



PENGEMBANGAN TRAINER LINE FOLLOWER UNTUK PEMBELAJARAN SISTEM KONTROL DI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Arisandi¹, Mohammad Nur Cholis², Alfiati Hasanah³.

^{1,2,3}Fakultas Sain dan Teknologi, Universitas Insan Budi Utomo

Email: kediri.arisandi@gmail.com¹, Cholis8918@gmail.com², alfiatihasanah@gmail.com³

Informasi Artikel		ABSTRACT
Riwayat artikel : Disubmit : Direvisi : Diterima : Dipublikasi: 20 Desember 2023		<i>In the control system course there are competencies for the realization of PID control systems that must be achieved. Line followers can be controlled with PID so that they can be applied in learning control systems according to these competencies. Trainer development model based PID line follower movement adopts the model of development Pustekom Depdiknas and ADDIE which consists of 6 stages: (1) Surgical Curriculum; (2) Analysis of instructional media needs control systems; (3) The design of learning media such as line follower movement trainer based on PID; (4) Line follower movement trainer developing based on PID; (5) Implementation line follower movement trainer based on PID; (6) Evaluation. Based on test results, the percentage obtained from each subject try the following: (1) In media expert, obtained a percentage of 95,64%, 2) In content expert, obtained by a percentage of 95,19%, (3) In small groups, the percentage of 90,7% is obtained for the media and 92,3% for content. It can be concluded that trainer PID line follower is feasible to be used as a media of learning.</i>
Keywords: <i>line follower, trainner, developing, control system, PID control.</i>		
		ABSTRAK
Kata Kunci: <i>line follower, trainer, pengembangan, sistem kontrol, PID.</i>		Pada mata kuliah sistem kontrol terdapat kompetensi realisasi sistem kontrol PID yang harus dicapai. <i>Line follower</i> dapat dikontrol dengan PID sehingga dapat diterapkan dalam pembelajaran sistem kontrol sesuai dengan kompetensi tersebut. Pengembangan <i>trainer line follower</i> berbasis PID ini mengadopsi model pengembangan Pustekom Depdiknas dan ADDIE yang terdiri dari 6 tahap yaitu: (1) Bedah Kurikulum; (2) Analisis kebutuhan media pembelajaran sistem kontrol; (3) Desain media pembelajaran berupa <i>trainer</i> pergerakan <i>line follower</i> berbasis PID; (4) Pengembangan <i>trainer</i> pergerakan <i>line follower</i> berbasis PID; (5) Implementasi <i>trainer</i> pergerakan <i>line follower</i> berbasis PID; (6) Evaluasi. Berdasarkan pada hasil uji coba, diperoleh presentase dari tiap-tiap subyek coba sebagai berikut: (1) Pada ahli media, diperoleh presentase sebesar 95,64 %, (2) Pada ahli materi, diperoleh presentase sebesar 95,19 %, (3) Pada kelompok kecil, diperoleh presentase sebesar 90,7 % untuk media dan 92,3 % untuk materi. Dapat disimpulkan bahwa <i>trainer line follower</i> ini layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran.



PENDAHULUAN

Proses pembelajaran pada satuan pendidikan diselenggarakan secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik (PP No.19 Th.2005). Dalam menjalankan suatu proses pembelajaran, diperlukan suatu media pembelajaran. Manfaat media pembelajaran adalah penyampaian materi pembelajaran dapat diseragamkan, proses pembelajaran menjadi lebih jelas dan menarik, proses pembelajaran menjadi lebih interaktif, efisiensi dalam waktu dan tenaga, meningkatkan kualitas hasil belajar siswa, memungkinkan proses belajar dapat dilakukan di mana saja dan kapan saja, menumbuhkan sikap positif siswa terhadap materi dan proses belajar serta mengubah peran guru ke arah yang lebih positif dan produktif.

