

PERBANDINGAN KINERJA LED STANDAR DAN BI-LED HONDA VARIO 125 PADA VARIASI JARAK

¹Bambang Suhardi Waluyo, ²M Fatir Azenda Islami, ³Dimas Diantomo, ⁴Ellysa Kusuma Laksanawati, ⁵Hendra Harsanta, ⁶Desy Rosarina
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Email penulis korespondensi: zenda4002@gmail.com

Abstract

Motorcycle headlamp modification using Bi-LED is intended to improve road illumination, but its effects at different distances and on electrical load require quantitative evaluation. This study compares the point illuminance and electrical characteristics of a standard LED and a Bi-LED installed on a 2025 Honda Vario 125. A comparative experimental method was employed under static conditions with the engine idling and the high beam activated. Illuminance was measured at distances of 1, 3, and 5 m using a lux meter, with three repetitions for each combination. The Bi-LED produced 6,432.33, 2,954.00, and 769.67 lux, whereas the standard LED produced 2,127.67, 608.33, and 370.00 lux, corresponding to increases of 202.3%, 385.6%, and 108.0%, respectively. However, the Bi-LED had a nominal power of 120 W, compared with 40 W for the standard LED, with estimated currents of 8.76 and 2.84 A. The results demonstrate that the Bi-LED improves point illuminance at all test distances but imposes a higher electrical load. Therefore, proper beam alignment and verification of the vehicle's electrical-system capacity are required before long-term use.

Keywords: motorcycle lighting, standard LED, Bi-LED, illuminance, electrical load

Abstrak

Modifikasi lampu utama sepeda motor menggunakan Bi-LED bertujuan meningkatkan penerangan jalan, tetapi pengaruhnya terhadap iluminasi pada variasi jarak dan beban kelistrikan perlu dievaluasi secara kuantitatif. Penelitian ini membandingkan iluminasi titik dan karakteristik kelistrikan LED standar dengan Bi-LED yang dipasang pada Honda Vario 125 tahun 2025. Metode yang digunakan adalah eksperimen komparatif pada kondisi kendaraan statis, mesin menyala pada putaran idle, dan lampu jauh diaktifkan. Iluminasi diukur menggunakan lux meter pada jarak 1, 3, dan 5 m dengan tiga pengulangan untuk setiap kombinasi. Bi-LED menghasilkan iluminasi sebesar 6.432,33; 2.954,00; dan 769,67 lux, sedangkan LED standar menghasilkan 2.127,67; 608,33; dan 370,00 lux. Nilai tersebut menunjukkan peningkatan masing-masing sebesar 202,3%, 385,6%, dan 108,0%. Namun, Bi-LED memiliki daya nominal 120 W dibandingkan LED standar 40 W, dengan arus estimasi masing-masing 8,76 dan 2,84 A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bi-LED meningkatkan iluminasi titik pada seluruh jarak pengujian, tetapi memberikan beban kelistrikan lebih besar. Oleh karena itu, penggunaannya memerlukan penyetelan arah berkas dan verifikasi kapasitas sistem kelistrikan kendaraan.

Kata kunci: pencahayaan sepeda motor, LED standar, Bi-LED, iluminansi, beban kelistrikan

PENDAHULUAN

Sistem pencahayaan utama merupakan salah satu bagian penting pada sepeda motor karena menentukan kemampuan pengendara dalam mengenali kondisi jalan, kendaraan lain, pejalan kaki, dan berbagai hambatan pada malam hari. Kinerja lampu utama tidak hanya ditentukan oleh tingkat kecerahan, tetapi juga oleh iluminasi pada permukaan jalan, jangkauan penerangan,

keseragaman distribusi cahaya, serta ketepatan arah sorot (Ying et al., 2021). Sistem optik yang dirancang dengan baik harus menghasilkan pencahayaan yang memadai pada area pandang pengendara tanpa menimbulkan silau berlebihan bagi pengguna jalan dari arah berlawanan (Prasetijo et al., 2020). Selain itu, kondisi lingkungan seperti kabut dan rendahnya pencahayaan sekitar dapat memengaruhi kemampuan lampu dalam mendukung visibilitas pengendara.

