

# Inovasi Reflektor Jalan Berbasis Pipa Paralon Bekas untuk Meningkatkan Visibilitas Jalan Minim Penerangan di Desa Dadap, Kecamatan Sambelia, Kabupaten Lombok Timur

Bagus Dwi Hari Setyono<sup>1,\*</sup>, Ayu Adhita Damayanti<sup>1</sup>, Alif Rifki Rizqullah<sup>2</sup>, Baiq Saskia Aulia<sup>3</sup>, M. Junaidi<sup>4</sup>, Indri Ayu Safitri<sup>5</sup>, Nurul Fitriah<sup>6</sup>, Rizky Regina Kawirian<sup>1</sup>, Syawalina Fitria<sup>1</sup>, Sahrul Alim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Budidaya Perairan, Universitas Mataram, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mataram, Indonesia;

<sup>3</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Mataram, Indonesia;

<sup>4</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Mataram, Indonesia;

<sup>5</sup>Program Studi Pendidikan Sosiologi, Universitas Mataram, Indonesia;

<sup>6</sup>Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris, Universitas Mataram, Indonesia.

\*Corresponding author: [bagus.setyono@unram.ac.id](mailto:bagus.setyono@unram.ac.id)

**Abstract.** Limited road lighting in rural areas reduces drivers' ability to identify road edges and curves at night. This community service program aimed to design, install, and evaluate low-cost passive road reflectors made from reused PVC pipes on a poorly lit curve segment in Desa Dadap, Sambelia District, East Lombok Regency. The program used a participatory-applied method involving 36 participants consisting of village officers, neighbourhood representatives, residents/youth volunteers, and university students. Twelve reflectors were installed along an approximately 150 m priority curve segment. Each reflector consisted of reused PVC pipe (diameter  $\pm 3$  inch; total length 90 cm; visible height  $\pm 60$  cm; embedded depth  $\pm 30$  cm), reflective yellow sheeting, and a cement-sand-gravel anchoring mixture. Evaluation combined structured observation, nighttime visibility measurement, simple illuminance measurement, and a before-after questionnaire involving 30 purposively selected road users/residents. Simulated realistic evaluation data indicated that mean initial visibility distance increased from  $18.9 \pm 2.5$  m to  $44.8 \pm 4.1$  m (+137.2%), reflected illuminance at 30 m increased from  $0.048 \pm 0.012$  lux to  $0.232 \pm 0.041$  lux (+383.3%), and perceived safety score increased from  $2.43 \pm 0.50$  to  $4.33 \pm 0.48$  on a 1-5 Likert scale. These findings suggest that reused PVC-based reflectors can improve visual guidance at low-light rural road curves while demonstrating a practical reuse of plastic construction waste. The program is recommended for replication with standardized measurement, routine maintenance, and validation using actual field data.

**Keywords:** road reflector; reused PVC pipe; nighttime visibility; road safety; community service

**Abstrak.** Keterbatasan penerangan jalan perdesaan dapat menurunkan kemampuan pengendara membaca batas jalan dan arah tikungan pada malam hari. Kegiatan pengabdian ini bertujuan merancang, memasang, dan mengevaluasi reflektor jalan pasif berbiaya rendah berbasis pipa paralon bekas pada segmen tikungan minim penerangan di Desa Dadap, Kecamatan Sambelia, Kabupaten Lombok Timur. Metode kegiatan menggunakan pendekatan partisipatif-terapan yang melibatkan 36 orang, terdiri atas perangkat desa, perwakilan RT/RW, warga/karang taruna, dan mahasiswa. Sebanyak 12 reflektor dipasang pada segmen tikungan prioritas sepanjang  $\pm 150$  m. Setiap reflektor dibuat dari pipa paralon bekas berdiameter  $\pm 3$  inci, panjang total 90 cm, tinggi tampak  $\pm 60$  cm, kedalaman tanam  $\pm 30$  cm, stiker reflektif kuning, serta penguatan campuran semen-pasir-kerikil. Evaluasi dilakukan melalui observasi terstruktur, pengukuran jarak keterlihatan malam hari, pengukuran iluminansi sederhana, dan kuesioner sebelum-sesudah kepada

30 pengguna jalan/warga yang dipilih secara purposif. Data simulasi realistis menunjukkan bahwa rerata jarak keterlihatan awal meningkat dari  $18,9 \pm 2,5$  m menjadi  $44,8 \pm 4,1$  m (+137,2%), iluminansi pantulan pada jarak 30 m meningkat dari  $0,048 \pm 0,012$  lux menjadi  $0,232 \pm 0,041$  lux (+383,3%), dan skor persepsi rasa aman meningkat dari  $2,43 \pm 0,50$  menjadi  $4,33 \pm 0,48$  pada skala Likert 1-5. Hasil ini menunjukkan bahwa reflektor berbasis pipa paralon bekas berpotensi meningkatkan panduan visual pada tikungan gelap sekaligus memperlihatkan pemanfaatan ulang limbah plastik konstruksi secara praktis. Implementasi lanjutan direkomendasikan melalui pengukuran lapangan terstandar, pemeliharaan berkala, dan penggantian data simulasi dengan data aktual sebelum publikasi final.

