**PENGEMBANGAN MEKANISME *SWERVE DRIVE* BERBASIS SENSOR *MAGNETIC ENCODER AS5600* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN MATA KULIAH PRAKTIK ROBOTIKA**

**TUGAS AKHIR SKRIPSI**

A blue circle with white text and a tower with wings

AI-generated content may be incorrect.

Ditulis untuk memenuhi Sebagian persyaratan guna memperoleh gelar

Sarjana Pendidikan

Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika

**Oleh :**

**SHEVA NOVIA DARMAWAN SUTOPO**

**NIM 21518241009**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

**2025**

# DAFTAR ISI

[DAFTAR ISI 2](#_Toc199431583)

[BAB I PENDAHULUAN 1](#_Toc199431584)

[A. Latar Belakang 1](#_Toc199431585)

[B. Identifikasi Masalah 5](#_Toc199431586)

[C. Batasan Masalah 5](#_Toc199431587)

[D. Rumusan Masalah 6](#_Toc199431588)

[E. Tujuan Penelitian 7](#_Toc199431589)

[F. Manfaat Penelitian 7](#_Toc199431590)

[BAB II KAJIAN PUSTAKA 9](#_Toc199431591)

[A. Kajian Teori 9](#_Toc199431592)

[1. Penelitian dan Pengembangan 9](#_Toc199431593)

[2. Media Pembelajaran 12](#_Toc199431594)

[3. Mata Kuliah Praktik Robotika 17](#_Toc199431595)

[4. Independent Stering Swerve Drive 19](#_Toc199431596)

[5. Respon Sistem 22](#_Toc199431597)

[6. *PID Controllers* 23](#_Toc199431598)

[7. STM32F103C8T6 27](#_Toc199431599)

[8. Sensor Magnetic Encoder AS5600 28](#_Toc199431600)

[9. *Driver* Motor BTN7970 30](#_Toc199431601)

[10. *Driver Motor Brushless* 30](#_Toc199431602)

[11. *Motor Brushed DC PG45* 31](#_Toc199431603)

[12. *Motor Brushless 270KV 24V 70mm* 32](#_Toc199431604)

[13. *Organic Light Emitting Diode* 33](#_Toc199431605)

[14. *Rotary Encoder HW-040* 34](#_Toc199431606)

[B. Kajian Penelitian yang Relevan 35](#_Toc199431607)

[C. Kerangka Berpikir 38](#_Toc199431608)

[D. Pertanyaan Penelitian 41](#_Toc199431609)

[BAB III METODE PENELITIAN 42](#_Toc199431610)

[A. Model Pengembangan 42](#_Toc199431611)

[B. Prosedur Pengembangan 43](#_Toc199431612)

[C. Desain Uji Coba Produk 53](#_Toc199431613)

[1. Tempat dan Waktu Uji Coba Produk 53](#_Toc199431614)

[2. Subjek Penelitian 54](#_Toc199431615)

[3. Teknik Pengumpulan Data 54](#_Toc199431616)

[4. Instrumen Penelitian 55](#_Toc199431617)

[5. Pengujian Instrumen 58](#_Toc199431618)

[6. Reabilitas Instrumen 59](#_Toc199431619)

[7. Teknik Analisa Data 60](#_Toc199431620)

[BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN 64](#_Toc199431621)

[STM32F103C8T6 66](#_Toc199431622)

[Magnetic Encoder AS5600 66](#_Toc199431623)

[Rotary Encoder HW-040 66](#_Toc199431624)

[OLED 66](#_Toc199431625)

[Motor PG45 66](#_Toc199431626)

[Motor Brushless 270KV 24V 70mm 66](#_Toc199431627)

[Modul Step Down LM2596 66](#_Toc199431628)

[DAFTAR PUSTAKA 68](#_Toc199431629)

# BAB I PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Kemajuan perkembangan ilmu pengetahuan, informasi serta teknologi di era industri 4.0 saat ini membawa dampak yang signifikan khusunya di bidang industri robotika. Pemanfaatan robot di era 4.0 memiliki potensi untuk meningkatkan mutu dan jumlah produksi industri. Perkembangan ini menuntut masyarakat Indonesia untuk beradaptasi terhadap kemajuan teknologi dan memiliki kompetensi khususnya di bidang robotika.

Salah satu jenis robot yang umum digunakan di sektor industri adalah *mobile robot*, yaitu robot yang memiliki kemampuan untuk bergerak dengan roda. Beberapa aplikasi dari jenis robot ini di sektor industri antara lain pengantaran barang dan logistik, pengawasan keamanan di area industri serta pemeliharaan berkala pada fasilitas industri.

Dalam industri yang masih bergantung pada tenaga manusia, kesalahan kerja (*human error*) sering terjadi. Namun, masalah ini dapat diminimalkan dengan penggunaan robot. Selain itu, pekerjaan yang dilakukan oleh robot sering kali dapat diselesaikan dengan kecepatan dan akurasi yang tinggi (Raharjo, 2021:17). Penerapan robot dalam lingkungan industri berpotensi meningkatkan efisiensi produksi jika dibandingkan dengan tenaga kerja manusia. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Yam *et al*. (2023:1), dalam dua dekade ke depan, robot diperkirakan akan menggantikan peran manusia dalam sekitar 47% pekerjaan, terutama pekerjaan yang bersifat manual. Untuk mencapai hal tersebut, diperlukan sumber daya manusia (SDM) yang memiliki keterampilan tinggi, terutama dalam bidang robotika.

Meningkatkan kompetensi tenaga pengajar dalam bidang robotika di sektor pendidikan sangat penting untuk menciptakan tenaga kerja yang unggul dan berdaya saing, sehingga dapat mendukung kemajuan teknologi 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 memiliki peran utama dalam mencetak lulusan dengan kompetensi yang kuat (Nulhaqim *et al*., 2015:197). Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia tahun 2012, perguruan tinggi terdiri dari berbagai bentuk, seperti universitas, institut, sekolah tinggi, politeknik, akademi, dan akademi komunitas.

Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) adalah perguruan tinggi yang berada di bawah naungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud). UNY memiliki tujuh fakultas dengan berbagai departemen dan program studi. Salah satunya adalah Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, yang bernaung di bawah 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 sendiri merupakan bidang yang menggabungkan empat disiplin utama, yaitu mekanik, elektronik, kendali, dan komputer (Darwati *et al*., 2017). Tujuan utama dari program ini adalah menghasilkan lulusan yang memiliki wawasan luas serta mampu mengembangkan desain, implementasi, dan inovasi teknologi di berbagai bidang, seperti rekayasa elektronik, robotika, kontrol dan otomatisasi industri, serta rekayasa manufaktur.

Mata kuliah Praktik Robotika merupakan salah satu bagian dari kurikulum Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika yang berfokus pada perancangan dan pembuatan robot sesuai dengan silabus yang berlaku. Secara umum, robot terdiri dari tiga komponen utama. Pertama, aspek mekanik yang mencakup struktur fisik dan sistem mekanisme robot. Kedua, aspek elektronik yang meliputi sensor, mikrokontroler, sirkuit, serta berbagai komponen listrik. Ketiga, aspek pemrograman yang berkaitan dengan teknik pengkodean untuk mengontrol robot agar dapat menjalankan fungsinya sesuai dengan tujuan yang ditetapkan.

Meskipun mata kuliah Praktik Robotika dalam Program Studi Mekatronika telah mengintegrasikan berbagai aspek tersebut, masih terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Salah satu kendalanya adalah keterbatasan sumber daya pembelajaran yang sesuai untuk mata kuliah ini. *Robot mobile* yang digunakan mahasiswa dalam praktik belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi di dunia industri. Dalam lingkungan industri, robot memerlukan sistem navigasi yang presisi agar dapat menjalankan tugas dengan efisiensi optimal.

*Swerve drive* merupakan mekanisme roda yang memungkinkan robot bergerak dengan fleksibilitas tinggi. Teknologi ini menggabungkan kemampuan pengaturan sudut roda dan kontrol kecepatan guna menghasilkan manuver yang optimal, bahkan pada medan yang sulit. Keunggulan utama *swerve drive* terletak pada responsivitasnya yang tinggi serta kemampuannya untuk beroperasi dalam kecepatan tinggi tanpa mengurangi presisi. Oleh karena itu, mekanisme ini menjadi solusi ideal untuk aplikasi yang membutuhkan pergerakan cepat dan akurat di lingkungan yang kompleks.

Untuk meningkatkan performa *swerve drive*, sensor *magnetic encoder AS5600* dipilih sebagai komponen utama dalam mendeteksi sudut roda. Sensor ini bekerja secara absolut, sehingga memungkinkan robot untuk tetap mengetahui orientasi roda tanpa memerlukan kalibrasi ulang setelah mengalami gangguan atau kehilangan daya.

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, peneliti bertujuan untuk membuat media pembelajaran dengan judul **”**PENGEMBANGAN MEKANISME *SWERVE DRIVE* BERBASIS SENSOR *MAGNETIC ENCODER AS5600* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN MATA KULIAH PRAKTIK ROBOTIKA”. *Swerve drive* ini memiliki beberapa komponen pendukung yaitu sensor *magnetic encoder AS5600* sebagai sensor utama, STM32F1 sebagai pusat pemrograman, *driver motor brushless* dan *brush*, serta rangkaian *shield* elektronik. Dengan adanya media pembelajaran ini, diharapkan konsep perancangan robot dapat disampaikan dengan lebih jelas dan efektif, serta mampu mengatasi berbagai kendala dalam proses pembelajaran. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan minat dan antusiasme mahasiswa dalam mempelajari mata kuliah Praktik Robotika.

## Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, diketahui beberapa identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Masih minimnya media pembelajaran terkait pengembangan mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* sebagai media pembelajaran mata kuliah praktik robotika
2. Masih kurangnya variasi penggunaan media pembelajaran pada mata kuliah praktik robotika
3. Masih kurangnya kompetensi mahasiswa terkait pengembangan mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* sebagai media pembelajaran mata kuliah praktik robotika

## Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dijelaskan diatas, peneliti membuat batasan masalah supaya ruang lingkup dari penelitian menjadi jelas, maka penelitian ini hanya akan berfokus pada implementasi sensor *magnetic encoder AS5600* pada roda *swerve drive* pada mata kuliah praktik robotika. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan kemampuan mahasiswa khusunya di bidang robotika agara dapat meningkat sesuai dengan kebutuhan industri.

## Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang dijelaskan sebelumnya serta merumuskan kembali masalah sesuai dengan batasan masalah, dapat dirumuskan masalah seperti di bawah ini:

1. Bagaimana rancang bangun pengembangan media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* sebagai media pembelajaran mata kuliah praktik robotika
2. Bagaimna unjuk kerja dan uji fungsi komponen pengembangan media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* sebagai media pembelajaran mata kuliah praktik robotika
3. Bagaimana tingkat kelayakan pengembangan media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* sebagai media pembelajaran mata kuliah praktik robotika

## Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui rancang bangun pengembangan media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* sebagai media pembelajaran mata kuliah praktik robotika
2. Mengetahui unjuk kerja dan uji fungsi komponen pengembangan media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* sebagai media pembelajaran mata kuliah praktik robotika
3. Mengetahui tingkat kelayakan pengembangan media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* sebagai media pembelajaran mata kuliah praktik robotika

## Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini meliputi:

1. Bagi mahasiswa

Tujuan dari penelitian ini bisa memberikan pengetahuan dan menambah kompetensi mahasiswa pada bidang robotika.

