

Analisis Perbandingan Intensitas Cahaya Lampu LED dan Non LED pada Ruangan

Muhammad Alfatul Jibrani^{1*}, Mursyidin², Hari Anna Lastya³

^{1, 2, 3} Prodi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
Jl. Syekh Abdur Rauf, Kopelma Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia

*Corresponding author E-mail: muhammadalfatuljibrani@gmail.com

ABSTRACT

Lighting is one of the key factors in ensuring visual comfort and energy efficiency in indoor spaces. This study aims to compare the light intensity produced by LED and non-LED lamps (CFL and incandescent) for indoor lighting, as well as to analyze the effect of wall color variations on lux values. The research employed an experimental method with a 3 × 5 factorial design, involving three types of lamps (LED, CFL, and incandescent) and five wall colors (white, black, yellow, red, and blue). Light intensity measurements were carried out using a lux meter in a miniature room measuring 60 cm × 30 cm × 30 cm, with a measurement distance of 20 cm from the light source. Each treatment combination was repeated three times to improve data accuracy. Data were analyzed using two-way ANOVA to test the effects of lamp type, wall color, and their interaction, followed by Tukey HSD post-hoc tests when significant differences were found. The results showed that LED lamps produced higher light intensity compared to non-LED lamps, while white walls provided the highest lux values and black walls the lowest. Significant effects were observed from both lamp type and wall color, as well as from their interaction. In conclusion, selecting the appropriate lamp type and wall color can improve indoor lighting efficiency. This research also provides practical contributions to support energy-efficient lighting design in household and commercial environments.

Keywords: ANOVA, light intensity, LED lamp, non-LED lamp, wall color.

ABSTRAK

Pencahayaan merupakan salah satu faktor penting dalam kenyamanan visual dan efisiensi energi pada ruangan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu LED dan lampu Non LED (CFL dan pijar) pada penerangan ruangan, serta menganalisis pengaruh variasi warna dinding terhadap nilai lux. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan rancangan faktorial 3×5, melibatkan tiga jenis lampu (LED, CFL, dan pijar) dan lima warna dinding (putih, hitam, kuning, merah, dan biru). Pengukuran intensitas cahaya dilakukan menggunakan lux meter pada miniatur ruangan berukuran 60 cm × 30 cm × 30 cm, dengan jarak pengukuran 20 cm dari sumber cahaya. Setiap kombinasi perlakuan diulang tiga kali untuk meningkatkan keakuratan data. Data dianalisis menggunakan ANOVA dua arah untuk menguji pengaruh jenis lampu, warna dinding, dan interaksinya, serta uji lanjut Tukey HSD jika terdapat perbedaan signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lampu LED menghasilkan intensitas cahaya yang lebih tinggi dibandingkan lampu Non LED, sedangkan warna dinding putih memberikan nilai lux tertinggi dan hitam terendah. Terdapat pengaruh signifikan baik dari jenis lampu maupun warna dinding terhadap intensitas cahaya, serta interaksi keduanya. Kesimpulannya, pemilihan jenis lampu dan warna dinding yang tepat dapat meningkatkan efisiensi pencahayaan ruangan. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis dalam mendukung desain pencahayaan hemat energi untuk lingkungan rumah tangga maupun komersial

Kata Kunci: ANOVA, intensitas cahaya, lampu LED, lampu Non LED, warna dinding

I. PENDAHULUAN

Pencahayaan merupakan salah satu aspek penting dalam kehidupan sehari-hari karena memengaruhi kenyamanan visual, efisiensi energi, dan kualitas aktivitas manusia di dalam ruangan. Di Indonesia, pemanfaatan teknologi pencahayaan hemat energi masih belum optimal. Survei Kementerian ESDM tahun 2024 menunjukkan bahwa penetrasi lampu LED di rumah tangga baru mencapai sekitar

