



Pemodelan dan Simulasi Teknologi *Connected Vehicle* untuk Meningkatkan *Traffic Flow* di Kawasan Perkotaan Kota Makassar

**Amaliah Faradibah¹, A. Ulfa Tenripada², Poetri Lestari Lokapitasari
B³, Fahmi⁴, Aulia Putri Utami⁵, Rizal Rahmadani⁶**

Teknik Informatika, Universitas Muslim Indonesia

Email: amaliah.faradibah@umi.ac.id¹, a.ulfah@umi.ac.id²,
poetri.lestari.2205349@students.um.ac.id³, fahmi.fikom@umi.ac.id⁴,
auliaputriutami.iclabs@umi.ac.id⁵, rizalrahmadani.iclabs@umi.ac.id⁶

Abstrak

Peningkatan alat transportasi tanpa seimbang sarana dan prasarana menuntut inovasi teknologi, meski teknologi sudah diterapkan, namun belum mampu mengatasi dampak perkembangan ekonomi yang meningkatkan jumlah kendaraan. Pengaturan optimal dapat dilakukan melalui sistem berbasis *Internet of Things* untuk mengurangi kemacetan dan menghemat energi. Manajemen yang baik diperlukan untuk menyeimbangkan semua sarana dan prasarana. Melalui pemantauan kendaraan, dapat ditentukan komposisi kendaraan di jalur yang sama untuk dialihkan atau mengatur waktu *traffic light*. Teknologi kendaraan terhubung dianggap kunci solusi baru untuk masalah transportasi, memungkinkan komunikasi antar kendaraan dan infrastruktur. *Connected vehicle technology* memungkinkan kendaraan berkomunikasi menggunakan jaringan nirkabel. Penelitian ini melibatkan pengumpulan data dan model matematika untuk memprediksi arus lalu lintas. Hasil perubahan kondisi eksisting setelah menerapkan skenario penggunaan teknologi *Connected Vehicle* menunjukkan pengurangan *Travel Time* dengan hambatan dari sekitar 0.21 jam pada tahun 2018 menjadi perkiraan 0.38 jam pada tahun 2030, memberikan implikasi positif terhadap pengelolaan lalu lintas di masa mendatang. Temuan ini memberikan dasar kuat untuk perbaikan kebijakan dan infrastruktur transportasi yang dapat meningkatkan efisiensi dan kenyamanan perjalanan.

Kata Kunci: *Connected Vehicle Technology*; Efisiensi; Urban Area; Sistem Dinamik

ABSTRACT

The improvement of transportation tools without a proportional increase in infrastructure poses serious challenges. Although technology has been applied to traffic lights and intelligent systems, it has not exceeded the impact of economic development. The solution to addressing congestion and minimizing wasted energy can be found through an Internet of Things (IoT)-based system. Effective management is needed to balance facilities and infrastructure. Monitoring vehicles allows for determining composition and redirection of routes, as well as adjusting traffic light timings. Connected vehicle technology, communication between vehicles and infrastructure, is considered a key solution. This research involves data collection and the application of mathematical models to predict traffic flow. This research summarizes the results of changes in the existing conditions after implementing the scenario of using Connected Vehicle technology with the aim of improving travel time efficiency, indicating a reduction in Travel Time with obstacles from around 0.21 hours in 2018 to an estimated 0.38 hours in 2030, providing positive implications for future traffic management.

Keywords: *Connected Vehicle Technology; Efficiency; Urban Area; Dynamic System*

A. PENDAHULUAN

Alat transportasi yang terus meningkat tidak seimbang dengan sarana dan prasarana yang memadai sehingga timbul masalah transportasi seperti kemacetan, Kota Makassar menjadi salah satu kota dengan masalah yang sama karena itu sering disebut sebagai kota metropolitan (Nursalam et al., 2018). Timbulnya kemacetan juga berakibat pada penggunaan atau konsumsi bahan bakar dari alat transportasi tersebut (Apriyono & Rumlus, 2021). Meskipun telah banyak perubahan seperti menerapkan teknologi pada *traffic light* atau penerapan sarana dan prasarana untuk kendaraan bersama masih belum dapat menyeimbangkan peningkatan dalam hal masalah kemacetan.

