



LAMPU LED SEBAGAI PILIHAN YANG LEBIH EFISIEN UNTUK LAMPU UTAMA SEPEDA MOTOR

Joni Welman Simatupang, Fajar Heru Santoso, Sasfitra Decky Afristanto, Ria Bramasto, Harun Baya Maheli

President University, Jl. Ki Hajar Dewantara – Jababeka Education Park, Cikarang, Jawa Barat - 17530, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL	A B S T R A K
Received: January 31, 2022 Revised: Maret 09, 2022 Available online: Maret 24, 2022	Pada awalnya, LED hanya untuk peralatan elektronik. Namun, seiring berjalannya waktu LED bisa menjadi pilihan utama lampu otomotif masa kini karena bentuknya yang kecil, dan konsumsi daya serta radiasi panas yang rendah. Terkait regulasi pemerintah yang mewajibkan penggunaan lampu siang hari untuk sepeda motor, maka teknologi pencahayaan LED sangat tepat mengingat beban lampu yang tinggi perlu konsumsi daya yang rendah. Terbukti sekarang pabrikan maupun suku cadang non-pabrikan mulai menggeliat dalam memproduksi lampu LED untuk otomotif karena prospek yang tinggi. Bahkan teknologi ini telah diterapkan pada kendaraan bermotor maupun mobil keluaran terbaru. Kondisi seperti ini sangat prospektif bagi pelaku industri otomotif untuk menggunakan teknologi terbaru lampu LED dan meninggalkan penggunaan lampu Halogen maupun HID (<i>High Intensity Discharge</i>) yang kurang efisien karena konsumsi daya dan radiasi panas yang tinggi serta ketahanan lampu yang rendah dan tidak ramah lingkungan. Dilakukan pengujian intensitas cahaya dengan menggunakan contoh pembandingan antara motor pabrikan yang menggunakan lampu LED dan non-LED, serta survei dan pengambilan data ke bengkel sepeda motor. Dari hasil pengujian disimpulkan bahwa lampu LED menghasilkan konsumsi daya yang rendah namun intensitas cahaya yang tinggi jika dibandingkan dengan lampu halogen yang mengeluarkan daya tinggi tetapi intensitas cahaya rendah, dan lampu HID yang menghasilkan intensitas cahaya yang hampir sama tetapi radiasi panas yang lebih tinggi. Di samping itu, lampu LED juga memperpanjang usia pakai komponen elektrik aki, alternator, serta konsumsi bahan bakar yang lebih irit. Memang harga pasaran lampu LED relatif masih tinggi dibanding lampu Halogen, tetapi sebanding dengan kualitas pencahayaan dan pengaruh positif terhadap komponen-komponen lain. Kata kunci— Efisien, Lampu LED, Intensitas cahaya, Industri otomotif, Halogen, HID, Sepeda motor
CORRESPONDENCE	A B S T R A C T
E-mail: joniwsmtp@president.ac.id	At first, LEDs were only for electronic equipment. However, over time, LEDs have become the main choice of today's automotive lighting because of their small size, low power consumption and heat radiation. Regarding government regulations that require the use of daytime lights for motorcycles, LED lighting technology is very appropriate considering that high lamp loads require low power consumption. It is evident now that manufacturers and non-manufactured parts are starting to squirm in producing LED lamps for automotive because of high prospects. Even this technology has been applied to motor vehicles and the latest cars. Conditions like this are very prospective for automotive industry players to use the latest technology for LED lamps and abandon the use of Halogen and HID (<i>High Intensity Discharge</i>) lamps which are less efficient due to high power consumption and heat radiation as well as low lamp resistance and are not environmentally friendly. The light intensity test was carried out using a comparison sample between a manufacturer's motorcycle that used LED and non-LED lamps, as well as surveys and data collection at a motorcycle repair shop. From the test results, it is concluded that LED lamps produce low power consumption but high light intensity when compared to halogen lamps which emit high power but low light intensity, and HID lamps which produce almost the same light intensity but higher heat radiation. In addition, LED lights also extend the life of the battery electrical components, alternator, as well as more efficient fuel consumption. Indeed, the market price of LED lamps is still relatively high compared to Halogen lamps, but it is comparable to the quality of lighting and the positive influence on other components. Keywords— Efficient, LED lamp, Light intensity, Automotive industry, Halogen, HID, Motorcycle

