



Strategi Peningkatan Keselamatan Transportasi Jalan

Eko Agus Susanto¹, Eleonora Sofilda², *Diyono Bambang Ledoh³

¹Program Doktor Kebijakan Publik, Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Trisakti, Jakarta

²Profesor Ilmu Ekonomi dan Bisnis Universitas Trisakti, Jakarta

³Ditjen Perhubungan Darat, Kementerian Perhubungan, Jakarta

*) diyonoledoh@gmail.com

Received: 17 Januari 2025 Revised: 18 November 2025 Accepted: 25 November 2025

Abstract

The increasing number of road traffic accidents and the high fatality rate in Indonesia, encourage the Government to develop strategies and preventive measures to reduce accidents in the short, medium and long term, although until now the fatality rate is still high. The purpose of this study is to analyze the influence of regulatory factors, humans, traffic signs, supervision and enforcement, and vehicles with technological variables as intervening factors on road safety in an effort to reduce the level of traffic accidents in Indonesia. The location of the study was conducted in 34 provinces in Indonesia, using quantitative data analysis through questionnaires on 500 respondents, with the SEM method (Smart Pls 4.0). The results of the study explain that regulatory factors, humans, traffic signs, supervision and enforcement, and vehicles with technological variables have a positive and significant influence on traffic safety, which means that an increase in the performance of the independent variables has a positive impact on traffic safety. The recommendations from this study are the priority of traffic safety improvement policies, namely: increasing active and passive safety in vehicles, using safety technology in vehicles, utilizing CCTV and e-ticketing for supervision and enforcement, fulfilling effective and efficient traffic signs and safety campaigns for road users and improving regulations.

Keywords: Regulation, humans, facilities, safety, technology

Abstrak

Peningkatan jumlah kecelakaan lalu lintas jalan dan tingginya tingkat fatalitas kecelakaan di Indonesia, mendorong Pemerintah menyusun strategi dan tindakan pencegahan untuk mengurangi kecelakaan baik jangka pendek, menengah dan panjang, walaupun sampai dengan saat ini angka fatalitas kecelakaan masih tetap tinggi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh faktor regulasi, manusia, rambu lalu lintas, pengawasan dan penindakan, serta kendaraan dengan variabel teknologi sebagai intervening terhadap keselamatan jalan dalam upaya mengurangi tingkat kecelakaan lalu lintas di Indonesia. Lokasi penelitian dilakukan pada 34 Propinsi di Indonesia, menggunakan analisis data kuantitatif melalui kuesioner pada responden sebanyak 500 orang, dengan metode SEM (Smart Pls 4.0). Hasil penelitian menjelaskan bahwa faktor regulasi, manusia, rambu lalu lintas, pengawasan dan penindakan, serta kendaraan dengan variabel teknologi memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap keselamatan lalu lintas yang artinya peningkatan pada kinerja variabel bebas tersebut memberikan dampak positif pada keselamatan lalu lintas. Rekomendasi dari penelitian ini adalah prioritas kebijakan peningkatan keselamatan lalu lintas yaitu peningkatan aktif dan pasif safety pada kendaraan, penggunaan teknologi berkeselamatan pada kendaraan, pemanfaatan CCTV dan e-tilang untuk pengawasan dan penindakan, pemenuhan rambu lalu lintas yang efektif dan efisien dan kampanye keselamatan terhadap pengguna jalan serta perbaikan regulasi.

Kata kunci: Regulasi, manusia, sarana, keselamatan, teknologi

Pendahuluan

Keselamatan jalan raya merupakan konsep transportasi berkelanjutan yang menekankan

prinsip perjalanan yang aman, nyaman, cepat, ramah lingkungan, dan mudah diakses pengguna. Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan mendefinisikan

keselamatan jalan sebagai keadaan terhindarnya setiap orang dari risiko kecelakaan yang dapat terjadi akibat faktor manusia, kendaraan, jalan, dan/atau lingkungan. Kecelakaan lalu lintas merupakan peristiwa tidak terduga dan tidak disengaja yang melibatkan kendaraan, dengan atau tanpa pengguna jalan lain, yang mengakibatkan korban jiwa dan/atau kerugian harta benda.

Data Polri (dalam Tempo, 2024) mencatat korban meninggal akibat kecelakaan pada tahun 2024 mencapai 27.000 jiwa, meningkat dari tahun 2022 sebesar 26.100 jiwa. Jenis kendaraan yang paling banyak terlibat adalah sepeda motor (73%) dan angkutan barang (12%). Data Polri dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2022 tentang Rencana Umum Nasional Keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (RUNKLLAJ) menunjukkan bahwa sepanjang tahun 2010–2020 terdapat 147.798–197.560 korban kecelakaan dengan angka kematian 23.529–32.657 jiwa dengan angka kematian setara tiga orang meninggal dunia setiap jam.

Sejumlah penelitian menghubungkan tingkat ekonomi negara dengan fatalitas kecelakaan. Akinyemi (2020) menyimpulkan bahwa dalam jangka pendek tingkat kecelakaan menurun seiring peningkatan PDB, namun memiliki pengaruh signifikan terhadap kecelakaan, kematian, dan cedera dalam jangka panjang. Penelitian di USA (Ruhm, 2000), Jerman (Neumayer, 2004), Selandia Baru (Schuffham, 2003), negara OECD (Elvik, 2014), dan Jepang (Granados, 2008) menunjukkan kecelakaan meningkat saat pengangguran menurun dan sebaliknya, He (2016) menemukan penurunan 2,9% dalam tingkat kematian kendaraan bermotor untuk setiap kenaikan satu poin persentase tingkat pengangguran di USA.

Menurut Oktopianto, *et al.* (2024), kecelakaan lalu lintas merupakan indikator utama tingkat keselamatan jalan, serta menjadi ancaman serius di masa depan seiring meningkatnya mobilitas terutama di kota besar. Jilcha (2010) menyebut faktor manusia, kondisi jalan, dan kondisi kendaraan sebagai penyebab utama kecelakaan. Zeng *et al.* (2024) menemukan adanya perbedaan antara persepsi pakar dan data empiris, di mana pakar cenderung melebihkan pengaruh faktor jalan dan meremehkan faktor manusia dalam kecelakaan lalu lintas. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada level utama, kecelakaan didominasi oleh faktor manusia dan faktor jalan. Pada level lanjutan, faktor kunci meliputi pelanggaran perilaku pengemudi, kondisi jalan, dan karakteristik segmen jalan, sedangkan pada level detail dipengaruhi oleh jalan licin, cuaca hujan atau salju, persimpangan, dan keterlambatan pengereman.

