

Analisis Kebutuhan dan Distribusi Beban Listrik pada Ruang Akomodasi Kapal Mini LNG Carrier 10.000 DWT

Lilik Khoiriyah¹, Choirul Mufit^{2,*} dan M Rizqi Mubarok³

¹Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

² Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

³ Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Oktober 27, 2025

Revised Desember 04, 2025

Accepted Desember 12, 2025

Keywords:

Kelistrikan kapal
Distribusi beban
Ruang akomodasi
Efisiensi energi
Sistem proteksi

ABSTRACT

Sistem kelistrikan kapal berperan penting dalam menjamin keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi operasional di atas kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan dan distribusi beban listrik pada ruang akomodasi kapal berdasarkan data aktual peralatan listrik dengan acuan standar *International Electrotechnical Commission* dan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia. Analisis dilakukan melalui perhitungan total daya terpasang, koreksi *demand factor*, penentuan daya semu, serta evaluasi kapasitas generator dan sistem proteksi. Hasil penelitian menunjukkan total daya terpasang sebesar 27,07 kW, daya aktual sebesar 23,01 kW, dan kebutuhan daya semu rancangan 35,95 kVA. Kapasitas generator yang direkomendasikan adalah 40 kVA (440 V, 3-phase) dengan arus nominal 47,2 A dan proteksi utama MCCB 63 A. Ruang *galley* dan *laundry* menjadi beban dominan dengan kontribusi lebih dari 60% terhadap total konsumsi energi. Evaluasi teknis menunjukkan penggunaan kabel tembaga 2,5–4 mm² masih aman, dengan penurunan tegangan di bawah 3% sesuai standar efisiensi. Peningkatan efisiensi energi dapat dicapai melalui penerapan lampu LED, peralatan hemat energi, dan sistem kontrol otomatis. Rancangan ini membuktikan bahwa sistem kelistrikan ruang akomodasi kapal dapat dioptimalkan secara efisien, andal, dan sesuai standar keselamatan internasional.

©2025 This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

*Corresponding Author:

Choirul Mufit
Teknik Kelistrikan Kapal
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Surabaya, Indonesia
Email: choirul.mufit@ppns.ac.id

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik pada kapal merupakan salah satu aspek krusial dalam menjamin keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi operasi selama pelayaran. Sistem kelistrikan kapal harus dirancang agar mampu memenuhi kebutuhan beban secara andal, efisien, serta sesuai dengan standar keselamatan internasional yang berlaku (Mindykowski, Tarasiuk & Gnaciński 2021). Ruang akomodasi kapal, yang mencakup area seperti kamar tidur, ruang makan, dapur, serta area rekreasi awak dan penumpang, memiliki karakteristik beban listrik yang bervariasi tergantung pada jenis peralatan dan tingkat kenyamanan yang diinginkan.

Perkembangan teknologi efisiensi energi, seperti penerapan lampu berbasis LED, sistem kontrol otomatis, dan pengaturan waktu penggunaan peralatan listrik, memberikan kontribusi signifikan terhadap penurunan konsumsi energi pada kapal modern (Suardi et al. 2025). Selain itu, tren perbandingan antara sistem distribusi arus bolak-balik (AC) dan arus searah (DC) mulai menjadi perhatian dalam desain sistem kelistrikan kapal karena keduanya memiliki perbedaan mendasar dalam hal efisiensi konversi daya dan fleksibilitas operasional (Kim & Jeon 2022).

Dalam konteks industri perkapalan di Indonesia, sebagian besar kapal niaga maupun kapal pelatihan masih mengadopsi sistem distribusi kelistrikan konvensional tanpa memperhatikan optimalisasi tata letak ruang dan distribusi beban listrik (Gunawan, Taufiqurrahman & Kurniawan 2024).

Kondisi tersebut sering kali menyebabkan ketidakseimbangan beban antar panel distribusi, peningkatan rugi daya, dan potensi penurunan keandalan sistem (Kurniawan et al. 2023). Oleh

karena itu, analisis kebutuhan serta distribusi beban listrik berdasarkan tata letak ruang akomodasi kapal menjadi langkah penting untuk meningkatkan efisiensi energi dan keselamatan operasional.