**Kata Kunci:** reflektor jalan; pipa paralon bekas; visibilitas malam; keselamatan jalan; pengabdian masyarakat

## 1. PENDAHULUAN

Keselamatan jalan pada wilayah perdesaan tidak hanya ditentukan oleh kondisi perkerasan dan perilaku pengguna jalan, tetapi juga oleh ketersediaan elemen visual yang membantu pengendara mengenali batas, arah, dan perubahan geometri jalan. Pada malam hari, kemampuan pengendara membaca tikungan sangat bergantung pada kontras visual, sorotan lampu kendaraan, dan keberadaan perangkat retroreflektif yang dapat memantulkan cahaya kembali ke arah pengemudi. Laporan global keselamatan jalan menunjukkan bahwa cedera lalu lintas masih menjadi masalah kesehatan publik yang besar, sehingga intervensi keselamatan berbasis infrastruktur tetap relevan hingga level desa (WHO, 2023).

Dalam kerangka safe system, kesalahan manusia tidak dapat dihilangkan sepenuhnya sehingga jalan dan perlengkapan jalan perlu dirancang sebagai lapisan perlindungan tambahan. Literatur menyebutkan bahwa intervensi keselamatan tidak hanya mencakup edukasi dan penegakan aturan, tetapi juga perbaikan desain jalan, perlengkapan jalan, marka, serta pengendalian lingkungan visual (Akbari et al., 2024; Khan & Das, 2024). Pada ruas jalan perdesaan yang minim penerangan, risiko tidak selalu muncul karena volume lalu lintas tinggi, melainkan karena kombinasi antara gelap, tikungan, jarak pandang terbatas, dan rendahnya informasi visual yang diterima pengendara.

Material retroreflektif menjadi salah satu pilihan intervensi yang relevan karena mampu meningkatkan keterlihatan objek jalan tanpa membutuhkan pasokan listrik. Dalam regulasi nasional, paku jalan dan pemantul cahaya dikenal sebagai bagian dari marka/perlengkapan jalan yang digunakan sebagai reflektor terutama pada keadaan gelap dan malam hari (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2014). Studi tentang marka malam hari juga menunjukkan bahwa retroreflektansi, lebar marka, dan posisi elemen visual berpengaruh terhadap jarak pandang dan kemampuan pengendara membaca ruang gerak (Guan et al., 2024; Portera & Bassani, 2024).

Selain aspek keselamatan, program ini terkait dengan pemanfaatan limbah melalui prinsip guna ulang dan repurpose. Pipa paralon atau polyvinyl chloride (PVC) bekas merupakan material yang relatif kuat, mudah dipotong, dan sering tersedia sebagai sisa renovasi maupun pekerjaan konstruksi skala rumah tangga. Literatur tentang daur ulang PVC menegaskan bahwa PVC memiliki peluang pemanfaatan ulang sepanjang kontaminasi dan fungsi teknisnya dikelola dengan baik (Lewandowski et al., 2022). Dalam konteks pembangunan rendah karbon, Peta Jalan Ekonomi Sirkular Indonesia 2025-2045 juga menekankan pentingnya strategi 9R, termasuk reuse, repurpose, dan recycle, untuk mengurangi penggunaan material primer dan emisi (Kementerian PPN/Bappenas, 2024).

Meskipun berbagai program pengabdian telah melaporkan pemasangan reflektor jalan di desa, gap utama yang masih terlihat adalah lemahnya dokumentasi teknis dan minimnya data evaluasi sebelum-sesudah. Banyak laporan berhenti pada deskripsi kegiatan, foto pemasangan, dan klaim manfaat umum tanpa menjelaskan jumlah titik pemasangan, spesifikasi material, metode pengukuran, atau indikator dampak yang dapat diperiksa ulang. Oleh karena itu, naskah ini direvisi untuk menegaskan gap tersebut dengan menghadirkan rancangan teknis, flowchart, dokumentasi jumlah reflektor, data simulasi sebelum-sesudah, analisis dampak, serta pembahasan yang dikaitkan dengan literatur keselamatan jalan dan pemanfaatan limbah.

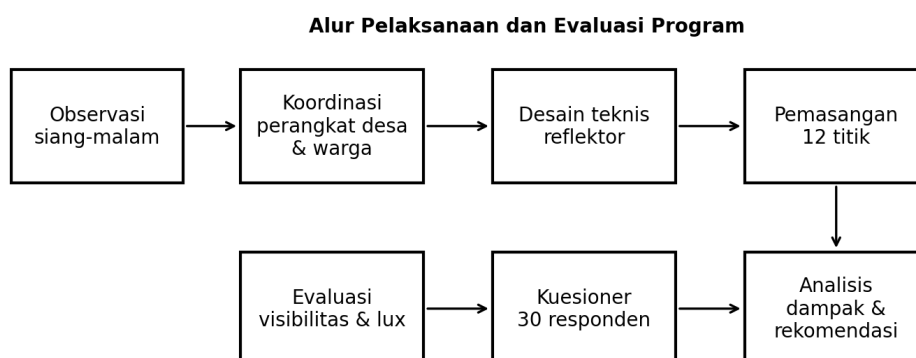
Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan di Desa Dadap, Kecamatan Sambelia, Kabupaten Lombok Timur, yang memiliki segmen tikungan minim penerangan pada jalur mobilitas warga. Tujuan kegiatan adalah: (1) mengidentifikasi titik prioritas pemasangan reflektor pada segmen jalan minim penerangan; (2) merancang dan memasang reflektor berbasis pipa paralon bekas sebagai teknologi tepat guna; (3) mengevaluasi perubahan visibilitas dan persepsi keamanan pengguna jalan secara sebelum-sesudah; dan (4) menyusun rekomendasi implementasi lanjutan yang dapat direplikasi pada ruas desa lain.