Sistem Transportasi dari awal sampai saat ini telah berkembang seiring dengan perkembangan teknologi. Teknologi saat ini banyak diterapkan di berbagai bidang termasuk sistem transportasi mulai dari transportasi cerdas sampai dengan peningkatan infrastruktur dalam

menunjang penggunaan alat transportasi (Rita Kurniati, 2021). Beberapa penerapan teknologi terhadap sistem transportasi telah memberikan pengaruh positif terkait efisiensi kendaraan (Revinski et al., 2022). Namun, penerapan teknologi tidak sejalan dengan perkembangan ekonomi masyarakat, sehingga diperlukan inovasi dan implementasi yang mampu menyeimbangkan komponen-komponen dalam sistem transportasi. Hal ini dapat dicapai melalui penerapan beberapa teknologi terbaru atau inovasi terbaru dalam domain transportasi. Pengaturan maksimal untuk sistem transportasi dalam mengatur kemacetan dan meminimalisir energi yang terbuang yaitu dengan menerapkan sistem berbasis *Internet of Things* (Hendrialdi et al., 2021; Rosyady et al., 2022).

Penerapan teknologi pada sistem transportasi yaitu melakukan manajemen persimpangan telah menjadi inti dari rekayasa transportasi dengan mengandalkan lampu lalu lintas dalam mengatur arus lalu lintas di persimpangan (Zhang et al., 2022). Teknologi kendaraan terhubung dan otomatis (CAV) di mana kendaraan, dan infrastruktur dapat dijangkau dan dikendalikan (Von Schmidt et al., 2022; Wu & Qu, 2022). Komunikasi kendaraan-ke-kendaraan (V2V), komunikasi kendaraan-ke-infrastruktur (V2I), dan teknologi penggerak otonom secara luas dianggap sebagai kunci yang memungkinkan pengembangan sistem transportasi cerdas generasi mendatang dan sangat diantisipasi untuk membawa solusi baru ke masalah transportasi yang paling memprihatinkan (Zhao et al., 2021).

Connected vehicle technology adalah teknologi yang memungkinkan kendaraan untuk berkomunikasi dengan infrastruktur jalan raya dan kendaraan lainnya menggunakan jaringan nirkabel.

Penelitian ini akan melibatkan pengumpulan data lalu lintas dan penggunaan model matematika untuk memprediksi arus lalu lintas yang terjadi di jalan raya (Wu & Qu, 2022). *Connected Vehicle* atau Kendaraan Terhubung adalah kendaraan yang dilengkapi dengan teknologi informasi dan komunikasi (ICT) yang memungkinkannya untuk terhubung dengan jaringan internet dan saling terhubung satu sama lain. Teknologi ini memungkinkan kendaraan untuk memantau kinerja mesin, navigasi, dan lingkungan sekitarnya, serta berkomunikasi dengan sistem kendaraan lainnya, infrastruktur jalan raya, dan sistem manajemen lalu lintas.

Efisiensi bahan bakar dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk kemacetan lalu lintas. Kemacetan lalu lintas dapat mengurangi efisiensi bahan bakar karena kendaraan yang berhenti dan bergerak lambat dalam lalu lintas yang padat menghabiskan lebih banyak bahan bakar daripada kendaraan yang bebas bergerak di jalan yang lancar. Oleh karena itu, penting untuk meminimalkan kemacetan lalu lintas dan memilih rute perjalanan yang lebih lancar untuk memaksimalkan efisiensi bahan bakar. Selain itu, berkendara dengan cara yang efisien dan mempertahankan kecepatan konstan pada jalan yang lancar juga dapat membantu meningkatkan efisiensi bahan bakar. Dengan teknologi ini, kendaraan dapat memperoleh informasi yang berguna seperti informasi lalu lintas, informasi cuaca, dan informasi keamanan, dan memanfaatkannya untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi dalam berkendara. *Connected Vehicle* juga memungkinkan operator kendaraan untuk memantau dan mengelola kendaraan dari jarak jauh, memungkinkan mereka untuk memperoleh informasi tentang kondisi

