

INOVASI INFRASTRUKTUR JALAN MELALUI PENERAPAN REFLEKTOR SEBAGAI UPAYA MENDUKUNG KESELAMATAN PENGGUNA JALAN DI DESA TIMBANG LAWAN DUSUN VII

***Adinda Fatimah Azzahra, Zulham, Agus Saputra Sembiring, Hafiz azmi, Arsila
Surbakti, Nabila Anggraini, Mulia Rahma, Muhammad Imam Asri, Ismail
Hamdi Nasution, Robiatul Adawiyah**

Universitas Islam Negeri Sumatra Utara, Medan, Indonesia

* adindaftmhazzahra@gmail.com

Abstract

The study aims to design, independently produce, and analyze the effectiveness of installing low-cost reflective delineators in mitigating transportation hazards at sharp curves without public street lighting in Hamlet VII of Timbang Lawan Village, Bahorok Subdistrict, Langkat Regency, North Sumatra, which serves as the main transit corridor to the Bukit Lawang ecotourism area. The research methodology employed a descriptive qualitative approach based on collaborative participatory action between university academics and hamlet government officials. The intervention stages included mapping geometric hazards, analyzing the beam angles of motor vehicle headlights, the self-assembly of 16 poles made of 2.5-inch-diameter, 1-meter-long polyvinyl chloride (PVC) pipes wrapped in retroreflective sheeting, the installation of 25-centimeter-deep concrete foundations on both sides of the road shoulder on August 17, 2026, and a qualitative perception evaluation through in-depth interviews with various stakeholders. The research results demonstrated that the row of passive delineators successfully formed a visual guide curve that independently enhanced the visibility of the road's curvature when illuminated by vehicle headlights from both directions without an external power supply. Local residents, micro-entrepreneurs, tour guides, village youth, and hamlet heads confirmed improved clarity of the road's edge as well as reduced anxiety and the risk of accidents while driving at night. In practice, this self-funded physical engineering project totaling Rp300,000 demonstrates that appropriate-technology innovations can quickly and economically eliminate the hazards of blind spots while guiding the mobility of tourists unfamiliar with the hilly terrain. Theoretically, this study enriches the literature on community-based rural road safety management. In conclusion, the implementation of community-funded reflective posts has proven to be reliable, resistant to tropical climate conditions, energy-independent, and an effective model for rural transportation risk mitigation one that is ready to be replicated by other village governments across the region.

Keywords: Reflective Delineator, Road Safety, Infrastructure Innovation, Tourism Corridor.

Abstrak

Penelitian bertujuan merancang, memproduksi secara swadaya, serta menganalisis efektivitas pemasangan sarana delineator reflektif berbiaya rendah dalam memitigasi risiko bahaya transportasi pada tikungan tajam tanpa penerangan jalan umum di Dusun VII Desa Timbang Lawan, Kecamatan Bahorok, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara, yang berfungsi sebagai koridor perlintasan utama menuju kawasan ekowisata Bukit Lawang. Metode pelaksanaan menerapkan pendekatan kualitatif deskriptif berbasis aksi partisipatif kolaboratif antara akademisi perguruan tinggi dan aparat pemerintah dusun. Tahapan intervensi mencakup pemetaan kerawanan geometris, analisis sudut sorot lampu kendaraan bermotor, perakitan mandiri 16 unit tiang berbahan pipa polivinil klorida (PVC) berdiameter 2,5 inci dengan panjang 1 meter berbalut lembaran retroreflektif, pemancangan fondasi cor semen sedalam 25 sentimeter di kedua sisi bahu jalan pada 17 Agustus 2026, serta evaluasi persepsi kualitatif melalui wawancara mendalam bersama beragam pemangku kepentingan. Hasil penelitian membuktikan bahwa deretan delineator pasif berhasil membentuk kurva pemandu visual yang melipatgandakan visibilitas kelengkungan jalan secara mandiri tat kala terpapar berkas cahaya lampu kendaraan dari

kedua arah tanpa pasokan daya listrik. Warga lokal, pedagang mikro, pemandu wisata, pemuda desa, dan kepala dusun mengonfirmasi peningkatan kejelasan batas aspal serta penurunan rasa cemas dan risiko kecelakaan saat berkendara malam hari. Secara praktis, rekayasa fisik berbiaya swadaya total Rp300.000 membuktikan bahwa inovasi tepat guna mampu memutus rantai bahaya titik buta secara cepat dan ekonomis, sekaligus memandu mobilitas wisatawan yang belum menguasai medan perbukitan. Secara teoretis, kajian memperkaya literatur manajemen keselamatan transportasi jalan pedesaan berbasis aksi komunitas. Kesimpulannya, penerapan tiang reflektor swadaya terbukti andal, tahan terhadap paparan iklim tropis, mandiri energi, serta efektif menjadi model mitigasi risiko transportasi pedesaan yang siap direplikasi oleh pemerintah desa lain di berbagai penjuru wilayah.

Kata kunci: Delineator Reflektif, Keselamatan Jalan, Inovasi Infrastruktur, Koridor Wisata.