I. PENDAHULUAN

Jumlah kendaraan bermotor roda dua di Indonesia semakin hari semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat dari pertambahan angka produksi dari pabrik ke ATPM (Agen Tunggal Pemegang Merk) sekitar enam ratus ribu unit kendaraan bermotor roda dua yang terjual setiap hari, seperti Suzuki, Yamaha, Honda, dan lain-lain. Perlu adanya efisiensi dari sisi bahan bakar pengganti yang bersifat energi terbarukan karena potensi energi terbarukan di Indonesia sangat besar, seperti halnya energi angin, surya, dlsbnya untuk berbagai aplikasi termasuk untuk aplikasi kendaraan bermotor listrik. Dan pemerintah Indonesia sangat mendukung pemanfaatan energi terbarukan ini [1-4]. Namun, di sisi lain, terjadi juga pertambahan jumlah kecelakaan lalu lintas di jalan raya setiap hari. Banyak hal yang menjadi penyebab, namun salah satunya terkait dengan masalah keamanan/kelengkapan onderdil sepeda motor, seperti halnya lampu penerangan. Untuk itu pemerintah memberikan peraturan tegas untuk mengurangi angka kecelakaan yang tinggi khususnya sepeda motor maka diwajibkan untuk menyalakan lampu utama pada siang hari saat berkendara. Hal ini tertuang dalam Undang-undang nomor 22 tahun 2009 Tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan pasal 107 ayat 2 yang mewajibkan setiap pengendara kendaraan roda dua wajib menyalakan lampu kendaraan sepeda motor pada siang hari [5].

Penggunaan lampu pada kendaraan bermotor dimulai dari lampu Halogen sebagai pengganti lampu pijar yang digunakan pada era tahun tujuh puluhan dengan efisiensi cahaya rata-rata 30 lumen/watt [6]. Teknologi pencahayaan untuk otomotif semakin berkembang, pada awal tahun Sembilan puluhan inovasi lampu HID (*High Intensity Discharge*) atau lampu lucutan gas intensitas tinggi. Lampu ini beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi sehingga memerlukan keamanan instalasi karena lampu ini memproduksi cahaya yang melewati busur listrik melalui campuran gas argon, raksa dan halida logam dalam tekanan tinggi dan memerlukan perangkat pengimbang elektronik untuk memberikan tegangan awal dan tegangan kerja yang sesuai serta mengatur arus dalam lampu [7]. Ukuran baiknya cahaya tampak yang dihasilkan oleh sumber cahaya (efikasi) lampu HID sebesar 65-115 lumen/watt.

Penggunaan lampu untuk otomotif sangat variatif. Berdasarkan pengamatan lapangan, umur pemakaian lampu halogen cukup pendek dan muka kaca lebih buram. Untuk pemakaian tipe lampu HID lebih sedikit karena teknologi ini lumayan mahal dan sedikit di pasaran. Sedangkan untuk lampu LED (*Light-Emitting Diode*), ada beberapa keuntungan, seperti instalasi yang mudah, konsumsi daya rendah, alternator yang lebih awet, AC dan muka kaca tetap bening, serta intensitas cahaya yang bagus [8].

Produsen kendaraan bermotor menyiasati untuk memberikan panduan untuk pilihan teknologi lampu yang paling baik, sehingga ada pilihan motor yang terbaru melalui buku brosur, untuk motor versi terbaru. Kendaraan motor terbaru sudah dilengkapi dengan teknologi yang mampu mereduksi beban daya mesin menjadi ringan serta konsumsi bahan bakar lebih irit [9].