1. Bagi Perguruan Tinggi

Penelitian ini dapat memberikan hasil yang berfungsi sebagai salah atu alat bantu dalam proses pembelajaran praktik robotika.

1. Bagi Pembaca

Penelitian ini dapat memberikan hasil dan kontribusi dalam memperluas pengetahuan di bidang robotika khususnya tentang mekanisme *swerve drive*.

# BAB II KAJIAN PUSTAKA

## Kajian Teori

### Penelitian dan Pengembangan

Menurut Sugiyono (2013), penelitian dan pengembangan (R&D) adalah metode penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk serta menguji keefektifannya sebelum diterapkan secara luas. Proses ini mencakup tahap perancangan, uji coba, dan evaluasi untuk memastikan bahwa produk yang dikembangkan dapat digunakan secara optimal dalam konteks yang diinginkan. Sementara itu, Borg & Gall (dalam Sumarni, 2019:2) menjelaskan bahwa penelitian dan pengembangan merupakan suatu proses sistematis yang bertujuan untuk mengembangkan dan menyempurnakan suatu produk, terutama dalam bidang pendidikan. Proses ini melibatkan serangkaian langkah mulai dari penelitian awal, pengembangan prototipe, pengujian, hingga penyempurnaan produk sebelum diaplikasikan secara luas.

Bahan ajar berperan penting dalam membentuk karakter pembelajaran. Untuk meningkatkan efektivitas proses pembelajaran, diperlukan model pengembangan yang dapat menjamin kualitas materi selama tahap perancangan dan penyusunannya. Dalam proses pengembangan bahan ajar, umumnya diterapkan langkah-langkah yang sistematis dan berurutan sesuai dengan tahapan pembelajaran.

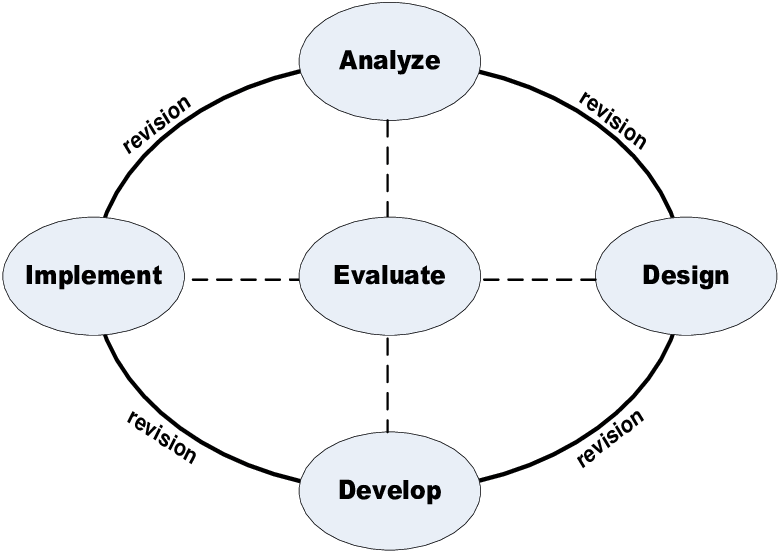
Salah satu model pengembangan yang sering digunakan dalam penelitian adalah ADDIE. Menurut Robert Maribe Branch (2009, p.2) model ADDIE adalah kerangka kerja konseptual yang digunakan dalam pengembangan produk untuk memberikan arahan dalam situasi yang rumit. Model ini memiliki tahapan kerja yang terstruktur, meliputi analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Evaluasi dan revisi dilakukan pada setiap tahap dengan mempertimbangkan hasil dari tahap sebelumnya guna memastikan bahwa produk akhir yang dihasilkan memiliki validitas yang tinggi. Oleh karena itu, model ini sangat sesuai untuk diterapkan dalam pengembangan materi pendidikan, termasuk media pembelajaran.

Model ADDIE terdiri dari lima tahap utama dalam proses pengembangannya, yaitu:

1. Analisis (*Analyze*), tahap ini bertujuan untuk memahami kebutuhan dan masalah yang ada di lingkungan kerja atau pendidikan sebelum mulai merancang produk.
2. Desain (*Design*), pada tahap ini, dibuat rancangan atau konsep produk yang sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisis sebelumnya.
3. Pengembangan (*Development*), yaitu produk yang telah dirancang mulai dibuat dan diuji coba untuk memastikan bahwa produk tersebut berfungsi dengan baik.
4. Implementasi (*Implementation*), yaitu produk yang sudah jadi diterapkan dalam dunia nyata atau digunakan dalam situasi sebenarnya untuk melihat bagaimana kinerjanya.
5. Evaluasi (*Evaluation*), yaitu produk dievaluasi dengan mengumpulkan umpan balik dan melakukan perbaikan agar lebih optimal.

Gambar 1. Metode ADDIE Branch

(Sumber: Amthari et al., 2021)



Dari tahapan ini, dapat disimpulkan bahwa model ADDIE adalah pendekatan sistematis yang sederhana dalam perancangan suatu produk. Model ini bersifat fleksibel dan dapat diterapkan dalam berbagai konteks karena strukturnya yang umum. Setiap tahapan dalam model ini saling berkaitan, di mana hasil dari satu tahap menjadi dasar untuk tahap berikutnya melalui proses revisi berulang, sehingga memungkinkan penyempurnaan produk hingga mencapai tingkat validitas yang optimal.

### Media Pembelajaran

1. Pengertian Media Pembelajaran

Secara etimologis, istilah "media pembelajaran" terdiri dari dua unsur, yaitu *media* dan *pembelajaran*. Kata *media* berasal dari bahasa Latin, yakni bentuk jamak dari *medium*, yang berarti perantara atau sarana penghubung. Sementara itu, pembelajaran merujuk pada suatu proses di mana lembaga pendidikan berperan dalam membimbing siswa untuk mencapai tujuan tertentu melalui pelaksanaan kurikulum (Qabila, 2023). Oleh karena itu, media pembelajaran dapat diartikan sebagai sarana yang digunakan untuk menunjang kegiatan belajar mengajar, agar informasi yang disampaikan dapat dipahami dengan baik, serta tujuan pendidikan tercapai secara optimal dan efisien (Nurfadhillah, 2021).

Media pembelajaran berfungsi sebagai sarana komunikasi yang mendukung guru dalam menyampaikan materi pelajaran dengan cara yang lebih menarik dan mudah dipahami, sehingga dapat mengurangi kebosanan akibat penyajian materi yang hanya berbentuk teks (Isnaeni & Hildayah, 2020).

Sementara itu, Emiyati dan Kurniawan (2022) mengemukakan bahwa media pembelajaran merupakan alat bantu untuk menyampaikan pesan atau informasi dari pendidik kepada peserta didik, di mana pemilihan media yang tepat dapat berkontribusi pada keberhasilan proses pembelajaran. Berdasarkan pendapat-pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran merupakan alat komunikasi yang efektif antara guru dan siswa, yang berperan dalam memperjelas materi, menghindari kejenuhan, serta mendorong motivasi dan pencapaian belajar siswa.

1. Fungsi Media Pembelajaran

Media pembelajaran memainkan peran yang signifikan dalam menunjang kegiatan belajar mengajar. Sejumlah pakar di bidang pendidikan menyatakan bahwa penggunaan media dapat membantu meningkatkan efektivitas serta efisiensi dalam pencapaian tujuan pembelajaran. Berikut ini disajikan beberapa pendapat mengenai peran dan fungsi dari media pembelajaran:

1. Levie & Lents (sebagaimana dikutip dalam Daniyati et al., 2023) mengemukakan terdapat empat fungsi media pembelajaran, khususnya media visual, yaitu :
2. Fungsi Atensi: Media visual menarik perhatian peserta didik dan membantu mereka fokus pada materi pembelajaran.
3. Fungsi Afektif: Media visual dapat memengaruhi emosi dan sikap peserta didik terhadap pembelajaran.
4. Fungsi Kognitif: Media viusal membantu peserta didik memahami dan mengingat informasi melalui penyajian visual yang jelas dan menarik.
5. Fungsi Kompensatoris: Media visual mendukung peserta didik yang kesulitan memahami teks dengan memberikan konteks tambahan untuk meningkatkan pemahaman dan daya ingat mereka.
6. Rowntree (sebagaimana dikutip dalam Daniyati *et al*., 2023) menyebutkan terdapat enam fungsi media pembelajaran, yaitu :
7. Membantu meningkatkan motivasi belajar.
8. Mengulang kembali materi yang telah dipelajari.
9. Menyediakan stimulus untuk belajar.
10. Mengaktifkan respon siswa.
11. Memberikan umpan balik secara langsung.
12. Menyediakan latihan yang terstruktur.
13. Aspek Kelayakan Media Pembelajaran

Agar dapat menunjang proses belajar secara optimal, media pembelajaran harus memiliki mutu yang baik. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji kelayakan untuk memastikan bahwa media tersebut mampu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi yang disampaikan. Proses evaluasi kelayakan ini mencakup tiga aspek utama, yaitu kelayakan isi materi, kelayakan media secara teknis, serta tanggapan atau penilaian dari pengguna.

1. Kelayakan Materi Pembelajaran oleh Ahli Materi

Menurut Cecep Kustandi dan Bambang Sutjipto (2011:143), penilaian kelayakan materi pembelajaran didasarkan pada tiga aspek utama, yaitu :

1. Relevansi materi dengan tujuan pembelajaran, aspek ini melibatkan kesesuaian media pembelajaran dengan silabus, bahan kajian, capaian pembelajaran, dan kebutuhan peserta didik.
2. Penyajian, fokus pada teknik penyajian materi untuk memastikan informasi disampaikan secara sistematis dan mudah dipahami.
3. Bahasa, menilai kesesuaian penggunaan bahasa dengan kaidah Bahasa Indonesia agar materi mudah dipahami oleh pengguna.
4. Kelayakan Media Pembelajaran oleh Ahli Media

Menurut Panduan dari Kementerian Pendidikan Nasional (2010: 16–17), terdapat beberapa aspek yang menentukan kelayakan suatu media pembelajaran, antara lain:

1. Kebermanfaatan media: media sebaiknya mampu mendukung proses pembelajaran, mempermudah pemahaman siswa, mendorong partisipasi aktif dalam belajar, serta mengaitkan materi pelajaran dengan mata pelajaran lain.
2. Perangkat media: evaluasi dilakukan terhadap aspek visual, kecocokan fungsi, serta karakteristik perangkat media yang dapat menunjang penggunaannya secara optimal.
3. Kemudahan penggunaan media: media pembelajaran harus mudah diakses dan dioperasikan oleh siswa, serta memiliki tampilan yang menarik guna meningkatkan keterlibatan dan interaksi mereka dalam kegiatan belajar.
4. Instrumen Kelayakan Materi Pembelajaran oleh Pengguna Menurut Cecep Kustandi dan Bambang Sutjipto (2011:143), penilaian kelayakan materi dan media pembelajaran oleh pengguna didasarkan pada tiga aspek utama, yaitu:
5. Kualitas isi dan tujuan, mencakup relevansi materi dengan rencana pembelajaran, tingkat daya tarik konten, kejelasan penyampaian, serta kontribusi materi terhadap peningkatan pengetahuan peserta didik.
6. Kualitas pembelajaran, mengacu pada pengaruh materi terhadap jalannya pembelajaran, kemampuannya dalam meningkatkan partisipasi aktif siswa, variasi yang ditawarkan dalam penyajian materi, dan dampaknya bagi perkembangan siswa.
7. Aspek penggunaan media, menilai seberapa mudah media dapat diakses dan digunakan oleh siswa, serta sejauh mana pengguna merasa puas dengan fungsi dan mutu media tersebut.  
    Uji kelayakan media pembelajaran bertujuan untuk memastikan bahwa media yang dikembangkan benar-benar mampu mendukung proses belajar secara optimal. Penilaian ini dilakukan dengan mempertimbangkan kesesuaian isi, kualitas media, serta tanggapan pengguna. Dengan memperhatikan aspek-aspek tersebut, media yang dihasilkan diharapkan mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pembelajaran, mempermudah siswa dalam memahami materi, dan mendorong keterlibatan aktif melalui penyajian yang menarik dan interaktif. Oleh karena itu, tahapan uji kelayakan menjadi elemen penting dalam proses pengembangan media pembelajaran agar sesuai dengan tuntutan dunia pendidikan maupun kebutuhan industri.

