



## Perkembangan Teknologi Informasi Sistem Pembayaran Gerbang Tol Di Indonesia

Wahyu Ajie Suparlan<sup>1)</sup>; Topik Hidayattuloh<sup>2)</sup>; Zulfa Septiasari<sup>3)</sup>; Zuliana<sup>4)</sup>; dan Taswanda Taryo<sup>5)</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Program Pascasarjana Universitas Pamulang

<sup>1</sup>[wahyoe.soeparlan@gmail.com](mailto:wahyoe.soeparlan@gmail.com); <sup>2</sup>[topik.unpam@gmail.com](mailto:topik.unpam@gmail.com); <sup>3</sup>[zseptia10@gmail.com](mailto:zseptia10@gmail.com);

<sup>4</sup>[zuliana2892@gmail.com](mailto:zuliana2892@gmail.com); <sup>5</sup>[otantaryo@gmail.com](mailto:otantaryo@gmail.com)

### Abstract

The toll payment system with Multi-Lane Free Flow (MLFF) has brought significant innovations in improving the efficiency and ease of toll payments on highways. MLFF allows vehicles to cross toll gates without stopping or making physical transactions using cards or cash. In this system, vehicle identification technologies such as Radio Frequency Identification (RFID) are used to recognize vehicles and make payments electronically. Previous research has shown that MLFF use has a positive influence. Traffic efficiency increases as waiting times at toll gates are reduced. Transaction security is also enhanced, reducing the risk of manipulation or fraud. Convenience and user satisfaction increase because vehicles can cross toll gates smoothly and quickly. In addition, MLFF also increases revenue and operational efficiency for toll road managers. The implementation of MLFF in other countries has provided a successful example. Singapore, for example, implemented Electronic Road Pricing (ERP) using MLFF and successfully reduced waiting times at toll gates and increased user satisfaction. Malaysia has also implemented the Malaysian Electronic Payment System (MEPS), which reduces congestion and increases toll revenue. However, the implementation of MLFF in Indonesia faces challenges. Adequate technological infrastructure, integration with non-toll payment systems, and public awareness need to be considered. In developing a toll payment system with MLFF in Indonesia, it is important to learn experiences and lessons from other countries. In order to improve the efficiency and ease of toll payments, MLFF is a promising solution. By addressing existing challenges, the implementation of MLFF can provide significant benefits for toll road users in Indonesia, ensuring smoother traffic, safer transactions, and a better travel experience.

**Keyword:** Toll Road, Toll Payment System; Multi-Lane Free Flow (MLFF)

### Abstrak

Sistem pembayaran tol dengan Multi-Lane Free Flow (MLFF) telah membawa inovasi signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan kemudahan pembayaran tol di jalan raya. MLFF memungkinkan kendaraan untuk melintasi gerbang tol tanpa berhenti atau melakukan transaksi fisik menggunakan kartu atau uang tunai. Dalam sistem ini, teknologi identifikasi kendaraan seperti Radio Frequency Identification (RFID) digunakan untuk mengenali kendaraan dan melakukan pembayaran secara elektronik. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan MLFF memiliki pengaruh positif. Efisiensi lalu lintas meningkat karena waktu tunggu di gerbang tol berkurang. Keamanan transaksi juga ditingkatkan, mengurangi risiko manipulasi atau penipuan. Kemudahan dan kepuasan pengguna meningkat karena

kendaraan dapat melintasi gerbang tol dengan lancar dan cepat. Selain itu, MLFF juga meningkatkan pendapatan dan efisiensi operasional bagi pengelola jalan tol. Penerapan MLFF di negara lain telah memberikan contoh sukses. Singapura, misalnya, menerapkan Electronic Road Pricing (ERP) yang menggunakan MLFF dan berhasil mengurangi waktu tunggu di gerbang tol serta meningkatkan kepuasan pengguna. Malaysia juga telah menerapkan Malaysian Electronic Payment System (MEPS), yang mengurangi kemacetan dan meningkatkan pendapatan tol. Namun, penerapan MLFF di Indonesia menghadapi tantangan. Infrastruktur teknologi yang memadai, integrasi dengan sistem pembayaran non-tol, dan kesadaran masyarakat perlu dipertimbangkan. Dalam mengembangkan sistem pembayaran tol dengan MLFF di Indonesia, penting untuk mempelajari pengalaman dan pembelajaran dari negara-negara lain. Dalam rangka meningkatkan efisiensi dan kemudahan pembayaran tol, MLFF menjadi solusi yang menjanjikan. Dengan mengatasi tantangan yang ada, penerapan MLFF dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi pengguna jalan tol di Indonesia, memastikan lalu lintas yang lebih lancar, transaksi yang aman, dan pengalaman perjalanan yang lebih baik

