

# TINJAUAN LITERATUR KOMPARATIF ATAS IMPLEMENTASI MLFF: STUDI KASUS INTERNASIONAL SEBAGAI DASAR PENGEMBANGAN KEBIJAKAN DI INDONESIA

Dihya An Najwa<sup>1)</sup>, Rizal Aprianto<sup>2)</sup>, Rizqi Amalia Mufti<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

Correspondence author: D.A.Najwa, dihyaannajwa@gmail.com, Tegal, Indonesia

## Abstract

This study systematically examines the implementation of Multi Lane Free Flow (MLFF) systems across various countries using the PRISMA-protocol-based Systematic Literature Review (SLR). The study analyses the technology and policy strategies implemented in ten countries and their relevance to the Indonesian context. Technologies such as RFID and ANPR have proven effective in accelerating toll transactions and reducing congestion. Institutional models such as a single government operator and public-private partnerships have their own advantages and challenges. The study results indicate that a gradual transition and public education increase the adoption rate of the MLFF system. Policy implications for Indonesia include selecting appropriate technology, updating supporting regulations, implementing a gradual transition strategy, and providing incentives to encourage public participation in the new system. This study provides evidence-based policy recommendations to support the effective, efficient, and sustainable implementation of MLFF, in line with Indonesia's vision for an intelligent and inclusive transportation system.

**Keywords:** *multi lane free flow, transport policy, challenge, technology*

## Abstrak

Penelitian ini secara sistematis mengkaji penerapan sistem *Multi Lane Free Flow* (MLFF) di berbagai negara menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) berbasis protokol PRISMA. Studi ini menganalisis strategi teknologi dan kebijakan yang diterapkan di sepuluh negara serta relevansinya dengan konteks Indonesia. Teknologi seperti RFID dan ANPR terbukti efektif dalam mempercepat transaksi tol dan mengurangi kemacetan. Model kelembagaan seperti operator tunggal pemerintah dan kemitraan publik-swasta memiliki kelebihan dan tantangan masing-masing. Hasil kajian menunjukkan bahwa transisi bertahap dan edukasi publik meningkatkan tingkat adopsi sistem MLFF. Implikasi kebijakan bagi Indonesia mencakup pemilihan teknologi yang tepat guna, pembaruan regulasi yang mendukung, penerapan strategi transisi bertahap, serta pemberian insentif untuk mendorong partisipasi publik dalam sistem baru. Studi ini memberikan rekomendasi kebijakan berbasis bukti untuk mendukung implementasi MLFF yang efektif, efisien, dan berkelanjutan, sejalan dengan visi pengembangan sistem transportasi cerdas dan inklusif di Indonesia.

**Kata Kunci:** *multi lane free flow, kebijakan transportasi, teknologi, tantangan*

## A. PENDAHULUAN

Jalan Tol adalah jalan bebas hambatan yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar (Irfan et al., 2021). Dengan begitu Jalan Tol dibangun dengan tujuan utama untuk memperlancar arus lalu lintas dan meningkatkan efisiensi perjalanan. Namun, seiring berjalannya waktu, jumlah pengguna jalan tol terus mengalami peningkatan. Kondisi ini justru menimbulkan permasalahan baru, yaitu kemacetan yang kerap terjadi di area gerbang tol. Akibatnya, tujuan awal dari pembangunan jalan tol menjadi tidak tercapai, karena waktu tempuh pengguna menjadi lebih lama dan sistem lalu lintas menjadi tidak efisien.

Kemajuan teknologi di bidang transportasi telah mendorong banyak negara untuk menggantikan sistem pembayaran tol tradisional dengan metode yang lebih canggih dan efisien. Pembayaran tol yang lebih canggih dan efisien ini sebagai salah satu solusi untuk menangani kemacetan yang terjadi di gerbang tol. Metode yang mulai diterapkan di beberapa negara adalah metode pembayaran *Multi Lane Free Flow* (MLFF). *Multi Lane Free Flow* atau MLFF adalah suatu metode pembayaran tol tanpa berhenti dengan pengguna tidak harus menghentikan kendaraannya di gerbang tol (Budiharjo & Margarani, 2019). Sistem ini dapat mengeliminasi terjadinya penumpukan dan meningkatkan kontrol terhadap arus lalu lintas (Sunartio & Putranto, 2023). Pembayaran tol dengan *Multi Lane Free Flow* ini menggunakan RFID (*Radio Frequency Identification*) dan ANPR (*Automatic Number Plate Recognition*) sebagai alatnya.

