

Deteksi Objek Di Jalan Tanpa Penerangan Pada Kendaraan Menggunakan *White* Dan *Yellow Headlamp*

Rahmat Ahmad^{1*}, I Wayan Yudi Martha Wiguna², Anggun Prima Gilang Rupaka³, Handoko⁴

¹Teknologi Otomotif, Politeknik Transportasi Darat Bali, Jl. Cempaka Putih, Samsam, Kec. Tabanan, Kabupaten Tabanan, Bali 82111 Indonesia

²Manajemen Transportasi Jalan, Politeknik Transportasi Darat Bali, Jl. Cempaka Putih, Samsam, Kec. Tabanan, Kabupaten Tabanan, Bali 82111 Indonesia

³Manajemen Logistik, Politeknik Transportasi Darat Bali, Jl. Cempaka Putih, Samsam, Kec. Tabanan, Kabupaten Tabanan, Bali 82111 Indonesia

⁴Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun, Jl. Tirta Raya, Pojok, Nambangan Lor, Manguharjo, Madiun, Jawa Timur 63129, Indonesia

e-mail: ^{1*}rahmat@poltradabali.ac.id, ²wayan.yudi@poltradabali.ac.id, ³gilang@poltradabali.ac.id, ⁴handoko@ppi.ac.id

Received 25-12-2025; Reviewed 28-12-2025; Accepted 31-12-2025

Journal Homepage: <http://ktj.pktj.ac.id/index.php/ktj>

DOI: 10.46447/ktj.v12i2.767

Abstract

Road conditions without lighting often pose a high risk of traffic accidents, especially in rural areas or on alternative routes. This study aims to analyze the effectiveness of using white and yellow headlamps on vehicles in detecting objects under dark road conditions. The methods employed were field experiments and interviews with drivers. The results show that the use of white headlamps, based on SWOT analysis, is positioned in Quadrant I at the coordinates 0.92 and 0.23, while the use of yellow headlamps, based on SWOT analysis, is positioned in Quadrant I at the coordinates 0.47 and 0.08. These findings indicate that the use of white headlamps is still superior to yellow headlamps under nighttime conditions, although the difference is not highly significant on roads without lighting

Keywords: Headlamp, white light, yellow light, lighting, safety

Abstrak

Kondisi jalan tanpa penerangan sering kali menjadi faktor risiko tinggi kecelakaan lalu lintas, terutama di daerah pedesaan atau jalur alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perspektif efektivitas penggunaan white dan yellow headlamp pada kendaraan dalam mendeteksi objek di kondisi jalan gelap. Metode yang digunakan adalah eksperimen lapangan dan wawancara kepada pengemudi. Hasil penelitian yang didapatkan yaitu penggunaan white headlamp dengan analisis SWOT menunjukkan posisi kuadran I yaitu di titik 0,92 dan 0,23 sedangkan untuk penggunaan yellow headlamp dengan hasil analisis SWOT menunjukkan posisi kuadran I yaitu di titik 0,47 dan 0,08. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan white headlamp masih lebih baik dibanding penggunaan yellow headlamp pada kondisi malam hari walaupun tidak terlalu signifikan pada jalan tanpa penerangan

Kata kunci: *Headlamp, cahaya putih, cahaya kuning, Penerangan, keselamatan*

PENDAHULUAN

Konteks jalan yang gelap merupakan hal yang perlu diperhatikan. Terutama terkait keselamatan berkendara di jalan. Lampu depan kendaraan menjadi satu-satunya sumber pencahayaan yang memungkinkan pengemudi melihat kondisi jalan dan mendeteksi keberadaan objek-objek penting seperti pejalan kaki, kendaraan lain, rambu lalu lintas, hingga hambatan tak terduga.

Warna cahaya dari *headlamp* sangat mempengaruhi visibilitas dan persepsi visual pengemudi. Cahaya putih (dari lampu jenis halogen putih, HID, atau LED putih) memiliki intensitas tinggi dan mampu menjangkau jarak pandang yang lebih jauh. Namun, cahaya putih juga dikenal menghasilkan efek silau (*glare*) yang lebih kuat, terutama ketika terkena permukaan reflektif seperti marka jalan atau rambu lalu lintas. Sebaliknya, cahaya kuning (dari lampu halogen klasik atau beberapa jenis HID dengan filter warna) memiliki karakteristik panjang gelombang yang lebih panjang dan cenderung lebih lembut di mata, menjadikannya lebih efektif dalam kondisi cuaca buruk seperti hujan atau kabut (Chen et al., 2021).