**Kata kunci:** Jalan Tol, Sistem Pembayaran Tol; Multi-Lane Free Flow (MLFF)

## PENDAHULUAN

Penggunaan kendaraan bermotor di Indonesia kian meningkat dengan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 141,99 juta unit per tahun 2021 (Badan Pusat Statistik, 2021). Dan untuk pengguna kendaraan pribadi mencapai 16,4 juta unit di tahun yang sama. Namun, seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan tidak berbanding lurus dengan pertumbuhan lahan untuk pembangunan jalan yang disebabkan lahan yang sudah tidak memadai (Budiharjo et al., 2019). Jalan yang dilalui oleh berbagai kategori seperti sepeda motor, kendaraan ringan, sedang hingga berat sehingga menimbulkan kemacetan. Dengan adanya kemacetan, tentunya waktu tempuh yang dilalui menjadi lebih lama sehingga perjalanan menjadi terhambat dan tiba di tempat tujuan menjadi terlambat (Prasetyo & Djunaedi, 2019). Pemerintah sudah mencoba berbagai solusi untuk menanggulangi kemacetan khususnya berada di ibukota seperti penambahan moda transportasi umum yaitu Layanan Bus Transjakarta, JakLingko, KRL *Commuter Line*, *Mass Rapid Transit* (MRT) hingga *Light Rail Transit* (LRT). Penambahan rute di setiap moda transportasi umum juga memungkinkan masyarakat dapat lebih mudah mengakses transportasi umum ke tempat tujuan sehingga kemacetan bisa dikurangi.

Selain layanan moda transportasi umum, pemerintah juga berupaya untuk mencari solusi lainnya yaitu dengan pembangunan jalan tol. Melalui Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 17 Tahun 2021 tentang Perubahan Keempat atas Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol (Pemerintah Pusat, 2021). Berbicara jalan tol, pemerintah Indonesia pertama kali membangun jalan tol yaitu Tol Jakarta - Bogor - Ciawi atau biasa disingkat Jagorawi. Tol Jagorawi membentang sepanjang 59 kilometer dan diresmikan oleh Presiden Soeharto pada tanggal 9 Maret 1978. Berdasarkan data dari PT. Jasa Marga hingga Januari 2023, total jalan tol yang sudah beroperasi sudah mencapai 3490,34 km yang membentang di seluruh Indonesia. Dengan pembangunan jalan tol yang semakin masif, tentu diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi di Indonesia (Rizal et al., 2019). Dengan dukungan teknologi yang semakin canggih, diharapkan jalan tol bisa menjadi salah satu solusi dari permasalahan kemacetan dan menumbuhkan perekonomian di Indonesia.

Perkembangan teknologi merujuk pada perubahan dan kemajuan yang terjadi dalam bidang teknologi seiring berjalannya waktu. Hal ini mencakup penemuan baru, inovasi, pengembangan, dan penerapan teknologi yang mengarah pada perbaikan atau perubahan dalam cara kita hidup, bekerja, dan berinteraksi dengan dunia di sekitar kita. Tujuan dari perkembangan teknologi adalah meningkatkan kualitas hidup manusia, efisiensi, dan kemudahan dalam melakukan berbagai aktivitas. Perkembangan teknologi dapat terjadi dalam berbagai bidang, salah satunya adalah dalam bidang teknologi sistem informasi. Penggunaan Teknologi Sistem Informasi (*Information System Technology*) melibatkan berbagai komponen dan alat teknologi yang digunakan untuk memfasilitasi pengelolaan informasi. Salah satu contoh penerapan dari penggunaan teknologi sistem informasi pada proses pembayaran gerbang tol di Indonesia. Beberapa tahun kebelakang, pembayaran gerbang tol masih menggunakan sistem manual dengan uang cash. Kelemahan dari pembayaran dengan uang cash adalah membuat antrian kendaraan, sehingga tidak dapat mengefisienkan waktu. Namun, terdapat kelebihan yaitu dapat

membuka lowongan pekerjaan untuk menjadi penjaga tol yang bertugas memberikan uang kembalian.