PENDAHULUAN

Pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur transportasi pedesaan memegang kedudukan strategis dalam mempercepat integrasi sosial, memperlancar distribusi barang, serta menjamin keselamatan mobilitas publik (Lestari et al., 2025). Sebagian besar jaringan jalan pedesaan di kawasan berkembang masih dihadapkan pada ketimpangan penyediaan sarana keselamatan lalu lintas dasar, terutama ketiadaan Penerangan Jalan Umum (PJU) serta ketiadaan marka pemandu visual (Ibrahim et al., 2022). Karakteristik geometris jalan pedesaan yang sempit, berkelok-kelok, serta diapit oleh lereng atau saluran drainase curam secara konstan menciptakan titik buta (*blind spot*) berbahaya bagi para pengguna jalan (Fika et al., 2025). Tat kala malam tiba, keterbatasan pencahayaan mereduksi jarak pandang secara drastis, sehingga persepsi spasial dan waktu reaksi pengemudi dalam mengantisipasi lekukan jalan menjadi sangat sempit.

Kerentanan spasial tersebut tampak nyata pada ruas jalan Dusun VII, Desa Timbang Lawan, Kecamatan Bahorok, Kabupaten Langkat. Koridor jalan permukiman tersebut memiliki geometri tikungan tajam yang sama sekali tidak memiliki fasilitas penerangan maupun rambu penuntun arah, sehingga menciptakan kondisi gelap gulita yang membahayakan keselamatan berkendara. Tingkat urgensi mitigasi risiko meningkat berlipat ganda mengingat lintasan tersebut berstatus sebagai salah satu akses utama menuju kawasan ekowisata alam unggulan di lingk ar Bahorok dan Bukit Lawang. Arus perlintasan malam hari tidak hanya diramaikan oleh masyarakat setempat, melainkan padat dilalui oleh pengunjung luar daerah serta wisatawan mancanegara yang hendak menuju pusat konservasi alam liar. Kelompok pengemudi luar daerah menghadapi risiko insiden lebih tinggi akibat ketiadaan penguasaan medan (*unfamiliar drivers*), ketidaktahuan terhadap derajat kurvatur tikungan, serta ketidakmampuan mendeteksi batas tepi aspal saat berpapasan dengan kendaraan lain (Tedi et al., 2025; Yogi Oktopianto et al., 2026).

Kajian keselamatan transportasi selama kurun waktu terakhir cenderung berpusat pada jalan arteri perkotaan atau jalan tol bebas hambatan, sementara koridor jalan pedesaan sering terabaikan dari evaluasi empiris yang terpadu (Nasution & Matondang, 2025). Sebagian besar program intervensi yang terdokumentasi dalam literatur keselamatan jalan kerap mengandalkan instalasi tiang penerangan bertenaga listrik konvensional ataupun lampu jalan tenaga surya (*solar cell*) padat modal (Tacda et al.,

2026). Pendekatan padat modal tersebut terbukti sulit diterapkan secara berkelanjutan di pedesaan akibat panjangnya antrean birokrasi alokasi dana daerah, tingginya beban perawatan jaringan, serta risiko pencurian modul baterai surya di lapangan (Delnorth, 2026). Di sisi lain, penyelidikan empiris yang menguji efektivitas rekayasa pembatas reflektif pasif mandiri (*frugal innovation*) berbasis material lokal pada koridor wisata pedesaan terpencil masih sangat langka, padahal pendekatan rekayasa tepat guna sangat mendesak guna memutus rantai bahaya kecelakaan secara cepat dan terjangkau (Fisu, 2025).

Menjawab kesenjangan tersebut, kebaruan gagasan pengabdian terletak pada rancang bangun delineator pemantul cahaya berbiaya rendah yang memanfaatkan material pipa polivinil klorida (PVC) berdiameter 2,5 inci sepanjang 1 meter, dibalut stiker retroreflektif mikropisma, serta diperkuat tumpuan cor semen swadaya. Berbeda dari penyediaan sarana marka pabrikan konvensional, rekayasa alat keselamatan mandiri dirancang tahan karat, adaptif terhadap terpaan iklim tropis, mandiri energi tanpa ketergantungan daya listrik, serta sanggup memantulkan berkas cahaya kendaraan dari dua arah laju secara optimal dengan total belanja material yang sangat terjangkau.

Berangkat dari landasan pemikiran tersebut, penulisan artikel bertujuan menganalisis proses perancangan rekayasa fisik, rasio efisiensi pembiayaan, serta efektivitas pemasangan 16 tiang delineator reflektif dalam melipatgandakan visibilitas malam hari pada tikungan tajam Dusun VII Desa Timbang Lawan.

Secara teoretis, artikel menyumbang pengayaan konsep manajemen keselamatan jalan berbasis masyarakat (*community based road safety*) pada koridor penyangga kawasan pariwisata pedesaan. Secara praktis, luaran intervensi menyediakan modul replikasi teknologi tepat guna yang teruji kokoh, berbiaya murah, serta siap diaplikasikan oleh pemerintah desa maupun tim akademisi lain dalam memitigasi titik rawan kecelakaan di berbagai pelosok daerah.