Hasil penelitian terdahulu dari Wang et al. (2023) menunjukkan bahwa pencahayaan LED putih menghasilkan kontras visual yang tinggi tetapi meningkatkan risiko silau terhadap pengemudi dari arah berlawanan. Di sisi lain, warna kuning meskipun memberikan kontras yang lebih rendah, mampu mempertahankan kestabilan persepsi visual dalam kondisi cuaca ekstrem. Studi lapangan oleh Kumagai et al. (2020) di Jepang juga menunjukkan bahwa pengemudi memiliki waktu reaksi yang lebih stabil saat menggunakan lampu kuning dalam kondisi jalan basah.

Dalam konteks jalan tanpa PJU, berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa deteksi objek sangat bergantung pada distribusi cahaya (*beam pattern*) dan suhu warna (*color temperature*) dari lampu utama kendaraan. Menurut ISO 16505:2019 dan temuan oleh Zhang & Li (2022), suhu warna antara 3000K–4000K (lampu kuning-hangat) cenderung optimal untuk menjaga performa persepsi visual pengemudi dibandingkan suhu warna tinggi (>6000K) seperti pada LED putih kebiruan.

Indonesia sebagai negara tropis memiliki kondisi atmosfer yang berbeda dengan negara empat musim. Faktor kelembaban, curah hujan, dan tingkat pencemaran udara turut mempengaruhi performa pencahayaan kendaraan. Oleh karena itu, hasil studi dari negara lain belum tentu dapat diterapkan secara langsung. Diperlukan studi empiris yang berbasis data lapangan untuk mengetahui secara langsung bagaimana performa *headlamp* putih dan kuning dalam mendeteksi objek di kondisi nyata jalan tanpa penerangan.

Faktor manusia juga perlu diperhatikan. Studi eksperimental oleh Yeo et al. (2021) menemukan bahwa usia dan tingkat kelelahan pengemudi sangat memengaruhi efektivitas deteksi visual terhadap objek di malam hari. Kombinasi pencahayaan dengan tingkat silau rendah dan suhu warna moderat dapat menurunkan beban kognitif dan mempercepat waktu reaksi.

Kondisi medan pengujian menjadi krusial. Jalan tanpa penerangan cenderung memiliki kontras visual yang rendah dan meningkatkan risiko kecelakaan malam hari. Oleh karena itu, pemilihan lokasi pengujian yang merepresentasikan kondisi nyata

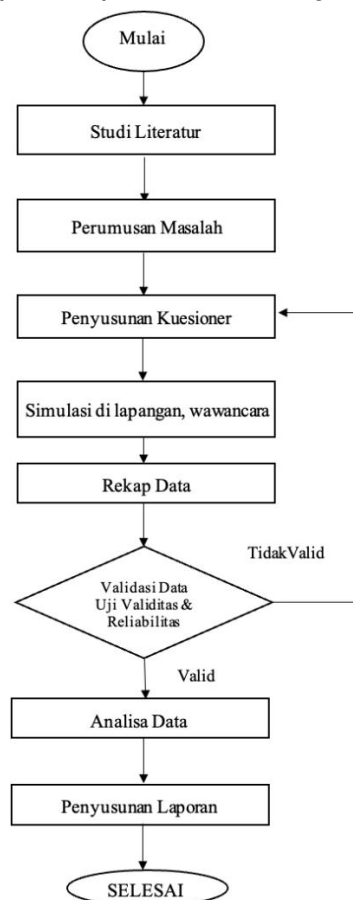
menjadi penting. Selain itu, objek uji yang digunakan akan mencakup beragam bentuk dan ukuran, mulai dari objek kecil seperti rambu, hingga objek besar seperti kendaraan dan orang, untuk menguji efektivitas deteksi dalam berbagai skenario (Lai et al., 2020).