## KAJIAN LITERATUR

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol disebutkan bahwa Jalan Tol merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Jalan tol merupakan bagian dari sistem jaringan jalan umum merupakan lintas alternatif, namun dalam keadaan tertentu seperti kemacetan di jalan tol tidak merupakan lintas alternatif. Tol merupakan singkatan dari *Tax on Location*. Penamaan tersebut merujuk pada penerapan tarif saat melalui beberapa pemberhentian di jalan tol. Tarif yang dikenakan saat melalui jalan tol juga berbeda sesuai dengan panjang jalur jalan tol. Jalan tol yang biasa dikenal dengan istilah jalan bebas hambatan bertujuan untuk mempersingkat waktu tempuh pengguna dari satu tempat ke tempat lainnya. Jalan tol dirancang untuk digunakan oleh pengguna dengan kecepatan sedang ke tinggi yaitu diatas 40 km/jam. Saat ini, mekanisme pembayaran jalan tol sudah menggunakan pembayaran non-tunai melalui e-toll card yaitu penggunaan kartu yang berisi sejumlah dana yang bisa digunakan untuk membayar Tarif Tol. Landasan Penerapan Transaksi Nontunai melalui Kementerian PUPR dengan menerbitkan Peraturan Meteri PUPR Nomor 16 /PRT/M/2017 tentang Transaksi Tol Nontunai di Jalan Tol (PUPR, 2017). Peraturan Meteri ini dibuat bertujuan untuk meningkatkan pelayanan kepada pengguna jalan tol, sehingga transaksi tol menjadi lebih efektif, efisien, nyaman serta aman

*Electronic Card* dikenal sebagai kartu elektronik yang dirancang untuk menyimpan dan memproses informasi elektronik. Pada tanggal 31 Oktober 2017 pembayaran gerbang tol sudah menggunakan *electronic card* seperti *e-Money*, *Brizzi*, *TapCash* dan masih banyak lagi (Budiharjo et al., 2019). *Electronic card* merupakan kartu yang berfungsi sebagai uang digital, termasuk kedalam kartu Prabayar yang mempunyai nilai uang yang tersimpan secara elektronik dalam chip

*On Board Unit (OBU)* merupakan salah satu alat *Electronic Toll Collection (ETC)* yang dirancang dengan menggunakan teknologi yang dapat digunakan untuk sistem pembayaran di Gardu Induk Tol Elektronik, dimana pengemudi tidak perlu menghentikan kendaraannya untuk melakukan proses pembayaran (Ho et al., 2019). Penerapan ETC dapat mengurangi antrian di gardu tol, meningkatkan efisiensi proses transaksi, menekan biaya penggunaan sumber daya manusia sebagai pemungut tarif jalan tol, audit yang lebih baik pengendalian, dan perluasan kapasitas gardu tol tidak perlu dibarengi dengan pembangunan infrastruktur (Penna et al., 2017). Kurangnya minat pengguna jalan tol di Indonesia untuk nontunai pembayaran, dan penekanan pada pentingnya model pembayaran yang terintegrasi, untuk kenyamanan pengguna dalam melakukan transaksi yang berhubungan dengan pengangkutan maupun tidak, tanpa menggunakan berbagai kartu (Meviany et al., 2019). Niat (Chen et al., 2007), kesadaran akan diskon tol yang ditawarkan dan penghematan tol (Holguín-Veras & Preziosi, 2011) dari jalan tol pengguna menentukan tingkat adopsi layanan ETC

