

**PENGEMBANGAN *PATH TRACKING* PADA ROBOT MENGGUNAKAN
ODOMETRY SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN
MATA KULIAH PRAKTIK ROBOTIKA PADA
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MEKATRONIKA**

PROPOSAL TUGAS AKHIR SKRIPSI



Ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan guna mendapatkan gelar
Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika

Oleh:

ALIFIA PUTRI QABILA

NIM 20518244014

DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2023

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGEMBANGAN *PATH TRACKING* PADA ROBOT MENGGUNAKAN
ODOMETRY SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN
MATA KULIAH PRAKTIK ROBOTIKA PADA
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MEKATRONIKA**

TUGAS AKHIR SKRIPSI

ALIFIA PUTRI QABILA

NIM 20518244014

Telah disetujui untuk dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Tanggal:.....

Yogyakarta, 8 September 2023

Mengetahui,

Kepala Program Studi

Pendidikan Teknik Mekatronika

Disetujui,

Dosen Pembimbing TAS,

Sigit Yatmono, S.T., M.T.

NIP. 197301251999031001

Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs.

NIP. 196508291999031001

SURAT PERNYATAAN KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alifia Putri Qabila

NIM : 20518244014

Program Studi : Pendidikan Teknik Mekatronika

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Pengembangan *Path Tracking* Pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat-pendapat orang yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Yogyakarta, 9 September 2023

Yang menyatakan,

Alifia Putri Qabila

NIM. 20518244014

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan Proposal Tugas Akhir Skripsi dengan judul “Pengembangan *Path Tracking* pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika Pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika”.

Penulisan Proposal Tugas Akhir Skripsi ini diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan. Keberhasilan dan kesuksesan dalam penyelesaian Proposal Tugas Akhir Skripsi ini tentu tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dukungan dan semangat dari berbagai pihak. Berkenaan dengan hal tersebut, penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, masukan, motivasi, dan evaluasi yang berharga selama proses penyusunan Tugas Akhir Skripsi ini.
2. Sigit Yatmono, S.T., M.T., Ariadie Chandra Nugraha, ST., MT., Muhammad Luthfi Hakim, S.T., M.Eng., dan Ilmawan Mustaqim, S.Pd.T., M.T. yang telah memberikan bimbingan, masukan, motivasi, dan evaluasi untuk penyusunan Tugas Akhir Skripsi ini.
3. Dr. Phil. Nurhening Yuniarti, S.Pd., M.T., selaku Ketua Departemen pendidikan Teknik Elektro, dan Sigit Yatmono, M.T., selaku Ketua

Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta.

4. Prof. Herman Dwi Surjono, M.Sc., M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberikan persetujuan untuk pelaksanaan Tugas Akhir Skripsi ini.
5. Sahabat-sahabat seperjuangan dari kelas E dan kelas F 2020 Pendidikan Teknik Mekatronika, Tim Robotika UNY, dan Tim Maestro-Evo, yang telah memberikan motivasi dan kenangan tak terlupakan.

Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat yang nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta dapat menjadi inspirasi bagi peneliti-peneliti selanjutnya. Akhir kata, penulis memohon maaf jika terdapat kekurangan dalam penyusunan proposal ini. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna perbaikan di masa yang akan datang. Semoga proposal skripsi ini dapat diterima dengan baik oleh semua pihak, dan semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat serta hidayah-Nya dalam setiap langkah perjalanan kami.

Yogyakarta, 9 September 2023

Penulis,

Alifia Putri Qabila

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN KARYA.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	7
C. Batasan Masalah	7
D. Rumusan Masalah.....	8
E. Tujuan Penelitian	8
F. Manfaat Penelitian	9
G. Spesifikasi Produk.....	9
BAB II DAFTAR PUSTAKA.....	10
A. Kajian Teori.....	10
1. Penelitian dan Pengembangan	10
2. Media Pembelajaran.....	12
3. Mikrokontroler STM32F407.....	17
4. LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	18
5. Sensor <i>Rotary encoder</i>	19
6. <i>Driver</i> motor BTN7960B.....	21
7. Motor PG45	22
8. Baterai Li-Po.....	23
9. Board PCB	24
10. Aplikasi Inventor.....	25
11. Aplikasi Keil μ Vision IDE.....	26
12. Mata Kuliah Robotika.....	27
13. Robot.....	28
B. Kajian Penelitian yang Relevan	33
C. Kerangka Berpikir.....	35
D. Pertanyaan Penelitian.....	37
BAB III METODE PENELITIAN.....	38
A. Model Pengembangan.....	38

B. Prosedur Pengembangan	39
C. Desain Uji Coba Produk	47
1. Tempat dan Waktu Uji Coba Produk.....	47
2. Subjek Penelitian	48
3. Teknik Pengumpulan Data	48
4. Instrumen Penelitian	49
5. Pengujian Instrumen	51
6. Teknik Analisa Data	55
DAFTAR PUSTAKA.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mikrokontroler STM32F407.....	18
Gambar 2. LCD 20×4	19
Gambar 3. Sensor Rotary Encoder LPD3806	20
Gambar 4. Blok Penyusunan Rotary Encoder	21
Gambar 5. Driver Motor BTN7960B.....	22
Gambar 6. Motor PG45.....	23
Gambar 7. Baterai Li-Po	24
Gambar 8. Aplikasi Autodesk Inventor 2023	26
Gambar 9. Tampilan Aplikasi Keil μ Vision	27
Gambar 10. Representasi Kinematik Sistem Three Wheel Omni-Directional.....	29
Gambar 11. Kinematik dari Sebuah Penggerak Omni-Directional.....	30
Gambar 12. Contoh Path Tracking pada Robot	32
Gambar 13. Kerangka Berpikir.....	36
Gambar 14. Bagan Pengembangan ADDIE	38

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Produk.....	9
Tabel 2. Spesifikasi LCD 20×4	19
Tabel 3. Spesifikasi Sensor Rotary Encoder	21
Tabel 4. Kisi-kisi Instrumen Kelayakan Materi	50
Tabel 5. Kisi-kisi Instrumen Media.....	50
Tabel 6. Kisi-kisi Instrumen Kelayakan Pengguna	51
Tabel 7. Indikator Instrumen Kelayakan Materi	52
Tabel 8. Indikator Instrumen Kelayakan Media.....	53
Tabel 9. Indikator Instrumen Kelayakan Pengguna	54
Tabel 10. Pembagian Kuadran	55
Tabel 11. Kategori Skala Likert	56
Tabel 12. Klasifikasi Penilaian.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia mengalami kemajuan yang signifikan. Dampak teknologi terhadap kehidupan kita sangat terasa, karena telah menjadi komponen yang tak terpisahkan. Sektor industri juga telah mengalami perkembangan teknologi, yang dicontohkan dengan munculnya Industri 4.0. Situasi ini menuntut industri untuk menyesuaikan diri dengan cepat sehingga mengharuskan industri untuk meningkatkan penggunaan robot dalam operasionalnya.

Pemanfaatan robot di era industri 4.0 memiliki potensi untuk meningkatkan sekaligus memperbaiki mutu dan jumlah produksi industri. Salah satu jenis robot yang umum digunakan di sektor industri adalah *mobile robotic*, yaitu robot yang memiliki kemampuan bergerak dengan menggunakan roda. Robot ini diterapkan secara luas, baik dalam lingkungan industri maupun rumah tangga (Rakhman *et al.*, 2019). Beberapa aplikasi penting dari jenis robot ini di sektor industri meliputi pengawasan keamanan di area industri, inspeksi berkala pada fasilitas industri yang berhubungan dengan kimia, gas, dan minyak, serta pengantaran barang. Di lingkungan rumah tangga, robot ini digunakan untuk memberikan layanan kepada lansia, melakukan tugas-tugas kebersihan di rumah, dan mengawasi keamanan rumah.

Di industri yang masih mengandalkan tenaga manusia, sering kali kita menghadapi kesalahan manusia (*Human Error*), dan ini dapat dikurangi

dengan memanfaatkan robot. Selain itu, pekerjaan yang dilakukan oleh robot sering kali dapat diselesaikan dengan kecepatan dan akurasi yang tinggi (Raharjo, 2021). Pemanfaatan robot dalam lingkungan industri memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi produksi jika dibandingkan dengan penggunaan tenaga manusia. Menurut penelitian Yam *et al.* (2023) dalam dua dekade ke depan, robot diperkirakan akan menggantikan peran manusia dalam sekitar 47% pekerjaan, terutama pekerjaan yang bersifat manual. Oleh karena itu, di era industri 4.0, penggunaan robot sebagai tenaga kerja semakin ditingkatkan, sedangkan pekerja manusia lebih difokuskan pada pekerjaan non-teknis. Untuk mewujudkan tujuan ini, diperlukan sumber daya manusia (SDM) yang memiliki kompetensi yang baik, terutama dalam bidang keahlian robotika.

Peningkatan kompetensi tenaga pengajar di sektor pendidikan dalam robotika sangat diperlukan untuk memaksimalkan potensi tenaga kerja yang berkualitas dan kompeten agar dapat memaksimalkan potensi pengembangan teknologi di bidang robotika. Sektor pendidikan bertujuan untuk mengembangkan individu yang memiliki keterampilan dan pengetahuan yang diperlukan untuk secara efektif memanfaatkan semua sumber daya yang tersedia, sehingga menghasilkan pengaruh positif melalui proses transformatif ini (Kipper *et al.*, 2021). Perguruan tinggi merupakan salah satu sektor pendidikan yang memiliki peran sentral dalam mencetak banyak tenaga kerja yang memiliki kompetensi yang kuat (Nulhaqim *et al.*, 2015). Sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Republik Indonesia

tahun 2012, perguruan tinggi memiliki beragam bentuk, termasuk universitas, institut, sekolah tinggi, politeknik, akademi, dan akademi komunitas.

Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) adalah salah satu lembaga pendidikan tinggi yang berada di bawah naungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud). UNY memiliki tujuh fakultas yang menawarkan beragam departemen dan program studi. Di antara program studi yang ada di UNY, terdapat Pendidikan Teknik Mekatronika yang berada di bawah naungan Departemen Pendidikan Teknik Elektro (DPTE) di Fakultas Teknik. Program studi Pendidikan Teknik Mekatronika ini merangkul beragam bidang keahlian, termasuk mekanik, elektronik, dan teknologi informatika, sambil memfokuskan pada pengajaran proses dan metode pendidikan. Mekatronika adalah bidang ilmu yang merupakan gabungan dari empat disiplin ilmu yaitu ilmu mekanik, ilmu elektronik, ilmu kendali, dan ilmu komputer (Darwati *et al.*, 2017). Program Mekatronika memiliki tujuan utama untuk menyediakan lulusan teknik dengan metodologi yang memungkinkan mereka memperoleh pengetahuan multi disiplin dan memiliki kemampuan untuk menerapkan desain, implementasi, dan inovasi teknologi dalam berbagai bidang seperti rekayasa elektronik, robotika, kontrol atau otomatisasi industri, dan rekayasa manufaktur.

Menurut silabus yang berlaku untuk Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, terdapat mata kuliah Praktik Robotika yang membahas aspek

desain dan konstruksi robot, baik dalam hal perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Robot secara umum terdiri dari tiga komponen utama, yaitu Mekanik yang mencakup rangkaian fisik dan mekanisme robot, Elektronik yang mencakup sensor, mikrokontroler, sirkuit, dan komponen listrik lainnya, serta Program yang melibatkan teknik pemrograman untuk mengendalikan robot sesuai dengan tujuan tertentu.

Meskipun mata kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Mekatronika sudah mengintegrasikan berbagai aspek ini, terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah kelangkaan sumber daya pembelajaran yang relevan untuk mata kuliah ini. *Mobile robotic* yang digunakan oleh mahasiswa dalam praktik masih belum sepenuhnya mencerminkan situasi di dunia industri. Di lingkungan industri, robot membutuhkan sistem algoritma navigasi yang sangat akurat untuk menyelesaikan tugas dengan efisiensi maksimal. Umumnya, navigasi robot mengandalkan deteksi garis dan dinding sebagai panduan (Djahi *et al.*, 2019).