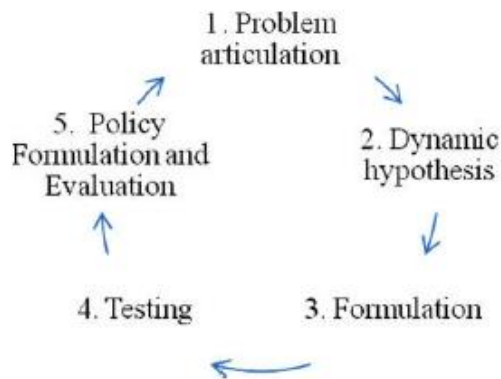
kendaraan dan memperbaikinya jika diperlukan. Teknologi ini diharapkan dapat membantu mengurangi kemacetan, meningkatkan keselamatan jalan raya, dan meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar.

Menurut Murdick, R. G (1991:27), sistem adalah seperangkat elemen yang membentuk kumpulan atau prosedur-prosedur atau bagan-bagan pengolahan yang mencari suatu tujuan bagian atau tujuan bersama Davis, G. B (1991:45). Pergerakan dimulai dari tempat awal melalui proses pergerakan dan diakhiri ditempat tujuan (Teodorović & Janić, 2017). Transportasi adalah suatu tindakan, proses, atau hal memindahkan atau sedang dipindahkan dari suatu tempat ke tempat yang lain. (Fidel Miro, 2002) (Teodorović & Janić, 2017).

Teknologi *Connected Vehicle* (CV) adalah peralatan, aplikasi, atau sistem yang menggunakan komunikasi V2X untuk menangani keselamatan, efisiensi sistem, atau mobilitas di jalan raya kami. Konsep CV menggunakan data dari siaran komunikasi jarak pendek dan pertukaran *peer-to-peer* dalam jarak kurang lebih 300m untuk “merasakan” apa yang sedang dilakukan oleh pengendara lain (kendaraan, pengendara sepeda, pejalan kaki, kursi roda, sepeda motor, bus, truk, dan lainnya) dan mengidentifikasi potensi bahaya. Perangkat kendaraan-ke-kendaraan (V2V) dan kendaraan-ke-infrastruktur (V2I) berkomunikasi melalui sinyal radio, yang bersifat omni-directional (yaitu, menawarkan jangkauan 360 derajat). Komunikasi V2X juga menawarkan keamanan—setiap pesan dapat dipercaya melalui autentikasi langsung yang mencakup perlindungan privasi. Interoperabilitas adalah dasar dari kemampuan ini. Upaya

mengatasi dapat dilakukan dengan Pemasangan *traffic light*, Pembuatan marka jalan dan pemasangan tanda lalu lintas, Penerapan *one way traffic, keep left dan prohibition to the right, tidal flows* (aruspasang), *clear ways, three on one* (tiga penumpang dalam satu mobil), pelayanan bus kota secara terjadwal, tertib dan teratur, larangan kendaraan berukuran besar masuk kota pada pagi siang dan sore hari, distribusi jam kerja secara merata, *motor car free* (bebas sepeda motor) pada jam tertentu, pembangunan banyak ruang parkir (Rahardjo & Adji, 2011).

Sistem dinamik adalah metodologi untuk memahami suatu masalah yang kompleks. Metodologi ini dititikberatkan pada pengambilan kebijakan dan bagaimana kebijakan tersebut menentukan tingkah laku masalah-masalah yang dapat dimodelkan oleh sistem secara dinamik (Richardson dan Pugh, 1986). Dalam penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa sistem dinamik merupakan kerangka yang memfokuskan pada sistem berpikir dengan cara *feedback loop* dan mengambil beberapa langkah tambahan struktur serta mengujinya melalui model simulasi komputer (Forrester, 1994) (Suryani et al., 2012).