### Mata Kuliah Praktik Robotika

Praktik Robotika merupakan salah satu mata kuliah inti yang diajarkan di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika. Melalui pembelajaran robotika, mahasiswa memperoleh pengalaman dalam merancang dan membangun robot, yang mencakup aspek desain, mekanika, serta pemrograman. Secara umum, sebuah robot terdiri dari tiga komponen utama, yaitu mekanik, elektronik, dan perangkat lunak (program). Bagian mekanik mencakup struktur fisik robot seperti rangka, dasar robot, atau sistem mekanis lainnya. Komponen elektronik mencakup elemen-elemen kelistrikan seperti sensor, mikrokontroler, rangkaian listrik, dan sebagainya. Sementara itu, program berfungsi sebagai sistem pengendali yang mengatur kinerja robot agar mampu menjalankan tugas sesuai dengan yang diharapkan.

Berdasarkan silabus praktik mata kuliah robotika, materi pembelajaran secara umum mencakup topik mengenai *mobile robot* dan *robot bipedal*. Dalam proses perkuliahan robotika, dibutuhkan media pembelajaran yang relevan dengan perkembangan teknologi di dunia industri saat ini. Terdapat beragam jenis media pembelajaran yang dapat digunakan dalam mata kuliah ini, sehingga penting untuk mempertimbangkan kesesuaiannya dengan kebutuhan industri. 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 *swerve drive* adalah bentuk dari pengembangan agar dapat dihasilkan pergerakan robot yang efisien.

### Independent Stering Swerve Drive

1. Pengertian *Swerve Drive*

*Swerve drive* adalah sistem penggerak roda pada robot yang memungkinkan setiap roda bergerak dan berbelok secara independen. Sistem ini memberikan fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem penggerak konvensional, karena memungkinkan robot untuk bergerak dalam berbagai arah tanpa harus mengubah orientasi tubuhnya. Menurut Prayogi *et al*. (2024), disebutkan bahwa *swerve drive* memiliki keunggulan dengan steering dan *driving* yang terpisah (independen) pada setiap roda, memungkinkan robot bergerak ke segala arah dengan kecepatan dan kemampuan manuver yang tinggi. Modul *swerve drive* terdiri dari dua motor, *gearbox*, *encoder*, dan roda. Dalam kasus ini salah satu *motor brushless* digunakan untuk menggerakkan roda ke arah maju ataupun mundur, sementara motor *brushed* digunakan untuk mengendalikan arah kemudi atau sudut. *Gearbox* berfungsi mengontrol rotasi roda, sedangkan *encoder* ditempatkan di posisi tertentu untuk mendeteksi posisi rotasi roda penggerak (DeNoma *et al*., 2022).

Gambar 2. Gerakan Dasar *Swerve Drive*

(Sumber: [https://abhinavwastaken.medium.com](https://abhinavwastaken.medium.com/using-inverse-kinematics-to-become-a-master-swerver-1026759d81b0))

A diagram of a diagram of a car

AI-generated content may be incorrect.

Gambar diatas menampilkan tiga tipe gerakan utama dari sistem *swerve drive* serta menjelaskan cara pengaturan sudut roda untuk menghasilkan tiap jenis gerakan tersebut. Tiga jenis gerakan dasar yang dapat dilakukan oleh roda *swerve drive* beserta konfigurasi sudut masing-masing roda dijelaskan sebagai berikut:

1. *Driving Forwards or Backwards*, Semua roda menghadap 0° atau 180°, memungkinkan gerakan lurus ke depan atau belakang.
2. *Driving to the Right or Left*, Semua roda diorientasikan ke 90° atau 270°, memungkinkan gerakan menyamping tanpa memutar badan.
3. *Turning*, Roda memiliki sudut berbeda untuk menghasilkan torsi rotasi.

Konfigurasi ini memungkinkan robot berputar di tempat searah atau berlawanan jarum jam tergantung pada rotasi motor penggerak bawah. Keunggulan dari roda ini memiliki respon yang cepat dengan fleksibilitas sudut yang baik dibandingkan jenis roda yang sering digunakan dalam bidang *mobile robotics*.

1. Perbedaan *Swerve Drive* dengan Sistem Penggerak Konvensional

Sistem penggerak merupakan bagian penting dalam suatu *platform* robotika, karena menentukan arah, kecepatan, dan fleksibilitas gerak dari robot tersebut. Dalam beberapa tahun terakhir, sistem *swerve drive* mulai banyak dikembangkan karena kemampuannya dalam melakukan manuver kompleks dan presisi. Sistem ini berbeda dengan sistem penggerak konvensional seperti *differential drive* yang selama ini banyak digunakan dalam robot sederhana.

*Swerve drive* adalah sistem penggerak di mana setiap roda dapat dikendalikan secara independen baik dari segi rotasi maupun orientasi. Dengan kata lain, setiap roda memiliki aktuator penggerak (*driver* motor) dan pengarah (*steering* motor). Hal ini memungkinkan robot untuk bergerak ke segala arah tanpa harus mengubah arah tubuh utama (Arifin *et al*., 2022). Kemampuan ini dikenal sebagai *omnidirectional mobility*, yang sangat bermanfaat dalam aplikasi yang memerlukan presisi tinggi dan ruang gerak terbatas.

### Respon Sistem

Respon sistem dapat diartikan sebagai perubahan perilaku hasil luaran sebagai reaksi dari perubahan sinyal masukan. Kurva respon dari sistem ini menjadi dasar untuk menganalisis karakteristik sebuah sistem. Kemudian, bentuk dari kurva ini dapat diamati setelah sistem menerima sinyal masukan (Suhendar, 2020).

Gambar 3. Contoh kurva respon sistem

Sumber: (Suhendar, 2020)

A graph of a function

AI-generated content may be incorrect.

Respon sistem umumnya dibagi menjadi dua kategori utama: (1) Respon Transien, yaitu bagian dari respon sistem yang bersifat sementara dan muncul pada awal waktu ketika sistem baru saja menerima masukan. Respon ini mencakup fenomena seperti osilasi, lonjakan (*overshoot*), dan waktu naik (*rise time*). Respon transien menunjukkan seberapa cepat dan stabil sistem mencapai kondisi tunaknya. (2) Respon Tunak (Steady-State Response), yaitu bagian dari respon sistem setelah pengaruh transien menghilang. Dalam kondisi ini, sistem telah mencapai kesetimbangan dan output tidak lagi berubah secara signifikan terhadap waktu (untuk input konstan).

Cara praktis menganalisa tanggapan step suatu sistem adalah dengan menganggap kondisi awal sistem nol. Lima karakteristik pada tanggapan transien adalah: (1) Delay time (Td), yaitu waktu yang diperlukan sistem naik setengah dari setpoint; (2) Rise time (Tr), yaitu waktu yang diperlukan sistem naik menyentuh 90%-100% setpoint; (3) Peak time, (Tp), yaitu waktu yang diperlukan saat sistem menyentuh nilai tertinggi; (4) Overshoot Maksimum (Mp), Jarak lebih respon sistem terhadap setpoint atau biasanya dinyatakan dalam persentase; (5) Waktu turun (Ts), adalah waktu yang ditempuh sistem untuk menyentuh persentase nilai 2-5% kesalahan terhadap setpoint (Suhendar, 2020).

### *PID Controllers*

Pengendali PID (*Proportional-Integral-Derivative*) adalah metode kendali yang digunakan untuk menghitung selisih (*error*) antara nilai yang diinginkan (*setpoint*) dan nilai aktual yang terukur (*process variable*). Sistem ini kemudian menyesuaikan keluarannya untuk meminimalkan kesalahan tersebut. Pengendali ini mengombinasikan tiga komponen utama: kendali proporsional, integral, dan derivatif, yang bersama-sama membantu meningkatkan kestabilan dan performa sistem otomatis.

Dalam penggunaannya, *setpoint* merujuk pada posisi target, sedangkan variabel proses merupakan posisi aktual yang terukur. Di bawah ini dijelaskan beberapa konvensi penamaan umum yang sering digunakan untuk merepresentasikan variabel penting dalam sistem PID.

*r(t) = set point*

*e(t)= error*

*u(t)=control input*

*y(t)= output*

Error *e(t)*adalah *r(t) – y(t)*

1. *Proportional*

Kontrol proporsional bertujuan untuk menghilangkan kesalahan posisi hingga mencapai nol. Kesalahan posisi dihitung sebagai perbedaan antara nilai *setpoint* dan posisi yang terukur saat ini.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

Dimana adalah penguatan proporsional dan adalah *error* pada waktu *t*.

Gambar 4. Diagram Blok *P Controller*

(Sumber: [https://www.vexforum.com](https://www.vexforum.com/uploads/short-url/5otWBbMBIoxvV9zruzHksBqGm4F.pdf) )

A diagram of a block diagram

AI-generated content may be incorrect.

1. *Integral*

Kontrol integral menghitung akumulasi kesalahan posisi dari waktu ke waktu. Dengan menambahkan hasil akumulasi ini ke sinyal kontrol, kontrol integral berfungsi untuk mengurangi kesalahan *steady-state*, yaitu kesalahan yang tetap ada dalam jangka waktu yang lama.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

dimana adalah penguatan proporsional, adalah penguatan integral, *e(t)* adalah *error* pada waktu *t*, dan τ adalah variabel integrasi. adalah integral dari kesalahan seiring waktu, mengakumulasi area di antara kurva *setpoint* dan keluaran.