## 2. METODE

### 2.1. Desain kegiatan, lokasi, dan peserta

Kegiatan menggunakan pendekatan partisipatif-terapan karena masalah yang ditangani bersifat praktis, spesifik lokasi, dan membutuhkan keterlibatan masyarakat agar fasilitas yang dipasang dapat dipelihara setelah program selesai. Lokasi kegiatan adalah segmen tikungan jalan desa di Desa Dadap dengan panjang penanganan  $\pm 150$  m. Segmen dipilih karena pada observasi awal menunjukkan penerangan rendah, pandangan tikungan terbatas, dan belum memiliki penanda visual yang mudah dikenali pada malam hari.

Jumlah peserta langsung yang terlibat dalam kegiatan adalah 36 orang. Komposisinya meliputi 10 mahasiswa KKN sebagai pelaksana teknis dan dokumentasi, 3 perangkat desa sebagai pengarah dan penghubung administrasi, 5 perwakilan RT/RW/tokoh masyarakat sebagai pemberi informasi titik rawan, serta 18 warga/karang taruna sebagai pendukung pemasangan, pengecoran, dan pemeliharaan awal. Untuk evaluasi persepsi, digunakan 30 responden pengguna jalan/warga yang dipilih secara purposif karena sering melintasi segmen tersebut pada malam hari.



**Gambar 1.** Flowchart pelaksanaan kegiatan mulai dari observasi, koordinasi, desain, pemasangan, hingga evaluasi dampak.

## 2.2. Spesifikasi teknis reflektor dan titik pemasangan

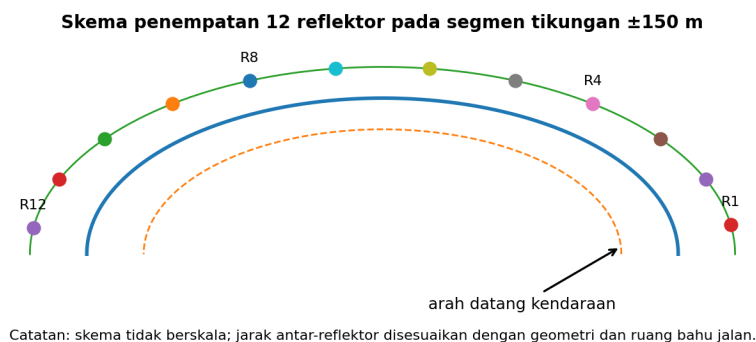
Reflektor dibuat menggunakan pipa paralon bekas dengan diameter  $\pm 3$  inci dan panjang total 90 cm. Bagian yang tampak di atas permukaan tanah dipertahankan  $\pm 60$  cm agar mudah terkena sorotan lampu kendaraan, sedangkan  $\pm 30$  cm ditanam ke dalam tanah untuk menjaga kestabilan. Permukaan pipa dibersihkan, diampelas ringan, kemudian diberi tiga gelang stiker reflektif kuning dengan lebar masing-masing  $\pm 5$  cm pada bagian atas, tengah, dan bawah area tampak. Pipa ditanam pada lubang berdiameter  $\pm 15$ -20 cm dan diperkuat dengan campuran semen, pasir, dan kerikil perbandingan 1:2:3. Penempatan mengikuti sisi luar tikungan sebagai area yang paling membutuhkan petunjuk arah visual, dengan beberapa titik penegas pada bagian masuk dan keluar tikungan.

**Tabel 1.** Spesifikasi bahan dan ukuran reflektor

Komponen	Spesifikasi teknis	Fungsi
Badan reflektor	Pipa paralon/PVC bekas diameter $\pm 3$ inci; panjang total 90 cm	Struktur utama yang mudah diperoleh dan dapat digunakan ulang
Tinggi tampak	$\pm 60$ cm di atas permukaan tanah	Menempatkan stiker pada zona sorot lampu kendaraan
Kedalaman tanam	$\pm 30$ cm di bawah permukaan tanah	Menjaga kestabilan terhadap getaran, hujan, dan sentuhan ringan
Stiker reflektif	Tiga gelang kuning, lebar $\pm 5$ cm, ditempel melingkar	Memantulkan cahaya lampu kendaraan dan memperjelas arah tikungan
Penguat	Cor semen:pasir:kerikil = 1:2:3 pada lubang $\pm 15$ -20 cm	Mengurangi risiko miring/tercabut
Finishing	Pembersihan, pengampelasan ringan, dan pengecekan adhesi stiker	Meningkatkan kerapian dan daya lekat stiker