METODE PELAKSANAAN

Pendekatan kualitatif deskriptif diterapkan guna membedah fenomena mitigasi risiko kecelakaan jalan pedesaan secara mendalam, faktual, dan kontekstual (Creswell & Poth, 2018). Fokus kajian diarahkan pada penggambaran komprehensif mengenai perancangan rekayasa fisik, efisiensi fabrikasi bahan pipa PVC berbalut stiker retroreflektif, serta instalasi fondasi cor semen pada 16 titik bahu jalan di tikungan tajam Dusun VII, Desa Timbang Lawan, Kecamatan Bahorok, Kabupaten Langkat pada Agustus 2026. Penetapan lokasi didasarkan pada pertimbangan bertujuan mengingat rute tersebut berstatus sebagai koridor penghubung strategis menuju kawasan ekowisata Bukit Lawang yang gelap gulita tanpa fasilitas penerangan umum, dengan melibatkan kemitraan kolaboratif antara Dosen Pembimbing Lapangan, mahasiswa KKN UINSU pelaksana program, serta aparaturnya setempat.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik utama, yakni observasi langsung terhadap geometri tikungan sebelum dan sesudah intervensi fisik, studi dokumentasi anggaran pembiayaan serta spesifikasi teknis bahan, dan wawancara semi-terstruktur

kepada beragam pemangku kepentingan (Hamdalah et al., 2026). Penentuan informan melibatkan Kepala Dusun VII, tokoh warga, pelaku usaha mikro, pemuda desa, serta pemandu wisata guna mewujudkan triangulasi sumber demi menjamin keabsahan data empiris di lapangan. Seluruh rekaman data observasional dan transkrip wawancara dianalisis menggunakan teknik analisis interaktif yang mencakup tahapan kondensasi data tanggapan narasumber, penyajian data tematik ke dalam matriks komparasi visibilitas, serta penarikan kesimpulan akhir yang kredibel dan dapat dipertanggungjawabkan secara akademis (Sugiyono, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang Bangun dan Instalasi Fisik Delineator Reflektif Berbiaya Rendah

Realisasi intervensi fisik pada koridor transportasi Dusun VII Desa Timbang Lawan, Kecamatan Bahorok, Kabupaten Langkat, dilaksanakan bertepatan dengan momentum 17 Agustus 2026 melalui kerja kolaboratif kelompok Kuliah Kerja Nyata bersama perangkat dusun setempat. Rancang bangun delineator berpedoman pada prinsip pemanfaatan teknologi tepat guna (*frugal innovation*) yang memprioritaskan ketahanan struktur terhadap cuaca tropis serta kemudahan perakitan mandiri.

Material utama memanfaatkan batang pipa polivinil klorida (PVC) berdiameter 2,5 inci yang dipotong secara presisi sepanjang 1 meter per unit. Pemilihan diameter pipa tersebut memberikan kekakuan mekanis yang optimal terhadap terpaan angin kencang maupun getaran akibat laju kendaraan, sementara sifat material PVC menjamin ketahanan terhadap korosi air hujan maupun kelembapan tanah perbukitan.

Bagian puncak tiang pipa dilapisi lembaran stiker retroreflektif dengan lebar bidang pantul proporsional guna menangkap berkas cahaya kendaraan secara maksimal. Penanaman fisik mencakup 16 unit delineator yang disebar pada kedua sisi tikungan tajam. Setiap tiang ditanam ke dalam galian tanah sedalam 20 hingga 25 sentimeter lalu diperkuat menggunakan adukan cor semen, menyisakan tinggi tiang efektif sekitar 75 hingga 80 sentimeter di atas permukaan tanah. Ketinggian tersebut sejajar dengan sudut proyeksi lampu sorot dekat (*low beam*) kendaraan bermotor, sehingga pendaran cahaya kembali langsung tertuju ke sudut mata pengemudi tanpa menimbulkan distorsi silau (Badan Standardisasi Nasional, 2006). Keberhasilan pemasangan 16 tiang tersebut berlangsung lancar tanpa menjumpai kendala teknis ataupun penolakan sosial dari warga sekitar. Rincian spesifikasi teknis dan efisiensi pengeluaran belanja material disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Material, Volume Kerja, dan Realisasi Anggaran Pengadaan 16 Titik Reflektor Jalan

Komponen Bahan	Spesifikasi Teknis	Kuantitas	Biaya Satuan (Rp)	Subtotal Biaya (Rp)
Pipa Paralon (PVC)	Diameter 2,5 inci, panjang awal 9 meter (dipotong jadi unit 1 m)	2 batang	57.000	114.000
Stiker Reflektor	Lembaran retroreflektif tipe komersial berdaya rekat kuat	2 Gulung	53.000	106.000

Semen Fondasi	Semen portland hidrolis penstabil tanah	1 Sak	80.000	80.000
Realisasi Belanja	Fabrikasi Lengkap 16 Unit Delineator Mandiri	TOTAL		Rp 300.000

Data anggaran pada Tabel 1 menunjukkan bahwa total alokasi dana sebesar Rp300.000 mampu menghasilkan 16 sarana pembatas jalur yang fungsional. Bila dibandingkan pengadaan rambu pabrikan logam atau tiang lampu bertenaga surya yang menyerap jutaan rupiah per titik, perakitan mandiri tersebut membuktikan efisiensi belanja yang sangat masif bagi tata kelola anggaran infrastruktur desa (Jakaria et al., 2025; Wijaya, 2026).

Peningkatan Visibilitas Geometri Tikungan Malam Hari pada Koridor Wisata

Pemasangan 16 tiang delineator reflektif membawa perubahan mendasar terhadap karakter spasial dan visibilitas tikungan Dusun VII pada waktu malam. Koridor jalan tersebut memiliki peran ganda yang strategis, yakni melayani mobilitas harian warga desa sekaligus menjadi jalur perlintasan utama menuju destinasi ekowisata alam liar Bahorok dan Bukit Lawang. Sebelum tindakan pemasangan dilakukan, ketiadaan tiang Penerangan Jalan Umum (PJU) menyebabkan area tikungan tajam tenggelam dalam kegelapan pekat. Pengendara yang belum memahami medan, terutama wisatawan pendatang serta pengemudi kendaraan sewa, kerap mengalami disorientasi ruang akibat ketidakmampuan membaca sudut kelengkungan aspal sebelum kendaraan mendekati bibir kelokan.

