TEKNOSIAR
HTTPS://E-JOURNAL.UNIFLOR.AC.ID/INDEX.PHP/TEKNOSIAR
p ISSN 1907-5297
e ISSN 2721-2270

Integrasi Parameter Keselamatan Proaktif dan Kinerja Oprasional Pada Persimpangan Tanpa Sinyal (Tinjauan Literatur Sistematis)

Jova Adi Clario[1*], Ridha Alfata[2], Muhammad Iqbal[3]
[123]Program Studi Transportasi Darat, Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD Bekasi, Indonesia
[*)]Penulis korespondensi, *e-mail: jovaadic@gmail.com*

Received: 27 Juni 2026 **Revised:** 16 Juli 2026 **Accepted:** 18 Juli 2026

ABSTRACT
Unsignalized intersections represent critical points within road transport networks, as decisions to cross, stop, and yield heavily depend on drivers' assessments of safe gaps, the speed of oncoming vehicles, and the geometric conditions of the intersection. This study aims to identify the causal factors of traffic accidents at unsignalized intersections, determine the dominant factors most frequently cited in the literature, and formulate mitigation recommendations based on traffic engineering and road safety management. The research employs a Systematic Literature Review (SLR) approach, examining relevant scientific articles, technical reports, and road capacity manuals. Literature was sourced from Google Scholar, ScienceDirect, and IEEE Xplore using keywords such as unsignalized intersection, traffic accident, traffic conflict, accident factors, and intersection safety.The synthesis results indicate that accidents at unsignalized intersections are not caused by a single isolated factor, but rather result from the interaction between human, infrastructure, vehicle, and environmental factors. The human factor emerged as the most dominant determinant, characterized by poor gap acceptance errors, aggressive queuing behavior, low compliance with the right-of-way, and erratic driving patterns in mixed traffic conditions. Infrastructure factors exacerbate these risks through limited sight distance, faded or unclear pavement markings, a lack of priority signs, and side friction. Furthermore, the analysis shows that crossing conflicts carry a high risk, particularly when the Time to Accident (TTA) falls within a critical threshold. A degree of saturation exceeding 0.85 deteriorates the intersection's operational conditions and induces gap-forcing behavior. This study recommends road safety audits, geometric improvements, the installation of priority signs, side friction control, the implementation of traffic lights at saturated intersections, and the development of conflict monitoring systems based on Intelligent Transportation Systems (ITS).

Keywords: *Traffic accidents, unsignalized intersection, Traffic Conflict Technique, gap acceptance, road safety*

ABSTRAK
Persimpangan tanpa sinyal merupakan titik rawan dalam jaringan transportasi jalan karena keputusan melintas, berhenti, dan memberi prioritas sangat bergantung pada penilaian pengemudi terhadap celah aman, kecepatan kendaraan lain, serta kondisi geometrik simpang. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi faktor penyebab kecelakaan lalu lintas di persimpangan tanpa sinyal, menentukan faktor dominan yang paling sering muncul dalam literatur, dan merumuskan rekomendasi penanganan berbasis rekayasa lalu lintas serta manajemen keselamatan jalan. Penelitian menggunakan pendekatan Systematic Literature Review dengan menelaah artikel ilmiah, laporan teknis, dan pedoman kapasitas jalan yang relevan pada periode 2021–2026. Hasil sintesis menunjukkan bahwa kecelakaan di persimpangan tanpa sinyal terbentuk dari interaksi faktor manusia, infrastruktur, kendaraan, dan lingkungan. Faktor manusia menjadi determinan paling dominan melalui kesalahan gap acceptance, perilaku agresif, rendahnya kepatuhan terhadap right of way, serta pola berkendara tidak teratur pada lalu lintas campuran. Konflik crossing memiliki tingkat risiko tinggi, terutama ketika Time to Accident (TTA) berada pada rentang kritis. Nilai derajat kejenuhan yang melampaui 0,85 memperburuk kondisi operasional simpang dan mendorong perilaku gap forcing. Penelitian ini merekomendasikan audit keselamatan jalan, perbaikan geometrik, pemasangan rambu prioritas, pengendalian hambatan samping,

pemasangan APILL pada simpang jenuh, serta pengembangan pemantauan konflik berbasis Intelligent Transportation System (ITS).
Kata kunci: Kecelakaan lalu lintas, persimpangan tanpa sinyal, Traffic Conflict Technique, gap acceptance, keselamatan jalan.