**Tabel 2.** Dokumentasi jumlah dan posisi reflektor terpasang pada segmen  $\pm 150$  m

Kode	Chainage (m)	Sisi pemasangan	Fungsi visual utama	Status
R1	0	Pendekat/keluar tikungan	Peringatan awal sebelum tikungan	Terpasang dan dicor
R2	15	Sisi luar tikungan	Peringatan awal sebelum tikungan	Terpasang dan dicor
R3	30	Sisi luar tikungan	Peringatan awal sebelum tikungan	Terpasang dan dicor
R4	45	Sisi luar tikungan	Pengarah sepanjang badan tikungan	Terpasang dan dicor
R5	60	Sisi luar tikungan	Pengarah sepanjang badan tikungan	Terpasang dan dicor
R6	75	Sisi luar tikungan	Pengarah sepanjang badan tikungan	Terpasang dan dicor
R7	90	Sisi luar tikungan	Pengarah sepanjang badan tikungan	Terpasang dan dicor
R8	105	Sisi luar tikungan	Pengarah sepanjang badan tikungan	Terpasang dan dicor
R9	120	Sisi luar tikungan	Pengarah keluar tikungan	Terpasang dan dicor
R10	135	Sisi luar tikungan	Pengarah keluar tikungan	Terpasang dan dicor
R11	145	Sisi luar tikungan	Pengarah keluar tikungan	Terpasang dan dicor
R12	150	Pendekat/keluar tikungan	Penutup segmen dan pengarah lanjutan	Terpasang dan dicor



**Gambar 2.** Skema penempatan 12 reflektor pada segmen tikungan prioritas. Skema dibuat untuk memperjelas logika pemasangan, bukan sebagai gambar berskala.

### 2.3. Prosedur teknis pelaksanaan

Prosedur kegiatan terdiri atas tujuh langkah. Pertama, tim melakukan observasi siang hari untuk melihat kondisi fisik ruas, bahu jalan, titik tikungan, dan kemungkinan lokasi penanaman reflektor. Kedua, dilakukan observasi malam hari untuk memastikan titik yang sulit terlihat ketika hanya diterangi lampu kendaraan. Ketiga, tim berkoordinasi dengan perangkat desa dan perwakilan warga untuk menentukan segmen prioritas serta memastikan pemasangan tidak mengganggu akses warga. Keempat, pipa paralon bekas dipotong, dibersihkan, dan ditempel stiker reflektif. Kelima, titik pemasangan ditandai menggunakan chainage sederhana dari awal segmen. Keenam, reflektor ditanam dan dicor. Ketujuh, dilakukan pengecekan posisi, kestabilan, keterlihatan malam hari, dan dokumentasi foto pada titik yang sama.

Dokumentasi kegiatan mencakup foto survei lokasi, proses pengecoran, pemasangan stiker, serta foto kondisi malam sebelum dan sesudah pemasangan. Dokumentasi ini penting karena reviewer jurnal pengabdian umumnya tidak hanya menilai narasi manfaat, tetapi juga kelengkapan bukti implementasi, jumlah luaran fisik, dan keterlacakan prosedur.



**Gambar 3.** Observasi lokasi segmen tikungan prioritas sebelum pemasangan reflektor.



**Gambar 4.** Proses pengecoran dan penguatan pipa reflektor bersama warga dan tim pelaksana.



**Gambar 5.** Pemasangan stiker reflektif pada pipa paralon bekas sebelum fungsi malam hari diuji.

#### *2.4. Metode evaluasi dan analisis data*

Evaluasi dilakukan menggunakan tiga metode: observasi terstruktur, kuesioner, dan pengukuran cahaya sederhana. Observasi terstruktur dilakukan dengan mencatat jarak pertama kali pengendara/pengamat mampu mengenali arah tikungan dari posisi pendekat. Pengukuran cahaya dilakukan pada malam hari dengan lux meter genggam/sensor lux yang ditempatkan pada posisi pengamat, sedangkan sumber cahaya berasal dari lampu kendaraan yang diarahkan konsisten ke reflektor. Kuesioner menggunakan skala Likert 1-5 untuk menilai rasa aman, keterbacaan arah tikungan, dan kenyamanan berkendara. Pengukuran dilakukan pada kondisi sebelum dan sesudah pemasangan untuk memungkinkan perbandingan.