*Roatex Ltd* sebagai pemrakarsa proyek, telah ditetapkan sebagai pemenang lelang oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) sesuai dengan Surat Menteri PUPR Nomor PB.02.01-Mn/132 pada tanggal 27 Januari 2021 terkait Penetapan Pemenang Pelelangan Pengusahaan Badan Usaha Pelaksanaan Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha untuk Sistem Transaksi Tol Nontunai Nirsentuh Berbasis *Multi Lane Free Flow*. Roatex Ltd telah membentuk perusahaan sebagai Badan Usaha Pelaksana Sistem Transaksi Tol Nirsentuh Berbasis MLFF dengan nama PT. Roatex Indonesia Toll System (RITS) menjadi pengelola pelaksana MLFF. Proyek sistem MLFF akan melibatkan sejumlah pelaku usaha meliputi penyedia sistem, operator jalan tol, sistem pembayaran dan operator telekomunikasi (Nugraha, 2023). Kepala Badan Pengatur Jalan Tol Danang PARIKESIT mengemukakan persiapan untuk penerapan transaksi sistem MLFF sudah 50 persen. Untuk pelaksanaan pembayaran nirsentuh di Tol Bali Mandara bersifat uji coba untuk memastikan keandalan alat, keandalan aplikasi, dan keandalan kamera, termasuk integrasi data yang dimiliki sistem MLFF dengan data Kepolisian. Sistem MLFF ini menggunakan teknologi *Global Navigation Satellite System (GNSS)* dan melakukan transaksi melalui aplikasi Cantas yang diintegrasikan dengan data ERI (*Electronic Registration and Identification*) atau data kepemilikan kendaraan yang

dimiliki oleh Korlantas Polri. Salah satu manfaat dengan kehadiran sistem transaksi MLFF ini adalah efisiensi biaya operasi dan juga meminimalisir bahan bakar kendaraan

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bersifat deskriptif dengan pendekatan kualitatif, dimana penulis memaparkan terlebih dahulu tentang penerapan *e-government* berupa *e-toll* sebagai alat pembayaran pada gerbang tol, kemudian melakukan identifikasi terhadap permasalahan yang sering dialami dengan sistem yang sudah ada. Selanjutnya penulis melakukan pembahasan pencaangan terkait penerapan *Multi Lane Free Flow* di Indonesia yang penerapannya masih tertunda hingga saat ini dengan mencari manfaat *Multi Lane Free Flow* yang telah diterapkan di Negara-negara lain. menggunakan *Multi Lane Free Flow* yang sering dikeluhkan oleh pengguna. Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa bahan pustaka, yang terdiri dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan *Multi Lane Free Flow*, buku, berita resmi, dan informasi dari website terpercaya yang terkait dengan implementasi *Multi Lane Free Flow*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Malaysia sudah merencanakan penggunaan pembayaran jalan tol berbasis *Multi Lane Free Flow* sejak tahun 1998. Terdapat dua sistem pembayaran jalan tol yang berlaku di Malaysia yaitu sistem *SmartTAG* dan *Touch and Go* (Mohd et al., 2008). Sistem *SmartTAG* merupakan sistem yang akan diterapkan di Indonesia yaitu sistem pembayaran tol tanpa henti, sedangkan *Touch and Go* merupakan sistem yang masih dijalankan di Indonesia yaitu dengan menempelkan kartu tol (*E-Money*) dalam mesin pembayaran dan gerbang dibuka apabila pengguna telah membayar dengan kartu tol tersebut. Sistem yang disebut sebagai *Electronic Toll Collection* (ETC)

Dengan rencana Malaysia menerapkan pembayaran jalan tol secara otomatis sejak tahun 1998 menjadikan Malaysia dipandang menjadi pelopor dalam penerapan pembayaran jalan tol otomatis atau ETC. Tentunya dalam penerapan pembayaran jalan tol otomatis, pemerintah Malaysia dihadapkan oleh sejumlah tantangan seperti pemenuhan infrastruktur, masalah kontrak dengan pihak ketiga, manajemen operasi dan pemeliharaan dari perangkat berbasis MLFF. Selain itu, dukungan publik Malaysia menjadi faktor kunci serta dukungan anggaran dalam pembangunan sistem MLFF di Malaysia sehingga berjalan efektif untuk mengurangi kemacetan di Malaysia.

Sistem MLFF di Malaysia berjalan ketika kendaraan pengguna melewati *transceiver* dan kamera yang terpasang di tiang mendekati gerbang tol (Noor et al., 2016). Dalam *transceiver* dan kamera tersebut akan mendeteksi nomor kendaraan dan riwayat kendaraan tersebut mulai dari daerah mana ketika memasuki jalan tol. Pendeteksian ini juga dibantu dengan *Infrared* sehingga memudahkan *transceiver* memperoleh data dari kendaraan tersebut.