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Sihombing *et al.* (2022) dan Agustino (2022), kebanyakan pengindraan robot masih memanfaatkan dinding dan garis. Metode ini cukup efektif namun penggunaannya masih membatasi pergerakan sebuah robot. Dengan kata lain, robot hanya dapat bergerak ke suatu target bila ada garis atau dinding yang berada di sekitar tujuan tersebut. Robot tidak dapat berbuat apa-apa

jika berada di luar keadaan yang bisa diindranya (tidak ada garis atau dinding).

Tidak seperti pendekatan garis dan dinding, metode *odometry* pada dasarnya digunakan untuk mengestimasi posisi relatif robot terhadap titik awalnya, memungkinkan pergerakan robot menjadi lebih fleksibel (Rakhman *et al.*, 2019). Dalam metode *odometry*, posisi relatif robot dihitung berdasarkan jumlah pulsa yang dihasilkan oleh putaran roda dan dianalisis oleh *rotary encoder*. Untuk menghitung posisi relatif robot, diperlukan suatu konstanta pengubah yang dapat mengubah jumlah *counter* yang dihasilkan oleh *rotary encoder* menjadi panjang lintasan yang telah ditempuh oleh robot.

Dalam penerapan *path tracking* dengan metode *odometry*, robot secara terus-menerus memantau perubahan *path* atau posisinya dari waktu ke waktu (Nugraha *et al.*, 2021). Hal ini memungkinkan pengukuran *error* atau kesalahan arah robot terhadap jalur yang dituju. Dengan kata lain, *path tracking* merupakan teknik yang erat kaitannya dengan metode *odometry*, di mana robot secara terus-menerus mengawasi dan mengevaluasi posisinya selama perjalanan.

Path tracking, pada dasarnya, adalah metode yang digunakan untuk memastikan bahwa robot tetap berada pada jalur yang telah ditentukan dan mengikuti rute yang telah direncanakan. Dengan memanfaatkan metode *path tracking*, robot dapat mengatur kecepatan dan arahnya kapan pun diperlukan untuk tetap berada dalam jalur yang diinginkan. Tujuan utama

dari *path tracking* adalah meminimalkan kesalahan posisi robot terhadap titik referensi pada jalur yang telah direncanakan sebelumnya, sehingga robot dapat mengikuti jalur dengan akurasi dan ketepatan yang tinggi. Dalam konteks ini, metode *odometry* menjadi kunci dalam membantu robot dalam menjalankan proses *path tracking* dengan tepat dan efisien, lebih efektif dibandingkan dengan navigasi menggunakan garis atau dinding.

Berdasarkan pertimbangan atas permasalahan yang telah diuraikan, peneliti bermaksud untuk merancang dan mengembangkan media pembelajaran untuk mata kuliah Praktik Robotika dengan judul “Pengembangan *Path Tracking* Pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika”. Media pembelajaran ini berfokus kepada rancang bangun *path tracking* robot yang menggunakan metode *odometry* sebagai navigasinya dan robot akan diberi jalur berupa beberapa titik koordinat (X, Y) yang harus ditempuh. *Path tracking* robot menggunakan *odometry* ini memiliki beberapa komponen pendukung yaitu sensor *rotary encoder* sebagai sensor utama, STM32 yang digunakan sebagai pusat pemrograman, *driver* motor, motor PG45, dan rangkaian *shield* elektronik. Dengan adanya media pembelajaran ini, peneliti berharap mahasiswa dapat mempelajari mengenai *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* guna menunjang dan memberikan variasi pada media pembelajaran mata kuliah robotika serta mengikuti pembaharuan yang sesuai dengan kebutuhan industri saat ini.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang masalah di atas, dapat diambil beberapa identifikasi masalah yaitu :

1. Masih minimnya media pembelajaran terkait pengembangan *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* pada mata kuliah praktik robotika di Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta
2. Masih kurangnya variasi penggunaan media pembelajaran pada mata kuliah praktik robotika di Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Masih kurangnya kompetensi mahasiswa terkait pengembangan *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* sebagai media pembelajaran mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta yang sesuai dengan kebutuhan industri.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dijelaskan di atas, maka masalah pada penelitian ini dibatasi pada pengembangan media pembelajaran *path tracking* pada *mobile robot* dengan jenis kinematika *Omni-Directional* dengan metode navigasi *Odometry* untuk Mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika

Universitas Negeri Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur unjuk kerja dan kelayakan media tersebut untuk diterapkan pada mahasiswa Pendidikan Teknik Mekatronika Universitas Negeri Yogyakarta.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa pemaparan batasan masalah di atas, dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengembangan media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* pada mata kuliah praktik robotika?
2. Bagaimana unjuk kerja media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* pada mata kuliah praktik robotika?
3. Bagaimana tingkat kelayakan media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* pada mata kuliah praktik robotika?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan penetapan rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menghasilkan media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* pada mata kuliah praktik robotika.
2. Mengetahui unjuk kerja media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* pada mata kuliah praktik robotika.
3. Mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* pada mata kuliah praktik robotika.

F. Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini meliputi:

1. Bagi Mahasiswa

Tujuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan meningkatkan kompetensi mahasiswa pada mata kuliah praktik robotika.

2. Bagi Perguruan Tinggi

Hasil dari penelitian ini dapat berfungsi sebagai salah satu alat bantu dalam proses pembelajaran Praktik Robotika.

3. Bagi Pembaca

Hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam memperluas pengetahuan tentang *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* dan dapat diterapkan dalam bidang robotika.

G. Spesifikasi Produk

Spesifikasi dari produk media pembelajaran dengan judul “Pengembangan *Path tracking* Pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika” yaitu:

Tabel 1. Spesifikasi Produk

Item	Keterangan
<i>Driver Motor</i>	BTN7960B
LCD	Karakter LCD 20*4
<i>Microcontroller</i>	STM32 F407
Motor	PG45
Roda	<i>Omni-Directional</i>
Sensor	<i>Rotary encoder</i>
Sumber Daya	12V dan 24V

BAB II DAFTAR PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Penelitian dan Pengembangan

Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development*) merupakan metode penelitian yang digunakan untuk membuat produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut supaya dapat digunakan oleh masyarakat umum (Sugiyono, 2013:297). Menurut Borg and Gall (dalam Sumarni, 2019:2) Penelitian dan pengembangan (R&D) adalah proses sistematis dan berulang yang digunakan untuk menciptakan dan memperkuat produk pendidikan. Hasil dari penelitian pengembangan tidak hanya mencakup penyempurnaan produk yang ada saat ini, tetapi juga perolehan informasi atau solusi untuk tantangan praktis. Sumarni (2019:5) mendefinisikan penelitian dan pengembangan (R&D) sebagai penyelidikan sistematis terhadap kebutuhan mendesak dalam komunitas atau kelompok tertentu. Hal ini mencakup analisis komprehensif mengenai penyebab yang mendasari dan mengeksplorasi teori-teori yang relevan untuk mengatasi masalah tersebut. Tujuan utamanya adalah untuk memanfaatkan pengetahuan ini sebagai dasar untuk pengembangan produk, diikuti dengan validasi, dan pengujian efektivitasnya.

Bahan ajar yang digunakan merupakan penentu penting dalam membangun karakter pembelajaran. Untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran, sangat penting untuk mempertimbangkan model

pengembangan yang memastikan kualitas materi pembelajaran selama proses pembuatan dan pembuatannya. Untuk mengembangkan bahan ajar, umumnya mengikuti proses yang berurutan dalam pelaksanaan pembelajaran. ADDIE merupakan salah satu model pengembangan materi pembelajaran yang sering diimplementasikan dalam penelitian pengembangan. Model ADDIE, menurut Robert Maribe Branch (2009:2), adalah kerangka kerja konseptual yang digunakan dalam pengembangan produk untuk memberikan arahan dalam situasi yang rumit. Model tersebut memiliki tahapan kerja yang terstruktur, yaitu analisis (*analyze*), desain (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*implementation*), dan evaluasi (*evaluation*). Evaluasi dan revisi dilakukan setiap tahap berdasarkan tahap-tahap sebelumnya untuk memastikan bahwa produk akhir yang dihasilkan adalah valid (Sakila, 2021). Oleh karena itu, kerangka kerja ini sangat cocok untuk diterapkan dalam pembuatan materi pendidikan, seperti media pembelajaran.

Lima tahap atau fase pengembangan dari model ini adalah sebagai berikut:

- a) Tahap analisis (*analyze*), yaitu mengkaji kondisi kerja di tempat kerja;
- b) Tahap desain (*design*), yaitu merancang produk yang memenuhi kebutuhan;

- c) Tahap pengembangan (*development*), yaitu menciptakan produk yang kemudian dilakukan pengujian atau uji coba terhadap produk tersebut.
- d) Tahap implementasi (*implementation*), yaitu produk yang telah dibuat akan dioperasikan dalam praktik di lapangan.
- e) Tahap evaluasi (*evaluation*), yaitu produk dievaluasi atau umpan balik tentang penggunaannya setelah digunakan dalam praktik di lapangan.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa model ADDIE merupakan rangkaian sistematis sederhana yang digunakan untuk merancang produk. Pendekatan dapat beradaptasi di berbagai konteks karena strukturnya yang umum. Hal ini dapat dilihat pada setiap langkah berikutnya dibangun di atas langkah sebelumnya melalui proses revisi, yang pada akhirnya mengarah pada proses penyempurnaan atau revisi secara berulang-ulang untuk menghasilkan produk yang valid.

2. Media Pembelajaran

Media pembelajaran secara etimologis dibagi menjadi dua kata yaitu media dan pembelajaran. Kata "media" berasal dari bahasa Latin dan merupakan bentuk jamak dari "*medium*", yang berarti perantara atau pengantar dalam arti harfiahnya. Definisi pembelajaran adalah proses sebuah institusi pendidikan mempengaruhi siswa untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan melalui implementasi

kurikulum. Dengan demikian, media pembelajaran adalah sebuah objek yang digunakan dalam proses pendidikan untuk menyalurkan proses kepada penerima (Nurfadhillah, 2021:15). Media pembelajaran merupakan alat peraga yang dapat mempermudah penyampaian pesan dari sumber pesan kepada penerima pesan (Ani Daniyati *et al.*, 2023:35). Menurut Hasan *et al.* (2021), terdapat lima komponen dalam pengertian media pembelajaran. Pertama, sebagai perantara pesan atau materi dalam proses pembelajaran. Kedua, sebagai sumber belajar. Ketiga, sebagai alat bantu untuk menstimulus motivasi siswa dalam belajar. Keempat, sebagai alat bantu yang efektif untuk mencapai hasil pembelajaran yang utuh dan bermakna. Kelima, alat untuk memperoleh dan meningkatkan *skill*. Kelima komponen tersebut berkolaborasi dengan baik akan berimplikasi kepada berhasilnya pencapaian pembelajaran sesuai dengan target yang diharapkan.

Fungsi media pembelajaran menurut Adam & Syastra (2015):79 diantaranya:

- a) Fungsi media pembelajaran sebagai sumber belajar. Sumber belajar yang memiliki makna tersirat artinya ketangkasan atau keaktifan yaitu memiliki tugas sebagai penyalur, penyamai, penghubung, dan lain sebagainya.
- b) Media pembelajaran sebagai fungsi semantik yang berarti dapat dipahami oleh anak didik. Kata dan bahasa tersebut seperti lambang dari isi keyakinan pikiran dan perasaan.

- c) Media pembelajaran sebagai fungsi manipulatif yaitu kemampuan media pendidikan untuk merekam, kemampuan untuk melestarikan, kemampuan untuk merekonstruksikan, kemampuan untuk menyimpan, dan kemampuan untuk menyalurkan suatu peristiwa atau objek.