PENDAHULUAN

Keselamatan jalan masih menjadi persoalan transportasi yang menekan banyak negara, terutama pada kawasan dengan pertumbuhan kendaraan yang tidak selalu diikuti oleh peningkatan mutu infrastruktur dan disiplin berlalu lintas. *World Health Organization* (2023) melaporkan bahwa kecelakaan lalu lintas menyebabkan sekitar 1,19 juta kematian setiap tahun. Angka ini memperlihatkan bahwa kecelakaan jalan bukan sekadar persoalan teknis pergerakan kendaraan, melainkan persoalan publik yang berkaitan dengan desain ruang jalan, perilaku manusia, pengawasan, dan kualitas manajemen transportasi.

Salah satu titik paling rentan dalam sistem jaringan jalan adalah persimpangan sebidang. Pada area ini, arus kendaraan dari beberapa arah bertemu, saling memotong, menyatu, atau memencar dalam ruang yang terbatas. Hobbs (1995) membagi konflik lalu lintas pada persimpangan menjadi *crossing*, *merging*, dan *diverging*. Pada persimpangan empat lengan tanpa sinyal, jumlah titik konflik dapat mencapai 32 titik, sehingga risiko kecelakaan tidak hanya muncul karena tingginya volume kendaraan, tetapi juga karena banyaknya kemungkinan interaksi yang harus dibaca oleh pengemudi dalam waktu singkat.

Persimpangan tanpa sinyal memiliki karakter operasional yang berbeda dibandingkan persimpangan bersinyal. Pada simpang bersinyal, Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) membagi hak jalan berdasarkan fase waktu. Namun pada simpang tanpa sinyal, keputusan berhenti, melintas, menunggu, atau memaksa masuk ke aliran utama ditentukan sepenuhnya oleh penilaian pengemudi. Keamanan simpang akhirnya sangat bergantung pada kemampuan pengemudi dalam menilai jarak, kecepatan kendaraan lain, celah kritis, serta aturan prioritas jalan.

Karakter lalu lintas di Indonesia memperumit persoalan tersebut. Tamin (2000) menegaskan bahwa heterogenitas moda, khususnya dominasi sepeda motor, menciptakan pola pergerakan yang cenderung tidak teratur. Sepeda motor dapat menyusup di sela kendaraan, berpindah lintasan secara cepat, dan memasuki simpang dari sudut yang sulit diprediksi. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) menempatkan derajat kejenuhan sebagai indikator penting dalam penilaian kinerja simpang. Ketika nilai derajat kejenuhan melampaui 0,85, antrean, tundaan, dan peluang konflik meningkat tajam. Pada situasi ini, pengemudi cenderung kehilangan kesabaran dan memaksakan kendaraan memasuki celah sempit (*gap forcing*).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji permasalahan pada simpang tanpa sinyal dengan pendekatan yang beragam. Barat et al. (2022) dan Freitas et al. (2025), misalnya, menilai tingkat keselamatan simpang menggunakan metode *Traffic Conflict Technique* (TCT) melalui indikator *Time to Accident* (TA). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa konflik dengan frekuensi tertinggi terjadi pada pergerakan menyilang (*crossing*) yang melibatkan sepeda motor. Sementara itu, Akhmad (2025) serta Putra dan Saputra (2026) lebih menitikberatkan analisis pada aspek operasional, khususnya kapasitas simpang dan derajat kejenuhan. Temuan mereka mengindikasikan bahwa simpang dengan nilai derajat kejenuhan melebihi 1,0 cenderung mengalami penurunan tingkat pelayanan (*Level of Service*). Di sisi lain, Yang et al. (2026) menawarkan pendekatan yang lebih mutakhir dengan memanfaatkan *machine learning* untuk memprediksi potensi konflik lalu lintas berdasarkan indikator keselamatan proaktif, seperti *Post-Encroachment Time* (PET).