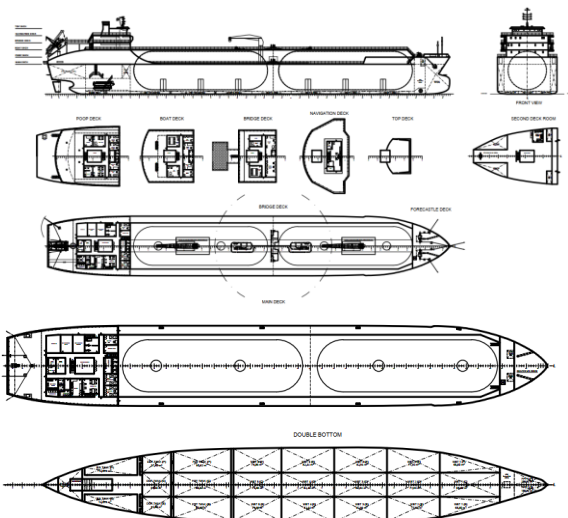
Beberapa penelitian terdahulu juga menegaskan pentingnya audit energi dan penerapan manajemen daya untuk mengurangi konsumsi bahan bakar serta menekan emisi karbon dari sektor perkapalan (Sogut 2025). Integrasi manajemen daya dengan sistem penyimpanan energi dan sumber energi alternatif, seperti sel bahan bakar hidrogen, menjadi arah pengembangan sistem kelistrikan kapal yang lebih berkelanjutan (Cao et al. 2023). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan dan distribusi beban listrik pada ruang akomodasi kapal berdasarkan tata letak desain, dengan mempertimbangkan standar kelistrikan kapal serta aspek efisiensi energi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan tujuan untuk menganalisis kebutuhan daya dan distribusi beban listrik pada ruang akomodasi kapal berdasarkan tata letak desain. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa daftar peralatan listrik yang terdapat pada masing-masing ruang akomodasi, meliputi daya terpasang, jumlah unit, dan waktu operasi rata-rata per hari. Data diperoleh dari hasil inventarisasi sistem kelistrikan ruang akomodasi pada kapal Mini LNG Carrier 10.000 DWT.

Adapun pada gambar 1 merupakan Gambar *General Arrangement* (GA) dari kapal yang memperlihatkan pembagian area utama, mulai dari *poop deck* hingga *bridge deck*, termasuk area akomodasi yang menjadi fokus penelitian ini.

Area tersebut mencakup ruang tidur awak kapal, mess room, galley, crew cabin, kantor, *gangway*, dan area pelayanan umum seperti *lavatory* serta ruang pendingin udara. Pembagian ruang ini menjadi dasar dalam menentukan lokasi beban listrik dan jalur distribusi daya menuju panel utama (*main switchboard*).



Gambar 1. General Arrangement (GA) kapal Mini LNG Carrier 10.000 DWT

Analisis dimulai dengan perhitungan total daya terpasang setiap ruang dan mengelompokkan peralatan listrik pada setiap ruang ke dalam tiga kategori beban utama, yaitu beban penerangan, beban umum, dan beban khusus sebagaimana terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengelompokan Peralatan Listrik Berdasarkan Kategori beban

Kategori Beban	Ruang dan Peralatan
Beban Penerangan	Lampu LED plafon (<i>Mess Room</i>)
	Lampu tahan lembab (<i>Toilet</i>)
	Lampu area (<i>Crew Kitchen, Gangway</i>)
	Lampu utama + <i>reading light</i> (<i>Crew Cabin</i>)
	Lampu & <i>emergency light</i> (<i>Crew Office</i>)
	Lampu LED (<i>Laundry Room</i>)

