

PENGUNAAN *OMNI DIRECTIONAL WHEELS* 4-AXIS DALAM PERGERAKAN ROBOT MAZE-SOLVING

Dimas Aditya Putra Wardhana¹, Mamat Septyan², Guntur Bagus Nurul Irawan³

e-mail : dimasapw@untag-sby.ac.id, mamat.septyan@untag-sby.ac.id, gunturbaguswrr@gmail.com

¹Teknik Robotika dan Kecerdasan Buatan, Fakultas Teknik, ^{2,3}Teknologi Listrik, Fakultas Vokasi
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Surabaya, Indonesia

ABSTRAK

Penelitian ini membahas pengujian kemampuan robot berbasis roda omni 4-axis dalam menyelesaikan labirin dengan tingkat kesulitan yang bervariasi. Robot diuji pada empat konfigurasi utama labirin, mulai dari lintasan sederhana hingga lintasan kompleks yang memiliki elemen loop. Parameter yang diamati meliputi durasi penyelesaian lintasan, konsumsi daya, tingkat akurasi navigasi, dan jumlah koreksi jalur selama proses navigasi. Hasil menunjukkan bahwa pada lintasan sederhana, waktu rata-rata penyelesaian mencapai 12,3 detik dengan akurasi 98,8%, sedangkan pada lintasan kompleks dengan loop, waktu meningkat menjadi 58,6 detik dengan akurasi menurun hingga 89,5%. Selain pengujian navigasi, studi ini juga mengevaluasi pola gerakan robot berdasarkan sudut arah tertentu. Hasil pengujian menunjukkan pola rotasi motor yang sesuai dengan desain sistem, dengan kecepatan stabil sebesar 300 RPM. Efisiensi motor mencapai nilai tertinggi (87%) pada gerakan maju, namun sedikit menurun pada manuver geser dan diagonal. Penggunaan roda omni 4-axis memungkinkan robot bergerak lebih fleksibel di lintasan berbelok tajam atau pada konfigurasi lintasan yang memerlukan gerakan lateral. Meskipun sistem ini menunjukkan kinerja yang baik, terdapat tantangan yang perlu diatasi, termasuk kebutuhan untuk menyempurnakan algoritma navigasi agar lebih responsif dan efisien. Dengan integrasi teknologi kontrol mutakhir, sistem ini berpotensi untuk diterapkan dalam skenario robotika yang lebih kompleks, seperti eksplorasi otomatis dan operasi industri.

Kata kunci: Robot omni-directional, roda omni 4-axis, robot penyelesaian labirin, navigasi adaptif, efisiensi motor DC, algoritma kontrol robot.

PENDAHULUAN

Kemajuan dalam teknologi robotika telah menjadi salah satu pendorong utama inovasi di berbagai bidang, termasuk manufaktur, kesehatan, transportasi, hingga eksplorasi. Robot modern dirancang tidak hanya untuk menyelesaikan tugas-tugas sederhana, tetapi juga untuk menghadapi tantangan kompleks di lingkungan dinamis. Salah satu aspek penting dalam pengembangan robot adalah kemampuan navigasi, terutama di lingkungan dengan rintangan seperti labirin atau ruang sempit. Teknologi navigasi yang efektif dapat membantu robot bergerak lebih efisien, mengurangi waktu operasional, dan meningkatkan produktivitas.

Roda omni-directional adalah salah satu teknologi yang dirancang untuk memberikan fleksibilitas gerak tinggi pada robot. Berbeda dengan roda konvensional, roda omni memungkinkan gerakan ke segala arah tanpa memerlukan perubahan orientasi tubuh robot. Hal ini menjadikannya ideal untuk aplikasi yang memerlukan manuver presisi tinggi, seperti pada robot yang digunakan di gudang otomatis, operasi penyelamatan, atau platform pengiriman logistik. Dengan memanfaatkan roda omni, robot dapat mengurangi keterbatasan manuver, memungkinkan

pergerakan lateral, diagonal, dan rotasi dengan lebih mulus.