Adapun beberapa fungsi lain yang dapat dilakukan oleh media Pembelajaran. Wulandari *et al.* (2023) mengemukakan empat fungsi media pengajaran, khususnya media visual, antara lain:

- a) Fungsi Atensi; Fungsi inti media visual, yaitu menarik dan mengarahkan perhatian peserta didik untuk berkonsentrasi kepada isi pelajaran yang berkaitan dengan makna visual yang ditampilkan atau menyertai teks materi pelajaran.
- b) Fungsi Afektif; Yaitu fungsi media visual yang dapat terlihat dari tingkat kenikmatan peserta didik ketika belajar atau membaca teks yang bergambar. Gambar atau lambang visual dapat menggugah emosi dan sikap peserta didik, misalnya informasi yang menyangkut masalah sosial atau ras.
- c) Fungsi Kognitif; Yaitu fungsi media visual yang terlihat dari temuan-temuan penelitian yang mengungkapkan bahwa lambang visual atau gambar memperlancar pencapaian tujuan untuk memahami dan mengingat informasi atau pesan yang terkandung dalam gambar.

- d) Fungsi Kompensatoris; Yaitu fungsi media pengajaran yang terlihat dari hasil penelitian bahwa media visual yang memberikan konteks untuk memahami teks dan membantu peserta didik yang lemah dalam membaca untuk mengorganisasikan informasi dalam teks dan mengingatnya kembali.

Media pembelajaran harus memiliki kualitas yang baik, maka dari itu diperlukan uji kelayakan untuk memastikan efektivitas dan keefektifan dalam mendukung pemahaman materi dalam proses pembelajaran. Terdapat tiga aspek penting yang perlu dievaluasi dalam menilai kelayakan materi pembelajaran dari suatu media pembelajaran yaitu sebagai berikut:

- a) Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Ahli Materi

Menurut Cecep Kustandi dan Bambang Sutjipto (2011:143) kelayakan dari materi pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan tiga aspek yaitu Relevansi Materi dengan Tujuan Pembelajaran, Penyajian Materi, dan Bahasa. Aspek relevansi materi dengan tujuan pembelajaran meliputi kesesuaian media pembelajaran dengan silabus, bahan kajian dan capaian pembelajaran, dan kebutuhan peserta didik. Aspek penyajian materi yang dilihat dari teknik penyajian materinya. Aspek Bahasa dilihat dari kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia.

b) Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Ahli Media

Menurut Panduan Kementrian Pendidikan Nasional (2010: 16-17), kelayakan dari media pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan tiga aspek yaitu Kebermanfaatan Media, Perangkat Media, dan Kemudahan Dalam Penggunaan Media. Aspek kebermanfaatan media meliputi membantu proses belajar mengajar, mempermudah cara belajar peserta didik, meningkatkan keaktifan peserta didik, dan mendukung keterkaitan media pembelajaran dengan mata kuliah lain. Aspek perangkat media pembelajaran meliputi tampilan media pembelajaran, kesesuaian fungsi, dan perangkat media pembelajaran. Aspek kemudahan dalam penggunaan yaitu sejauh mana media pembelajaran dapat diakses dan dimanfaatkan dengan mudah oleh pengguna serta kemenarikan dari media pembelajaran.

c) Instrumen Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Pengguna

Menurut Cecep Kustandi & Bambang Sutjipto (2011:143), kelayakan dari media pembelajaran dan materi pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan tiga aspek yaitu Kualitas Pada Isi dan Tujuan, Kualitas Pada Pembelajaran, dan Penggunaan. Aspek pertama yaitu aspek kualitas pada isi dan tujuan yang meliputi kesesuaian materi dengan rencana pembelajaran, kemenarikan, kejelasan materi, menambah pengetahuan, dan kejelasan pada modul. Aspek kedua adalah kualitas pada pembelajaran yang

meliputi kejelasan pada modul, memberikan dampak bagi pendidik dan pembelajarannya, menambah keaktifan, variasi materi, dan memberikan dampak bagi peserta didik.

Menurut Yudha & Sundari (2021:538), manfaat dari media pembelajaran dalam proses belajar antara lain motivasi belajar akan lebih menyenangkan dan tidak bosan dalam pembelajaran. Selain itu anak-anak didik dapat memahami makna, lebih cepat menguasai materi pembelajaran, serta mencapai tujuan pembelajaran. Dengan adanya metode mengajar yang bervariasi, pengajar tidak kehabisan tenaga saat melakukan pembelajaran.

3. Mikrokontroler STM32F407

Mikrokontroler STM32F407 merupakan sebuah sistem minimum yang dikembangkan dan produksi oleh STMicroelectronics dari Italia. STM32f407 dirancang menggunakan 32-Bit *Reduced instruction Set Computer* (RISC). Arsitektur *processor* dari RISC sendiri sudah menggunakan *Advanced RISC Machine* atau biasa disingkat ARM, kelebihan dari penggunaan ARM sendiri mengurangi konsumsi daya, menghemat *size memory* sehingga kinerja dari *device* yang menggunakan ARM menjadi lebih tinggi, beberapa seri ARM yang sudah sering digunakan pada *smartphone* serta perangkat cerdasnya yaitu: ARM *Coretx-M*, ARM *Cortex-R*, dan ARM-*Core* (Raharjo, 2021).

Gambar 1. Mikrokontroler STM32F407

(Sumber: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/stm32f4discovery.html>)



STM32F407 menggunakan ARM *Cortex-M* dengan 1Mb *Flash Memory* serta dibekali 192 Kb RAM dan merupakan sistem minimum yang langsung dapat ditulis ulang programnya tanpa perlu menggunakan ST-Link karena pada STM32F407 sudah terdapat internal ST-Link, memiliki 100 Port I/O otomatis memberikan banyak fitur untuk digunakan, beberapa fitur yang sering digunakan adalah *Timer*, *Analog To Digital Converter*, dan *Interrupt*.

4. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit* (Natsir *et al.*, 2019). LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Karena ukurannya yang minimalis, LCD sering digabungkan dengan mikrokontroler.

Biasanya bentuk LCD yang tersedia adalah modul yang dilengkapi dengan *pin* data, catu daya, *control*, serta pengatur kontras tampilan.

Gambar 2. LCD 20×4
(Sumber: <https://www.jualarduinojogja.com/lcd-4x20-biru/>)



Untuk spesifikasi *Module* LCD dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Spesifikasi LCD 20×4

No.	Nama	Spesifikasi
1	<i>Blue Backlight</i>	I2C
2	<i>Display Format</i>	20 <i>Characters</i> × 4
3	<i>Supply Voltage</i>	5V
4	<i>Back-lit</i>	<i>With white char color</i>
5	<i>PCB Size</i>	60mm × 99mm
6	<i>Contrast Adjust</i>	Potensiometer
7	<i>Backlight Adjust</i>	<i>Jumper</i>

5. Sensor *Rotary encoder*

Menurut Fikri & Endryansyah (2019:294), *rotary encoder* adalah perangkat elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. *Rotary encoder* umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh *rotary encoder* untuk

diteruskan oleh rangkaian kendali. *Rotary encoder* umumnya digunakan pada pengendalian robot dan penggerak motor.

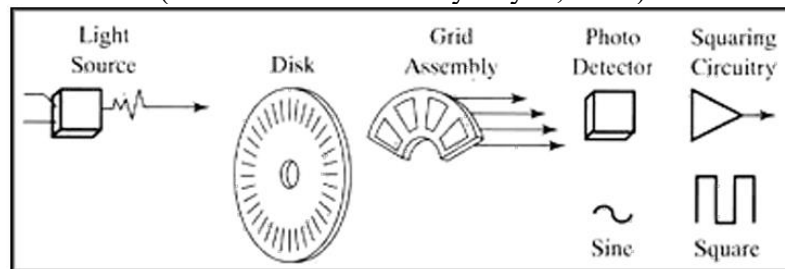
Gambar 3. Sensor *Rotary Encoder* LPD3806
(Sumber: <https://indonesian.alibaba.com>)



Susunan *rotary encoder* berupa suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Disisi yang lain suatu photo-transistor diletakkan sehingga photo-transistor ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. Piringan tipis tadi dikopel dengan poros motor, atau perangkat berputar lainnya yang ingin kita ketahui posisinya, sehingga ketika motor berputar piringan juga akan ikut berputar. Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai photo-transistor melalui lubang-lubang yang ada, maka photo-transistor akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi. Gambar 4. menunjukkan bagan skematik sederhana dari *rotary encoder*. Semakin banyak deretan pulsa yang dihasilkan pada satu putaran menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut, akibatnya

semakin banyak jumlah lubang yang dapat dibuat pada piringan menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut.

Gambar 4. Blok Penyusunan *Rotary Encoder*
(Sumber: Fikri & Endryansyah, 2019)



Pada penelitian ini, digunakan *rotary encoder* LPD3806 karena *rotary encoder* tersebut memiliki berat ringan, ukuran kecil, dan instalasinya mudah. Berikut spesifikasi dari *rotary encoder* tersebut:

Tabel 3. Spesifikasi Sensor *Rotary Encoder*

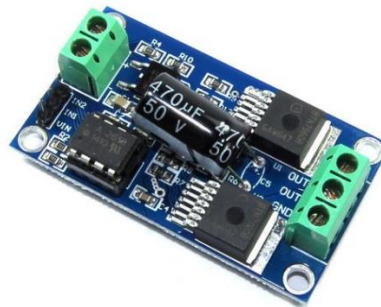
No.	Nama	Spesifikasi
1	<i>Pulse Per Revolution (PPR)</i>	400 ppr
2	<i>Power Supply</i>	5V-24V
3	<i>Maximum Mechanical Speed</i>	6000 rev / min
4	<i>Response Frequency</i>	0-20KHz
5	<i>Encoder size</i>	39 × 35.5mm
6	<i>Shaft Size</i>	6 × 13mm

6. *Driver motor* BTN7960B

Driver motor BTN7960B merupakan komponen elektronik *dual bridge* yang berguna untuk mengendalikan tegangan dengan memanfaatkan IC7960 yang memiliki konfigurasi *dual H bridge* yang mengendalikan polaritas tegangan keluaran. Fungsi dari *driver motor* ini yaitu agar mikrokontroler dapat mengendalikan laju kecepatan dan arah dari motor DC. Adapun kelebihan yang dimiliki oleh *driver* ini

adalah mampu menahan arus hingga 60 A dan dapat bekerja pada tegangan *logic input* 5Vdc dan *power input* 6 – 27 Vdc serta *Pulse Width Modulator* (PWM) 10 Khz.

Gambar 5. *Driver Motor* BTN7960B
(Sumber: <https://www.bukalapak.com>)



7. Motor PG45

Motor DC adalah tipe aktuator yang berperan sebagai motor listrik dan membutuhkan aliran arus searah pada kumparan medannya agar dapat mengubahnya menjadi energi gerak mekanik. Pada penelitian ini *actuator* yang digunakan adalah Motor PG 45 yang biasa digunakan sebagai *actuator* yang terpasang pada robot. Motor DC diatur dengan mengontrol arah dan kecepatan putarannya. Arah putaran Motor DC dapat menjadi searah jarum jam (*Clock Wise/CW*) atau berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock Wise/CCW*) tergantung pada polaritas yang dihubungkan. Kecepatan putaran motor dipengaruhi oleh besar atau kecilnya arus yang mengalir melalui motor. Dalam penelitian ini, digunakan Motor DC tipe PG45. Motor DC PG45 memiliki *planetary gear* dengan panjang 45mm, memiliki kecepatan putar 2400 RPM, dan torsi hingga 10Kg/cm. Arus yang dibutuhkan oleh

motor ini berkisar antara 2.5A hingga 5A, tergantung pada beban kerja motor. Sumber tegangan yang digunakan untuk menjalankan motor ini membutuhkan daya tegangan sebesar 24V.