Dari pengamatan di lapangan khususnya penggunaan lampu LED dibandingkan dengan Halogen dan HID, tingkat

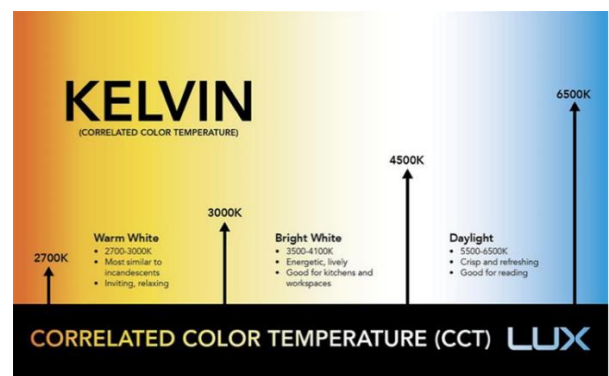
pencahayaan LED terhadap halogen adalah tiga kali intensitas cahaya (*lux*) lumen per wattnya dan hal ini sangat ditentukan juga oleh efikasi lumen per wattnya masing-masing tipe lampu misal untuk pabrikan efikasi halogen sekitar 30 lumen/watt sedangkan LED bisa mencapai lebih dari 100 lumen/watt.

Untuk lampu HID, intensitas cahayanya tinggi tetapi konsumsi dayanya juga relatif tinggi efikasi bahkan mencapai 100 lumen/watt. Nilai ini sebanding LED tipe tertentu dan harus menggunakan lensa optik proyektor sehingga menyebabkan tingkat kesilauan yang tinggi tetapi daya jangkauan lebih dekat karena penyebaran cahaya melebar dan kurang fokus. Sedangkan lampu LED menggunakan konsumsi daya yang rendah dengan intensitas cahaya yang tinggi dan sangat direkomendasikan untuk penggunaan yang lebih luas karena bersifat ekonomis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lampu LED

Light-Emitting Diode (LED) adalah suatu divais semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren ketika diberi tegangan maju [10]. Karakteristik chip LED pada umumnya adalah sama dengan karakteristik diode yang hanya memerlukan tegangan tertentu untuk dapat beroperasi. Namun bila diberikan tegangan yang terlalu besar, LED bisa rusak (terbakar) walaupun tegangan yang diberikan adalah tegangan maju. Tegangan yang diperlukan sebuah diode untuk dapat beroperasi adalah tegangan maju (V_f). Dalam konteks intensitas cahaya LED, kita mengenal istilah CCT (*Correlated Color Temperature*). CCT adalah sebutan untuk mendeskripsikan warna cahaya yang dapat terlihat oleh mata manusia. CCT Diukur dalam satuan temperature (suhu) Kelvin. Rentang nilai CCT untuk produk komersial biasanya berkisar antara 2,700 K – 6,500 K. Semakin rendah nilai besaran Kelvin, maka warna akan terlihat lebih “warm”, dan semakin tinggi nilai besaran Kelvin, maka warna akan terlihat lebih “Cool”. Contoh CCT tersebut seperti terlihat pada Gambar 1 di bawah ini [11]:

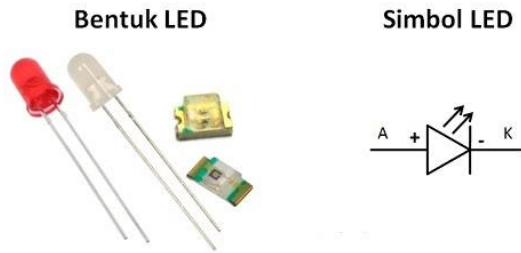


Gambar 1. Representasi Correlated Color Temperature (CCT) dalam derajat Kelvin [K].

B. Cara Kerja LED

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa LED merupakan keluarga dari dioda (*family of diodes*) yang terbuat dari material semikonduktor. Cara kerjanya pun hampir sama dengan dioda yang memiliki dua kutub yaitu kutub Positif (P) dan Kutub Negatif (N). LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (*bias*

forward) dari Anoda menuju ke Katoda. Contoh bentuk dan symbol lampu LED [12] ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Contoh lampu LED.