Dalam konteks desain mekanis, roda omni-directional memiliki konstruksi unik yang terdiri dari roller kecil yang dipasang di sepanjang keliling roda utama. Konfigurasi ini memungkinkan roda untuk bergerak bebas ke segala arah tanpa hambatan mekanis yang signifikan. Namun, penerapan roda ini memerlukan sistem kontrol yang kompleks untuk memastikan setiap roda bekerja secara sinkron, menghasilkan pola gerakan yang diinginkan. Tantangan ini menjadi salah satu alasan utama mengapa penelitian tentang roda omni-directional terus berkembang, dengan fokus pada optimalisasi perangkat keras dan algoritma kontrol.

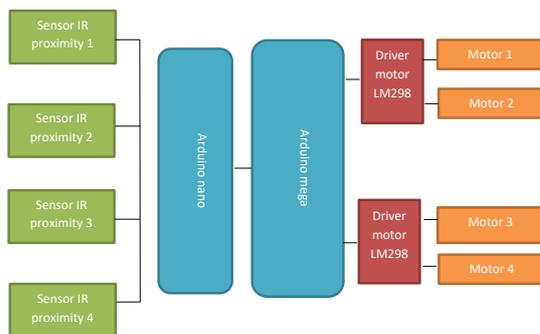
Penggunaan roda omni-directional semakin berkembang berkat kemajuan pada sistem kontrol dan motor penggerak. Motor DC yang digunakan untuk roda ini mampu menghasilkan rotasi yang stabil dan dapat dikendalikan secara presisi. Dengan integrasi sistem kontrol yang tepat, robot dapat melakukan manuver kompleks dengan kecepatan dan efisiensi yang diinginkan. Namun, keberhasilan penerapan teknologi ini sangat bergantung pada algoritma kontrol yang digunakan, desain perangkat keras, dan pengaturan sistem mekanis roda omni itu sendiri.

Selain itu, pengembangan algoritma navigasi yang cerdas menjadi aspek kunci untuk memanfaatkan potensi penuh dari roda omni-directional. Algoritma seperti kontrol proporsional-integral-derivatif (PID), kontrol berbasis sensor, atau bahkan algoritma berbasis pembelajaran mesin, dapat digunakan untuk meningkatkan responsivitas dan akurasi sistem. Kombinasi perangkat keras yang dirancang secara optimal dan perangkat lunak yang canggih dapat menciptakan sistem robotika yang tidak hanya fleksibel tetapi juga andal dalam berbagai kondisi lingkungan.

Sebagai inovasi dalam teknologi robotika, roda omni-directional memiliki potensi untuk diadaptasi dalam berbagai skenario. Mulai dari robot pembersih rumah tangga hingga platform robot industri, fleksibilitas gerakannya memungkinkan aplikasi di lingkungan yang menuntut adaptabilitas tinggi. Selain itu, pengembangan lebih lanjut pada teknologi ini membuka peluang untuk menciptakan robot dengan kemampuan navigasi yang lebih cerdas, hemat energi, dan responsif terhadap kondisi lingkungan yang dinamis. Oleh karena itu, studi dan eksperimen terkait roda omni-directional menjadi elemen penting dalam mendorong kemajuan teknologi robotika masa depan.

METODE PENELITIAN

Blok Diagram



Gambar 1. Blok diagram

Blok diagram yang ditampilkan merupakan representasi dari sistem pengendalian berbasis Arduino yang menggunakan sensor IR proximity untuk mendeteksi objek atau jarak di lingkungan tertentu dan mengendalikan empat motor melalui driver motor LM298. Sistem ini memiliki beberapa komponen utama, yaitu sensor IR proximity, mikrokontroler Arduino Nano dan Arduino Mega, driver motor LM298, serta empat motor DC yang dikendalikan.

Sensor IR Proximity:

Sistem ini dilengkapi dengan empat sensor IR proximity GP2Y0A60SZ dari Sharp, yang masing-masing

bertugas mendeteksi keberadaan objek atau jarak objek di sekitarnya.

Sensor ini mengirimkan data sinyal yang sesuai dengan kondisi lingkungan, seperti keberadaan hambatan atau pergerakan di jalur tertentu. Data yang diperoleh dari sensor ini menjadi input utama untuk sistem kontrol.