Beban Umum	AC split 1 PK dn ½ PK (<i>Mess Room, Crew Office, Crew Cabin</i>)
	Exhaust fan / ventilator (<i>Mess Room, Galley, Laundry, Toilet</i>)
	Water dispenser (<i>Mess Room</i>)
	Refrigerator/freezer/kulkas kecil (<i>Galley</i>)
	Charger port 12V (<i>Crew Cabin</i>)
	Kipas angin (<i>Crew Cabin</i>)
	Water heater (<i>Toilet</i>)
	Shaver socket/outlet (<i>Toilet</i>)
	Komputer, printer, CCTV, bell/alarm (<i>Crew Office, Gangway</i>)
	Electric stove/range (<i>Galley</i>)
Beban Khusus	Oven Listrik (<i>Galley</i>)
	Water boiler (<i>Galley</i>)
	Induction cooker (<i>Kitchen</i>)
	Blender/rice cooker (<i>Kitchen</i>)
	Washing machine (<i>laundry Room</i>)
	Dryer machine (<i>laundry Room</i>)
	Iron & board (<i>laundry Room</i>)

Nilai keseluruhan beban, dijumlahkan dan dikoreksi menggunakan faktor permintaan (*demand factor*) sesuai standar (*International Electrotechnical Commission* 2014) dan (Biro Klasifikasi Indonesia 2015) untuk memperoleh daya aktual yang lebih realistis terhadap kondisi operasi kapal sebagaimana terdapat pada persamaan (1).

$$P_{demand} = P_{installed} \times f_d \quad (1)$$

Daya aktif kemudian dikonversikan menjadi daya semu (*apparent power*) dengan menggunakan faktor daya (*power factor*) sebesar 0,8, sesuai karakteristik beban akomodasi yang terdiri atas campuran beban induktif dan resistif. Persamaan (2) digunakan untuk menghitung daya semu:

$$S = \frac{P}{\cos \theta} \quad (2)$$

Untuk mengakomodasi lonjakan beban serta

potensi ekspansi sistem, digunakan margin keamanan 25% sesuai rekomendasi yang terdapat pada jurnal yang diterbitkan oleh (Lee, Oh & Oh 2022). Kapasitas pembangkitan ditentukan menggunakan Persamaan (3):

$$S_{sizing} = 28,76 \times 1,25 \quad (3)$$

Perhitungan arus beban dilakukan dengan menggunakan hubungan antara daya, tegangan, dan faktor daya, dengan asumsi sistem tegangan 220 Volt dan faktor daya 0,8. Nilai arus yang diperoleh digunakan untuk menentukan kapasitas pengaman (MCB) utama pada main *switchboard* dan MCB masing masing ruang sesuai standar (*International Electrotechnical Commission* 2005) sebagaimana persamaan (4) dan (5):

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}xV} \quad (4)$$

$$I_i = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \theta} \quad (5)$$

Kemudian rekomendasi ukuran atau kapasitas kabel dilakukan berdasarkan arus beban masing masing *feeder* ruang, adapun *drop* tegangan dihitung menggunakan persamaan (6):

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times r \times L \times \cos \theta \quad (6)$$

Setelah itu, dilakukan analisis distribusi beban dengan analisis distribusi beban antar sirkuit dan antar fasa, yang dilakukan dengan membagi total beban tiap ruang ke dalam tiga fasa (L1, L2, dan L3) secara proporsional. Persamaan (7) digunakan untuk menganalisis keseimbangan beban antar fasa:

$$\Delta_f = \left| \frac{P_f - P_{avg}}{P_{avg}} \right| \times 100\% \quad (7)$$

Pembagian ini bertujuan untuk menilai keseimbangan beban antar fasa. Seluruh perhitungan dilakukan menggunakan perangkat

lunak Microsoft Excel untuk analisis numerik. Validasi hasil dilakukan dengan membandingkan total kebutuhan daya akomodasi terhadap kapasitas generator dan sistem panel utama kapal. Melalui tahapan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan analisis kebutuhan daya total ruang akomodasi, distribusi beban yang seimbang antar panel, serta rekomendasi teknis untuk peningkatan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan kapal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kebutuhan energi listrik ruang akomodasi kapal dilakukan berdasarkan data inventarisasi peralatan Listrik sebagaimana terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis Peralatan dan Daya Pada Ruang Akomodasi

