
**RANCANG BANGUN ROBOT TRANSPORTER DENGAN MECANUM WHEEL BERBASIS
ROBOT OPERATING SYSTEM (ROS)**

Alfonsus Bintang Pascallo^{1*}, Daniel William Sutanto², Lorensius Cavin Irawan³, Vito Sumartono⁴, Ana Ningsih⁵, Hizkia Urianto Koagouw⁶

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: alfonsus.20202007@student.atmi.ac.id

Abstrak

Automated Guided Vehicle merupakan kendaraan tanpa awak yang mampu bergerak dan melakukan pekerjaan khusus secara mandiri tanpa bantuan operator. Tujuan dari pembuatan Automated Guided Vehicle untuk merancang dan mengembangkan robot transporter dengan mecanum wheel berbasis Robot Operating System (ROS). Metode pengujian dilakukan dengan merancang sebuah Automated Guided Vehicle (AGV) diintegrasikan dengan sistem konveyor dengan tujuan dalam pengantaran barang secara efisien. Dalam perancangan AGV, terdapat berbagai perangkat pendukung, termasuk mekanik dengan roda penggerak dan kerangka utama terbuat dari bahan aluminium dan akrilik. Sistem kendali AGV menggunakan Raspberry Pi 4B dan Arduino Mega 2560, serta dilengkapi dengan sensor lidar untuk pembacaan area sekitar. Aktuator menggunakan motor DC 12V sebagai penggerak utama dengan mecanum wheel. Human-Machine Interface (HMI) digunakan untuk melakukan pemantauan pada robot dan komunikasi dengan pengguna. AGV dilengkapi dengan kendali manual menggunakan joystick dan kendali otomatis untuk melakukan navigasi. Pengujian dilakukan dengan mengambil data pergerakan AGV dalam berbagai kondisi beban yang berbeda. Data-data dianalisis untuk memahami pengaruh beban terhadap kinerja dan efisiensi pergerakan AGV dengan fitur object avoider. Hasil pengujian menunjukkan bahwa AGV mampu bergerak secara optimal dan dapat menghindari hambatan dengan baik, baik melalui kendali manual maupun otomatis.

Kata kunci: *Automated Guided Vehicle (AGV), Mecanum Wheel, Robot Operating System (ROS)*

1. PENDAHULUAN

Politeknik ATMI Surakarta sebagai salah satu institusi pendidikan di Indonesia memainkan peran penting dalam menggunakan teknologi untuk meningkatkan pembelajaran. Salah satu langkah penting yang diambil oleh Politeknik ATMI Surakarta adalah pengenalan konsep *smart campus*, yang mengintegrasikan teknologi informasi dalam proses belajar-mengajar. Politeknik ATMI Surakarta juga memperkenalkan pembelajaran dengan mata kuliah robotika yang memungkinkan mahasiswa memahami teknologi robot, termasuk menggunakan *Automated Guided Vehicle (AGV)* sebagai alat pembelajaran yang kreatif dan inovatif.

AGV merupakan contoh nyata teknologi *modern* yang mampu bergerak dan melaksanakan tugas tanpa bantuan manusia. Keakuratan, efisiensi, dan tingkat keamanannya menjadikannya pilihan ideal untuk mendukung operasional kampus yang cerdas. Dalam proses pembelajaran, Politeknik ATMI Surakarta menggunakan AGV sebagai fasilitas pembelajaran dalam mata kuliah robotika, memberikan mahasiswa kesempatan untuk memahami konsep sensor lidar, penggunaan *Robot Operating System (ROS)*, dan mekanik *mecanum wheel*. Pendekatan inovatif ini bertujuan untuk mendukung tugas akhir, memperluas pengetahuan mahasiswa dalam bidang robotika melalui pembelajaran praktikum yang mendalam, serta merancang solusi AGV yang mampu memindahkan barang secara otomatis dengan sensor lidar untuk mendeteksi objek di sekitarnya.