Perkembangan teknologi pencahayaan kendaraan telah mendorong peralihan dari lampu pijar dan halogen menuju teknologi *Light Emitting Diode (LED)*. Teknologi LED memiliki sejumlah keunggulan berupa dimensi yang lebih kompak, masa pakai relatif panjang, respons penyalaan cepat, dan kemampuan menghasilkan cahaya dengan penggunaan energi yang lebih efisien. Namun, kinerja lampu LED tidak hanya bergantung pada sumber cahaya, tetapi juga dipengaruhi oleh sistem penggerak listrik, pengendalian panas, reflektor, lensa, dan konfigurasi optiknya (J. Hu et al., 2022). Perkembangan lebih lanjut menghasilkan sistem proyektor Bi-LED yang memanfaatkan sumber cahaya LED dan lensa proyektor untuk membentuk berkas cahaya lebih terarah. Penggunaan lensa dan reflektor yang tepat dapat meningkatkan keseragaman distribusi cahaya sekaligus menghasilkan garis batas sorot yang lebih tegas (Sun et al., 2021).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa jenis lampu dan sistem optik menghasilkan karakteristik pencahayaan yang berbeda. Sugiarto et al. (2023) menemukan adanya perbedaan tingkat pencahayaan dari beberapa jenis lampu utama sepeda motor. Penelitian Hanafi Ar Rasyid et al. (2024), juga menunjukkan bahwa penggunaan jenis lampu yang berbeda memengaruhi intensitas dan arah sinar lampu utama kendaraan. Temuan tersebut menegaskan bahwa penilaian kinerja lampu tidak cukup hanya berdasarkan spesifikasi daya atau klaim kecerahan dari produsen, tetapi perlu dilakukan melalui pengukuran langsung pada kondisi pemasangan yang sama.

Penerapan lampu LED aftermarket juga harus memperhatikan pola distribusi cahaya dan kebutuhan daya listrik. Prasetijo et al. (2020), menunjukkan bahwa penggunaan lampu LED pada sepeda motor dapat menghasilkan pencahayaan lebih tinggi dengan konsumsi daya lebih rendah dibandingkan lampu halogen. Akan tetapi, lampu tersebut memerlukan pengendalian distribusi cahaya agar menghasilkan garis batas sorot yang jelas dan tidak menyebarkan cahaya secara berlebihan ke arah atas. Dari aspek kelistrikan, Xu et al. (2025) menjelaskan bahwa pemanfaatan lampu LED pada sepeda motor perlu mempertimbangkan hubungan antara keluaran pencahayaan dan konsumsi dayanya. Dengan demikian, penggantian lampu tidak hanya perlu dievaluasi berdasarkan peningkatan iluminansi, tetapi juga berdasarkan perubahan arus dan daya yang harus disuplai oleh sistem kelistrikan kendaraan.

Peningkatan iluminasi yang tidak disertai penyetelan arah sorot dapat menimbulkan silau dan mengganggu kemampuan visual pengendara dari arah berlawanan. Hsieh et al. (2023) menunjukkan bahwa silau dari lampu jauh kendaraan dapat memengaruhi kebutuhan visual pengemudi dan memperbesar area gangguan penglihatan. Oleh karena itu, penggunaan Bi-LED sebagai pengganti LED standar harus mempertimbangkan keseimbangan antara peningkatan penerangan bagi pengendara dan pengendalian arah berkas cahaya. Pengukuran pada beberapa variasi jarak diperlukan karena nilai iluminasi yang diterima sensor akan berubah seiring bertambahnya jarak, sedangkan karakter penurunannya turut dipengaruhi oleh desain reflektor dan lensa proyektor.

Penelitian sebelumnya lebih banyak membandingkan lampu halogen dengan LED atau berfokus pada pengembangan desain optik lampu (Wu et al., 2025). Kajian yang membandingkan LED standar dan Bi-LED pada kendaraan yang sama dengan mengintegrasikan variasi jarak pengukuran dan parameter kelistrikan masih terbatas. Penelitian ini menggunakan Honda Vario 125 LED sebagai objek pengujian dengan membandingkan iluminasi LED standar dan Bi-LED pada jarak 1, 3, dan 5 meter dalam kondisi pengujian yang dikendalikan. Tegangan, arus, dan

daya listrik kedua lampu juga dianalisis untuk mengidentifikasi konsekuensi peningkatan pencahayaan terhadap kebutuhan energi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan membandingkan iluminasi lampu LED standar dan Bi-LED pada setiap variasi jarak, menganalisis perbedaan kebutuhan daya listrik, serta mengevaluasi implikasi penggunaan Bi-LED terhadap sistem kelistrikan Honda Vario 125. Kebaruan penelitian terletak pada pengintegrasian evaluasi fotometrik berdasarkan jarak dan evaluasi kelistrikan pada satu kendaraan serta kondisi pengujian yang sama. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar teknis dalam menentukan penggunaan Bi-LED yang memberikan peningkatan pencahayaan secara terukur tanpa mengabaikan kapasitas kelistrikan dan ketepatan arah sorot lampu.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Pencahayaan Sepeda Motor