Gambar 1. Proses Dalam Pemodelan Sistem Dinamik
(Sterman, 2000)

Pengertian simulasi menurut Khoshnevis 1994 yang dituliskan dalam penelitian sebelumnya menyatakan bahwa Simulasi merupakan proses aplikasi membangun model dari sistem nyata atau usulan sistem, melakukan eksperimen dengan model tersebut untuk menjelaskan perilaku sistem, mempelajari kinerja sistem atau untuk membangun sistem baru sesuai dengan kinerja yang diinginkan. Model simulasi sangat efektif digunakan untuk sistem yang relatif kompleks untuk pemecahan analisis dari model tersebut (S et al., 2010).

Validasi sistem dilakukan dengan dua cara pengujian yaitu: validasi model dengan statistik uji perbandingan rata-rata (*mean comparison*) atau validasi model dengan uji perbandingan variasi amplitudo atau % *error variance* (Barlas, 1989):

Uji perbandingan rata-rata (Mean Comparison)

$$E1 = [S^- - A^-] / A^-$$

Uji Perbandingan Variasi Amplitudo (% Error Variance)

$$E2 = |(S_s - S_a) / S_a|$$

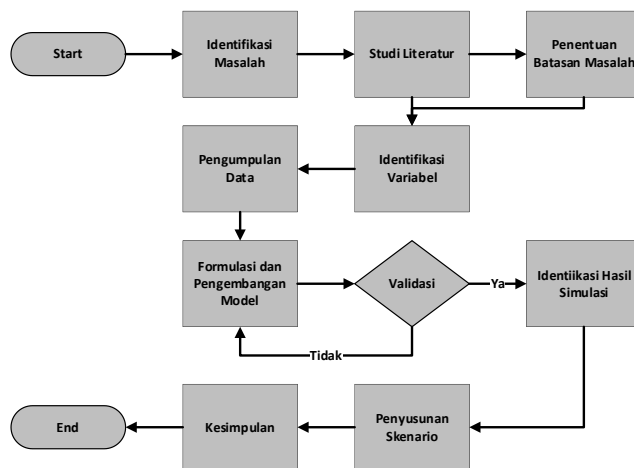
B. METODE

Penelitian ini mengambil metode teknologi CV (*Connected Vehicle*) dari hasil penelitian terdahulu sebagai landasan untuk memahami potensi penerapannya dalam peningkatan efisiensi sistem transportasi. Dimana teknologi CV, kendaraan dapat berkomunikasi dengan infrastruktur, memberikan informasi mengenai kepadatan jalan, waktu perjalanan, dan kondisi lalu lintas. Dengan memanfaatkan data ini, sistem dapat merespons secara dinamis untuk mengurangi kemacetan, meningkatkan efisiensi waktu tempuh, dan menciptakan lingkungan transportasi yang lebih adaptif. Penerapan teori dari teknologi CV dalam penelitian ini menjadi langkah inovatif untuk mengatasi tantangan transportasi perkotaan. Dengan menyelaraskan teori dan implementasi, penelitian ini berupaya membuktikan potensi teknologi CV sebagai solusi yang dapat meningkatkan efisiensi sistem transportasi secara keseluruhan.

Penelitian ini mengadopsi metode penelitian berbasis eksperimen dan pendekatan analisis sistem dinamik, penelitian ini mengintegrasikan metode Teknologi *Connected Vehicle* dengan penekanan pada implementasi dan pemanfaatan teknologi tersebut hingga diperoleh hasil.

Identifikasi masalah awal berdasarkan studi literatur membuka jalan untuk mengumpulkan data di Kota Makassar, dengan memperoleh informasi terkait infrastruktur transportasi. Studi literatur melibatkan penyusunan dasar teori dari berbagai sumber, termasuk buku, media, dan hasil penelitian sebelumnya. Formulasi dan pengembangan model konseptual menggunakan diagram kausal yang disimulasikan dengan metode sistem dinamik, memanfaatkan variabel dari penelitian-penelitian terdahulu.