Beberapa negara di dunia telah menerapkan sistem *Multi Lane Free Flow* ini, diantaranya Jerman, Malaysia, Hungaria, Jepang, dan Taiwan (Candra & Suherli, 2023). Pengalaman mereka memberikan gambaran tentang tantangan dan strategi dalam penerapan sistem ini,

mulai dari aspek teknis, kelembagaan, hingga kesiapan pengguna. Di sisi lain, Indonesia saat ini sedang berada dalam tahap transisi menuju penerapan MLFF sebagai bagian dari program transformasi digital infrastruktur jalan tol. Namun, hingga saat ini, penerapan penuh sistem MLFF masih menghadapi berbagai hambatan, termasuk kesiapan infrastruktur, aspek regulasi, dan sosialisasi kepada masyarakat pengguna jalan.

Kajian literatur secara komparatif memiliki peran penting untuk menggali bagaimana penerapan sistem MLFF telah dilakukan di berbagai negara, serta bagaimana pengalaman internasional tersebut dapat menjadi acuan dalam merumuskan kebijakan nasional yang sesuai dengan kondisi Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menelaah secara sistematis berbagai literatur mengenai implementasi MLFF di tingkat global, mengidentifikasi strategi teknologi dan kebijakan yang diterapkan, serta mengevaluasi kesesuaiannya bagi penerapan di Indonesia.

Melalui pendekatan tersebut, diharapkan dapat dirumuskan kerangka rekomendasi kebijakan yang berbasis pada bukti empiris guna mendukung penerapan MLFF di Indonesia secara bertahap, efektif, dan berkelanjutan.

## B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengumpulkan, mengevaluasi, dan mensintesis literatur ilmiah yang membahas implementasi *Multi-Lane Free Flow* (MLFF) di berbagai negara. Literature review akan sangat bermanfaat untuk melakukan sintesis dari berbagai hasil penelitian yang relevan, sehingga fakta yang disajikan kepada penentu kebijakan menjadi lebih komprehensif dan berimbang (Ramayanti et al., 2025). Kemudian *Systematic Literature Review* (SLR) dalam penelitian ini disusun berdasarkan protokol

PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), yang memberikan pedoman sistematis dalam proses identifikasi, seleksi, dan sintesis artikel. Diagram alir PRISMA digunakan untuk memetakan jumlah publikasi yang ditemukan, disaring, dikaji, serta yang dikeluarkan dari proses review, lengkap dengan alasan eksklusi, guna memastikan transparansi dan replikasi studi.

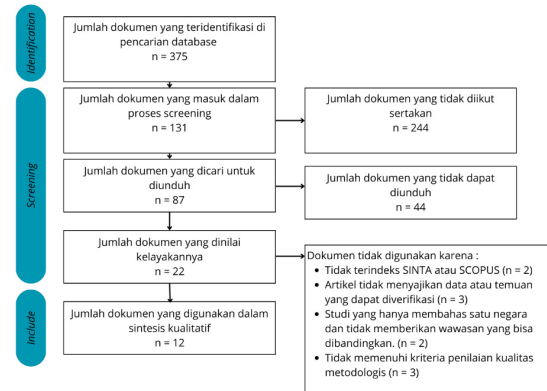
Pencarian literatur dilakukan melalui perangkat lunak Publish or Perish yang terhubung dengan beberapa pangkalan data akademik, seperti Google Scholar, Scopus, dan ScienceDirect. Pencarian dilakukan dalam rentang waktu 16–17 Juni 2025, dengan kata kunci utama, yaitu “MLFF (*Multi Lane Free Flow*)”, “RFID (*Radio Frequency Identification*)”, dan “ANPR (*Automatic Number Plate Recognition*)”. Kata kunci tersebut dikombinasikan menggunakan operator Boolean (AND/OR) untuk memperoleh cakupan literatur yang relevan secara luas, tetapi tetap spesifik terhadap topik penelitian. Kemudian, agar literatur yang dikaji relevan dan berkualitas, ditetapkan kriteria sebagai berikut :

