

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pemaparan pembahasan sebelumnya, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model *state space* sistem mobil listrik waktu kontinu sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{b_{tot}}{J_{tot}} & 0 \\ -\frac{K_e}{L_m} & -\frac{R_m}{L_m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L_m} \end{bmatrix} u(t),$$
$$y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}.$$

Setelah melakukan diskritisasi dan substitusi parameter diperoleh model *state space* sistem mobil listrik dalam bentuk sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} x_1((k+1)) \\ x_2((k+1)) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.9995 & 0 \\ -0.0249 & 0.9973 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0.0165 \end{bmatrix} u(k).$$
$$y(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \end{bmatrix}.$$

2. Berdasarkan simulasi numerik dengan menggunakan MATLAB, kendali MPC terbukti mampu mempertahankan arus motor pada level yang lebih tinggi dibandingkan sistem tanpa kendali dengan memberikan tegangan input $u(k)$ yang sangat kecil. Hal ini membuktikan bahwa MPC tidak hanya menstabilkan sistem, tetapi juga mengoptimalkan konsumsi energi dengan strategi yang lebih efisien dan terukur.

B. Saran

Pada penelitian ini telah diaplikasikan MPC untuk sistem mobil listrik. Dan model yang digunakan adalah model sistem linear *time invariant* yang didiskritisasi dengan tanpa mempertimbangkan gangguan eksternal. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar model sistem diperluas dengan memasukkan pengaruh gangguan

eksternal, sehingga pengendali MPC yang dirancang memiliki ketahanan terhadap ketidakpastian model.



DAFTAR PUSTAKA

- Abouseda, A. I., Doruk, R. O., & Amini, A. (2025). Parameter identification and speed control of a Small-Scale BLDC motor: experimental validation and Real-Time PI control with Low-Pass filtering. *Machines*, 13(8), 656.
- Anton, H., & Rorres, C. (2004). *Aljabar Linear elementer*. (A. Safitri, Ed.) (ke-8). Jakarta: Erlangga.
- Bahadır, A., & Aydoğdu, Ö. (2023). Modeling of a brushless dc motor driven electric vehicle and its pid-fuzzy control with dSPACE. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 41(1), 156–177.
- Boudmen, K. (2024). Electric vehicles, the future of transportation powered by machine learning: a brief review.
- Dasatrio, Y. (2017). *Pengantar Ilmu Elektronika*. (Irfan, Ed.). jogjakarta: Zahara Pustaka.
- Elaydi, S. (2005). *An Introduction to Difference Equations* (Third Edit). Texas: Springer.
- Faraz, A., Ambikapathy, A., Thangavel, S., Logavani, K., & Arun Prasad, G. (2020). Battery electric vehicles (BEVs). In *Electric Vehicles: Modern Technologies and Trends* (pp. 137–160). Springer.
- Hannan, M. A., Azidin, F. A., & Mohamed, A. (2014). Hybrid electric vehicles and their challenges: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 135–150.
- Hesami, S., De Cauwer, C., Rombaut, E., Vanhaverbeke, L., & Coosemans, T. (2023). Energy-optimal speed control for autonomous electric vehicles up-and downstream of a signalized intersection. *World Electric Vehicle Journal*, 14, 55.
- Hinov, N., Punov, P., Gilev, B., & Vacheva, G. (2021). Model-based estimation of transmission gear ratio for driving energy consumption of an EV. *Electronics*, 10(13), 1530.
- Hua, M., Chen, G., Zhang, B., & Huang, Y. (2019). A hierarchical energy efficiency optimization control strategy for distributed drive electric vehicles. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 233(3), 605–621.

- Jati, B. P., & Hapsari, J. P. (2022). ESC Fullbridge 3 Fasa Motor BLDC Berdaya Besar Menggunakan Kontroler Arduino. *CYCLOTRON*, 5.
- Jimenez-Gonzalez, J., Gonzalez-Montanez, F., Jimenez-Mondragon, V. M., Liceaga-Castro, J. U., Escarela-Perez, R., & Olivares-Galvan, J. C. (2021). Parameter identification of bldc motor using electromechanical tests and recursive least-squares algorithm: Experimental validation. In *Actuators* (Vol. 10, p. 143). MDPI.
- Maciejowski, J. M. (2002). *Predictive Control with Constraints*. prentice hall.
- Merakeb, A., Messine, F., & Aidene, M. (2011). On minimizing the energy consumption of an electrical vehicle. *Preprint in Optimization Online*, (2997).
- Mital, K. . (1996). *Optimization Methodes in operations research and systems analysis* (Third Edit). New Age International.
- Nopriantoko, R. (2023). *Mekanika*. (R. Awahita, Ed.). Sukabumi, Jawa Barat: CV Jejak.
- Ogata, K. (1995). *Diskrete-Time Control System* (second edi). Prentice-Hall International, Inc.
- Olsder, G. . (1994). *Mathematical System Theory* (1st ed.). Netherlands: Delft University Press.
- Perwita, I. (2021). *Memahami Gaya dan Hukum Newton*. (U. Widuri, Ed.). Semarang: Mutiara Aksara.
- Ristiana, R., Rohman, A. S., Prihatmanto, A. S., & Machbub, C. (2018). Desain Kendali Optimal Konsumsi Energi Pada Sistem Mobil Listrik Untuk Model Sistem Linier. *TELKA-Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol*, 4(1), 1–10.
- Ross, S. L. (1989). *Introduction to Ordinary Differential Equations* (Fourth Edi). John Wiley & Sons, Inc.
- Salmah. (2020). *Teori Sistem Kendali Linear dan Aplikasinya*. (Yuni, Ed.). yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Singh, H., Ambikapathy, A., Logavani, K., Arun Prasad, G., & Thangavel, S. (2020). *Plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs)*. *Electric vehicles: modern technologies and trends*. Springer.

- Tanç, B., Arat, H. T., Baltacıoğlu, E., & Aydın, K. (2019). Overview of the next quarter century vision of hydrogen fuel cell electric vehicles. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(20), 10120–10128.
- Widitya, R. A., Yuwono, F. S. P., & Saleh, M. Z. (2024). Strategi pemasaran mobil konvensional dan mobil listrik di pasar Indonesia. *Trending: Jurnal Manajemen Dan Ekonomi*, 2(1), 37–54.
- Wijayanti, I. E., Wahyuni, S., & Susanti, Y. (2014). *Dasar-Dasar Aljabar Linear dan Penggunaannya dalam Berbagai Bidang*. (Siti, Ed.). Gadjah Mada University Press.

