

# Simulasi Pencahayaan Buatan pada Ruang Akomodasi Kapal TB Hasnur 21 Menggunakan Pendekatan *Zonal Cavity Method* (ZCM)

Fikriah<sup>1</sup>, Surya Hariyanto<sup>1,\*</sup>, Haryanti Rivai<sup>1</sup>, Andi Husni Sitepu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia*

\*Email: suryahariyanto@gmail.com

---

## Abstrak

Setiap ruang di kapal harus dilengkapi dengan sistem dan instalasi penerangan yang memadai sesuai dengan regulasi dan standar pencahayaan yang berlaku. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan pencahayaan optimal pada setiap ruang di kapal TB Hasnur 21 sesuai dengan standar pencahayaan yang telah ditetapkan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Zonal Cavity Method* (ZCM), yaitu metode perhitungan pencahayaan yang mempertimbangkan distribusi cahaya berdasarkan elemen ruangan seperti langit-langit, dinding, dan lantai. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak DIALux evo sebagai pendekatan analisis pencahayaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan lampu LED mampu menghasilkan sistem pencahayaan yang lebih efisien, aman, dan sesuai dengan kebutuhan operasional kapal. Penghematan daya yang diperoleh pada ruang *Chief Engineer*, *Chief 1*, *Master*, *Crew 3 Person*, *Deck Store*, dan *Galley Store* sebesar 18 watt, pada ruang *Galley* sebesar 9 watt, pada ruang *Toilet*, *Bathroom*, dan *Laundry* sebesar 3 watt, serta pada area *Mess and Gangway* sebesar 72 watt. Hasil simulasi menunjukkan adanya peningkatan tingkat pencahayaan setelah pergantian lampu. Pada ruang *Chief Engineer*, tingkat pencahayaan meningkat dari 89,4 lux menjadi 190 lux, sedangkan pada ruang *Chief* meningkat dari 111 lux menjadi 267 lux. Pada ruang *Master*, tingkat pencahayaan meningkat dari 91,14 lux menjadi 211 lux. Ruang *Crew 4 Person (1)* mengalami peningkatan dari 71,16 lux menjadi 161 lux, sedangkan pada ruang *Crew 4 Person (2)* meningkat dari 72 lux menjadi 163 lux. Ruang *Deck Store* mengalami peningkatan paling signifikan, yaitu dari 370 lux menjadi 771 lux, diikuti oleh *Galley Store* dari 327 lux menjadi 674 lux. Pada ruang *Galley*, tingkat pencahayaan meningkat dari 262 lux menjadi 335 lux. Sementara itu, pada ruang *Toilet* pencahayaan meningkat dari 494 lux menjadi 566 lux, pada *Bathroom* dari 491 lux menjadi 567 lux, dan pada ruang *Laundry* dari 293 lux menjadi 339 lux. Adapun pada area *Mess and Gangway*, tingkat pencahayaan meningkat dari 132 lux menjadi 285 lux. Berdasarkan hasil simulasi, tingkat pencahayaan yang diperoleh telah memenuhi standar minimum ISO (*International Organization for Standardization*).

## Abstract

**Artificial Lighting Simulation in the Accommodation Space of the TB Hasnur 21 using the Zonal Cavity Method Approach.** Every space on a ship must be equipped with adequate lighting systems and installations in accordance with applicable regulations and lighting standards. This study aims to determine the optimal lighting requirements for each room on the TB Hasnur 21 in accordance with established lighting standards. The method used in this study is the Zonal Cavity Method (ZCM), a lighting calculation method that considers light distribution based on room elements such as ceilings, walls, and floors. Simulations were carried out using DIALux evo as the lighting analysis approach. The results show that the use of LED lamps is capable of providing a more efficient, safer, and operationally suitable lighting system for the vessel. Power savings achieved were 18 watts in the Chief Engineer, Chief 1, Master, Crew 3 Person, Deck Store, and Galley Store rooms; 9 watts in the Galley; 3 watts in the Toilet, Bathroom, and Laundry rooms; and 72 watts in the Mess and Gangway areas. The simulation results also indicate an increase in illumination levels after the replacement of the lamps. In the Chief Engineer room, the illumination level increased from 89.4 lux to 190 lux, while in the Chief room it increased from 111 lux to 267 lux. In the Master room, the illumination level increased from 91.14 lux to 211 lux. The Crew 4 Person (1) room experienced an increase from 71.16 lux to 161 lux, while the Crew 4 Person (2) room increased from 72 lux to 163 lux. The Deck Store room experienced the most significant increase, from 370 lux to 771 lux, followed by the Galley Store room from 327 lux to 674 lux. In the Galley room, the illumination level increased from 262 lux to 335 lux. Meanwhile, in the Toilet room the illumination increased from 494 lux to 566 lux, in the Bathroom from 491 lux to 567 lux, and in the Laundry room from 293 lux to 339 lux. In the Mess and Gangway areas, the illumination level increased from 132 lux to 285 lux. Based on the simulation results, the illumination levels obtained have met the minimum standards established by the International Organization for Standardization.