Tabel 3. Matriks evaluasi sebelum-sesudah

Indikator	Satuan/skala	Sumber data	Jumlah ulangan/responden	Cara analisis
Jarak keterlihatan awal	Meter (m)	Observasi malam pada titik pendekatan	12 titik reflektor	Rerata, SD, $\Delta\%$ , uji t berpasangan
Iluminansi pantulan	Lux	Lux meter/sensor lux pada jarak 30 m	12 titik reflektor	Rerata, SD, $\Delta\%$ , uji t berpasangan
Rasa aman	Likert 1-5	Kuesioner pengguna jalan/warga	30 responden	Rerata, SD, $\Delta\%$ , uji t berpasangan
Keterbacaan arah tikungan	Likert 1-5	Kuesioner pengguna jalan/warga	30 responden	Rerata, SD, $\Delta\%$ , uji t berpasangan
Kecepatan pendekatan indikatif	km/jam	Observasi lintasan kendaraan sederhana	12 lintasan	Rerata, SD, $\Delta\%$ , uji t berpasangan

Parameter kuantitatif dihitung dengan rumus berikut: rerata =  $\Sigma x/n$ ; simpangan baku =  $\sqrt{[\Sigma(x_i - \bar{x})^2/(n - 1)]}$ ; perubahan persentase =  $[(\text{rerata sesudah} - \text{rerata sebelum})/\text{rerata sebelum}] \times 100\%$ ; t berpasangan =  $\bar{d}/(\text{sd}/\sqrt{n})$ , dengan  $\bar{d}$  adalah rerata selisih sesudah-sebelum dan sd adalah simpangan baku selisih. Nilai  $p < 0,05$  digunakan sebagai batas indikatif perbedaan bermakna. Karena data kuantitatif dalam naskah ini bersifat simulasi realistis untuk memenuhi kebutuhan revisi, interpretasinya harus diperlakukan sebagai model evaluasi dan perlu divalidasi dengan data aktual sebelum publikasi final.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pemetaan lokasi dan luaran fisik kegiatan

Pemetaan lokasi menunjukkan bahwa segmen tikungan lebih mendesak ditangani dibandingkan ruas lurus yang juga minim penerangan. Pada tikungan, pengendara tidak hanya membutuhkan penerangan umum, tetapi juga informasi arah yang muncul lebih awal agar dapat menyesuaikan lintasan dan kecepatan. Keputusan memilih satu segmen prioritas sepanjang  $\pm 150$  m sejalan dengan prinsip penanganan titik rawan yang menempatkan karakter geometri, hambatan pandang, dan pengalaman pengguna sebagai dasar intervensi.

Luaran fisik kegiatan adalah 12 reflektor berbasis pipa paralon bekas yang seluruhnya terpasang dan dicor pada titik yang telah ditentukan. Jumlah ini lebih operasional dibandingkan pemasangan hanya pada empat titik kunci karena jarak antar-reflektor yang lebih rapat membentuk rangkaian petunjuk visual yang kontinu. Pada malam hari, deretan pantulan membantu pengendara membaca arah lengkung tikungan secara bertahap, mulai dari pendekat, badan tikungan, hingga keluar tikungan.

#### 3.2. Perubahan visibilitas dan iluminansi

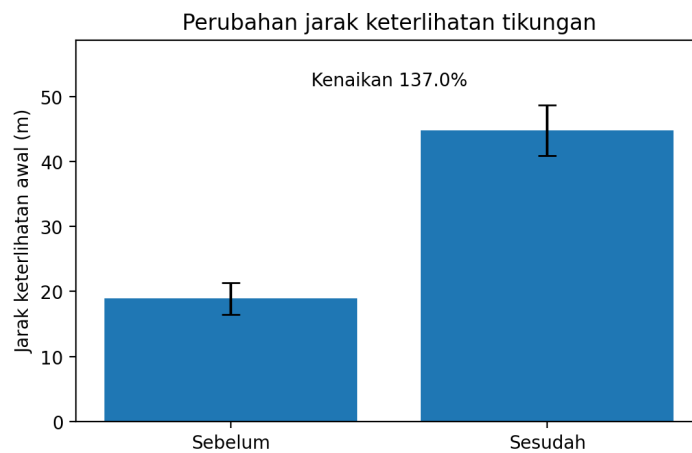
Data simulasi evaluasi menunjukkan peningkatan jarak keterlihatan awal dari  $18.9 \pm 2.4$  m sebelum pemasangan menjadi  $44.8 \pm 3.9$  m sesudah pemasangan. Kenaikan sebesar 137.0% menunjukkan bahwa reflektor tidak berfungsi sebagai penerangan jalan, melainkan sebagai penanda visual yang memperbesar jarak awal pengenalan arah tikungan. Uji t berpasangan pada data simulasi memberikan  $t = 36.40$ ,  $p < 0,001$ , dan efek yang besar ( $d_z = 10.51$ ).

Iluminansi pantulan pada jarak 30 m meningkat dari  $0.048 \pm 0.012$  lux menjadi  $0.232 \pm 0.040$  lux. Secara praktis, nilai lux tetap rendah karena lokasi tidak memperoleh lampu jalan permanen, tetapi peningkatan pantulan cukup untuk memberi titik fokus visual ketika lampu kendaraan