Gambar 6. Motor PG45
(Sumber: <https://www.foneacc-motion.com>)



8. Baterai Li-Po

Baterai Lithium Polymer (Li-Po) merupakan salah satu jenis baterai sekunder yang memungkinkan pengisian ulang setelah dayanya habis digunakan. Baterai Li-Po berbeda sedikit dari baterai Li-Ion, yaitu pada kandungan kimianya. Baterai Li-Po tidak memanfaatkan cairan sebagai elektrolit, melainkan menggunakan polimer kering yang berbentuk lembaran plastik tipis. Salah satu kelemahannya adalah aliran ion yang lemah saat melewati elektrolit polimer kering. Ini dapat menyebabkan baterai mengembung dan mengalami penurunan kinerja saat diisi ulang.

Gambar 7. Baterai Li-Po
(Sumber: <https://www.blibli.com>)



Baterai Li-Po memiliki tegangan 3,7 volt per sel dan dilabeli dengan huruf "S," yang menunjukkan jumlah sel yang ada dalam paket baterai atau *battery pack*. Jika ada label seperti 2S sampai 6S, itu mengindikasikan jumlah sel baterai tersebut.

9. Board PCB

PCB (*Print Circuit Board*) adalah sebuah papan rangkaian yang terbuat dari bahan ebonit atau serat kaca, dan biasanya memiliki satu sisi permukaan yang dilapisi dengan lapisan tembaga yang tipis. Jika papan PCB hanya memiliki satu sisi tembaga, maka disebut sebagai *single side*, sedangkan jika memiliki dua sisi tembaga disebut *double side*. Umumnya, penggunaan PCB dengan dua sisi tembaga lebih sering digunakan dalam pembuatan rangkaian yang kompleks dan rumit.

Lapisan tembaga pada papan PCB berperan dalam membentuk jalur pengawatan, mengurangi penggunaan kabel, dan memberikan tampilan rangkaian yang lebih teratur. Ketika memasang komponen pada PCB, solder dan timah digunakan sebagai penghubung antara komponen dengan lapisan tembaga pada PCB. Keuntungan menggunakan papan PCB termasuk kemudahan dalam mendeteksi

kerusakan pada rangkaian dan mengurangi penggunaan kabel, mengingat kabel sering menjadi penyebab utama gangguan pada rangkaian.

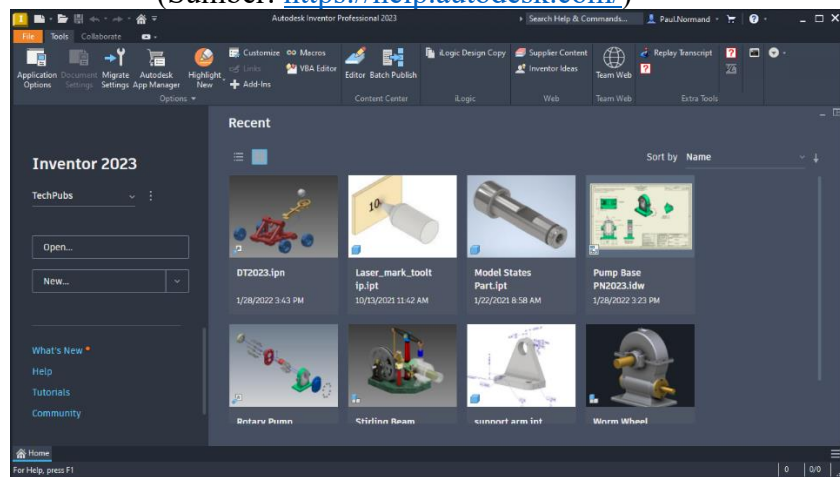
10. Aplikasi Inventor

Autodesk Inventor Professional merupakan salah satu jenis perangkat lunak *Computer Aided Drawing* (CAD) yang fokus pada pemodelan solid. Autodesk Inventor adalah model 3D yang parametrik dan canggih. Dengan Autodesk Inventor, kita dapat dengan mudah mendesain, mendokumentasikan, dan menyimulasikan produk 3D dalam bidang mekanik. Pemanfaatan *software* inventor dalam pembuatan prototipe sangat menguntungkan dalam proses perancangan dan validasi produk sebelum diproduksi, sehingga menghasilkan produk yang lebih unggul dengan waktu yang lebih efisien. Dalam Autodesk Inventor, model 3D dibangun dan dikendalikan menggunakan parameter desain, sehingga disebut pemodelan parametrik 3D.

Autodesk Inventor merupakan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk kebutuhan penggambaran teknik permesinan dan menyediakan fasilitas lengkap untuk memvisualisasikan model dalam bentuk 3D, menghasilkan gambar rakitan (*assembly*) dan gambar kerja (*drawing*), serta menciptakan animasi objek secara digital. Dengan menggunakan dokumen digital ini, kita dapat membantu menggambarkan, menganalisis, dan menyimulasikan suatu produk

sebelum diproduksi, atau dengan kata lain, menciptakan model virtual sebelum produksi fisik dilakukan. Salah satu kelebihan dari Autodesk Inventor adalah kemudahan yang diberikannya kepada *drafter* dalam mendesain, karena material yang tersedia dapat diatur sedemikian rupa sehingga mirip dengan material asli sebisa mungkin.

Gambar 8. Aplikasi Autodesk Inventor 2023
(Sumber: <https://help.autodesk.com/>)



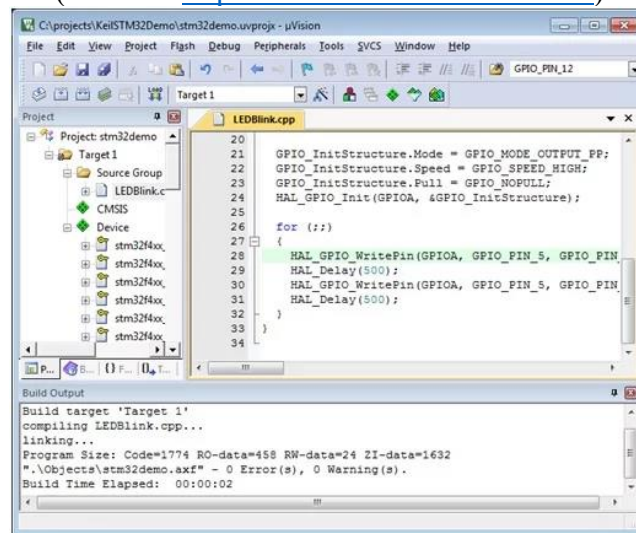
11. Aplikasi Keil μ Vision IDE

Keil μ Vision adalah bagian dari Keil *Development Toolchain*. Keil μ Vision merupakan *window-based* platform pengembangan perangkat lunak yang mengintegrasikan semua alat yang dibutuhkan untuk mengembangkan *embedded-application* termasuk *compiler C/C++*, *assembler* makro, *linker/locator*, dan *generator* file HEX.

μ Vision menawarkan *Build Mode* untuk membuat aplikasi dan *Debug Mode* untuk men-debug aplikasi. Aplikasi dapat didebug dengan *integrated* μ Vision Simulator atau langsung pada perangkat keras, misalnya ULINK Debug dan *Trace Adapters*. Pada platform ini juga

memungkinkan untuk menggunakan adaptor AGDI lainnya atau alat pihak ketiga eksternal untuk menganalisis aplikasi.

Gambar 9. Tampilan Aplikasi Keil μ Vision
(Sumber: <https://microcontrollerslab.com/>)



12. Mata Kuliah Robotika

Robotika merupakan salah satu mata kuliah wajib pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika. Melalui mata kuliah robotika peserta didik akan mendapatkan pengalaman dalam membuat robot yang meliputi desain, mekanik dan pemrograman. Komponen utama penyusun robot umumnya terdiri dari tiga bagian yaitu mekanik, elektronik, dan program. Mekanik dari suatu robot meliputi *body* robot, *base* robot, atau mekanisme lainnya. Elektronik dari suatu robot meliputi komponen-komponen yang berhubungan dengan kelistrikan seperti sensor, mikrokontroler, *circuit*, dan lain-lain. Program merupakan metode yang digunakan untuk mengatur atau mengendalikan robot agar dapat bekerja sesuai dengan tugasnya.

Berdasarkan silabus praktik robotika yang telah disusun, pembelajaran secara umum adalah mengenai *mobile robot* dan robot *bipedal*. Dalam kuliah robotika diperlukan media pembelajaran yang bersifat *up to date*, menyesuaikan perkembangan di dunia industri saat ini.

Media pembelajaran untuk mata kuliah robotika bersifat variatif dan cukup banyak pilihannya, maka perlu dipertimbangkan robot yang digunakan sesuai dengan kebutuhan industri atau tidak. Perkembangan saat ini menunjukkan bahwa industri banyak memanfaatkan *mobile robot* untuk proses *packing* atau pada bagian penyimpanan (*storage*). Robot yang digunakan ada yang otomatis dan juga sesuai kendali dari manusia. *Mobile robot* dengan menggunakan roda jenis *omni-directional* adalah bentuk dari pengembangan agar dapat dihasilkan pergerakan robot yang efisien.

13. Robot

Istilah robot pertama kali diperkenalkan dalam bahasa Inggris pada tahun 1921 oleh seorang dramawan Ceko Slowakia yang bernama Karel Capek dalam dramanya yang berjudul *R.U.R (Rossum's Universal Robots)*. Robot dalam arti mula-mula adalah "*forced labour*" yang berarti pekerja paksa, namun dalam pengertian modern kata robot sudah mengalami perluasan makna. Menurut The *Robotics International Division of The Society of Manufacturing Engineers (RI/SME)*, robot dapat didefinisikan sebagai manipulator *reprogrammable* dan multifungsi yang

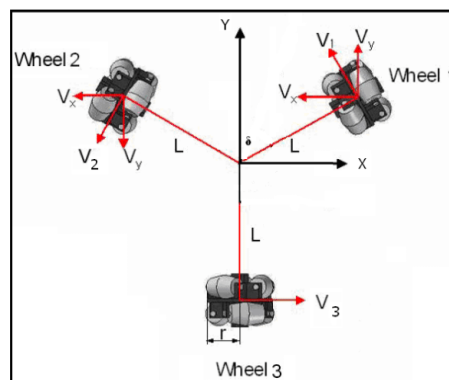
dirancang untuk memindahkan material, bagian, peralatan, dan perangkat khusus melalui variabel gerakan yang diprogram untuk kinerja berbagai tugas (Wirawan, 2020:48).

a) Sistem Kinematika Robot Omni-Directional

Untuk memahami dasar dari *omni-directional* robot yang dikembangkan, kita dapat meneliti sistem kinematika dari robot tersebut (Priambudi & Mobed Bachtiar, 2018:1). Jika kita menginginkan pergerakan atau perpindahan robot terhadap posisi awalnya, kita harus mengetahui variabel-variabel yang berkaitan satu dengan yang lainnya yang dapat kita kontrol seperti posisi gerak dari robot dan kecepatan pada masing-masing roda. Perhitungan kinematik pada robot digunakan untuk menentukan perubahan posisi antar koordinat global dan posisi koordinat internal dari robot itu sendiri.

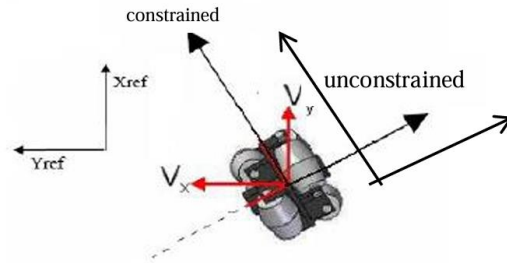
Gambar 10. Representasi Kinematik Sistem Three Wheel Omni-Directional

(Sumber: Priambudi & Mobed Bachtiar, 2018)



Untuk arah gerak masing-masing roda seperti gambar 11 berikut:

Gambar 11. Kinematik dari Sebuah Penggerak Omni-Directional
(Sumber: Priambudi & Mobed Bachtiar, 2018)



Keterangan :

X_B, Y_B = Sistem koordinat kartesian.

$V_i (1,2,3)$ = Arah putar roda omni.

L = Jarak pusat robot dengan titik center roda.

δ = Sudut roda omni terhadap sumbu $Y = 30^\circ$.