Pada mata kuliah sistem kontrol terdapat beberapa kompetensi yang harus dicapai, salah satunya adalah realisasi sistem kontrol PID. Pada kompetensi tersebut, Jurusan Teknik Elektro perlu membuat suatu media pembelajaran agar memudahkan mahasiswa dalam memahami pembelajaran. Penelitian oleh Prabowo (2013) dengan judul “Aplikasi PID pada Robot Line Follower berbasis Mikrokontroler AT-8535” diperoleh hasil kontrol PID berfungsi supaya robot dapat tetap berjalan sesuai dengan data yang dibaca pada sensor dan diolah berdasarkan pengaturan kontrol P (*Proportional*), D (*Derivatif*) dan I (*Integral*) untuk bernavigasi dan bergerak secara otomatis dan mengikuti alur garis hitam atau *tracking* yang dibuat. Kemudian menurut penelitian Miftahul (2016) dengan judul “Pengontrolan Kecepatan Mobile Robot Line Follower dengan Sistem Kontrol PID” diperoleh hasil bahwa kontrol PID memberikan perubahan pergerakan *mobile robot line follower* menjadi lebih halus tanpa menimbulkan pergerakan yang kaku pada kecepatan *mobile robot line follower*. Pada penelitian berikutnya oleh Prasetyo (2022) dengan judul “Sistem Kontrol PID pada Purwarupa Robot Pembawa Barang berbasis Line Follower menggunakan Algoritma Path Planning” yang membahas tentang sistem kontrol PID untuk menstabilkan gerak robot saat bergerak pada garis dan menggunakan algoritma *path planning* untuk menentukan arah yang akan dilalui oleh robot.

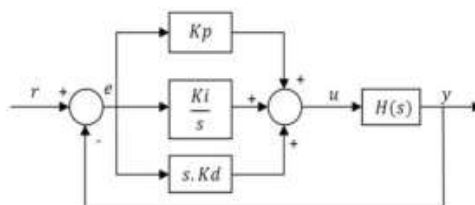
Berdasarkan penelitian terdahulu yang sudah dilakukan, maka penting diterapkan media pembelajaran untuk memudahkan dalam memahami konsep kontrol PID dalam mata kuliah sistem kontrol. Dari hasil yang ada, *line follower* dapat dikontrol dengan PID sehingga dapat diterapkan dalam pembelajaran sistem kontrol dengan kompetensi realisasi sistem kontrol PID. Maka dari itu, peneliti memilih media berupa *trainer line follower* berbasis PID untuk menunjang mata kuliah sistem kontrol pada kompetensi realisasi sistem kontrol PID karena mudah dimengerti, menarik dan umum digunakan.



Trainer berupa kontrol *line follower* berbasis PID diharapkan dapat membantu memecahkan masalah dalam pemahaman prinsip PID sehingga membantu proses praktikum mahasiswa. Dengan menganalisis suatu aplikasi sederhana dari sistem kontrol, selanjutnya mahasiswa akan memahami sehingga dapat dijadikan bahan literatur untuk membuat suatu aplikasi yang lebih kompleks. *Line follower* pada saat ini sering kita jumpai pada *event* lomba robot antar mahasiswa. Setiap tahun atau semester perguruan tinggi bergantian menyelenggarakan *event* lomba *line follower* seperti LTDC di Universitas Negeri Malang, BARONAS di ITS, Ebotec di UGM, ELCCO di Universitas UDAYANA, hingga KRI, serta masih banyak lagi. Dengan demikian, maka diharapkan mahasiswa dapat memahami konsep PID dan terpacu dalam *event* lomba sehingga dapat memacu prestasi mahasiswa.

Sadiman, dkk (2014) menyampaikan fungsi media (media pendidikan) secara umum, adalah sebagai berikut: (1) memperjelas penyajian pesan agar tidak terlalu bersifat *verbalistik*; (2) mengatasi keterbatasan ruang, waktu, dan daya indera, misal objek yang terlalu besar untuk dibawa ke kelas dapat diganti dengan gambar, *slide*, dan lain sebagainya; (3) meningkatkan minat belajar, memungkinkan siswa belajar sendiri berdasarkan minat dan kemampuannya, dan mengatasi sikap pasif siswa; dan (4) memberikan rangsangan yang sama, dapat menyamakan pengalaman dan persepsi siswa terhadap isi pelajaran. Menurut Anindya (2023) Media pembelajaran interaktif memiliki tujuan ujian untuk meningkatkan pembelajaran yang aktif, kreatif, dan inovatif serta meningkatkan semangat dan motivasi belajar peserta didik.