**Tabel 1.** Kriteria penyeleksian artikel

Inklusi	Eksklusi
Artikel membahas implementasi MLFF atau sistem pembayaran tol tanpa palang di berbagai negara.	Artikel hanya membahas sistem pembayaran tol konvensional atau hanya menyebut MLFF secara sekilas tanpa pembahasan mendalam.
Studi empiris (kuantitatif/ kualitatif), studi kasus, review kebijakan, laporan teknis, atau white paper resmi.	Artikel tidak menyajikan data atau temuan yang dapat diverifikasi (misalnya: opini blog, artikel populer, atau sumber tidak ilmiah).
Studi dilakukan di negara-negara yang telah atau sedang menerapkan MLFF	Artikel yang identik atau sangat mirip dengan artikel lain yang sudah dipilih (hanya satu yang akan digunakan).
Artikel diterbitkan dalam 10 tahun terakhir (2014–2024) agar tetap relevan secara teknologi dan kebijakan.	Studi yang hanya membahas satu negara dan tidak memberikan wawasan yang bisa dibandingkan.

Inklusi	Eksklusi
Artikel dalam bahasa Inggris atau Indonesia.	Tidak memenuhi kriteria penilaian kualitas metodologis (berdasarkan JBI Critical Appraisal Tool).
Artikel dapat diakses dalam bentuk teks lengkap	Artikel ditulis dalam bahasa asing lain selain Inggris atau Indonesia tanpa terjemahan

Kriteria inklusi dan eksklusi dalam penelitian ini telah ditetapkan secara jelas dan dirinci dalam Tabel 1. Pada tabel tersebut dijelaskan bahwa artikel yang dapat dimasukkan ke dalam kajian harus memenuhi beberapa syarat, yaitu membahas topik yang sesuai dengan kata kunci penelitian, bersifat studi empiris, diterbitkan dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir, serta dapat diakses dalam bentuk *full text*. Penetapan kriteria ini bertujuan untuk memastikan bahwa literatur yang dianalisis memiliki relevansi tinggi, mutakhir, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.



**Gambar 1.** Diagram alir RISMA

Setelah dilakukan proses pencarian awal, ditemukan sebanyak 375 jurnal dan artikel yang berkaitan dengan kata kunci penelitian. Namun, melalui tahapan *screening* yang ketat berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan, jumlah tersebut kemudian disaring hingga akhirnya terpilih 20 artikel yang dinilai relevan. Seluruh artikel yang terpilih membahas penerapan *Multi Lane Free Flow* (MLFF) dalam berbagai konteks, baik

melalui studi empiris (kuantitatif maupun kualitatif), studi kasus, ulasan kebijakan, laporan teknis, maupun *white paper* resmi, dan semuanya diterbitkan dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir.

Artikel yang masuk ke dalam kriteria dikodekan dan dianalisis menggunakan pendekatan tematik-kualitatif, guna mengidentifikasi pola, praktik terbaik, dan tantangan implementasi MLFF di berbagai negara. Sintesis naratif dilakukan untuk membandingkan strategi dan kebijakan antar negara, serta mengkaji relevansinya terhadap konteks Indonesia.

## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

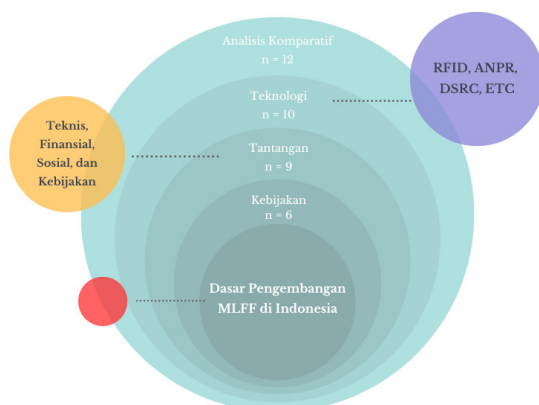
Dari proses *screening* yang telah dilakukan, diperoleh sepuluh artikel dan jurnal yang memenuhi kriteria yang telah ditentukan, yaitu membahas penerapan *Multi Lane Free Flow* (MLFF) di berbagai negara. Seluruh artikel yang terpilih bersifat internasional dan mengulas penerapan MLFF secara komprehensif, mencakup aspek kebijakan, teknologi yang digunakan, hingga tantangan yang dihadapi masing-masing negara dalam implementasinya. Adapun hasil identifikasi artikel-artikel tersebut disajikan dalam penelitian ini sebagai bahan kajian terkait penerapan MLFF di berbagai negara.