Berbagai strategi mitigasi dilakukan melalui pelatihan, kampanye keselamatan, peningkatan prasarana, audit keselamatan, dan perlengkapan jalan. Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Perhubungan, Kementerian PUPR, dan Kepolisian melakukan pengawasan, penindakan, perbaikan kualitas jalan, serta pembangunan infrastruktur keselamatan. Perpres No. 1 Tahun 2022 menetapkan lima pilar: sistem berkeselamatan, prasarana, kendaraan, pengguna jalan, dan penanganan korban kecelakaan.

Direktorat Jenderal Perhubungan Darat menginisiasi program-program prioritas, seperti penurunan paparan risiko perjalanan, pengurangan konflik lalu lintas, peningkatan kepatuhan keselamatan angkutan umum, peningkatan active & passive safety kendaraan, peningkatan kesadaran pengguna jalan, serta tata kelola keselamatan melalui audit dan kampanye (Renstra Ditjen Perhubungan Darat, 2024). Namun kolaborasi antara pemerintah, swasta, dan masyarakat masih diperlukan untuk menurunkan fatalitas kecelakaan secara signifikan.

Kecelakaan lalu lintas

Selama periode 2020-2024, tren kecelakaan lalu lintas di Indonesia menunjukkan pola peningkatan yang cukup konsisten. Berdasarkan kompilasi data Road Safety Management Korlantas Polri serta publikasi BPS 2024, jumlah kecelakaan tumbuh rata-rata sekitar 10-11% per tahun. Kenaikan ini tidak hanya tercermin pada jumlah kasus, tetapi juga pada dampaknya terhadap korban. Korban luka berat tercatat meningkat sekitar 11,5%, sementara korban luka ringan naik mendekati 13 persen setiap tahun. Bahkan korban meninggal dunia, yang dalam banyak tahun cenderung *stagnan*, dan masih menunjukkan kenaikan tipis sekitar 1,2 %.

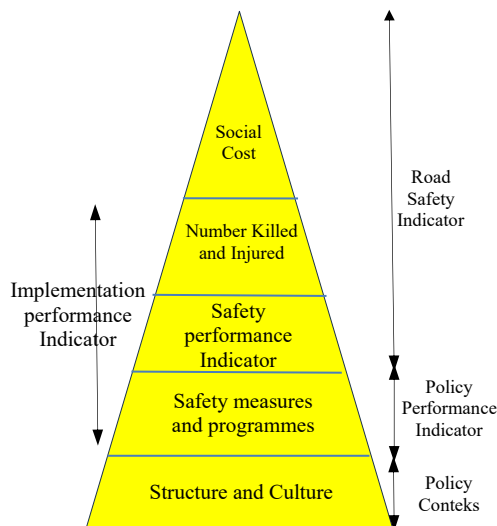
Penanganan kecelakaan tidak sederhana karena melibatkan manusia, kendaraan, prasarana, dan berbagai pihak terkait (Hidayat *et al.*, 2020). Selain itu Rhamdani dkk (2022) juga menunjukkan bahwa di Bukittinggi faktor terbesar penyebab kecelakaan adalah pengemudi, disusul faktor kendaraan, dan diperlukan perbaikan rambu serta fasilitas jalan. Di Filipina, penyebab kecelakaan antara lain kendaraan (umur dan tipe), kondisi lingkungan, waktu, karakteristik jalan, kepadatan lalu lintas, serta faktor manusia seperti umur, gender, dan pengalaman (Rodrigues *et al.*, 2021).

Xing *et al.* (2019) di China menemukan faktor penyebab kecelakaan meliputi bahan berbahaya (hazmat), pengemudi, lokasi, lingkungan, dan kendaraan. Ahmed *et al.* (2023) menambahkan karakteristik jalan, batas kecepatan, manusia,

kendaraan, lingkungan, dan waktu kerja. Qu.Y *et al.* (2019) menyebut pengalaman mengemudi, perilaku ilegal, usia kendaraan, kondisi cuaca, arus lalu lintas, dan interval waktu. Samson (2006) dan Persson (2008) mendefinisikan kecelakaan sebagai kejadian yang melibatkan kendaraan di jalan umum yang menimbulkan korban jiwa atau luka.

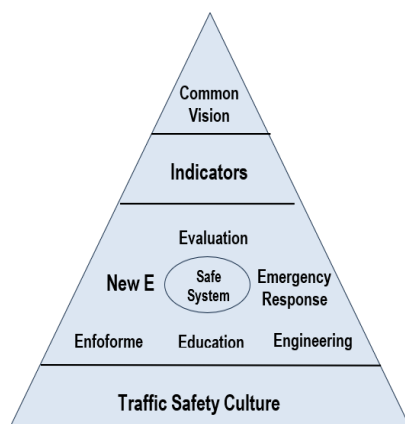
Kerangka keselamatan jalan

Wegman *et al.* 2008 (dalam WHO, 2018) menyusun kerangka keselamatan jalan berbasis pendekatan SUNflower (Gambar 1). Pendekatan ini berupa piramida dengan lima lapisan yang mewakili elemen penting peningkatan keselamatan serta standar evaluasi kinerja keselamatan jalan yang dapat diterapkan lintas negara. Hierarki disusun dari strategi keselamatan jalan yang memperhitungkan biaya sosial berupa korban tewas dan cedera.



Sumber: Wegman *et al.*, 2008 (dalam WHO, 2018)

Gambar 1. Kerangka sunflower



Sumber: Morimoto, *et al.*, 2021

Gambar 2. Kerangka keselamatan jalan

Bank Dunia juga mengusulkan tiga elemen saling terkait: manajemen kelembagaan, intervensi, dan

hasil dalam implementasi kebijakan keselamatan jalan. Kerangka konseptual keselamatan lalu lintas jalan raya yang dikembangkan oleh Morimoto, *et al* (2021) pada Gambar 2, menempatkan visi umum keselamatan jalan raya di puncak segitiga untuk menghilangkan fatalitas akibat kecelakaan lalu lintas. Keselamatan jalan dipengaruhi oleh elemen pendidikan, rekayasa, kepatuhan aturan, tanggap darurat, evaluasi, dan investigasi.

Lajunen, *et al.*, (2017) menjelaskan pada awalnya pekerjaan keselamatan lalu lintas mengandalkan teknologi dan inovasi pada kendaraan dan infrastruktur dianggap sebagai alat utama untuk memecahkan masalah peningkatan risiko keselamatan tetapi pada kenyataannya, mengandalkan teknologi hanya meningkatkan keselamatan lalu lintas hingga tingkat keselamatan tertentu.