Kontrol PID atau kontrol *Propotional*, *Integral*, dan *Derivatife* merupakan sistem yang digunakan untuk mengatur/mengontrol output dari sistem yang digunakan. Sistem Kontrol PID dapat disebut juga sebagai sistem kendali *loop* tertutup karena memiliki *feedback*. Kontrol PID berguna untuk menghitung kesalahan nilai variabel yang diukur dan *setpoint* yang ditentukan guna mencoba untuk memperkecil nilai *error* yang ada (Cardozo, 2012).



Gambar 1 Diagram blok PID

KP merupakan konstanta *propotional* yang berfungsi sebagai penguatan, KI merupakan konstanta *integral* yang berfungsi untuk memperkecil *readystate response*, dan KD merupakan konstanta *Derivatife* yang berfungsi untuk mengurangi efek *over shoot*. Rumus PID dapat ditulis dalam bentuk Persamaan (1).



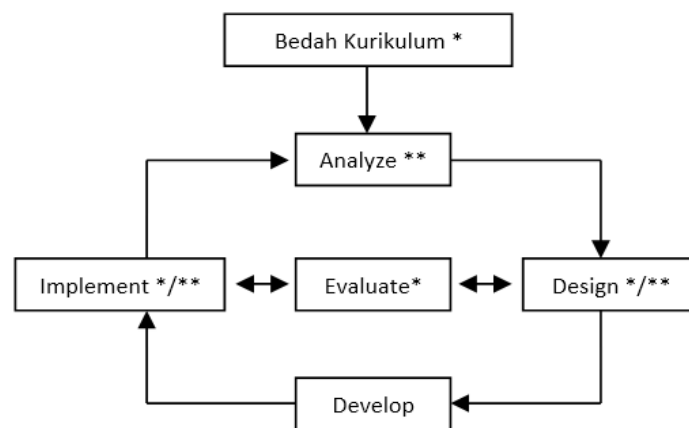
$$u(t) = k_p e(t) + k_i \int e(t) dt + k_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots(1)$$

Keterangan:

KP=Konstanta Propotional; Ki=Konstanta integral; Kd=Konstanta Derivatife; E=error; u(t)=PID kontrol variable

METODE PENELITIAN

Model pengembangan *trainer* pergerakan *line follower* berbasis PID ini mengadopsi model pengembangan Pustekom Depdiknas dan ADDIE yang terdiri dari 6 tahap yaitu: (1) Bedah Kurikulum; (2) Analisis kebutuhan media pembelajaran sistem kontrol; (3) Desain media pembelajaran berupa *trainer* pergerakan *line follower* berbasis PID; (4) Pengembangan *trainer* pergerakan *line follower* berbasis PID; (5) Implementasi *trainer* pergerakan *line follower* berbasis PID; (6) Evaluasi.



Gambar 2. Langkah-langkah model pengembangan

Keterangan gambar 2:

* : Diadopsi model pengembangan Pustekom Depdiknas

** : Diadopsi model pengembangan ADDIE

1. Prosedur Pengembangan *Trainer*

a. Bedah Kurikulum

Dalam pengembangan bahan pembelajaran, maka tidak luput dari kurikulum. Karena kurikulum adalah pedoman dalam suatu proses pembelajaran disetiap instansi pendidikan. Oleh karena sebelum melakukan penelitian pengembangan untuk dunia pendidikan, maka langkah pertama adalah mempelajari kurikulum dari mata pelajaran tersebut. Bedah kurikulum yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada katalog Jurusan Teknik Elektro Realisasi Sistem Kontrol PID.

b. Analisis Kebutuhan Media Pembelajaran Sistem Kontrol



Langkah awal yang ditempuh pengembang adalah observasi dan wawancara kepada calon yang diteliti. Tujuan dilakukannya observasi dan wawancara ini adalah untuk mengetahui dan mendapatkan keterangan, gambaran serta masukan mengenai media apa yang selama ini digunakan dalam proses pembelajaran sehari-hari, sehingga dapat diketahui media apa yang tepat untuk dikembangkan dalam proses belajar mengajar khususnya mata kuliah sistem kontrol guna mencapai efektifitas proses belajar mengajar.