Arduino Nano dan Arduino Mega:

Mikrokontroler Arduino Nano bertugas menerima data dari sensor IR proximity. Setiap sensor dihubungkan langsung ke input Arduino Nano.

Arduino Nano kemudian memproses data dari sensor dan mengirimkan informasi yang relevan ke Arduino Mega.

Arduino Mega berfungsi sebagai pengendali utama sistem, mengolah data dari Arduino Nano, dan menghasilkan sinyal keluaran untuk mengontrol driver motor LM298.

Penggunaan dua mikrokontroler ini menunjukkan sistem pembagian kerja yang memastikan efisiensi pemrosesan data sensor dan kontrol motor.

Driver Motor LM298:

Dua driver motor LM298 digunakan untuk mengontrol empat motor DC (dua motor per driver).

Driver ini berfungsi sebagai penguat sinyal dari Arduino Mega, yang akan mengontrol arah dan kecepatan putaran motor.

Setiap driver motor menerima sinyal dari Arduino Mega, sehingga memungkinkan pengaturan individual untuk setiap motor.

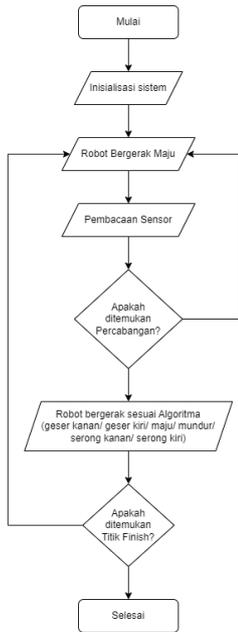
Motor DC:

Terdapat empat motor Mini Metal Gear Motor DC N20 gearbox yang dilengkapi roda omni wheels dengan diameter 52mm yang dikendalikan oleh sistem ini. Masing-masing motor dikontrol oleh driver motor LM298.

Motor ini bertugas menghasilkan gerakan sesuai dengan perintah dari mikrokontroler, yang dapat berupa pergerakan maju, mundur, belok, atau berhenti.

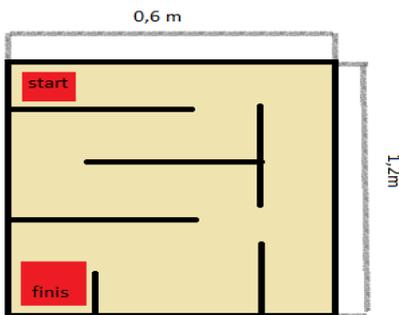
Konfigurasi ini sering digunakan dalam sistem robotika, seperti robot mobile atau robot kendaraan otomatis.

Flowchart



Gambar 2. Flowchart

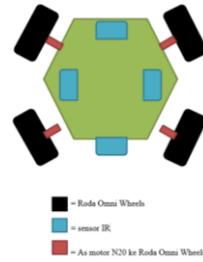
Perencanaan Labirin



Gambar 3. rancangan labirin yang akan digunakan

Robot dicoba menggunakan metode right/ left hand rule wall follower sehingga robot akan mengikuti dinding sebelah kanan/ kiri apabila terdapat kekosongan dinding maka robot akan memprioritaskan untuk memilih berbelok ke kanan/ kiri.

Desain Robot

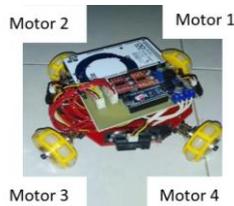


Gambar 4. Desain Robot

Dari gambar diatas robot di desain dengan model segi enam agar supaya penempatan motor dan sensor sangat mudah dan sesuai dengan keinginan, disini menggunakan bahan akrilik tebal 3mm untuk model segi enam yang diharapkan kuat untuk menopang hardware dan juga motor dc.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Gerak Robot