Sistem pencahayaan sepeda motor berfungsi sebagai sumber penerangan dan sarana komunikasi visual antarpengguna jalan. Penelitian ini berfokus pada lampu utama yang terdiri atas lampu dekat (*low beam*) dan lampu jauh (*high beam*). Lampu dekat mengarahkan cahaya ke permukaan jalan dengan batas sorot tertentu untuk mengurangi silau, sedangkan lampu jauh menghasilkan jangkauan penerangan lebih panjang ketika tidak terdapat kendaraan dari arah berlawanan (Dwi et al., 2025). Penggunaan lampu jauh yang tidak tepat dapat mengganggu kemampuan visual pengendara lain (Hsieh et al., 2023). Kinerja lampu utama tidak hanya ditentukan oleh daya dan kecerahan sumber cahaya, tetapi juga oleh reflektor, lensa, arah sorot, dan sistem kelistrikan. Kombinasi sumber LED, reflektor, dan lensa yang tepat dapat meningkatkan jangkauan serta keseragaman cahaya (Sun et al., 2021). Oleh karena itu, evaluasi lampu utama perlu mencakup iluminansi, distribusi cahaya, konsumsi daya, serta kestabilan tegangan.

Lampu LED Standar dan Bi-LED

Light Emitting Diode (LED) merupakan sumber cahaya semikonduktor yang memiliki ukuran kompak, respons penyalaan cepat, umur pakai relatif panjang, dan kebutuhan daya yang efisien. Namun, kinerjanya tetap dipengaruhi oleh rangkaian penggerak, temperatur, reflektor, dan lensa (Hu et al., 2024). LED standar dalam penelitian ini merupakan sistem pencahayaan bawaan Honda Vario 125 yang telah disesuaikan dengan reflektor, rumah lampu, dan sistem kelistrikan kendaraan. Bi-LED merupakan modul proyektor berbasis LED yang mengintegrasikan fungsi lampu dekat dan lampu jauh. Sistem ini menggunakan reflektor, pelat pembatas cahaya, dan lensa proyektor untuk membentuk pola berkas serta garis batas sorot. Konfigurasi tersebut dapat menghasilkan cahaya lebih terfokus, tetapi membutuhkan pemasangan, penyetelan arah, dan kapasitas kelistrikan yang sesuai. Ying et al. (2021) menunjukkan bahwa integrasi lampu dekat dan jauh dalam satu modul dapat menghasilkan sistem lebih kompak, sedangkan Xu et al. (2025) menegaskan bahwa desain lensa dan reflektor menentukan keseragaman, posisi titik terang, dan ketegasan garis batas sorot.

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik LED Standar dan Bi-LED

Aspek	LED standar	Bi-LED
Pemasangan	Bawaan kendaraan	Modifikasi atau <i>aftermarket</i>
Sistem optik	Reflektor bawaan	Reflektor dan lensa proyektor
Fungsi berkas	Mengikuti konfigurasi pabrikan	Lampu dekat dan jauh satu modul
Distribusi cahaya	Sesuai desain bawaan	Lebih terfokus, berdasarkan penyetelan
Kebutuhan daya	Sesuai spesifikasi kendaraan	Bergantung pada spesifikasi modul
Risiko utama	Penurunan performa komponen	Beban listrik, panas, dan potensi silau