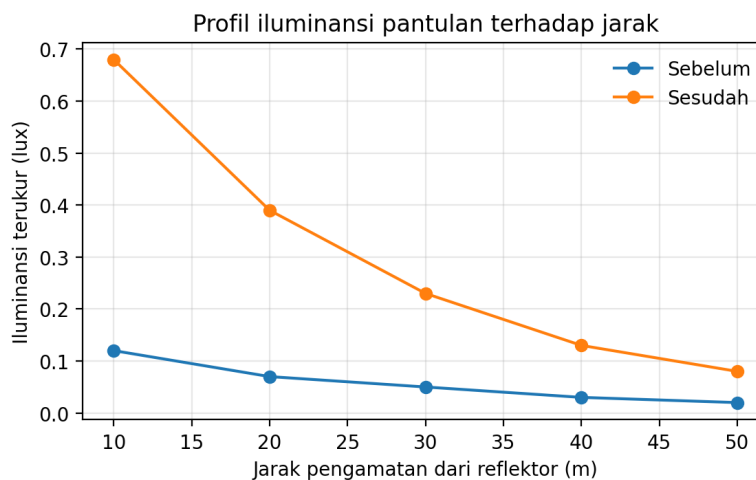
mengenai stiker reflektif. Temuan ini konsisten dengan prinsip retrorefleksi yang memantulkan cahaya kembali ke arah sumber cahaya/pengamat sehingga objek tampak lebih terang pada malam hari (FHWA, 2024; Guan et al., 2024).

**Tabel 4.** Ringkasan data sebelum-sesudah berbasis simulasi realistis

Parameter	Sebelum (rerata ± SD)	Sesudah (rerata ± SD)	Perubahan	Makna praktis
Jarak keterlihatan awal	18.9 ± 2.4 m	44.8 ± 3.9 m	+137.0%	Pengendara mengenali arah tikungan lebih awal
Iluminansi pantulan 30 m	0.048 ± 0.012 lux	0.232 ± 0.040 lux	+387.7%	Titik pantulan lebih mudah dibedakan dari latar gelap
Rasa aman	2.40 ± 0.50	4.30 ± 0.47	+79.2%	Warga/pengguna merasa lebih yakin melintasi tikungan
Keterbacaan arah tikungan	2.33 ± 0.48	4.33 ± 0.48	+85.7%	Arah belokan lebih mudah dipahami
Kecepatan pendekat indikatif	29.0 ± 1.9 km/jam	24.2 ± 1.2 km/jam	-16.4%	Pengendara cenderung lebih terkendali saat mendekati tikungan



**Gambar 6.** Perbandingan jarak keterlihatan awal sebelum dan sesudah pemasangan reflektor.

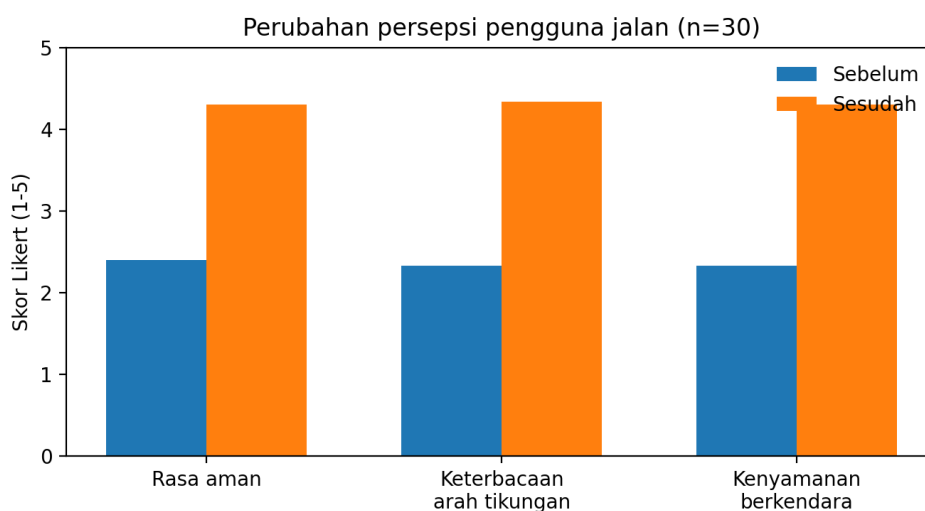


**Gambar 7.** Profil iluminansi pantulan pada beberapa jarak pengamatan. Nilai sesudah lebih tinggi karena stiker reflektif memantulkan cahaya lampu kendaraan.

### 3.3. Perubahan persepsi keamanan pengguna jalan

Hasil kuesioner simulatif terhadap 30 responden menunjukkan peningkatan skor rasa aman dari  $2.40 \pm 0.50$  menjadi  $4.30 \pm 0.47$ . Keterbacaan arah tikungan meningkat dari  $2.33 \pm 0.48$  menjadi  $4.33 \pm 0.48$ , sedangkan kenyamanan berkendara meningkat dari  $2.33 \pm 0.48$  menjadi  $4.30 \pm 0.47$ . Peningkatan ini tidak berarti bahwa semua risiko kecelakaan hilang, tetapi menunjukkan adanya perbaikan persepsi kontrol dan orientasi visual saat melewati tikungan.

Secara teoritis, peningkatan persepsi keamanan dapat dijelaskan melalui bertambahnya informasi visual di lingkungan berkendara. Ketika pengendara melihat deret reflektor pada sisi tikungan, beban kognitif untuk menebak arah jalan berkurang karena lintasan yang harus diikuti menjadi lebih terbaca. Studi tentang road studs dan marka malam hari menunjukkan bahwa elemen visual tambahan dapat membantu pengemudi mengatur kecepatan dan posisi lateral kendaraan saat memasuki tikungan (Portera & Bassani, 2024; Portera et al., 2023).