Dikarenakan sistem tersebut digunakan di sepanjang jalan tol di Malaysia, pemerintah Malaysia sudah menyiapkan perangkat yang andal dalam hal komunikasi dan tahan dengan segala cuaca sehingga tidak mengganggu transmisi data pada identifikasi identitas kendaraan pengguna jalan tol di Malaysia. Dilansir dari PIARC (World Road Association), jalan tol Malaysia membentang sepanjang 1.820 km dari Johor Bahru hingga Kangar yang dikelola oleh Lembaga Lebuhraya Malaysia (Lim, 2023)

Sistem tol yang diterapkan di Yunani bertujuan untuk menghubungkan antar kota dengan sistem *Electronic Toll Collection* (ETC) yang terpasang di gardu masuk maupun keluar tol. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk memilih bagaimana pengguna memilih untuk bertransaksi (via tunai atau ETC). Selain itu, sistem pembayaran tol di Yunani juga menerapkan *transceiver Dedicated Short Range Communication* (DSRC) yang terhubung dengan perangkat *On Board Unit* (OBU) kendaraan, kamera pendeteksi nomor kendaraan sehingga tagihan pembayaran tol berhasil teridentifikasi oleh pengguna kendaraan jalan tol (Papandreou & Antiochos, 2020). Keunggulan dari sistem ini adalah, sistem pembayaran jalan tol di Yunani dirancang dengan memperhatikan unsur perlindungan data di tiap pengguna jalan tol seperti sistem tidak menyimpan data pribadi pengguna secara permanen, dan hanya digunakan untuk kepentingan pembayaran transaksi penggunaan jalan tol. Pada tahun 2020, jalan tol Yunani terbentang sepanjang 2.320 km yang membentang ke seluruh wilayah Yunani dan bisa bertambah seiring dengan proses pembangunan jalan tol yang sedang berlangsung.



Menurut Zakar dan Kovacs, Hungaria sudah menerapkan pembayaran tol secara efisien yaitu *Multi Lane Free Flow* (MLFF) pada tahun 2013. Sistem pembayaran yang digunakan menggunakan sistem GPS yang dapat mendukung dalam penerapan pembayaran tol secara efisien (Klochikhin & Schindler, 2020)

Hungaria menetapkan sistem *fleet management* yang memberikan efisiensi dikarenakan dapat menghemat waktu bagi pengguna jalan tol, sistem pembayaran yang transparan karena membayar berdasarkan jumlah yang ditempuh, dan pengguna hanya perlu memeriksa saldo rekening di *platform State Motorway Management Company* (SMMC), dan mampu mengurangi kegiatan administrasi (Zakar & Kovács, 2013). Namun, pada saat awal penerapan pembayaran tol berbasis MLFF ialah apabila perusahaan belum terintegrasi dengan pembayaran dibawah naungan SMMC, diwajibkan harus melakukan registrasi tersebut, sehingga pengguna lain yang belum menggunakan platform SMMC, akan mengalami kesulitan dalam menikmati fasilitas MLFF di jalan tol Hungaria yang dikarenakan pembayaran tol di Hungaria berprinsip *Fleet Management System*.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan rencana pemerintah yang akan menerapkan secara bertahap mengenai penerapan MLFF berbasis GNSS di Indonesia pada akhir Desember 2023, yang sebelumnya batal diterapkan pada tanggal 1 Juni 2023, tentunya diperlukan persiapan yang matang baik dari segi kebijakan, teknis penggunaan hingga infrastruktur yang siap digunakan oleh pengguna jalan tol. Dari jurnal ini, diambil beberapa kesimpulan, antara lain:

Pemerintah Indonesia sedang mempersiapkan penerapan pembayaran tol nirsentuh dengan menggunakan sistem Multi Lane Free Flow berbasis *Global Navigation Satellite System* (GNSS) yang akan diterapkan secara bertahap di ruas tol Jabodetabek mulai Desember 2023; Pemerintah Indonesia sudah melakukan berbagai kajian dengan penerapan MLFF di negara lain seperti di beberapa negara Eropa, Jepang hingga Malaysia; Pemerintah memutuskan untuk menggunakan jasa pihak ketiga dari Hungaria yaitu PT. Roatex Indonesia Toll System yang merupakan pihak ketiga yang membuat sistem MLFF berbasis GNSS di Hungaria; Dengan pembangunan infrastruktur pembayaran tol nirsentuh di Indonesia, diharapkan dapat mengurangi kemacetan di jalan tol secara signifikan sehingga permasalahan kemacetan di jalan tol dapat teratasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, H. B. (2021, February 3). *Begini Proses Transaksi Tol Tanpa Setop Berbasis MLFF*. Kompas.Com. <https://www.kompas.com/properti/read/2021/02/03/070000521/begini-proses-transaksi-tol-tanpa-setop-berbasis-mlff?page=all>
- Badan Pusat Statistik. (2021, February 2). *Volume Kendaraan Lewat Jalan Tol Menurut Gerbang Transaksi dan Golongan Tarif Kendaraan 2019-2020*. Volume Kendaraan Lewat Jalan Tol Menurut Gerbang Transaksi Dan Golongan Tarif Kendaraan 2019-2020. <https://jakarta.bps.go.id/indicator/17/299/1/volume-kendaraan-lewat-jalan-tol-menurut-gerbang-transaksi-dan-golongan-tarif-kendaraan.html>
- Budiharjo, A., Margarani, S. R., Manajemen, S., Transportasi, K., <sup>2</sup>program Studi, J., Keselamatan, M., Jalan, T., & Keselamatan, P. (2019). DI JALAN TOL INDONESIA. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*.
- Chen, C. Der, Fan, Y. W., & Farn, C. K. (2007). Predicting electronic toll collection service adoption: An integration of the technology acceptance model and the theory of planned behavior. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 15(5). <https://doi.org/10.1016/j.trc.2007.04.004>
- Harahap, I. H. (2020). IMPLEMENTASI E-GOVERNMENT DALAM PELAYANAN TOL DI INDONESIA. *Management, and Industry (JEMI)*, 3(1).
- Harnanda, A. Y., Priyanto, S., & Irawan, M. Z. (2022). DETERMINING FACTORS OF INTEREST IN THE USE OF TECHNOLOGY READNESS BASED MULTI LANE FREE FLOW (MLFF). *Business and Accounting Research (IJEBAR) Peer Reviewed-International Journal*, 6(4), 2269–2289. <https://jurnal.stie-aas.ac.id/index.php/IJEBAR>