Gambar 5. Diagram Blok *PI Controller*

(Sumber: [https://www.vexforum.com](https://www.vexforum.com/uploads/short-url/5otWBbMBIoxvV9zruzHksBqGm4F.pdf) )

A diagram of a block diagram

AI-generated content may be incorrect.

1. *Derivative*

Kontrol derivatif bertujuan untuk menghilangkan kesalahan kecepatan hingga mencapai nol. Sistem ini berfungsi dengan memantau laju perubahan kesalahan posisi, sehingga dapat mengurangi dampak dari perubahan mendadak pada *error*.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

dimana adalah penguatan proporsional, adalah penguatan derivatif, *e(t)* adalah *error* pada waktu *t*.

Gambar 6. Diagram Blok *PD Controller*

(Sumber: [https://www.vexforum.com](https://www.vexforum.com/uploads/short-url/5otWBbMBIoxvV9zruzHksBqGm4F.pdf) )

A diagram of a block diagram

AI-generated content may be incorrect.

Ketika ketiga kontrol (proporsional, integral, dan derivatif) digabungkan, rumus PID menjadi:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

Di mana adalah penguatan proporsional, adalah penguatan integral, adalah penguatan derivatif, *e(t)* adalah kesalahan pada waktu *t*, dan τ adalah variabel integrasi.

Gambar 7. Diagram Blok *PID Controller*

(Sumber: [https://www.vexforum.com](https://www.vexforum.com/uploads/short-url/5otWBbMBIoxvV9zruzHksBqGm4F.pdf))

A diagram of a block diagram

AI-generated content may be incorrect.

### STM32F103C8T6

STM32F103C8T6 adalah mikrokontroler yang berbasis Arm® Cortex®-M3 32-bit RISC, beroperasi pada frekuensi maksimum 72 MHz. Mikrokontroler ini memiliki memori Flash sebesar 64 KB dan SRAM sebesar 20 KB, serta dilengkapi dengan berbagai fitur antarmuka komunikasi, termasuk USART, I2C, SPI, dan CAN. Dalam penelitian ini, digunakan mikrokontroler STM32F103 Bluepill yang dikemas dalam sebuah modul dan diintegrasikan dengan PC untuk memenuhi kebutuhan sensor dan pengendali motor yang digunakan.

Gambar 8. STM32F103C8T6

(Sumber: [https://www.st.com](https://www.st.com/resource/en/datasheet/cd00161566.pdf))

A blue circuit board with a yellow and black connector

AI-generated content may be incorrect.

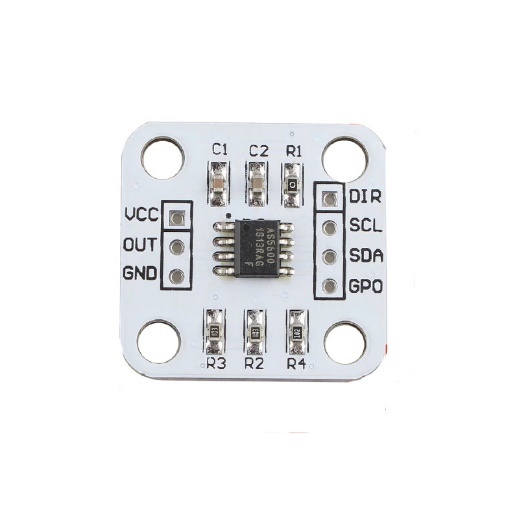
Dalam pengembangan STM32, terdapat banyak perangkat lunak yang dapat digunakan, serta tersedia pustaka dan dokumentasi yang memudahkan pengguna. Perangkat lunak yang digunakan dalam proyek ini adalah STM32CubeIDE. Di dalam perangkat lunak tersebut, pengguna dapat melakukan pengaturan seperti pemilihan pin input atau output sesuai kebutuhan, sekaligus membuat program yang akan digunakan.

### Sensor Magnetic Encoder AS5600

AS5600 adalah sensor posisi rotasi magnetik yang menghasilkan keluaran analog atau PWM dengan resolusi 12-bit. Sensor ini beroperasi tanpa kontak dan mengukur sudut absolut dari magnet berpolar yang terpasang pada poros. Rentang keluaran sensor ini mencakup 0 hingga 360 derajat, dan dapat disesuaikan untuk rentang yang lebih kecil dengan mengatur posisi awal dan posisi akhir.

Gambar 9. *Encoder AS5600*

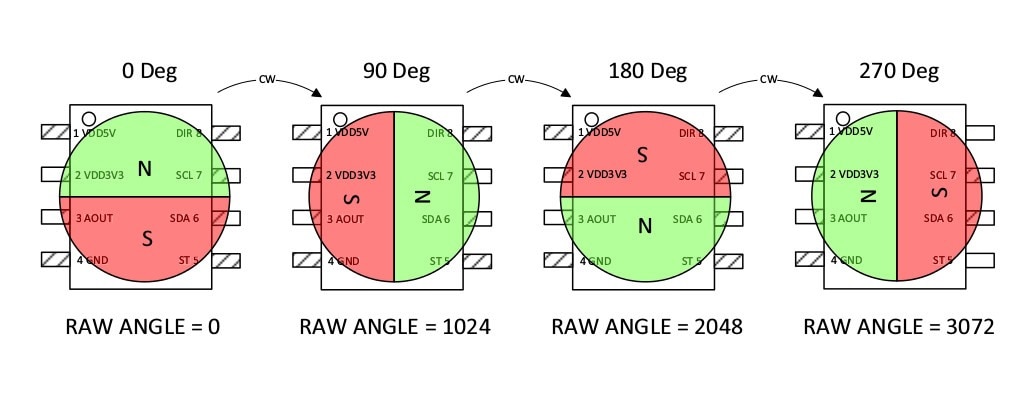
(Sumber: [https://files.seeedstudio.com](https://files.seeedstudio.com/wiki/Grove-12-bit-Magnetic-Rotary-Position-Sensor-AS5600/res/Magnetic%20Rotary%20Position%20Sensor%20AS5600%20Datasheet.pdf))



Sensor ini memanfaatkan magnet berpolar yang memiliki kutub Utara (N) dan Selatan (S), di mana masing-masing kutub tersebut akan menghasilkan keluaran dalam bentuk angka *RAW Angle*. Berikut adalah ilustrasi dari magnet *encoder*:

Gambar 10. *RAW Angle Magnetic*

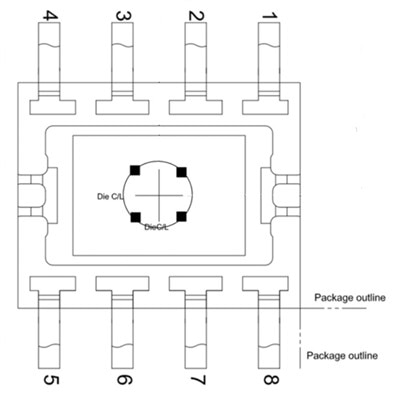
(Sumber: <https://www.fabian.com>)



IC Sensor terdapat *hall* *sensor* yang ada dalamnya dan disusun secara melingkar dan diletakkan tepat ditengah IC dengan radius 1mm.

Gambar 11. Penempatan *Hall* pada IC Sensor

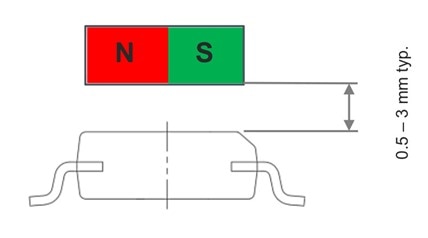
(Sumber: <https://www.fabian.com>)



Jarak penempatan yang dianjurkan antara 0.5mm sampai dengan 3mm, tergantung dari kekuatan magnet yang digunakan jika lebih besar dan kuat magnet maka semakin lebar jarak yang dapat dipasang.

Gambar 12. Jarak antara magnet ke sensor

(Sumber: <https://www.fabian.com>)

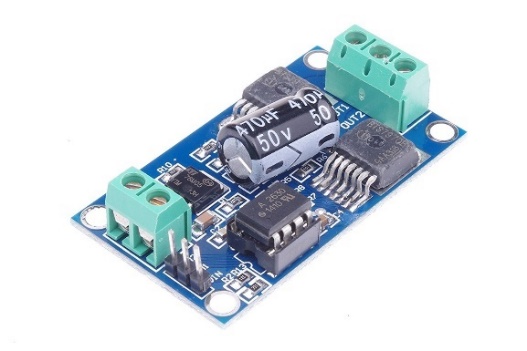


### *Driver* Motor BTN7970

BTN7970 adalah *driver half-bridge* berarus tinggi yang dirancang untuk mengendalikan motor *brushed*. Komponen ini menerima sinyal kontrol dari mikrokontroler, seperti STM32, dan memperkuat sinyal tersebut untuk menyediakan daya yang sesuai dengan kebutuhan motor.

Gambar 13. *Driver Motor BTN7970*

(Sumber: <https://www.mouser.co.id)>



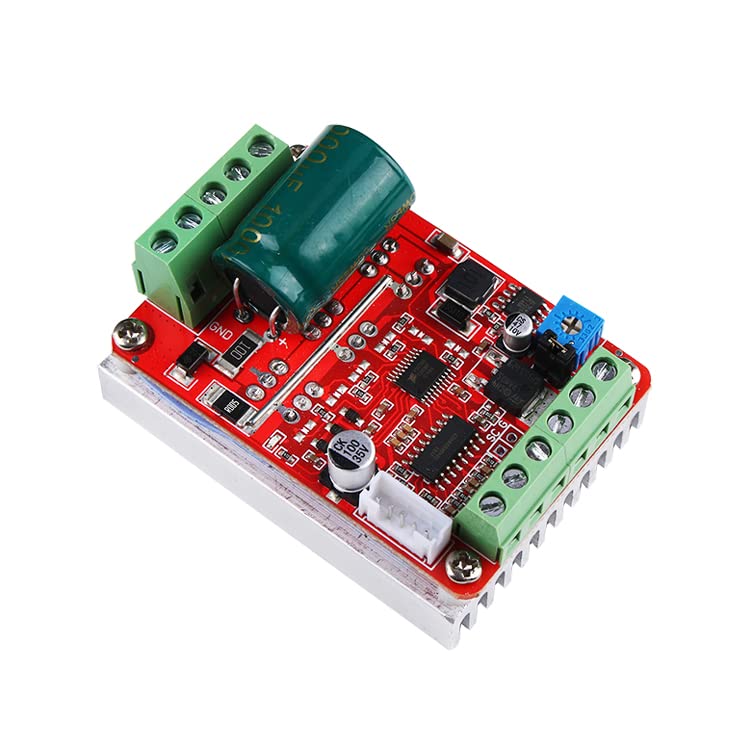
Dengan menghubungkan dua BTN7970 dalam konfigurasi *H-Bridge*, motor dapat dikendalikan dalam hal arah putaran dan kecepatannya menggunakan sinyal PWM. *Driver* ini memiliki spesifikasi utama, termasuk tegangan masukan maksimum sebesar 45V, tegangan input logika maksimum 5,3V, kemampuan PWM hingga 25 kHz, dan kapasitas arus kerja hingga 50A.