Ruang	Equipment	Daya(W)
Mess Room	Lampu LED plafon	80
	AC split 1 PK	750
	Exhaust fan / ventilator	100
	Water dispenser	500
Galley	Electric stove / range	4000
	Oven listrik	3000
	Exhaust hood & blower	400
	Refrigerator/freezer	800
	Water boiler	1500
Gangway	Lampu area (LED weatherproof)	100
	Portable flood light	150
	CCTV / security cam	30
	Bell / alarm gangway	20
Laundry Room	Washing machine	2000
	Dryer machine	4000
	Iron & board	1200
	Exhaust fan	100
	Lampu LED	60
Toilet	Lampu tahan lembab (LED)	30

	<i>Exhaust fan</i> kecil	40
	<i>Water heater</i>	1500
	<i>Shaver socket / outlet</i>	150
<i>Crew Cabin</i>	Lampu utama + <i>reading light</i>	60
	AC ½ PK	450
	Kipas angin (opsional)	50
	<i>Charger port</i> (12V)	10
<i>Crew Office</i>	Komputer / PC	300
	Printer / <i>scanner</i>	150
	AC 1 PK	750
	Lampu & <i>emergency light</i>	80
	Monitor CCTV / <i>switch hub</i>	150
<i>Kitchen</i>	<i>Induction cooker</i>	3000
	<i>Refrigerator</i> kecil	400
	Lampu area	60
	<i>Exhaust hood</i>	300
	<i>Blender / rice cooker</i>	800
Total		27.070 W

1	<i>Galley</i>	9.700
2	<i>Laundry Room</i>	7.360
3	<i>Crew Kitchen</i>	4.560
4	<i>Toilet</i>	1.720
5	<i>Mess Room</i>	1.430
6	<i>Crew Office</i>	1.430
7	<i>Crew Cabin</i>	570
8	<i>Gangway</i>	300
Total		27.070 W

Setiap ruang memiliki karakteristik beban dan jenis peralatan yang berbeda tergantung pada fungsi ruang dan tingkat kenyamanan yang diinginkan. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa total daya terpasang pada seluruh ruang akomodasi mencapai 27.070 watt (27,07 kW).

Dari nilai tersebut, ruang *galley* merupakan penyumbang beban terbesar dengan konsumsi daya sebesar 9.700 watt, diikuti oleh *laundry room* sebesar 7.360 watt dan *crew kitchen* sebesar 4.560 watt. Ruang lainnya seperti toilet, *mess room*, *crew office*, *cabin*, dan *gangway* memiliki daya jauh lebih kecil, yaitu antara 300 hingga 1.700 watt. Distribusi daya total tiap ruang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Total Daya Terpasang per Ruang Akomodasi

no	Ruang	Total Daya(W)
----	-------	---------------

Dari tabel di atas terlihat bahwa beban pada ruang *galley* dan *laundry room* berkontribusi lebih dari 60% terhadap total konsumsi listrik ruang akomodasi. Beban dominan ini umumnya berasal dari peralatan dengan karakteristik pemanas dan motorik seperti oven, kompor listrik, mesin cuci, dan pengering. Hasil ini sejalan dengan temuan (Dimitranov & Belev 2023) yang menunjukkan bahwa penerapan otomasi sistem pencahayaan dan pengendalian beban pada ruang akomodasi kapal dapat mengurangi konsumsi energi lebih dari 10%, terutama pada area dapur dan laundry yang menjadi penyumbang beban terbesar. Dengan demikian, area tersebut menjadi titik utama dalam strategi efisiensi energi di sistem kelistrikan kapal.