*Kata Kunci: DIALux evo; efisiensi energi; kapal; lux meter; pencahayaan buatan; tugboat*

---

## 1. Pendahuluan

Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah. Kapal tunda atau yang disebut juga tug boat, adalah kapal pendukung yang berfungsi membantu kapal besar ketika berlabuh di pelabuhan. Energi listrik pada kapal ini digunakan untuk mengoperasikan motor, penerangan, ventilasi, dan berbagai kebutuhan listrik lainnya. Tug boat dirancang untuk menarik atau mendorong (unmooring) kapal lain, baik kapal besar yang akan bersandar di pelabuhan maupun yang hendak berlayar. Oleh karena itu, secara umum tug boat berfungsi untuk membantu kapal-kapal berukuran besar yang mengalami kesulitan dalam bersandar di dermaga [1].

Setiap ruang di kapal harus dilengkapi dengan sistem dan instalasi penerangan yang memadai, dengan standar pencahayaan yang sesuai dengan regulasi yang berlaku. International Organization for Standardization (ISO) memberikan pedoman mengenai kriteria pencahayaan untuk setiap ruang kru atau penumpang di kapal. Penetapan pedoman ini bertujuan untuk mengatur sistem pencahayaan di kapal berdasarkan standar minimum serta untuk memudahkan kru atau penumpang dalam menjalankan aktivitas mereka, sekaligus sebagai langkah antisipasi keselamatan di kapal. Dengan menggunakan metode zonal cavity, penelitian ini akan menentukan kebutuhan pencahayaan optimal di setiap ruang kapal sesuai dengan standar pencahayaan yang ditetapkan International Organization for Standardization (ISO). Penelitian ini dapat menjadi alternatif dalam perhitungan daya penerangan yang diperlukan di kapal.

Pada kapal TB Hasnur 21, pencahayaan pada ruang akomodasi belum sesuai dengan standar yang ditetapkan International Organization for Standardization (ISO), yang mana masih ada beberapa ruangan di akomodasi masih dibawah lux yang ditetapkan. Pengukuran lux yang telah dilakukan sebelumnya dilakukan diberbagai titik dengan menggunakan alat ukur lux meter. Salah satu pengukuran yang telah dilakukan yaitu pada ruangan galley hanya sebesar 50.08 lux dengan standar minimal lux sebesar 300 lux. Data tersebut menunjukkan adanya ketidakefisienan pada pencahayaan pada kapal tersebut, yang mana kapal tersebut menggunakan lampu fluorescent yang dayanya cukup besar, selain itu pada bagian area sanitary kapal tersebut menggunakan lampu LED dengan daya yang masih cukup besar.

Efisiensi energi adalah langkah yang bertujuan untuk mendukung konservasi energi.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 33 Tahun 2023 tentang Konservasi Energi, konservasi energi didefinisikan sebagai upaya yang sistematis, terencana, dan terpadu untuk melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Secara umum, efisiensi energi merujuk pada penggunaan energi yang lebih sedikit untuk menghasilkan layanan atau output yang sama. Mengingat pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk yang pesat, Indonesia memiliki kepentingan besar untuk mengelola serta memanfaatkan energi secara efektif dan efisien [2].

Pencahayaan buatan adalah cahaya yang dihasilkan oleh sumber cahaya selain cahaya sinar matahari. Pencahayaan buatan menjadi sangat diperlukan apabila posisi ruangan sulit dijangkau oleh cahaya alami atau saat intensitas pencahayaan alami tidak memadai [3].

## 2. Metode Penelitian

Dimensi ruangan dikapal menjadi penentu jumlah titik lampu yang ada di dalam ruangan, sehingga kebutuhan lampu di setiap ruangan tentunya akan berbeda satu dengan ruangan yang lainnya. Dimensi ruangan ini meliputi panjang ruangan dan lebar ruangan. Lebar ruangan merupakan dimensi ruangan yang mengikuti lebar kapal, dan panjang ruangan merupakan dimensi yang mengikuti atau sejajar dengan panjang kapal. Dimensi ruangan ini jika dikalikan maka akan didapatkan luasan:

$$A = p \times l \quad (1)$$

Dalam mendapatkan nilai rasio untuk Room Cavity method (RCR) digunakan persamaan berikut:

$$RCR = \frac{5 h (L+W)}{(L \times W)} \quad (2)$$

Dalam menentukan nilai CU (Coefficient of Utilization), pertama-tama kita terlebih dahulu mencari nilai indeks ruangan (K) dan faktor reflektansi ruangan adapun perhitungannya dapat menggunakan persamaan berikut:

$$K = \frac{A}{h \times (p+l)} \quad (3)$$

$$h = t - H \quad (4)$$

Tinggi benda kerja yang ada diruangan misalkan meja dan kursi diasumsikan 0.7 m [4].