Pola penempatan tiang dilakukan secara berimbang di kedua sisi badan jalan (sisi kiri dan kanan tikungan). Konfigurasi bilateral tersebut membentuk deretan panduan optik berkesinambungan (*continuous optical guidance*) yang memetakan batas geometri jalan dari jarak puluhan meter. Ketika lampu kendaraan dari arah permukiman maupun dari arah kawasan wisata menerpa deretan tiang, lembaran retroreflektif secara otomatis membiaskan kembali berkas cahaya langsung ke mata pengendara. Sorotan balik tersebut memandu pengemudi dalam menentukan momen perlambatan kecepatan (*deceleration*) serta menjaga posisi kendaraan tetap berada pada lajur yang aman, sehingga risiko tabrakan antarah maupun kendaraan tergelincir ke luar bahu aspal dapat ditekan secara nyata (Ulya et al., 2026). Matriks perbandingan kondisi keselamatan jalan sebelum dan sesudah kegiatan dipaparkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Matriks Komparasi Kondisi Keselamatan Koridor Jalan Dusun VII Sebelum dan Sesudah Pemasangan Reflektor

Parameter Evaluasi	Kondisi Sebelum Pelaksanaan	Kondisi Pascapelaksanaan
Visibilitas Kelengkungan Tikungan	Lengkung tikungan tersembunyi dalam kegelapan pekat, menciptakan titik buta (blind spot) berbahaya.	Berkas pantulan stiker membentuk garis pandu yang jelas saat terpapar sorot lampu kendaraan dari jarak jauh.
Penegasan Batas Bahu Jalan	Tepian aspal kabur dan membur dengan vegetasi semak tepi jalan.	Batas terluar badan jalan terdefinisi tegas melalui deretan 16 tiang reflektif di kedua sisi kelokan.

Pola Pengendalian Laju Kendaraan	Pengendara cenderung mengerem mendadak tepat di muka belokan karena lambat menyadari tikungan.	Pengendara melakukan penyesuaian kecepatan secara terencana sejak mendeteksi pendar cahaya tiang.
Kenyamanan Pengemudi Wisatawan	Menimbulkan ketidakpastian arah dan kecemasan tersesat bagi pengunjung luar daerah	Memberikan rasa aman dan kepastian navigasi bagi wisatawan yang menuju destinasi wisata alam.
Ketergantungan Pasokan Energi	Membutuhkan pasokan arus listrik berkala apabila memanfaatkan lampu penerangan konvensional	Beroperasi mandiri secara pasif tanpa daya listrik PLN serta bebas risiko pemadaman arus.

Resonansi Persepsi Pemangku Kepentingan terhadap Keamanan dan Kelancaran Berkendara

Pengukuran efektivitas intervensi fisik didukung oleh penggalian persepsi kualitatif mendalam terhadap seluruh lapisan pemangku kepentingan desa. Evaluasi berfokus pada pertanyaan terbuka: “Menurut Bapak/Ibu, apakah setelah dipasang reflektor, tikungan lebih mudah terlihat pada malam hari?”. Seluruh narasumber memberikan konfirmasi positif mengenai keberadaan sarana pemantul cahaya tersebut. Rekapitulasi respon narasumber terangkum pada Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi Respon Kualitatif Pemangku Kepentingan terhadap Pemasangan Reflektor Jalan

Kategori Informan	Narasumber / Kode	Transkripsi Pernyataan Warga	Temuan Makna Evaluatif
Warga Permukiman	PE	Kondisi sekarang pada waktu malam reflektor sangat berguna bagi pendatang, yang mana Desa Timbang Lawan adalah jalan menuju tempat wisata jadi terlihat lebih nampak tikungannya.	Penegasan fungsi pemandu arah jalan bagi pengguna eksternal yang melintasi koridor wisata desa.
Tokoh Masyarakat	TA	Bagi warga sekitar reflektor membantu meningkatkan keterlihatan tikungan ketika terkena cahaya kendaraan.	Keterlihatan kontur tikungan meningkat tajam berkat paparan cahaya lampu kendaraan warga.
Pelaku Usaha Mikro	IE	Saat sudah ada reflektor tikungan jadi lebih mudah dikenali karena ada pantulan cahaya dari reflektornya.	Pengenalan bentuk belokan menjadi jauh lebih mudah, mendukung kenyamanan lingkungan sekitar.
Pemuda	FZ	Reflektor terlihat pada malam hari, jadi bagi para wisatawan baru sangat bermanfaat mengingat desa timbang lawan aksesnya para wisatawan asing lewat menuju bukit lawang.	Konfirmasi peran strategis jalan sebagai rute pelancong mancanegara menuju destinasi ekowisata
Praktisi Pariwisata	RM	Pemilihan tempatnya bagus, karena jalan memang jalan yang sering dilewati orang kalau malam, apalagi yang mau menuju ke tempat wisata.	Validasi ketepatan lokasi intervensi pada titik rawan yang padat mobilitas

			kendaraan wisatawan malam hari.
Pemerintahan Dusun	HG	Cocok memang dipasang di tikungan, untuk orang yang baru lewat mungkin kurang tahu kalau ada tikungan. Sekarang sudah ada tanda, jadi lebih jelas.	Legitimasi formal aparatatur wilayah terhadap peningkatan kepastian visual dan keselamatan pengguna.