52%, sementara sisanya masih menggunakan CFL (41%) dan lampu pijar (7%) [1]. Padahal, studi terbaru menemukan bahwa lampu LED dapat menghemat energi dan biaya hingga 27% dibandingkan lampu konvensional (studi kasus Hotel Cap Karoso) [2]. Di tingkat rumah tangga, penelitian lain melaporkan penghematan biaya listrik sekitar Rp 7.702 per bulan untuk rumah tangga 1.300 VA yang beralih ke LED dibanding lampu pijar [3]. Fakta ini memperkuat urgensi penelitian terkait pemilihan jenis lampu dan desain

pencahayaan yang tepat untuk meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan ruangan, Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa kondisi pencahayaan yang tidak efisien pada bangunan hunian dapat meningkatkan konsumsi energi, sehingga studi perbandingan jenis lampu menjadi relevan untuk strategi penghematan energi. [4]

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) membandingkan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh tiga jenis lampu (LED, CFL, pijar), dan (2) menganalisis pengaruh variasi warna dinding (putih, hitam, kuning, merah, biru) terhadap nilai lux. Penelitian ini menggunakan rancangan faktorial dengan analisis statistik ANOVA dua arah untuk mengidentifikasi pengaruh masing-masing faktor dan interaksinya secara signifikan [5]. Hasil penelitian diharapkan memberikan rekomendasi bagi pengguna, desainer interior, dan industri pencahayaan dalam memilih kombinasi lampu dan warna dinding yang optimal [6].

A. Landasan Teori

1. Lampu LED, CFL, dan pijar

Lampu LED (*Light Emitting Diode*) merupakan sumber cahaya berbasis semikonduktor yang bekerja melalui rekombinasi elektron dan hole, menghasilkan emisi foton. Keunggulan utama LED adalah efisiensi tinggi, umur pakai panjang, serta emisi panas rendah [7][8]. Studi komparatif juga menunjukkan bahwa LED unggul dalam efikasi lumen per watt dibandingkan CFL, sehingga konversi energi menjadi cahaya lebih efisien pada LED [9].

Lampu CFL (*Compact Fluorescent Lamp*) memanfaatkan eksitasi uap merkuri untuk menghasilkan radiasi ultraviolet, yang kemudian dikonversi menjadi cahaya tampak melalui lapisan fosfor. Meskipun lebih efisien dibanding lampu pijar, CFL masih memiliki kelemahan berupa kandungan merkuri yang berpotensi membahayakan lingkungan [10][7].

Lampu pijar menghasilkan cahaya melalui pijaran filamen tungsten saat dialiri arus listrik. Jenis lampu ini mudah dijumpai dan murah, namun memiliki efisiensi rendah karena sebagian besar energi berubah menjadi panas [10], Studi eksperimental lainnya memperkuat perbandingan konsumsi energi dan efikasi cahaya pada LED, CFL, dan pijar [8].

2. Intensitas cahaya dan hukum kuadrat terbalik

Intensitas cahaya diukur dalam satuan lux, yang menunjukkan jumlah lumen per satuan luas. Faktor jarak berpengaruh besar terhadap nilai lux yang diterima, sebagaimana dijelaskan dalam hukum kuadrat terbalik (*Inverse Square Law*), yaitu intensitas cahaya berbanding terbalik dengan kuadrat jarak sumber cahaya terhadap bidang penerima [11].

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (1)$$

dengan I adalah intensitas cahaya, P daya cahaya (lumen), dan r^2 jarak dari sumber cahaya.

3. Pengaruh warna dinding terhadap iluminansi

Warna permukaan ruangan memengaruhi distribusi cahaya melalui sifat reflektansi. Permukaan berwarna terang, seperti putih, memiliki koefisien refleksi tinggi sehingga

mampu memantulkan lebih banyak cahaya ke dalam ruangan. Sebaliknya, warna gelap seperti hitam cenderung menyerap cahaya sehingga intensitas lux berkurang secara signifikan. Pendekatan evaluasi pencahayaan berkelanjutan yang juga mempertimbangkan kenyamanan visual pengguna direkomendasikan dalam literatur untuk menilai kualitas pencahayaan secara menyeluruh [11].