Tidak semua cahaya dari lampu berhasil mencapai bidang kerja, karena sebagian cahaya dipantulkan atau diserap oleh dinding, plafon, dan lantai. Faktor reflektansi dinding (Cw) dan faktor reflektansi langit-langit (Cc) menggambarkan porsi cahaya yang dipantulkan dinding dan langit-langit hingga akhirnya mencapai bidang kerja [5]. Faktor reflektansi untuk dinding, langit-langit, dan lantai dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor reflektansi dinding, langit-langit dan lantai

Tingkat Warna	Faktor Reflektansi
Warna putih	0.8
Warna sangat muda	0.7
Warna muda	0.5
Warna sedang	0.3
Warna gelap	0.1

Pada Tabel 1, dapat kita lihat bahwa semakin gelap warna suatu permukaan semakin kecil nilai faktor reflektansinya. Setelah menentukan faktor reflektansi, kemudian mencari nilai untuk coefficient of utilization dengan cara mencocokkan nilai dari indeks ruang (K) dan faktor reflektansi pada Tabel 2.

Tabel 2. Coefficient of utilization

Room indeks (K)	Factor Reflectances For											
	ceiling	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.0
	Wall	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	Floor	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60		0.37	0.36	0.37	0.36	0.35	0.28	0.28	0.23	0.27	0.23	0.21
0.80		0.46	0.43	0.45	0.44	0.43	0.36	0.35	0.30	0.34	0.30	0.28
1.00		0.54	0.50	0.52	0.51	0.49	0.42	0.41	0.36	0.40	0.36	0.34
1.25		0.61	0.56	0.59	0.57	0.55	0.48	0.47	0.42	0.46	0.42	0.40
1.50		0.67	0.61	0.65	0.62	0.60	0.53	0.52	0.47	0.51	0.47	0.45
2.00		0.76	0.68	0.74	0.70	0.67	0.61	0.60	0.55	0.58	0.55	0.52
2.50		0.82	0.72	0.79	0.75	0.71	0.66	0.65	0.61	0.63	0.60	0.58
3.00		0.86	0.76	0.84	0.79	0.74	0.70	0.68	0.65	0.67	0.64	0.62
4.00		0.92	0.80	0.89	0.84	0.79	0.75	0.73	0.70	0.72	0.69	0.67
5.00		0.96	0.82	0.93	0.87	0.81	0.78	0.76	0.74	0.75	0.73	0.70

Dalam menentukan flux ruangan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\phi_{Room} = \frac{(E_{Room} \times A)}{(CU \times LLF)} \tag{5}$$

Dalam menghitung jumlah kebutuhan untuk lampu pada ruangan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$N_{Room} = \frac{\phi_{Room}}{\phi_{Lamp}} \tag{6}$$

Penelitian ini dilakukan di PT. Bahtera Bahari Shipyard pada kapal Tugboat HASNUR 21 (29 meter) dan pengoalahan data pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Sistem Bangunan Laut Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa. Penelitian ini dilakukan Desember 2024.

Jenis penelitian ini yaitu kuantitatif. Pada penelitian ini data yang diperoleh bersumber dari hasil pengukuran dan pengamatan secara langsung pada objek penelitian. Data hasil pengukuran yang didapat akan disesuaikan dengan standar pencahayaan yang ada. Penelitian ini juga menggunakan simulasi dengan menggunakan software DIALux EVO yang bertujuan untuk melakukan simulasi optimasi yang dilakukan dalam upaya mendapatkan sistem pencahayaan yang optimal pada kapal.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Zonal Cavity Method (ZCM) yaitu teknik perhitungan pencahayaan yang memperhitungkan distribusi cahaya berdasarkan elemen-elemen ruangan, seperti langit-langit, dinding, dan lantai. Software yang digunakan sebagai pendekatan dalam penelitian ini yaitu dialux evo sebagai perangkat lunak simulasi pencahayaan yang

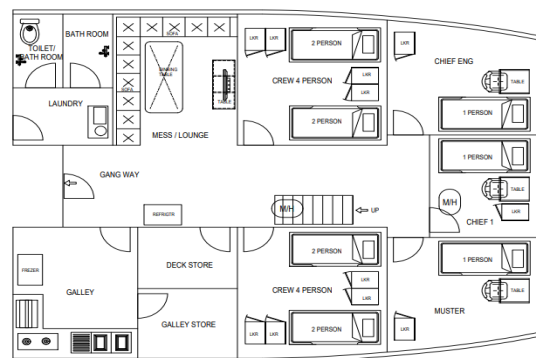
memungkinkan analisis dan visualisasi pencahayaan secara akurat dengan mempertimbangkan berbagai faktor teknis dan estetika. Objek dari penelitian ini adalah kapal tug boat, dengan panjang 29 meter. HASNUR 21 dengan 12 Crew yang dibuat pada tahun 2024 di PT. Bahtera Bahari Shipyard sebuah galangan kapal yang bertempat di Batam.