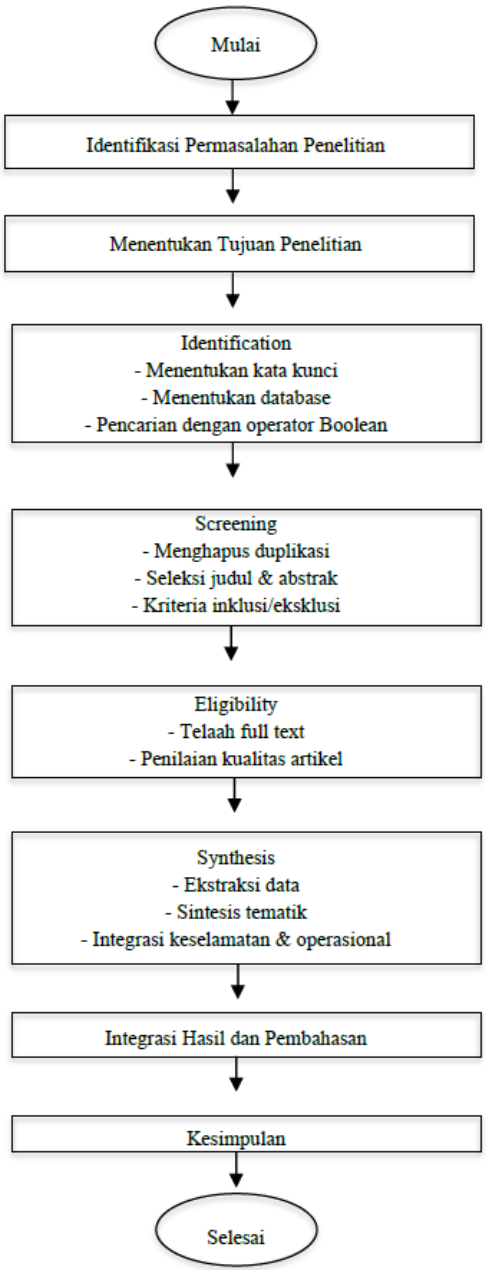
Meskipun berbagai penelitian tersebut telah memberikan kontribusi yang signifikan, sebagian besar masih mengkaji aspek keselamatan dan kinerja operasional secara terpisah. Penelitian yang berfokus pada konflik lalu lintas umumnya menekankan indikator keselamatan pada tingkat mikro, sedangkan penelitian mengenai kapasitas lebih banyak membahas kondisi operasional pada tingkat makro. Padahal, terjadinya kecelakaan di simpang tanpa sinyal merupakan hasil dari interaksi antara kedua aspek tersebut. Berdasarkan kondisi tersebut, artikel ini menyajikan tinjauan sistematis yang mengintegrasikan indikator keselamatan proaktif dengan parameter kinerja operasional, sehingga

dapat menghasilkan rekomendasi teknis dan manajerial yang lebih menyeluruh dalam upaya peningkatan keselamatan dan kinerja simpang tanpa sinyal.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengkaji dan menggabungkan hasil penelitian terdahulu yang membahas kecelakaan, konflik lalu lintas, serta kinerja operasional pada simpang tidak bersinyal. Sumber literatur diperoleh melalui tiga basis data utama, yaitu Google Scholar (untuk artikel nasional dan laporan teknis) , ScienceDirect (untuk penelitian internasional bidang keselamatan dan perilaku lalu lintas) , dan IEEE Xplore (untuk sistem pemantauan konflik berbasis teknologi dan ITS).

Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian Systematic Literature Review (SLR).