2. METODOLOGI

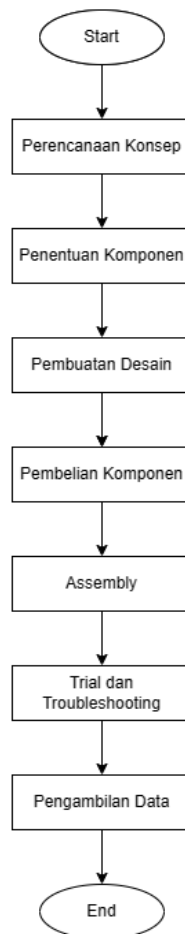
Proses penelitian ini memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan Automated Guided Vehicle (AGV), serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah yang relevan.

2.1. Metode Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kombinasi metode kualitatif dan kuantitatif untuk mengembangkan sistem. Tahap awal melibatkan metode penelitian kualitatif yang melibatkan analisis mendalam melalui diskusi dengan pembimbing untuk mengidentifikasi kebutuhan pelanggan dan mengidentifikasi masalah yang relevan. Hasil dari tahap ini menjadi dasar bagi metode kuantitatif yang mengarah pada pengumpulan dan analisis data kuantitatif, termasuk pengukuran dan pengujian sistem yang dilakukan pada prototipe mesin yang telah dirancang. Alur kerja pengerjaan disusun dengan mempertimbangkan semua unsur penelitian, dijelaskan melalui *flowchart* yang mencakup tahap analisis kebutuhan pelanggan, desain sistem, dan implementasi sistem. Dengan demikian, pendekatan gabungan metode kualitatif dan kuantitatif dengan tahapan pengerjaan yang terstruktur memungkinkan pengembangan yang terarah dan efektif dari *Automated Guided Vehicle (AGV)* berbasis ROS dengan *Mecanum Wheel*.

2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* di gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Proses Penelitian

2.2.1. Perencanaan Konsep

Tahap perencanaan konsep merupakan langkah awal dalam perancangan AGV yang didasarkan pada kebutuhan yang diajukan oleh *customer*. Pada tahap ini, fitur-fitur utama AGV dan tujuan akhir penelitian ditetapkan. Proses perencanaan konsep erat kaitannya dengan penentuan komponen-komponen yang akan digunakan dalam AGV, di mana pilihan komponen-komponen ini didasarkan pada konsep desain yang telah dirancang. Dengan merinci fitur dan spesifikasi yang diinginkan oleh *customer*, tahap perencanaan konsep membantu membentuk panduan yang kuat untuk pengembangan selanjutnya, memastikan bahwa AGV yang dihasilkan akan sesuai dengan harapan dan memenuhi kebutuhan yang telah diidentifikasi.

2.2.2. Penentuan Komponen

Penentuan komponen dalam AGV merupakan langkah penting yang harus dilakukan dengan cermat guna memastikan kesesuaian dengan kebutuhan dalam perancangan. Beberapa komponen yang telah ditentukan untuk diimplementasikan dalam AGV ini meliputi Raspberry Pi 4 Model B sebagai kontrol utama untuk mengatur logika dan komunikasi, Arduino Mega 2560 sebagai kontrol pendukung untuk tugas-tugas tambahan, lidar sebagai sensor pendeteksian area sekitar untuk navigasi dan penghindaran hambatan, motor DC 12V sebagai penggerak roda mecanum, serta LCD Waveshare 5" sebagai antarmuka pengguna (UI) yang mampu menampilkan informasi bagi pengguna, menerima input, serta memonitor status AGV. Pemilihan komponen diarahkan oleh konsep desain dan fitur-fitur yang telah ditentukan sebelumnya, untuk memastikan bahwa AGV akan berkinerja optimal sesuai dengan tujuan dan kebutuhan yang ditetapkan dalam perancangan konsep.

2.2.3. Pembuatan Desain

Pembuatan desain mekanik AGV dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak Solidworks. Desain mekanik dirancang dengan teliti dan cermat, sesuai dengan tujuan untuk memenuhi semua fitur yang diinginkan dalam desain yang kompak. Selanjutnya, pembuatan desain elektrik AGV mengandalkan software Solidworks Electrical, di mana desain ini diatur sebelum melibatkan pengakabelan langsung antar komponen. Adapun, desain *User Interface* (UI) AGV dirancang menggunakan Tkinter. Pembuatan desain berfokus pada tampilan yang sederhana dan mudah dipahami oleh pengguna, sesuai dengan kebutuhan. Semua elemen desain saling terintegrasi dengan program ROS untuk menghasilkan AGV yang sesuai dengan spesifikasi, efisien, serta muda dioperasikan oleh pengguna.