Adapun dimensi kapal pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Ukuran utama

Nama Kapal	TB. HASNUR 21 (Hull T.731)
Tipe Kapal	Tug Boat
Panjang	29.00 m
Lebar	8.40 m
Tinggi	4.10 m
Class	BKI
Bendera Kapal	INDONESIA

Penelitian ini hanya berfokus pada ruang akomodasi yang merupakan tempat hidup atau beristirahat bagi awak kapal. Ruang akomodasi kapal dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Generral Arrangement akomodasi

Adapun data-data yang akan diteliti pada kapal tersebut yaitu ruang akomodasi yang mempunyai tinggi bidang kerja 0.7 m (Tabel 4), spesifikasi lampu yang digunakan pada ruangan (Tabel 5), serta area sanitary (Tabel 6).

Tabel 4. Dimensi ruangan

Room	Dimensi (m)		
	Panjang	Lebar	Tinggi
Chief Eng	6.72	5.80	0.47
Chief	4.38	7.29	0.40
Muster	6.72	5.80	0.47
Crew 4 Person	7.56	5.46	0.49
Crew 4 Person	7.56	5.46	0.49
Deck Store	1.98	10.98	0.27
Galley Store	2.70	9.17	0.27
Galley	6.16	6.09	0.35
Toilet	0.98	16.07	0.14
Bath Room	0.98	16.07	0.14
Laundry	1.92	10.94	0.27
Mess/Lounge	7.20	5.63	0.48
Gang Way	14.30	4.80	0.52

Tabel 5. Spesifikasi lampu ruangan

Fluorescent Ceiling Light	
Type	ZYP24-2E
Voltage	220V 50/60Hz
IP	44
Power	2x18 W

Tabel 6. Spesifikasi lampu sanitary

LED Light	
Type	DN027B G3
Voltage	220V-240V
IP	22
Power	12 W

### 3. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan sistem pencahayaan di akomodasi kapal TB Hasnur 21 dilakukan pada dua perhitungan yaitu perhitungan dengan data aktual (actual) dan perhitungan dengan data perencanaan (planning) sesuai dengan persamaan 1, 2, 3, 4, 5, dan 6, sebagai upaya untuk melakukan efisiensi energi. Adapun hasil perhitungannya terlampir pada Tabel 7 dan Tabel 8.

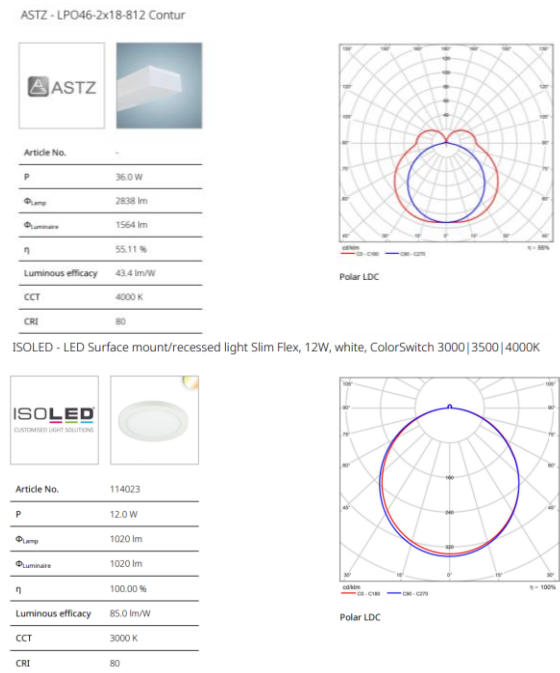
Tabel 7. Hasil data pengujian prototipe 1 panjang pipa 5m

