

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membandingkan kinerja dua algoritma perencanaan jalur, yaitu *A-star* dan *Hybrid A-star*, untuk navigasi *mobile robot* di dalam lingkungan gudang (*warehouse*). Seiring dengan meningkatnya otomasi industri, kebutuhan akan robot yang dapat bernavigasi secara efisien dan aman menjadi sangat penting. Algoritma *A-star* dipilih sebagai representasi metode klasik berbasis *grid* yang unggul dalam menemukan jalur terpendek, sementara *A-star* diimplementasikan sebagai pendekatan yang lebih modern dan realistis karena kemampuannya untuk memperhitungkan batasan gerak dan orientasi robot secara langsung dalam perencanaannya.

Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi berbasis perangkat lunak MATLAB. Lingkungan gudang dimodelkan sebagai peta hunian biner (*binary occupancy map*) dengan rintangan statis. Algoritma *A-star* diimplementasikan untuk mencari jalur pada representasi *grid* diskrit, sedangkan algoritma *Hybrid A-star* dirancang untuk bekerja dalam ruang kontinu yang mencakup posisi dan orientasi (x, y, θ), sehingga menghasilkan jalur yang secara langsung dapat dilalui oleh robot dengan penggerak diferensial (*differential-drive*). Kinerja kedua sistem dievaluasi berdasarkan metrik kuantitatif, termasuk waktu komputasi total dan kualitas jalur yang dihasilkan.

Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa kedua algoritma memiliki keunggulan yang berbeda secara signifikan. Algoritma *A-star* menghasilkan jalur dengan panjang 202,38 meter dan total eksplorasi sebanyak 1.975 node, sedangkan *Hybrid A-star* menghasilkan jalur sepanjang 208,3 meter dengan 1.703 node yang dieksplorasi. Dari segi waktu komputasi, *Hybrid A-star* mencatatkan waktu navigasi rata-rata sebesar 22,49 detik, sedikit lebih cepat dibandingkan *A-star* dengan waktu 22,77 detik. Hal ini menunjukkan bahwa *A-star* unggul dalam efisiensi lintasan, sementara *Hybrid A-star* lebih efisien dalam jumlah node dan waktu pencarian. Algoritma *A-star* terbukti lebih unggul dalam hal kecepatan komputasi, mampu menemukan solusi jalur dalam waktu yang lebih singkat karena kompleksitas pencariannya yang lebih rendah. Sebaliknya, algoritma *Hybrid A-star* berhasil menghasilkan jalur yang secara kualitatif lebih superior, lebih mulus, dan lebih realistis untuk dieksekusi oleh robot fisik karena telah mempertimbangkan kendala kinematis sejak awal. Temuan ini memberikan wawasan penting bahwa pemilihan algoritma yang tepat sangat bergantung pada prioritas aplikasi, apakah kecepatan perencanaan atau kualitas dan kelancaran eksekusi jalur yang lebih diutamakan dalam sistem *mobile robot* di lingkungan *warehouse*.

Kata kunci: Perencanaan Jalur, *Mobile Robot*, Algoritma *A-star*, *Hybrid A-star*

ABSTRACT

This research aims to design and compare the performance of two path planning algorithms, namely A-star and Hybrid A-star, for mobile robot navigation within a warehouse environment. Along with the rise of industrial automation, the need for robots that can navigate efficiently and safely has become crucial. The A-star algorithm was chosen to represent the classic grid-based method, which excels at finding the shortest path, while the Hybrid A-star was implemented as a more modern and realistic approach due to its ability to directly consider the robot's motion constraints and orientation in its planning.

This research methodology uses a simulation-based approach using MATLAB software. The warehouse environment is modeled as a binary occupancy map with static obstacles. The A-star algorithm is implemented to find a path on a discrete grid representation, whereas the Hybrid A-star algorithm is designed to operate in a continuous space that includes position and orientation (x, y, θ) , thereby generating a path that is inherently traversable by a differential-drive robot. The performance of both systems is evaluated based on quantitative metrics, including total computation time and the quality of the resulting path.

The simulation results indicate that the two algorithms exhibit significantly different strengths. The A-star algorithm generated a path with a length of 202.38 meters and explored a total of 1,975 nodes, while the Hybrid A-star algorithm produced a 208.3-meter path with 1,703 explored nodes. In terms of computation time, Hybrid A-star achieved an average navigation time of 22.49 seconds, slightly faster than A-star with 22.77 seconds. These findings suggest that A-star excels in path efficiency, while Hybrid A-star is more efficient in terms of node exploration and search time. The A-star algorithm proved superior in computational speed, as it can find a feasible path in a shorter time due to its lower search complexity. In contrast, the Hybrid A-star algorithm generated a qualitatively better path—smoother and more realistic for execution by a physical robot—because it accounts for kinematic constraints from the outset. These insights highlight that selecting the appropriate algorithm heavily depends on the application's priorities, whether emphasizing planning speed or the quality and smoothness of path execution in mobile robot systems operating within warehouse environments.

Key words: Path Planning, Mobile Robot, A-Star Algorithm, Hybrid A-Star