Hal ini berarti pemilihan warna dinding tidak hanya berdampak pada estetika, tetapi juga berpengaruh terhadap efisiensi pencahayaan ruangan. Penelitian mutakhir menunjukkan bahwa variasi warna dinding dapat memengaruhi kualitas pencahayaan dan kenyamanan visual pengguna [12].

II. METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk membandingkan intensitas cahaya (lux) yang dihasilkan oleh tiga jenis lampu, yaitu LED, CFL, dan pijar, serta menganalisis pengaruh lima variasi warna dinding (putih, hitam, kuning, merah, biru) terhadap nilai lux [5]. Rancangan eksperimen yang digunakan adalah desain faktorial 3×5 , dengan dua variabel bebas: jenis lampu dan warna dinding [7].

Populasi penelitian adalah jenis-jenis lampu penerangan ruangan yang umum digunakan masyarakat Indonesia, khususnya yang memiliki daya rendah (5–15 watt) [1]. Sampel yang digunakan adalah tiga jenis lampu dengan daya 10 watt: lampu LED putih, lampu CFL, dan lampu pijar [13]. Pemilihan daya 10 watt didasarkan pada ketersediaan di pasaran dan kesesuaian untuk ruangan rumah tangga [15].

Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak tiga kali untuk meminimalkan kesalahan pengukuran. Pengukuran dilakukan di dalam miniatur ruangan berukuran $60 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$, dengan jarak sensor lux meter 20 cm dari sumber cahaya, mengikuti prinsip hukum kuadrat terbalik [12].

TABEL 1. RANCANGAN FAKTORIAL 3×5

Jenis Lampu	Putih	Hitam	Merah	Biru	Kuning
LED	✓	✓	✓	✓	✓
CFL	✓	✓	✓	✓	✓
PIJAR	✓	✓	✓	✓	✓

B. Prosedur Penelitian

- Identifikasi Masalah – Menentukan fokus penelitian pada perbandingan intensitas cahaya antar jenis lampu dan pengaruh warna dinding.
- Desain Eksperimen – Menyusun rancangan faktorial 3×5 dan menentukan parameter pengukuran.
- Pengumpulan Data – Melakukan pengukuran intensitas cahaya menggunakan lux meter dalam kondisi ruangan tertutup bebas cahaya luar [6].
- Analisis Data – Menggunakan ANOVA dua arah untuk menguji pengaruh utama dan interaksi antar variabel, dilanjutkan dengan uji Tukey HSD jika hasil signifikan [16].
- Interpretasi dan Kesimpulan – Menyusun temuan dan rekomendasi berdasarkan hasil analisis statistik.

C. Persamaan

“Persamaan (2) adalah rata-rata Intensitas Cahaya digunakan untuk menghitung nilai rata-rata intensitas cahaya (lux) dari hasil pengukuran. Rata-rata diperoleh dengan menjumlahkan seluruh hasil pengukuran kemudian dibagi dengan jumlah pengukuran. Rumus ini memastikan bahwa setiap kombinasi perlakuan (jenis lampu dan warna dinding) memiliki representasi data yang stabil.”

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2)$$

Keterangan:

\bar{x} = nilai rata-rata intensitas cahaya (lux)
 x_i = hasil pengukuran ke-i
 n = jumlah total pengukuran

“Persamaan (3) adalah Model ANOVA Dua Arah Persamaan ini merupakan model linear untuk ANOVA dua arah. Nilai pengamatan (Y_{ijk}) dipengaruhi oleh rata-rata umum (μ), pengaruh faktor jenis lampu (α_i), pengaruh faktor warna dinding (β_j), pengaruh interaksi keduanya ($(\alpha\beta)_{ij}$), serta galat percobaan (ε_{ijk}). Model ini digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan signifikan baik dari faktor tunggal maupun interaksi antar faktor terhadap intensitas cahaya.”