Room	Area	RCR	CU	φ Room	lm/watt	p	n	N
Chief Eng	6.72	5.80	0.47	890.46	43.4	36	1	1
Chief	4.38	7.29	0.40	675.97	43.4	36	1	1
Muster	6.72	5.80	0.47	890.46	43.4	36	1	1
Crew 4 Person	7.56	5.46	0.49	962.86	43.4	36	1	1
Crew 4 Person	7.56	5.46	0.49	962.86	43.4	36	1	1
Deck Store	1.98	10.98	0.27	916.67	124.5	12	2	1
Galley Store	2.70	9.17	0.27	1250	124.5	12	2	1
Galley	6.16	6.09	0.35	6668.59	124.5	12	2	3
Toilet	0.98	16.07	0.14	907.41	124.5	12	2	1
Bath Room	0.98	16.07	0.14	907.41	124.5	12	2	1
Laundry	1.92	10.94	0.27	888.89	124.5	12	2	1
Mess/Lounge	7.20	5.63	0.48	2806	43.4	36	1	2
Gang Way	14.30	4.80	0.52	3361.67	43.4	36	1	2

Tabel 8. Hasil data pengujian prototipe 1 panjang pipa 5m

Room	Area	RCR	CU	φ Room	lm/watt	p	n	N
Chief Eng	6.72	5.80	0.47	890.46	120.8	18	1	1
Chief	4.38	7.29	0.40	675.97	105.9	18	1	1
Muster	6.72	5.80	0.47	890.46	120.8	18	1	1
Crew 4 Person	7.56	5.46	0.49	962.86	120.8	18	1	1
Crew 4 Person	7.56	5.46	0.49	962.86	120.8	18	1	1
Deck Store	1.98	10.98	0.27	916.67	124.5	9	2	1
Galley Store	2.70	9.17	0.27	1250	124.5	9	2	1
Galley	6.16	6.09	0.35	6668.59	124.5	9	2	3
Toilet	0.98	16.07	0.14	907.41	124.5	9	2	1
Bath Room	0.98	16.07	0.14	907.41	124.5	9	2	1
Laundry	1.92	10.94	0.27	888.89	124.5	9	2	1
Mess/Lounge	7.20	5.63	0.48	2806	120.8	18	1	2
Gang Way	14.30	4.80	0.52	3361.67	120.8	18	1	2

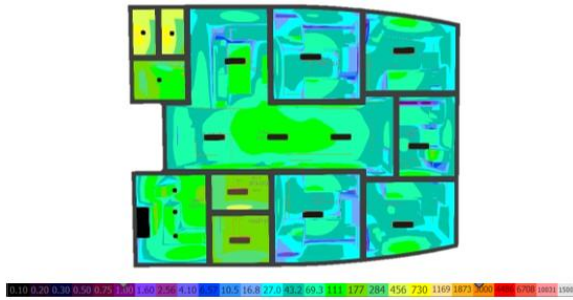
Dalam pembuatan desain sistem pencahayaan tersebut penelitian ini menggunakan software DIALux evo 13.0 yang diusahakan mirip dengan kondisi lapangan serta menggunakan spesifikasi daya yang sama serta merk yang tersedia pada brosur software tersebut. Adapun spesifikasi lampu yang digunakan pada kondisi aktual dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Spesifikasi lampu aktual

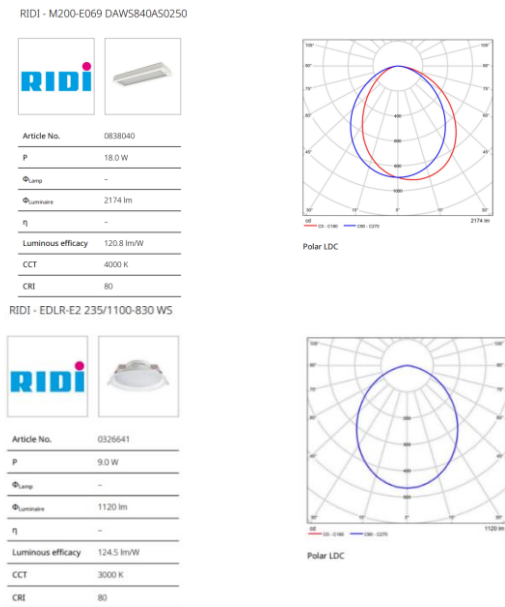
Spesifikasi lampu yang digunakan pada data aktual yaitu lampu FL dengan daya 36 W dan lampu LED dengan daya 12 W. data lampu tersebut akan digunakan pada simulasi software DIALux evo 13.0 untuk melihat penyebaran iluminasi tingkat pencahayaannya.

Skema penyebaran iluminasi tingkat pencahayaan secara aktual dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Iluminasi *planning room* (false color)

Skema penyebaran iluminasi tingkat pencahayaan secara aktual dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Spesifikasi lampu perencanaan

Spesifikasi lampu yang digunakan untuk perencanaan perbaikan yaitu lampu LED dengan daya 18 W dan lampu LED dengan daya 9 W. data lampu tersebut akan digunakan pada simulasi software DIALux evo 13.0 untuk melihat penyebaran iluminasi tingkat pencahayaanya.