Sumber : (Hasil Analisis 2026)

Pencarian menggunakan kombinasi operator Boolean pada kata kunci: *unsignalized intersection, traffic accident, traffic safety, accident factors, traffic conflict, Traffic Conflict Technique, gap acceptance*, dan *surrogate safety measures*. Kriteria inklusi meliputi artikel ilmiah atau laporan teknis teks lengkap yang membahas simpang tidak bersinyal, memiliki metode yang jelas, dipublikasikan pada rentang tahun 2021–2026, serta ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris. Literatur yang hanya membahas jalan tol atau simpang bersinyal dikeluarkan dari kajian. Analisis data dilakukan melalui metode sintesis tematik untuk pengelompokan faktor kausatif serta analisis deskriptif kuantitatif untuk parameter numerik lalu lintas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Literatur yang dikaji menunjukkan dua arus metodologis utama. Pertama, pendekatan keselamatan proaktif yang menggunakan *Traffic Conflict Technique dan surrogate safety measures*. Pendekatan ini berusaha membaca potensi kecelakaan sebelum tabrakan benar-benar terjadi. Studi Yang et al. (2026), Barat et al. (2022), dan Freitas et al. (2025) berada dalam kelompok ini karena berfokus pada konflik lalu lintas, *Time to Accident, Post-Encroachment Time,* dan prediksi konflik.
Kedua, pendekatan operasional yang menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia dan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. Pendekatan ini menilai kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, peluang antrean, dan level of service. Akhmad (2025) serta Putra dan Saputra (2026) menunjukkan bahwa kinerja simpang yang buruk dapat memperbesar peluang konflik, terutama ketika volume kendaraan melampaui kapasitas simpang.

Tabel 1. Ekstraksi literatur utama mengenai kecelakaan dan konflik di persimpangan tanpa sinyal

Studi	Fokus Kajian	Metode dan Sumber Data	Parameter Utama	Temuan Inti	Catatan Kualitas
Yang et al. (2026)	Analisis dan prediksi konflik pada persimpangan tanpa sinyal berbasis ukuran keselamatan alternatif.	Perekaman drone, ekstraksi trajektori dengan YOLOv8, PET, MTTC, dan pembandingan model machine learning.	PET, MTTC, kecepatan kritis, trajektori multi-agen, akurasi model.	Konflik banyak terjadi di area masuk dan keluar simpang. Kendaraan non-motor memiliki risiko konflik tinggi. Model XGBoost dilaporkan mencapai akurasi 83,6 persen.	Relevansi sangat tinggi. Metadata artikel dan DOI tetap perlu diverifikasi.
Barat et al. (2022)	Tingkat keselamatan lalu lintas pada simpang tak bersinyal di Mataram-Sikur, Masbagik.	Traffic Conflict Technique dengan observasi langsung terhadap kecepatan dan jarak konflik.	Time to Accident, kecepatan, jarak, tipe konflik, tipe kecelakaan.	Konflik dominan berupa serious conflict dengan gerakan crossing. TA di bawah 0,15 detik berisiko menimbulkan tabrakan rear-angle.	Relevansi tinggi. Memiliki data lapangan, tetapi detail kualitas instrumen perlu dibaca dari naskah lengkap.

Freitas et al. (2025)	Evaluasi tingkat keselamatan di simpang empat Trunojoyo.	Traffic Conflict Technique melalui survei dua hari dan pengukuran kecepatan serta jarak.	TA, kecepatan, jarak, tipe konflik, jenis kendaraan.	Ditemukan 355 konflik. Konflik didominasi sepeda motor dan gerakan crossing dengan rentang TA 0,09-0,62 detik.	Relevansi tinggi. Perlu verifikasi nama jurnal, lokus, dan konsistensi prosedur survei.
Akhmad (2025)	Kinerja simpang tak bersinyal pada simpang lengan tiga Ranggeh, Pasuruan.	Analisis operasional berbasis MKJI 1997 dan survei volume selama tiga hari.	Volume, kapasitas, DS, tundaan, peluang antrean, LOS.	Volume puncak 3813,3 smp/jam, DS 1,26, LOS F, dan tundaan 86,62 det/smp. Rekomendasi meliputi pelebaran pendekat dan APILL.	Relevansi sedang-tinggi. Nama penulis tampak belum bersih dari potongan judul dan perlu verifikasi.
Putra dan Saputra (2026)	Analisis persimpangan jalan tanpa sinyal pada simpang tiga Jalan Sematang Borang-Jalan Siaran, Palembang.	Perhitungan operasional berdasarkan PKJI 2023.	Arus lalu lintas, kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, peluang antrean.	Volume tertinggi 4659 smp/jam, kapasitas 2801 smp/jam, dan derajat kejenuhan 1,662. Simpang berada pada kondisi sangat jenuh.	Relevansi sedang-tinggi. Data bibliografis lengkap perlu dilengkapi.