Indikator keselamatan merupakan bagian penting dari manajemen keselamatan sebagai prasyarat menjamin keselamatan jalan dan mendukung pertumbuhan ekonomi (Jilcha, 2010). Johnson (2017) menjelaskan bahwa kepatuhan terhadap peraturan keselamatan dipengaruhi kesadaran individu, penegakan hukum, dan desain infrastruktur. Pendidikan dan kampanye keselamatan berperan penting meningkatkan kepatuhan. Sedangkan Williams dan Parker (2016) menegaskan bahwa penegakan hukum ketat dan pemberian sanksi tegas mampu menurunkan pelanggaran serta mendorong kepatuhan. Garcia *et al.* (2018) menambahkan bahwa infrastruktur yang baik seperti rambu jelas, jalur pejalan kaki aman, dan penerangan memadai mampu mengurangi potensi kecelakaan dan meningkatkan keamanan pengguna jalan. Chen (2019) menyebut faktor sosio-ekonomi, seperti pendidikan dan pendapatan, mempengaruhi tingkat kepatuhan; individu berpendidikan lebih tinggi cenderung lebih sadar pentingnya keselamatan.

Di Indonesia, Siregar (2017) menekankan peran komunitas melalui kampanye keselamatan dan partisipasi publik yang berdampak signifikan. Teknologi modern juga menjadi instrumen penting, seperti kamera pengawas lalu lintas dan aplikasi berbasis GPS yang menyediakan informasi real-time dan membantu meningkatkan kepatuhan pengguna jalan (McCarthy, 2020).

Faktor manusia dalam kecelakaan lalu lintas

Perilaku agresif, mengemudi dalam kondisi mabuk, serta pelanggaran aturan lalu lintas meningkatkan risiko kecelakaan secara signifikan (Iversen dan Rundmo, 2019). Selain itu, penggunaan ponsel saat

mengemudi akan mengalihkan perhatian dan menurunkan waktu respon pengemudi terhadap kondisi darurat (Strayer *et al.*, 2017). Faktor psikologis seperti stres, kelelahan, dan emosi negatif turut berkontribusi pada kecelakaan; pengemudi dengan stres atau kelelahan tinggi memiliki probabilitas lebih besar terlibat kecelakaan (Connor *et al.*, 2016). Gangguan emosional seperti kemarahan atau kesedihan dapat mengurangi konsentrasi dan kemampuan mengambil keputusan (Dula *et al.*, 2016).

Keterampilan dan pengetahuan mengemudi yang memadai menjadi aspek penting keselamatan. Pengemudi yang tidak terlatih atau kurang memahami aturan lebih rentan terhadap kecelakaan. Program pelatihan yang baik terbukti dapat menurunkan risiko kecelakaan di jalan (Kircher dan Ahlström, 2018).

Interaksi dengan pengguna jalan lain seperti pejalan kaki, pesepeda, dan pengendara motor juga mempengaruhi keselamatan; kurangnya perhatian terhadap hak pejalan kaki atau jarak aman dapat memicu kecelakaan (Sakshaug *et al.*, 2019). Edukasi dan kampanye keselamatan lalu lintas berperan meningkatkan kesadaran berkendara aman. Kampanye yang efektif mampu mengubah perilaku pengemudi, seperti tidak berkendara dalam kondisi mabuk, menggunakan sabuk pengaman, dan menghindari ponsel pada saat mengemudi (Elvik *et al.*, 2017).

Rambu lalu lintas

Rambu lalu lintas berperan penting dalam mencegah kecelakaan dengan memberikan informasi mengenai potensi bahaya dan memandu pengemudi melalui jaringan jalan yang kompleks (Lewin, 2007). Rambu yang jelas dan ditempatkan dengan baik meningkatkan kepatuhan pengemudi terhadap aturan lalu lintas, sehingga menurunkan risiko tabrakan (Houghton dan Triggs, 2009). Johansson dan Rumar (2004) menegaskan bahwa desain rambu yang tepat meningkatkan kesadaran serta pengambilan keputusan pengemudi. Sebaliknya, rambu yang kurang jelas dapat menimbulkan kebingungan dan ketidakpatuhan, meningkatkan risiko kecelakaan (Charlton dan Starkey, 2011).

Selain keselamatan, rambu lalu lintas berfungsi mengatur kelancaran arus lalu lintas. Penempatan yang tepat seperti batas kecepatan atau instruksi lajur mampu mengurangi kemacetan dan meningkatkan efisiensi mobilitas (Abdel-Aty dkk., 2012). Namun rambu yang tidak memadai dapat memperburuk kemacetan dan menambah waktu perjalanan.

Perkembangan teknologi mendorong penggunaan rambu elektronik dan dinamis yang memberikan informasi waktu nyata, sehingga meningkatkan adaptasi terhadap kondisi lalu lintas dan cuaca (Horberry dkk., 2006). Meskipun demikian, efektivitas rambu menghadapi tantangan seperti vandalisme, cuaca ekstrem, dan kurangnya pemeliharaan. Dengan kompleksitas jaringan jalan yang terus meningkat, diperlukan pembaruan dan penilaian rutin untuk menjaga efektivitas rambu (Draskóczy dan Pek, 2010).

Pengawasan dan penindakan

Pendekatan pengawasan pelanggaran lalu lintas terus berkembang seiring kemajuan teknologi dan kebijakan publik. Penerapan tilang elektronik menjadi langkah penting dalam meningkatkan efektivitas penegakan hukum (Santoso, 2018). Sistem manajemen lalu lintas berbasis data atau ITS kini banyak diadopsi untuk memonitor dan mengolah data guna mendukung perumusan kebijakan yang lebih efektif (Yusof *et al.*, 2019). Efektivitas pengawasan dipengaruhi oleh beberapa faktor: dukungan teknologi yang memadai untuk meningkatkan kemampuan deteksi (Smith, 2017), kebijakan yang adaptif berdasarkan analisis data lalu lintas (Brown, 2020), serta integritas dan kompetensi aparat sebagai pelaksana, termasuk pelatihan penggunaan teknologi baru (Williams & Clarke, 2019).

Teknologi keselamatan kendaraan

Teknologi keselamatan modern seperti sistem deteksi titik buta dan peringatan tabrakan mampu mengurangi risiko kecelakaan dengan memberikan peringatan dini kepada pengemudi (Litman, 2017). Teknologi Vehicle-to-Vehicle (V2V) dan Vehicle-to-Infrastructure (V2I) juga mulai dikembangkan untuk memungkinkan komunikasi antar kendaraan dan dengan infrastruktur jalan, sehingga meningkatkan keselamatan di masa depan (Chen *et al.*, 2019). Penerapannya terbukti signifikan mengurangi risiko kecelakaan tunggal pada kondisi jalan licin (Bianchi Piccinini *et al.*, 2018). Namun efektivitas teknologi sangat dipengaruhi pemahaman pengguna, sehingga edukasi mengenai fitur keselamatan menjadi penting (Helman dan Carsten, 2017).

