300	3.9	0.4	30410
KORIDOR	150	9.1	0.4	3751
CAFETARIA	300	8.7	0.3	5188
DAPUR POTONG	750	9.0	0.4	11160
MESS	300	6.5	0.5	5616
ESEP	150	10.9	0.6	1081
KAMAR NAHKODA SB	150	6.1	0.6	2702
KM. WC KAMAR NAHKODA SB	150	12.6	0.2	1503
50 P.DEK KURSI PJG	150	1.5	0.3	60996
Kondisi Darurat				
RUANG NAVIGASI	30	5.4	0.4	790
KORIDOR	20	5.4	0.4	468
ESEP	20	10.2	0.6	100
51 P.DEK KURSI PJG	20	9.6	0.3	1800

Dari Tabel 5 dapat diketahui kebutuhan iluminasi minimum untuk ruangan di atas kapal (*Navigation Deck*) dan dijadikan acuan untuk memilih jumlah lampu LED di atas kapal. Lumen lampu dapat dilihat di katalog lampu yang ada dipasaran dan disesuaikan dengan kebutuhan lumen ruangan di atas kapal.

TABEL 6. TOTAL KEBUTUHAN LAMPU LED DI ATAS KAPAL (*NAVIGATION DECK*)

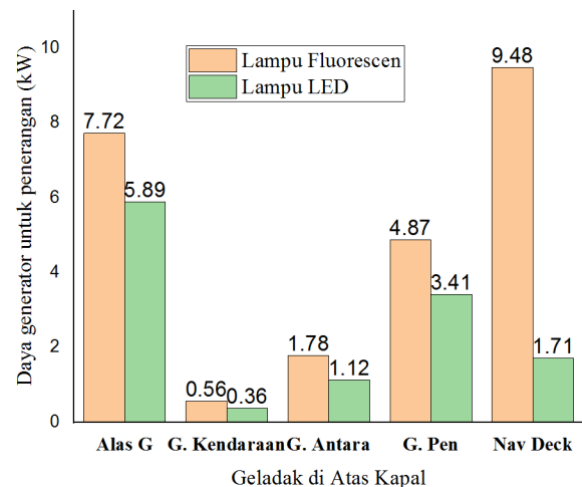
Pembagian Ruangan	Flux Lampu	Perencanaan	Flux Total	Watt (Tot)
Kondisi Normal				
R. CUCI PS	1200	1	1200	16
KM/WC PS	1057	2	2114	24
ABK 2P PS	1057	6	6342	72
KAMAR KKM PS	1057	6	6342	72
KM/WC KKM PS	1057	2	2114	24
RUANG NAVIGASI	1300	24	31200	360
KORIDOR / GANGWAY	1800	3	5400	60
CAFETARIA	1057	5	5285	60
DAPUR POTONG	4576	2	9152	102
MESS	1057	6	6342	72
ESEP	1800	1	1800	20
KAMAR NAHKODA SB	1057	3	3171	36
KM. WC KAMAR NAHKODA SB	1057	2	2114	24
50 P.DEK KURSI PJG	4576	14	64064	714

Pembagian Ruangan	Flux Lampu	Perencanaan	Flux Total	Watt (Tot)
Kondisi Normal				
Kondisi Darurat				
RUANG NAVIGASI	850	1	850	8.5
KORIDOR/GANGWAY	850	1	850	8.5
ESEP	850	1	850	8.5
51 P.DEK KURSI PJG	850	3	2550	25.5

Tabel 6 hanya menunjukkan hasil tabulasi kebutuhan daya dan jumlah lampu yang digunakan pada geladak navigasi yaitu 1.71 kW, sementara untuk geladak lain dapat dilihat pada Tabel 7.

TABEL 7. TOTAL KEBUTUHAN DAYA PENERANGAN MENGGUNAKAN LAMPU LED

Nama Ruangan di Atas Kapal	Power (kW)
Alas Ganda	5.89 Kw
Geladak Kendaraan	0.36 Kw
Geladak Antara	1.12 Kw
Geladak Penumpang	3.41 Kw
<i>Navigation deck</i>	1.71 Kw



Gambar 3. Grafik Perbandingan Penggunaan Daya Penerangan menggunakan dua variasi Lampu

Dari Gambar 3 menunjukkan grafik tingkat penghematan daya listrik yang cukup signifikan saat kapal disimulasikan menggunakan lampu LED, saat kapal menggunakan lampu fluorescent, total daya listrik untuk kebutuhan penerangan yang digunakan adalah sebesar 24.41 kW, sementara saat kapal menggunakan lampu LED, terjadi penurunan daya dengan total konsumsi hanya 12.49 kW.



