

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap kendaraan listrik Mitsubishi L100 EV, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada sudut belok 25° dengan radius *Ackerman* 5,129 m, kendaraan Mitsubishi L100 EV mencapai kecepatan kritis *skid* sebesar 22,84 km/jam (aspal kering) dan 18,06 km/jam (aspal basah), serta kecepatan kritis *rollover* 23,85 km/jam mengindikasikan bahwa batas stabilitas dinamis kendaraan ini tergolong rendah dan rentan terhadap kehilangan kendali pada manuver belok, khususnya di permukaan jalan basah.
2. Fenomena *skid* secara konsisten mendahului *rollover* dengan selisih kecepatan kritis hanya 1,01 km/jam, membuktikan bahwa Mitsubishi L100 EV berkarakter *skid-prone*, di mana kegagalan adhesi lateral merupakan moda ketidakstabilan primer yang lebih dominan dibandingkan risiko terguling.
3. Analisis pengaruh variabel sudut belok terhadap kecepatan kritis skid dan rollover menunjukkan hubungan berbanding terbalik yang konsisten. Semakin besar sudut belok, semakin kecil radius tikungan Ackerman, sehingga kecepatan kritis skid maupun rollover semakin rendah. Pada sudut 0° seluruh nilai kecepatan kritis jauh melampaui batas operasional kendaraan 100 km/jam sehingga kendaraan aman dari risiko kehilangan stabilitas. Namun, mulai sudut 10° hingga 30° , seluruh nilai kecepatan kritis turun drastis hingga berada di bawah 40 km/jam, dengan nilai terendah 16,23 km/jam pada kondisi aspal basah sudut 30° . Pada seluruh variasi sudut yang diuji, urutan kejadian ketidakstabilan tetap konsisten yaitu skid aspal basah $\rightarrow$ skid aspal kering $\rightarrow$ rollover, dengan selisih antar ketiganya yang semakin menyempit seiring bertambahnya sudut belok, sehingga margin keselamatan kendaraan menjadi sangat kritis pada manuver belok tajam.

V.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian dan pengguna kendaraan selanjutnya.

1. Pengemudi disarankan menjaga kecepatan di bawah 18,06 km/jam saat bermanuver belok pada kondisi jalan basah guna menghindari risiko *skid*.
2. Pengemudi harus menghindari akselerasi maupun pengereman mendadak saat bermanuver belok, mengingat transisi dari *skid* menuju *rollover* terjadi dalam selisih kecepatan yang sangat sempit (1,01 km/jam).
3. Tambahkan variable beban muatan untuk hasil yang lebih presentatif terhadap kondisi operasional nyata.
4. Simulasikan menggunakan perangkat lunak dinamika kendaraan seperti CarSim, ADAMS/Car atau Sejenisnya, sehingga perilaku kendaraan dapat disimulasikan secara langsung dan lebih mendetail.
5. Penggunaan model matematis yang lebih kompleks untuk analisis yang lebih rinci dan akurat.
6. Perluasan variasi kondisi jalan seperti mempertimbangkan kondisi permukaan lain antara permukaan tanah, krikil, atau jalan bergelombang.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Bukair, M., Soliman, M. E. S., dan Ahmed, S. M. 2020. Design And Assessment Of A Speed-Based Integrated Active Vehicle Controller For Lateral Stability. *Journal of Engineering Sciences*, 48(6), 1072–1105. <https://doi.org/10.21608/jesaun.2020.45091.1014>
- Azhar, M. N. 2016. *Analisa Perilaku Arah Kendaraan Produksi Multiguna Pedesaan Dengan Variasi Muatan, Kecepatan, Sudut Belok dan Sudut Kemiringan Melintang Jalan*.
- Cham, D. M., Shanmugavel, M., dan Sampathkumar, V. R. 2021. Simulation of Vehicle Steering Angle and Lateral Acceleration in Mitigating Potential Run-Off-Road Crashes. *Journal of the Society of Automotive Engineers Malaysia*, 1(3), 251–261. <https://doi.org/10.56381/jsaem.v1i3.60>
- Chen, J., Wang, R., Liu, W., Sun, D., Jiang, Y., dan Ding, R. 2025. A Review of Recent Advances in Roll Stability Control in On-Road and Off-Road Vehicles. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 15, Nomor 10). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/app15105491>
- Chen, Y., Li, L., dan Ahmadian, M. 2025. Rollover analysis and prevention for commercial vehicles: literature survey. *Vehicle System Dynamics*, June. <https://doi.org/10.1080/00423114.2025.2510538>
- Cipto, Parennden, D., Hariyanto, dan Bako, R. M. 2020. Analysis of Skid and Rolling Vehicle. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/3/032051>
- Ehsani, M., Gao, Y., Longo, S., dan Ebrahimi, K. 2021. *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles* (Vol. 32, Nomor 3).
- Harsyawina, A. R., & Sutantra, I. N. 2017. Analisis Stabilitas dan Kekuatan Pengait Bak Angkut Kendaraan Multiguna Pedesaan. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.27041>
- Hasanat-e-rabbi, S., dan Ahmed, I. 2014. *Heavy Truck Rollover Model for Single Vehicle Run – off – Road Crashes in*. 4, 21–26.