Sumber : (Hasil Analisis 2026)

Kriteria kualitas artikel digunakan untuk memastikan bahwa literatur yang disintesis tidak hanya relevan dengan topik penelitian, tetapi juga kuat secara metodologis. Kriteria ini diterapkan pada seluruh naskah artikel yang tersedia dalam bentuk teks lengkap (*full-text*) sebelum dilakukan proses penyusunan dan pengajuan artikel akhir ke jurnal.

Tabel 2. Rubrik penilaian kualitas artikel

Kode	Kriteria kualitas	Skor 2	Skor 1 atau 0
Q1	Kesesuaian lokus penelitian	Membahas persimpangan sebidang tanpa sinyal secara langsung.	Skor 1 bila hanya membahas simpang secara umum. Skor 0 bila bukan simpang tak bersinyal.
Q2	Kredibilitas sumber	Artikel jurnal peer reviewed, prosiding ilmiah bereputasi, atau laporan teknis resmi.	Skor 1 bila sumber akademik tidak terindeks. Skor 0 bila opini, berita, atau blog.
Q3	Aktualitas publikasi	Terbit pada rentang 2021-2026.	Skor 1 bila terbit 2016-2020. Skor 0 bila lebih lama tanpa alasan teoretis kuat.

Q4	Kejelasan metode	Metode, lokasi, waktu, data, dan teknik analisis dijelaskan lengkap.	Skor 1 bila sebagian metode dijelaskan. Skor 0 bila metode kabur.
Q5	Kekuatan data empiris	Memiliki data konflik, volume, kecepatan, kecelakaan, atau parameter operasional yang terukur.	Skor 1 bila data terbatas. Skor 0 bila hanya narasi tanpa data.
Q6	Kesesuaian parameter keselamatan	Menggunakan TA, PET, MTTC, TCT, konflik, atau indikator keselamatan lain.	Skor 1 bila parameter keselamatan tidak utama. Skor 0 bila tidak ada parameter keselamatan.
Q7	Kesesuaian parameter operasional	Menggunakan kapasitas, DS/DJ, tundaan, antrean, atau LOS.	Skor 1 bila hanya sebagian parameter. Skor 0 bila tidak ada parameter operasional.
Q8	Kejelasan temuan dan rekomendasi	Temuan dikaitkan dengan rekomendasi teknis atau manajerial yang logis.	Skor 1 bila rekomendasi umum. Skor 0 bila tidak ada rekomendasi.

Sumber : (Hasil Analisis 2026)

Tabel 3. Matriks penilaian kualitas awal berdasarkan informasi yang tersedia dalam draft

Studi	Relevansi Lokus	Metode Jelas	Data Empiris	Parameter Keselamatan	Parameter Operasional	Status Awal
Yang et al. (2026)	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Sedang	Layak sebagai studi utama, perlu verifikasi DOI.
Barat et al. (2022)	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Sedang	Layak sebagai studi utama.
Freitas et al. (2025)	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Sedang	Layak sebagai studi utama, metadata perlu dirapikan.
Akhmad (2025)	Tinggi	Sedang	Tinggi	Rendah	Tinggi	Layak sebagai pendukung operasional, nama penulis perlu diverifikasi.
Putra dan Saputra (2026)	Tinggi	Sedang	Tinggi	Rendah	Tinggi	Layak sebagai pendukung operasional, bibliografi perlu dilengkapi.