Perencanaan skema penyebaran iluminasi tingkat pencahayaan dapat di dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Iluminasi *planning room* (false color)

Pada Gambar 3 dan gambar 5 menunjukkan distribusi tingkat pencahayaan (iluminasi) dalam ruangan, yang dinyatakan dalam satuan lux. Angka-angka pada skala warna di bawah gambar memiliki arti sebagai berikut:

Nilai paling rendah, 0.10 lux, menunjukkan kondisi hampir tanpa cahaya sama sekali, diikuti oleh 0.20 lux dan 0.30 lux, yang menggambarkan area sangat gelap. Selanjutnya, 0.50 lux, 0.75 lux, dan 1.00 lux masih termasuk tingkat pencahayaan yang sangat redup dan hanya memungkinkan penglihatan kontur secara samar.

Tingkat sedikit lebih terang ditunjukkan oleh 1.60 lux, 2.56 lux, 4.10 lux, dan 6.57 lux, yang menggambarkan penerangan remang-remang seperti suasana malam hari dengan sedikit cahaya. Pencahayaan mulai dapat digunakan untuk aktivitas dasar pada rentang 10.5 lux, 16.8 lux, 27.0 lux, dan 43.2 lux, meskipun tetap belum ideal untuk bekerja.

Iluminasi yang lebih memadai untuk aktivitas umum tercapai pada 69.3 lux dan 111 lux, yang setara dengan standar minimum penerangan koridor atau ruang kerja sederhana. Selanjutnya, 177 lux, 284 lux, dan 456 lux menunjukkan area dengan cahaya cukup terang, sesuai standar ruang kantor dan area kerja biasa.

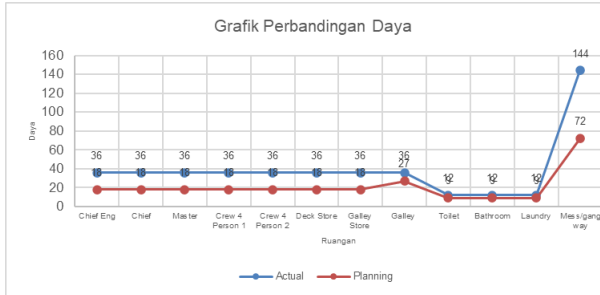
Pada tingkat yang lebih tinggi, 730 lux memberikan pencahayaan intens yang umumnya dipakai untuk pekerjaan detail. Nilai 1169 lux, 1873 lux, dan 3000 lux menunjukkan area dengan intensitas cahaya sangat tinggi, yang sesuai untuk proses pemeriksaan presisi.

Rentang iluminasi tertinggi ditunjukkan oleh 4486 lux, 6708 lux, 10031 lux, hingga 15000 lux, yang mendekati atau bahkan melebihi intensitas cahaya matahari langsung dan biasanya hanya digunakan pada area yang membutuhkan sorotan sangat kuat atau simulasi daylight intens.

Perbandingan Kondisi Aktual (Actual) dengan Perencanaan (Planning) ditinjau untuk melihat seberapa besar pengefisienan yang dapat dilakukan dengan mengganti atau melakukan perbaikan pada pencahayaan buatan di kapal TB Hasnur 21 dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Dimensi ruangan

Room	Daya (m)	
	Aktual	Planning
Chief Eng	36	18
Chief	36	18
Muster	36	18
Crew 4 Person	36	18
Crew 4 Person	36	18
Deck Store	36	18
Galley Store	36	18
Galley	36	27
Toilet	12	9
Bath Room	12	9
Laundry	12	9
Mess/Gang Way	144	72

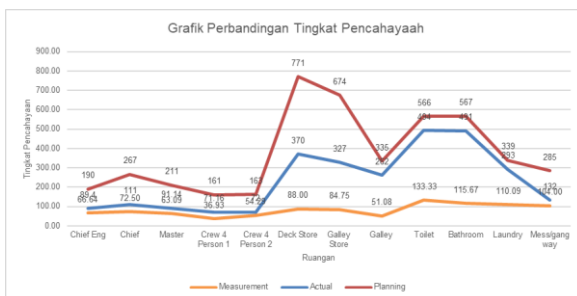


Gambar 6. Perbandingan daya

Pada Gambar 6 menunjukkan perbandingan daya antara actual dengan planning, dengan adanya variasi konsumsi energi diberbagai area yang cukup signifikan. Hasil grafik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup besar antara daya actual dengan planning terutama di area mess/gang way dari 144 Watt menjadi 72 Watt. Hal ini mengindikasikan adanya peluang untuk melakukan intervensi guna meningkatkan efisiensi penggunaan energi dengan menunjukkan area dengan potensi pemborosan energi dan area dengan penggunaan energi yang efisien. Dengan membandingkan daya actual dengan planning, penelitian ini mampu mengidentifikasi area dengan ketidakefisienan energi dan memberikan rekomendasi untuk perbaikan.