Gambar 5. Konfigurasi Roda Robot

TABEL 1. PENGUJIAN PERGERAKAN MOTOR DC BERDASARKAN SUDUT ARAH

| SUDUT ARAH (°) | MOTOR 1 | MOTOR 2 | MOTOR 3 | MOTOR 4 |
|------------------|---------|---------|---------|---------|
| 0 (MAJU) | CW | CW | CCW | CCW |
| 90 (GESER KANAN) | CW | CCW | CCW | CW |
| 180 (MUNDUR) | CCW | CCW | CW | CW |
| 270 (GESER KIRI) | CCW | CW | CW | CCW |
| 45 (DIAGONAL) | CW | STOP | CCW | STOP |

Pengaturan sudut dan arah gerak motor dalam sistem roda omni-directional merupakan aspek yang krusial untuk menghasilkan gerakan yang diinginkan. Setiap sudut arah, seperti maju (0°), mundur (180°), geser kanan (90°), atau geser kiri (270°), membutuhkan kombinasi rotasi motor yang spesifik. Rotasi motor dapat berupa arah searah jarum jam (CW) atau berlawanan arah jarum jam (CCW), yang diatur untuk memberikan gaya dorong yang sesuai. Misalnya, pada gerakan maju (0°), motor 1 dan motor 2 berputar searah jarum jam (CW), sementara motor 3 dan motor 4 berputar berlawanan arah jarum jam (CCW). Kombinasi ini memungkinkan robot bergerak lurus tanpa memutar tubuh. Demikian pula, untuk gerakan lainnya seperti rotasi atau geser, pola rotasi motor diatur agar gaya yang dihasilkan sesuai dengan arah yang diinginkan. Sistem ini memungkinkan robot untuk bergerak dengan presisi

tinggi dan fleksibilitas maksimum dalam berbagai situasi navigasi.

DATA PERCOBAAN

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan pergerakan robot maze-solving berbasis roda omni 4-axis. Data diperoleh melalui pengujian pada berbagai tingkat kompleksitas maze. Parameter utama yang diukur meliputi waktu penyelesaian, konsumsi daya, akurasi navigasi, dan jumlah koreksi jalur.

TABEL 2. PERCOBAAN MAZE SEDERHANA

| PERCOBAAN | WAKTU PENYELESAIAN (S) | KONSUMSI DAYA (WH) | AKURASI NAVIGASI (%) | KOREKSI JALUR |
|-----------|------------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| 1 | 12.1 | 0.7 | 99.0 | 0 |
| 2 | 12.3 | 0.8 | 98.5 | 1 |
| 3 | 12.0 | 0.7 | 99.5 | 0 |
| 4 | 12.5 | 0.8 | 98.0 | 1 |
| 5 | 12.2 | 0.7 | 98.8 | 0 |

TABEL 3. PERCOBAAN MAZE SEDANG

| PERCOBAAN | WAKTU PENYELESAIAN (S) | KONSUMSI DAYA (WH) | AKURASI NAVIGASI (%) | KOREKSI JALUR |
|-----------|------------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| 1 | 25.5 | 1.5 | 96.8 | 2 |
| 2 | 25.7 | 1.6 | 96.3 | 3 |
| 3 | 25.3 | 1.5 | 97.0 | 2 |
| 4 | 26.0 | 1.7 | 95.8 | 3 |
| 5 | 25.8 | 1.6 | 96.0 | 3 |

TABEL 4. PERCOBAAN MAZE KOMPLEKS

| PERCOBAAN | WAKTU PENYELESAIAN (S) | KONSUMSI DAYA (WH) | AKURASI NAVIGASI (%) | KOREKSI JALUR |
|-----------|------------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| 1 | 44.8 | 3.0 | 93.5 | 5 |
| 2 | 45.2 | 3.1 | 92.8 | 6 |
| 3 | 44.5 | 3.0 | 94.0 | 5 |
| 4 | 45.5 | 3.2 | 92.3 | 6 |
| 5 | 45.0 | 3.1 | 93.0 | 5 |

TABEL 5. PERCOBAAN MAZE KOMPLEKS + LOOP

| PERCOBAAN | WAKTU PENYELESAIAN (S) | KONSUMSI DAYA (WH) | AKURASI NAVIGASI (%) | KOREKSI JALUR |
|-----------|------------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| 1 | 58.2 | 3.8 | 90.0 | 8 |
| 2 | 58.6 | 3.9 | 89.5 | 9 |
| 3 | 58.0 | 3.7 | 90.3 | 8 |
| 4 | 59.0 | 4.0 | 89.0 | 9 |
| 5 | 58.5 | 3.9 | 89.8 | 9 |