2.2.4. Pembelian Komponen

Proses pembelian komponen AGV dilakukan dalam tiga tahap yang terencana. Tahap pertama difokuskan pada komponen mekanik dan elektrik yang krusial, seperti aluminium profile, motor DC 12V, dan roda mecanum. Prioritas tahap ini adalah memastikan ketersediaan komponen utama yang mendukung pembuatan AGV, dengan mempertimbangkan urutan proses perakitan. Pada tahap kedua, fokus beralih ke pembelian komponen elektrik serta program yang diperlukan untuk pengoperasian AGV. Tahap ini memastikan kelengkapan sisi elektrik dan perangkat lunak untuk pengendalian AGV. Terakhir, tahap ketiga ditujukan untuk pembelian komponen pendukung terkait dengan perakitan AGV secara keseluruhan. Semua tahap pembelian komponen dilakukan secara online maupun tunai, sesuai dengan kebutuhan dan ketersediaan.

2.2.5. Assembly

Proses *assembly* dapat dilakukan setelah komponen-komponen yang diperlukan selesai proses pembelian. Tahap *assembly* ini mencakup penggabungan berbagai komponen, termasuk bagian mekanik dan elektrik, dengan tujuan akhir untuk menghasilkan AGV yang berfungsi sesuai dengan tujuan awal yang telah ditetapkan. Bagian mekanik, seperti aluminium profile, motor DC 12V, dan roda mecanum, akan dipasang secara terencana dan presisi.

Kemudian, bagian elektrik, termasuk komponen elektrik dan sensor seperti Raspberry Pi, Arduino Mega 2560, dan lidar, akan diintegrasikan dengan komponen mekanik dalam rangkaian yang teratur dan sesuai dengan rencana desain. Proses Assembly ini menjadi langkah penting untuk menciptakan AGV yang fungsional, dapat bergerak, berinteraksi dengan lingkungan, dan memenuhi tujuan-tujuan yang telah ditetapkan dalam perancangan.

2.2.6. Trial dan Troubleshooting

Tahap Trial dan Troubleshooting dilaksanakan setelah selesainya proses assembly. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengimplementasikan program AGV dan menguji apakah perangkat sudah berfungsi sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Pada tahap ini, AGV akan dijalankan dalam berbagai situasi untuk memastikan bahwa AGV bekerja sesuai dengan fungsinya. Apabila terdapat error, masalah, atau ketidaksesuaian, maka dilakukan proses troubleshooting untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah dan melakukan perbaikan yang diperlukan. Tahap Trial dan Troubleshooting menjadi langkah kritis dalam memastikan bahwa AGV dapat beroperasi secara efisien dan memenuhi standar kinerja yang telah ditetapkan sebelumnya.

2.2.7. Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui diskusi bersama pembimbing guna mendapatkan berbagai informasi yang mendukung penyusunan batasan masalah serta identifikasi permasalahan yang relevan. Selain itu, data penelitian juga diperoleh dari sumber-sumber jurnal penelitian sebagai referensi untuk mengimplementasikan permintaan dari *customer*. Pendekatan ini memungkinkan pengumpulan data yang komprehensif dan beragam, yang kemudian dapat digunakan sebagai dasar untuk mengarahkan langkah-langkah selanjutnya dalam pengembangan Automated Guided Vehicle (AGV) berbasis ROS dengan Mecanum Wheel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

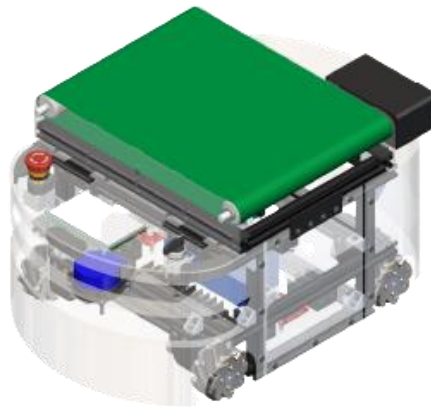
Pengembangan robot Automated Guided Vehicle (AGV) berbasis ROS (Robot Operating System) dengan mecanum wheel telah berhasil direalisasikan, memberikan kontribusi signifikan dalam bidang robotika. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan AGV yang memiliki kemampuan bergerak dengan kebebasan arah menggunakan roda mecanum, serta mampu dikendalikan secara otomatis melalui platform ROS.