**Tabel 2.** Hasil tinjauan literatur komparatif atas implementasi MLFF

Penulis	Judul	Hasil Penelitian
(Huang et al., 2020)	A Comparative Study of Toll Collection Systems between Philippines and Taiwan	Penerapan sistem ETC di Taiwan dapat meningkatkan efisiensi lalu lintas, mengurangi kemacetan, dan memberikan dampak ekonomi positif berupa penghematan waktu serta biaya operasional. Teknologi ETC yang mampu mempercepat proses pembayaran hingga sepuluh kali lipat dibandingkan sistem pembayaran tunai.
(Sumardi et al., 2023)	Critical examination of multilane free-flow tolling system implementation in Indonesia	Implementasi MLFF mengalami tantangan terkait minimnya pemahaman masyarakat, jaminan privasi terkait keamanan data, kesiapan teknologi dan regulasi terkait standar pelayanan minimal (SPM).
(Xin et al., 2023)	A Study Of Malaysians' Intentions In Using Rfid Tag As An Electronic Payment	Persepsi pengguna jalan tol di Malaysia terkait kemudahan penggunaan, dan faktor penghambat teknologi RFID dapat dijadikan acuan dalam merancang kebijakan di Indonesia.
(Lastic, 2015)	Electronic Toll System in Slovakia as Surveillance Practice	Teknologi Automatic Number Plate Recognition (ANPR) di <i>Slovakia</i> dimanfaatkan sebagai alat pembacaan plat otomatis sistem pembayaran tol dan dikembangkan sebagai alat pemantauan kendaraan terkait pelanggaran lalu lintas, informasi lalu lintas, dan penegakan hukum
(Nascimento et al., 2019)	Sustainable Adoption of Connected Vehicles in the Brazilian Landscape: Policies, Technical Specifications and Challenges	Brasil menggunakan teknologi RFID dan OCR pada sistem tol <i>SEMPARAR</i> , yang merupakan dasar dari sistem MLFF. Namun, tantangan teknis seperti latensi komunikasi, keandalan sistem, dan akurasi pembacaan masih menjadi isu.

Penulis	Judul	Hasil Penelitian
(Glavic et al., 2017)	Assessing sustainability of road tolling technologies	Teknologi tol berbasis free flow (A3) termasuk MLFF, GNSS, dan smartphone based adalah pilihan paling berkelanjutan secara teknis, sosial, dan lingkungan.
(Figueiras et al., 2019)	Novel Big Data-supported dynamic toll charging system: Impact assessment on Portugal's shadow-toll highways	Portugal menunjukkan bahwa integrasi Big Data, dynamic pricing, kolaborasi sektor, dan insentif yang ditargetkan secara spesifik bisa membuat implementasi MLFF lebih adaptif, adil, dan efisien.
(Budiharjo & Margarani, 2019)	Kajian Penerapan <i>Multi Lane Free Flow</i> (MLFF) di Jalan Tol Indonesia	Mengkaji tentang kesiapan Indonesia dalam usaha penerapan <i>Multi Lane Free Flow</i> dan tantangannya di masa yang akan datang
(Du & Chen, 2011)	ETC Development Pushes Combination of RFID and ITS	Makalah ini menjelaskan bagaimana perkembangan sistem Electronic Toll Collection (ETC) di Tiongkok dipercepat melalui kombinasi RFID dan sistem transportasi cerdas (ITS), serta mengulas teknologi utama yang mendukung ETC dan tantangan implementasinya.
(Khan, 2019)	Electronic Toll Collection System in Bangladesh: Challenges and Prospects	Tantangan dan tanggapan masyarakat tentang keuntungan dari sistem Electronic Toll Collection di bangladesh sebagai usaha menuju 'Digital Bangladesh'
(Glavic, 2016)	Commercial exploitation of highways - toll collection technologies	Pemilihan dan implementasi teknologi pemungutan tol yang tepat harus mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi teknis, keadilan sosial, dan kesiapan pengguna.
(Shahrier et al., 2024)	Towards intelligent transportation system: A comprehensive review of electronic toll collection systems	ETCS terbukti mampu meningkatkan efisiensi transportasi dan memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan yang signifikan.