LED terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang di doping sehingga menciptakan junction P dan N (*PN junction*). Hal ini bisa terjadi karena adanya pemberian doping kepada masing-masing elemental semiconductor, misalnya Silicon (Si). Yang dimaksud dengan proses doping dalam semikonduktor adalah proses untuk menambahkan ketidakmurnian (*impurity*) pada semikonduktor yang murni sehingga menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan. Ketika LED dialiri tegangan maju atau bias forward yaitu dari Anoda (P) menuju ke Katoda (K), Kelebihan Elektron pada N-Type material akan berpindah ke wilayah yang kelebihan Hole (lubang) yaitu wilayah yang bermuatan positif (P-Type material). Saat Elektron berjumpa dengan Hole akan melepaskan photon dan memancarkan cahaya monokromatik (satu warna). LED untuk fisiknya ada 2 yaitu LED type radial dan LED type SMD (*surface mounted diode*).

C. Klasifikasi LED berdasarkan daya

C.1. LED dengan daya rendah

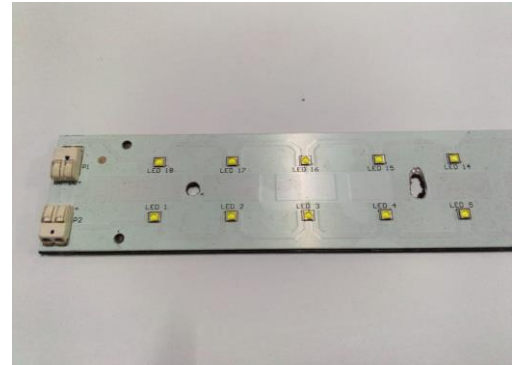
LED dengan daya rendah memiliki rentang antara < 0.15 W digunakan untuk lampu LED rumah tangga, contoh *chip* yang digunakan adalah tipe 3014 SMD Osram Duris E3 biasa dipakai untuk lampu TL ataupun lampu Downlight contoh seperti Gambar 3 [13] di bawah ini:



Gambar 3. LED SMD Osram Duris E3 (3.0x1.4mm).

C.2. LED dengan daya menengah

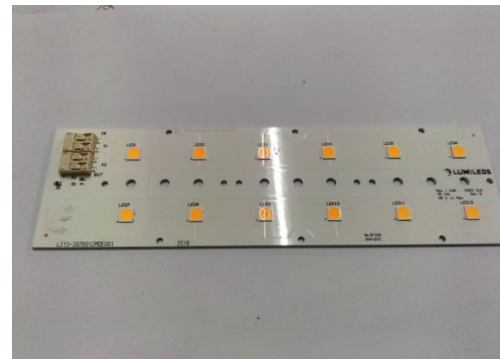
LED dengan daya menengah memiliki rentang daya dari $0.15 - 0.7$ W [14] dapat diaplikasikan pada bidang otomotif. Contoh, lampu utama kendaraan roda empat maupun roda dua. LED yang dimaksud seperti Gambar 4 berikut:



Gambar 4. LED SMD Osram Oslon Square (3x3mm).

C.3. LED dengan daya tinggi

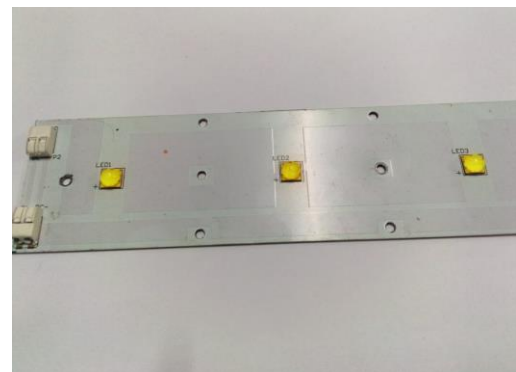
LED dengan daya tinggi memiliki rentang daya $0.7 - 6$ W diaplikasikan untuk lampu tower, lampu perempatan jalan, lampu sorot untuk lapangan olah raga tenis atau badminton. Gambar 5 [15] di bawah ini adalah contoh LED Lumileds tipe Luxeon 5050, dengan $V_f = 6V$. LED ini memiliki daya tinggi.