### *Driver Motor Brushless*

*Driver motor brushless* menggunakan enam buah MOSFET N-*channel* sebagai penguat, yang dikendalikan oleh IC driver MOSFET seperti IR2101 dan menerima sinyal masukan dari IC JY01 dengan logika maksimum 5V. *Driver* ini memiliki rentang tegangan kerja antara 6 hingga 60V dan mampu mengalirkan arus hingga 16A. Selain itu, *driver* ini dilengkapi dengan penerima masukan dari sensor *Hall Effect*.

Gambar 14. Driver Motor Brushless

(Sumber: [https://forum.arduino.cc](https://forum.arduino.cc/t/zs-x11h-bldc-motor-driver-arduino-gnd-connection/1097421/3))



### *Motor Brushed DC PG45*

*Motor DC* adalah perangkat listrik yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis. Prinsip kerjanya didasarkan pada induksi elektromagnetik, di mana arus yang mengalir melalui kumparan menciptakan medan magnet. Medan magnet ini menghasilkan gaya mekanis yang digunakan untuk memutar bagian-bagian mekanis motor. Untuk mengontrol motor DC, perlu dilakukan pengaturan terhadap tegangan atau arus yang dialirkan. Salah satu metode yang umum digunakan adalah pengaturan PWM. PWM adalah teknik yang digunakan untuk mengendalikan daya yang diberikan ke motor DC dengan cara mengubah lebar pulsa pada sinyal digital yang berulang.

Gambar 15. Motor PG45

(Sumber: <http://robotics.zju.edu.cn>)



Dalam hal ini digunakanlah motor PG45 atau motor *Planetary Gear* dengan diameter 45mm. dan memiliki reduksi *gear* 1:19.2. motor memiliki spesifikasi tegangan sebesar 24V dan arus dari 2.5A-5A.

### *Motor Brushless 270KV 24V 70mm*

*Motor Brushless Direct Current* (BLDC) adalah jenis motor listrik yang diperkenalkan pada tahun 1962 untuk mengatasi kelemahan yang ada pada motor DC konvensional, terutama terkait dengan kebutuhan perawatan rutin pada sikat dan komutator. Motor BLDC menggantikan komutasi mekanis dengan komutasi elektronik yang lebih handal, menggunakan sensor dan rangkaian penggerak untuk mendeteksi posisi magnet pada rotor. Informasi mengenai posisi ini digunakan untuk mengaktifkan lilitan tertentu pada stator, sehingga menghasilkan rotasi yang berkelanjutan.

Gambar 16. *Motor Brushless 270KV 24V 70mm*

(Sumber: [https://maytech.cn](https://maytech.cn/products/brushless-hub-motor-hall-sensor-motor-mto7052-hbm-60-ha))



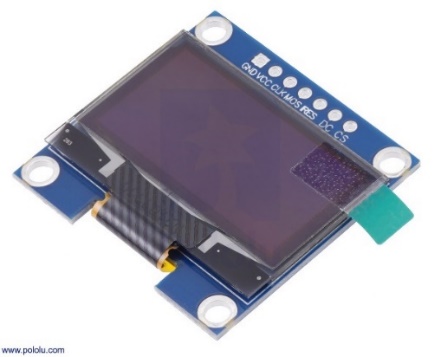
Motor ini memiliki nilai KV sebesar 270KV, yang berarti motor akan berputar sekitar 270 rpm untuk setiap volt yang diberikan saat dijalankan tanpa beban. Nilai KV (Kecepatan per Volt) menunjukkan seberapa cepat motor akan berputar untuk setiap satuan tegangan yang diterapkan, tanpa mempertimbangkan faktor beban atau hambatan lainnya. Semakin tinggi nilai KV, semakin cepat motor berputar pada tegangan tertentu, tetapi dengan torsi yang lebih rendah. Sebaliknya, nilai KV yang lebih rendah menghasilkan torsi yang lebih besar, meskipun dengan kecepatan putaran yang lebih rendah.

### *Organic Light Emitting Diode*

*Organic Light-Emitting Diode* (OLED) adalah teknologi tampilan layar generasi baru yang memanfaatkan lapisan bahan organik sebagai pemancar cahaya saat dialiri arus listrik. Tidak seperti teknologi LCD yang memerlukan cahaya latar (*backlight*), OLED menghasilkan cahaya sendiri (*self-emitting*), sehingga mampu menampilkan warna hitam yang lebih pekat dan kontras yang tinggi.

Gambar 17. *Organic Light Emitting Diode*

(Sumber: [https://www.arduinoindonesia.id](https://www.arduinoindonesia.id/2024/02/arduino-dan-oled-display-panduan-pemula.html))



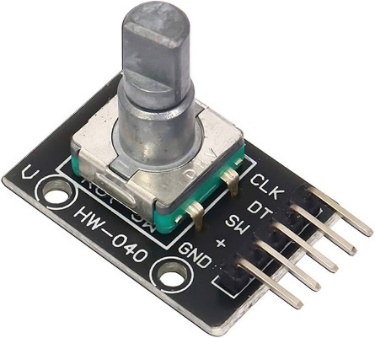
OLED terdiri dari beberapa lapisan tipis, yaitu lapisan anoda, katoda, lapisan emisi (*emissive layer*), dan lapisan penghantar (*conductive layer*). Ketika arus listrik diberikan, elektron dari katoda dan hole dari anoda bergerak menuju lapisan organik. Di lapisan emisi, elektron dan hole bertemu dan menghasilkan eksitons, yang kemudian mengalami rekombinasi dan memancarkan cahaya.

### *Rotary Encoder HW-040*

*Rotary encoder* HW-040 adalah sensor elektromekanis yang mengubah posisi atau pergerakan sudut poros menjadi sinyal listrik. Berbeda dengan potensiometer, *rotary encoder* dapat berputar 360 derajat tanpa batasan dan menghasilkan pulsa digital yang mencerminkan arah serta jumlah rotasi. Sensor ini sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan umpan balik posisi atau kecepatan, seperti pada kontrol motor, perangkat audio untuk pengaturan volume, dan antarmuka pengguna pada berbagai peralatan elektronik.

Gambar 18. *Rotary Encoder* HW-040

(Sumber: <https://circuitdigest.com>)



*Rotary encoder* bekerja dengan menghasilkan sinyal digital berdasarkan arah dan jumlah rotasi porosnya. Saat poros diputar, pin CLK dan DT menghasilkan pulsa yang berbeda fase 90 derajat. Urutan perubahan sinyal pada kedua pin ini memungkinkan penentuan arah rotasi; misalnya, jika sinyal CLK naik sebelum DT, itu menunjukkan rotasi searah jarum jam, dan sebaliknya untuk rotasi berlawanan arah jarum jam. Selain itu, modul ini memiliki tombol tekan (SW) yang dapat digunakan untuk fungsi tambahan dalam aplikasi.

## Kajian Penelitian yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Sai Tang dan Yuanhua Yu (2022) dari Changchun University of Science and Technology, China, berjudul "*Research on Closed-loop Control of Step Motor Based on Magnetic Encoder*". Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem kontrol *loop* tertutup pada *motor stepper* menggunakan sensor magnetik AS5600 berbasis efek *Hall*. Mereka merancang sistem ini untuk meningkatkan akurasi rotasi motor tanpa harus beralih ke servo motor yang lebih mahal dan besar. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan AS5600 memungkinkan deteksi sudut non-kontak dengan resolusi tinggi, mendukung kontrol presisi tanpa kehilangan langkah.

Penelitian yang dilakukan oleh Qolbun Latief Dzikrullah (2024) dari Politeknik Negeri Batam, berjudul "*Implementation of Swerve Drive for Straight Motion Movement Stability of Robots*". Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak implementasi sistem *swerve drive* terhadap stabilitas pergerakan lurus pada robot beroda Hasil dari pengujian motor kemudi menunjukkan bahwa sistem mampu mencapai sudut yang ditentukan dengan rata-rata kesalahan sebesar 8,78%. Ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat deviasi kecil, sistem kemudi tetap dapat dikendalikan secara cukup akurat. Sementara itu, pada pengujian gerak lurus, ditemukan bahwa robot mampu bergerak mendekati jalur yang ditentukan dengan nilai kesalahan sebesar 49,23%.

Penelitian yang dilakukan oleh Aji *et al*. (2022) dengan judul “Kendali PID Posisi Sudut Putar Motor DC Disertai Gangguan”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kendali PID guna mengatur posisi sudut putar motor DC secara presisi. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menguji efektivitas kendali PID dalam menjaga kestabilan posisi sudut motor meskipun terdapat gangguan eksternal. Melalui pengujian ini, peneliti ingin mengetahui karakteristik respon sistem, seperti waktu naik (*rise time*), besar *overshoot*, waktu mantap (*settling time*), dan kesalahan *steady-state*, serta membuktikan bahwa kontrol PID mampu memulihkan posisi sudut ke target dengan cepat dan akurat setelah terganggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali PID yang diterapkan mampu mengatur posisi sudut putar motor DC secara efektif dan stabil. Saat sistem berada dalam kondisi normal tanpa gangguan, motor dapat mencapai posisi target dengan waktu respons yang cepat, overshoot yang rendah, serta kesalahan steady-state yang sangat kecil. Ketika diberi gangguan, sistem mengalami sedikit deviasi dari posisi target, namun kendali PID mampu mengembalikan posisi motor ke sudut yang diinginkan dalam waktu singkat. Hal ini membuktikan bahwa kontrol PID memiliki performa yang baik dalam menjaga kestabilan posisi sudut dan dapat diandalkan untuk aplikasi-aplikasi presisi yang sensitif terhadap gangguan.

Penelitian yang dlakukan oleh Shufyan (2024) di Departemen Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta, berjudul "Pengembangan PID Controller untuk Pengendalian Sudut Gerak Lengan Robot Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Robotika" bertujuan untuk menyelidiki metode pengembangan, kinerja, dan tingkat kelayakan media pembelajaran PID controller untuk pengendalian sudut gerak lengan robot pada Mata Kuliah Robotika. Penelitian ini berjenis Research and Development, diterapkan dengan metode ADDIE (Analyze, Design, Development, Implement, Evaluate) di Departemen Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Evaluasi oleh ahli media memberikan nilai kelayakan media "Sangat Layak" dengan rata-rata persentase 93,40%, oleh uji pengguna 91,85%, dan oleh ahli materi 86,72%.

## Kerangka Berpikir

Robotika telah menjadi bagian integral dari dunia industri dan memainkan peran penting dalam kemajuan industri saat ini, terutama dalam hal *robot mobile*. Oleh karena itu, diharapkan mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika memiliki kompetensi yang memadai di bidang robotika, sehingga perlu dilakukan perbaikan atau peningkatan dalam penggunaan media pembelajaran. Pembelajaran Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika UNY masih menggunakan media pembelajaran *mobile robot* yang belum sepenuhnya mengikuti perkembangan terbaru dalam industri, terutama dalam hal navigasinya.