Iuminasi dan Jarak Pengukuran

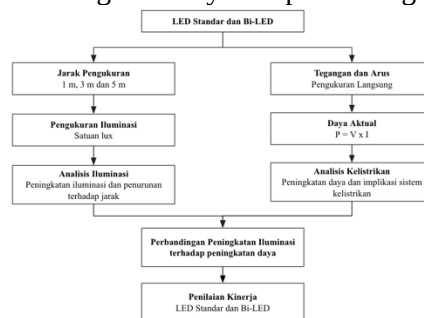
Iuminasi adalah jumlah fluks cahaya yang diterima permukaan per satuan luas dan dinyatakan dalam lux. Parameter ini diukur menggunakan *lux meter* (Sefer et al., 2023). Iuminasi berbeda dengan intensitas cahaya yang dinyatakan dalam candela. Oleh karena itu, hasil pengukuran penelitian ini disebut iluminansi. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa iluminasi cenderung menurun ketika jarak bertambah. Namun, lampu kendaraan bukan sumber cahaya titik ideal karena reflektor dan lensa memfokuskan cahaya pada area tertentu (Rahma et al., 2026). Oleh karena itu, pola penurunan aktual perlu ditentukan melalui pengukuran langsung pada jarak 1, 3, dan 5 meter. Keakuratan pengukuran juga dipengaruhi oleh posisi sensor, arah sorot, ketinggian lampu, mode lampu, dan cahaya lingkungan. Faktor-faktor tersebut harus dikendalikan agar perbedaan hasil terutama berasal dari jenis lampu dan jarak pengukuran (Alcón Gil et al., 2021).

Daya dan Sistem Kelistrikan Kendaraan

Sistem kelistrikan sepeda motor terdiri atas baterai, generator, regulator-rectifier, kabel, sekering, relay, dan beban listrik (Apriyanto et al., 2025). Perubahan spesifikasi lampu dapat meningkatkan arus yang harus disuplai sehingga berpotensi memengaruhi tegangan pengisian, rugi tegangan, dan temperatur kabel. Teknologi LED berpotensi menghasilkan pencahayaan tinggi dengan konsumsi daya relatif rendah. Namun, modul Bi-LED berdaya tinggi belum tentu menggunakan daya lebih kecil dibandingkan LED standar. Sun et al. (2021) menunjukkan adanya hubungan antara pengaturan keluaran LED dan konsumsi daya, sedangkan Prasetyo et al. (2020) menegaskan perlunya pengukuran iluminansi, tegangan, arus, dan daya secara terpadu. Dengan demikian, peningkatan pencahayaan Bi-LED harus dianalisis bersama tambahan beban yang diberikan kepada sistem kelistrikan kendaraan.

Kerangka Analisis

Penelitian ini menggunakan dua jalur analisis. Jalur fotometrik menganalisis pengaruh jenis lampu dan jarak terhadap iluminansi. Jalur kelistrikan menganalisis pengaruh jenis lampu terhadap tegangan, arus, dan daya aktual. Jarak tidak menjadi variabel kelistrikan karena perubahan posisi sensor tidak memengaruhi daya lampu. Kerangka analisis penelitian adalah:



Gambar 1. Kerangka Analisis Perbandingan Kinerja LED Standar dan Bi-LED

METODE PENELITIAN

Desain dan Objek Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif dengan desain komparatif untuk membandingkan kinerja LED standar dan Bi-LED pada Honda Vario 125 LED tahun 2025. Faktor yang diuji adalah jenis lampu pada dua taraf, yaitu LED standar dan Bi-LED, serta jarak pengukuran pada tiga taraf, yaitu 1, 3, dan 5 meter. Setiap kombinasi jenis lampu dan jarak diuji sebanyak tiga kali sehingga menghasilkan 18 data pengukuran iluminansi. Pengujian parameter kelistrikan dilakukan pada kedua jenis lampu dengan mesin menyala pada putaran idle. Seluruh

pengujian menggunakan kendaraan, mode lampu, posisi sensor, dan kondisi lingkungan yang sama.

Alat dan Bahan

Tabel 2. Perbandingan Karakteristik LED Standar dan Bi-LED

No.	Alat atau bahan	Spesifikasi dan fungsi
1	Sepeda motor	Honda Vario 125 LED tahun 2025
2	LED standar	Lampu bawaan, daya nominal total 40 W
3	Bi-LED	Lampu modifikasi, daya nominal total 120 W
4	<i>Lux meter</i>	Smart Sensor AS803 untuk mengukur iluminansi
5	Multimeter digital	DT-830B untuk mengukur tegangan dan arus
6	Meteran	Resolusi 1 mm untuk menentukan jarak
7	Bidang pengukuran	Permukaan datar untuk mengatur posisi kendaraan dan sensor

Nilai 40 W dan 120 W merupakan daya nominal berdasarkan spesifikasi produk. Daya aktual ditentukan melalui hasil pengukuran tegangan dan arus.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri atas variabel bebas, terikat, dan kontrol sebagaimana disajikan pada Gambar 2.

