

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Penelitian ini telah membahas evaluasi dan analisis performa algoritma path planning pada sistem *Automated Guided Vehicle* (AGV) melalui pendekatan simulasi dan validasi menggunakan prototipe skala laboratorium. Hasil yang diperoleh memberikan gambaran mengenai perbedaan karakteristik setiap algoritma dalam hal efisiensi waktu tempuh, konsistensi pergerakan, serta potensi terjadinya konflik lintasan pada lingkungan logistik berbasis grid. Berdasarkan hasil tersebut, kesimpulan penelitian disusun untuk menjawab tujuan penelitian yang telah dirumuskan pada bab pendahuluan sebagai berikut.

1. Berdasarkan pengujian nyata pada prototipe AGV, algoritma Dijkstra menghasilkan waktu tempuh tercepat sebesar 27,42 detik dengan kecepatan 0,230 m/s, diikuti oleh A* dengan 27,43 detik dan kecepatan 0,229 m/s. Algoritma ACO memiliki waktu tempuh 28,43 detik (0,217 m/s), sedangkan IACO menunjukkan waktu tempuh 29,31 detik (0,207 m/s). Hasil ini menunjukkan bahwa algoritma deterministik (Dijkstra dan A) lebih unggul dari sisi kecepatan* pada lingkungan AGV statis dan lintasan sederhana.
2. Dari sisi konflik dan stabilitas pergerakan, algoritma IACO menunjukkan performa terbaik dengan deviasi standar terendah sebesar 1,02 detik, yang menandakan pergerakan AGV paling konsisten dan potensi konflik paling rendah. Sebaliknya, Dijkstra memiliki tingkat konflik tertinggi pada tahap simulasi (0,053), sementara IACO terendah (0,020). Selisih antara hasil simulasi dan pengujian nyata pada seluruh algoritma berada di bawah 10% (terkecil pada IACO sebesar 2,30%), sehingga simulasi dinyatakan mampu merepresentasikan kondisi nyata. Dengan demikian, Dijkstra dan A* lebih sesuai untuk lingkungan sederhana yang menuntut kecepatan, sedangkan IACO lebih tepat untuk lingkungan logistik yang kompleks dan berpotensi konflik atau deadlock.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ada, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan sistem multi-AGV, sehingga potensi konflik, tabrakan, dan deadlock antar-AGV dapat

dianalisis secara lebih realistis dan komprehensif sesuai dengan kondisi industri sebenarnya.

2. Lingkungan simulasi dapat dikembangkan menjadi lebih dinamis dan kompleks, seperti penambahan rintangan bergerak, perubahan layout secara real-time, atau integrasi dengan sistem sensor dan *Internet of Things* (IoT), guna menguji ketangguhan algoritma dalam skenario industri modern.
3. Penggunaan algoritma hybrid, seperti kombinasi ACO atau IACO dengan metode pembelajaran mesin (*machine learning*) atau *reinforcement learning*, dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan kemampuan adaptasi dan efisiensi pengambilan keputusan AGV.
4. Dari sisi implementasi, prototipe AGV dapat dikembangkan lebih lanjut dengan peningkatan presisi sensor, sistem navigasi berbasis visi, serta manajemen energi, sehingga hasil pengujian semakin mendekati kondisi operasional di industri nyata.
5. Penelitian berikutnya juga dapat memasukkan analisis aspek ekonomi dan operasional, seperti biaya implementasi algoritma, konsumsi energi, serta dampak terhadap produktivitas sistem logistik, agar hasil penelitian memiliki nilai praktis yang lebih luas bagi industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Alan S. Brown. (2022). *How Amazon robots navigate congestion*. Amazon Science. <https://www.amazon.science/latest-news/how-amazon-robots-navigate-congestion?utm>
- Alibaba Tech. (2018, July 3). *AI Acrobatics: Cainiao's Flexible Automated Warehouse*. Medium / HackerNoon. <https://medium.com/hackernoon/ai-acrobatics-cainiao-flexible-automated-warehouse-47e865f53e5f?utm>
- Farras Nabil, D. S. E. S. (2023). Pengembangan Sistem Navigasi Robot Beroda menggunakan Lokalisasi berbasis RFID dengan Pathfinding Algoritma A Star pada Simulasi Lingkungan Gudang. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(11), 5470–5475. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/11911>
- Grand View Research, Inc. (2025, October 14). *Automated Guided Vehicle Market Size & Share Report, 2030*. https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/automated-guided-vehicle-agv-market?utm_source
- Guo, H., & Singh, M. P. (2020). Caspar: Extracting and Synthesizing User Stories of Problems from App Reviews. *2020 IEEE/ACM 42nd International Conference on Software Engineering (ICSE)*, 628–640.
- Gupta, S., Kumar, B. V., & Kant, V. (2025). Optimized motion planning in mobile robots using an enhanced bi-objective swarm algorithm. *IEEE Xplore*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/11070616>
- Hau, B. M., You, S.-S., Bao Long, L. N., & Kim, H.-S. (2025). Efficient routing for multiple AGVs in container terminals using hybrid deep learning and metaheuristic algorithm. *Ain Shams Engineering Journal*, 16(8), 103468. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asej.2025.103468>
- Jasser, M. B., & Ajibade, S. S. M. (2025). A survey on swarm intelligence algorithms for optimizing path planning. *IEEE Conference on Intelligent Systems*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10933006>
- Li, G., Liu, C., Wu, L., & Xiao, W. (2023). A mixing algorithm of ACO and ABC for solving path planning of mobile robot. *Applied Soft Computing*, 148, 110868. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110868>
- Li, Y., Cui, C., & Zhao, Q. (2025). A Comprehensive Optimization for Path Planning: Combining Improved ACO and Smoothing Techniques. *Processes*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/pr13020555>
- Liu, H. (2024a). AGV Path Planning based on Improved Ant Colony Algorithm. *Journal of Innovation and Development*, 6(2), 42–46. <https://doi.org/10.54097/2cnrrd35>

