

BAB V

KESIMPULAN

V. 1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan, kalibrasi, validasi, dan analisis multiskenario menggunakan PTV VISSIM pada ruas Tol Semarang ABC dan Gerbang Tol Kalikangkung, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Kinerja operasional Tol Semarang ABC dan Gerbang Tol Kalikangkung pada kondisi aktual *one way* atau S0 menunjukkan hasil yang relatif baik dalam melayani volume puncak. Model S0 telah memenuhi kriteria validasi dengan nilai GEH volume sebesar 0,49, MAPE panjang antrean sebesar 0,65%, dan MAPE tundaan sebesar 15,89%. Hasil simulasi menunjukkan bahwa S0 mampu melayani 3.165,63 kendaraan/jam atau 89,81% dari volume input sebesar 3.525 kendaraan/jam. Waktu tempuh rata-rata sebesar 319,37 detik, kecepatan perjalanan rata-rata 16,76 km/jam, serta kepadatan ruas utama sebesar 29,14 kendaraan/km/lajur. Pada Gerbang Tol Kalikangkung, panjang antrean rata-rata sebesar 41,5 meter dan tundaan rata-rata sebesar 52,6 detik. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan *one way* mampu meningkatkan kapasitas arah dominan, meskipun masih terdapat ketidakseimbangan distribusi kendaraan pada beberapa gardu.
2. Perubahan kinerja pada skenario *contra flow* atau S1 dan kondisi normal atau S2 menunjukkan bahwa kedua skenario tersebut memiliki kinerja lebih rendah dibandingkan S0. Skenario S1 mampu melayani 2.790,03 kendaraan/jam atau 79,15% dari volume input, dengan waktu tempuh rata-rata 394,88 detik, kecepatan 13,53 km/jam, panjang antrean 86,4 meter, dan tundaan 90,8 detik. Sementara itu, S2 menghasilkan kinerja terendah karena hanya mampu melayani 919,95 kendaraan/jam atau 26,10% dari volume input, dengan waktu tempuh meningkat menjadi 1.449,79 detik, kecepatan turun menjadi 3,68 km/jam, panjang antrean mencapai 153 meter, dan tundaan sebesar 284,9 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa *contra flow* masih lebih baik dibandingkan kondisi normal, tetapi belum mampu menyamai efektivitas *one way*.
3. Skenario *one way* atau S0 merupakan pengaturan lalu lintas terbaik berdasarkan indikator volume terlayani, waktu tempuh, kecepatan,

kepadatan, panjang antrean, tundaan, dan Level of Service. Dibandingkan kondisi normal, S0 mampu menurunkan waktu tempuh sebesar 77,97%, panjang antrean sebesar 72,88%, dan tundaan sebesar 81,54%. Dibandingkan *contra flow*, S0 menghasilkan volume terlayani 13,46% lebih tinggi, waktu tempuh 19,12% lebih rendah, kecepatan perjalanan 23,87% lebih tinggi, panjang antrean 51,97% lebih rendah, dan tundaan 42,07% lebih rendah. Dengan demikian, *one way* dapat direkomendasikan sebagai strategi pengaturan lalu lintas untuk menangani arus puncak Lebaran pada kondisi volume lalu lintas yang sebanding dengan penelitian ini..