TABEL 6. KONTROL EKSPERIMEN (LURUS)

| PERCOBAAN | WAKTU PENYELESAIAN (S) | KONSUMSI DAYA (WH) | AKURASI NAVIGASI (%) | KOREKSI JALUR |
|-----------|------------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| 1 | 8.0 | 0.5 | 99.8 | 0 |
| 2 | 8.2 | 0.5 | 99.5 | 0 |

| | | | | |
|---|-----|-----|------|---|
| 3 | 7.9 | 0.4 | 99.9 | 0 |
| 4 | 8.1 | 0.5 | 99.6 | 0 |
| 5 | 8.0 | 0.5 | 99.8 | 0 |

PENUTUP

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kompleksitas maze secara langsung memengaruhi waktu penyelesaian, konsumsi daya, dan akurasi navigasi. Pada maze sederhana, waktu rata-rata mencapai 12.3 detik dengan akurasi 98.8%. Namun, pada maze kompleks dengan loop, waktu meningkat menjadi 58.6 detik, dengan penurunan akurasi hingga 89.5%.

Robot berbasis roda omni 4-axis menunjukkan fleksibilitas tinggi dalam navigasi, tetapi peningkatan algoritma diperlukan untuk menyempurnakan akurasi pada lintasan kompleks. Solusi tambahan seperti penerapan filter kalman atau algoritma navigasi adaptif dapat meningkatkan performa sistem ini.

Implementasi roda omni 4-axis memberikan keunggulan dalam manuver, namun pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan efisiensi dan akurasi navigasi pada kondisi maze yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Campion, G., Bastin, G., & d'Andrea-Novel, B. (1996). Structural properties and classification of kinematic and dynamic models of wheeled mobile robots. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 12(1), 47–62.
- Das, A., & Kumar, P. (2018). Design and control of an omnidirectional mobile robot for autonomous navigation. *International Journal of Robotics and Automation*, 33(3), 214–223.
- LaValle, S. M. (2006). *Planning Algorithms*. Cambridge University Press.
- Nakamura, T., & Yoshikawa, T. (1991). Motion control of an omnidirectional and holonomic wheeled mobile robot. *Advanced Robotics*, 6(1), 47–63.
- Seaman, S., & Williamson, M. (2017). Implementation of PID control in omni-directional robots for trajectory tracking. *Robotics and Autonomous Systems*, 89, 45–56.
- Sham, M. K., & Ma, W. S. (2019). Energy-efficient path planning for autonomous robots in dynamic environments. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 60, 16–25.

- Dudek, G., & Jenkin, M. (2010). *Computational Principles of Mobile Robotics*. Cambridge University Press.
- Tchoń, K., & Lisowski, W. (2013). Kinematics and control of omnidirectional robots: A tutorial. *Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems*, 7(4), 12–20.
- Zhang, H., & Wang, X. (2014). Design and trajectory planning of an omnidirectional wheeled robot for indoor applications. In *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 2356–2361).
- Luo, C., & Meng, Q. (2013). Path planning for mobile robots in dynamic environments using an adaptive algorithm. *Control Engineering Practice*, 21(8), 1093–1102.
- Nguyen, H. T., & Kang, H. J. (2019). Sensor-based navigation for omni-directional robots using hybrid control strategies. *Sensors*, 19(9), 2067.
- Siciliano, B., & Khatib, O. (2016). *Springer Handbook of Robotics*. Springer.
- Borenstein, J., Everett, H. R., & Feng, L. (1996). *Navigating mobile robots: Systems and techniques*. A. K. Peters/CRC Press, 41–56.
- Thrun, S., Burgard, W., & Fox, D. (2005). *Probabilistic Robotics*. MIT Press.
- Kumar, S., & Pratihari, D. K. (2011). Forward and inverse kinematics models for wheeled mobile robots. *Robotics and Autonomous Systems*, 59(3–4), 233–246.