3.1. Hasil

Hasil ini akan diuraikan dalam tiga aspek utama : mekanik dan elektrik, program sistem kendali manual dan otomatis, serta desain User Interface (UI). Setiap aspek ini memiliki peran penting dalam mencapai tujuan utama penelitian, yaitu merancang dan mengimplementasikan AGV yang mampu bergerak dengan fleksibilitas, dikendalikan secara manual dan otomatis, serta memiliki antarmuka pengguna yang efisien. Berikut rincian hasil signifikan yang telah dicapai dalam masing-masing aspek tersebut :

3.2.1. Mekanik dan Elektrik

Pada aspek mekanik, AGV berhasil direncanakan dan dibangun dengan menggunakan berbagai komponen penyusun, termasuk aluminium profile sebagai kerangka utama yang memberikan kestabilan dan kekokohan pada struktur AGV. Motor DC 12V yang dipasang pada roda mecanum memberikan gerakan yang memungkinkan AGV bergerak dengan bebas ke segala arah. Selain itu, integrasi komponen elektrik seperti sensor lidar, Raspberry Pi Model B, dan Arduino Mega 2560 pada desain mekanik memastikan bahwa AGV memiliki kemampuan pendeteksian lingkungan dan sistem kendali yang efisien.



Gambar 2. Hasil dari Mekanik dan Elektrik

3.2.1. Sistem Kendali Manual dan Otomatis

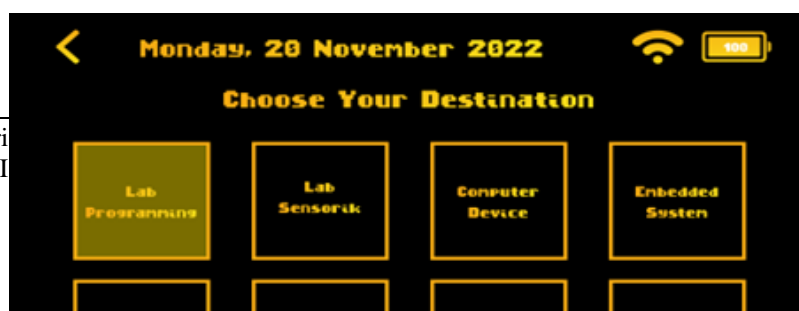
Implementasi sistem kendali manual dilakukan dengan menggunakan kontroler joystick yang berada pada aplikasi mobile memungkinkan pengguna untuk mengendalikan AGV secara langsung. Pengujian berhasil menunjukkan kemampuan AGV untuk merespons perintah dengan baik, memberikan pengalaman pengguna yang nyaman. Selanjutnya, sistem kendali otomatis berhasil diimplementasikan melalui ROS, memungkinkan AGV bergerak secara otonom dengan navigasi yang didefinisikan sebelumnya. Pemanfaatan sensor lidar dalam sistem kendali otomatis memungkinkan AGV untuk menghindari hambatan dan mengikuti rute yang telah ditentukan.



Gambar 4. Hasil Implementasi dari Sistem Kendali

3.2.1. User Interface (UI)

Desain UI yang disusun menggunakan Tkinter dengan tujuan mampu memberikan antarmuka pengguna yang sederhana, mudah dipahami, dan responsif. UI menampilkan opsi kendali manual dan otomatis dengan jelas, serta memberikan informasi visual tentang status AGV. Pengaturan tampilan yang simpel memungkinkan pengguna dengan mudah beralih antara mode kendali, memberikan fleksibilitas dalam mengoperasikan AGV sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 4. Hasil Desain User Interface

3.2. Pengujian

Pengujian *Automated Guided Vehicle* (AGV) berbasis ROS dengan *mecanum wheel* dilakukan untuk mengevaluasi kinerja, kemampuan navigasi, dan respons robot dalam berbagai situasi. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan :

3.2.1. Pengujian Distribusi Daya

Pengujian distribusi beban pada robot dilakukan dengan menggunakan metode pengukuran arus tiap motor. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana beban terdistribusi secara merata di antara motor-motor yang digunakan pada robot. Selama pengujian, data arus yang dihasilkan oleh setiap motor dicatat menggunakan multimeter dan direkam untuk analisis lebih lanjut. Metode pengukuran ini membantu mengidentifikasi potensi ketidakmerataan dalam distribusi beban dan memungkinkan perbaikan yang diperlukan.