Penggunaan sistem penggerak *swerve drive* pada robot memiliki keunggulan dalam hal fleksibilitas gerak karena masing-masing roda dapat berputar dan digerakkan secara independen. Namun, tantangan utama dari sistem ini adalah menjaga agar sudut roda selalu sesuai dengan arah gerak yang diinginkan. Tanpa kontrol sudut yang presisi, pergerakan robot bisa menjadi tidak stabil dan menyimpang dari lintasan. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengukuran sudut yang akurat dan responsif. Dalam tugas akhir ini, digunakan sensor *magnetic encoder AS5600* yang dikenal memiliki keunggulan dalam hal presisi tinggi, ukuran kecil, dan konsumsi daya rendah. Sensor ini berfungsi sebagai detektor sudut dari roda *swerve drive* untuk memberikan umpan balik posisi sudut secara *real-time.*

Melalui proses kalibrasi dan pembacaan sudut dari AS5600, data posisi sudut roda akan diolah dan digunakan sebagai dasar pengendalian arah gerak roda menggunakan algoritma kontrol menggunakan PID. Selanjutnya, sistem diuji untuk memastikan bahwa setiap roda dapat menyesuaikan sudutnya sesuai dengan perintah gerak dari sistem kendali. Hasil yang diharapkan adalah tercapainya pergerakan robot yang lebih stabil, akurat, dan lincah. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa implementasi teknis pengaturan sudut roda menggunakan sensor AS5600, serta diharapkan dapat menunjang dan memberikan variasi pada media pembelajaran mata kuliah robotika serta mampu meningkatkan kompetensi mahasiswa pada bidang robotika.

Gambar 19. Kerangka Berpikir

A diagram of a company

AI-generated content may be incorrect.

## Pertanyaan Penelitian

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

1. Bagaimana pengembangan media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis *sensor magnetic encoder AS5600* pada Mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika UNY?
2. Bagaimana unjuk kerja media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* dalam akurasi pergerakan sudut roda?
3. Bagaimana tingkat kelayakan media pembelajaran *mekanisme swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* pada Mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika di Universitas Negeri Yogyakarta berdasarkan hasil validasi ahli media?
4. Bagaimana tingkat kelayakan media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* pada Mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika di Universitas Negeri Yogyakarta berdasarkan hasil validasi ahli materi?
5. Bagaimana tingkat kelayakan media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* pada Mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika di Universitas Negeri Yogyakarta berdasarkan hasil uji coba bagi pengguna?

# BAB III METODE PENELITIAN

## Model Pengembangan

Dalam penelitian ini, dikembangkan sebuah produk berupa mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* sebagai media pembelajaran untuk mata kuliah praktik robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang serta menguji suatu produk yang dapat diimplementasikan sebagai media pembelajaran pada Praktik Robotika. Produk tersebut diharapkan dapat memenuhi standar kriteria kelayakan yang telah ditetapkan.

Penelitian pengembangan merupakan pendekatan penelitian yang dirancang dengan tujuan utama menciptakan suatu produk tertentu, diikuti dengan evaluasi untuk menguji tingkat efektivitas dan keberhasilan produk tersebut (Sugiyono, 2013:297). 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:

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

## Prosedur Pengembangan

Prosedur pengembangan produk didasarkan pada langkah-langkah penelitian dan pengembangan menggunakan model ADDIE yang dikemukakan oleh Robert Maribe Branch (2009, p.3) dalam bukunya *Instructional Design*: *The ADDIE Approach*. Model ADDIE meliputi lima tahap: *Analyze* (Analisis), *Design* (Desain), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Berikut adalah penjelasan di setiap tahapan :

1. *Analyze* (Analisis)

Penelitian ini mencakup tahap analisis yang dilaksanakan di Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Pada tahap ini, analisis dilakukan dengan mengamati prosedur pembelajaran, terutama dalam penerapan media pembelajaran dan kompetensi yang ingin dicapai selama proses pembelajaran. Selain itu, dilakukan juga identifikasi terhadap potensi kendala dalam proses pembelajaran, kompetensi yang diperlukan, suasana belajar, serta minat mahasiswa dalam kegiatan belajar. Hasil dari analisis ini akan dievaluasi oleh pihak yang memiliki keahlian lebih dalam bidang pembelajaran teknik elektro.

Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk memastikan bahwa pendekatan pembelajaran yang diusulkan sesuai dengan standar pendidikan 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 mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* berdasarkan hasil analisis berikut:

1. Analisis Prosedur Pembelajaran

Analisis prosedur pembelajaran mencakup pemahaman yang mendalam mengenai pelaksanaan media pembelajaran dan kompetensi yang ingin dicapai selama proses belajar. Pendekatan ini didasarkan pada tinjauan terhadap silabus atau Rencana Pembelajaran Semester (RPS) untuk mata kuliah Praktik Robotika, yang memberikan panduan terperinci mengenai materi, metode pembelajaran, dan tujuan akhir yang diinginkan. Analisis ini memastikan bahwa pengembangan media pembelajaran tidak hanya sesuai dengan kurikulum, tetapi juga mampu menyampaikan materi pembelajaran secara efektif dan 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 perkembanagan industri dimana sistem navigasinya masih menggunakan roda konvensional. *Swerve drive* memiliki sejumlah kelebihan yang signifikan dibandingkan dengan roda konvensional, terutama dalam konteks mobilitas dan manuverabilitas. Salah satu keunggulan utamanya adalah kemampuannya untuk bergerak dalam berbagai arah secara simultan, yang memungkinkan robot atau kendaraan untuk melakukan manuver yang lebih lincah dan responsif. Dengan *swerve drive*, setiap roda dapat berputar secara independen dan diarahkan ke arah yang berbeda, sehingga kendaraan dapat bergerak maju, mundur, atau berbelok dengan cepat tanpa harus mengubah orientasi keseluruhan.

Maka dari itu, dibuat media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* pada mata kuliah Pratik Robotika. Hal itu diharapkan dapat menunjang dan memberikan variasi pada media pembelajaran mata kuliah robotika serta mampu meningkatkan kompetensi mahasiswa pada bidang robotika.

1. Analisis Komponen

Pengembangan media pembelajaran ini memerlukan integrasi beberapa komponen utama untuk memastikan keakuratan dan keefektifan media pembelajaran seperti sensor *magnetic encoder AS5600*, mikrokontroler STM32F1, *driver motor*, *motor brushless*, *motor brush PG45*, shield elektronik serta komponen mekanik *swerve drive*.

1. Design (Desain)

Tahap perancangan atau desain merupakan tahapan yang dikerjakan setelah tahap pertama telah selesai. Pada tahap ini, peneliti berfokus dengan membuat konsep-konsep atau melakukan identifikasi terhadap komponen yang akan di gunakan untuk membangun mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600*, baik *hardware* seperti STM32F1, *sensor magnetic encoder*, *driver motor*, *motor Brush DC PG45*, *motor brushless*, desain mekanik, desain elektronik, serta *software* yang digunakan untuk membuat program mekanisme *swerve drive*.

Rancangan desain yang dihasilkan pada tahap ini akan dievaluasi oleh pihak yang memiliki keahlian lebih dalam bidang teknik elektro dan robotika. ujuan dari evaluasi ini adalah untuk memastikan bahwa desain tersebut sesuai dengan prinsip-prinsip teknis dan memenuhi standar kualitas yang diperlukan. Selain itu, evaluasi ini juga dapat memberikan masukan untuk memperbaiki dan menyempurnakan rancangan agar dapat mencapai tujuan pembelajaran secara efektif. Berdasarkan pertimbangan tersebut, peneliti merencanakan desain media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* sambil memperhatikan beberapa aspek berikut:

1. Desain Elektronik

Pada tahapan ini akan dilakukan perancangan konsep skematik rangkaian dan langkah menentukan komponen yang digunakan seperti STM32F103C8T6, sensor *magnetic encoder*, OLED, *rotary encoder*, dan mendesain *layout schematic shield* seluruh sistem elektronik menggunakan aplikasi Autodesk Eagle. *Shield* dibuat agar membudahkan pada saat pemasangan komponen elektronik ke sistem mekanik.

1. Desain Mekanik

Pada tahap ini dilakukan perancangan desain agar mendapatkan mekanisme yang *rigid* dengan mencari bahan-bahan yang memiliki sifat ringan namun kuat. Setelah bahan-bahan terkumpul, selanjutnya perancangan desain menggunakan aplikasi Autodesk Inventor agar nantinya mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* ini dapat diimplementasikan sesuai dengan konsep dan desain yang telah direncanakan sebelumnya.

1. Desain Labsheet Media Pembelajaran

Desain labsheet memberikan gambaran menyeluruh mengenai keterkaitan antar bagian dalam labsheet. Tujuan dari penyusunan desain ini adalah untuk mempermudah proses pembuatan labsheet berikutnya serta berperan sebagai panduan praktikum yang membantu mahasiswa dalam melaksanakan eksperimen dan memahami konsep secara langsung guna mendukung proses pembelajaran. Pada tahap ini, desain labsheet mencakup penyusunan draf awal dan tata letak labsheet.

1. Desain Modul Panduan Media Pembelajaran

Modul panduan adalah dokumen yang disusun untuk memberikan arahan secara komprehensif kepada mahasiswa sebagai pengguna media pembelajaran. Desain modul ini berfungsi sebagai referensi utama yang memuat konsep-konsep penting serta langkah-langkah dalam penggunaan media pembelajaran. Pada tahap ini, desain modul panduan meliputi penyusunan draf awal dan pengaturan tata letaknya.

1. *Development* (Pengembangan)

Pada tahap sebelumnya, peneliti telah merancang atau menyusun skema kerja dari sistem mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600*. Pada langkah ini, rancangan tersebut digunakan sebagai acuan dalam proses pengembangan dan realisasi media pembelajaran, sesuai dengan hasil analisis dan desain yang telah dirumuskan sebelumnya. Selama proses pengembangan, media pembelajaran ini akan melalui evaluasi oleh para ahli di bidang robotika serta ahli media pembelajaran guna menjamin mutu dan efektivitas produk yang dihasilkan. Rancangan yang sebelumnya masih bersifat konseptual akan diimplementasikan menjadi produk nyata berupa:

1. Pengembangan Elektronik

Dalam tahap ini, konsep desain elektronik yang telah direncanakan akan diimplementasikan secara nyata. Ini melibatkan pembuatan dan perakitan rangkaian elektronik menggunakan komponen-komponen seperti mikrokontroler STM32F103C8T6. OLED, *Rotary Encoder*, *Magnetic Encoder*, serta pembuatan dan pemasangan *shield* PCB untuk STM32F103C8T6. Setelahnya, produk ini akan diuji coba untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik.

1. Pengembangan Mekanik

Pada tahap ini, implementasi akan dilakukan dari desain mekanik yang telah dibuat. Bahan-bahan yang telah dikumpulkan, seperti *sensor rotary encoder*, *motor PG45*, *motor brushless*, dan alat-alat yang akan digunakan untuk merakit robot sesuai dengan desain tiga dimensi yang telah dibuat menggunakan aplikasi Autodesk Inventor. *Swerve drive* yang dihasilkan akan diuji untuk memastikan bahwa semua bagian mekanik berfungsi dengan baik.