- Liu, N., Ma, C., Hu, Z., Guo, P., Ge, Y., & Tian, M. (2024). Workshop AGV path planning based on improved A* algorithm. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 21(2), 2137–2162. <https://doi.org/10.3934/mbe.2024094>
- Liu, Y. (2025). Global Path Planning Method for AGV of Warehousing Logistics Based on Improved Ant Colony Algorithm. *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, 32(1 SE-Logistics and Material Handling). <https://doi.org/10.23055/ijietap.2025.32.1.10007>
- Mobile Robot Directory. (n.d.). *AMR & AGV Mobile Robot Manufacturers in Indonesia*. Mobile-Robots.Com. Retrieved October 14, 2025, from <https://www.mobile-robots.com/location/asia/indonesia/?utm>
- Mordor Intelligence. (2025). *AGV Market Size Analysis: Market Share and Global Trends*. Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/automated-guided-vehicles-market-industry?utm>
- Pratama, A. Y., Ariyadi, M. R., Tamara, M. N., Purnomo, D. S., Ramadhan, N. A., & Pramujati, B. (2023). Design of Path Planning System for Multi-Agent AGV Using A*Algorithm. In A. A. Yunanto, A. D. Ramadhani, Y. R. Prayogi, P. A. M. Putra, M. Ruswiansari, M. Ridwan, F. Gamar, W. M. Rahmawati, R. M. Rusli, F. M. Humaira, & A. F. Adila (Eds.), *IES 2023 - International Electronics Symposium* (pp. 335–341). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/IES59143.2023.10242585>
- PT. Sanco Indonesia. (n.d.). *Automated Guided Vehicle (AGV) – Sanco Indonesia*. Sanco Indonesia. Retrieved October 14, 2025, from https://www.sanco.co.id/automated-guided-vehicle/?utm_sourceResearchNester. (2025). *Automated Guided Vehicle (AGV) Market Size and Forecast, by Type (Tow Vehicles, Unit Load Carriers, Forklift Trucks, Assembly Line Vehicles, Pellet Trucks); Application; Battery Type; End user Growth Trends, Key Players, Regional Analysis 2026-2035*. EsearchNester.
- Sheng, X., Yang, J., You, L., Li, J., & Wang, R. (2025). GOA-ACO: A goose optimized ant colony algorithm for the automated guided vehicle path planning. *Alexandria Engineering Journal*, 130, 724–737. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aej.2025.09.036>
- Tang, Y., Zakaria, M. A., & Younas, M. (2025). Path Planning Trends for Autonomous Mobile Robot Navigation: A Review. *Sensors*, 25(4). <https://doi.org/10.3390/s25041206>
- Xu, Y., Liu, W., & Yuan, H. (2025). Multi-AGV Scheduling and Path Planning Based on an Improved Ant Colony Algorithm. In *Vehicles* (Vol. 7, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/vehicles7030102>
- Yu, S., Tong, W., & Li, Y. (2025). Research on logistics path planning based on improved local path planning algorithm. *IEEE Conference on Electronics and Energy Systems*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10987502>

- Zhou, Y., & Huang, N. (2022). Airport AGV path optimization model based on ant colony algorithm to optimize Dijkstra algorithm in urban systems. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 35, 100716. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.suscom.2022.100716>
- Zhu, Yazhen, Song, Qing, & Li, Meng. (2025). Multi-AGV multitask collaborative scheduling based on an improved ant colony algorithm. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 22(1), 17298806241312784. <https://doi.org/10.1177/17298806241312784>
- Zine, R., & Ajabboune, K. (2025). Optimizing autonomous mobile robot navigation in smart logistics. *IEEE International Conference on Smart Logistics*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/11135431>