Berdasarkan analisis, jurusan teknik elektro belum memiliki *trainer* untuk mata kuliah sistem kontrol dengan kompetensi realisasi sistem kontrol PID. Realisasi sistem kontrol PID sangat penting karena dengan mahasiswa dapat membuat suatu kendali berbasis PID maka diharapkan mereka akan dapat membuat kendali yang lebih kompleks sesuai dengan kebutuhan teknologi sekarang ini.

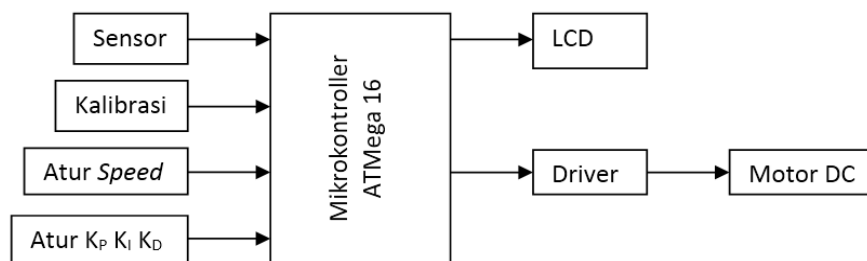
Dari analisa dilapangan, realisasi sistem kontrol PID pada *line follower* dipilih karena banyaknya mahasiswa yang mulai gemar bermain *line follower*. Pada *line follower* dapat diamati pergerakan *line follower* berdasarkan pengaturan nilai K_P , K_I , dan K_D robot. Jika pengaturan sesuai maka pergerakan robot akan baik dan jika pengaturan kurang tepat maka pergerakan robot tidak maksimal. Pergerakan dikatakan baik jika respon perbaikan *error* robot sesuai dengan kebutuhan pada robot agar robot tidak getas dan robot berusaha mempertahankan pada posisi ditengah garis. Dengan demikian mahasiswa dapat mengetahui fungsi dari masing-masing pengontrol untuk membuat sistem yang lebih kompleks.

c. Desain Media Pembelajaran Berupa *Trainer Line follower* berbasis PID

Perencanaan *trainer* untuk mata kuliah sistem kontrol ini meliputi diagram blok, perangkat keras (*hardware*), *flowchart* dan mekanik.

1. Diagram blok

Diagram blok dari *trainer* pergerakan *line follower* berbasis PID ini ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Sistem diagram blok

2. Perangkat Keras (*Hardware*)

a) Minimum System Mikrokontroler ATmega 16

Perangkat Keras pada *trainer line follower* berbasis PID ini menggunakan mikrokontroler ATmega16. Berikut ini adalah tabel penjelasan kegunaan *port I/O* dalam perancangan:

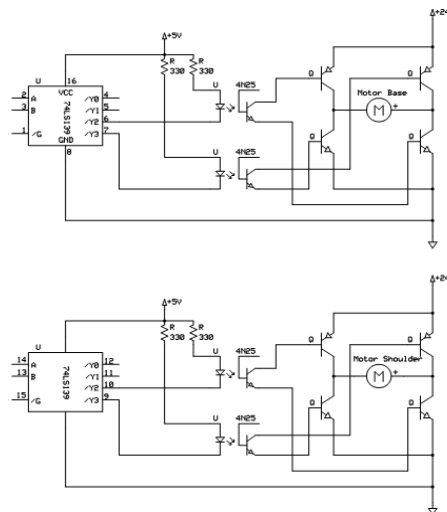


Tabel 1 Penggunaan Port I/O Mikrokontroler

Data Penggunaan Port I/O Mikrokontroler	
Input (Port B)	Output (Port C dan Port A)
PA.0 sampai PA.7 untuk sensor	PD.0 sampai PD.2 driver kanan
PB.3 sampai PB.6 untuk tombol setting	PD.3 sampai PD.5 driver kiri
	PC.0 sampai PC.7 untuk LCD
	PB.0 untuk buzzer

b) Rangkaian Kontrol (*Driver*)