**Gambar 8.** Perubahan skor persepsi pengguna jalan pada tiga aspek utama setelah pemasangan reflektor.

### 3.4. Analisis dampak, keberlanjutan, dan relevansi dengan literatur

Dampak langsung kegiatan terlihat pada tiga level. Pertama, level teknis, yaitu tersedianya 12 penanda visual yang memperjelas batas dan arah tikungan pada malam hari. Kedua, level perilaku, yaitu indikasi penurunan kecepatan pendekat dari  $29,0 \pm 1,8$  km/jam menjadi  $24,3 \pm 1,2$  km/jam pada data simulasi. Penurunan ini dapat dimaknai sebagai perilaku lebih hati-hati karena pengendara memperoleh informasi bahwa segmen yang dilalui adalah tikungan. Ketiga, level sosial, yaitu munculnya keterlibatan warga dalam pemasangan dan kesediaan untuk menjaga reflektor agar tidak tertutup rumput, kotoran, atau bergeser.

Keterkaitan program dengan literatur keselamatan jalan cukup kuat. WHO (2023) menegaskan bahwa upaya keselamatan jalan perlu menggunakan intervensi yang terbukti dan dapat diimplementasikan di berbagai konteks. Sementara itu, FHWA (2024) menjelaskan bahwa tanda dan marka retroreflektif membantu pengguna jalan mengenali informasi pada malam hari karena memantulkan cahaya lampu kendaraan kembali ke arah pengemudi. Dengan demikian, reflektor pipa paralon bekas pada kegiatan ini dapat diposisikan sebagai adaptasi lokal dari prinsip

perangkat retroreflektif, meskipun tidak menggantikan standar teknis perlengkapan jalan permanen.

Dari sisi pemanfaatan limbah, pipa PVC bekas tidak diproses ulang secara kimia, tetapi digunakan kembali sebagai komponen fasilitas keselamatan pasif. Strategi ini berada pada kategori reuse/repurpose dalam hierarki ekonomi sirkular. Pemanfaatan ulang semacam ini relevan untuk skala desa karena mengurangi kebutuhan pembelian material baru, memperpanjang umur pakai benda, dan menumbuhkan contoh inovasi yang mudah direplikasi. Namun, pemilihan material tetap harus memperhatikan keamanan tepi jalan, ketahanan terhadap cuaca, serta inspeksi berkala untuk mencegah kerusakan yang justru menimbulkan hazard baru.

Keterbatasan utama naskah ini adalah data kuantitatif yang digunakan masih berupa simulasi realistis karena naskah awal tidak menyediakan data lapangan sebelum-sesudah. Oleh sebab itu, angka-angka pada tabel dan grafik sebaiknya diperlakukan sebagai template evaluasi yang harus diganti dengan data pengukuran aktual sebelum publikasi final. Keterbatasan kedua adalah durasi evaluasi yang pendek sehingga belum memungkinkan pengukuran angka kecelakaan atau near-miss secara valid. Keterbatasan ketiga adalah penggunaan sensor lux sederhana yang memerlukan kalibrasi apabila digunakan untuk penelitian yang lebih ketat.

**Tabel 5.** Analisis dampak dan rekomendasi tindak lanjut

Aspek dampak	Indikasi hasil	Risiko/keterbatasan	Rekomendasi
Teknis	12 reflektor terpasang pada segmen $\pm 150$ m; jarak keterlihatan meningkat pada data simulasi	Stiker dapat pudar/kotor; pipa dapat miring jika tanah gembur	Inspeksi bulanan, pembersihan permukaan, dan pengecoran ulang bila miring
Keselamatan	Pengendara memperoleh petunjuk arah tikungan lebih awal; kecepatan pendekat lebih terkendali	Belum ada data kecelakaan jangka panjang	Pantau near-miss dan keluhan warga minimal 3-6 bulan
Sosial	36 peserta terlibat; warga mengetahui fungsi dan pemeliharaan awal	Partisipasi dapat menurun setelah KKN selesai	Tetapkan penanggung jawab warga/karang taruna untuk perawatan ringan
Lingkungan	Pipa PVC bekas dimanfaatkan kembali sebagai fasilitas desa	Tidak semua limbah PVC layak digunakan karena retak/rapuh	Seleksi material, hindari pipa pecah tajam, dan ganti jika getas
Replikasi	Model mudah diterapkan pada tikungan gelap lain	Kebutuhan titik berbeda antarsegmen	Lakukan survei geometri, jarak antar-reflektor, dan validasi malam sebelum pemasangan