Gambar 5. LED SMD Lumileds tipe Luxeon 5050.

C.4. LED dengan daya ultra tinggi

LED dengan daya ultra tinggi memiliki rentang daya > 6 Watt, diaplikasikan untuk lampu stadion sepakbola, lampu penerangan tambang batubara, mercusuar, hanggar pesawat, dan lain-lain seperti terlihat pada Gambar 6 [16].



Gambar 6. Cree XHP 70 (7x7mm).

Lampu LED terdiri dari beberapa komponen yang terpasang sesuai dengan intensitas cahaya dan kehandalan serta usia pakai, dengan desain rumah lampu yang mampu membuang panas seperti pada Gambar 7 di bawah ini:

1. Chip LED

Chip LED untuk otomotif biasanya dibuat di pabrikan karena menggunakan mesin SMT (*Surface Mount*

Technology) dengan memasang chip tersebut pada papan PCB Aluminium karena sangat baik untuk meningkatkan *thermal conductivity*. Beberapa tipe Chip LED yang ada dipasaran berdasarkan level kualitasnya adalah sebagai berikut:

1. Level Premium (Cree, OSRAM, Lumiled (Philips), Nichia),
2. Level Menengah: Middle (Seoul Semiconductor, Samsung, Panasonic), dan
3. Level bawah: Bawah (Epistar (Taiwan), dan produk-produk dari negara China lainnya).



Gambar 7. Lampu LED Osram.

2. Lensa

Lensa adalah mengumpulkan cahaya yang terdistribusi sejauh sesuai sudut yang dibentuk dari reflektor maupun yang menggunakan projector. Dengan lensa ini penyebaran cahaya akan lebih fokus. Pabrikan motor menggunakan lensa untuk Lampu utama dengan sudut 30°.

3. Pengendali Arus dan Tegangan/Driver module

Pengendali arus bekerja untuk membatasi arus kostan dan tegangan sesuai dengan beban LED yang terpasang serial maupun paralel. Tegangan dan arus yang melewati untuk LED berbeda sesuai dengan pabrikan, untuk itu datasheet bisa untuk referensi.

4. Sirip Pelepas Panas/Heatsink

LED akan tahan lama sesuai usia pakai apabila transfer atau pembuangan panas juga maksimal, hal ini karena LED mempunyai *junction temperature* yang berkisar 60-80°C sesuai dengan spesifikasi LED yang dipakai [17].

D. Lampu HID

Lampu HID adalah lampu (*High Intensity Discharge*) atau lampu berdaya besar. HID atau yang lebih dikenal dengan nama lampu Xenon mampu menghasilkan cahaya dengan tingkat intensitas yang tinggi [9]. Berbeda dengan lampu biasa ataupun jenis halogen, lampu HID terdiri dari filament dan tabung pijar. Pada beberapa jenis HID, didalamnya berisi dengan gas xenon dan metal halide. Untuk menghasilkan cahaya, dibutuhkan tegangan tinggi sampai 20.000 volt.

Tegangan ini dihasilkan dari sebuah ballast kontrol lampu HID. Saat sistem lampu dengan HID dinyalakan, Lampu HID memancarkan sinar yang intensitasnya lebih

besar. Sebagai akibatnya, nyala lampu menjadi lebih terang. Lampu HID saat ini banyak digunakan pada beberapa jenis mobil. Dengan daya yang rendah, sekitar 35 W dapat menghasilkan cahaya yang lebih terang dan menyinari jauh ke depan. Jenis lampu HID ini juga beredar luas di toko aksesoris kendaraan. Tersedia lampu HID dengan berbagai merk, tipe soket dan tingkat terang (derajat kelvin) yang beragam seperti pada Gambar 8 [18].