Tabel 1. Pengujian Distribusi Beban

Waktu (s)	Kuat Arus (A)				Beban Tiap Roda (Kg)			
	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4	Roda 1	Roda 2	Roda 3	Roda 4
1	0,635	0,497	0,708	0,619	3,1	2,43	3,46	3,02
2	0,532	0,493	0,529	0,513	3,09	2,86	3,07	2,98
3	0,481	0,444	0,46	0,46	3,13	2,89	2,99	2,99
4	0,332	0,319	0,308	0,325	3,10	2,98	2,88	3,04
5	0,326	0,321	0,32	0,327	3,02	2,98	2,97	3,03

Hasil dari pengujian distribusi beban menunjukkan informasi terkait distribusi beban pada setiap motor. Data arus tiap motor memberikan gambaran tentang seberapa besar beban yang diatasi oleh masing-masing motor selama operasi robot. Dengan menganalisis data, dapat diidentifikasi terdapat distribusi beban yang cukup merata di antara motor-motor tersebut.

3.2.2. Pengujian Arah Pergerakan

Pengujian arah pergerakan robot dilakukan dengan mengoperasikan program kendali secara manual. Kondisi pergerakan berhasil ketika robot bergerak sesuai dengan perintah yang ditentukan. Uji coba dilakukan sebanyak 5 kali dengan tujuan untuk menentukan bahwa program manual telah stabil. Berikut hasil percobaan dari arah pergerakan robot secara manual :

Tabel 2. Pengujian Arah Pergerakan

Arah Pergerakan Robot	Percobaan Ke-				
	1	2	3	4	5

Maju	✓	✓	✓	✓	✓
Serong Kanan Depan	✓	✓	✓	✓	✓
Kanan	✓	✓	✓	✓	✓
Serong Kanan Belakang	✓	✓	✓	✓	✓
Mundur	✓	✓	✓	✓	✓
Serong Kiri Belakang	✓	✓	✓	✓	✓
Kiri	✓	✓	✓	✓	✓
Serong Kiri Depan	✓	✓	✓	✓	✓

3.2.3. Pengujian Kecepatan Robot

Dalam pembuatan robot transporter, roda yang digunakan adalah roda mecanum. Roda ini memiliki konfigurasi khusus dalam pergerakannya karena ujung roda memiliki roller yang dipasang secara 45 derajat sehingga membuat pergerakan robot bisa bergerak ke segala arah. Setelah mempelajari kinematika roda mecanum, maka didapatkan rumus untuk mengubah kecepatan (m/s) yang dibutuhkan robot untuk menjadi kecepatan putaran masing-masing keempat roda mecanum (RPM). Data berupa RPM akan diubah menjadi PWM melalui proses `map()` yang berfungsi untuk memetakan ulang suatu nilai dari rentang satu ke dalam rentang lainnya. Berikut ini adalah data yang didapatkan dari kinematika roda mecanum menjadi PWM. Data yang didapatkan dari spesifikasi dasar robot transporter

Tabel 3. Data spesifikasi dasar robot

Konfigurasi Robot Nilai	Nilai
MAX_RPM (RPM maksimal motor)	330 Rpm
COUNTS_PER_REV (Tick Encoder)	665 ticks / rotasi
WHEEL_DIAMETER (Diameter roda)	0.08 meter
PWM_BITS (PWM Arduino)	8 Bits
LR_WHEELS_DISTANCE (Jarak antar roda kanan dan kiri)	0.36 meter
FR_WHEELS_DISTANCE (Jarak antar roda depan dan belakang)	0.33 meter