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (3)$$

Keterangan :

Y_{ijk} = Nilai pengamatan pada jenis lampu ke-i, warna dinding ke-j, ulangan ke-k
 μ = Rata-rata umum
 α_i = Pengaruh jenis lampu ke-i
 β_j = Pengaruh warna dinding ke-j
 $(\alpha\beta)_{ij}$ = Interaksi jenis lampu dan warna dinding
 ε_{ijk} = Galat percobaan

“Persamaan (4) adalah uji lanjut Tukey HSD persamaan ini digunakan pada uji lanjut Tukey HSD (*Honestly Significant Difference*). Nilai HSD menunjukkan selisih minimum antar rata-rata yang dianggap signifikan. Komponen perhitungan meliputi nilai kritis (q_α) dari tabel distribusi *studentized range*, jumlah kelompok perlakuan (k), derajat bebas galat (df_E), nilai *mean square error* (MSE), serta jumlah replikasi tiap perlakuan (n). Dengan uji ini, peneliti dapat mengetahui kelompok perlakuan mana yang berbeda nyata.”

$$HSD = q_\alpha(k, df_E) \times \sqrt{\frac{MSE}{n}} \quad (4)$$

Keterangan:

HSD = Nilai batas selisih terkecil antar rata-rata yang signifikan
 q_α = Nilai dari tabel distribusi *studentized range*
 k = Jumlah kelompok perlakuan
 df_E = Derajat bebas galat
 MSE = *Mean square error*
 n = Jumlah replikasi tiap perlakuan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan pada miniatur ruangan berukuran $60 \times 30 \times 30$ cm dengan variasi lima warna dinding, diperoleh rata-rata intensitas cahaya sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. RATA-RATA INTENSITAS CAHAYA

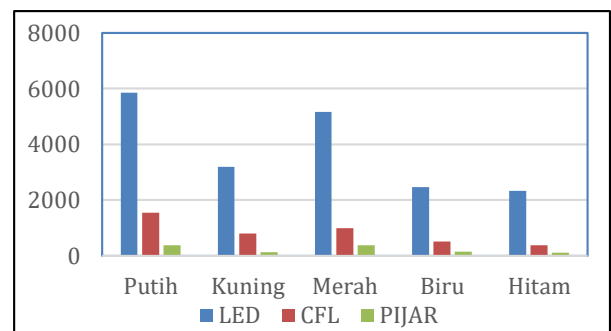
Warna Dinding	LED (LUX)	CFL (LUX)	PIJAR (LUX)
Putih	5860	1553,33	376,667
Kuning	3183,3	798,3	132,66
Merah	5170	1000	373,3
Biru	2473,3	516	153,3
Hitam	2340	373,333	120

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa lampu LED secara konsisten menghasilkan intensitas cahaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu CFL maupun lampu pijar. Perbedaan nilai rata-rata paling besar terlihat pada dinding berwarna putih, di mana LED mencapai nilai lux tertinggi. Sebaliknya, pada dinding hitam ketiga jenis lampu menunjukkan penurunan signifikan karena daya serap cahaya yang tinggi.

Secara umum, pola yang diperoleh menunjukkan bahwa urutan rata-rata intensitas cahaya adalah putih > kuning > merah > biru > hitam. Hasil ini membuktikan bahwa warna dinding memiliki kontribusi besar terhadap kualitas pencahayaan ruangan.

B. Grafik Perbandingan Intensitas Cahaya

Untuk memperjelas perbedaan intensitas cahaya, data pada Tabel 2 divisualisasikan dalam bentuk grafik batang.