Gambar 8. Contoh lampu HID.

E. Lampu Halogen

Lampu halogen adalah lampu pijar biasa yang berisi filamen tungsten, dibungkus dengan kaca dan disertakan di dalamnya campuran gas (umumnya Nitrogen, Argon dan Krypton). Ketika listrik disalurkan, maka filamen akan menjadi panas dan kemudian terlihat membara. Bara terang tersebut kemudian menjadi sumber cahaya. Prinsip kerja lampu halogen pada hakikatnya adalah sama dengan lampu pijar standar. Dalam lampu halogen, gas yang diisikan biasanya Iodium atau kadang-kadang Brom. Dua unsur kimia sangat reaktif dari kelompok yang disebut Halogen. Gas tersebut menjalankan proses kimia dua tahap yang membuat filamen berumur dua kali lebih panjang, seperti contoh pada Gambar 9.



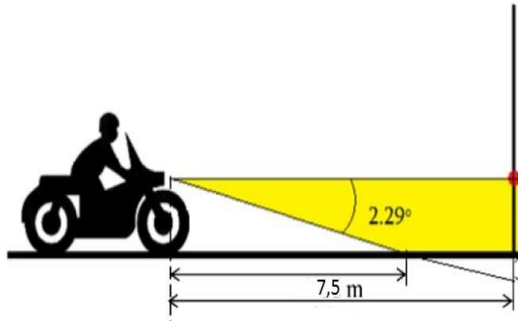
Gambar 9. Contoh lampu Halogen Osram.

III. METODE PENELITIAN

A. Prosedur Pengukuran

Pengukuran dilakukan pada malam hari untuk menghasilkan intensitas cahaya yang tinggi dan objektif terhadap sampel yang dipilih. Sampel yang diuji adalah lampu utama motor Honda Scoopy tahun 2019 (LED) dan

Motor Honda Beat tahun 2019 (Halogen). Pengukuran selanjutnya menggunakan komponen purna jual lampu di pasaran yang menggunakan tipe LED Osram H4 12V 718CW 5/6Watt dan lampu Halogen Osram 35/35W, pengukuran menggunakan alat ukur Lux Meter merk Kyoritsu Model 5202 dengan jarak pengukuran 7,5 Meter dan sudut pancaran cahaya sekitar $2,29^{\circ}$ seperti terlihat pada Gambar 10. Sedangkan hasil pengukuran ditampilkan pada Gambar 11, 12, dan 13 secara berturut-turut.



Gambar 10. Contoh jarak pengukuran lampu motor.

B. Survei Terhadap Pelanggan Bengkel

Pengambilan data survei dilakukan dengan metode *random sample* melalui wawancara terhadap mekanik bengkel di beberapa tempat terkait ketersediaan produk di pasaran dan harga jual mengamati media *online shop* seperti ditunjukkan pada Tabel I. Objek survei didapatkan dari tiga bengkel berikut:

1. Ahas Daya Motor alamat di Jl. Dipenogoro no. 16 RT. 01/15 Setia Mekar Tambun Selatan Bekasi.
2. WDK Motor alamat Jl. Ir. H. Juanda Bulak Kapal Permai.
3. Candra Jaya Motor alamat Jl. Raya Cibeber Lemah Abang No. 94, Simpangan, Cikarang Utara, Bekasi.



Tampilan Cahaya lampu
LED Osram H4 12V
718CW 5/6W CCT 5700K

Tampilan Cahaya lampu
Halogen Halogen Osram
35/35W CCT 4300K

Gambar 11. Pengukuran intensitas cahaya (lux) sepeda motor pabrikan.



Lampu LED Osram H4
12V 718CW 5/6Watt CCT
5700K Purna Jual

Lampu Halogen Osram
35/35W CCT 3900K
Purna Jual

Gambar 12. Pengukuran intensitas cahaya (lux) lampu purna jual.