1. Pengembangan Labsheet

Labsheet yang telah dirancang akan diimplementasikan dengan memasukkan empat materi utama yang telah dijelaskan sebelumnya. Selanjutnya, labsheet akan disusun secara sistematis agar dapat berfungsi sebagai panduan praktikum yang membantu mahasiswa dalam melaksanakan eksperimen serta memahami berbagai konsep yang berkaitan dengan mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600.*

1. Pengembangan Modul

Modul panduan yang telah dirancang akan diimplementasikan sesuai dengan struktur yang telah ditentukan. Materi yang berkaitan dengan mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* akan dimuat di dalamnya. Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak, termasuk penjelasan mendetail mengenai komponen-komponen yang digunakan, akan disusun secara sistematis. Modul ini juga akan menyajikan langkah-langkah penggunaan media pembelajaran secara rinci, mulai dari tahap persiapan awal, pengoperasian robot, hingga proses analisis data hasil keluaran.

1. *Implementation* (Implementasi)

Implementasi merupakan tahap yang dilakukan setelah proses pengembangan media pembelajaran selesai. Pada tahap ini, media pembelajaran yang telah dibuat mulai diterapkan untuk menilai sejauh mana kelayakannya. Pelaksanaan implementasi media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetik encoder AS5600* dilakukan pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta yang telah atau sedang mengikuti mata kuliah Praktik Robotika. Tujuan dari implementasi ini adalah untuk menilai kesesuaian media pembelajaran dengan kompetensi mahasiswa di bidang robotika, sehingga tujuan pembelajaran yang dirancang dapat tercapai sesuai dengan harapan para pengajar.

1. *Evaluation* (Evaluasi)

Tahap evaluasi merupakan bagian yang terdapat dalam setiap langkah pada model pengembangan ADDIE. Evaluasi ini menghasilkan masukan dan umpan balik yang akan digunakan sebagai acuan untuk melakukan penyempurnaan serta meningkatkan mutu media pembelajaran yang telah dikembangkan.

1. Evaluasi Hasil Analisis

Evaluasi pada tahap analisis dilakukan dengan melibatkan dosen pembimbing sebagai pihak yang memberikan penilaian. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk memastikan bahwa pendekatan pembelajaran yang dirancang telah selaras dengan standar pendidikan dan kebutuhan kurikulum. Masukan dari dosen pembimbing pada tahap ini akan dijadikan acuan dalam memperbaiki serta menyempurnakan rencana dan konsep yang telah dirancang.

1. Evaluasi Hasil Desain

Pada tahap desain, evaluasi kembali melibatkan dosen pembimbing. Pada fase ini, fokus evaluasi akan tertuju pada konsep desain elektronik, mekanik, labsheet, dan modul panduan media pembelajaran. Umpan balik dari dosen pembimbing akan sangat membantu dalam memastikan bahwa desain yang telah dibuat sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan dapat diimplementasikan dengan efektif.

1. Evaluasi Hasil Pengembangan

Pada tahap ini, hasil pengembangan media pembelajaran akan dievaluasi oleh dosen pembimbing, ahli materi, dan ahli media yang berpengalaman dalam bidang robotika. Evaluasi ini mencakup penerapan nyata dari desain, baik dalam aspek elektronik maupun mekanik, serta pengembangan labsheet dan modul panduan.

1. Evaluasi Hasil Implementasi

Evaluasi tahap implementasi dilakukan oleh pengguna media pembelajaran, yaitu mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika di Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah atau sedang mengikuti mata kuliah Praktik Robotika. Evaluasi ini akan berfokus pada sejauh mana media pembelajaran dapat berkontribusi terhadap pemahaman mahasiswa mengenai mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600*.

Selain itu, evaluasi ini juga bertujuan untuk menilai kesesuaian media pembelajaran dengan kompetensi mahasiswa di bidang robotika, sehingga tujuan pembelajaran yang diharapkan oleh para pendidik dapat tercapai. Umpan balik dari mahasiswa ini tidak hanya akan membantu mengidentifikasi aspek-aspek yang perlu diperbaiki dalam implementasi langsung, tetapi juga memberikan gambaran mengenai efektivitas media pembelajaran dalam mencapai tujuan akademis yang diinginkan oleh lembaga pendidikan.

## Desain Uji Coba Produk

### Tempat dan Waktu Uji Coba Produk

Penelitian ini dilakukan secara mandiri oleh peneliti dalam jangka waktu dua bulan, yaitu dari bulan Februari hingga Mei 2025. Tempat pelaksanaan penelitian berada di Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.

### Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini antara lain:

1. 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.

1. Validator Materi

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

1. Validator Media

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

### Teknik Pengumpulan Data

Penelitian pengembangan ini didasarkan pada instrumen penelitian yang memiliki peran penting dalam menentukan kualitas data yang diperoleh. Pada tahap ini, penelitian mengenai mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetik encoder AS5600* sebagai media pembelajaran dalam Mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika. Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner dengan menggunakan skala Likert empat tingkat pilihan.

Menurut Sugiyono (2016:206) dengan menggunakan alat bantu berupa media kuesioner peneliti dapat melakukan pengembangan dan juga pengujian terhadap produk yang dikembangkan. Kuesioner tersebut memuat pernyataan-pernyataan yang berkaitan dengan media pembelajaran, yang diisi oleh pengguna sebagai bentuk umpan balik. Umpan balik ini nantinya dimanfaatkan untuk melakukan evaluasi dan penyempurnaan. Tujuan dari angket ini adalah untuk menilai tingkat kelayakan produk sebagai media pembelajaran.

### Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian berfungsi sebagai alat untuk mengukur objek yang diteliti dalam proses pengumpulan data dari berbagai variabel, yang kemudian akan diolah dan diuji validitas serta reliabilitasnya. Dalam penelitian pengembangan mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* sebagai media pembelajaran pada Mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, digunakan instrumen berupa kuesioner dengan skala Likert empat pilihan sebagai alat ukur kelayakan. Kuesioner ini diisi oleh ahli materi, ahli media, serta mahasiswa sebagai pengguna media pembelajaran. Adapun instrumen yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Instumen Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Ahli Materi

Uji kelayakan ini bertujuan untuk menilai sejauh mana materi pembelajaran yang dikembangkan memenuhi standar kelayakan, yang ditinjau dari tiga aspek utama, yaitu keterkaitan materi dengan tujuan pembelajaran, cara penyajian materi, serta penggunaan bahasa.

Tabel 1. Kisi-kisi Instrumen Kelayakan Materi

(Sumber: Rizqi, 2023)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No. | Aspek | Indikator | 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 |

1. Instrumen Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Ahli Media

Uji kelayakan ini dilakukan untuk menilai sejauh mana media pembelajaran yang dikembangkan layak digunakan, dengan mengacu pada tiga aspek utama, yaitu manfaat dari media tersebut, kelengkapan perangkat media, serta kemudahan dalam penggunaannya.

Tabel 2. Kisi-kisi Instrumen Media

(Sumber: Rizqi, 2023)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No. | Aspek | Indikator | 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 |
| Keseuaian fungsi dan perangkat pada media pembelajaran | 12,13,14 |
| 3 | Kemudahan dalam Penggunaan | Kemudahan penggunaan dan kemenarikan media pembelajaran | 15,16,17 |

1. Instrumen Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Pengguna

Uji kelayakan ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana media dan materi pembelajaran yang dikembangkan memenuhi standar kelayakan, dengan meninjau tiga aspek utama, yaitu kualitas isi dan kesesuaian dengan tujuan, kualitas dalam mendukung proses pembelajaran, serta efektivitas penggunaannya.

Tabel 3. Kisi-kisi Instrumen Kelayakan Pengguna

(Sumber: Rizi, 2023)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No. | Aspek | Indikator | 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 | Kembudahan | 8,11 |
| Motivasi untuk belajar | 9 |
| Menambah Semangat | 10 |

### Pengujian Instrumen

1. Validitas Instrumen

Sugiyono (2016, p.177) menyatakan bahwa salah satu faktor utama dalam meningkatkan efektivitas proses pengumpulan data adalah memastikan validitas dan reliabilitas instrumen penelitian. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini, baik dalam bentuk tes maupun angket, telah melalui pengujian dengan beberapa macam validitas, yaitu validitas isi, validitas konstruk, serta validitas empiris.

Sugiyono (2016, p.125) juga menjelaskan bahwa validitas isi dapat diuji dengan membandingkan isi instrumen dengan materi pembelajaran yang telah diberikan. Instrumen perlu dirancang berdasarkan program yang telah disusun sebelumnya agar mampu mengukur efektivitas pelaksanaan program secara tepat. Selain itu, untuk mengevaluasi tingkat pencapaian tujuan pembelajaran, instrumen harus disesuaikan dengan rumusan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Pengembangan media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* melibatkan proses penilaian oleh para ahli (*judgment expert*), yang terdiri dari dua dosen dari Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Proses uji validitas dilakukan menggunakan instrumen yang telah disusun berdasarkan kisi-kisi angket dan aspek-aspek yang diukur sesuai dengan teori-teori pendukung dalam penelitian ini. Penilaian yang diberikan oleh para ahli menjadi dasar untuk menentukan kelayakan media pembelajaran, apakah sudah dapat digunakan tanpa revisi, perlu perbaikan sebelum digunakan, atau belum layak untuk digunakan.

### Reabilitas Instrumen

Reliabilitas instrumen merujuk pada sejauh mana suatu alat ukur dapat menghasilkan data yang konsisten dan stabil ketika digunakan dalam kondisi yang sama pada waktu yang berbeda (Forester & Khater, 2024). Instrumen yang andal akan menghasilkan hasil yang konsisten ketika pengukuran dilakukan berulang kali pada subjek yang sama, selama tidak ada perubahan kondisi yang signifikan. Konsistensi ini penting agar data yang dikumpulkan dapat dianggap akurat dan mencerminkan keadaan yang sebenarnya. Salah satu cara yang sering digunakan untuk menilai tingkat keandalan suatu instrumen adalah melalui koefisien Alpha Cronbach. Koefisien ini digunakan untuk menilai konsistensi internal, yaitu sejauh mana butir-butir dalam instrumen tersebut saling berkaitan dalam mengukur satu konstruk yang sama. Rumus Alpha Cronbach dirumuskan sebagai berikut:

Keterangan :

= koefisien reliabilitasAlpha Cronbach

= jumlah item dalam instrumen

= varians skor pada item ke-i

= varian total skor

Hasil perhitungan yang diperoleh dikategorikan kedalam skala bertingkat berdasarkan kriteria sesuai pada tabel berikut.

### Teknik Analisa Data

Analisis data dalam penelitian ini diperoleh melalui penyebaran angket kepada responden yang merupakan mahasiswa dari Departemen Pendidikan Teknik Elektro FT UNY. Angket yang dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif. Menurut Sugiyono (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 dengan empat opsi dianggap lebih efektif dibandingkan dengan lima opsi karena mendorong responden untuk memberikan jawaban yang lebih tegas, tanpa menyisakan ruang untuk pilihan netral atau ketidakpastian.