- Ho, H. C., Latifa, L., Clarice, C., & Raditya, A. (2019). On board unit for electronic toll collection service in supporting make Indonesia 4.0. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, July*.
- Holguín-Veras, J., & Preziosi, M. (2011). Behavioral investigation on the factors that determine adoption of an electronic toll collection system: Passenger car users. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19(3). <https://doi.org/10.1016/j.trc.2010.07.005>
- Husin, H., Prananingtyas, P., & Mahmudah, S. (2019). ANALISIS PENERAPAN PEMBAYARAN TOL MENGGUNAKAN E- MONEY. *Diponegoro Law Journal*, 8(1), 396–416. <https://doi.org/10.14710/DLJ.2019.25340>
- Klochikhin, E., & Schindler, N. (2020). *Using GNSS Technology to Combine Fleet Management Functionality with the European Electronic Toll Service*.
- Lim, A. (2023, March 21). *Multi-lane free flow (MLFF) toll system to cost RM3.46 bil – study to begin in 2024, implementation by 2025*. Paultan.Org Local News. <https://paultan.org/2023/03/21/multi-lane-free-flow-mlff-toll-system-to-cost-rm3-45-bil-study-to-begin-in-2024-implementation-by-2025/>
- Meviany, Y., Joewono, T. B., & Wibowo, A. (2019). ESTIMASI PERIODE RAMP-UP LALU LINTAS JALAN TOL DALAM KOTA (INNER CITY TOLL ROAD'S RAMP-UP TRAFFIC ESTIMATION PERIOD). *Jurnal Jalan-Jembatan*.
- Mohd, F. M., Bin, F., & Rahim, A. (2008). *APPLICATION OF COMMUNICATION TECHNOLOGY IN MALAYSIA TOLLING SYSTEM*.
- Noor, N. M., Mohd Sam, S., Mohd Azmi, N. F., Mohd Yusoff, R. C., & Mohd Zainuddin, N. M. (2016). RFID-based electronic fare toll collection system for multi-lane free flow - A case study towards Malaysia toll system improvement. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 8(4).
- Nugraha, D. (2023). *Toll Road Infrastructure Development Towards Interregional Connectivity and The National Economy*. 2(1), 175–179. <https://doi.org/10.51773/sssh.v2i1.149>
- Nurul Yudho Fauzan, O. F., Perdana, R. S., & Adiono, T. (2022). Development of Vehicle Type Detection System on Multi Lane Free Flow Toll E-Collection. *Proceedings of 2022 International Conference on Data and Software Engineering, ICoDSE 2022*, 42–46. <https://doi.org/10.1109/ICoDSE56892.2022.9971925>
- Papandreou, K., & Antiochos, K. (2020, September 20). Bridging the gap between conventional Toll Plaza Based Open Tolling schemes and distance based Closed MLFF ETC schemes: The Case of the Hybrid Toll System in Olympia Odos Motorway, Greece. *2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems, ITSC 2020*. <https://doi.org/10.1109/ITSC45102.2020.9294486>
- Pemerintah Pusat. (2021). Peraturan Pemerintah No.21 Tahun 2021. 2 Februari, 24.
- Penna, M., Jijesh, J. J., Bolla, D. R., Pramod, M. S., & Satyasrikanth, P. (2017). Reconfiguring CPLD To perform operations based on sequence detection condition. *2016 IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information and Communication Technology, RTEICT 2016 - Proceedings*, 554–558. <https://doi.org/10.1109/RTEICT.2016.7807883>
- Prasetyo, S. A., & Djunaedi, A. (2019). PERUBAHAN PERKEMBANGAN WILAYAH SEBELUM DAN SESUDAH PEMBANGUNAN JALAN TOL. *Jurnal Litbang Sukowati : Media Penelitian Dan Pengembangan*, 3(1). <https://doi.org/10.32630/sukowati.v3i1.98>
- PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA. (2005). peraturan pemerintah republik indonesia nomor 15 tahun 2005 tentang jalan tol. *Bulletin Des Sociétés Chimiques Belges*, 53(March).
- PUPR. (2017). PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT REPUBLIK INDONESIA NOMOR 16/PRT/M/2017 TENTANG TRANSAKSI TOL NONTUNAI DI JALAN TOL DENGAN. *הארץ*, 8.5.2017.
- Rizal, R. S., K, R. H., & S, T. L. (2019). RE-EVALUASI PENERAPAN SISTEM PENGUMPULAN TOL ELEKTRONIS DI INDONESIA. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 5(2). <https://doi.org/10.33197/jitter.vol5.iss2.2019.275>
- Rusmalina, Y. (2023, February 8). *PUPR Targetkan Pembangunan Jalan Tol 509,01 Km di 2023*. BeritaSatu.Com. <https://www.beritasatu.com/ekonomi/1026529/pupr-targetkan-pembangunan-jalan-tol-50901-km-di-2023>



- Subronto, T. (2023, June 16). *5 Hal Yang Perlu Diketahui Tentang Transaksi Non Tunai Dijalur Tol*. Carmudi Indonesia. <https://www.carmudi.co.id/journal/5-hal-gto-yang-perlu-diketahui/>
- Suprayitno, H., Permana Waluyo, G., & Muljono Bantek, S. (2020). *MENUJU PEMBAYARAN TOL TANPA HENTI SECARA MULTILAJUR* (Vol. 6, Issue 1).
- Szekely, T. (2014, December 12). Government to Introduce Toll System on M0 Bypassing Motorway. *Hungary Today*. <https://hungarytoday.hu/government-introduce-toll-system-m0-bypassing-motorway-55049/>
- Yosritzal, Nurlaela, S., Rizki, M., & Taki, H. M. (2018). Modelling toll traffic pattern: The Jagorawi toll case study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 202(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/202/1/012022>
- Zakar, K., & Kovács, -György. (2013). THE ALTERATION OF THE HUNGARIAN TOLL PAYMENT SYSTEM IN 2013, ACTIVITY SUPPORT WITH THE APPLICATION OF A FLEET MANAGEMENT SYSTEM. In *Advanced Logistic Systems* (Vol. 7, Issue 1).