Dari gambar 10 dan 11 persamaan kinematik dari sistem bisa didapatkan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$V_y = V_1 \cos(\delta) - V_2 \cos(\delta) \quad (1)$$

$$V_x = V_3 - V_2 \sin(\delta) - V_1 \sin(\delta) \quad (2)$$

$$V_\theta = \frac{V_1}{L} + \frac{V_2}{L} + \frac{V_3}{L} \quad (3)$$

$$V_i(1,2,3) = w \cdot r \quad (4)$$

Dimana,

r = Radius roda omni (cm)

w = Kecepatan angular roda (rad/sec)

Untuk mendapatkan kecepatan dari masing-masing roda *omni* adalah dengan cara mengalikan kecepatan dari motor dengan jari-jari dari roda *omni*. Dalam hal ini roda *omni* dirangkai secara

simetris dengan perbedaan sudut antar roda sebesar 120° dan masing-masing roda memiliki sudut δ sebesar 30° .

b) Sistem Odometry

Menurut Rakhman *et al.* (2019:106), *odometry* adalah metode perhitungan posisi dengan menggunakan data dari pergerakan aktuator. Perhitungan posisi tersebut dilakukan terus menerus sampai mencapai posisi tujuan. Secara umum *odometry* digunakan untuk memperkirakan posisi relatif terhadap posisi awal.

Untuk itu digunakan perhitungan jumlah pulsa yang dihasilkan oleh sensor *rotary encoder* setiap satuan ukuran yang kemudian dikonversi menjadi satuan milimeter. Dengan persamaan sebagai berikut.

$$K \text{ roda} = 2\pi r \quad (6)$$

$$\text{pulsa per mm} = \frac{\text{resolusi encoder}}{K \text{ roda}} \quad (7)$$

Pada robot yang menggunakan roda *omni-directional* dapat digunakan persamaan (1) sampai (3) untuk mendapatkan koordinat X dan koordinat Y. Dengan mengganti kecepatan setiap roda dengan jarak yang telah ditempuh masing-masing roda sehingga didapatkan persamaan.

$$V_y = S_1 \cos(\delta) - S_2 \cos(\delta) \quad (8)$$

$$V_x = S_3 - S_2 \sin(\delta) - S_1 \sin(\delta) \quad (9)$$

$$V_\theta = \frac{S_1}{L} + \frac{S_2}{L} + \frac{S_3}{L} \quad (10)$$

Dimana,

$S_i(1,2,3)$ = Jarak tempuh dari masing-masing roda.

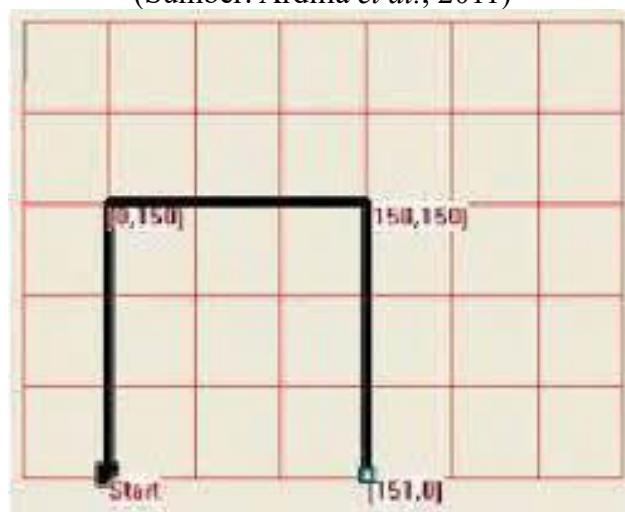
Persamaan diatas merupakan koordinat dari robot itu sendiri, sehingga jika diinginkan koordinat kartesian lapangan perlu ditransformasikan dengan menggunakan matriks transformasi dari rotasi sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} Y_{pos} \\ X_{pos} \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(V_\theta) & -\sin(V_\theta) & 0 \\ \sin(V_\theta) & \cos(V_\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ V_x \\ V_\theta \end{bmatrix} \quad (11)$$

c) Path Tracking

Path tracking merupakan proses yang berkaitan dengan cara menentukan kecepatan dan pengaturan kemudi pada setiap waktu agar robot dapat mengikuti rute tertentu (Nugraha *et al.*, 2021). Tujuan dari *path tracking* adalah untuk memperkecil kesalahan posisi dari robot terhadap titik referensi pada lintasan dan memandu robot untuk mengikuti lintasan yang sudah direncanakan.

Gambar 12. Contoh *Path Tracking* pada Robot
(Sumber: Ardilla *et al.*, 2011)



B. Kajian Penelitian yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Palacín *et al.* (2021) di Universitas de Lleida dengan judul “*Evaluation of The Path-Tracking Accuracy of a Three-Wheeled Omnidirectional Mobile Robot Designed as a Personal Assistant*” dengan tujuan untuk menciptakan robot omni-directional dan mengevaluasi akurasi dari pelacakan jalur robot yang dapat bergerak ke segala arah sekaligus mengubah orientasinya. Hasil dari penelitian ini yaitu akurasi yang diperoleh dalam lintasan melingkar lebih baik daripada akurasi yang diperoleh dalam lintasan berbentuk delapan memburuk yang seiring dengan meningkatnya kecepatan. Kesalahan perpindahan maksimum adalah 0,077 m dan 0,088 m, dengan kesalahan orientasi sudut masing-masing sebesar $6,27^\circ$ dan $7,76^\circ$.

Penelitian yang dilakukan oleh Raharjo (2021) di Departemen pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta dengan judul “*Pengembangan Four-Wheel Omni Robot Dengan Sistem Inverse Kinematic Sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Robotika*” dengan tujuan untuk mengetahui metode pengembangan, unjuk kerja, dan tingkat kelayakan media pembelajaran *four-wheel Omni* robot dengan sistem *Inverse Kinematic* pada Mata Kuliah Robotika. Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Development* dengan metode ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implement, Evaluate*) yang dilakukan di Departemen pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Hasil dari penelitian ditinjau dari kelayakan media pembelajaran dari ahli

media termasuk dalam kategori “Sangat Layak” dengan mendapatkan persentase 91%, dari ahli materi termasuk dalam “Sangat Layak” dengan persentase 90%, dan dari uji pengguna termasuk dalam “Sangat Layak” dengan persentase 88%.

Penelitian yang dilakukan oleh Ardilla *et al.* (2011) di Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya dengan judul “*Path Tracking Pada Mobile Robot Dengan Umpan Balik Odometry*” yang bertujuan untuk mencari posisi dan *tracking path* pada *mobile robot* menggunakan metode *odometry*. Hasil yang didapat dengan mencoba pada model lintasan yang berbeda dengan kecepatan 0,25 m/s menunjukkan bahwa robot dapat mengikuti jalur yang dibuat dengan simpangan terjauh sebesar 10 cm pada sumbu x negatif sampai 10 cm pada sumbu x positif serta 14 cm pada sumbu y positif dan 7 cm pada sumbu y negatif serta dengan menggunakan kecepatan 0,38 m/s simpangan terjauhnya sebesar 10 cm pada sumbu x positif sampai 10cm pada sumbu x negatif serta 10 cm pada sumbu y positif serta 7 cm pada sumbu y negatif.

Penelitian yang dilakukan oleh Priambudi & Mobed Bachtiar (2018) di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya dengan judul “Penentuan Posisi Robot Menggunakan *Odometry Omniwheel*” yang bertujuan untuk mencari posisi dari robot *soccer* dengan sistem penggerak tiga *Omni-Directional Wheel* dan pergerakan dari robot tersebut diatur dengan metode *odometry*. Hasil penelitian menunjukkan persentase *error* dari tiga *omni wheel* ini sebesar 5 cm dengan percobaan sebanyak 5× untuk target tujuan yang sama.

C. Kerangka Berpikir

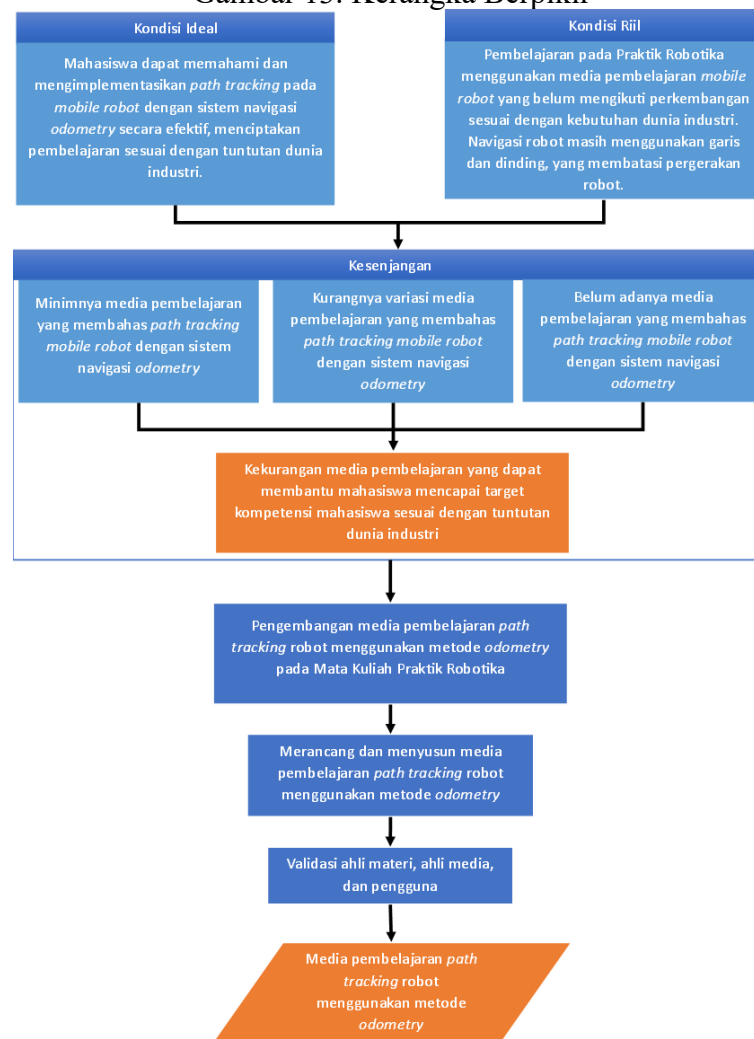
Robotika telah memasuki dunia industri dan menjadi komponen penting dalam perkembangan industri saat ini terutama *mobile robot*. Oleh karena itu, diharapkan mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika memiliki kompetensi yang memadai dalam bidang robotika, sehingga perlu dilakukan perbaikan atau peningkatan peran media pembelajaran.

Pembelajaran pada Praktik Robotika yang ada di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika UNY masih menggunakan media pembelajaran *mobile robot* yang belum mengikuti perkembangan sesuai dunia industri yang navigasinya masih menggunakan garis dan dinding. Hal ini membatasi pergerakan robot yang membuat robot hanya dapat bergerak ke suatu target bila ada garis atau dinding yang berada di sekitar tujuan tersebut. *Odometry* pada prinsipnya memperkirakan posisi relatif terhadap posisi awal dan hal tersebut memungkinkan pergerakan sebuah mobil robot menjadi lebih leluasa. Metode *odometry* menjadi kunci dalam membantu robot dalam memastikan bahwa robot tetap pada jalur yang telah ditentukan dan mengikuti rute (*path tracking*) tertentu dengan tepat dan efisien dibandingkan dengan navigasi menggunakan garis atau dinding. Dari uraian di atas maka dibuat sebuah media pembelajaran *path tracking* robot dengan metode *odometry* pada mata kuliah Praktik Robotika. Hal itu diharapkan dapat menunjang dan memberikan variasi pada media pembelajaran mata

kuliah robotika serta mampu meningkatkan kompetensi mahasiswa pada bidang robotika.

Model ADDIE merupakan model yang digunakan dalam pengembangan media pembelajaran yang memiliki lima tahapan yaitu analisis, desain, pengembangan, uji coba dan evaluasi. Media pembelajaran yang dibuat nantinya akan dilakukan divalidasi oleh dua validator (*judgment*) yaitu ahli materi dan ahli media serta nantinya akan diuji coba kepada mahasiswa Departemen pendidikan Teknik Elektro.