Gambar 13. Pengukuran intensitas cahaya (lux) lampu LED pabrikan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran didapatkan sebagai berikut:

1. Pengukuran menggunakan alat uji intensitas cahaya/Lux meter dengan objek sepeda motor seperti pada Tabel II:
 - Honda Scoopy Lampu LED terukur 127,7 Lux.
 - Honda Beat lampu Halogen daya 35 Watt motor Honda Beat 2020 terukur 86 Lux.
2. Pengukuran terhadap komponen Lampu LED dan Halogen purna jual dengan menggunakan objek lampu utama Reflektor Yamaha Vixon 2009 Pada Tabel II:
 - Lampu tipe LED Osram H4 12V 718CW 5/6Watt CCT 5700K diukur pada jarak 7,5meter adalah 72.2 Lux Lampu Halogen Osram 35/35W CCT 3900K diukur pada jarak 7,5 meter adalah 99 Lux.
3. Pengukuran terhadap lampu LED pabrikan untuk Kelas Motor Matic antara Yamaha NMAX dan Yamaha Freego Pada Tabel II:
 - Hasil intensitas cahaya dengan daya listrik hampir seimbang menghasilkan *output* cahaya yang hampir sama besar; dengan demikian untuk kelas motor, premium matic memiliki teknologi pencahayaan yang lebih baik.

Keseluruhan hasil pengukuran tersebut dapat disimpulkan seperti dalam Tabel II di bawah. Dari dua metode pengukuran langsung diperoleh bahwa lampu LED dengan daya yang rendah mampu memberikan intensitas cahaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu Halogen.

V. PENUTUP

Kuat penerangan cahaya sangat ditentukan oleh produk yang memenuhi standar dan kualitas. Pencahayaan pada lampu kendaraan bermotor mempunyai peranan yang penting untuk keselamatan. Perkembangan teknologi merupakan solusi agar memudahkan berkendara dan membuat kondisi kendaraan dalam performa yang baik karena memilih lampu dengan daya yang rendah tetapi intensitasnya yang tinggi dan usia pemakaian yang lama. Harga pasaran lampu LED dengan kualitas premium masih mahal tetapi konsumen bisa memilih tipe LED menengah ke bawah dikondisikan dengan kemampuan ekonomi masing-masing.

Kendaraan bermotor roda dua wajib menaati peraturan undang-undang lalu lintas dengan menyalakan lampu saat siang maupun malam hari dan dengan teknologi LED bisa mengurangi pengeluaran biaya suku cadang akibat penggantian lampu yang terus menerus. Penggantian komponen lampu adalah vital sehingga kita lebih baik menggunakan lampu yang mempunyai kualitas tinggi agar kita lebih aman dalam berkendara.