Analisis terhadap data wawancara pada Tabel 3 memperlihatkan konvergensi pandangan antara masyarakat lokal, pelaku sektor wisata, serta pamong praja desa. Dari dimensi navigasi perlintasan, pernyataan Pak PE, FZ, dan pemandu wisata Pak RM membuktikan bahwa manfaat sarana pemantul cahaya melampaui kepentingan domestik dusun. Keberadaan tanda visual tersebut memberikan bimbingan arah yang vital bagi wisatawan nusantara maupun mancanegara yang baru pertama kali melintasi wilayah Bahorok menuju Bukit Lawang. Kesaksian Ibu IE dan TA memperkuat pembuktian teknis bahwa lembaran retroreflektif merespons sorot lampu secara presisi, memudahkan identifikasi batas aspal dan menurunkan ketegangan saat berkendara malam. Pernyataan HG memberikan pengakuan legitimasi bahwa penempatan 16 tiang delineator pada tikungan tajam merupakan keputusan spasial yang tepat sasaran dalam memitigasi potensi kecelakaan lalu lintas di tingkat pedesaan.

Pembahasan

Keberhasilan peningkatan visibilitas pada tikungan tajam Dusun VII selaras dengan prinsip dasar ergonomi visual pengemudi, di mana persepsi kedalaman dan pemetaan spasial manusia terdegradasi secara tajam dalam kondisi iluminasi rendah (Suhardi et al., 2023). Ketiadaan penerangan jalan umum menyebabkan mata pengendara kehilangan titik acuan visual tepi jalan, sehingga memicu kesalahan kalkulasi derajat kurvatur kelokan serta meningkatkan risiko tabrakan (Samsudin et al., 2024; Sefiyuchanna Sefiyuchanna et al., 2026). Pemanfaatan lembaran retroreflektif pada tiang delineator bekerja memanfaatkan prinsip pembiasan mikropisma, yang memantulkan kembali berkas cahaya lampu kendaraan secara terarah menuju sudut mata pengemudi tanpa menimbulkan efek silau yang mengaburkan pandangan (Badan Standardisasi Nasional, 2006). Respons optik pasif tersebut secara simultan mengaktifasi kesadaran kognitif pengendara dari kejauhan, sehingga batas lengkung jalan yang semula terselubung kegelapan pekat dapat teridentifikasi secara jelas jauh sebelum kendaraan memasuki zona kritis belokan.

Pola penataan 16 tiang pemantul yang tersebar simetris di kedua sisi jalan menghadirkan kurva panduan optik berkelanjutan yang sangat krusial bagi stabilitas laju kendaraan. Penempatan delineator pada sisi luar dan dalam kelokan terbukti membentuk pagar batas visual yang menuntun trajektori kemudi secara presisi, sebagaimana diidentifikasi dalam kajian rekayasa marka jalan pedesaan. Kehadiran kontur penuntun tersebut memengaruhi perilaku berkendara secara positif dengan mendorong pengemudi melakukan deselerasi atau penurunan kecepatan secara bertahap sejak jarak aman (Yogi

Oktopianto et al., 2026), alih-alih melakukan manuver pengereman mendadak tepat di mulut kelokan (Firmansah et al., 2025). Transformasi respons berkendara tersebut secara efektif mereduksi potensi selip ban, benturan antar-kendaraan dari arah berlawanan, maupun risiko kendaraan terperosok ke dalam parit bahu jalan.

Karakter koridor jalan Dusun VII sebagai akses penyangga menuju kawasan konservasi ekowisata Bahorok dan Bukit Lawang menempatkan keselamatan berkendara pada tingkat signifikansi yang lebih luas. Temuan lapangan mengonfirmasi bahwa pengguna jalan di rute perlintasan tersebut tidak hanya tersusun atas penduduk lokal, melainkan padat dilalui wisatawan domestik serta mancanegara yang minim pemahaman terhadap kondisi medan (Azgara et al., 2026; Rachman et al., 2025). Pengemudi yang belum mengenali rute (*unfamiliar drivers*) memiliki kerentanan psikologis yang jauh lebih tinggi terhadap bahaya titik buta (*blind spot*) perbukitan, mengingat ekspektasi geometris jalan pedesaan kerap berbeda dari jalan arteri perkotaan. Adanya pemandu retroreflektif memberikan kepastian navigasi yang menenangkan, memangkas kebingungan rute saat malam hari, serta menjamin kelancaran arus transportasi wisatawan menuju destinasi wisata alam unggulan daerah.

Ditinjau dari perspektif manajemen infrastruktur desa, penerapan teknologi tepat guna berbiaya rendah (*frugal innovation*) melalui rekayasa pipa PVC cor semen mencerminkan efisiensi belanja yang sangat luar biasa. Alokasi pembiayaan swadaya sebesar Rp300.000 untuk memproduksi 16 unit tiang pembatas membuktikan bahwa solusi mitigasi kecelakaan tidak selalu harus bertumpu pada proyek kelistrikan beranggaran masif dari pemerintah daerah (Djamaris & Asmi, 2024; Lutfi Cahyanto et al., 2025). Opsi penerangan konvensional maupun lampu tenaga surya (*solar cell*) kerap menghadapi kendala tingginya biaya instalasi awal, ketergantungan pada suku cadang baterai, serta kerentanan terhadap aksi vandalisme atau pencurian komponen modul surya di pelosok pedesaan (Bunahri, 2023; Raniprima et al., 2025; Shobirin et al., 2025). Sebaliknya, struktur delineator pipa PVC setinggi 1 meter bertumpu fondasi semen menawarkan ketahanan jangka panjang terhadap korosi cuaca tropis, kemudahan perawatan lokal, serta kemandirian fungsi tanpa membutuhkan pasokan daya listrik harian.