Karena tidak semua peralatan beroperasi secara bersamaan, maka daya terpasang perlu dikonversikan menjadi daya aktual dengan memperhitungkan *demand factor* (faktor permintaan). Berdasarkan standar (*International Electrotechnical Commission* 2014) dan ketentuan (Biro Klasifikasi Indonesia 2015), nilai *demand factor* untuk ruang akomodasi ditetapkan sebesar 0,85. Menggunakan Persamaan (1) didapatkan total daya aktual yang diperkirakan digunakan pada operasi normal adalah 23,01 kW.

Untuk menentukan kapasitas sistem tenaga, daya aktif dikonversikan menjadi daya semu (*apparent power*) dengan mempertimbangkan faktor daya sistem. Nilai faktor daya yang digunakan adalah 0,8, sesuai karakteristik beban akomodasi yang terdiri atas campuran beban induktif (seperti *air conditioner*, *exhaust fan*, dan *dryer motor*) serta beban resistif (seperti *water boiler* dan *electric stove*), Menggunakan Persamaan (2) maka diperoleh daya semu sebesar 28,76 kVA.

Kemudian kita juga memberikan margin keamanan 25% terhadap lonjakan beban dan potensi ekspansi sistem menggunakan persamaan (3), sehingga didapatkan bahwa sistem kelistrikan akomodasi kapal membutuhkan suplai daya sekitar 35,95 kVA, sehingga generator utama yang disarankan memiliki kapasitas 40 kVA untuk menjaga keandalan dan efisiensi sistem pada kondisi puncak.

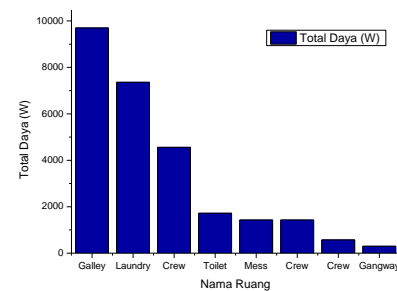
Untuk menentukan rating pengaman utama digunakan persamaan (4) yang menghasilkan arus nominal sebesar 47,2 A. Arus ini menjadi acuan dalam menentukan rating pengaman utama sehingga dipilihlah MCCB pada panel distribusi utama (*Main Switchboard*) sebesar 63 A. Sementara itu, arus dan pengaman untuk masing-masing ruang dihitung secara individual berdasarkan daya aktual yang dikoreksi dengan *demand factor* berdasarkan persamaan (5). Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Estimasi Arus dan Pengaman per Ruang

Ruang	Total Daya(W)	I (A)	MCB rekomendasi
Galley	9.700	15,9	20 A
Laundry Room	7.360	12,1	16 A
Crew Kitchen	4.560	7,5	10 A

Toilet	1.720	2,8	6 A
Mess Room	1.430	2,3	6 A
Crew Office	1.430	2,3	6 A
Crew Cabin	570	0,9	4 A
Gangway	300	0,5	4 A

Adapun distribusi beban dapat dilihat sebagaimana terdapat pada gambar 2.



Gambar 2. Distribusi beban ruang Akomodasi

Dari hasil tersebut, ruang dengan konsumsi tinggi seperti galley dan laundry room membutuhkan sirkuit tersendiri dengan rating pengaman yang lebih besar dibandingkan ruang kecil seperti toilet, *mess room*, atau *cabin*. Pemilihan kapasitas pengaman didasarkan pada arus nominal ditambah margin keamanan 20–25%, sesuai ketentuan koordinasi proteksi dari standar (*International Electrotechnical Commission* 2022). Dengan demikian, sistem distribusi daya di ruang akomodasi mampu menahan lonjakan arus (*inrush current*) dari beban motorik seperti mesin cuci atau *exhaust fan* tanpa mengganggu stabilitas sistem utama.

Evaluasi kapasitas kabel dilakukan mengacu pada (*International Electrotechnical Commission* 2005). Berdasarkan arus beban masing-masing *feeder*, kabel tembaga berpenampang 2,5 mm² direkomendasikan untuk arus hingga 16 A, sedangkan *feeder* dengan arus di atas 20 A (*Galley* dan *Laundry*) menggunakan kabel 4 mm². Perhitungan penurunan tegangan dilakukan

menggunakan Persamaan (6) pada bagian Metodologi, dengan asumsi panjang kabel maksimum 30 m, resistansi konduktor 7,41 mΩ/m, dan faktor daya 0,8. Untuk arus fasa terbesar sebesar 34 A, penurunan tegangan dihitung sebesar 10,48 V atau sekitar 2,6% dari tegangan 440 V. Nilai ini masih berada di bawah batas maksimum 3% sesuai rekomendasi (*International Electrotechnical Commission* 2019).