## Analisis Komparatif



**Gambar 2.** diagram lingkaran terkait hasil analisis komparatif

Dari 375 jurnal yang dikaji dan dilakukan penyaringan berdasarkan relevansi topik, metode, dan cangkupan studi. Hasilnya diperoleh 12 jurnal yang secara khusus membahas teknologi MLFF dan penerapannya diberbagai negara. Dari jumlah tersebut, sebanyak 10 jurnal membahas mengenai teknologi yang digunakan, 9 jurnal membahas mengenai tantangan yang dihadapi dari berbagai negara, dan 6 jurnal membahas terkait kebijakan yang diterapkan di masing-masing negara.



### Pilihan Teknologi

Berdasarkan artikel dan jurnal yang telah diulas, ditemukan bahwa berbagai negara telah menerapkan beragam teknologi dalam sistem *Multi Lane Free Flow* (MLFF). 10 jurnal membahas terkait teknologi yang digunakan di masing masing negara. Teknologi yang diidentifikasi meliputi : RFID (*Radio Frequency Identification*), ANPR (*Automatic Number Plate Recognition*), kombinasi RFID dan ANPR, DSRC (*Dedicated Short Range Communication*), serta ETC (*Electronic Toll Collection*) secara umum. Teknologi RFID sendiri telah mulai diterapkan di beberapa wilayah di Indonesia sebagai bagian dari transisi menuju sistem MLFF. Teknologi RFID bekerja dengan cara menempelkan stiker RFID di kaca depan kendaraan. Pembacaan sistem transaksi dilakukan secara otomatis saat kendaraan melewati gerbang tol tanpa berhenti. Proses transaksi berlangsung secara nirsentuh dan real time. Teknologi ini dapat mengurangi antrian pada gerbang tol sehingga tercapainya efisiensi operasional. Teknologi ANPR (*Automatic Number Plate Recognition*) digunakan sebagai alat bantu penegakan hukum (*law enforcement*). Kamera ANPR berfungsi mendeteksi plat nomor kendaraan secara otomatis. Hal ini dilakukan sebagai bentuk mitigasi terhadap potensi pelanggaran atau penghindaran pembayaran tol (*toll evasion*). Beberapa negara seperti Slovakia, Brazil, dan Serbia menerapkan kombinasi RFID dan ANPR. Pendekatan ini dinilai efektif karena menggabungkan efisiensi transaksi RFID dengan dukungan visual dari ANPR, yang berfungsi sebagai sistem cadangan bila RFID gagal terbaca. Teknologi DSRC OBU diterapkan di Portugal. Teknologi yang relatif lebih jarang digunakan dalam sistem MLFF modern. Menurut studi "*Technology Options for the European Electronic Toll Service*", teknologi DSRC memungkinkan komunikasi antara OBU (*On-Board Unit*) dan antena gerbang tol secara langsung saat kendaraan melaju bebas tanpa hambatan

(Gleave et al., 2014). Sistem ETC (*Electronic Toll Collection*) dikembangkan oleh negara Tiongkok, Taiwan, Filipina, serta Portugal dengan mengadopsi teknologi RFID (*Radio Frequency Identification*), DSRC (*Dedicated Short-Range Communication*), serta *Automatic Vehicle Classification* (AVC) dengan memanfaatkan pita frekuensi 5,8 GHz sebagai alat komunikasi dua arah antara kendaraan dan Infrastruktur, serta pengelompokan kendaraan secara otomatis berbasis pengukuran karakteristik fisik dan data kendaraan. Dalam melakukan pengumpulan tol Taiwan berkolaborasi dengan *Far Eastern Electronic Toll Collection Company* (FETC) dan menilai bahwa cara yang paling ekonomis dalam mendapatkan persentase pengguna jalan tol yang sangat tinggi adalah dengan beralih ke tag stiker ISO 18000 6C, atau eTag yang dapat memangkas waktu berkendara dari 30 menit menjadi lima menit untuk sebagian besar pengguna jalan tol.

Dalam jurnal yang telah diulas, dijelaskan pula kelebihan dan kekurangan dari masing-masing teknologi yang digunakan dalam sistem MLFF. Sebagai contoh, kombinasi RFID dan ANPR cukup sering diterapkan karena biaya tag yang relatif rendah serta dukungan visual enforcement sebagai cadangan apabila pembacaan tag gagal. Di sisi lain, teknologi DSRC OBU dinilai unggul dalam hal latensi komunikasi yang rendah dan keandalan transmisi data yang tinggi, namun memiliki kelemahan pada aspek biaya, karena perangkatnya lebih mahal dan membutuhkan pemasangan dengan sumber daya listrik tersendiri.