Kuatnya penerimaan sosial masyarakat terhadap instalasi tiang pemantul mencerminkan konvergensi kepentingan antara keselamatan mobilitas warga, kelancaran niaga mikro, serta tata kelola pemerintahan dusun. Pernyataan afirmatif dari Kepala Dusun Herman Ginting, pelaku usaha warung, pemuda, hingga tokoh warga memvalidasi bahwa intervensi fisik menjawab kebutuhan riil masyarakat terhadap rasa aman (Creswell & Creswell, 2018). Keterlibatan aktif aparaturnya wilayah dan warga dalam perancangan maupun penentuan titik rawan membangkitkan rasa memiliki yang tinggi terhadap fasilitas keselamatan yang dibangun (Eviany & Sutiyo, 2023). Legitimasi sosial tersebut menjadi faktor penentu utama bagi keberlanjutan fungsi sarana di lapangan, di mana warga secara sukarela turut menjaga dan merawat tiang-tiang penanda dari kerusakan fisik maupun gangguan vegetasi liar tepi jalan.

Secara keseluruhan, temuan pengabdian menegaskan bahwa pembenahan infrastruktur keselamatan transportasi pedesaan dapat diwujudkan melalui skema intervensi berbasis aksi komunitas yang adaptif dan terukur. Rekayasa fisik sederhana berdaya pantul tinggi membuktikan keandalan operasional dalam melipatgandakan visibilitas malam hari sekaligus menghadirkan dampak psikologis berupa ketenangan berkendara bagi seluruh pengguna jalur. Model delineasi pasif berbiaya rendah tersebut memberikan preseden serta cetak biru aplikatif bagi pemangku kebijakan desa lain di berbagai penjuru nusantara yang menghadapi keterbatasan fiskal serupa dalam memitigasi titik buta kecelakaan transportasi di wilayah masing-masing.

Kebaruan penelitian terletak pada perumusan model rekayasa keselamatan jalan tepat guna (*frugal innovation*) berbasis swadaya material lokal yang menjembatani keterbatasan fasilitas pada koridor wisata pedesaan tanpa ketergantungan daya listrik. Sebagian besar kajian terdahulu menitikberatkan intervensi keselamatan pada pemasangan rambu konvensional pabrikan berbiaya tinggi atau instalasi lampu tenaga surya padat modal yang rentan menghadapi kendala pemeliharaan serta ancaman pencurian modul baterai di pelosok daerah. Melalui pemanfaatan pipa polivinil klorida (PVC) berdiameter 2,5 inci yang dipadukan bersama lembaran retroreflektif berketinggian ergonomis serta fondasi cor semen berbiaya total Rp300.000 untuk 16 titik tiang, program pengabdian menghadirkan terobosan delineasi pasif bilateral yang teruji kokoh, adaptif terhadap cuaca tropis, dan secara presisi mengeliminasi titik buta (*blind spot*) perlintasan wisatawan maupun warga lokal.

Implikasi penelitian mencakup ranah teoretis, praktis, serta perumusan kebijakan tata kelola infrastruktur desa. Secara teoretis, temuan lapangan memperkaya literatur manajemen keselamatan jalan berbasis komunitas (*community-based road safety*) dengan membuktikan bahwa konsistensi isyarat visual berkesinambungan sanggup merekayasa perilaku deselerasi pengemudi yang belum menguasai medan (*unfamiliar drivers*) dalam kondisi pencahayaan minim. Secara praktis dan kebijakan, luaran kegiatan menyediakan cetak biru (*blueprint*) aplikatif bagi pemerintah desa maupun lembaga pengabdian masyarakat untuk menanggulangi kerawanan transportasi pedesaan secara mandiri, cepat, dan terukur tanpa harus menunggu siklus birokrasi alokasi anggaran daerah yang berdurasi panjang. Pendekatan intervensi fisik berbiaya terjangkau menjamin keberlanjutan ekosistem pariwisata daerah melalui penciptaan rasa aman berkendara yang menopang stabilitas aktivitas ekonomi masyarakat secara menyeluruh.

KESIMPULAN

Program intervensi infrastruktur jalan melalui rekayasa dan pemasangan 16 tiang delineator reflektif mandiri di Dusun VII Desa Timbang Lawan, Kecamatan Bahorok, Kabupaten Langkat, terbukti berhasil menuntaskan permasalahan titik buta pada area tikungan tajam yang minim penerangan jalan umum. Pemanfaatan material pipa polivinil klorida (PVC) berukuran 2,5 inci setinggi 1 meter dengan balutan stiker retroreflektif dan fondasi cor semen menghasilkan batas visual yang kokoh, berdaya tahan tinggi terhadap iklim tropis, serta bekerja optimal tanpa bergantung pada suplai daya listrik. Evaluasi pascainstalasi menegaskan bahwa pancaran cahaya balik dari kedua sisi badan jalan

secara efektif melipatgandakan visibilitas geometri tikungan pada malam hari, meningkatkan rasa aman para pengguna jalan lokal, serta memandu keselamatan wisatawan mancanegara maupun domestik yang melintasi koridor utama menuju destinasi ekowisata Bukit Lawang.