Pengujian, implementasi, dan penyusunan skenario dilakukan melalui identifikasi *feedback loop diagram*, pengembangan skenario, dan simulasi. Lokasi penelitian berada di Laboratorium Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muslim Indonesia. Peubah yang diukur mencakup volume kendaraan, jenis kendaraan, ruas jalan, simpang jalan, kondisi lampu lalu lintas, dan perubahan waktu pada *traffic light*. Fokus analisis sistem dinamik dan eksperimen adalah penerapan teknologi *Connected Vehicle* sebagai strategi inovatif untuk meningkatkan efisiensi sistem transportasi.

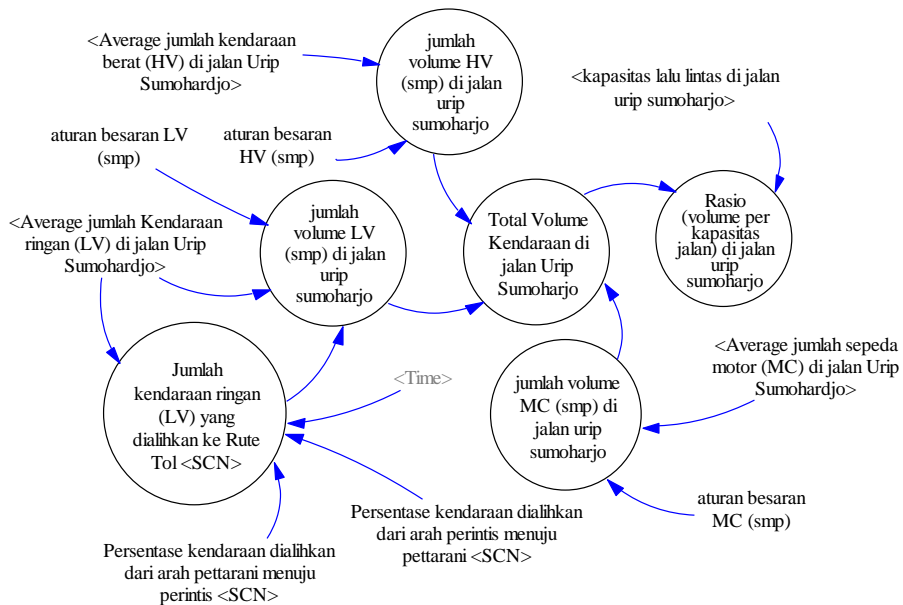


Gambar 2. Alur Tahapan Penelitian

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan mengadopsi solusi *Connected Vehicle*, pengelolaan lalu lintas dapat dilakukan secara lebih efisien. Berdasarkan data Dinas Perhubungan, sekitar 50% dari total kendaraan ringan melewati Jalan Urip Sumoharjo menuju Jalan Perintis Kemerdekaan, sementara sekitar 40% kendaraan ringan melintas dari arah Perintis Kemerdekaan menuju Pettarani. Teknologi *Connected Vehicle* memungkinkan kendaraan

menerima rekomendasi rute alternatif secara *real-time* berdasarkan kondisi lalu lintas. Dengan memberikan arahan kepada pengemudi melalui sistem ini, seperti menggunakan jalan tol, diharapkan dapat mengurangi volume lalu lintas di Jalan Urip Sumoharjo dan meningkatkan efisiensi pergerakan kendaraan secara keseluruhan.



Gambar 3. SFD Skenario adopsi solusi *Connected Vehicle*

Angka volume kendaraan sebelum dan setelah dilakukan skenario menunjukkan adanya perbedaan besar, ini dikarenakan implementasi teknologi dari CV dapat mengurangi volume lalu lintas. Hasil penurunan volume kendaraan tahun 2018 sampai dengan 2030 akan ditampilkan pada tabel 4.38.