### Model Kebijakan

Model kelembagaan dalam penerapan sistem MLFF di berbagai negara menunjukkan pendekatan yang beragam, namun masing-masing memiliki kelebihan dan tantangan tersendiri. Negara seperti Taiwan dan Hong Kong mengadopsi model government-led single operator. Model

*Government-Led Single Operator* berarti satu entitas milik pemerintah yang secara langsung menangani seluruh aspek operasional sistem MLFF dari penyediaan infrastruktur, prosedur penagihan, hingga penegakan hukum (Wikipedia, 2025). Pendekatan ini terbukti memudahkan proses standarisasi prosedur penagihan, pengumpulan data, serta penegakan hukum secara terpusat, karena semua keputusan dan kebijakan berada di bawah satu kendali institusi.

Sebaliknya, negara seperti Portugal memilih pendekatan *Public Private Partnership* (PPP), yang memungkinkan keterlibatan sektor swasta dalam pendanaan dan operasional sistem. Sistem *free-flow* MLFF di Portugal dijalankan melalui kerjasama antara pemerintah dan sektor swasta, yang dalam hal ini operator utama adalah Via Verde perusahaan swasta yang mengelola infrastruktur tol dengan DSRC OBU pada kendaraan (Viana et al., 2021). Model ini mempercepat realisasi proyek karena tidak sepenuhnya bergantung pada anggaran negara, namun memerlukan koordinasi yang lebih kompleks, khususnya dalam hal penetapan tarif, pengelolaan data pengguna, dan integrasi antar sistem operator.

Dalam hal strategi implementasi, pola transisi bertahap terbukti menjadi langkah yang efektif. Taiwan, misalnya, baru mematikan semua gardu tol fisik ketika tingkat adopsi eTag telah mencapai lebih dari 90%, sehingga meminimalkan risiko penolakan publik dan disrupsi layanan. Taiwan menjadi negara pertama yang mengimplementasikan MLFF nasional sepenuhnya menggunakan RFID (eTag) dan ANPR gantry, memungkinkan kendaraan melintasi tol tanpa henti dan menghilangkan semua palang tol (Sadali, 2023). Malaysia pun menerapkan pendekatan serupa dengan menguji Proof of Concept (PoC) terlebih dahulu di satu ruas tol sebelum memperluas implementasi ke jaringan jalan tol lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan MLFF tidak hanya bergantung pada

teknologi, tetapi juga pada desain kelembagaan yang tepat dan strategi transisi yang terukur.

### Hasil Lalu Lintas dan Ekonomi

Berdasarkan hasil tinjauan terhadap berbagai jurnal internasional, dapat disimpulkan bahwa penerapan *Multi Lane Free Flow* (MLFF) memiliki potensi besar dalam menggantikan sistem pembayaran konvensional. Sistem transaksi pada gerbang tol menjadi lebih cepat hingga sepuluh kali lipat sehingga dapat mempercepat aliran kendaraan. Produktivitas ekonomi dalam pergerakan logistik barang menjadi lebih efisien yang berdampak pada normalnya harga bahan baku dipasaran, meningkatnya kualitas barang baku serta menurunnya biaya operasional. Biaya operasional pengelola jalan tol dapat menurun akibat tidak diperlukannya Infrastruktur fisik berupa gardu tol dan petugas pemungut restribusi. Percepatan sistem transaksi dapat menghemat bahan bakar yang cukup besar, waktu tempuh yang lebih singkat, emisi CO<sub>2</sub> yang berkurang, dan biaya cetak tol yang tidak diperlukan lagi. Penerapan sistem MLFF di Taiwan terbukti berhasil dan dapat menghemat biaya sampai US\$80 milion.