Variabel Bebas	Variabel Terikat	Variabel Kontrol
Jenis lampu LED standar Bi-LED	Iluminasi lux	Objek kendaraan Honda Vario 125 LED 2025
Jarak pengukuran 1 m 3 m 5 m Faktor yang divariasikan dalam setiap pengujian	Tegangan volt (V)	Mode lampu Lampu jauh (high beam)
	Arus ampere (A)	Kondisi Kendaraan Mesin idle, statis pada standar tengah
	Daya Aktual watt (W) $P = V \times I$	Konfigurasi optik Rendah dan dipertahankan sama Pengulangan 3 kali pada setiap kombinasi

Gambar 2. Variabel dan Kondisi Pengujian

Konfigurasi Pengujian

Pengujian dilakukan pada area dengan cahaya lingkungan minimum dan permukaan lantai yang datar. Sepeda motor ditempatkan dalam posisi statis menggunakan standar tengah, roda depan diarahkan lurus, dan posisi kendaraan dipertahankan selama pengujian. Jarak diukur dari permukaan depan lampu hingga sensor *lux meter*. Sensor ditempatkan tegak lurus terhadap arah pancaran cahaya pada ketinggian yang sama dengan titik acuan lampu. Jarak sensor ditetapkan pada 1, 3, dan 5 meter. Setelah penggantian lampu, arah sorot disetel pada garis acuan yang sama agar perbedaan hasil tidak disebabkan oleh perubahan posisi lampu. Pengukuran dilakukan menggunakan mode lampu jauh. Tegangan diukur pada terminal suplai lampu, sedangkan arus diukur pada rangkaian lampu menggunakan multimeter dengan rentang pengukuran yang sesuai (Dwi et al., 2026; Simatupang et al., 2021). Pengukuran kelistrikan dilakukan ketika mesin menyala pada putaran idle sehingga sistem pengisian kendaraan bekerja.

Prosedur Pengujian

Prosedur penelitian dilakukan sebagai berikut:

1. Memeriksa kondisi baterai, sistem pengisian, kabel, sekering, dan fungsi lampu.
2. Mengukur iluminasi lingkungan sebelum lampu dinyalakan.
3. Memasang LED standar dan menyatel arah sorot pada garis acuan.

4. Menempatkan kendaraan pada posisi pengujian dan menyalakan mesin pada putaran idle.
5. Menyalakan lampu jauh selama waktu pemanasan yang sama.
6. Menempatkan sensor pada jarak 1 meter dan melakukan tiga kali pengukuran.
7. Mengulangi pengukuran pada jarak 3 dan 5 meter tanpa mengubah posisi kendaraan atau arah sorot.
8. Mengukur tegangan dan arus aktual LED standar.
9. Mengganti LED standar dengan Bi-LED dan menyetel arah sorot pada garis acuan yang sama.
10. Mengulangi seluruh pengukuran iluminasi dan kelistrikan pada kondisi yang sama.
11. Mencatat seluruh data dalam lembar pengujian untuk selanjutnya diolah dan dibandingkan.

Setiap pembacaan dilakukan setelah nilai pada alat ukur stabil. Sensor dikembalikan ke posisi acuan sebelum pengulangan berikutnya untuk mengurangi kesalahan posisi.

Pengolahan Data

Data dianalisis secara deskriptif-komparatif dan disajikan dalam bentuk rata-rata, simpangan baku, tabel, dan grafik. Iluminasi bersih diperoleh dengan mengurangi hasil pengukuran lampu terhadap iluminasi lingkungan:

$$E_{bersih} = E_{terukur} - E_{lingkungan}$$

Nilai rata-rata setiap kombinasi dihitung menggunakan:

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

dengan $\bar{E}$ sebagai rata-rata iluminansi, E_i sebagai hasil pengukuran ke- i , dan $n = 3$ sebagai jumlah pengulangan.

Daya aktual dihitung berdasarkan tegangan dan arus yang terukur:

$$P = V \times I$$

Persentase peningkatan iluminasi Bi-LED terhadap LED standar pada setiap jarak dihitung menggunakan:

$$\Delta E(\%) = \frac{E_{\text{Bi-LED}} - E_{\text{LED}}}{E_{\text{LED}}} \times 100\%$$

Kemampuan lampu mempertahankan iluminasi terhadap jarak awal dihitung menggunakan:

$$R_d(\%) = \frac{E_d}{E_{1m}} \times 100\%$$

Perbandingan iluminasi terhadap daya dihitung menggunakan:

$$K = \frac{E}{P}$$

Rasio tersebut digunakan sebagai indikator kinerja pada titik pengukuran dan bukan sebagai efisiensi luminus. Hasil pengolahan digunakan untuk membandingkan peningkatan iluminansi, pola penurunan terhadap jarak, kebutuhan daya aktual, dan implikasi penggunaan Bi-LED terhadap sistem kelistrikan kendaraan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Pengujian