Tabel 1. Perbandingan Volume Kendaraan Sebelum dan Setelah Skenario

Tahun	Volume Kendaraan	
	Sebelum Skenario	Setelah Skenario
2018	2825.35	2020.14
2019	2847.91	2038.20

Tahun	Volume Kendaraan	
	Sebelum Skenario	Setelah Skenario
2020	2874.16	2059.39
2021	2904.75	2084.27
2022	2940.43	2113.51
2023	2980.72	2146.53
2024	3027.35	2184.96
2025	3082.10	2230.48
2026	3146.42	2284.39
2027	3222.04	2348.27
2028	3310.98	2423.96
2029	3415.63	2513.68
2030	3538.83	2620.04

Berdasarkan hasil skenario penurunan volume kendaraan melalui program rekonfigurasi jaringan rute, memberikan pengaruh terhadap kecepatan rata-rata kendaraan.

Tabel 2 Perbandingan Nilai Kecepatan Rata-rata Sebelum dan Setelah Skenario

Tahun	Kecepatan Rata-rata	
	Sebelum Skenario	Setelah Skenario
2018	29.91	30.32
2019	29.61	30.01
2020	29.30	29.71
2021	28.99	29.40
2022	28.68	29.10
2023	28.37	28.79
2024	28.06	28.49
2025	27.75	28.18
2026	27.44	27.87
2027	27.12	27.56
2028	26.80	27.25
2029	26.48	26.93
2030	26.14	26.61

Tabel 3 Perbandingan Nilai Waktu Tempuh (*Travel Time*) Sebelum dan Setelah Skenario

Tahun	Waktu Tempuh (<i>Travel Time</i>)	
	Sebelum Skenario	Setelah Skenario
2018	0.165	0.163

Tahun	Waktu Tempuh (<i>Travel Time</i>)	
	Sebelum Skenario	Setelah Skenario
2019	0.167	0.165
2020	0.169	0.166
2021	0.171	0.168
2022	0.172	0.170
2023	0.174	0.172
2024	0.176	0.174
2025	0.178	0.175
2026	0.180	0.177
2027	0.182	0.179
2028	0.184	0.181
2029	0.187	0.184
2030	0.189	0.186

Dari hasil di atas, ditemukan bahwa volume lalu lintas di Jalan Urip Sumoharjo pada tahun 2015 sebesar 2,825 smp/jam, sedangkan pada tahun 2022 sebesar 35,38 smp/jam. Volume lalu lintas pada tahun 2015 sekitar 2,659 smp/jam, sementara pada tahun 2022 sekitar 33,49 smp/jam. Rasio (volume per kapasitas) Jalan Urip Sumoharjo pada tahun 2015 sekitar 28.58%, sedangkan pada tahun 2022 diperkirakan meningkat menjadi 35.80%. Kecepatan rata-rata kendaraan di Jalan Urip Sumoharjo pada tahun 2015 sebesar 28 km/jam, sedangkan pada tahun 2022 sekitar 14.59 km/jam.

Travel Time dengan hambatan pada tahun 2015 sekitar 0.17 jam, namun diperkirakan mencapai 0.33 jam pada tahun 2022. *Standard Travel Time* dengan hambatan pada tahun 2015 adalah 0.168 jam, dengan proyeksi tetap sekitar 0.167 jam pada tahun 2022. Efisiensi Waktu Tempuh (*Travel Time*) pada tahun 2015 sekitar 1.04%, sementara pada tahun 2022 diperkirakan meningkat menjadi 1.98%.