Tabel 4. Kategori Skala Likert

(Sumber: Sugiyono, 2013:94)

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

Skor yang diberikan oleh penilai maupun pengguna akan diolah berdasarkan rentang skor tertentu dan disajikan dalam bentuk pernyataan dengan kategori tingkat kelayakan. Penetapan skor ini mengacu pada pedoman yang dikemukakan oleh Sudjana (2017:77), yang mengonversi skor mentah menjadi standar huruf (A, B, C, D) atau angka (4, 3, 2, 1). Dalam konversi ini, huruf A setara dengan nilai 4 yang berarti Sangat Setuju, huruf B bernilai 3 yang berarti Setuju, huruf C bernilai 2 yang berarti Tidak Setuju, dan huruf D bernilai 1 yang berarti Sangat Tidak Setuju.

Dalam pengisian angket, responden menilai berdasarkan tingkat kelayakan media pembelajaran yang disediakan. Penelitian yang berjudul *Pengembangan Mekaniksme Swerve Drive Berbasis Sensor Magnetic Encoder Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika* melibatkan sejumlah variabel yang dijadikan dasar dalam proses pengembangan media pembelajaran, di antaranya adalah:

1. Menentukan kelas interval dengan empat kategori penilaian, yaitu sangat layak, layak, kurang layak, dan tidak layak.
2. Pembatasan skor maksimum dan skor minimum

= 1 ×jumlah butir

= 4 ×jumlah butir

1. Pembatasan nilai tengah ideal dan simpangan baku ideal
2. Menentukan kategori kelayakan media pembelajaran dengan menggunakan konversi skor ideal sesuai tabel berikut :

Tabel 5. Klasifikasi Penilaian

(Sumber: Widiyoko, 2017:238)

|  |  |
| --- | --- |
| Interval Nilai | Kategori |
|  | Sangat Layak |
|  | Layak |
|  | Cukup |
|  | Kurang Layak |
|  | Tidak Layak |

Berdasarkan tingkat kelayakan di atas, dapat diamati dari skor akhir penilaian. Skor tersebut mejadi acuan untuk menilai media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* ahli media, ahli materi, dan pengguna. Skor dari angket mengindikasikan sejauh mana tingkat kelayakan media pembelajaran mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600.*

# BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

1. **Hasil Pengembangan Produk**

Metode dengan model ADDIE, dikembangkan oleh Robert Maribe Branch telah diuji dalam penelitian ini oleh para ahli (media dan materi) serta pengguna. Hasil pengujian dievaluasi berupa penilaian dari para penguji kemudian digunakan untuk melakukan revisi sesuai dengan masukan yang diberikan. Tahapan penelitian ADDIE yang dilakukan mencakup:

1. **Hasil Analisis (*Analyze*)**

Selama proses penelitian, dilakukan analisis terhadap dua aspek utama:

1. Hasil Analisa Prosedur Pembelajaran

Pada proses penelitian, dilakukan observasi yang dilakukan di Departemen pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta terhadap pelaksanaan media pembelajaran dan kompetensi yang diharapkan dicapai selama proses pembelajaran yaitu dengan melakukan 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.

Pembelajaran pada Praktik Robotika yang ada di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika Universitas Negeri Yogyakarta masih menggunakan media pembelajaran *mobile robot* yang belum mengikuti perkembangan sesuai dunia industri yang navigasinya masih menggunakan roda konvensional. Pergerakan *mobile robot* akan menjadi lebih leluasa dengan penggunaan sistem penggerak *swerve drive,* karena sistem penggerak ini memiliki keunggulan dalam hal fleksibilitas gerak karena masing-masing roda dapat berputar dan digerakkan secara independen. Berikut adalah hasil observasi tersebut:

1. Masih minimnya media pembelajaran *mobile robot* terkait pengembangan mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* 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 mekanisme *swerve drive* berbasis sensor *magnetic encoder AS5600* sebagai media pembelajaran mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta yang sesuai dengan kebutuhan industri.

Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan, maka media pembelajaran yang akan dikembangkan adalah “Mekanisme S*werve Drive* berbasis Sensor *Magnetic Encoder AS5600*”

1. Hasil Analisa Komponen

Media pembelajaran Mekanisme *Swerve Drive* berbasis Sensor *Magnetic Encoder AS5600* menggunakan komponen seperti pada tabel dibawah.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Nama Komponen | Jumlah | Keterangan |
| 1 | Alumunium Profile | 1 | Kerangka penyusun robot |
| 2 | Baterai Li-Po | 1 | Sumber daya sistem elektronik dan aktuator |
| 3 | Driver Motor BTN7970 | 1 | Pengatur supply tegangan motor brush PG45 |
| 4 | Driver Motor Brushless | 1 | Pengatur supply tegangan motor brushless |
| 5 | STM32F103C8T6 | 1 | Mikrokontroler untuk sistem swerve drive |
| 6 | Magnetic Encoder AS5600 | 1 | Sensor pengatur sudur swerve drive |
| 7 | Rotary Encoder HW-040 | 1 | Sensor pemilih menu tampilan |
| 8 | OLED | 1 | Layanan monitor menu |
| 9 | Motor PG45 | 1 | Aktuator |
| 10 | Motor Brushless 270KV 24V 70mm | 1 | Aktuator |
| 11 | Modul Step Down LM2596 | 1 | Penstabil tegangan |

1. **Hasil Desain (*Design)***
2. **Hasil Desain Elektronik**

1. **Hasil Desain Mekanik**
2. **Hasil Desain Program**
3. **Hasil Desain Labsheet**
4. **Hasil Desain Modul**
5. **Hasil Pengembangan (*Development)***
6. **Hasil Pengembangan Elektronik**
7. **Hasil Pengembangan Mekanik**
8. **Hasil Pengembangan Program**
9. **Hasil Pengembangan Labsheet**
10. **Hasil Pengembangan Modul**
11. **Hasil Implementasi (*Implementation)***
12. **Mempersiapkan Pendidik**
13. **Mempersiapkan Peserta Didik**
14. **Hasil Evaluasi (*Evaluation)***
15. **Hasil Uji Coba Produk**
16. **Uji Blackbox**
17. **Pengujian Alat**
18. **Uji Kelayakan Materi dan Media Pembelajaran**
19. **Analisis Data**
20. **Kelayakan Materi**
21. **Kelayakan Media**
22. **Uji Pengguna**
23. **Uji Reliabilitas**
24. **Revisi Produk**
25. **Hasil Revisi Berdasarkan Ahli Materi**
26. **Hasil Revisi Berdasarkan Ahli Media**
27. **Kajian Produk**
28. **Keterbatasan Penelitian**

# DAFTAR PUSTAKA

A.F. Aji, Sihono, B. Supriyo, V.S. Kartika, A. Ali, & A.R. Ashriyati. (2022). *Kendali PID Posisi Sudut Putar Motor DC Disertai Gangguan*. Jurnal Orbith, 18(2).

Amthari, W., Muhammad, D., & Anggereini, E. (2021). Pengembangan E-LKPD Berbasis Saintifik Materi Sistem Pernapasan pada Manusia Kelas XI SMA. Biodik, 7(3), 28–35. <https://doi.org/10.22437/bio.v7i3.13239>

Arifin, M., Widodo, A., & Rahmawati, N. (2022). Perancangan dan implementasi kendali gerak robot dengan sistem swerve drive menggunakan mikrokontroler ESP32. *Jurnal Metrotech*, *14*(2), 56–63. [09](https://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/metrotech/article/view/5028)

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>

Branch, R. M. (2009). Instructional Design: The ADDIE Approach. Springer.

Cecep, K., & Bambang S. (2011). Media pembelajaran: Manual dan Digital. Ghalia Indonesia.

Daniyati, A., Saputri, I. B., Wijaya, R., Septiyani, S. A., & Setiawan, U. (2023). Konsep dasar media pembelajaran. Jurnal of Student Research (JSR), 1(1), 282 294. <https://doi.org/10.55606/jsr.v1i1.993>

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).

DeNoma, B., Kendall, M., & Poulos, N. (2022). 4-wheel independent steering “swerve drive”. Senior Design Proposal submitted to the Department of Mechanical and Materials Engineering, College of Engineering and Applied Science, University of Cincinnati.

Dzikrullah, Q. L. (2024). *Implementation of Swerve Drive for Straight Motion Movement Stability of Robots* [Skripsi, Politeknik Negeri Batam]. Polibatam Repository. <https://repository.polibatam.ac.id/items/2ec20e85-237a-4ec9-8e09-f893cb515c8f>

Emiyati, A., & Kurniawan, A. H. (2022). Media pembelajaran. CV. Eureka Media Aksara.

Forester, B. J., & Khater, A. I. A. (2024). Penelitian kuantitatif: Uji reliabilitas. Edu Society: Jurnal Pendidikan, Ilmu Sosial, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, 4(3), 1812-182. <https://jurnal.permapendis-sumut.org/index.php/edusociety>

Isnaeni, N., & Hildayah, D. (2020). Media pembelajaran dalam pembentukan interaksi belajar siswa. Jurnal Syntax Transformation, 1(5), 148-156. <https://doi.org/10.46799/jst.v1i5.69>

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>

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 di jenjang SD. CV Jejak.

Prayogi, N. R., et al. (2024). *Implementasi modular papan kontroler swerve drive: Komunikasi SPI*. *Metrotech (Journal of Mechanical and Electrical Technology)*, *3*(3), 116–124.<https://doi.org/10.70609/metrotech.v3i3.5028>

Qabila, A. P. (2023). Pengembangan path tracking pada robot menggunakan odometry sebagai media pembelajaran mata kuliah praktik robotika pada program studi Pendidikan Teknik Mekatronika [Skripsi sarjana, Universitas Negeri Yogyakarta]. Repositori Universitas Negeri Yogyakarta.

Raharjo, B. (2021). PENGEMBANGAN FOUR-WHEEL OMNI ROBOT DENGAN SISTEM INVERSE KINEMATIC SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PADA MATA KULIAH ROBOTIKA. Universitas Negeri Yogyakarta.

Republik Indonesia. (2003). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional. Kementerian Sekretariat Negara.

Rizqi, M. (2023). Pengembangan Sistem Lift Robot Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika Pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika. Universitas Negeri Yogyakarta.

Siradjuddin, I., Nugroho, R. A., & Ismail, M. (2022). Perancangan dan implementasi kinematika pada sistem swerve drive empat roda. *Jurnal Eltek*, *20*(1), 16–24. <https://jurnal.polinema.ac.id/index.php/eltek/article/view/3102>

Sudjana, N. (2017). Penelitian Hasil Proses Belajar Mengajar. Remaja Rosdakarya.

Sugiyono, D. (2013). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Tindakan.

Sugiyono. (2015). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Alfabeta.

Sugiyono. (2016). Metode Penelitian & Pengembangan: Research and Development. Alfabeta.

Suhendar. (2020). Dasar Teknik Kendali. Tangerang: Media Edukasi Indonesia.

Sumarni, S. (2019). MODEL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN (R&D) LIMA TAHAP (MANTAP). <http://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/39153>

Tang, S., & Yu, Y. (2022). *Research on closed-loop control of step motor based on magnetic encoder*. Changchun University of Science and Technology. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2315/1/012012>

Widiyoko, E. P. (2017). Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian. Pustaka Pelajar.

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>