Alokasi pembiayaan swadaya sebesar Rp300.000 membuktikan bahwa rekayasa tepat guna (*frugal innovation*) berbasis partisipasi kolaboratif mampu menjadi solusi taktis berdaya jangkau tinggi di tengah keterbatasan alokasi fiskal pembangunan daerah. Legitimasi dari aparat pemerintah dusun serta penerimaan antusias dari warga, pemuda, pedagang, dan praktisi pariwisata memperkuat kepemilikan sosial guna menjamin pemeliharaan sarana secara berkelanjutan. Sebagai rekomendasi keberlanjutan, model delineasi pasif mandiri layak diadopsi dan direplikasi oleh pemerintah desa lain dalam menata mitigasi risiko bahaya transportasi pada kawasan perlintasan pedesaan, sembari membuka ruang bagi studi lanjutan untuk memantau durabilitas material dalam rentang waktu multi-tahun di bawah paparan dinamika cuaca ekstrem.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhara, Z., Dewi, N. D., Haryadi, Y., Muhammad Sandi, Sheptia Amelia Putri, Mutia Agita Ardianti, Haura Syahla Nurazizah, Avila Elvana Zahra, Muadz Romzanul Haq, Muhammad Fauzan Kamali, Nisa Septia Wulandari, & Hidayah, Z. Z. N. (2026). Peningkatan Visibilitas dan Keselamatan Pengguna Jalan melalui Pemasangan Reflektor Dengan Dukungan Masyarakat dalam Kegiatan Kuliah Kerja Nyata di Desa Pamulihan, Kabupaten Sumedang: Pengabdian. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 5(1 SE-Articles), 3837–3844. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v5i1.7922>
- Bunahri, R. R. (2023). Analisis Perbandingan Ekonomis Penggunaan Penerangan Jalan Umum Solar Cell dengan Penerangan Jalan Umum Konvensional di Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo. *SKY EAST: Education of Aviation Science and Technology*, 1(1), 68–79. <https://doi.org/10.61510/east.v1i1.10>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Djamaris, A., & Asmi, A. (2024). *Mitigasi Risiko Proyek Konstruksi di Indonesia*. Universitas Bakrie Press.
- Eviany, E., & Sutiyo, S. (2023). *Perlindungan masyarakat: Penyelenggaraan ketentraman, ketertiban umum, dan manajemen kebencanaan*. Nas Media Pustaka.
- Fika, N., Hakzah, H., & Andriyani, A. (2025). Analisis Geometrik Jalan Menggunakan Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021 (Studi Kasus: Jenderal Sudirman Kota Parepare). *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), 469–477. <https://doi.org/10.29103/tj.v15i2.1270>
- Firmansah, A. Y., Muzekki, S., & Januar, L. R. (2025). Pemasangan Reflektor Lampu Jalan untuk Peningkatan Keselamatan dan Kenyamanan Warga Desa Pacanggaan KKN 01 STKIP PGRI Sampang 2025. *Journal of Community Service (JCOS)*, 3(4), 180–189. <https://doi.org/10.56855/jcos.v3i4.1738>
- Fisu, A. A. (2025). *Rute Sunyi dan Jalan Terjal: Transportasi Pedesaan Indonesia (Silent Route and Rugged Path: Rural Transportation in Indonesia)*. Penerbit Shofia.
- Hamdalah, M. S. R., Fitdaturrahmi, F., Soripada, T. R., Masyuhri, M. D., Yasmin, D. N.,