Gambar 1. Perbandingan intensitas cahaya

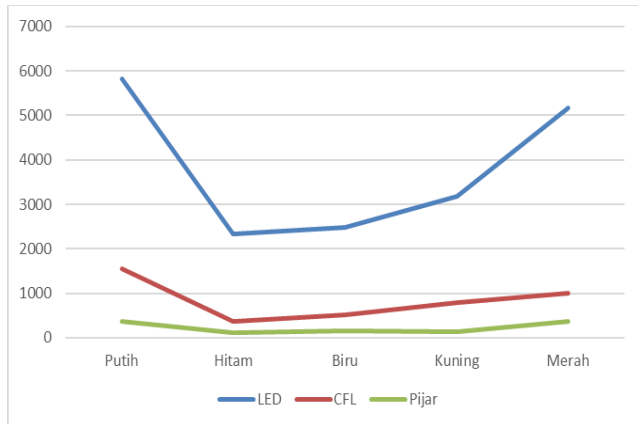
Gambar 1 memperlihatkan perbandingan intensitas cahaya rata-rata yang dihasilkan oleh tiga jenis lampu pada lima variasi warna dinding. Terlihat bahwa lampu LED menghasilkan intensitas cahaya paling tinggi dengan rata-rata mencapai 5813 lux pada dinding putih dan 5172 lux pada dinding merah, sedangkan nilai terendah terjadi pada dinding hitam (2340 lux).

Lampu CFL menempati posisi kedua dengan intensitas tertinggi pada dinding putih (1560 lux) dan terendah pada dinding hitam (373 lux). Sementara itu, lampu pijar menghasilkan intensitas cahaya yang jauh lebih rendah, berkisar antara 120 lux pada dinding hitam hingga 377 lux pada dinding putih.

Secara umum, dapat disimpulkan bahwa jenis lampu LED memiliki keunggulan signifikan dibanding CFL dan pijar, sedangkan warna dinding putih dan merah memberikan refleksi cahaya yang lebih tinggi dibandingkan warna gelap seperti hitam. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang mengaitkan warna terang dengan kebutuhan energi pencahayaan yang lebih rendah [15][14].

C. Grafik Interaksi Jenis Lampu × Warna Dinding

Analisis interaksi antara jenis lampu dan warna dinding ditampilkan pada grafik interaksi berikut:



Gambar 2. Interaksi jenis lampu × warna dinding

Pada dinding putih, perbedaan intensitas cahaya antara LED (5813 lux) dan CFL (1560 lux) sangat besar, bahkan lebih dari tiga kali lipat. Namun pada dinding hitam, perbedaan keduanya relatif lebih kecil (LED = 2340 lux, CFL = 373 lux). Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas LED sangat dipengaruhi oleh warna dinding, di mana keunggulannya lebih menonjol pada dinding berwarna terang. Sementara itu, lampu pijar menunjukkan intensitas cahaya yang rendah dan relatif konsisten di semua warna dinding, dengan nilai berkisar antara 120–377 lux. Pola ini memperlihatkan bahwa performa lampu pijar tidak terlalu dipengaruhi oleh warna dinding, berbeda dengan LED dan CFL yang lebih sensitif terhadap kondisi reflektansi ruangan.

Dengan demikian, grafik interaksi mengonfirmasi bahwa baik jenis lampu maupun warna dinding memberikan pengaruh signifikan terhadap intensitas cahaya, sekaligus menunjukkan bahwa pengaruh jenis lampu akan lebih kuat ketika dipadukan dengan warna dinding terang. Hal ini konsisten dengan studi terbaru yang menunjukkan bahwa pencahayaan LED meningkatkan performa visual dan kognitif pengguna [17].

D. Hasil Uji ANOVA

Analisis varians (ANOVA) dua arah digunakan untuk menguji pengaruh jenis lampu, warna dinding, serta interaksinya terhadap intensitas cahaya. Hasil uji ANOVA disajikan pada Tabel 3.