Pengujian dilakukan pada Honda Vario 125 LED tahun 2025 menggunakan lampu LED standar dan Bi-LED. Sepeda motor ditempatkan pada standar tengah dengan mesin menyala pada kondisi idle. Iluminasi diukur pada jarak 1, 3, dan 5 m menggunakan posisi lampu jauh (*high beam*). Sensor lux meter ditempatkan tegak lurus terhadap pusat berkas cahaya. Setiap kondisi diuji sebanyak tiga kali, kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

Tabel 4. Kondisi Pengujian Lampu

Parameter	Kondisi
Objek pengujian	Honda Vario 125 LED tahun 2025
Jenis lampu	LED standar dan Bi-LED
Posisi kendaraan	Statis, menggunakan standar tengah
Kondisi mesin	Menyala pada putaran idle
Mode lampu	Lampu jauh (<i>high beam</i>)
Jarak pengukuran	1, 3, dan 5 m
Pengulangan	Tiga kali setiap kondisi
Posisi sensor	Tegak lurus terhadap pusat berkas cahaya

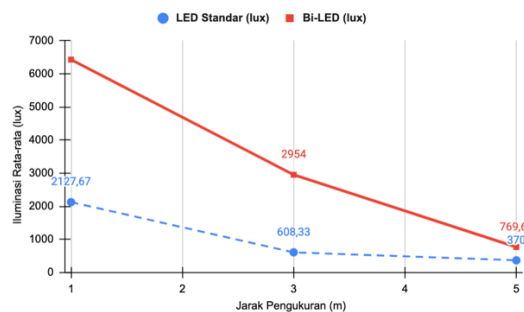
Perbandingan Iluminasi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Bi-LED menghasilkan iluminasi lebih tinggi dibandingkan LED standar pada seluruh jarak pengukuran.

Tabel 5. Perbandingan Iluminasi LED Standar dan Bi-LED

Jarak (m)	LED standar (lux)	Bi-LED (lux)	Selisih (lux)	Peningkatan (%)
1	2.127,67	6.432,33	4.304,66	202,3
3	608,33	2.954,00	2.345,67	385,6
5	370,00	769,67	399,67	108,0

Pada jarak 1 m, Bi-LED menghasilkan iluminasi sekitar tiga kali LED standar. Keunggulan relatif terbesar terjadi pada jarak 3 m, yaitu 385,6%. Pada jarak 5 m, Bi-LED tetap lebih terang, tetapi selisihnya mengecil menjadi 399,67 lux. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keunggulan Bi-LED tidak hanya ditentukan oleh daya, tetapi juga oleh sistem optik, fokus, dan distribusi berkas cahaya (Sun et al., 2021; Xu et al., 2025).



Gambar 3. Perubahan Iluminasi LED Standar dan Bi-LED terhadap Jarak

Pengaruh Jarak terhadap Iluminansi

Iluminasi kedua lampu menurun seiring bertambahnya jarak pengukuran. Besarnya retensi iluminasi terhadap nilai pada jarak 1 m disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perubahan Iluminasi LED Standar dan Bi-LED terhadap Jarak

Jarak (m)	Retensi LED standar (%)	Retensi Bi-LED (%)
1	100,00	100,00
3	28,59	45,92
5	17,39	11,97

Dari jarak 1 ke 3 m, iluminasi LED standar menurun 71,41%, sedangkan Bi-LED menurun 54,08%. Namun, pada jarak 5 m, retensi Bi-LED hanya 11,97%, lebih rendah daripada LED standar sebesar 17,39%. Penurunan tajam Bi-LED dapat berkaitan dengan karakter fokus proyektor, posisi titik ukur, dan penyebaran berkas cahaya. Karena pengukuran hanya dilakukan pada satu titik pusat, hasil ini belum menggambarkan distribusi cahaya secara menyeluruh dan tidak dapat langsung digunakan untuk menilai kesesuaian pola berkas dengan standar penerangan kendaraan.

Perbandingan Parameter Kelistrikan

Perbandingan parameter kelistrikan menunjukkan bahwa peningkatan iluminasi Bi-LED diikuti oleh kebutuhan daya yang lebih besar.