Penelitian ini akan menggunakan pendekatan eksperimen lapangan dengan desain pengujian berulang (*repeated measures*) terhadap sejumlah subjek pengemudi yang sama. Pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi metodologis dari Patel et al. (2023) yang menyatakan bahwa validitas eksternal pada studi *headlamp* dapat ditingkatkan dengan penggunaan pengujian lapangan langsung (*on-road testing*) dibandingkan simulasi.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka peneliti ingin melakukan penelitian yaitu Analisis Deteksi Objek di Jalan Tanpa Penerangan Pada Kendaraan Menggunakan *White* dan *Yellow Headlamp*. Diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai efektivitas *white* dan *yellow headlamp* terhadap kemampuan deteksi objek di malam hari pada kondisi jalan gelap.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada penelitian ini adalah metode kualitatif. Dilakukan dengan melakukan eksperimen berkendara dan wawancara secara mendalam kepada responden. Berikut alur proses penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur proses penelitian

Pelaksanaan eksperimen dan wawancara terhadap responden (pengemudi) dengan tujuan mengetahui bagaimana persepsi, respon dan reaksi responden terhadap penggunaan *white* dan *yellow headlamp* di jalan tanpa penerangan, bagaimana kendala yang dihadapi oleh pengemudi dalam mengemudikan kendaraan pada saat berkendara pada kondisi malam hari. Berdasarkan Jumlah responden yang disarankan dengan metode wawancara sebanyak 15 responden (Patton, M. Q:2001 dan Bonnie Nastasi:2015). Setelah data eksperimen dan hasil wawancara didapatkan, data akan dianalisis dengan menggunakan analisis SWOT untuk mengetahui posisi kuadrannya.

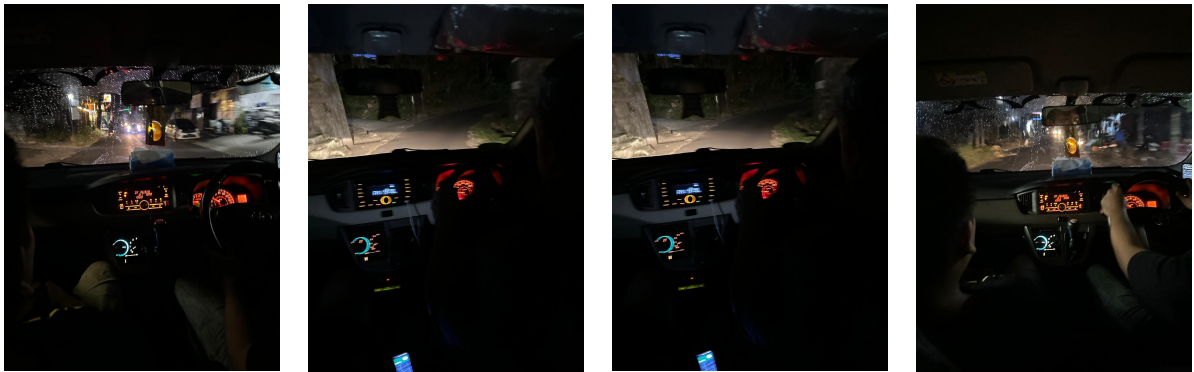
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan eksperimen dan wawancara pengemudi bertujuan untuk mengetahui pengalaman berkendara pengemudi ketika menggunakan lampu utama warna kuning dan putih pada malam hari di jalan tanpa penerangan. Berikut uraian dan kondisi yang ditunjukkan pada tabel 1, serta dokumentasi pengemudi mengemudikan kendaraan menggunakan *yellow headlamp* pada kondisi malam hari yang ditunjukkan pada gambar 2 dan Gambar 3.

Tabel 1. Eksperimen dan wawancara berdasarkan kondisi

No	Uraian	Kondisi
1	Eksperimen Mengemudi	<p>Melakukan eksperimen mengemudi kepada 15 pengemudi terkait penggunaan <i>white & yellow headlamp</i>. Peneliti berada di sebelah pengemudi ketika kendaraan dijalankan di jalan.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kondisi pertama yaitu pengemudi menjalankan kendaraan menggunakan <i>white headlamp</i> pada kondisi malam hari - Kondisi kedua yaitu pengemudi menjalankan kendaraan menggunakan <i>white headlamp</i> pada kondisi malam hari dimana ada kendaraan menggunakan <i>white headlamp</i> atau <i>yellow headlamp</i> dengan arah berlawanan. - Kondisi ketiga yaitu pengemudi menjalankan kendaraan dengan <i>yellow headlamp</i> pada kondisi malam hari - Kondisi keempat yaitu pengemudi menjalankan kendaraan dengan <i>yellow headlamp</i> pada kondisi malam hari dimana ada kendaraan menggunakan <i>white headlamp</i> atau <i>yellow headlamp</i> dengan arah berlawanan.
2	Wawancara ke Pengemudi	<p>Pada saat menjalankan kendaraan, peneliti melakukan wawancara langsung ke pengemudi terkait pengalaman mengemudi terhadap empat kondisi kondisi.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kondisi pertama yaitu pengemudi menjalankan kendaraan menggunakan <i>white headlamp</i> pada kondisi malam hari