TABEL 3. HASIL UJI ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-Value	F Crit
Sample	108890064	2	54445032	107002	1,6E-58	3,31583
Columns	18758666,8	4	4689666,7	9216,71	7,2E-46	2,68963
Interaction	14632387,4	8	1829048,4	3594,67	1,5E-42	2,26616
Within	15264,6667	30	508,82222			
Total	142296383	44				

Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor jenis lampu dan warna dinding berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap intensitas cahaya. Selain itu, terdapat pula interaksi signifikan antara jenis lampu dan warna dinding. Hal ini berarti efek penggunaan lampu LED, CFL, maupun pijar akan berbeda tergantung warna dinding yang digunakan.

E. Hasil Uji Tukey HSD

Untuk mengetahui perbedaan antar kelompok lebih lanjut, dilakukan uji Tukey HSD.

TABEL 4. TUKEY HSD INTENSITAS CAHAYA

Uji	HSD
MS Error	508,8222
N	15
K	3,506
Tukey	20,4197

Hasil uji Tukey menunjukkan bahwa rata-rata intensitas cahaya LED berbeda signifikan dengan CFL maupun pijar. Sementara itu, perbedaan antara CFL dan pijar relatif kecil dan tidak signifikan secara statistik. Hal ini membuktikan bahwa LED adalah pilihan paling efisien untuk menghasilkan pencahayaan yang optimal.

TABEL 4. TUKEY HSD FAKTOR WARNA DINDING

Uji	HSD
MS Error	509
N	4.008
K	9
Tukey	30,136269

Pada faktor warna dinding, hasil Tukey memperlihatkan bahwa warna putih berbeda signifikan dengan semua warna lain, sedangkan kuning, merah, dan biru berada pada kelompok yang relatif berdekatan. Warna hitam memberikan perbedaan paling signifikan terhadap semua kelompok karena tingkat reflektansinya yang sangat rendah.

F. Pembahasan

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa jenis lampu merupakan faktor dominan dalam menentukan intensitas cahaya. LED terbukti menghasilkan iluminasi yang lebih tinggi dibandingkan lampu CFL maupun pijar meskipun dengan daya listrik yang sama. Selain faktor lampu, warna dinding ruangan juga berperan penting. Warna putih mampu memantulkan hampir seluruh spektrum cahaya sehingga menghasilkan lux tertinggi, sedangkan warna hitam

menyerap sebagian besar cahaya yang datang. Temuan ini konsisten dengan studi *Rahayu & Putra* (2020) yang menyebutkan bahwa dinding berwarna terang dapat meningkatkan pencahayaan ruangan hingga 25–35% dibanding dinding berwarna gelap [16].

Adanya interaksi signifikan antara jenis lampu dan warna dinding menunjukkan bahwa kombinasi faktor ini harus dipertimbangkan secara bersamaan. Kombinasi LED dengan dinding putih memberikan kondisi pencahayaan paling optimal, sedangkan lampu pijar dengan dinding hitam menghasilkan kondisi paling tidak efisien. Dengan demikian, hasil penelitian ini mendukung gagasan bahwa efisiensi energi pada sistem penerangan tidak hanya bergantung pada teknologi lampu, tetapi juga desain interior ruangan.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis lampu dan warna dinding memberikan pengaruh yang signifikan terhadap intensitas cahaya ruangan. Lampu LED secara konsisten menghasilkan intensitas cahaya yang lebih tinggi dibandingkan CFL maupun pijar, sehingga dapat dikatakan bahwa LED merupakan pilihan yang paling efisien dalam penerangan. Sementara itu, warna dinding juga terbukti memengaruhi kualitas pencahayaan, di mana dinding berwarna putih memberikan nilai lux tertinggi, sedangkan dinding hitam menghasilkan intensitas terendah. Adanya interaksi signifikan antara jenis lampu dan warna dinding memperlihatkan bahwa kedua faktor ini tidak dapat dipisahkan. Kombinasi lampu LED dengan dinding putih menjadi kondisi pencahayaan yang paling optimal, sedangkan kombinasi lampu pijar dengan dinding hitam menjadi kondisi paling tidak efisien. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pemilihan jenis lampu yang tepat serta penggunaan warna dinding terang dapat menjadi strategi sederhana namun efektif dalam meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan visual pada ruangan. Konsep kualitas pencahayaan kini tidak hanya menekankan pada efisiensi energi, tetapi juga pada aspek non-visual dan persepsi pengguna. Hal ini sejalan dengan penelitian terbaru yang menekankan pentingnya strategi pencahayaan hemat energi dalam lingkungan rumah tangga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, khususnya Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, yang telah memberikan dukungan dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para dosen pembimbing dan rekan-rekan mahasiswa yang telah banyak membantu dalam proses pengumpulan data serta memberikan masukan yang berharga. Tanpa dukungan dan kerja sama dari berbagai pihak, penelitian ini tidak akan dapat terlaksana dengan baik..