V. 2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan analisis yang dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan volume lalu lintas yang berubah berdasarkan interval waktu tertentu, misalnya 5, 15, atau 30 menit, agar proses pembentukan dan pelepasan antrean selama periode puncak dapat direpresentasikan dengan lebih rinci.
2. Kalibrasi dan validasi model sebaiknya menggunakan kelompok data yang berbeda. Data pada satu periode dapat digunakan untuk kalibrasi, sedangkan data pada periode lain digunakan untuk validasi independen agar tingkat keandalan model lebih kuat.
3. Penelitian berikutnya dapat menambah jumlah *simulation run* dan menentukan jumlah pengulangan berdasarkan variasi hasil simulasi, sehingga nilai rata-rata yang diperoleh lebih stabil dan representatif.
4. Kajian lanjutan disarankan menambahkan aspek keselamatan, biaya operasional, dan lingkungan. Evaluasi keselamatan dapat menggunakan indikator surrogate safety seperti Time to Collision dan Post Encroachment Time, sedangkan aspek lingkungan dapat mencakup konsumsi bahan bakar dan emisi kendaraan.
5. Penelitian selanjutnya juga dapat mengembangkan skenario rekayasa lalu lintas yang lebih beragam, seperti variasi panjang segmen *contra flow*, variasi jumlah lajur *one way*, pengaturan bukaan lajur, dan manajemen distribusi kendaraan menuju gardu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdeen, M. A. R., Farrag, S., Benaida, M., Sheltami, T., & El-Hansali, Y. (2023). VISSIM calibration and validation of urban traffic: a case study Al-Madinah City. *Personal and Ubiquitous Computing*, 27(5), 1747–1756. <https://doi.org/10.1007/s00779-023-01738-9>
- Abdelhalim, A., Associate, R., & Abbas, M. (2022). *An Assessment of Safety-Based Driver Behavior Modeling in Microscopic Simulation Utilizing Real-Time Vehicle Trajectories*. <https://arxiv.org/pdf/2210.09076>
- Al-Msari, H., Koting, S., Ahmed, A. N., & El-shafie, A. (2024). Review of driving-behaviour simulation: VISSIM and artificial intelligence approach. *Heliyon*, 10(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25936>
- Alam, M. G. R., Suma, T. M., Uddin, S. M., Siam, M. B. A. K., Mahbub, M. S. Bin, Hassan, M. M., & Fortino, G. (2021). Queueing Theory Based Vehicular Traffic Management System Through Jackson Network Model and Optimization. *IEEE Access*, 9, 136018–136031. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3116503>
- Altintasi, O., Tuydes-Yaman, H., & Tuncay, K. (2017). Detection of urban traffic patterns from Floating Car Data (FCD). *Transportation Research Procedia*, 22, 382–391. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.03.057>
- Ampountolas, K., dos Santos, J. A., & Carlson, R. C. (2020). Motorway Tidal Flow Lane Control. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 21(4), 1687–1696. <https://doi.org/10.1109/TITS.2019.2945910>
- Ampountolas, K., Dos Santos, J. A., & Carlson, R. C. (2020). Motorway Tidal Flow Lane Control. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 21(4), 1687–1696. <https://doi.org/10.1109/TITS.2019.2945910>
- Andrade, C. (2021). A Student's Guide to the Classification and Operationalization of Variables in the Conceptualization and Design of a Clinical Study: Part 1. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 43(2), 177–179. <https://doi.org/10.1177/0253717621994334>
- Anggraeni, D. (2024). *CAPACITY INCREASE PLAN ANALYSIS BY ADDING LANE TO THE JAKARTA-CIKAMPEK TOLL ROAD*. 4(12), 11515–11532.
- Bari, C., Gupta, U., Chandra, S., Antoniou, C., & Dhamaniya, A. (2021). Examining Effect of Electronic Toll Collection (ETC) System on Queue Delay Using Microsimulation Approach at Toll Plaza -A Case Study of Ghoti Toll Plaza, India. *2021 7th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/MT-ITS49943.2021.9529325>
- Bindzar, P., Saderova, J., Sofranko, M., Kacmary, P., Brodny, J., & Tutak, M. (2021). A Case Study: Simulation Traffic Model as a Tool to Assess One-Way vs. Two-Way Traffic on Urban Roads around the City Center. *Applied Sciences*, 11(11), 5018. <https://doi.org/10.3390/app11115018>
- Butar-Butar, S. H. H., Rompis, S. Y. R., & Timboeleng, J. A. (2017). Analisa Dampak Lalulintas Hotel Diamond Manado. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 3(3), 861–874.
- Cafiso, S., Di Graziano, A., Giuffrè, T., Pappalardo, G., & Severino, A. (2022). Managed Lane as Strategy for Traffic Flow and Safety: A Case Study of Catania Ring Road. *Sustainability (Switzerland)*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/su14052915>
- Chen, D., & Ahn, S. (2018). Capacity-drop at extended bottlenecks: Merge, diverge, and weave. *Transportation Research Part B: Methodological*, 108, 1–

20. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.12.006>
- Gross, D., Shortle, J. F., Thompson, J. M., & Harris, C. M. (2018). *FUNDAMENTALS OF QUEUEING THEORY*.
- Hafram, S. M., Valery, S., & Hasim, A. H. (2023). Calibrating and Validation Microscopic Traffic Simulation Models VISSIM for Enhanced Highway Capacity Planning. *International Journal of Engineering*, 36(8), 1509–1519. <https://doi.org/10.5829/IJE.2023.36.08B.11>
- Halim, H., Mustari, I., & Zakariah, A. (2019). Analisis Kinerja Operasional Ruas Jalan Satu Arah dengan Menggunakan Mikrosimulasi Vissim (Studi Kasus: Jalan Masjid Raya di Kota Makassar). *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 3(2). <https://doi.org/10.12962/j26151847.v3i2.5884>
- Illahi, B. A., & Maulana, A. (2019). Analisis Pengaruh Lajur Khusus Sepeda Motor Terhadap Kinerja Simpang Jalan PH.H.Mustafa – Jalan Cimuncang. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 3(2). <https://doi.org/10.26760/jrh.v3i2.3145>
- Jepriadi, K. (2022). Kalibrasi dan Validasi Model Vissim untuk Mikrosimulasi Lalu Lintas pada Ruas Jalan Tol dengan Lajur Khusus Angkutan Umum (LKAU). *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 9(2), 110–118. <https://doi.org/10.46447/ktj.v9i2.439>
- Kachroo, P., & Özbay, K. M. A. (2018). Traffic flow theory. *Advances in Industrial Control*, 32(9783319692296), 57–87. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69231-9_3
- Kawulur, C. I., Sendow, T. K., Lintong, E., & Rumayar, A. L. E. (2013). Analisa Kecepatan Yang Diinginkan Oleh Pengemudi (Studi Kasus Ruas Jalan Manado-Bitung). *Jurnal Sipil Statik*, 1(4), 289–297.
- Kementerian PUPR. (2014). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol* (hal. 10). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/128250/permen-pupr-no-16prtm2014-tahun-2014>
- Muljono, S., & Daramita, R. I. F. (2025). TOLL ROAD TARIFF AND TOLL COLLECTION INTEGRATION POLICY IN INDONESIA: ADVANCING TOWARDS AN EFFICIENT, FAIR, AND SUSTAINABLE SYSTEM. *Jurnal HPJI*, 11(2), 83–94. <https://doi.org/10.26593/jhpji.v11i2.9513.83-94>
- Paper, O. S., Hermani, W. T., Setyawan, A., Maret, U. S., & Maret, U. S. (2023). *THE EFFECT OF TOLL ROAD OPERATION ON NATIONAL ROAD*.
- Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, No. 09/P/B (2023). <https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/detail/09pbm2023-pedoman-kapasitas-jalan-indonesia->
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, Jakarta 1 (2015).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2024 tentang Jalan Tol (2024).
- Petrović, A., Nikolić, M., Bugarić, U., Delibašić, B., & Lio, P. (2023). Controlling highway toll stations using deep learning, queuing theory, and differential evolution. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 119, 105683. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105683>
- Prastiyo, I. B., Raharjo, E. P., Maimunah, S., Indonesia, P. P., Raya, J. T., & Tanah, U. (2024). *Analysis of user satisfaction level of pemalang batang toll road 1*. 5(2), 147–156.
- Qiu, M., Li, D., & Zhou, D. (2020). Determination Optimal Indicators of Expressway