Analisis keseimbangan beban dilakukan dengan membagi setiap ruang ke dalam tiga fasa sistem (L1, L2, L3) secara proporsional berdasarkan total daya aktual. Pembagian dilakukan sebagai berikut:

Fasa L1: *Galley*

Fasa L2: *Laundry Room, Mess Room*

Fasa L3: *Crew Kitchen, Toilet, Gangway, Crew Office, Crew Kabin*

Hasil perhitungan daya aktual tiap fasa menghasilkan distribusi sebagai berikut:

Tabel 5. Total Daya dan Persentase Pembebanan per Fasa

<i>Fasa</i>	<i>Total Daya(kW)</i>	<i>Persentase terhadap Total</i>
L1	9.70	35.8 %
L2	8.79	32,5 %
L3	8.58	31.7 %

Deviasi maksimum antar fasa dihitung sebagaimana persamaan (7). Karena hasil deviasi berada di bawah 10%, maka sistem distribusi daya dikategorikan seimbang, sesuai dengan standar (*International Electrotechnical Commission* 2014).

Selain memastikan keamanan sistem, analisis ini juga menyoroiti peluang peningkatan efisiensi energi. Karena lebih dari 60% konsumsi energi berada di ruang *galley* dan *laundry*, upaya

efisiensi dapat dilakukan melalui penggantian lampu konvensional menjadi LED hemat energi, penggunaan peralatan dapur berlabel efisiensi tinggi, serta penerapan sistem kendali waktu (timer system) dan sensor kehadiran (occupancy sensor) pada area umum. Menurut (Al-Falahi et al. 2018), penerapan sistem manajemen energi dan kontrol otomatis pada jaringan kelistrikan kapal mampu meningkatkan efisiensi penggunaan daya hingga 15% tanpa menurunkan kenyamanan maupun kinerja sistem utama.

Pendekatan ini juga mendukung penerapan konsep *green ship* melalui optimasi pengaturan beban dan integrasi sistem kontrol terdistribusi. Dengan langkah-langkah ini, rancangan sistem tidak hanya efisien dan aman, tetapi juga sejalan dengan prinsip desain kapal berkelanjutan. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kelistrikan ruang akomodasi kapal ini memiliki daya terpasang sebesar 27,07 kW, daya aktual 23,01 kW, dan kebutuhan daya semu rancangan 35,95 kVA dengan kapasitas generator rekomendasi 40 kVA. Sistem ini dinilai aman dan efisien dengan nilai arus maksimum 47,2 A, serta pemilihan pengaman utama 63 A MCCB.

KESIMPULAN

Analisis kebutuhan dan distribusi beban listrik pada ruang akomodasi kapal menunjukkan bahwa sistem kelistrikan yang dirancang telah memenuhi standar *International electrotechnical commision* dan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia. Total daya terpasang sebesar 27,07 kW dengan daya aktual 23,01 kW menghasilkan kebutuhan daya semu rancangan 35,95 kVA, sehingga kapasitas generator yang direkomendasikan adalah 40 kVA (440 V, 3-phase). Arus nominal sistem tercatat sebesar 47,2 A, dengan proteksi utama MCCB 63

A yang memastikan keandalan dan keselamatan operasi. Beban terbesar berasal dari ruang *galley* dan *laundry room*, yang bersama-sama berkontribusi lebih dari 60% terhadap total konsumsi daya.