Tabel 7. Perbandingan Parameter Kelistrikan Lampu

Parameter	LED standar	Bi-LED
Daya nominal (W)	40	120
Tegangan pengisian terukur (V)	13,8-14,4	13,5-13,9
Tegangan rata-rata (V)	14,1	13,7
Arus estimasi pada tegangan rata-rata (A)	2,84	8,76

Daya nominal Bi-LED tiga kali lebih besar daripada LED standar. Pada kondisi Bi-LED, tegangan rata-rata tercatat 0,4 V atau sekitar 2,84% lebih rendah. Berdasarkan daya nominal dan tegangan rata-rata, kebutuhan arus Bi-LED diperkirakan 8,76 A, sedangkan LED standar 2,84 A. Nilai arus tersebut merupakan hasil perhitungan $I = P / V$, bukan pengukuran langsung. Demikian pula, rasio lux terhadap watt hanya menunjukkan iluminasi pada titik ukur terhadap daya nominal, sehingga tidak dapat disebut sebagai efisiensi cahaya total.

Implikasi terhadap Sistem Kelistrikan

Kebutuhan arus Bi-LED yang lebih tinggi menunjukkan adanya tambahan beban pada sistem pengisian, kabel, konektor, sakelar, dan pengaman rangkaian. Penurunan tegangan rata-rata saat menggunakan Bi-LED juga mengindikasikan respons sistem terhadap peningkatan beban, tetapi belum cukup untuk menyatakan bahwa sistem kelistrikan aman dalam penggunaan jangka panjang. Penilaian kelayakan perlu dilengkapi dengan pengukuran arus secara langsung, tegangan pada beberapa putaran mesin, kapasitas sistem pengisian, spesifikasi sekering dan kabel, serta temperatur konektor setelah pengoperasian berkelanjutan. Oleh karena itu, pemasangan Bi-LED perlu disertai rangkaian, sekering, dan konektor yang sesuai dengan kebutuhan arusnya.

Perbandingan Parameter Kelistrikan

Secara praktis, Bi-LED memberikan peningkatan iluminansi yang nyata, terutama pada jarak 1 dan 3 m. Namun, penyetelan arah serta batas potong cahaya (*cut-off*) harus dilakukan dengan tepat agar peningkatan intensitas tidak menimbulkan silau bagi pengguna jalan lain (Hu et al., 2024). Penelitian ini terbatas pada satu kendaraan, dua jenis lampu, tiga jarak, mode lampu jauh, kondisi kendaraan statis, dan pengukuran pada satu titik pusat berkas. Pengujian juga belum mencakup distribusi cahaya, temperatur komponen, kondisi jalan dinamis, cuaca, ketahanan

penggunaan, serta pengukuran arus secara langsung. Dengan demikian, hasil penelitian bersifat spesifik terhadap konfigurasi pengujian dan belum dapat digunakan sebagai bukti pemenuhan standar keselamatan lampu kendaraan.