D. PENUTUP

Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, terlihat perubahan dari kondisi eksisting setelah menerapkan skenario penggunaan teknologi *Connected Vehicle*. Model ini merangkum setiap variabel yang terkait dalam upaya meningkatkan efisiensi waktu tempuh. Skenario yang diusulkan bertujuan untuk meningkatkan efisiensi melalui penerapan teknologi *Connected Vehicle*. Dengan program pemanfaatan teknologi kendaraan terhubung, diperoleh *Travel Time* dengan hambatan pada tahun 2018 sekitar 0.21 jam, sedangkan pada tahun 2030 diperkirakan mencapai 0.38 jam. Kedua skenario tersebut menunjukkan hasil waktu tempuh yang lebih singkat dibandingkan dengan kondisi sebelum menerapkan skenario.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyono, T., & Rumlus, D. P. (2021). Analisis Faktor-Faktor yang Mengakibatkan Kemacetan Lalu Lintas pada Ruas Jalan Budi Utomo dan Jalan Hasanuddin di Kota Timika. *Jurnal Kritis*, 5(2), 96–114.
- Hendrialdi, H., Sueni, N. W. P., Soimun, A., & Rupaka, A. P. (2021). Angkutan Massal sebagai Alternatif Mengatasi Permasalahan Kemacetan Lalu Lintas Metropolitan Sarbagita. *Jurnal Teknologi Transportasi Dan Logistik*, 2(2), 79–86. <https://doi.org/10.52920/jttl.v2i2.20>
- Nursalam, I. S., Jinca, M. Y., & Sutopo, Y. K. D. (2018). Arahan Pengembangan Transportasi Sungai Sebagai Transportasi Alternatif Angkutan di Kota Makassar. *Jurnal Wilayah & Kota Maritim ...*, 6(2), 73–83.

- Rahardjo, A., & Adji, A. S. (2011). *Manajemen Transportasi Darat. Mengatasi Kemacetan Lalu lintas di Kota Besar*. Graha Ilmu.
- Revinski, R., Adry, M. R., & Akbar, U. U. (2022). Pengaruh Infrastruktur Transportasi dan Urbanisasi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Negara ASEAN. *Jurnal Kajian Ekonomi Dan Pembangunan*, 4(2), 63. <https://doi.org/10.24036/jkep.v4i2.13363>
- Rita Kurniati, N. L. W. (2021). Dampak Ekonomi Pengoperasian Transjakarta Ditinjau dari Persepsi Pengguna. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 22(2), 194–205. <https://doi.org/10.25104/jptd.v22i2.1669>
- Rosyady, P. A., Feter, M. R., & Ikhsan M, Z. A. (2022). Prototipe Sistem Deteksi Kemacetan Jalan Raya Berbasis Internet Of Things (IoT). *Avitec*, 4(2), 197. <https://doi.org/10.28989/avitec.v4i2.1270>
- S, A. A., Magister, P., Keahlian, B., Informasi, S., Informatika, J. T., & Teknologi, F. (2010). Penyelarasan Tujuan Ti Dan Tujuan Bisnis. *Paper*, 1, 1–7.
- Suryani, E., Chou, S. Y., & Chen, C. H. (2012). Dynamic simulation model of air cargo demand forecast and terminal capacity planning. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 28, 27–41. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2012.05.012>
- Teodorović, D., & Janić, M. (2017). Transportation Systems. In D. T. M. Janić (Ed.), *Transportation Engineering* (pp. 5–62). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803818-5.00002-0>
- Von Schmidt, A., Heinrichs, M., & Behrisch, M. (2022). Simulating the impact of privately owned automated vehicles within the region Test Bed Lower Saxony, Germany. *Procedia Computer Science*, 201(C), 197–204. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.03.028>

- Wu, J., & Qu, X. (2022). Intersection control with connected and automated vehicles: a review. *Journal of Intelligent and Connected Vehicles*, 5(3), 260–269. <https://doi.org/10.1108/JICV-06-2022-0023>
- Zhang, Z., Dobinson, T., & Wang, W. (2022). Australian universities engaging international students during the COVID-19 pandemic. *Discourses, Modes, Media and Meaning in an Era of Pandemic*, 117–140. <https://doi.org/10.4324/9781003168195-10>
- Zhao, X., Chen, H., Li, H., Li, X., Chang, X., Feng, X., & Chen, Y. (2021). Development and application of connected vehicle technology test platform based on driving simulator: Case study. *Accident Analysis and Prevention*, 161(March 2020), 106330. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106330>