### Tantangan

Penerapan MLFF menunjukkan dampak positif dalam efisiensi sistem transaksi di jalan tol dan dalam pengurangan emisi gas buang kendaraan. Sistem ini juga mampu mendukung upaya pemerintah dalam menciptakan sistem transportasi cerdas. Namun demikian, implementasi teknologi tidak lepas dari berbagai tantangan yang dihadapi di sejumlah negara. Berdasarkan hasil kajian jurnal, tantangan tersebut terbagi ke dalam empat kategori utama, yaitu : tantangan teknis, tantangan finansial, tantangan sosial, serta tantangan penegakan hukum. Tantangan teknis yang dihadapi mencakup akurasi pembacaan stiker RFID dan ketidakstabilan sinyal. Belum

tersedianya sistem pemantauan real-time yang terintegrasi menjadikan kebingungan pengguna dalam sistem transaksi. Tingginya biaya investasi awal dalam pemenuhan kebutuhan infrastruktur teknologi canggih menjadi tantangan finansial yang muncul. Ketergantungan terhadap teknologi berstandar internasional seperti DSRC dengan frekuensi 5.8 GHz menjadi persoalan karena penerapan teknologi yang belum merata di seluruh wilayah. Tantangan sosial muncul akibat kurangnya kesiapan masyarakat dalam mengadopsi teknologi baru. Rendahnya pemahaman, kurangnya edukasi, keamanan sistem serta kekhawatiran akan privasi data terhadap sistem digital menyebabkan sistem ini berjalan lambat. Kegagalan sistem seperti pembobolan privasi data pengguna menjadi tantangan yang akan terjadi di Indonesia. Oleh karena itu, perlu adanya regulasi terpadu dalam penerapan kebijakan sistem MLFF ini. Pemerintah perlu menyusun strategi implementasi dengan pemetaan wilayah prioritas dan perencanaan kebijakan terkait sistem hukum dalam penegakan pelanggaran elektronik.

#### D. PENUTUP

Penerapan sistem MLFF secara internasional terbukti membawa manfaat signifikan dalam meningkatkan efisiensi lalu lintas dan menurunkan biaya operasional. Melalui kajian literatur sistematis terhadap 12 artikel, ditemukan bahwa keberhasilan implementasi MLFF sangat dipengaruhi oleh kombinasi teknologi (terutama RFID dan ANPR), model kelembagaan yang tepat, strategi transisi yang terukur, dan keterlibatan publik yang aktif.

Untuk mewujudkan dan menyukseskan penerapan sistem *Multi Lane Free Flow* (MLFF) di Indonesia, terdapat beberapa hal penting yang harus diperhatikan secara menyeluruh. Pertama, kesiapan infrastruktur menjadi faktor mendasar, mengingat sistem

MLFF membutuhkan jaringan teknologi yang andal di seluruh ruas jalan tol, termasuk pemasangan gantry, kamera ANPR, serta sensor pembaca RFID. Kedua, penggunaan teknologi yang tepat seperti RFID dan ANPR sangat krusial karena keduanya berperan sebagai inti dari sistem transaksi nirsentuh yang cepat dan akurat.

Selain itu, dukungan regulasi dari pemerintah juga diperlukan untuk mengatur, mengawasi, serta menindak pelanggaran yang terjadi dalam penggunaan sistem MLFF, agar tercipta kepastian hukum dan perlindungan bagi seluruh pihak. Tak kalah penting, pemahaman terhadap tantangan yang mungkin dihadapi ke depan, seperti resistensi dari masyarakat, isu privasi data, hingga keterbatasan teknis di lapangan, harus menjadi bagian dari perencanaan strategis. Dengan memahami dan menyiapkan berbagai aspek tersebut secara matang, diharapkan Indonesia dapat lebih siap dalam membangun sistem pembayaran tol masa depan yang tidak hanya efisien dan cepat, tetapi juga aman, inklusif, dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

#### E. DAFTAR PUSTAKA

- Budiharjo, A., & Margarani, S. R. (2019). Kajian Penerapan Multi Lane Free Flow (MLFF) di Jalan Tol Indonesia. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*, 12(1), 1–14.  
<https://doi.org/10.46447/kjt.v6i2.27>
- Candra, A., & Suherli, E. (2023). *Negara yang Menerapkan MLFF: Good Baye Macet!* Voi.Id.  
<https://voi.id/berita/283695/negara-yang-menerapkan-mlff>
- Du, W., & Chen, W. (2011). ETC development pushes combination of RFID and ITS. *13th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, 1515–1518.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/5746092>