Tabel 10. Perbandingan tingkat pencahayaan

Room	Dimensi (m)		
	Measurement	Actual	Planning
Chief Eng	66.64	89.4	190
Chief	72.50	111	267
Muster	63.09	91.14	211
Crew 4 Person	36.93	71.16	161
Crew 4 Person	54.29	72	163
Deck Store	88.00	370	771
Galley Store	84.75	327	674
Galley	51.08	262	335
Toilet	133.33	494	566
Bath Room	115.67	491	567
Laundry	110.09	293	339
Mess/Gang Way	104.00	132	285



Gambar 7. Perbandingan tingkat pencahayaan

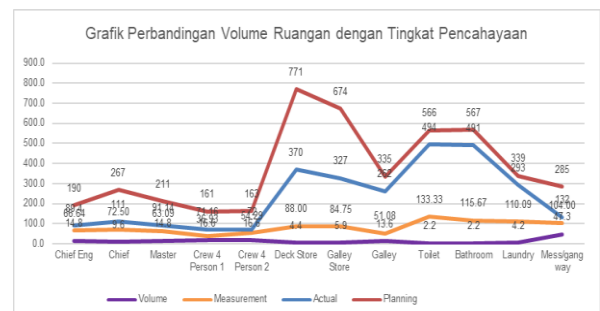
Pada Gambar 7 menunjukkan perbandingan tingkat pencahayaan (illuminance) antara actual dengan planning. Hasil grafik menunjukkan bahwa pada kondisi actual masih ada area yang tingkat

pencahayaannya belum sesuai dengan standar ISO (International Organization for Standardization), sedangkan untuk planning sudah sesuai dengan standar.

Tabel 11. Perbandingan volume ruangan dengan tingkat pencahayaan

Room	Volume	Dimensi (m)		
		Measurement	Actual	Planning
Chief Eng	14.8	66.64	89.4	190
Chief	9.6	72.50	111	267
Muster	14.8	63.09	91.14	211
Crew 4 Person	16.6	36.93	71.16	161
Crew 4 Person	16.6	54.29	72	163
Deck Store	4.4	88.00	370	771
Galley Store	5.9	84.75	327	674
Galley	13.6	51.08	262	335
Toilet	2.2	133.33	494	566
Bath Room	2.2	115.67	491	567
Laundry	4.2	110.09	293	339
Mess/Gang Way	47.3	104.00	132	285

Pada Tabel 10 dan 11, perbedaan pengukuran langsung (measurement) dan simulasi (actual) terlihat sangat berbeda. Meskipun seluruh perabotan dan material telah dimasukkan dalam simulasi dengan warna dan reflektansi yang menyerupai kondisi nyata, perbedaan nilai lux yang cukup besar di ruang galley dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik permukaan dinding. Dalam simulasi, permukaan dinding diasumsikan bersifat doff atau memantulkan cahaya secara difus, sedangkan pada kenyataannya, permukaan dinding galley bersifat mengkilap (glossy) sehingga memantulkan cahaya secara terarah (spekular).



Gambar 8. Perbandingan volume ruangan dengan tingkat pencahayaan

Refleksi spekular ini menyebabkan distribusi cahaya menjadi tidak merata dan beberapa area mengalami penurunan iluminasi, terutama pada titik-titik yang tidak terkena pantulan langsung. Hal ini menyebabkan nilai lux hasil pengukuran langsung menjadi lebih rendah dibandingkan hasil simulasi. Perbedaan nilai lux yang cukup besar juga terjadi pada ruangan Deck Store, Galley Store, Laundry, Bathroom, dan Toilet. Meskipun perabotan, warna, dan reflektansi material telah dimasukkan ke dalam simulasi sesuai kondisi nyata, hasil pengukuran menunjukkan nilai yang lebih rendah. Hal ini

disebabkan oleh ukuran ruangan yang sempit, sementara saat pengukuran terdapat dua orang di dalam ruang tersebut yang melakukan pengambilan data. Keberadaan manusia dalam ruang terbatas menghalangi penyebaran cahaya, menciptakan bayangan, dan memengaruhi posisi lux meter, sehingga hasil pencahayaan terukur menjadi tidak optimal. Pada Gambar 8 menunjukkan perbandingan volume ruangan dengan tingkat pencahayaan (iluminance) actual dengan planning. Hasil grafik menunjukkan bahwa semakin besar volume suatu ruang maka tingkat pencahayaannya akan semakin kecil, sebaliknya jika volume ruangan kecil ataupun sempit maka tingkat pencahayaan akan semakin besar. Selain volume ruangan, besar ataupun kecilnya tingkat pencahayaan diakibatkan oleh reflektansi pada ceiling, wall, and floor serta benda-benda yang terdapat pada ruangan tersebut.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan simulasi yang telah dilakukan, penggunaan lampu LED pada kapal tugboat dinilai lebih efisien dibandingkan dengan lampu jenis fluorescent. Hal ini ditunjukkan dari hasil simulasi pencahayaan yang memberikan tingkat iluminansi yang lebih baik dengan konsumsi daya yang lebih rendah.