- Kondisi kedua yaitu pengemudi menjalankan kendaraan menggunakan *white headlamp* pada kondisi malam hari dimana ada kendaraan menggunakan *white headlamp* atau *yellow headlamp* dengan arah berlawanan.
 - Kondisi ketiga yaitu pengemudi menjalankan kendaraan dengan *yellow headlamp* pada kondisi malam hari
 - Kondisi keempat yaitu pengemudi menjalankan kendaraan dengan *yellow headlamp* pada kondisi malam hari dimana ada kendaraan menggunakan *white headlamp* atau *yellow headlamp* dengan arah berlawanan.
-



Gambar 2. Pengemudi mengemudi kendaraan menggunakan *yellow headlamp* pada kondisi malam hari



Gambar 3. Pengemudi mengemudi kendaraan menggunakan *white headlamp* pada kondisi malam hari

PEMBAHASAN

Tim peneliti telah menyusun dan mengelompokkan pernyataan yang masuk ke dalam kategori faktor internal (kekuatan dan peluang) serta kategori faktor eksternal (kelemahan dan ancaman). Berikut hasil wawancara Analisis Faktor Internal (IFAS) langsung kepada pengemudi yang telah melaksanakan eksperimen mengemudi penggunaan *yellow headlamp* dan *white headlamp*. Kegiatan wawancara dilakukan

pada saat pengemudi sedang dan telah melakukan eksperimen mengemudi. Setelah data dikumpulkan, dilakukan Analisis Faktor Internal (IFAS) dan Analisis Faktor Eksternal (EFAS). Setelah dilakukan analisis, dilanjutkan dengan melakukan pembobotan kedua faktor tersebut yaitu IFAS dan EFAS.

Penentuan kuadran dilakukan setelah hasil dari pembobotan didapatkan. Berikut proses penentuan kuadran.

Tabel 2. Pembobotan Analisis Faktor Internal (IFAS) *White Headlamp – Strenght dan Weakness*

IFAS - STRENGHT & WEAKNESS				
Kondisi				
	Lampu Putih	Bobot (a)	Rating (b)	Skor (axb)
Strenght	Cahaya lebih terang dan jangkauan deteksi objek lebih jauh.	0,17	5	0,83
	Membantu pengemudi mengenali warna objek (jalan, marka, hewan) lebih akurat.	0,17	4	0,67
	Cocok untuk kendaraan modern dengan sistem reflektor efisien.	0,06	3	0,17
	Memberikan kesan visibilitas tinggi di jalan lurus dan kering	0,17	5	0,83
Sub Total Strenght				2,50
Weakness	Lebih menyilaukan pengemudi lawan arah: berpotensi bahaya bagi pengendara.	0,11	2	0,22
	Kurang efektif dalam kondisi berkabut atau hujan.	0,11	2	0,22
	Pengemudi butuh waktu adaptasi terhadap cahaya terang setelah gelap.	0,06	1	0,06
	Refleksi tinggi di permukaan basah bisa menurunkan visibilitas.	0,11	1	0,11
	Meningkatkan kelelahan mata saat berkendara jarak jauh	0,06	1	0,06
Sub Total Weakness				0,67

Tabel 3. Pembobotan Analisis Faktor Internal (IFAS) *Yellow headlamp – Strenght dan Weakness*

IFAS - STRENGHT & WEAKNESS				
Kondisi				
	Lampu Kuning	Bobot (a)	Rating (b)	Skor (axb)
Strenght	Cahaya kuning menembus kabut dan hujan lebih baik: meningkatkan jarak pandang	0,13	4	0,52
	Mengurangi efek silau bagi pengemudi lawan arah.	0,13	3	0,39