- Hassan, M. A., Abdelkareem, M. A. A., Tan, G., dan Moheyldein, M. M. 2021. Conflict and Sensitivity Analysis of Vehicular Stability Using a Two-State Linear Bicycle Model. *Shock and Vibration*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6641972>
- Johnson, E., & Imwinkelried, E. J. 2019. *Accident Reconstruction : The Estimation of Speed Based on Yaw Mark Analysis*. 55(3), 415–440.
- Nguyen, N. X., Tran, V. N., Vu, V. T., dan Dang, T. P. 2024. Active Suspension with PID Control for Enhanced Rollover Stability in Liquid Tank Trucks. *Journal Europeen des Systemes Automatises*, 57(1), 45–53. <https://doi.org/10.18280/jesa.570105>
- Purwanto, D., Kusuma Indriastuti, A., dan Hari Basuki, K. 2016. Hubungan antara Kecepatan dan Kondisi Geometrik Jalan yang Berpotensi Menyebabkan Kecelakaan Lalu Lintas pada Tikungan. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 21(2), 83. <https://doi.org/10.14710/mkts.v21i2.11234>
- Rajamani, R. 2012. Vehicle Dynamics and Control. In *Vehicle Handling Dynamics*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100390-9.00001-4>
- Reza N. Jazar. 2017. Vehicle Dynamics. In *Vehicle Dynamics: Theory and Application*.
- Rong, J., Wu, T., Wang, J., Peng, J., Yang, X., Meng, Y., dan Chu, L. 2024. Enhanced Anti-Rollover Control for Commercial Vehicles Under Dynamic Lateral Interferences. *Designs*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/designs8060121>
- Sakthivelsamy, R., dan Subramaniyan, K. 2024. *Modelling and performance analysis of free body dynamics of electric vehicles*. 15(1), 1–7. <https://doi.org/10.11591/ijped.v15.i1.pp1-7>
- Tung, N. T., dan Van, L. Van. 2023. The effect of velocity on the ability to rollover of the tractor semi-trailer when turning. *Engineering Solid Mechanics*, 11(4), 427–436. <https://doi.org/10.5267/j.esm.2023.5.001>
- Wang, D., Hu, Y., Liu, X., Shen, Y., dan Wang, R. 2025. Research on anti-rollover active control of sports utility vehicle with time-delay compensation function.

Plos One, 20(5 May), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323996>

Yazid, N. E. H., Chikouche, T. M., Hartani, K., dan Merah, A. 2023. Advanced Vertical and Lateral Coupling Dynamics Control for a Four In-wheel Motor Drive Electric Vehicle. *Periodica polytechnica Electrical engineering and computer science*, 67(1), 21–39. <https://doi.org/10.3311/PPee.20545>

Yun, S., Lee, J., Jang, W., Kim, D., Choi, M., dan Chung, J. 2023. Dynamic Modeling and Analysis of a Driving Passenger Vehicle. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/app13105903>