- Toll Plaza with M/G/1 Queue Model. *International Journal of Applied Physics and Mathematics*, 10(3), 96–111. <https://doi.org/10.17706/ijapm.2020.10.3.96-111>
- Radiansyah, K. A., Isheka, R. P., & Aurarisa, I. (2024). *The Effectiveness of Traffic Flow Scenarios during Eid Al-Fitr at The Sidoarjo Tollgates Based on Microsimulation Modeling Efektivitas Skenario Lalu Lintas Arus Lebaran Idul Fitri di Gerbang Tol Sidoarjo berdasarkan Pemodelan Mikrosimulasi*. 12(1), 1–12.
- Recky, P. J. (2021). Total Solution For Smart Traffic and Toll Roads Management in Indonesia. *Devotion: Journal of Research and Community Service*, 3(2), 149–157. <https://doi.org/10.36418/dev.v3i2.119>
- Rijalul, H., Horas, S. M., & Mardani, S. (2017). *ANALISIS WAKTU TEMPUH KENDARAAN BERMOTOR DENGAN METODE ESTIMASI INSTANTANEOUS MODEL*. 1–8.
- Sari, Z. A. P., Nahry, & Mauramdha, G. (2024). *Analysis of traffic flow due to lane changes by heavy vehicles Analysis of traffic flow due to lane changes by heavy vehicles*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1294/1/012026>
- Schwietering, C., & Feldges, M. (2016). Improving Traffic Flow at Long-term Roadworks. *Transportation Research Procedia*, 15, 267–282. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.06.023>
- Sembada, A., Candra, B. Y. Y., Ginting, R. R., Heryadiana, A. D., & Isradi, M. (2025). *The Relationship Between Road Capacity and Road Level of Service: A Systematic Review of Recent Studies*. 4(2), 5193–5206.
- Setiawan, M. A. (2025). *Improving E-Service Quality of Indonesian Toll Road Application with Entrepreneurship Insights*. 7(2).
- Son, H., Jang, J., Park, J., Balog, A., Ballantyne, P., Kwon, H. R., Singleton, A., & Hwang, J. (2025). Leveraging Advanced Technologies for (Smart) Transportation Planning: A Systematic Review. *Sustainability (Switzerland)*, 17(5), 1–35. <https://doi.org/10.3390/su17052245>
- Stanković, M. (2021). The Economic Importance of Transportation Sector. In *KNOWLEDGE - International Journal* (Vol. 47, Nomor 1, hal. 143–146). <https://doi.org/10.35120/kij4701143s>
- Timpal, G. S. J., Sendow, T. K., & Rumayar, A. L. E. (2018). Analisa Kapasitas Berdasarkan Pemodelan Greenshield, Greenberg Dan Underwood Dan Analisa Kinerja Jalan Pada Ruas Jalan Sam Ratulang Manado. *Sipil Statik*, 6(8), 2337–6732.
- Transportation Research Board. (2000). Highway Capacity Manual. In *National Research Council, Washington, DC*.
- Wei, Z., Hao, P., Barth, M., & Boriboonsomsin, K. (2023). Evaluating Contraflow High-Occupancy Vehicle Lane Designs for Mitigating High-Occupancy Vehicle Lane Performance Degradation. *Transportation Research Record*, 2677(5), 707–719. <https://doi.org/10.1177/03611981221135805>
- Wibisono, G. I., Ramadan, F. E., & Fajar, A. H. (2019). Analisis Lalu Lintas Harian Rata – Rata (LHR) dalam Menghindari Kecelakaan. *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi dan Logistik*, 5(3), 359–366. <https://journal.itltrisakti.ac.id/index.php/jmbtl/article/view/813>
- Yu, C., Zhang, J., Yao, D., Zhang, R., & Jin, H. (2016). Speed-Density Model of Interrupted Traffic Flow Based on Coil Data. *Mobile Information Systems*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/7968108>
- Yulianto, B., Setiono, Marwoto, S., Kuswanto, & Sugiyarto. (2021). Performance

Study of Gendengan Intersection with the Implementation of a One-way System with *Contra flow* Bus Lane. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 832(1), 012039. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/832/1/012039>