REFERENSI

- [1] Kementerian ESDM. (2024). Kementerian ESDM Dorong Industri Lampu LED Dalam Negeri.
- [2] B. Y. Angga, S. E. P. Utomo, & N. A. Hapsari. (2024). Analisis Efisiensi Energi antara Lampu LED dan Lampu Konvensional (Studi Kasus pada Hotel Cap Karoso). ResearchGate.
- [3] Transisi Energi Berkeadilan. (2023). Segudang Kelebihan Lampu LED untuk Efisiensi Energi di Rumah.
- [4] D. Gomez & L. Fernandez.* (2022). Impact of Lighting Conditions on Energy Efficiency in Residential Buildings. *Energy Procedia*, 197, 123–131.
- [5] R. Kumar, A. Verma, & P. Saini. (2021). Two-Way ANOVA for Lighting Performance Evaluation. *International Journal of Statistics and Applications*, 11(3), 67–74.
- [6] S. H. Park. (2021). Guidelines for Energy-Efficient Lighting and Interior Design. *Energy and Buildings*, 250, 111312.
- [7] A. D. Smith, L. Johnson, & P. Wang. (2016). Advances in Energy-Efficient Lighting Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 784–795.
- [8] A. Singh & P. Kumar. (2021). Comparative Energy and Luminous Efficacy of LED, CFL, and Incandescent Lamps: An Experimental Study. *Renewable Energy Focus*, 38, 45–52.
- [9] Z. Ali & T. Khan.* (2021). Comparative Study of LED and CFL Lighting Efficiency in Residential Buildings. *Energy Reports*, 7, 589–596.
- [10] Y. D. Aribowo & B. Iswanto. (2020). Analisis Efisiensi Energi Lampu LED dan Lampu Pijar pada Rumah Tinggal. *JITEKI*, 6(1), 79–85.
- [11] M. R. Cafuta. (2021). Sustainable City Lighting Impact and Evaluation Methodology of Lighting Quality from a User Perspective. *Sustainability*, 13(6), 3409.
- [12] SciencePod Magazine. (2023). Impact of Color on Energy Efficiency in Interior Space Design.
- [13] L. Hou, X. Zhang, & Y. Zhou. (2024). Impact of Wall Color on Circadian Response and Energy Use in Indoor Lighting. *Building and Environment*, 246.
- [14] H. Nakamura & Y. Suzuki. (2020). Statistical Analysis of Indoor Lighting Efficiency Using ANOVA. *Journal of Building Performance*, 12(4), 211–220.
- [15] N. Choudhury. (2020). Application of Tukey's HSD Test in Lighting Efficiency Studies. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 57(2), 143–150.
- [16] Rahayu, N., & Putra, A. (2020). Pengaruh Warna Dinding terhadap Efisiensi Pencahayaan Ruang. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 15(2), 55–62.
- [17] A. G. Tähkämö & K. Eloholma. (2021). Metrics for Non-Visual Effects of Interior Lighting and Their Impact on Energy Performance. *Energy and Buildings*, 253, 111591.