Gambar 4. Simulasi Penerangan (*Navigation Deck*) menggunakan lampu LED (Kondisi Normal)



Gambar 5. Simulasi Penerangan (*Navigation Deck*) menggunakan lampu LED (Kondisi Darurat)

Gambar 4 dan 5 menunjukkan simulasi penerangan pada ruang navigasi dalam kondisi normal dan kondisi darurat

SIMPULAN

Dengan menggunakan metode *ZCM* untuk mencari tingkat pencahayaan yang tepat pada setiap ruangan di atas kapal serta mengambil acuan dari regulasi *the American Bureau of Shipping (ABS) Standards* maka didapatkan hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan lampu LED terbukti mampu menurunkan beban kelistrikan hingga 12.49 kW. Metode ini sangat baik untuk diterapkan tidak hanya di atas kapal namun bisa juga untuk ruangan di gedung dan bangunan darat lainnya serta dengan adanya kajian ini mampu menjadi acuan bagi desainer kapal dalam merancang kebutuhan generator di atas kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. H. M. M. Negara, Satria Jaya; Suardi, "Analisa Pembangunan Industri Cutted Material Order Untuk Menunjang Pembangunan Kapal Tugboat Di Kalimantan Timur," *Technol. Sci. Eng. J.*, vol. 1, no. June 2017, pp. 61–70, 2018.
- [2] S. S. Suardi, "Desain Kapal Penangkap Ikan Multipurpose 70 Gt," *Inovtek Polbeng*, vol. 8, no. 2, p. 175, 2018, doi: 10.35314/ip.v8i2.660.
- [3] S. Suardi, "Desain Ship Power Plant Sebagai Alternatif Krisis Listrik di Pulau Kagean, Jawa Timur," *JST (Jurnal Sains Ter.)*, vol. 6, no. 2, pp. 68–73, 2020, doi: 10.32487/jst.v6i2.873.
- [4] I. Ančić, N. Vladimir, and L. R. Luttenberger, "Energy efficiency of ro-ro passenger ships with integrated power systems," *Ocean Eng.*, vol. 166, no. March, pp. 350–357, 2018, doi: 10.1016/j.oceaneng.2018.05.042.
- [5] W. S. Suardi, Muhdar Tasrief, Samsu Dlukha Nurcholik, Amalia Ika Wulandari, "Testing the Inclination of an Industrial Diesel Engine Under Static Conditions According to the International Convention for the Safety of Life at," *Int. J. Mar. Eng. Innov. Res.*, vol. 8, no. 1, pp. 8–15, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.12962/j25481479.v8i1.15749>.
- [6] R. J. I. Suardi, Wira Setiawan, Andi Mursid Nugraha Arifuddin, Alamsyah, "Evaluation of Diesel Engine Performance Using Biodiesel from Cooking Oil Waste (WCO)," *J. Ris. Teknol. Pencegah. Pencemaran Ind.*, vol. 14, no. 1, pp. 29–39, 2023, doi: <https://doi.org/10.21771/jrtpi.2023.v14.no1.p29-39>.
- [7] D. Suanggana and B. Said, "Biodiesel Potentials of Waste Cooking Oil (WCO): Production , Content of Fuel Properties , and Effects on Engine Performance," *Int. J. Mar. Eng. Innov. Res.*, vol. 8, no. 2, pp. 213–221, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.12962/j25481479.v8i2.16679>.
- [8] H. Jeong, S. Yoo, J. Lee, and Y. Il An, "The retinular responses of common squid *Todarodes pacificus* for energy efficient fishing lamp using LED," *Renew. Energy*, vol. 54, pp. 101–104, 2013, doi: 10.1016/j.renene.2012.08.051.
- [9] A. I. Suardi, Kyaw, Aung Ye, Wulandari and F. Zahrotama, "Impacts of Application Light-Emitting Diode (LED) Lamps in Reducing Generator Power on Ro-Ro Passenger Ship 300 GT KMP Bambit," *Int. J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 7, no. 1, pp. 45–53, 2023.
- [10] M. U. Suardi, Pawara, A. Mursid, and N. Arifuddin, "PERENCANAAN DISTRIBUSI PENERANGAN UNTUK RUANGAN DI ATAS KAPAL TB LIBERTY 217 GT," *Inovtek Polbeng*, vol.

- 13, no. 1, pp. 29–34, 2023, doi: 10.35314/ip.v13i1.3164.
- [11] K. Q. Nguyen, P. D. Tran, L. T. Nguyen, P. V. To, and C. J. Morris, “Use of light-emitting diode (LED) lamps in combination with metal halide (MH) lamps reduce fuel consumption in the Vietnamese purse seine fishery,” *Aquac. Fish.*, vol. 6, no. 4, pp. 432–440, 2021, doi: 10.1016/j.aaf.2020.07.011.
- [12] E. Rosenberg, “Calculation method for electricity end-use for residential lighting,” *Energy*, vol. 66, pp. 295–304, 2014, doi: 10.1016/j.energy.2013.12.049.
- [13] Ç. Karatug and Y. Durmuşoğlu, “Design of a solar photovoltaic system for a Ro-Ro ship and estimation of performance analysis: A case study,” *Sol. Energy*, vol. 207, no. May, pp. 1259–1268, 2020, doi: 10.1016/j.solener.2020.07.037.
- [14] ABS, *Guide For Crew Habitability On Ships*, no. September. 2016, pp. 1–96. [Online]. Available: http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEARepository/Rules&Guides/Current/102_CrewHabitabilityonShips/Pub102_CrewHabitability
- [15] R. E. Levin, “Zonal-Cavity in Small Rooms and Long Corridors,” *J. Illum. Eng. Soc.*, vol. 16, no. 1, pp. 89–99, 1987, doi: 10.1080/00994480.1987.10748669.