- Figueiras, P., Gonçalves, D., Costa, R., Guerreiro, G., Georgakis, P., & Jardim-Gonçalves, R. (2019). Novel Big Data-supported dynamic toll charging system: Impact assessment on Portugal's shadow-toll highways. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 476–491. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.06.043>
- Glavic, D. (2016). *Commercial exploitation of highways - toll collection technologies*. University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering.
- Glavic, D., Milenković, M., Trpković, A., Vidas, M., & Mladenovic, M. (2017). Assessing sustainability of road tolling technologies. In *Transport Infrastructure and Systems*. Boca Raton : CRC Press.
- Gleave, S. D., Dionori, F., Manzi, L., Frisoni, R., Vassallo, J. M., Sánchez, J. G., Rendueles, L. O., & Iturriaga, José Luis PérezPatchett, N. (2014). *Technology Options For The Eeuropean Electronic Toll Service*. Brussels : Policy Department Structural and Cohesion Policies European Parliament.
- Huang, C. V., Teaño, M. C., & Wee, H. M. (2020). A Comparative Study of Toll Collection Systems between Philippines and Taiwan. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 730. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/730/1/012034>
- Irfan, A., Nenobais, H., & Darmanto. (2021). *Implementasi Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol (Sebuah Pendekatan Kebijakan Publik)*. Banyumas : CV. Amerta Media.
- Khan, F. H. (2019). Electronic Toll Collection System in Bangladesh: Challenges and Prospects. *Bangladesh Journal of Public Administration*, 27(2), 38–49. <https://doi.org/10.36609/bjpa.v27i2.66>
- Lastic, E. (2015). Electronic Toll System in Slovakia as Surveillance Practice. *SSRN Electronic Journal*, 1–25. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2567276>
- Láštic, Erik, Electronic Toll System in Slovakia as Surveillance Practice (February 1, 2015). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2567276> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2567276>
- Nascimento, D. A. do, Iano, Y., Loschi, H. J., Razmjoo, N., Sroufe, R., Oliveira, V. de J. S., Castro, D. A. P., & Montagner, M. (2019). Sustainable Adoption of Connected Vehicles in the Brazilian Landscape: Policies, Technical Specifications and Challenges. *Transactions on Environment and Electrical Engineering*, 3(1), 1–19. <https://doi.org/10.22149/tee.v3i1.130>
- Ramayanti, R., Rachmawati, N. A., Azhar, Z., & Azman, N. H. N. . (2025). *Langkah Demi Langkah Systematic Literature Review Dan Meta-Analysis*. Depok : Rajawali Pers.
- Sadali, I. (2023). *Lebuhraya Besraya terpilih sebagai lokasi Proof of Concept MLFF pertama, dilaksana hujung Okt 2023*. Paultan.Org. <https://paultan.org/2023/03/28/lebuhraya-a-besraya-terpilih-sebagai-lokasi-proof-of-concept-mlff-pertama-dilaksana-hujung-okt-2023/>
- Shahrier, M., Hasnat, A., Al-Mahmud, J., Huq, A. S., Ahmed, S., & Haque, M. K. (2024). Towards intelligent transportation system: A comprehensive review of electronic toll collection systems. *IET Intelligent Transport Systems*, 18(6), 965–983. <https://doi.org/10.1049/itr2.12500>
- Sumardi, T. S., Oneyama, H., & Yanagihara, M. (2023). Critical examination of multilane free-flow tolling system implementation in

Indonesia. *International Seminar of Science and Applied Technology: Natural Resources Management for Environmental Sustainability (ISSAT)*, 07024.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447907024>

Sunartio, V., & Putranto, L. S. (2023). Pendapat Pengguna Jalan Tol Jabodetabek Tentang Multi Lane Free Flow. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(4), 913–924.  
<https://doi.org/10.24912/jmts.v6i3.24848>

Viana, L. C., Sarmiento, J. M., Moreira, J. A., & Alves, P. (2021). The impact of public–private partnerships on public accounts: The Portuguese roads sector. *Financial Accountability & Management*, 37(3), 279–302.  
<https://doi.org/10.1111/faam.12275>

Wikipedia. (2025). *HKeToll*. Wikimedia.

Xin, E. B., Min, G. J., Shan, H. Y., & Yu, S. (2023). *A Study of Malaysians' Intentions in Using RFID Tag as an Electronic Payment*. Universiti Tunku Abdul Rahman, Faculty of Business and Finance, Departement of Finance.