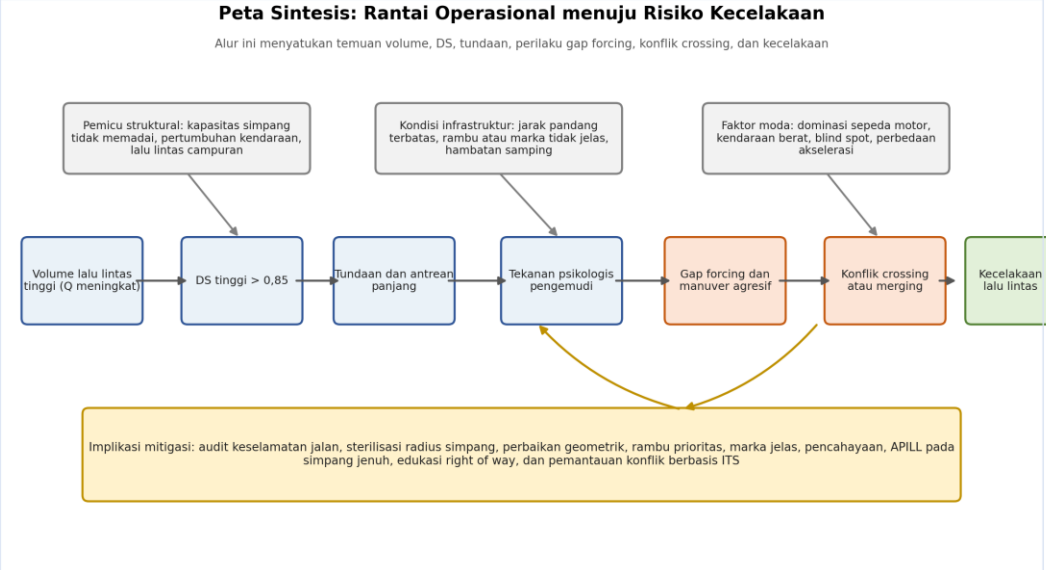
Sumber : (Hasil Analisis 2026)

Analisis faktor kausatif kecelakaan factor yang pertama adalah faktor manusia sebagai determinan dominan, faktor manusia menjadi penyebab paling dominan terhadap kecelakaan pada simpang tidak bersinyal. Permasalahan utama adalah kegagalan kognitif pengemudi dalam menilai celah aman (*gap acceptance error*). Pengemudi dari jalan minor sering kali salah memperkirakan kecepatan kendaraan yang mendekat dari jalan utama. Di bawah tekanan psikologis akibat antrean panjang dan suara klakson, pengemudi cenderung melakukan tindakan agresif berupa memaksakan diri masuk ke celah sempit (*gap forcing*). Perilaku ini memaksa kendaraan di jalan utama melakukan pengereman mendadak atau perubahan jalur secara tiba-tiba yang memicu konflik. Faktor yang keduaa adalah faktor infrastruktur dan geometrik simpang, kondisi infrastruktur yang buruk bertindak sebagai faktor pemicu kesalahan manusia. Masalah yang paling krusial adalah keterbatasan jarak pandang (*sight distance*) yang disebabkan oleh keberadaan bangunan di sudut simpang, vegetasi, papan reklame, maupun hambatan samping seperti parkir ilegal dan pedagang kaki lima. Selain itu, ketiadaan atau memudarnya elemen kendali statis seperti rambu *STOP*, rambu prioritas (*GIVE WAY*), dan marka garis henti (*stop line*) membuat pengemudi kehilangan pedoman orientasi hak jalan (*right-of-way*). Faktor yang ketiga adalah faktor kendaraan dan heterogenitas moda, karakteristik lalu lintas campuran (*mixed traffic*) di Indonesia menciptakan variasi risiko yang tinggi. Sepeda motor memiliki kelincahan tinggi untuk menyusup, namun Freitas et al. (2025) membuktikan bahwa karakteristik gerakan meliuk ini justru mendominasi total konflik di persimpangan tak bersinyal. Di sisi lain,

keberadaan kendaraan berat (truk/bus) membawa risiko berupa area blind spot yang luas, jarak pengereman yang panjang, dan kebutuhan ruang belok yang besar, yang sering kali mengancam kendaraan kecil di sekitarnya saat melakukan manuver menyatu (*merging*) atau memencar (*diverging*).