- Syahru, M., Zahra, A., Putri, R. A., Sinaga, N. R., & Saragih, N. Z. H. (2026). Kajian Deskriptif Kesehatan Mental Masyarakat Desa Waq Toweren Berdasarkan Skrining Srq Dan Sdq Melalui Program Suara Hati Desa. *DEVELOPMENT: Journal of Community Engagement*, 5(2), 403–414. <https://doi.org/https://doi.org/10.46773/vw4mg143>
- Ibrahim, S., Kurniadi, S. P., & MM, C. Q. M. (2022). *Public-Private Partnership: Tata Kelola Penyediaan Penerangan Jalan*. Deepublish.
- Jakaria, M. N., Wantoro, W., Aji, S. S., Krisdanarti, D., Susana, Y., Rahmadani, I. K., Situmorang, U. S., Serliani, D., Khasanah, L. N., & Uswaha, S. W. (2025). Implementasi Inovasi Pemanfaatan Paralon sebagai Reflektor Jalan dalam Upaya Mewujudkan Lingkungan Berkendara yang Lebih Aman di Desa Soborejo. *Jurnal Akademik Pengabdian Masyarakat*, 3(6), 270–277. <https://ejurnal.kampusakademik.co.id/index.php/japm/article/view/7136>
- Lestari, S., Susanto, A., & Wahib, M. (2025). Revitalisasi Akses Transportasi: Strategi untuk Memperbaiki Pendapatan Komunitas Pedesaan di Indonesia. *JOURNAL OF ECONOMICS, BUSINESS, MANAGEMENT, ACCOUNTING AND SOCIAL SCIENCES*, 3(3), 148–158. <https://doi.org/10.63200/jebmass.v3i3.190>
- Lutfi Cahyanto, I., Ali, M., & Nurohmah, H. (2025). Perencanaan Pencahayaan Lampu Jalan Dengan Simulasi Dialux Untuk Efisiensi Energi. *Jurnal FORTECH*, 6(1), 9–17. <https://doi.org/10.56795/fortech.v6i1.6102>
- Nasution, A., & Matondang, M. M. (2025). Laik Fungsi Jalan Provinsi Berdasarkan Peraturan Gubernur Sumatera Utara Nomor 48 Tahun 2023 Tentang Rencana Aksi Keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Tahun 2024-2028 dan Perspektif Siyasah Dusturiyah. *AL-SULTHANIYAH*, 14(2), 551–567. <https://doi.org/10.37567/al-sulthaniyah.v14i2.4288>
- Rachman, Z., Rafi, M., Punggawa, A., Hariani, B. P., Marshanda, Y., Mahardi, A. P., Silalahi, R. P., Rukmana, E., Isya, Y. N., Ardinonsyah, M. R., Saffalefi, M. F., & Junior, O. (2025). Optimalisasi Penerangan Jalan Non-Listrik Dengan Pemasangan Reflektor Jalan Untuk Menghindari Kecelakaan Oleh Mahasiswa Kkn Di Desa Pengambang Jaya, Kelurahan Limbungan, Kecamatan Rumbai Timur, Kota Pekanbaru Tahun 2025. *Jurnal Gembira: Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(06 SE-Articles), 2721–2728. <https://gembirapkm.my.id/index.php/jurnal/article/view/1399>
- Raniprima, S., Roihan, M., & Dorand, P. (2025). Pemasangan Solar Cell sebagai Tenaga Listrik Alternatif untuk Penerangan Lampu Kelas di Sekolah Menengah Kejuruan Voctech 1 Tangerang. *The Proceeding of Community Service and Engagement (COSECANT) Seminar*, 5(1 SE-Articles). <https://journals.telkomuniversity.ac.id/cosecant/article/view/9322>
- Samsudin, D. M., Rozi, A. N., Salsa, C. N., Fiansyah, H. Al, Isfahaldi, M. M., Priyatna, I. R., & Besari, S. N. (2024). Penerapan SDG'S di Desa Petirhilir Berupa Pemasangan Reflektor Jalan (Cat Eye). *Jurnal Pengabdian Masyarakat Terapan*, 1(1), 10–17. <https://doi.org/10.20884/1.jupiter.1.1.10>
- Sefiyuchanna Sefiyuchanna, Nur Baiti Jannati, Tyastiana Tyastiana, Dina Lutfi Azizi, Gian Adfad, Intan Ramadhany, Khofifah Nur Hasanah, Krisna Dwi Hartanto, Muhammad Miftakhus Salam, Muhammad Rafi Firnanda, Ni'matul Holisoh, Rifig Al Wafaa, Riza Maysharoh, Sylvia Wulandari, Tiya Feza Qarina, & Yuangga Ilham Akbar. (2026). Peningkatan Visibilitas dan Keselamatan Pengguna Jalan melalui Pemasangan Reflektor Jalan dan Penerangan Jalan Umum Berbasis Sensor Photocell

- di Desa Kemejing. *ARDHI: Jurnal Pengabdian Dalam Negri*, 4(1), 01–12. <https://doi.org/10.61132/ardhi.v4i1.1859>
- Shobirin, M. S., Parta, N. A., Sahri, S., & Wahrudin, B. (2025). Penerapan Teknologi Tenaga Surya untuk Meningkatkan Penerangan dalam Aktivitas Ekonomi di Desa Cupak. *Jumat Informatika: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(1), 1–5. <https://doi.org/10.32764/abdimasif.v6i1.5312>
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kualitatif*. ALFABETA.
- Suhardi, B., Rosyidasari, A., & Adhitya, K. F. (2023). *Ergonomi Transportasi Implementasi Desain Rambu-Rambu Lalu Lintas Dan Model Fitness For Duty*. Deepublish.
- Tacda, E. A., Acero, M. R. C., Damo, D. M., Medalle, J. B., Cabahug, N. A., & Ramos, J. E. L. (2026). Comparative Techno-Economic Analysis of Solar Powered and Hybrid Streetlight Configurations in Rural Areas: A Case Study in Magallanes, Agusan del Norte. *2026 23rd International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, 227–233. <https://doi.org/10.1109/ECTI-CON68836.2026.11608904>
- Tedi, T. O., Nursusanto, U., Prioyono, W., Rosyadi, S., & Hartoyo, H. (2025). Sistem Penerangan Jalan Pintar Otomatis-Manual Berbasis Pengabdian Masyarakat untuk Keselamatan Ketenagalistrikan. *Amaliah: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9(1), 87–103. <https://jurnal-lp2m.umnaw.ac.id/index.php/AJPKM/article/view/4729>
- Ulya, J. N., Azizah, N., & Vrawati, M. (2026). Inovasi Delineator Pole Berbahan Paralon dengan Reflektor untuk Meningkatkan Keselamatan dan Visibilitas Jalan di Desa Klepu. *Madaniya*, 7(2 SE-Artikel), 914–922. <https://doi.org/10.53696/27214834.1729>
- Wijaya, M. (2026). *Revitalisasi Pembangunan Daerah: Inovasi, Kolaborasi dan Efisiensi dalam Manajemen Pemerintahan Daerah*. Eureka Media Aksara.
- Yogi Oktopianto, S. T., Murdianingtyas, A. T., Tra, S. T., & Ayu, B. P. S. B. R. (2026). *GEOMETRI JALAN DAN KESELAMATAN LALU LINTAS: Memahami Risiko Kecelakaan dari Bentuk dan Kondisi Jalan*. Pustaka Aksara.