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh berbagai faktor terhadap keselamatan lalu lintas jalan, yaitu: (1) faktor regulasi dan faktor manusia; (2) faktor rambu lalu lintas dengan dan tanpa variabel teknologi informasi sebagai variabel intervening; (3) faktor pengawasan dan penindakan dengan dan tanpa teknologi informasi; serta (4) faktor kendaraan dengan dan tanpa teknologi

informasi sebagai variabel intervening. Hasil penelitian diharapkan bermanfaat sebagai sumber informasi dan referensi penelitian lanjutan, mendukung pengambilan keputusan di bidang lalu lintas dan angkutan jalan, serta menjadi bahan penyusunan kebijakan strategis terkait peningkatan keselamatan jalan di Indonesia.

Metode

Lokasi penelitian yaitu seluruh propinsi di wilayah Indonesia dengan rentang tahun penelitian 2024-2025. Sugiono (2019) menjelaskan ukuran sampel yang layak yaitu 30–500 responden yaitu jumlah variabel penelitian dikali minimal 10.

Dalam penelitian ini, menggunakan 500 responden untuk penyampaian kuesioner. Distribusi responden adalah dari Kementerian Perhubungan, Dinas Perhubungan, Kepolisian, dan masyarakat. Selain kuesioner, data diperoleh melalui observasi dengan pengamatan/survei di beberapa kota metropolitan, meliputi kota aglomerasi Jabodetabek, Bandung, Semarang dan Surabaya, untuk melihat pola lalu

lintas yang terkait variabel penelitian.

Analisis data penelitian ini menggunakan metode SEM (Structural Equation Modelling), yaitu Teknik Multivariat yang mengkombinasikan analisis faktor dan regresi/korelasi untuk menguji hubungan atau pengaruh setiap variabel dalam model, baik antar indikator dengan konstruk maupun antar konstruk utama.

Pengukuran variabel menggunakan skala Likert 1–5 sebagai dasar penyusunan instrumen pertanyaan: (1) Sangat Tidak Setuju, (2) Tidak Setuju, (3) Ragu-ragu, (4) Setuju, (5) Sangat Setuju (Sugiyono, 2019). Pengujian data dilakukan menggunakan *software smart partial least square* (PLS) 4.0, dengan tahap awal merancang model inner dan outer berdasarkan penelitian terdahulu dan ketentuan normatif. Operasionalisasi konstruk penelitian disajikan pada Tabel 1, yang memuat variabel laten, kode indikator, serta variabel manifest yang digunakan dalam penelitian ini. Variabel laten meliputi regulasi, faktor manusia, rambu lalu lintas, pengawasan dan penindakan, kendaraan, serta keselamatan jalan.

Tabel 1. Variabel penelitian

Variabel laten	Kode	Variabel manifest (indikator)
Regulasi (REG)	Reg1	Regulasi transportasi jalan yang diterapkan sudah memadai untuk meningkatkan keselamatan pengguna jalan
	Reg2	Regulasi keselamatan transportasi jalan efektif mengurangi kecelakaan lalu lintas
	Reg3	Kinerja kebijakan keselamatan dipengaruhi tujuan, sasaran, strategi, dan tindakan
Manusia / human factor (man)	Man1	Kebiasaan pengemudi melanggar aturan mendorong terjadinya kecelakaan
	Man2	Kelelahan dan kurang konsentrasi meningkatkan risiko kecelakaan
	Man3	Kampanye keselamatan mengubah perilaku pengemudi
Rambu / signage (sign)	Sign1	Penempatan perlengkapan jalan meningkatkan kepatuhan
	Sign2	Kerusakan atau hilangnya rambu memengaruhi potensi kecelakaan
	Sign3	Rambu berbasis teknologi efektif mengurangi potensi kecelakaan
	Sign4	Rambu teknologi lebih efektif dibanding rambu konvensional
	Sign5	Integrasi teknologi mendukung fungsi rambu mengurangi kecelakaan
Pengawasan & penindakan (was)	Was1	Penindakan hukum efektif mengurangi pelanggaran lalu lintas
	Was2	Kepatuhan meningkat setelah pengawasan dan penindakan intensif
	Was3	Integrasi teknologi dalam penindakan menurunkan angka kecelakaan
	Was4	Pengemudi cenderung patuh saat mengetahui adanya sistem pengawasan teknologi
Kendaraan (CAR)	Car1	Fitur keamanan berbasis teknologi (ABS, ESC, airbag) mengurangi risiko kecelakaan
	Car2	Teknologi monitoring & perawatan kendaraan mengurangi risiko kecelakaan
	Car3	Sensor deteksi bahaya, kamera, dan peringatan dini mengurangi kecelakaan
	Car4	Kendaraan tidak terawat meningkatkan risiko kecelakaan
	Car5	Rem rusak, ban botak, lampu rusak meningkatkan risiko kecelakaan
Keselamatan jalan (safety)	Safety1	Kebijakan keselamatan efektif mengurangi risiko kecelakaan dan fatalitas
	Safety2	Partisipasi masyarakat, pemerintah, dan swasta berkontribusi mengurangi kecelakaan

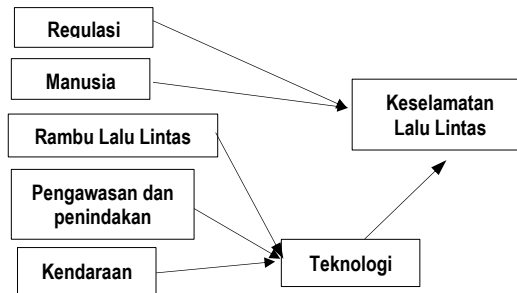
Setiap konstruk diukur melalui sejumlah indikator yang dirumuskan berdasarkan landasan teori dan temuan empiris dalam kajian keselamatan transportasi jalan. Indikator-indikator pada Tabel 1 membentuk model pengukuran yang digunakan dalam analisis lanjutan, sehingga memastikan validitas konstruk dan reliabilitas pengukuran. Sehingga tabel ini menjadi dasar empiris dalam pengujian hubungan antar variabel laten pada kerangka analisis penelitian.

Pemilihan PLS-SEM dilakukan karena metode ini lebih sesuai dibandingkan analisis statistik lainnya, mengingat penelitian melibatkan model kompleks dengan banyak variabel laten dan hubungan intervening. PLS-SEM mampu digunakan pada data yang tidak harus berdistribusi normal, ukuran sampel yang relatif kecil hingga menengah, serta simultan dapat menguji model struktural dan pengukuran. Selain itu, PLS-SEM lebih efektif untuk tujuan prediksi dan pengembangan teori, dibanding metode lain seperti CB-SEM yang lebih menekankan konfirmasi teori dan mensyaratkan data berdistribusi normal serta sampel besar. Kondisi tersebut sesuai dengan karakteristik data penelitian dan kebutuhan pengujian model secara komprehensif.