Integrasi kinerja operasional dan risiko konflik berdasarkan temuan krusial dari sintesis literatur ini adalah hubungan antara kinerja operasional simpang dan risiko konflik. Ketika volume kendaraan mendekati atau melampaui kapasitas, derajat kejenuhan meningkat. Pada tahap ini, simpang tidak hanya mengalami kemacetan, tetapi juga mengalami penurunan kualitas keselamatan. Akhmad (2025) melaporkan volume puncak 3813,3 smp/jam dengan DS 1,26, LOS F, dan tundaan 86,62 det/smp. Putra dan Saputra (2026) melaporkan volume tertinggi 4659 smp/jam, kapasitas 2801 smp/jam, dan derajat kejenuhan 1,662. Dua temuan ini menunjukkan bahwa simpang tanpa sinyal dapat berada jauh di atas batas operasional yang wajar. Kondisi jenuh mendorong rantai risiko yang relatif jelas. Volume meningkat, kapasitas tidak memadai, derajat kejenuhan naik, tundaan bertambah, antrean memanjang, lalu pengemudi cenderung melakukan *gap forcing*. Pada titik ini, masalah kapasitas berubah menjadi masalah keselamatan. Kecelakaan bukan lagi sekadar akibat kelalaian individu, tetapi hasil dari sistem simpang yang memaksa pengemudi mengambil keputusan berbahaya.

Gambar 2. Peta sintesis hubungan volume tinggi, DS, tundaan, *gap forcing*, konflik *crossing*, dan kecelakaan



Sumber : (Hasil Analisis 2026)

REKOMENDASI MITIGASI

Strategi mitigasi perlu disusun dalam tiga tingkatan utama. Tingkatan jangka pendek (perbaikan geometrik & fasilitas jalan) dengan melakukan sterilisasi radius simpang dari hambatan samping (penataan pedagang kaki lima dan larangan parkir liar) untuk mengembalikan jarak pandang pengemudi. Melakukan pengecatan ulang marka konflik, penegasan garis henti, serta pemasangan rambu *STOP* dan rambu prioritas yang jelas. Tingkatan jangka menengah (manajemen pengendalian arus) Pada persimpangan yang telah mengalami kejenuhan akut dengan nilai derajat kejenuhan melampaui batas ambang kritis 0,85, perlu dilakukan evaluasi status simpang untuk ditingkatkan menjadi simpang bersinyal melalui pemasangan APILL. Tingkatan jangka panjang (teknologi ITS & penegakan hukum) dengan mengadopsi sistem pemantauan keselamatan proaktif berbasis *Intelligent Transportation System* (ITS). Pemanfaatan kamera pemantau atau drone yang dikombinasikan dengan teknologi *computer vision* (YOLOv8) dan *machine learning* memungkinkan deteksi dini potensi konflik lalu lintas (*surrogate safety measures*) secara *real-time* tanpa harus menunggu data