Kedua ruang ini memerlukan sirkuit terpisah dengan pengaman 20 A dan 16 A, sementara ruang lainnya cukup dengan 4–10 A. Evaluasi teknis menunjukkan bahwa penggunaan kabel tembaga 2,5 mm² hingga 4 mm² mampu menjaga penurunan tegangan di bawah 3%, sesuai standar efisiensi sistem distribusi kapal.

Meskipun penelitian ini tidak membahas secara langsung aspek efisiensi energi, beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan teknologi hemat energi seperti lampu LED, peralatan berlabel efisiensi tinggi, serta sistem kendali otomatis berbasis timer dan occupancy sensor dapat menurunkan konsumsi energi pada ruang akomodasi bangunan maupun fasilitas maritim sebesar 12–18%. Oleh karena itu, kajian lanjutan mengenai integrasi peralatan hemat energi dan sistem kendali otomatis pada ruang akomodasi kapal berpotensi dilakukan sebagai penelitian berikutnya untuk mengevaluasi peluang peningkatan efisiensi energi secara lebih komprehensif.

REFERENCE

- Al-Falahi, M.D.A., Tarasiuk, T., Jayasinghe, S.G., Jin, Z., Enshaei, H. & Guerrero, J.M., 2018, *Ac ship microgrids: Control and power management optimization*, *Energies*, 11(6).
- Biro Klasifikasi Indonesia, 2015, *Rules For The Classification And Construction Part 2. Inland Waterways Ship Volume Iv Rules For Electrical Installations 2015 Edition Biro Klasifikasi Indonesia*.
- Cao, W., Geng, P., Xu, X. & Tarasiuk, T., 2023, 'Energy Management Strategy Considering Energy Storage System Degradation for Hydrogen Fuel Cell Ship', *Polish Maritime Research*, 30(2), 95–104.
- Dimitranov, D. & Belev, B., 2023, 'Reducing Ship's Energy Consumption through Accommodation and Cargo Spaces Lights Automation', *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(2).
- Gunawan, R., Taufiqurrahman, M. & Kurniawan, A., 2024, *Ship performance and energy consumption evaluation based on modular design approach*, in C. McNally, P. Carroll, B. Martinez-Pastor, B. Ghosh, M. Efthymiou & N. Valantasis-Kanellos (eds.), *Transport Transitions: Advancing Sustainable and Inclusive Mobility*, Lecture Notes in Mobility., 574–579, Springer Nature Switzerland.
- International Electrotechnical Commission, 2005, *IEC 60092-352*.
- International Electrotechnical Commission, 2014, *IEC 60092-507*, International Electrotechnical Commission.
- International Electrotechnical Commission, 2019, *IEC 60092-201*.
- International Electrotechnical Commission, 2022, *IS/IEC 60898-1*.
- Kim, S. & Jeon, H., 2022, 'Comparative Analysis on AC and DC Distribution Systems For Electric Propulsion Ship', *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(5).
- Kurniawan, A.R., Kurniawan, A., Sarwito, S., Gumilang, A.R.N. & Budianto, F., 2023, 'Power flow analysis of DC distribution system in a ship with non-electric propulsion', *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13(1), 9–16.



- Lee, J.H., Oh, J.H. & Oh, J.S., 2022, 'Application of Generator Capacity Design Technique Considering the Operational Characteristics of Container Ships', *Electronics (Switzerland)*, 11(11).
- Mindykowski, J., Tarasiuk, T. & Gnaciński, P., 2021, 'Review of legal aspects of electrical power quality in ship systems in the wake of the novelisation and implementation of iacs rules and requirement', *Energies*, 14(11).
- Sogut, M.Z., 2025, 'Energy Audit and Management in Shipping: A Case Study Onboard Ship', *International Journal of Transportation Research and Technologys*, (01), 17.
- Suardi, S., Pratama, B.Y., Pawara, M.U., Yosefan, A., Anugerah, A.N., Abdurrahman, L., Tasrief, M. & Klara, S., 2025, 'Optimizing Generator Power Usage Through LED Lighting Distribution on Tugboats: A Case Study of a 26.80-Meter Vessel', *Indonesian Journal of Maritime Technology*, 3(1).