Model struktural analisis ini juga merupakan kerangka pikir yang dibentuk oleh 7 variabel laten yaitu regulasi (Reg), manusia (Man), rambu lalu lintas (Sign), pengawasan dan penindakan (Was), sarana (Car), satu variabel *intervening* yaitu teknologi informasi (Tech) dan Keselamatan (Safety) sebagai variabel tidak bebas, serta 22 variabel manifest.

Untuk mendukung analisis hubungan antar variabel dalam penelitian ini menggunakan metode PLS-SEM, diperlukan pemetaan variabel laten terhadap variabel manifest sebagai dasar penyusunan outer model (measurement model). Variabel manifest ini merupakan indikator-indikator yang digunakan untuk mengukur konstruk laten yang telah ditetapkan dalam model penelitian. Penyusunan indikator didasarkan pada landasan teoritis, hasil penelitian sebelumnya, serta relevansi empiris terhadap konteks keselamatan lalu lintas jalan. Tabel 1 menyajikan pemetaan variabel laten dan variabel manifest yang digunakan dalam penelitian sesuai kerangka konseptual pada Gambar 3.

Hipotesa yang dikembangkan adalah sebagai berikut: 1)Regulasi dan manusia, berpengaruh positif dan signifikan terhadap keselamatan lalu lintas, 2) Rambu lalu lintas, pengawasan dan penindakan serta kendaraan berpengaruh positif dan signifikan terhadap keselamatan lalu lintas baik secara langsung maupun melalui variabel teknologi sebagai intervening.



Gambar 3. Kerangka konseptual

Kriteria pengujian statistik dalam penelitian ini mencakup tiga tahapan penting.

Pertama, analisis faktor konfirmatori (confirmatory factor analysis) dilakukan untuk menilai kontribusi variabel-variabel yang diamati terhadap variabel laten dalam model (Brown, 2019). Uji kecocokan model atau *goodness of fit (GFI)* digunakan untuk mengukur derajat kesesuaian antara model dan data empiris. Model dinyatakan baik apabila nilai *chi-square* rendah dengan tingkat probabilitas pada *cut-off* $p = 0,05$ atau $p = 0,10$. Index GFI yang berada pada rentang 0–1 menunjukkan tingkat kecocokan, dengan nilai $0,80 \leq GFI < 0,90$ termasuk kategori *marginal fit*. Sementara itu, *adjusted goodness of fit index (AGFI)* bernilai 0,95 menunjukkan model yang baik, sedangkan nilai antara 0,90–0,95 menandakan kecocokan yang cukup. Indeks *comparative fit index (CFI)* juga memiliki rentang 0–1, di mana nilai mendekati 1 menunjukkan tingkat kecocokan model yang optimal.

Kedua, dilakukan uji signifikansi bobot faktor untuk menentukan apakah suatu variabel mampu mengonfirmasi variabel laten secara individu maupun bersama-sama. Uji ini didasarkan pada nilai $\lambda \geq 0,5$ dan bobot faktor dengan kriteria *critical ratio* ($CR > 1,96$) serta signifikansi ($p < 0,05$).

Ketiga, reliabilitas model diuji untuk menilai konsistensi variabel model. Dalam uji ini dilihat melalui nilai reliabilitas konstruk ($> 0,7$) dan *average variance extracted (AVE > 0,5)* yang menunjukkan bahwa indikator yang digunakan memiliki reliabilitas yang memadai untuk menjelaskan konstruk yang diukur.

Hasil dan Pembahasan

Deskripsi kuesioner penelitian

Sebanyak 500 responden mengisi kuesioner penelitian ini, terdiri dari Distribusi responden adalah dari Kementerian Perhubungan sebanyak 49% terdiri dari kantor pusat dan BPTD, Dinas Perhubungan sebanyak 15%, Kepolisian sebanyak

10%, dan Masyarakat sebanyak 26%.

Secara umum, responden memberikan tanggapan positif terkait kebijakan dan implementasi keselamatan transportasi jalan. Sebanyak 53,4% responden setuju dan 41% sangat setuju bahwa regulasi keselamatan transportasi jalan yang diterapkan sudah memadai meningkatkan keselamatan pengguna jalan, sementara 54,4% setuju dan 38,9% sangat setuju bahwa regulasi tersebut efektif menurunkan kecelakaan. Selain itu, 51,8% setuju dan 44,3% sangat setuju bahwa kinerja kebijakan keselamatan sangat dipengaruhi oleh kualitas isi regulasi yang mencakup tujuan, sasaran, strategi dan tindakan.

Faktor manusia juga dinilai berperan signifikan, di mana 65,1% sangat setuju bahwa pelanggaran aturan lalu lintas meningkatkan potensi kecelakaan dan 63,6% sangat setuju bahwa kelelahan pengemudi meningkatkan risikonya. Upaya edukasi melalui kampanye keselamatan dinilai efektif oleh 91,9% responden. Penempatan perlengkapan jalan dan kondisi rambu yang baik didukung 95% dan 96,6% responden.

Pemanfaatan teknologi juga diapresiasi tinggi, dengan lebih dari 90% responden menilai rambu digital, ETLE, sensor dan fitur keselamatan kendaraan seperti ABS dan *airbag* mampu menekan kecelakaan. Integrasi teknologi dalam penegakan hukum dinilai efektif oleh 97,9%, sedangkan 98% menilai kendaraan tidak terawat meningkatkan risiko kecelakaan. Selain itu, 97,6% responden menilai kolaborasi multi-pihak mampu menurunkan fatalitas.

Uji multikolinearitas

Uji ini menggunakan nilai *variance inflation factor* (VIF) adalah ukuran statistik yang digunakan untuk mendeteksi multikolinearitas (hubungan antar variabel independen) dalam model SEM. Multikolinearitas yang tinggi dapat menyebabkan estimasi koefisien regresi menjadi tidak stabil, sehingga interpretasi model menjadi kurang akurat. Beberapa kriteria yang digunakan adalah jika nilai $VIF < 5$ berarti tidak ada masalah serius dengan multikolinearitas dan model dianggap stabil. Tetapi apabila nilai VIF 5-10 maka dapat diartikan terdapat multikolinearitas moderat. Berdasarkan Tabel 2, semua nilai $VIF < 5$ sehingga tidak ada masalah terkait multikolinearitas.

Uji validitas dan reliabilitas

Metode pengujian reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha, dengan nilai minimum sebesar 0,60 sebagai batas kelayakan (Brown, 2019).

Pengujian ini bertujuan untuk menilai sejauh mana konsistensi internal antar item dalam kuesioner menunjukkan keandalan instrumen penelitian.