Gambar 13. Kerangka Berpikir



D. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah jabarkan di atas, maka dihasilkan beberapa pertanyaan penelitian yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

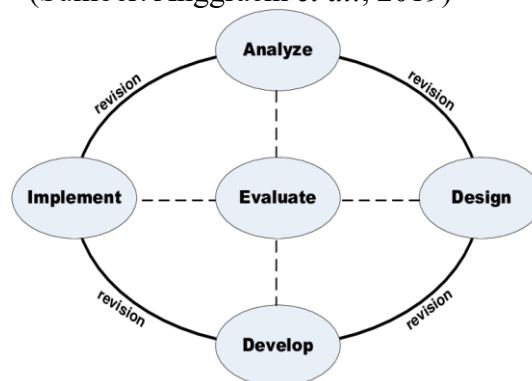
1. Bagaimana pengembangan media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* pada Mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika UNY?
2. Bagaimana tingkat kelayakan media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* pada Mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika di Universitas Negeri Yogyakarta berdasarkan hasil validasi ahli media?
3. Bagaimana tingkat kelayakan media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* pada Mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika di Universitas Negeri Yogyakarta berdasarkan hasil validasi ahli materi?
4. Bagaimana tingkat kelayakan media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* pada Mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika di Universitas Negeri Yogyakarta berdasarkan hasil uji coba bagi pengguna?
5. Bagaimana tingkat akurasi pergerakan robot yang dicapai melalui penggunaan media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry*?

BAB III METODE PENELITIAN

A. Model Pengembangan

Dalam penelitian ini, dikembangkan sebuah produk berupa *path tracking* pada robot menggunakan metode *odometry* sebagai media pembelajaran untuk mata kuliah praktik robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji produk sebagai media pembelajaran Praktik Robotika yang sesuai dan memenuhi kriteria kelayakan.

Gambar 14. Bagan Pengembangan ADDIE
(Sumber: Anggraeni *et al.*, 2019)



Penelitian pengembangan merupakan metode penelitian yang bertujuan untuk menciptakan suatu produk tertentu dan menguji tingkat efektivitas dari produk tersebut (Sugiono, 2015:407). Perancangan dan pengembangan penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan menerapkan model pengembangan ADDIE dari Robert Maribe Branch (2009:2). Model pengembangan ADDIE terdiri dari lima tahap penelitian, meliputi analisis (*analyze*), desain (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*implementation*), dan evaluasi (*evaluation*).

Sesuai dengan modelnya, terdapat lima langkah yang harus dilalui, yaitu: *Analyze*, Tahap di mana kebutuhan dalam proses pembelajaran dianalisis untuk mengidentifikasi masalah dan solusi yang sesuai, serta menentukan kompetensi peserta didik. *Design*, Tahap di mana kompetensi khusus, metode, bahan ajar, dan strategi pembelajaran yang akan digunakan ditentukan. *Development*: Tahap di mana program dan bahan ajar yang akan digunakan dalam proses pembelajaran diproduksi. *Implementation*, Tahap di mana program pembelajaran dijalankan dengan menerapkan desain atau spesifikasi program yang telah disusun sebelumnya. *Evaluation*, Tahap di mana program pembelajaran dievaluasi dan pencapaian hasil belajar peserta didik dinilai.

B. Prosedur Pengembangan

Berdasarkan lima langkah tahapan pengembangan R&D model ADDIE, dapat dikelompokkan menjadi lima kegiatan dalam prosedur pengembangan. Kelima prosedur tersebut antara lain *analyze*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluation*. Prosedur pengembangan *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* sebagai media pembelajaran mata kuliah praktik robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika dijelaskan sebagai berikut:

1. *Analyze* (Analisis)

Penelitian ini melibatkan tahap analisis (*Analyze*) yang dilakukan di Departemen pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Pada tahap ini, analisis dilakukan dengan

mengamati prosedur pembelajaran, khususnya dalam pelaksanaan media pembelajaran dan kompetensi yang akan dicapai dalam pelaksanaan proses pembelajaran. Selain itu, identifikasi juga dilakukan terhadap potensi kendala dalam proses pembelajaran, kompetensi yang dibutuhkan, suasana pembelajaran, dan minat mahasiswa dalam proses belajar. Hasil analisis ini akan dievaluasi oleh pihak yang memiliki keahlian lebih lanjut dalam bidang pembelajaran teknik elektro. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa pendekatan pembelajaran yang diusulkan sesuai dengan standar pembelajaran dan memenuhi kebutuhan kurikulum.

Data yang diperoleh dari pengamatan dijadikan dasar untuk mengembangkan media pembelajaran yang akan disusun. Dari hal tersebut peneliti merencanakan akan membuat media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan metode *odometry* berdasarkan hasil analisis berikut:

a. Analisis Prosedur Pembelajaran

Analisis prosedur pembelajaran melibatkan pemahaman mendalam terhadap pelaksanaan media pembelajaran dan kompetensi yang diharapkan dicapai selama proses pembelajaran. Pendekatan ini didasarkan pada *review* terhadap silabus atau Rencana Pembelajaran Semester (RPS) mata kuliah Praktik Robotika, yang menyajikan panduan rinci mengenai materi, metode pembelajaran, dan tujuan akhir yang diinginkan. Analisis ini

memastikan bahwa pengembangan media pembelajaran tidak hanya sesuai dengan kurikulum, tetapi juga secara efektif menyampaikan materi pembelajaran serta mencapai kompetensi yang diharapkan.

Pembelajaran pada Praktik Robotika yang ada di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika UNY masih menggunakan media pembelajaran *mobile robot* yang belum mengikuti perkembangan sesuai dunia industri yang navigasinya masih menggunakan garis. Hal ini membatasi pergerakan robot yang membuat robot hanya dapat bergerak ke suatu target bila ada garis yang berada di sekitar tujuan tersebut. *Odometry* pada prinsipnya memperkirakan posisi relatif terhadap posisi awal dan hal tersebut memungkinkan pergerakan sebuah mobil robot menjadi lebih leluasa. Metode *odometry* menjadi kunci dalam membantu robot dalam memastikan bahwa robot tetap pada jalur yang telah ditentukan dan mengikuti rute (*path tracking*) tertentu dengan tepat dan efisien dibandingkan dengan navigasi menggunakan garis. Maka dari itu, dibuat media pembelajaran *path tracking* robot dengan metode *odometry* pada mata kuliah Praktik Robotika. Hal itu diharapkan dapat menunjang dan memberikan variasi pada media pembelajaran mata kuliah robotika serta mampu meningkatkan kompetensi mahasiswa pada bidang robotika.

b. Analisis Komponen

Analisis komponen berdasarkan dari teori kinematika robot *omni-directional* dan teori metode navigasi *odometry*. Pengembangan media pembelajaran ini memerlukan integrasi beberapa komponen utama untuk memastikan keakuratan dan keefektifan media pembelajaran seperti sensor *rotary encoder*, mikrokontroler STM32, *driver motor*, motor PG45, dan rangkaian *shield* elektronik.

2. Design (Desain)

Tahap perancangan atau desain adalah tahapan yang di kerjakan setelah tahap pertama selesai dilakukan. Pada tahap ini, peneliti fokus dengan membuat konsep-konsep atau melakukan identifikasi terhadap komponen yang akan di gunakan untuk membangun *path tracking* robot menggunakan metode *odometry*, baik *hardware* seperti STM32 F407, *rotary encoder*, *driver motor*, motor PG45, *body frame* sistem *path tracking* robot dan rangkaian elektronik serta *software* yang digunakan untuk membuat program *path tracking* robot seperti Keil μ Vision untuk memprogram gerak robot.

Rancangan desain yang dihasilkan pada tahap ini akan dievaluasi oleh pihak yang memiliki keahlian lebih dalam bidang teknik elektro dan robotika. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa desain tersebut sesuai dengan prinsip-prinsip teknis dan memenuhi standar kualitas yang dibutuhkan. Selain itu, evaluasi ini dapat memberikan

masukan untuk memperbaiki dan menyempurnakan rancangan agar dapat mencapai tujuan pembelajaran dengan efektif. Berdasarkan pertimbangan tersebut, peneliti merencanakan desain media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan metode *odometry* dengan memperhatikan hal-hal berikut:

a. Desain Elektronik

Pada tahapan ini akan dilakukan perancangan konsep dan desain skematik rangkaian dan langkah untuk menentukan komponen yang akan digunakan seperti mikrokontroler STM32, tombol-tombol, sensor *rotary encoder*, dan mendesain *layout* skematik *shield* STM32 menggunakan aplikasi Eagle. Shield PCB dibuat agar memudahkan pada saat pemasangan komponen komponen elektronik.

b. Desain Mekanik

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan desain yang masih bersifat konseptual dengan mencari bahan-bahan untuk merancang bagian *path tracking* robot seperti sensor *rotary encoder*, motor PG45, *omni-directional wheel*, dan alat-alat seperti solder, tang rivet, gerinda. Setelah bahan-bahan terkumpul, selanjutnya membuat desain berupa gambar tiga dimensi menggunakan aplikasi Autodesk Inventor agar nantinya *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* akan diimplementasikan sesuai dengan konsep dan desain yang telah direncanakan sebelumnya.

c. Desain Labsheet Media Pembelajaran

Labsheet merupakan alat yang esensial dalam mendukung proses pembelajaran, berfungsi sebagai panduan praktikum yang membimbing mahasiswa dalam menjalankan eksperimen dan pemahaman konsep secara langsung. Dalam rancangan labsheet untuk media pembelajaran ini, labsheet akan dibuat dengan memasukkan empat materi utama. Pertama, mahasiswa akan belajar mengenai langkah-langkah menyalakan motor sebagai langkah awal dalam pengoperasian robot. Kedua, labsheet akan mengajarkan cara melihat dan menganalisis data keluaran dari sensor *rotary encoder*, yang merupakan komponen penting dalam mendapatkan informasi mengenai pergerakan roda robot. Materi ketiga akan membahas sistem navigasi *odometry*, di mana mahasiswa akan diperkenalkan pada konsep dan metode pengukuran perubahan posisi robot berdasarkan data *odometry*. Terakhir, labsheet akan membimbing mahasiswa dalam memahami dan mengimplementasikan *path tracking* robot menggunakan *odometry*, yang merupakan aplikasi praktis dari konsep yang telah dipelajari.

d. Desain Modul Panduan Media Pembelajaran

Modul panduan merupakan dokumen yang dirancang untuk memberikan panduan menyeluruh kepada pengguna yaitu mahasiswa yang menggunakan media pembelajaran. Rancangan modul ini berfungsi sebagai sumber informasi utama yang

mencakup konsep-konsep kunci dan prosedur penggunaan media pembelajaran.

Rancangan modul panduan ini akan terstruktur dalam tiga bagian utama. Pertama, modul akan menyajikan materi yang terkait dengan konsep robot *omni-directional*, sistem navigasi *odometry*, dan aplikasi *path tracking* pada robot.

Kedua, modul panduan akan mencakup spesifikasi *hardware* dan *software* yang digunakan dalam media pembelajaran. Ini melibatkan penjelasan rinci mengenai komponen-komponen yang digunakan, perangkat keras yang diperlukan, serta perangkat lunak yang mendukung fungsionalitas keseluruhan sistem.

Terakhir, modul akan memberikan langkah-langkah penggunaan media pembelajaran secara terperinci. Ini mencakup petunjuk langkah demi langkah mulai dari pengaturan awal, pengoperasian robot, hingga analisis data keluaran. Dengan menyajikan informasi secara sistematis dan lengkap, modul panduan ini bertujuan untuk memberikan dukungan maksimal kepada mahasiswa dalam memahami dan mengimplementasikan pembelajaran praktik robotika.