Dari data tersebut maka dapat dihitung kecepatan maksimal robot dapat bergerak :

$$v = 2\pi \times D/2 \times n/60$$

$$v = 2\pi \times 0.08/2 \times 330/60$$

$$v = 1.3823 \text{ m/s}$$

Keterangan :

$$v = \text{kecepatan (m/s)}$$

$$D = \text{diameter roda (m)}$$

$$n = \text{rotasi per menit roda (rpm)}$$

Data hasil perhitungan program kinematika dan proses `map()` :

Tabel 4. Data hasil `map()` untuk kecepatan dan PWM

Kecepatan (m/s)	Kecepatan (rpm)	Nilai PWM
1,3823	329	254

0,69115	164	126
0,5	119	91
0,3	71	58

PWM pada arduino digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor. Motor tersebut dikontrol menggunakan driver motor VNH2SP30 yang menggunakan prinsip H-Bridge. Driver motor dapat mengubah arah putaran motor mengubah polaritas motor. Jika polaritas A bernilai High dan B bernilai Low maka motor akan berputar searah jarum jam (CW), sebaliknya jika polaritas A bernilai Low dan B bernilai High maka motor akan berputar berlawanan jarum jam (CCW). Hasil perhitungan RPM pada program kinematika memiliki hasil positif dan negatif yang berfungsi untuk membedakan pergerakan CW atau CCW. Pada program arduino yang dibuat dapat mendeteksi secara otomatis pergerakan tersebut.

3.3. Pembahasan

Hasil pengujian AGV melalui beberapa tahapan operasional yang memberikan umpan balik positif terhadap performa dan kemampuan AGV. Dalam pengujian navigasi otonom, AGV mampu mengatasi tantangan dengan akurasi yang cukup tinggi dan menghindari hambatan secara efisien melalui sensor lidar. Pengujian kinerja mecanum wheel juga mengonfirmasi kebebasan gerak AGV dalam berbagai arah. Selain itu, interaksi yang lancar pada antarmuka pengguna saat mode kendali manual dan otomatis menunjukkan kesiapan AGV dalam pengendalian yang fleksibel. Hasil pengujian ini secara konkret memvalidasi responsifnya AGV terhadap perintah, kemampuannya dalam tugas-tugas praktis, dan potensinya untuk diterapkan dalam dunia pendidikan.

4. Kesimpulan

Pengembangan Automated Guided Vehicle (AGV) berbasis ROS dengan Mecanum Wheel telah berhasil menghasilkan solusi yang efektif dalam bidang robotika dan otomasi. AGV ini mampu bergerak dengan kebebasan arah dan melakukan navigasi dengan akurasi yang cukup tinggi, menjadikannya alat yang potensial dalam aplikasi untuk pembelajaran di Politeknik ATMI Surakarta. Desain antarmuka pengguna yang intuitif juga memberikan pengalaman pengendalian yang optimal. Pengujian kinerja telah mengkonfirmasi efisiensi operasional AGV dalam berbagai situasi, dengan potensi penggunaan luas di bidang pendidikan. Namun, tantangan seperti tuning parameter ROS dan optimisasi pergerakan mecanum wheel masih memerlukan perhatian dalam upaya untuk meningkatkan performa AGV di berbagai situasi operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Suman Kumar. 2016. Design and Methodology of Automated Guided Vehicle-A Review. Jurnal IOSR Teknik Mesin dan Sipil (IOSR-JMCE).
- A. J. Moshayedi, A. S. Roy, and L. Liao. 2019. PID Tuning Method on AGV (Automated Guided Vehicle) Industrial Robot. Journal of Simulation and Analysis of Novel Technologies in Mechanical Engineering.
- Justiadi, Jumaddil Hair, Yusdianto. 2018. Automated Guided Vehicle (AGV) Pengikut Garis Menggunakan Roda Mecanum Dengan Kendali PID Adaptif Terinterpolasi. Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO).
- Saefudin, Encu, dan Reksa Utama A. I. 2021. Perancangan Model Mecanum Wheel pada Forklift AGV. Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Selina Kusmiawati, Eko Setiawan, Edita Rosana Widasari. 2022. Simulasi Algoritma Hector SLAM untuk Pemetaan 2D pada Quadcopter berbasis ROS. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer.
- Fahmizal, Angga Priyatmoko, Afrizal Mayub. 2022. Implementasi Kinematika Trajectory Lingkaran pada Robot Roda Mecanum. Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan (JuLIET), Vol. 3, No. 1.