Driver pada *trainer line follower* berbasis PID ini menggunakan *optocoupler* dan IC 74LS139 sebagai multiplekser. Tujuan pemasangan multiplekser ini adalah untuk mengamankan rangkaian H-*bridge* seandainya terjadi kegagalan program. Jika terjadi kegagalan program, maka H-*bridge* sebagai pengendali utama tidak akan terbakar karena tidak akan ada arus yang bisa melewati 74LS139. Gambar 4 menunjukkan gambar rangkaian *driver*.

Gambar 4 *Driver line follower* berbasis PID

3. Flowchart

Jumlah sensor ada delapan dan jika mengenai garis berlogika 1 sedangkan berlogika 0 jika tidak mengenai garis. Pembacaan sensor dari kiri ke kanan. Berdasarkan rumus dan nilai eror tersebut maka untuk motor kanan dan kiri kecepatannya diatur menggunakan rumus sebagai berikut:

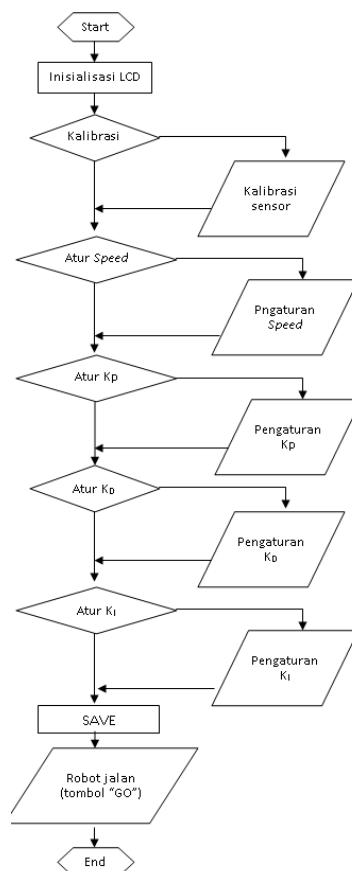
PWMKA = speed - PID; → motor kanan

PWMKI = speed + PID; → motor kiri

Dapat dianalisa dari rumus tersebut bahwa kecepatan motor kanan dan kiri adalah sama karena motor DC yang digunakan adalah searah jarum jam bekerja sesuai dengan arah arus. Jika motor

dipasang di kanan maka jika maju dia akan berputar ke kanan dan jika mundur maka akan berputar ke kiri. Sebaliknya jika motor dipasang di kiri, maka jika maju akan berputar ke kiri dan jika mundur akan berputar ke kanan.

Pada saat robot dinyalakan untuk pertama kali, sistem akan mendeteksi apakah robot akan di-*setting* ulang melalui menu atau langsung di-*start*. Jika robot di-*setting* maka akan masuk ke menu atur *speed* ketika *speed* dianggap perlu dirubah maka dapat di-*setting* dan ketika dirasa cukup maka dapat *next*. Setelah pengaturan *speed* maka akan masuk ke menu atur K_p , ketika K_p dianggap perlu dirubah maka dapat di-*setting* dan ketika dirasa cukup maka dapat *next*. Setelah pengaturan K_p maka akan masuk ke menu atur K_D , ketika K_D dianggap perlu dirubah maka dapat di-*setting* dan ketika dirasa cukup maka dapat *next*. Setelah pengaturan K_D maka akan masuk ke menu atur K_I , ketika K_I dianggap perlu dirubah maka dapat di-*setting* dan ketika dirasa cukup maka dapat *next*. Kemudian ketika semua sudah selesai maka data akan tersimpan di memori mikrokontroller ATmega 16. Robot dapat dijalankan dengan menekan tombol “GO” berikut *flowchart*-nya:

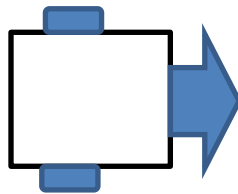


Gambar 5 *Flowchart system*



Pada *line follower* K_P digunakan untuk merespon terjadinya *error* untuk kembali pada kondisi normal. Semakin besar K_P semakin baik akan tetapi jika terlalu besar robot akan getas karena setiap sedikit saja terjadi *error* maka robot akan dengan cepat memeperbaikinya. Karena terjadi berulang-ulang maka robot seakan-akan getas. Pada *line follower* K_D digunakan untuk kecepatan robot dalam merespon terjadinya *error* untuk kembali pada kondisi normal. Sesuai dengan rumus K_I bahwa keluaran K_I adalah $K_I \times \text{integral } \text{error}$ terhadap waktu, maka K_I pada *line follower* sebenarnya tidak berpengaruh karena K_I akan mengintegrasikan setiap *error* terhadap waktu, dimana robot tidak pernah pada posisi lebih dari *error* tetapi yang diperlukan oleh robot adalah mengurangi atau menurunkan *error* seminimal mungkin.

4. Mekanik



Gambar 6 Desain mekanik

Panjang dari robot ini adalah 19 cm dan lebar 19,5 cm.

d. Pengembangan *Trainer Line follower* berbasis PID

Trainer robot line follower berbasis PID dipilih sebagai *trainer* dalam mata kuliah sistem kontrol. Robot ini dapat memberikan gambaran bagaimana sistem kontrol PID sesuai dengan kompetensi realisasi sistem kontrol PID pada mata kuliah sistem kontrol jurusan Teknik Elektro. Dengan *trainer* ini pergerakan robot dapat diatur K_P (kontrol *proportional*) saja, K_I (kontrol *integral*) saja, K_D (kontrol *derivatif*) saja, atau K_P dan K_D (Kontrol *Proportional-Derivatif*), K_P dan K_I (kontrol *Proportional-Integral*), serta pengaturan K_P, K_I , dan K_D sekaligus yang disebut kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivatif*). Oleh karena itu, pengembangan *trainer* pergerakan *line follower* berbasis PID ini dipilih.

e. Implementasi

Setelah *trainer* divalidasi dan dinyatakan valid oleh ahli media, maka selanjutnya adalah mengimplementasikan *trainer* tersebut ke dalam perkuliahan sistem kontrol. Jika pada proses validasi sebelumnya *trainer* tersebut dinyatakan valid, maka bisa dipastikan *trainer* tersebut akan membantu pemelajar dalam membelajarkan mata kuliah sistem kontrol.

f. Evaluasi

Evaluasi yaitu proses untuk melihat apakah *trainer* dapat membantu pemelajar dalam melakukan pembelajaran sistem kontrol sesuai dengan harapan awal atau tidak. Jika belum bisa membantu maka dapat dilakukan revisi lagi terhadap *trainer*. Revisi sendiri dilakukan jika dinilai masih ada kekurangan



dari *trainer* yang telah dibuat. Revisi ini terdiri dari revisi ahli media dan revisi dari mahasiswa sebagai subjek penelitian. Fungsi dari revisi sendiri adalah untuk menghasilkan *trainer* yang benar-benar baik dan valid untuk dijadikan media belajar mata kuliah sistem kontrol bab kontrol *loop* tertutup dengan bahasan realisasi kontrol PID. Evaluasi ini harus selalu dilakukan agar didapatkan *trainer* yang benar-benar cocok dengan kebutuhan mata kuliah sistem kontrol.