Tabel 2. Hasil analisis variance inflation factor

No	Variabel	VIF
1	Car1	3,406
2	Car2	3,406
3	Cartec1	1,842
4	Cartec2	2,120
5	Cartec3	1,983
6	Man1	1,901
7	Man2	2,040
8	Man3	1,132
9	Reg1	1,985
10	Reg2	2,247
11	Reg3	1,489
12	Safety1	1,975
13	Safety2	1,975
14	Sign1	1,242
15	Sign2	1,242
16	Sigtech1	3,437
17	Sigtech2	3,705
18	Sigtech3	1,543
19	Was1	1,196
20	Was2	1,196
21	Wastec1	1,424
22	Wastec2	1,424

Dasar pengambilan keputusan dalam uji reliabilitas adalah, apabila nilai Cronbach's Alpha $\geq 0,60$, maka butir-butir pernyataan dalam kuesioner dinyatakan layak digunakan (reliable) karena menunjukkan tingkat konsistensi yang memadai antar indikator. Sebaliknya, bila nilai Cronbach's Alpha $\leq 0,60$, maka pernyataan dianggap tidak layak digunakan (tidak reliable) karena menunjukkan adanya ketidakkonsistenan dalam pengukuran antar item. Dengan demikian, nilai Cronbach's Alpha berfungsi sebagai ukuran statistik utama untuk memastikan bahwa instrumen yang digunakan mampu menghasilkan data yang stabil dan dapat dipercaya dalam mengukur variabel penelitian.

Dari keluaran di atas nilai AVE untuk seluruh variabel bernilai lebih besar dari 0,5 sehingga dapat dikatakan bahwa seluruh indikator valid konvergen dalam membentuk variabel masing-masing. Selain itu diperoleh juga nilai Cronbach's Alpha dan CR yang memiliki nilai lebih besar dari 0,6 untuk seluruh variabel. Dapat disimpulkan bahwa seluruh variabel dan item yang digunakan pada penelitian ini memenuhi validitas dan reliabilitas dalam pengukuran variabel.

Nilai *outer loading* atau *loading factor* merupakan indikator utama yang digunakan untuk menilai sejauh mana variabel manifest (indikator) mampu

menjelaskan variabel laten yang diukurnya. Nilai ini menggambarkan kekuatan hubungan antara indikator dengan konstruk laten dalam model pengukuran. Secara umum, indikator dengan nilai *outer loading* > 0,7 dianggap *reliable* karena memiliki kontribusi yang kuat dan konsisten dalam menjelaskan variabel laten.

Indikator dengan nilai antara 0,4 – 0,7 masih dapat dipertimbangkan untuk dipertahankan apabila keberadaannya dapat meningkatkan nilai *average variance extracted* dan *composite reliability*, sehingga tetap memberikan manfaat terhadap validitas konstruk secara keseluruhan. Namun, apabila nilai *outer loading* < 0,4, indikator tersebut sebaiknya dihapus dari model, karena kontribusinya lemah dan berpotensi menurunkan kualitas pengukuran terhadap variabel laten yang dimaksud.

Uji validitas terhadap kuesioner dengan model skala likert, variabel yang diukur dijabarkan melalui

indikator variabel. Dengan menggunakan hasil smartpls 4,0 dapat diukur dengan menggunakan *composite reliability* seperti Tabel 4. yaitu, suatu konstruk dapat reliabel jika nilai *composite reliability* > 0,7. Kemudian, dalam pengujian reliabilitas di PLS perkuat dengan adanya nilai pada *cronbach alpha* yang mana konsistensi dari setiap jawaban diujikan.

Uji model fit

Goodness of Fit (GoF) digunakan untuk menggambarkan tingkat kelayakan model secara keseluruhan, yaitu sejauh mana model yang dibangun mampu merepresentasikan data dan menggambarkan hubungan antarvariabel secara baik. Dalam konteks ini, terdapat dua indikator utama yang digunakan, yaitu koefisien determinasi (R-Squared) dan uji kesesuaian model. Koefisien determinasi berfungsi untuk melihat besarnya kontribusi variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen.

Tabel 3. Hasil analisis validitas dan reliabilitas

	Cronbach's alpha	Composite reliability (rho_a)	Composite reliability (rho_c)	Average variance extracted (AVE)
Car	0,913	0,914	0,958	0,920
Man	0,694	0,799	0,864	0,760
Reg	0,804	0,839	0,881	0,772
Safety	0,825	0,825	0,920	0,851
Sign	0,613	0,720	0,837	0,760
TechCar	0,838	0,843	0,902	0,755
TechS	0,851	0,852	0,910	0,771
Techwas	0,706	0,714	0,871	0,772
Was	0,676	0,788	0,864	0,791

Tabel 4. Hasil analisis *outer loading*

	Car	Man	Reg	Safety	Sign	TechCar	TechS	Techwas	Was
Car1	0,961	-	-	-	-	-	-	-	-
Car2	0,958	-	-	-	-	-	-	-	-
Cartec1	-	-	-	-	-	0,849	-	-	-
Cartec2	-	-	-	-	-	0,875	-	-	-
Cartec3	-	-	-	-	-	0,882	-	-	-
Man1	-	0,757	-	-	-	-	-	-	-
Man2	-	0,855	-	-	-	-	-	-	-
Man3	-	0,725	-	-	-	-	-	-	-
Reg1	-	-	0,815	-	-	-	-	-	-
Reg2	-	-	0,863	-	-	-	-	-	-
Reg3	-	-	0,854	-	-	-	-	-	-
Safety1	-	-	-	0,922	-	-	-	-	-
Safety2	-	-	-	0,923	-	-	-	-	-
Sign1	-	-	-	-	0,870	-	-	-	-
Sign2	-	-	-	-	0,827	-	-	-	-
Sigtech1	-	-	-	-	-	-	0,894	-	-
Sigtech2	-	-	-	-	-	-	0,911	-	-
Sigtech3	-	-	-	-	-	-	0,827	-	-
Was1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,806
Was2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,868
Wastec1	-	-	-	-	-	-	-	0,895	-
Wastec2	-	-	-	-	-	-	-	0,862	-

Nilai R-Squared (R^2) menunjukkan proporsi varians dari variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh variabel independen dalam model. Semakin tinggi nilai R^2 , semakin baik kemampuan model dalam menjelaskan fenomena yang diamati. Nilai R^2 diharapkan berada dalam rentang 0 hingga 1, dengan kriteria: 0,67 menunjukkan hubungan kuat, 0,33 moderat, dan 0,19 lemah (Hair *et al.*, 2019).