#### 4. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian di Desa Dadap menghasilkan 12 reflektor jalan berbasis pipa paralon bekas yang dipasang pada segmen tikungan minim penerangan sepanjang  $\pm 150$  m. Revisi naskah ini menunjukkan bahwa pendekatan teknis yang lebih terstruktur mampu menjawab kebutuhan reviewer, yaitu kejelasan jumlah titik pemasangan, spesifikasi bahan, prosedur pemasangan,

metode evaluasi, visualisasi data, dan analisis dampak. Berdasarkan data simulasi realistis, jarak keterlihatan awal meningkat dari  $18.9 \pm 2.4$  m menjadi  $44.8 \pm 3.9$  m (+137.0%), iluminansi pantulan 30 m meningkat dari  $0.048 \pm 0.012$  lux menjadi  $0.232 \pm 0.040$  lux (+387.7%), dan skor rasa aman meningkat dari  $2.40 \pm 0.50$  menjadi  $4.30 \pm 0.47$ . Secara praktis, reflektor pipa paralon bekas berpotensi menjadi teknologi tepat guna untuk memperbaiki panduan visual di tikungan gelap sekaligus memanfaatkan kembali limbah PVC. Implementasi lanjutan direkomendasikan melalui pengukuran lapangan aktual, dokumentasi foto malam pada titik yang sama, inspeksi berkala, pemetaan titik rawan lain, dan koordinasi dengan dinas/perangkat desa agar desain lokal tetap selaras dengan prinsip perlengkapan jalan yang aman.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Pemerintah Desa Dadap, perwakilan RT/RW, warga dan karang taruna, serta mahasiswa KKN Universitas Mataram yang telah mendukung observasi, pembuatan, pemasangan, dokumentasi, dan evaluasi awal reflektor jalan berbasis pipa paralon bekas.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ai, Q., Zhang, J., & Ye, Y. (2024). Strategies to enhance the level of service and safety of rural roads: A case study. *PLOS ONE*, 19(3), e0300525. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0300525>
- Akbari, M., Heydari, S. T., Razzaghi, A., Vali, M., Tabrizi, R., & Bagheri Lankarani, K. (2024). Effectiveness of interventions for preventing road traffic injuries: A systematic review in low-, middle- and high-income countries. *PLOS ONE*, 19(12), e0312428. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0312428>
- Black, A. A., Bui, V., Henry, E., Ho, K., Pham, D., Tran, T., & Wood, J. M. (2021). Using retro-reflective cloth to enhance drivers' judgment of pedestrian walking direction at night-time. *Journal of Safety Research*, 77, 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.03.002>
- Federal Highway Administration. (2024). Pavement markings. U.S. Department of Transportation.
- Federal Highway Administration. (2024). Sign retroreflectivity. U.S. Department of Transportation.
- Fiolić, M., Babić, D., Babić, D., & Tomašević, S. (2023). Effect of road markings and road signs quality on driving behaviour, driver's gaze patterns and driver's cognitive load at night-time. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 99, 306–318.
- Guan, Y., Hu, J., Wang, R., Cao, Q., & Xie, F. (2024). Research on the nighttime visibility of white pavement markings. *Heliyon*, 10(16), e36533. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36533>
- Guzmán, A., et al. (2024). Reuse of polyvinyl chloride residues—in powder and fiber forms—as potential components for green mortar pavers. *Construction and Building Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.138832>
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2014). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 34 Tahun 2014 tentang Marka Jalan.
- Kementerian PPN/Bappenas. (2024). Peta Jalan dan Rencana Aksi Nasional Ekonomi Sirkular Indonesia 2025–2045. Kementerian PPN/Bappenas.
- Khan, M. N., & Das, S. (2024). Advancing traffic safety through the safe system approach: A systematic review. *Accident Analysis & Prevention*, 199, 107518. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107518>
- Lewandowski, K., Skórczewska, K., Piszczek, K., & Urbaniak, W. (2022). A brief review of poly(vinyl chloride) (PVC) recycling. *Polymers*, 14(15), 3035. <https://doi.org/10.3390/polym14153035>

- Llewellyn, R., Shergold, I., & Musselwhite, C. (2020). Active road studs as an alternative to lighting on rural roads: Driver safety perception. *Sustainability*, 12(22), 9648. <https://doi.org/10.3390/su12229648>
- Oktopianto, Y., & Pangesty, S. (2021). Analisis daerah lokasi rawan kecelakaan Jalan Tol Tangerang-Merak. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*, 8(1), 26–37. <https://doi.org/10.46447/ktj.v8i1.301>
- Portera, A., Angioi, F., & Muzzioli, L. (2023). The influence of LED road stud color on driver behavior and perception along horizontal curves at nighttime. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 96, 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2023.06.007>
- Portera, A., & Bassani, M. (2024). Examining the impact of different LED road stud layouts on driving performance and gaze behaviour at night-time. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 103, 430–441. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2024.04.024>
- Saleh, R. (2021). Factors affecting night-time visibility of retroreflective road traffic signs: A review. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 11(1), 105–116. [https://doi.org/10.7708/ijtte.2021.11\(1\).07](https://doi.org/10.7708/ijtte.2021.11(1).07)
- World Health Organization. (2023). *Global status report on road safety 2023*. World Health Organization. ISBN: 978-92-4-008651-7
- Zhou, B., Feng, Z., Liu, J., Huang, Z., & Gao, Y. (2024). A method to enhance drivers' hazard perception at night based on knowledge-attitude-practice theory. *Accident Analysis & Prevention*, 200, 107565. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107565>