3. *Development* (Pengembangan)

Pada tahap sebelumnya, peneliti telah mendesain atau melakukan perancangan mengenai desain atau skema kerja dari *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* yang akan dibuat. Pada langkah ini,

rencana atau skema kerja yang telah disusun akan dijadikan panduan untuk mengembangkan dan mewujudkan produk media pembelajaran berdasarkan analisis dan desain yang telah ditentukan sebelumnya. Selama proses pembuatan, media pembelajaran akan dievaluasi oleh ahli dalam bidang robotika dan ahli media pembelajaran untuk memastikan kualitas dan efektivitas produk yang dihasilkan. Rancangan yang sebelumnya masih berupa konsep akan diaplikasikan menjadi produk nyata yaitu:

- a. Merakit media pembelajaran mulai dari bagian *frame body* mekanik, elektronik, hingga program.
- b. Memastikan bagian dari *frame*, mekanik, elektronik dan program berfungsi dengan baik.
- c. Perancangan panduan materi berupa modul, labsheet, dan materi yang nantinya akan disampaikan kepada mahasiswa.

4. *Implementation* (Implementasi)

Implementasi merupakan tahapan yang baru dikerjakan setelah tahap pengembangan selesai dikerjakan. Tahap ini merupakan implementasi media pembelajaran yang telah dikembangkan untuk mengevaluasi kelayakan dari media pembelajaran tersebut. Proses implementasi dari media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* ini dilakukan terhadap mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Departemen pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri

Yogyakarta yang telah atau sedang menempuh mata kuliah Praktik Robotika. Implementasi ini juga dimaksudkan untuk mengevaluasi kesesuaian media pembelajaran dengan kompetensi mahasiswa di bidang robotika, sehingga tujuan pembelajaran pada media tersebut dapat mencapai harapan para pendidik.

5. *Evaluation* (Evaluasi)

Tahap evaluasi merupakan langkah yang ada pada tiap prosedur dalam model pengembangan ADDIE. Evaluasi dapat dilakukan setelah menyelesaikan seluruh tahap sebelumnya. Kegiatan ini diawali dengan melakukan uji coba kesesuaian produk. Setelah mengetahui bahwa produk layak maka dilakukan pengujian produk pada sekelompok kecil. Setelah melaksanakan pengujian, hasil evaluasi dan umpan balik yang diperoleh akan menjadi panduan untuk melakukan perbaikan dan meningkatkan kualitas media pembelajaran yang dibuat.

C. Desain Uji Coba Produk

1. Tempat dan Waktu Uji Coba Produk

Penelitian ini dilakukan oleh peneliti secara individu yang dilaksanakan dalam kurun waktu 2 bulan tepatnya dari bulan September 2023 sampai November 2023. Lokasi yang dipilih sebagai tempat penelitian yaitu Departemen pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.

2. Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini yaitu :

a. Mahasiswa

Mahasiswa dari Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika atau Departemen pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta yang sedang menempuh atau sudah menyelesaikan mata kuliah Praktik Robotika.

b. Validator Materi

Dosen yang diajukan sebagai validator materi merupakan dosen dari Departemen pendidikan Teknik Elektro yang berkompeten di bidang robotika.

c. Validator Media

Dosen yang diajukan sebagai validator media yaitu dosen dari Departemen pendidikan Teknik Elektro yang berkompeten di bidang media pembelajaran robotika.

3. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian pengembangan ini diperoleh dari instrumen penelitian yang tentunya berpengaruh terhadap kualitas hasil data penelitian. Dalam tahap ini, penelitian Pengembangan *Path tracking* pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika menggunakan metode pengumpulan data berupa kuesioner dengan menggunakan skala Likert empat pilihan. Menurut Sugiyono (2016:

206) dengan menggunakan alat bantu berupa media kuesioner peneliti dapat melakukan pengembangan dan juga pengujian terhadap produk yang dikembangkan. Menurut Sugiyono (2015: 199) Kuesioner merupakan suatu metode pengumpulan data yang menggunakan sejumlah pertanyaan tertulis yang harus diisi oleh responden. Kuesioner berisi pernyataan yang terkait dengan media pembelajaran, yang harus diisi oleh pengguna untuk memberikan *feedback* yang nantinya digunakan untuk melakukan perbaikan. Angket ini bertujuan untuk menilai seberapa layak produk digunakan sebagai media pembelajaran.

4. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian berupa alat pengukuran objek ukur dalam pengumpulan data dari berbagai variabel yang nantinya akan diolah sedemikian rupa dan dicek validitas dan reliabilitasnya. Dalam penelitian Pengembangan *Path Tracking* pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika digunakan instrumen berupa kuesioner dengan skala Likert empat pilihan sebagai alat pengukur tingkat kelayakan. Kuesioner ini akan diisi oleh ahli materi, ahli media, dan mahasiswa sebagai pengguna media pembelajaran, adapun instrumen yang digunakan sebagai berikut:

a. Instrumen Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Ahli Materi

Uji kelayakan ini digunakan untuk mengetahui kelayakan dari materi pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan tiga aspek

yaitu Relevansi Materi dengan Tujuan Pembelajaran, Penyajian Materi, dan Bahasa.

Tabel 4. Kisi-kisi Instrumen Kelayakan Materi
(Sumber: Cecep Kustandi dan Bambang Sutjipto, 2011:143)

No.	Aspek	Indikator
1	Relevansi materi dengan tujuan pembelajaran	Kesesuaian media pembelajaran dengan silabus
		Kesesuaian media pembelajaran dengan bahan kajian dan capaian pembelajaran
		Kesesuaian antara kebutuhan peserta didik dengan media pembelajaran
		Pembelajaran
		Kelengkapan Materi
2	Penyajian	Teknik penyajian
3	Bahasa	Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia

b. Instrumen Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Ahli Media

Uji kelayakan ini digunakan untuk mengetahui kelayakan dari media pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan tiga aspek yaitu Kebermanfaatan Media, Perangkat Media, dan Kemudahan Dalam Penggunaan Media.

Tabel 5. Kisi-kisi Instrumen Media
(Sumber: Panduan Kementerian Pendidikan Nasional, 2010: 16-17)

No.	Aspek	Indikator
1	Kebermanfaatan Media Pembelajaran	Membantu Proses belajar mengajar
		Mempermudah cara belajar peserta didik
		Meningkatkan keaktifan peserta didik
		Mendukung keterkaitan media pembelajaran dengan mata kuliah lain
2	Perangkat Media Pembelajaran	Tampilan Pada Media Pembelajaran
		Kesesuaian fungsi dan perangkat pada media pembelajaran
3	Kemudahan dalam Penggunaan	Kemudahan penggunaan dan kemenarikan media pembelajaran

c. Instrumen Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Pengguna

Uji kelayakan ini digunakan untuk mengetahui kelayakan dari media pembelajaran dan materi pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan tiga aspek yaitu Kualitas Pada Isi dan Tujuan, Kualitas Pada Pembelajaran, dan Penggunaan.

Tabel 6. Kisi-kisi Instrumen Kelayakan Pengguna
(Sumber: Cecep Kustandi & Bambang Sutjipto, 2011:143)

No.	Aspek	Indikator
1	Kualitas pada Isi dan Tujuan	Kesesuaian materi dengan rencana pembelajaran
		Kemenarikan
		Kejelasan Materi
		Menambah Pengetahuan
2	Kualitas pada Pembelajaran	Kejelasan Pada Modul
		Memberikan dampak bagi pendidik dan pembelajarannya
		Menambah Keaktifan
		Variasi Materi
		Memberikan dampak bagi peserta didik
3	Penggunaan	Kemudahan
		Motivasi untuk belajar
		Menambah Semangat

5. Pengujian Instrumen

Pengujian Instrumen diukur berdasarkan dua aspek yaitu sebagai berikut:

a. Validitas

Menurut Sugiyono (2016:177), Instrumen dapat dikatakan valid apabila mampu mengukur hal-hal yang semestinya diukur dengan akurat. Uji validitas digunakan untuk menilai sejauh mana alat ukur yang digunakan dalam penelitian sesuai dan valid. Validasi instrumen dilakukan dengan berkonsultasi kepada para ahli (*expert*

judgment). Instrumen yang digunakan dalam pengukuran Validitas diadopsi dari penelitian yang dilakukan oleh Rizqi (2023) dengan tingkat kelayakan media pembelajaran dinilai oleh ahli materi, ahli media dan pengguna. Menurut ahli materi media pembelajaran masuk ke dalam kategori “Sangat Layak” dan mendapatkan rata-rata skor 60 dengan persentase 93,75%, sementara ahli media mengkategorikan media pembelajaran sebagai “Layak” dan mendapatkan rata-rata skor 57,5 dengan persentase 84,56%, kemudian pengguna mengkategorikan media pembelajaran sebagai “Sangat Layak” dan rata-rata skor 64,97 dengan persentase 90,24%.

Rincian aspek dan indikator dapat dijabarkan sebagai berikut:

1) Validitas Kelayakan Ahli Materi

Indikator yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Indikator Instrumen Kelayakan Materi
(Sumber: Rizqi, 2023)

No.	Aspek	Indikator	Nomor Butir
1	Relevansi materi dengan tujuan pembelajaran	Kesesuaian media pembelajaran dengan silabus	1
		Kesesuaian media pembelajaran dengan bahan kajian dan capaian pembelajaran	2, 3
		Kesesuaian antara kebutuhan peserta didik dengan media pembelajaran	4, 5
		Pembelajaran	6, 7, 8
		Kelengkapan Materi	9, 10
2	Penyajian	Teknik penyajian	11, 12, 13, 14
3	Bahasa	Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia	15, 16

2) Validitas Kelayakan Ahli Media

Indikator yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Indikator Instrumen Kelayakan Media
(Sumber: Rizqi, 2023)

No.	Aspek	Indikator	Nomor Butir
1	Kebermanfaatan Media Pembelajaran	Membantu Proses belajar mengajar	1
		Mempermudah cara belajar peserta didik	2
		Meningkatkan keaktifan peserta didik	3, 5, 6
		Mendukung keterkaitan media pembelajaran dengan mata kuliah lain	4, 7, 8, 9, 10
2	Perangkat Media Pembelajaran	Tampilan Pada Media Pembelajaran	11
		Kesesuaian fungsi dan perangkat pada media pembelajaran	12, 13, 14
3	Kemudahan dalam Penggunaan	Kemudahan penggunaan dan kemenarikan media pembelajaran	15, 16, 17

3) Validitas Kelayakan Pengguna

Indikator yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 9. Indikator Instrumen Kelayakan Pengguna
(Sumber: Rizqi, 2023)

No.	Aspek	Indikator	Nomor Butir
1	Kualitas pada Isi dan Tujuan	Kesesuaian materi dengan rencana pembelajaran	3
		Kemenarikan	1
		Kejelasan Materi	4, 5, 6
		Menambah Pengetahuan	2
2	Kualitas pada Pembelajaran	Kejelasan Pada Modul	7, 16, 17
		Memberikan dampak bagi pendidik dan pembelajarannya	12, 13
		Menambah Keaktifan	18
		Variasi Materi	14
		Memberikan dampak bagi peserta didik	15
3	Penggunaan	Kemudahan	8, 11
		Motivasi untuk belajar	9
		Menambah Semangat	10

b. Realibilitas

Suharsimi Arikunto (2013:193) menyatakan bahwa untuk mengukur reliabilitas internal, prosedur yang cukup adalah melakukan pengenalan instrumen kepada subyek hanya sekali. Instrumen dapat dianggap memiliki reliabilitas yang memadai jika ketika diukur beberapa kali, menghasilkan hasil yang konsisten atau mendekati sama. Instrumen yang digunakan dalam pengukuran reabilitas diadopsi dari penelitian yang dilakukan Ardilla *et al.* (2011) mengenai *path tracking* pada *mobile robot* dengan kecepatan 0,25m/s *error* alat terjauh sebesar 10cm pada sumbu x negatif

sampai 10cm pada sumbu x positif serta 14cm pada sumbu y positif dan 7cm pada sumbu y negatif serta dengan menggunakan kecepatan 0,38 m/s *error* alat terjauhnya sebesar 10cm pada sumbu x positif sampai 10cm pada sumbu x negatif serta 10cm pada sumbu y positif serta 7cm pada sumbu y negatif.