Pencahayaan menggunakan lampu LED dirancang agar efisien, aman, dan sesuai dengan kebutuhan operasional kapal. Berdasarkan hasil penelitian, penghematan daya pada ruang Chief Engineer, Chief 1, Master, Crew 3 Person, Deck Store, dan Galley Store sebesar 18 watt, pada ruang Galley sebesar 9 watt, pada ruang Toilet, Bathroom, dan Laundry sebesar 3 watt, serta pada area Mess and Gangway sebesar 72 watt. Hasil simulasi sebelum dan sesudah pergantian lampu menunjukkan adanya peningkatan tingkat pencahayaan pada setiap ruangan. Pada ruang Chief Engineer, tingkat pencahayaan meningkat dari 89,4 lux menjadi 190 lux, sedangkan pada ruang Chief meningkat dari 111 lux menjadi 267 lux. Pada ruang Master, nilai pencahayaan meningkat dari 91,14 lux menjadi 211 lux. Ruang Crew 4 Person (1) mengalami peningkatan dari 71,16 lux menjadi 161 lux, sedangkan pada ruang Crew 4 Person (2) meningkat dari 72 lux menjadi 163 lux. Ruang Deck Store mengalami peningkatan paling signifikan, yaitu dari 370 lux menjadi 771 lux, diikuti oleh Galley Store yang meningkat dari 327 lux menjadi 674 lux. Pada

ruang Galley, tingkat pencahayaan meningkat dari 262 lux menjadi 335 lux. Sementara itu, pada ruang Toilet pencahayaan meningkat dari 494 lux menjadi 566 lux, pada Bathroom dari 491 lux menjadi 567 lux, dan pada ruang Laundry dari 293 lux menjadi 339 lux. Adapun pada area Mess and Gangway, tingkat pencahayaan meningkat dari 132 lux menjadi 285 lux. Untuk menjamin keamanan instalasi, lampu yang digunakan pada ruang indoor memiliki tingkat proteksi minimal IP22, sedangkan lampu yang diterapkan pada penelitian ini menggunakan spesifikasi IP42, IP44, dan IP65. Berdasarkan hasil simulasi, tingkat pencahayaan yang diperoleh telah memenuhi standar minimum ISO (International Organization for Standardization).

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa perbandingan volume ruangan dengan tingkat pencahayaan bersifat berbanding terbalik, di mana semakin besar volume suatu ruangan maka tingkat pencahayaan cenderung semakin berkurang. Selain volume dan luas ruangan, terdapat faktor lain yang turut mempengaruhi tingkat pencahayaan, seperti jenis armatur lampu, faktor reflektansi permukaan, serta keberadaan benda-benda di dalam ruangan.

Implementasi DIALux evo 13.0 dalam perancangan penerangan kapal mampu memberikan gambaran visual mengenai distribusi pencahayaan, nilai iluminansi, serta tingkat pencahayaan pada setiap ruangan kapal secara lebih efektif dan terukur.

#### Referensi

- [1] Sumaryanto, *Konsep Dasar Kapal*, Edisi Pert. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013.
- [2] S. Adiyansa and S. I. Haryudo, "Studi Analisa Efisiensi Konsumsi Energi Listrik Pada Kapal Tug Boat Sei Deli Di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 3, pp. 219–223, 2018.
- [3] Wisnu and M. Indarwanto, "Evaluasi Sistem Pencahayaan Alami dan Buatan Pada Ruang Kerja Kantor Kelurahan Paninggilan Utara, Ciledug, Tangerang," *Vitr. J. Arsitektur, Bangunan, dan Lingkungan*, vol. 7, no. 1, pp. 41–46, 2017.
- [4] Murjaningsih, "Analisa Tekno Ekonomi Sistem Penerangan di Kapal dengan Lampu Light Emitting Diode (LED) dan Fluorescent Lamp (FL) pada Kapal Niaga," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [5] P. K. Deo, "Perancangan Pencahayaan Buatan pada Ruang Seminar Perpustakaan ITS Surabaya," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.