REFERENSI

- [1] M. Aziz, Y. Marcellino, I. A. Rizki, S. A. Ikhwannuddin, J. W. Simatupang, "Studi analisis perkembangan teknologi dan dukungan pemerintah Indonesia terkait mobil listrik," *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 22, Issue 1, pp.45-55, Maret 2020.
- [2] N. A. Adistia, R. A. Nurdiansyah, J. Fariko, Vincent, J. W. Simatupang, "Potensi Energi Panas Bumi, Angin, Dan Biomassa Menjadi Energi Listrik Di Indonesia," *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 22, Issue 2, pp. 105-116, Oktober 2020.
- [3] J. W. Simatupang, K. Sulistiohadhi, "Portable Wind Turbine for Energy Recharging Device Applications," *Journal of Electrical and Electronics Engineering (JEEE)*, Vol. 1, Issue 1, pp. 19-24, June 2016.
- [4] A. Rospawan, J. W. Simatupang, "Microcontroller-Based Lead-Acid Battery Balancing System for Electric Vehicle Applications," *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, Vol. 21, Issue 2, pp. 128-139, Dec. 2021.
- [5] Pemerintah Indonesia. 2009. *Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan No. 22 Tahun 2009*. Lembaran RI Tahun 2009 No. 22. Jakarta: Sekretariat Negara.
- [6] J. F. Derlofske, "White LED Source for Vehicle Forward Lighting," *Lighting Research Center Rensselaer Polytechnic Institute*, 2002.
- [7] [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Lampu_halida_logam
- [8] F. H. Santoso, J. W. Simatupang, "Lampu LED Serial NL500 Sebagai Lampu Hemat Energi Untuk Tambang Batubara," *Journal of Industrial Engineering: Scientific Journal on Research and Application of Industrial System*, Vol. 6, No. 2, pp. 80-91, September 2021.
- [9] B. Schoettle, M. Sivak, and Y. Fujiyama, "LEDs and Power Consumption of Exterior Automotive Lighting: Implication for Gasoline and Electric Vehicles," *The University of Michigan Transportation Research Institute*, UMTRI-2008-48, October 2008.
- [10] [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Diode_pancaran_cahaya
- [11] [Online]. BEONE LIGHTING - How to select the right CCT for your lighting. Available: <https://www.beonelectric.com/news/article/210.html>
- [12] Dickson Kho (2021) Teknik Elektronika – Pengertian LED (Light Emitting Diode) dan Cara Kerjanya [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-led-light-emitting-diode-cara-kerja/>
- [13] [Online]. Available: <https://www.osram.com/os/product-selector/index.jsp>
- [14] [Online]. Available: https://www.osram.com/os/products/products_leds_for_automotive_consumer_industry_applications.jsp
- [15] [Online]. Available: <https://www.lumileds.com/uploads/639/DS174-luxeon-5050-datasheet-pdf>

- [16] [Online]. LEDs for Automotive, Consumer and Industry Applications. Available: <https://www.cree.com/led-components/products/xlamp-leds-arrays/xlamp-xhp70>
- [17] (2011) Application Note AN10 [Online]. Available: https://www.bridgelux.com/sites/default/files/resource_media/AN10-Thermal-Management-of-LED-Arrays1.pdf.
- [18] (2017) Karakteristik dan Perbedaan Lampu Halogen, HID, dan LED [Online]. Available: <https://www.ortizaku.com/index.php/Otomotif/karakteristik-dan-perbedaan-lampu-halogen-hid-led>

TABEL I. SURVEI TERHADAP BENGKEL

No	Contoh Data Masukan	Halogen	HID	LED
1	Pabrikasi/OEM	Philips, Osram	X	Lumileds, Osram
2	Merk purna jual	Aspira, Hela, Chyoda	Philips, Osram	Lumileds, Osram, C6, Tyto
3	Harga	Murah	Mahal	Relatif Mahal
4	Durasi	500 jam	1.000 jam	10.000-30.000 jam
5	Pencahayaan	Kurang Terang	Terang	Terang
6	Ketersediaan di pasar	Banyak	Sedikit	Cukup banyak
7	Pemasangan	Mudah	Agak sulit	Mudah

	2020						
4	Ya mah a Vix on Tah un 200 9 - A	35	7,5	99	Tidak	Ya	Ya
5	Hon da Beat Tah un 202 0	35	7,5	86	Tidak	Tidak	Ya
6	Ya mah a Vix on Tah un 200 9 - B	6	7,5	72,2	Tidak	Ya	Tidak

TABEL II. PENGUKURAN LAMPU BERDASARKAN JENIS MOTOR

No	Jenis Sepeda motor	Daya Lampu (Watt)	Jarak Pengukuran (Meter)	Intensitas cahaya (Lux)	Lampu LED (Pabrikan)	Lampu LED (Purna Jual)	Non-LED (Halogen)
1	Ya mah a NM AX Tah un 201 9	6	7,5	152,3	Ya	Tidak	Tidak
2	Hon da Sco opy Tah un 202 0	13.3	7,5	127,7	Ya	Tidak	Tidak
3	Ya mah a Free go Tah un	10	7,5	119,3	Ya	Tidak	Tidak