Pada pengujian, robot diberi jalur berupa beberapa titik koordinat (X,Y) yang harus ditempuh. titik pertama yang diberikan akan menjadi titik acuan yang mana titik acuan ini selalu bernilai (0,0). Dari titik awal ini secara umum seluruh lintasan robot memiliki empat kuadran yaitu kuadran satu, dua, tiga dan empat. berikut pemetaan koordinat berdasarkan kuadrannya:

Tabel 10. Pembagian Kuadran
(Sumber: Ardilla *et al.*, 2011)

Kuadran	X	Y	Letak Terhadap Titik awal
1	+	+	Kanan Depan
2	-	+	Kiri Depan
3	-	-	Kiri Belakang
4	+	-	Kanan Belakang

6. Teknik Analisa Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini berupa angket yang diajukan kepada subjek penelitian yaitu mahasiswa Departemen pendidikan Teknik Elektro FT UNY. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini berupa angket yang diajukan kepada subjek penelitian yaitu mahasiswa Departemen pendidikan Teknik Elektro FT UNY. Angket ini kemudian dianalisis dengan model analisis deskriptif.

Menurut Sugiono (2015:187) mengatakan bahwa analisis deskriptif ini berfungsi sebagai petunjuk atau menggambarkan tingkat ekspansi objek yang akan diteliti yaitu variabel mandiri berupa tingkat kelayakan, tingkat kedisiplinan atau lain-lain. Sukardi (2016:187) menyatakan bahwa data yang diperoleh dari kuesioner dengan skala Likert menggunakan empat pilihan jawaban, yaitu Sangat Layak (4), Layak (3), Kurang Layak (2), dan Tidak Layak (1). Penggunaan skala likert empat pilihan dinilai lebih optimal dibandingkan lima pilihan karena akan memicu responden untuk memberikan jawaban yang tegas tanpa adanya pilihan netral atau ragu.

Tabel 11. Kategori Skala Likert
(Sumber: Sugiyono, 2015)

Kategori	Skala	Skor
Sangat Tidak Setuju	STS	1
Tidak Setuju	TS	2
Setuju	S	3
Sangat Setuju	SS	4

Skor yang didapat dari para penilai dan para pengguna akan ditentukan rentang skor penilaian dan akan disajikan dalam bentuk pernyataan dengan kategori kelayakan. Penentuan skor ini menggunakan pedoman dari Sudjana (2017:77) yang berisi konversi skor mentah ke dalam standar huruf (A,B,C,D) ataupun bentuk angka (4,3,2,1). Standar huruf A memiliki nilai 4 yang berarti Sangat Setuju, huruf B memiliki nilai 3 yang berarti Setuju, huruf C memiliki nilai 2

yang berarti Tidak Setuju, dan huruf D memiliki nilai 1 yang berarti Sangat Tidak Setuju.

Dalam pengisian angket, pengguna mengisi angket berdasarkan kelayakan media pembelajaran. Penelitian dengan judul Pengembangan *Path Tracking* pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika memiliki beberapa variabel yang digunakan dalam pengembangan media pembelajaran yang meliputi:

a) Kelas interval dengan jumlah lima kategori yaitu: sangat layak, layak, cukup, kurang layak, dan tidak layak.

b) Pembatasan skor maksimum dan skor minimum

$$S_{min} = 1 \times \text{jumlah butir}$$

$$S_{max} = 4 \times \text{jumlah butir}$$

c) Pembatasan nilai tengah ideal dan simpangan baku ideal

$$X_1 = \frac{(S_{max} + S_{min})}{2}$$

$$SB_1 = \frac{(S_{max} - S_{min})}{6}$$

d) Menurut Widoyoko (2017: 238), nilai empiris (X) merupakan tingkat kelayakan media pembelajaran yang bersumber dari hasil pengumpulan data klasifikasi penilaian dan disajikan pada tabel 8 berikut ini:

Tabel 12. Klasifikasi Penilaian
(Sumber: Widoyoko, 2017:238)

Interval Nilai	Kategori
$X > X_i + 1,8 \times SB_i$	Sangat Layak
$X_i + 0,6 \times SB_i < X \leq X_i + 1,8 \times SB_i$	Layak
$X_i - 0,6 \times SB_i < X \leq X_i + 0,6 \times SB_i$	Cukup
$X_i - 1,8 \times SB_i < X \leq X_i - 0,6 \times SB_i$	Kurang Layak
$X \leq X_i - 1,8 \times SB_i$	Tidak Layak

Berdasarkan tingkat kelayakan di atas, dapat diamati dari skor akhir penilaian. Skor tersebut menjadi acuan untuk menilai media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* oleh ahli media, ahli materi, dan pengguna. Skor dari angket mengindikasikan sejauh mana tingkat kelayakan media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, S., & Syastra, M. T. (2015). Pemanfaatan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi Bagi Siswa Kelas X Sma Ananda Batam | Computer Based Information System Journal. *CBIS Journal*, 3(2), 1–13.
- Agustino, D. (2022). Perancangan Robot Line Follower Pada Sadetec Sebagai Jaga Jarak Aman. *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, 11(2), 198.
<https://doi.org/10.30591/polektro.v12i1.3795>
- Anggraeni, D. R., Elmunsyah, H., & Handayani, A. N. (2019). Pengembangan modul pembelajaran fuzzy pada mata kuliah Sistem Cerdas untuk mahasiswa S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang. *Tekno*, 29(1), 26.
<https://doi.org/10.17977/um034v29i1p26-40>
- Ani Daniyati, Ismy Bulqis Saputri, Ricken Wijaya, Siti Aqila Septiyani, & Usep Setiawan. (2023). Konsep Dasar Media Pembelajaran. *Journal of Student Research*, 1(1), 282–294. <https://doi.org/10.55606/jsr.v1i1.993>
- Ardilla, F., Rachmat, A., & Besari, A. (2011a). Path Tracking Pada Mobile Robot Dengan Umpan Balik Odometry. *The 13th Industrial Electronics Seminar 2011 (IES 2011)*, 2011(Ies), 1–8. <https://www.researchgate.net/publication/277179097>
- Ardilla, F., Rachmat, A., & Besari, A. (2011b). Path Tracking Pada Mobile Robot Dengan Umpan Balik Odometry. *The 13th Industrial Electronics Seminar 2011 (IES 2011)*, 2011(Ies), 1–8. <https://www.researchgate.net/publication/277179097>
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach* (1st ed.). Springer New York, NY. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Darwati, E., Darwati, E., Elektro, T., Bandung, P. N., & Terapan, K. A. (2017). Pengaruh penerapan metode pembelajaran praktikum mekatronika berbasis proyek terhadap kelancaran tugas akhir mahasiswa d iii dan d iv teknik elektronika. 11(2).
- Djahi, H. J., Doo, S. Y., & Nuga, A. M. P. (2019). Rancang Bangun Robot Mobil Dengan Sistem Navigasi Berbasis Odometry Menggunakan Rotary Encoder. *Jurnal Media Elektro*, VIII(1), 59–65. <https://doi.org/10.35508/jme.v8i1.1082>
- Fikri, A. A., & Endryansyah. (2019). Sistem Pengaturan PID Motor DC Sebagai Penggerak Mini Conveyor Berbasis Matlab. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(2), 293–301.
- Hasan, M., Milawati, Darodjat, Khairani, H., & Tahrim, T. (2021). Media Pembelajaran. In *Tahta Media Group*.
- Kipper, L. M., Iepsen, S., Dal Forno, A. J., Frozza, R., Furstenau, L., Agnes, J., & Cossul, D. (2021). Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0. *Technology in Society*, 64(November 2020).
<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101454>

- Natsir, M., Rendra, D. B., & Anggara, A. D. Y. (2019). Implementasi IOT Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya. *Jurnal PROSISKO (Pengembangan Riset Dan Observasi Rekayasa Sistem Komputer)*, 6(1), 69–72.
- Nugraha, G. K., Setiawan, I., & Afrisal, H. (2021). Perancangan Dan Pengendalian Differential Drive Robot Dengan Mengaplikasikan Metode a-Star. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 10(4), 559–565. <https://doi.org/10.14710/transient.v10i4.559-565>
- Nulhaqim, S. A., Heryadi, R. D., Pancasilawan, R., & Fedryansyah, M. (2015). Peranan-Perguruan-Tinggi-Dalam-Meningkat. *Share: Social Work Jurnal*, 6(2), 154–272.
- Nurfadhillah, S. (2021). MEDIA PEMBELAJARAN Pengertian Media Pembelajaran, Landasan, Fungsi, Manfaat, Jenis-Jenis Media Pembelajaran, Dan Cara Penggunaan Kedudukan Media Pembelajaran. In *CV Jejak*.
- Palacín, J., Rubies, E., Clotet, E., & Martínez, D. (2021). Evaluation of the path-tracking accuracy of a three-wheeled omnidirectional mobile robot designed as a personal assistant. *Sensors*, 21(21). <https://doi.org/10.3390/s21217216>
- Priambudi, R. A., & Mobed Bachtiar, M. (2018). Penentuan Posisi Menggunakan Odometry Omniwheel. *The Indonesian Symposium on Robotic Systems and Control, August 2019*, 1–3. <https://www.researchgate.net/publication/335311518>
- Raharjo, B. (2021). *PENGEMBANGAN FOUR-WHEEL OMNI ROBOT DENGAN SISTEM INVERSE KINEMATIC SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PADA MATA KULIAH ROBOTIKA*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rakhman, E., Basjaruddin, N. C., & Susanto, V. E. P. (2019). Robot Mobile Otonom Menggunakan Metode Odometry. *Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 18(02), 105–116. <https://doi.org/10.31358/techn.v18i02.205>
- Rizqi, M. (2023). *PENGEMBANGAN SISTEM LIFT ROBOT SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN MATA KULIAH PRAKTIK ROBOTIKA PADA PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MEKATRONIKA*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sakila, D. (2021). *PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN VIDEO BERBASIS YOUTUBE UNTUK PEMBELAJARAN JARAK JAUH PADA TEMA 4 SUBTEMA 3 PEMBELAJARAN 1 KELAS IV SEKOLAH DASAR* [Universitas Jambi]. <https://repository.unja.ac.id/id/eprint/15741>
- Sihombing, H., Setiawan, E., & Akbar, S. R. (2022). Sistem Kendali Robot Beroda Wall-Follower pada Tembok Lurus dan Berbelok menggunakan Metode PID. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(11), 5129–5138. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Sugiyono, D. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Tindakan*.

- Sumarni, S. (2019). *MODEL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN (R&D) LIMA TAHAP (MANTAP)*. <http://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/39153>
- Undang-Undang Republik Indonesia. (2012). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tentang Pendidikan Tinggi Pasal 59 Ayat 1*.
- Wirawan, N. T. (2020). Smartphone Application Technology In Control Robot In Search Focal Point (Pengaplikasian Teknologi Smartphone Dalam Pengontrolan Robot Dalam Pencarian Titik Api). *Jurnal KomtekInfo*, 7(1), 47–57. <https://doi.org/10.35134/komtekinfo.v7i1.65>
- Wulandari, A. P., Salsabila, A. A., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya Media Pembelajaran dalam Proses Belajar Mengajar. *Journal on Education*, 5(2), 3928–3936. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.1074>
- Yam, K. C., Tang, P. M., Jackson, J. C., Su, R., & Gray, K. (2023). Supplemental Material for The Rise of Robots Increases Job Insecurity and Maladaptive Workplace Behaviors: Multimethod Evidence. *Journal of Applied Psychology*. <https://doi.org/10.1037/apl0001045.supp>
- Yudha, J. R. P. A., & Sundari, S. (2021). Manfaat Media Pembelajaran YouTube terhadap Capaian Kompetensi Mahasiswa. *Journal of Telenursing (JOTING)*, 3(2), 538–545. <https://doi.org/10.31539/joting.v3i2.2561>