KESIMPULAN

Bi-LED menghasilkan iluminansi lebih tinggi daripada LED standar pada seluruh jarak pengujian. Pada jarak 1, 3, dan 5 m, iluminansi Bi-LED masing-masing mencapai 6.432,33; 2.954,00; dan 769,67 lux, sedangkan LED standar menghasilkan 2.127,67; 608,33; dan 370,00 lux. Peningkatan yang diperoleh masing-masing sebesar 202,3%, 385,6%, dan 108,0%. Namun, pertambahan jarak menyebabkan iluminansi kedua lampu menurun, dengan retensi Bi-LED pada jarak 5 m hanya 11,97% dari nilai awal. Peningkatan pencahayaan tersebut juga disertai kenaikan daya nominal dari 40 menjadi 120 W dan arus estimasi dari 2,84 menjadi 8,76 A. Dengan demikian, Bi-LED mampu meningkatkan iluminansi titik, tetapi memberikan beban kelistrikan lebih besar sehingga penggunaannya memerlukan penyetelan berkas yang tepat serta verifikasi kapasitas sistem kelistrikan dan ketahanan termal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alcón Gil, P., De Santos-Berbel, C., & Castro, M. (2021). Driver glare exposure with different vehicle frontlighting systems. *Journal of Safety Research*, 76, 228–237. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.12.018>
- Apriyanto, A., Rozaq, F., Anggada, S., Sutanto, S., & Rahmawati, K. (2025). Analysis of Lighting Intensity and Angle Due to Load Changes and Impact on Vehicle Safety. *Jurnal Teknologi Transportasi Dan Logistik*, 6(1), 79–84.
- Dwi Prasetyo, Elky Fakhriza, & Beni Setya Nugraha. (2025). Design and Experimental Evaluation of a Light Cut-off (Baffle) Plate for Aftermarket LED Motorcycle Headlamps. *Journal of Automotive and Mechanical Applied Technology*, 2(2), 155–162. <https://doi.org/10.21831/jamat.v2i2.2462>
- Hanafi Ar Rasyid, I., Arif, A., Sugiarto, T., & Yasep Setiawan, M. (2024). Analisis Variasi Jenis Lampu Utama Terhadap Intensitas Cahaya Dan Arah Sinar Lampu Pada Mobil. *JTPVI: Jurnal Teknologi Dan Pendidikan Vokasi Indonesia*, 2(4), 419–428. <https://doi.org/10.24036/jtpvi.v2i4.228>
- Hsieh, C. C., Tsai, C. L., Hung, C. C., Lin, H. H., & Li, T. C. (2023). Design of Multi-module LED Headlamp of Vehicle Under Federal Motor Vehicle Safety Standard. *Sensors and Materials*, 35(7), 2433–2448. <https://doi.org/10.18494/SAM4448>
- Hu, C. C., Zheng, Y. J., Hsu, Y. F., & Ye, Z. T. (2024). Design and Application of Liquid Silicone Rubber Light Guide in Compact Automotive Headlamps. In *International Journal of Optomechatronics* (Vol. 18, Number 1). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/15599612.2024.2343407>
- Hu, J., Guo, Y., Wang, R., Ma, S., & Yu, A. (2022). Study on the Influence of Opposing Glare from Vehicle High-Beam Headlights Based on Drivers' Visual Requirements. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph19052766>
- Prasetyo, J., Mohd Jawi, Z., Johari, M. H., Mustafa, M. A., Zhang, G., Ramli, M. F., Zulkifli, A. F. H., & Hamid, A. (2020). Visual Performance and Motorcycle Safety-Related Impacts of Various High Beam Headlight Intensities. In *Journal of the Society of Automotive Engineers Malaysia* (Vol. 4, Number 1). www.jsaem.saemalaysia.org.my
- Rahma, A., Delfiany, A., Adi, S., Novianto, A., & Ashari, A. (2026). Analisis Intensitas Cahaya dan Arah Sorot Lampu Sepeda Motor pada Jarak Tertentu Menggunakan Lux Meter.

Autotech: Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Muhammadiyah Purworejo, 21, 193–04.

- Sefer, T., Ayaz, R., Ajder, A., & Nakir, I. (2023). Performance investigation of different headlights used in vehicles under foggy conditions. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31883-3>
- Simatupang, J. W., Santoso, F. H., & Afristanto, S. D. (2021). Lampu LED sebagai Pilihan yang Lebih Efisien untuk Lampu Utama Sepeda Motor. *JURNAL KAJIAN TEKNIK ELEKTRO*, 6(1), 20–27.
- Sugiarto, T., Rizal, M. A., Fernandez, D., & Arif, A. (2023). Analisis Penggunaan Beberapa Jenis Lampu Utama Sepeda Motor Terhadap Intensitas Cahaya. *JTPVI: Jurnal Teknologi Dan Pendidikan Vokasi Indonesia*, 1(1), 133–144. <https://doi.org/10.24036/jtpvi.v1i1.14>
- Sun, C.-C., Wu, C.-S., Lin, Y.-S., Lin, Y.-J., Hsieh, C.-Y., Lin, S.-K., Yang, T.-H., & Yu, Y.-W. (2021). Review of optical design for vehicle forward lighting based on white LEDs. *Optical Engineering*, 60(09). <https://doi.org/10.1117/1.oe.60.9.091501>
- Wu, C. S., Moreno, I., Liu, C. H., Yang, T. H., Yu, Y. W., & Sun, C. C. (2025). Robust optical design of high-contrast vehicle headlamps with cylindrical lens array and inverted triangular beam pattern. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-99149-8>
- Xu, S., Peng, X., & Song, C. (2025). Adaptive Freeform Optics Design and Multi-Objective Genetic Optimization for Energy-Efficient Automotive LED Headlights. *Photonics*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/photonics12040388>
- Ying, S. P., Chen, B. M., Fu, H. K., & Yeh, C. Y. (2021). Single headlamp with low-and high-beam light. *Photonics*, 8(2), 1–13. <https://doi.org/10.3390/photonics8020032>