	Memberikan kontras visual tinggi terhadap objek di jalan seperti marka, pejalan kaki, dan rambu reflektif.	0,09	3,5	0,30
	Lebih nyaman bagi mata pengemudi saat perjalanan panjang malam hari	0,09	3,5	0,30
	Cocok untuk jalan tanpa penerangan karena efek 'hangat' membantu adaptasi mata terhadap kegelapan	0,09	3,5	0,30
Sub Total Strength				1,83
Weakness	Intensitas cahaya lebih rendah dibanding putih: jarak deteksi objek lebih pendek	0,09	2	0,17
	Persepsi warna objek menjadi kurang akurat (warna jalan atau hewan sulit dibedakan).	0,09	2	0,17
	Tidak semua kendaraan modern mendukung lampu kuning standar pabrik.	0,09	2	0,17
	Pengemudi pemula belum berpengalaman bisa menganggap cahaya kuning kurang terang.	0,09	2	0,17
	Potensi salah persepsi di area campuran dengan penerangan kota.	0,09	1,5	0,13
Sub total Weakness				0,89

Tabel 4. Pembobotan Analisis Faktor Eksternal (EFAS) *White Headlamp – Opportunity & Threads*

EFAS - OPPORTUNITY & THREATS				
Kondisi				
	Lampu Putih	Bobot (a)	Rating (b)	Skor (axb)
Opportunity	Dapat dikembangkan untuk penelitian adaptive lighting system.	0,09	4	0,36
	Relevan dengan standar kendaraan modern dan regulasi global.	0,05	4	0,18
	Potensi kolaborasi dengan industri otomotif	0,09	4	0,36
	Sebagai referensi dalam pembuatan bahan ajar praktikum sistem penerangan kendaraan	0,09	4	0,36
	Peluang publikasi ilmiah di bidang teknologi pencahayaan kendaraan.	0,09	4	0,36
Sub Total Opportunity				1,64
Threats	Risiko keselamatan dari efek silau pada pengemudi lain.	0,14	2	0,27
	Potensi pelanggaran aturan modifikasi <i>headlamp</i> jika terlalu terang.	0,14	2	0,27
	Ketergantungan pada kualitas reflektor/lensa kendaraan.	0,09	2	0,18
	Tidak semua jalan mendukung pantulan cahaya putih dengan baik.	0,14	2	0,27
	Anggapan terhadap headlamp " <i>over brightness</i> ".	0,09	2	0,18
Sub Total Threads				1,18

Tabel 5. Pembobotan Analisis Faktor Eksternal (EFAS) *Yellow Headlamp – Opportunity & Threads*

EFAS - OPPORTUNITY & THREATS				
Kondisi				
	Lampu Kuning	Bobot (a)	Rating (b)	Skor (axb)
Opportunity	Dapat dijadikan referensi penggunaan headlamp untuk area pegunungan atau berkabut.	0,25	3	0,75
	Mendukung kebijakan keselamatan kendaraan di wilayah pedesaan	0,08	1	0,08
	Berpotensi masuk ke pelatihan safety driving "low visibility condition".	0,08	2	0,17
	Bisa dikembangkan ke riset integrasi sensor kabut/visibility control.	0,08	2	0,17
	Meningkatkan kesadaran tentang standar pencahayaan adaptif.	0,08	2	0,17
Sub Total Opportunity				1,33
Threads	Banyak pengguna kendaraan lebih memilih lampu putih (<i>trending market</i>).	0,17	3	0,50
	Risiko salah pemasangan (warna kuning berlebihan : menurunkan visibilitas).	0,08	2	0,17
	Tidak semua jalan memiliki permukaan yang cocok untuk pantulan cahaya kuning.	0,08	3	0,25
	Potensi bias persepsi "kurang terang" dari pengemudi awam.	0,08	3	0,25
Sub Total Threads				1,17

Tabel Faktor Internal (IFAS) *White Headlamp* (S-W) menginterpretasikan sumbu X dan Tabel Faktor Eksternal (EFAS) (O-T) menginterpretasikan sumbu Y.

Perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{Sumbu X} &: (\text{Total Strength} - \text{Total Weakness}) / 2 \\ &: (2,50 - 0,67) / 2 = (0,92)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sumbu Y} &: (\text{Total Opportunity} - \text{Total Treaths}) / 2 \\ &: (1,64 - 1,18) / 2 = 0,23\end{aligned}$$

Tabel Faktor Internal (IFAS) *Yellow Headlamp* (S-W) menginterpretasikan sumbu X dan Tabel Faktor Eksternal (EFAS) (O-T) menginterpretasikan sumbu Y.

Perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{Sumbu X} &: (\text{Total Strength} - \text{Total Weakness}) / 2 \\ &: (1,83 - 0,89) / 2 = 0,47\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sumbu Y} &: (\text{Total Opportunity} - \text{Total Treaths}) / 2 \\ &: (1,33 - 1,17) / 2 = 0,08\end{aligned}$$

Berikut diagram dari *White Headlamp* ditampilkan pada Gambar 4 berikut:

Gambar 4. Kuadran *White Headlamp*

Berdasarkan Gambar 4. dapat dilihat IFAS dan EFAS pada *White Headlamp* berada pada kuadran I yaitu berada di titik 0,92 dan 0,23. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *White Headlamp* dapat diterapkan tanpa adanya pertimbangan internal.

Gambar 5. Kuadran *Yellow Headlamp*

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat IFAS dan EFAS pada *Yellow Headlamp* berada pada kuadran I yaitu berada di titik 0,47 dan 0,08. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *Yellow Headlamp* dapat diterapkan tanpa ada pertimbangan.

SIMPULAN

Hasil wawancara yang dianalisis menggunakan analisis SWOT menunjukkan bahwa responden yang memilih *white headlamp* berada pada posisi kuadran I, yaitu di titik 0,92 dan 0,23. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *White Headlamp* dapat diterapkan. Hasil wawancara yang dianalisis dengan analisis SWOT yaitu responden yang memilih *yellow headlamp* menunjukkan posisi kuadran I yaitu di titik 0,47 dan 0,08. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *yellow Headlamp* dapat diterapkan. Analisis SWOT menunjukkan bahwa penggunaan *White Headlamp* masih lebih baik dibanding penggunaan *yellow headlamp* pada kondisi malam hari walaupun tidak terlalu signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, W., Zhang, X., & Li, J. (2021). Comparative performance analysis of yellow and white headlamps in foggy and rainy driving conditions. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 78, 153–162.
- Hassan, R., Akbar, R., & Yusuf, F. (2021). Effect of road lighting on accident severity: A case study of non-lit roads in developing regions. *Accident Analysis & Prevention*, 153, 106038. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106038>
- Kandiah, V., Tham, M., & Ong, P. L. (2023). Nighttime driving fatigue in poorly lit environments: A Southeast Asian study. *Journal of Transport & Health*, 30, 101432. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2023.101432>
- Kumagai, S., Tanaka, M., & Matsuo, H. (2020). Driver's visual adaptation and object detection using different headlamp color temperatures. *Accident Analysis & Prevention*, 142, 105567.
- Lai, F., Huang, Y., & Wang, J. (2020). Experimental study on obstacle detection under low-illumination road environments. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, Article ID 8834725.
- Mira Esculenta, & Valentin Eri Febri. (2018). Analisis Pengaruh Jarak Benda Terhadap Intensitas Sorotan Lampu Kepala Pada Sistem Auto Leveling Headlights. *Jurnal ELTEK*, Vol16 No 02, Oktober 2018
- Patel, R., Hossain, M., & Alam, S. (2023). Real-world testing of vehicular lighting for safety enhancement in developing countries. *Journal of Transportation Safety & Security*, 15(2), 145–162.
- Pérez-Acebo, H., Zubelzu, S., & Badiola, C. (2020). Road safety and visibility at night: Analysis of non-illuminated rural roads. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 72, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.04.011>
- Rikky Agung Nugroho. (2010). Sikap dan tindakan masyarakat pengendara sepeda motor tentang peraturan menyalakan lampu sepeda motor pada siang hari di wilayah hukum lalulintas kartasura. digilib.uns.ac.id.
- Saputra, A. D. (2018). Studi Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Jalan di Indonesia Berdasarkan Data KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) dari Tahun 2007-2016. *Warta Penelitian Perhubungan*. <https://doi.org/10.25104/warlit.v29i2.557>

- Wang, L., Chen, X., & Zhao, Y. (2023). Headlight glare and object visibility on unlit roads: Evaluation of various headlamp configurations. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24(1), 310–319.
- Yeo, H., Kim, M., & Jeong, S. (2021). The impact of headlight color temperature on nighttime driving safety: A psychophysical approach. *Safety Science*, 139, 105254.
- Zhang, Y., & Li, Z. (2022). Visual performance under different headlamp illuminance and color conditions in rural roads. *Transportation Research Record*, 2676(10), 94–105.
- Zhou, H., Zhang, T., & Wang, Y. (2021). Visual cognition and risk perception on rural dark roads: A behavioral study. *Safety Science*, 142, 105381. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105381>