historis kecelakaan jatuh terlebih dahulu. Langkah teknologis ini wajib dibarengi dengan edukasi aturan hak prioritas (*right-of-way*) dan penegakan hukum yang konsisten di lapangan. Selain penerapan teknologi dan perbaikan infrastruktur, aspek edukasi serta penegakan hukum juga harus berjalan secara bersamaan dengan tindakan teknis. Pengguna jalan perlu memahami aturan hak prioritas (*right-of-way*), cara menilai celah aman (*safe gap*), bahaya perilaku memaksakan masuk ke celah (*gap forcing*), serta risiko konflik akibat pergerakan kendaraan yang saling berpotongan. Penegakan hukum yang konsisten terhadap pelanggaran prioritas, parkir ilegal, dan perilaku berkendara yang berisiko sangat diperlukan agar upaya rekayasa lalu lintas yang diterapkan tidak hanya menjadi konsep di atas kertas, tetapi dapat berjalan secara efektif di lapangan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kecelakaan lalu lintas pada simpang tidak bersinyal memiliki karakteristik yang bersifat multifaktor. Faktor manusia menjadi faktor yang paling dominan, yang ditandai dengan adanya kesalahan dalam menerima celah (*gap acceptance error*), perilaku agresif akibat meningkatnya antrean kendaraan, rendahnya kepatuhan terhadap aturan hak prioritas (*right-of-way*), serta pola berkendara yang tidak teratur pada kondisi lalu lintas campuran (*mixed traffic*). Faktor infrastruktur turut memperbesar risiko kecelakaan melalui keterbatasan jarak pandang (*sight distance*), kurangnya rambu prioritas, marka jalan yang memudar atau tidak jelas, pencahayaan jalan yang kurang memadai, serta adanya hambatan samping (*side friction*). Selain itu, faktor kendaraan juga memberikan kontribusi yang signifikan, terutama akibat dominasi kendaraan sepeda motor, keterbatasan area pandang kendaraan berat (*blind spot*), serta perbedaan kemampuan akselerasi dan pengereman antar jenis moda transportasi. Hasil analisis konflik menunjukkan bahwa jenis konflik berupa pergerakan menyilang (*crossing conflict*) merupakan konflik yang paling berbahaya karena dapat menyebabkan tabrakan sudut tegak lurus (*right-angle/front-to-side collision*) dengan tingkat toleransi keselamatan yang sangat kecil. Kinerja operasional simpang yang kurang baik, khususnya ketika nilai derajat kejenuhan (*Degree of Saturation/DS*) melebihi 0,85, dapat meningkatkan waktu tundaan dan mendorong munculnya perilaku memaksakan masuk ke celah (*gap forcing*). Upaya mitigasi kecelakaan pada simpang tidak bersinyal membutuhkan pendekatan yang terintegrasi, meliputi pelaksanaan audit keselamatan jalan, perbaikan geometrik simpang, peningkatan kualitas rambu dan marka, pengendalian hambatan samping, penerapan lampu lalu lintas pada simpang yang telah mengalami kejenuhan, edukasi pengguna jalan, penegakan hukum yang konsisten, serta pengembangan sistem pemantauan konflik berbasis teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

Akhmad, I. M. (2025). Analisa Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus Simpang Lengan Tiga Ranggeh, Kec. Gondangwetan Kab. Pasuruan). JUMATISI: Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil, 6(2), 520-528.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2018). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* (7th ed.). Washington, DC: AASHTO.

Barat, G. L., Teknik, J., Universitas, S., & Timur, L. (2022). Analisis tingkat keselamatan lalu lintas pada simpang tak bersinyal dengan metode Traffic Conflict Technique: Studi kasus Persimpangan Jl. Raya Mataram-Sikur, Masbagik, Kabupaten Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat. 9(2), 167-179.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Elvik, R., Høye, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). *The Handbook of Road Safety Measures* (2nd ed.). Emerald Group Publishing.

Freitas, M., Cakrawala, M., & Irawan, D. (2025). Evaluasi tingkat keselamatan lalu lintas di simpang empat Trunojoyo dengan pendekatan Traffic Conflict Technique. 4(2), 140-148.

Hobbs, F. D. (1995). Traffic planning and engineering.

Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2015). Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hrobjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Putra, A. D., & Saputra, R. (2026). Analisa persimpangan jalan tanpa sinyal: Studi kasus simpang tiga Jalan Sematang Borang-Jalan Siaran Kota Palembang. [Nama jurnal perlu dilengkapi], 11(1), 1-10.

Roess, R. P., Prassas, E. S., & McShane, W. R. (2011). *Traffic Engineering* (4th ed.). Pearson.

Tamin, O. Z. (2000). Perencanaan dan pemodelan transportasi.

Transportation Research Board (TRB). (2016). *Highway Capacity Manual 6th Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis*. Washington, DC: The National Academies Press.

World Health Organization. (2023). Global status report on road safety 2023. World Health Organization.

Yang, J., Wang, T., & Cheng, R. (2026). Research on conflict analysis and prediction of unsignalized intersections based on multiple alternative safety measures.