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa nilai R-Squared pada 15 variabel penelitian menunjukkan hasil di atas 0,5 (>50%), yang berarti sebagian besar variabel independen memiliki kemampuan menjelaskan variabel dependen dengan tingkat yang cukup tinggi. Selain itu, beberapa nilai R-Squared pada variabel laten yang membentuk model Kebijakan Layanan Navigasi juga menunjukkan nilai di atas 50%, mengindikasikan bahwa model yang dibangun memiliki tingkat kelayakan dan kemampuan penjelasan yang baik secara empiris.

Tabel 5. Nilai koefisien determinan

	R-square	R-square adjusted
Safety	0,679	0,673
TechCar	0,350	0,358
TechS	0,350	0,358
Techwas	0,472	0,471

Hasil uji kesesuaian model (GoF Test) sesuai Tabel 5 dilakukan dengan menggunakan beberapa indikator utama, yaitu Standardized Root Mean Square Residual (SRMR), Normed Fit Index (NFI), dan RMS Theta. Ketiga indikator ini digunakan untuk menilai sejauh mana model penelitian sesuai dengan data empiris yang diobservasi. Model dinyatakan sesuai apabila memenuhi kriteria $SRMR < 0,08$, $NFI > 0,90$, dan RMS Theta yang mendekati nol, yang menunjukkan rendahnya korelasi residu pada model luar (outer model).

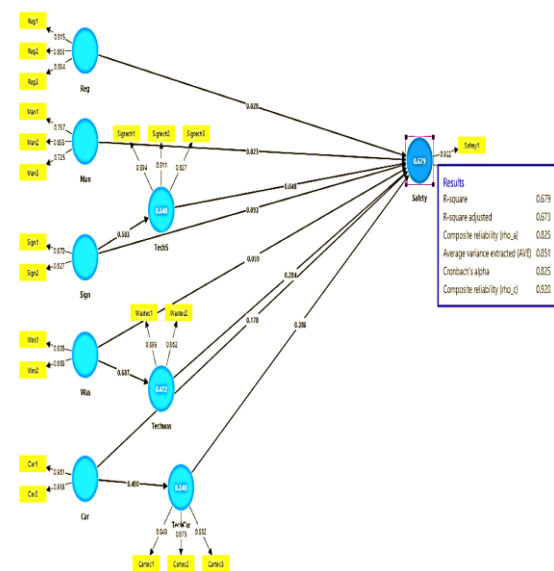
Berdasarkan hasil output pada Tabel 6, diketahui bahwa nilai SRMR sebesar $0,078 < 0,08$, NFI sebesar $0,992 > 0,90$, serta rasio Chi-Square terhadap derajat kebebasan (df) sebesar $0,018 < 2$ ($N = 500$). Hasil ini menunjukkan bahwa model telah memenuhi seluruh kriteria kesesuaian yang disyaratkan, sehingga dapat disimpulkan bahwa model yang dihasilkan layak digunakan dan memiliki kemampuan yang baik dalam menggambarkan hubungan antar variabel secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil analisis model struktural pada Gambar 5, seluruh hipotesis yang diajukan terbukti dapat diterima karena seluruh variabel independen menunjukkan pengaruh positif dan

signifikan terhadap peningkatan keselamatan lalu lintas, baik secara langsung maupun melalui variabel intervening teknologi informasi. Faktor regulasi berpengaruh positif meskipun relatif kecil (0,028), yang menunjukkan bahwa efektivitas kebijakan lebih ditentukan oleh implementasi dibanding sekadar keberadaan aturan formal.

Tabel 6. Nilai model fit

	Saturated model	Estimated model
SRMR	0,078	0,188
d_ ULS	0,938	8,005
d_ G	0,489	0,797
Chi-square	2231.621	2726,493
NFI	0,992	0,824



Gambar 4. Nilai koefisien SEM

Faktor manusia sebagai perilaku pengemudi juga berpengaruh signifikan (0,023), menegaskan pentingnya kepatuhan dan konsentrasi dalam mencegah kecelakaan. Faktor rambu lalu lintas memiliki pengaruh langsung terbesar (0,093) dibandingkan pengaruh tidak langsung melalui teknologi (0,048), sehingga kejelasan rambu fisik masih menjadi elemen kunci keselamatan. Faktor pengawasan dan penindakan terbukti sangat efektif terutama melalui teknologi (0,284), menegaskan efektivitas ETLE, CCTV, dan sistem pengawasan digital. Sementara itu, faktor kendaraan memiliki pengaruh langsung dan tidak langsung terbesar (0,178 dan 0,386), sehingga teknologi keselamatan kendaraan dan perawatan berkala sangat berkontribusi dalam mengurangi fatalitas.

Penelitian ini menghadirkan kebaruan melalui integrasi lima faktor keselamatan jalan (regulasi, manusia, rambu, pengawasan–penindakan, dan

kendaraan) secara simultan dengan variabel intervening teknologi, yang sebelumnya belum banyak dikaji secara komprehensif dalam konteks Indonesia. Kontribusi penelitian ini terhadap bidang teknik sipil terletak pada penguatan dasar perencanaan sistem transportasi berkeselamatan berbasis bukti empiris, yang relevan untuk pengembangan rekayasa lalu lintas, peningkatan fasilitas keselamatan jalan, serta standar teknis kendaraan. Implikasi praktis dari hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan keselamatan jalan akan lebih efektif jika dilakukan melalui optimalisasi rambu dan perlengkapan jalan, penerapan teknologi penegakan hukum, penguatan standar keselamatan kendaraan, serta kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta dalam implementasi kebijakan keselamatan berbasis teknologi.

Berdasarkan hasil uji hipotesis, responden di Indonesia memandang bahwa faktor regulasi dan manusia berpengaruh terhadap peningkatan keselamatan lalu lintas, namun pengaruhnya tidak sebesar faktor lain seperti rambu lalu lintas, pengawasan dan penindakan, serta kondisi kendaraan. Meskipun faktor manusia sering disebut sebagai penyebab utama kecelakaan, penelitian ini menunjukkan bahwa kepatuhan terhadap aturan keselamatan lebih dipengaruhi oleh kejelasan rambu, penegakan hukum, dan desain infrastruktur. Hal ini sejalan dengan temuan Johnson (2017) serta Iversen dan Rundmo (2019) yang menekankan pentingnya kesadaran individu dan penegakan hukum dalam membentuk perilaku aman di jalan. Sementara itu, rambu lalu lintas dinilai lebih efektif bila bersifat manual dan mudah dipahami daripada berteknologi tinggi, karena kondisi sosial dan geografis Indonesia sering membuat perangkat digital kurang efisien. Temuan ini memperkuat pandangan Lewin (2007) dan Houghton & Triggs (2009) bahwa kejelasan dan keterlihatan rambu merupakan faktor kunci dalam menekan risiko kecelakaan.

Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa intervensi teknologi memiliki peran penting dalam aspek pengawasan, penindakan, dan kendaraan. Penggunaan teknologi dinilai meningkatkan efektivitas pengawasan real-time dan mendukung keselamatan dibandingkan metode manual, sebagaimana juga dijelaskan oleh Santoso (2018) dan Smith (2017). Novelty dari penelitian ini menunjukkan bahwa di Indonesia, rambu manual justru lebih efektif daripada rambu digital dalam konteks keberlanjutan fungsi keselamatan, serta adanya pola pikir baru di masyarakat yang menilai keselamatan lalu lintas sebagai hasil dari kombinasi antara pengawasan dan penindakan berbasis teknologi, kendaraan berteknologi tinggi,

dan kepatuhan terhadap rambu serta prinsip kehati-hatian dalam berkendara.

Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh variabel bebas, yaitu faktor regulasi, manusia, rambu lalu lintas, pengawasan dan penindakan, serta kendaraan terbukti berpengaruh positif dan signifikan terhadap keselamatan lalu lintas. Artinya, peningkatan kinerja pada masing-masing faktor tersebut berdampak langsung pada peningkatan keselamatan di jalan. Namun, pengaruh paling besar diperoleh dari variabel pengawasan dan penindakan serta kendaraan melalui pemanfaatan teknologi sebagai variabel intervening. Hasil ini juga mengindikasikan bahwa meskipun perbaikan regulasi dan peningkatan kesadaran manusia berkontribusi terhadap keselamatan, dampaknya masih lebih kecil dibandingkan dengan efektivitas rambu lalu lintas yang tepat, pengawasan berbasis teknologi, dan kendaraan yang memiliki sistem keselamatan aktif maupun pasif yang memadai.

Berdasarkan hasil tersebut, rekomendasi utama untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas di Indonesia adalah memperkuat aspek teknis dan penegakan hukum. Pemerintah perlu memastikan peningkatan standar keselamatan kendaraan melalui pengawasan ketat terhadap uji tipe dan uji berkala, serta mendorong penggunaan teknologi keselamatan modern pada kendaraan. Selain itu, penerapan sistem pengawasan elektronik seperti CCTV dan e-tilang perlu diperluas untuk mendukung penindakan pelanggaran lalu lintas secara real time. Upaya lain yang penting ialah pemenuhan rambu lalu lintas yang efektif dan efisien, serta kampanye keselamatan yang menekankan kesadaran akan dampak kerugian akibat kecelakaan. Di sisi regulatif, pembaruan terhadap kebijakan yang sudah tidak relevan juga diperlukan untuk memastikan sistem keselamatan jalan yang adaptif dan berkelanjutan.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Perhubungan khususnya kepada Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Kepolisian RI dan Masyarakat yang telah memberikan kemudahan dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

Ahmed, S.R.S., Hossain, M.A., Ray, S.K., Bhuiyan, M.M.I., (2023). *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*.

- Akinyemi, (2020). Relationship between economic development and road traffic crashes and casualties: empirical evidence from Nigeria. *Transportation Research Procedia*, 48, pp.
- Brown, J., (2020). *Traffic Law and Surveillance in the 21st Century*. Routledge.
- Chen, S., Zhu, Y., Zhang, Y., Lu, J., (2019). Exploring Risk Factors Contributing to the Severity of Hazardous Material Transportation Accidents in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*,
- Jilcha, K., (2010). *Road accidents and road safety*. Lambert Academy Publishing.
- Lewin, I., (2007). *Road Safety and Traffic Signs*. Cambridge University Press.
- Dula, C.S., Martin, B.A., Fox, R.T., (2016). Aggression and driver behavior: A comprehensive analysis of the role of anger. *Journal of Safety Research*, 42(4), pp. 263-275.
- Elvik, R., (2014). Speed limits, enforcement, and health consequences. *Annual Review of Public Health*, 35(1), pp. 225-238.
- Elvik, R., Høye, A., Vaa, T., Sørensen, M., (2017). *The Handbook of Road Safety Measures*. Emerald Group Publishing.
- Garcia, R., Hernandez, F., Lopez, M., (2018). *Infrastructure Design and Road Safety*. Madrid: Urban Planning Publications.
- Granados, J.A.T., (2008). Macroeconomic fluctuations and mortality in postwar Japan. *Demography*, 45(2), pp. 323-343.
- Helman, S., Carsten, O., (2017). *Safety implications of automated vehicles: Lessons from the study of automated systems in aviation, industrial systems and road transport*. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 84,
- Hidayat, D.W., Oktopianto, Y., Sulisty, A.B., (2020). Peningkatan Kinerja Simpang Tiga Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Purin Kendal). *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*.
- Iversen, H., Rundmo, T., (2019). Personality, risky driving, and accident involvement among Norwegian drivers. *Personality and Individual Differences*, 33(8), pp. 1251-1263.
- Litman, T., (2017). *Autonomous vehicle implementation predictions: Implications for transport planning*. Victoria Transport Policy Institute.
- Lajunen, T., Özkan, T., & Summala, H. (2017). *Traffic safety: Human behavior and safety issues*. In B. E. Porter (Ed.), *Handbook of traffic psychology* (pp. 29–40). Academic Press
- Morimoto, A., Wang, A., Kitano, N., (2021). *A conceptual framework for road traffic safety considering differences in traffic culture through international comparison*. IATSS Research.
- Neumayer, E., (2004). Recessions lower (some) mortality rates: Evidence from Germany. *Social Science & Medicine*, 58(6), pp. 1037-1047.
- Oktopianto, Y., Hastuti W., Marwanto, R. (2024). Traffic Accident Cost Analysis Using The Gross Output (Human Capital) Method Approach. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan*. 9(1) (2024): March
- Persson, A., (2008). Road traffic accidents in developing countries: A global perspective. *Accident Analysis & Prevention*, 40(1), pp. 187-193.
- Qu, Y., Lin, Z., Li, H., Zhang, X., (2019). Feature recognition of urban road traffic accidents based on ga-xgboost in the context of big data. *IEEE Access*, 7, pp. 170106-170115.
- Rhamdani, et al., (2022). Audit Keselamatan Jalan Raya Bukittinggi-Payakumbuh. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2),.
- Rodriguez, R., Villamaria, J.T.B., Noroña, M.I., (2021). Analysis of Factors Affecting Road Traffic Accidents in the City of Makati Philippines. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, São Paulo, Brazil.
- Ruhm, C.J., (2000). Are recessions good for your health? *The Quarterly Journal of Economics*, 115(2)
- Zeng, Y., Qiang, Y., Zhang, N., Yang, X., Zhao, Z., Wang, X. (2024). An influencing factors analysis of road traffic accidents based on the analytic hierarchy process and the minimum discrimination information principle. *Sustainability*, 16(16), 6767. <https://doi.org/10.3390/su16166767>