2. Prosedur Pengembangan Modul Cetak

a. Bedah Kurikulum

Bedah kurikulum yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada katalog Jurusan Teknik Elektro pada mata kuliah sistem kontrol dengan kompetensi Realisasi Sistem Kontrol PID. Kompetensi tersebut dipilih karena di jurusan teknik elektro belum memiliki *trainer* untuk realisasi sistem kontrol PID.

b. Analisis Kebutuhan Mata Kuliah Sistem Kontrol

Berdasarkan kompetensi dasar pada mata kuliah sistem kontrol yang membahas tentang konsep dasar PID, dan realisasi sistem kontrol PID diperoleh bahwa diperlukanya modul untuk mata kuliah ini, dikarenakan modul pada mata kuliah sistem kontrol belum ada apalagi untuk modul bab konsep dasar kontrol PID serta realisasi sistem kontrol PID.

c. Desain Modul Cetak

Sesuai dengan sub indikator pada silabus perkuliahan, modul cetak ini akan disusun dengan susunan sebagai berikut: deskripsi judul, prasyarat, petunjuk penggunaan modul, tujuan pembelajaran, peta kedudukan modul, dasar teori kegiatan belajar, lembar praktikum, dan lembar evaluasi.

d. Pengembangan Modul Cetak

Modul cetak *trainer* robot *line follower* berbasis PID ini terdiri dari beberapa halaman termasuk cover, kata pengantar dan daftar isi. Dalam pengembangannya, modul cetak ini akan melewati validasi ahli materi. Jika validasi sudah dilakukan dan hasilnya sudah dinyatakan valid maka modul ini siap untuk dibuat.

e. Implementasi Modul

Implementasi modul ini dilakukan jika modul telah divalidasi dan dinyatakan valid oleh ahli materi. Jika pada proses validasi sebelumnya modul cetak ini dinyatakan valid, maka bisa dipastikan modul cetak tersebut akan membantu pemelajar dalam membelajarkan mata kuliah sistem kontrol dengan bahasan konsep dasar PID dan realisasi sistem kontrol PID.

f. Evaluasi

Evaluasi yaitu proses untuk melihat apakah modul cetak ini dapat membantu pemelajar dalam melakukan pembelajaran sistem kontrol sesuai dengan harapan awal atau tidak. Jika tetap belum bisa



membantu maka dapat dilakukan revisi lagi terhadap modul cetak. Revisi sendiri dilakukan jika dinilai masih ada kekurangan dari modul cetak yang telah dibuat. Revisi ini terdiri dari revisi ahli materi dan revisi dari mahasiswa sebagai subjek penelitian. Fungsi dari revisi sendiri adalah untuk menghasilkan modul cetak yang benar-benar baik dan valid untuk dijadikan media belajar mata kuliah sistem kontrol bab konsep dasar PID dan realisasi sistem kontrol PID. Evaluasi ini harus selalu dilakukan agar didapatkan modul cetak yang benar-benar cocok dengan kebutuhan mata kuliah sistem kontrol.

3. Uji Coba Produk

Produk ini diuji-cobakan ke pembelajar yang telah menempuh maupun yang belum menempuh mata kuliah sistem kontrol. Pertama, pembelajar dijelaskan secara umum tentang bagaimanakah konsep dasar PID diberikan contoh aplikasi kontrol PID. Kemudian pembelajar secara perseorangan diminta untuk mengisi lembar *pretest*. Setelah selesai mengisi lembar *pretest*, pembelajar dipersilakan mencoba *trainer* robot yang telah dibuat. Setelah pembelajar mencoba *trainer* robot, pembelajar kemudian diberi *post test* dan dipersilakan mengisi lembar angket yang isinya meminta pendapat dari peserta didik mengenai *trainer* dan modul penggunaan robot *line follower* berbasis PID.

a. Desain Uji Coba

Validasi yang digunakan merupakan validasi deskriptif kualitatif dengan persentase. Hal ini dikarenakan untuk menjelaskan kelayakan dari produk yang dihasilkan menggunakan persentase. Pelaksanaan uji kelayakan dilakukan dengan menyerahkan angket ke ahli materi dan ahli media untuk menilai layak atau tidaknya *trainer* yang dibuat. Validasi yang dilakukan adalah Validasi *trainer* dan Validasi materi. Uji coba pemakaian dilakukan melalui dua tahapan yaitu uji coba perseorangan, dan uji coba kelompok kecil.

b. Subjek Validasi

- Ahli Media/*Trainer* yaitu sebagai *learning specialist*.
- Ahli Materi (*Content Specialist*), yaitu orang yang sudah berpengalaman dalam bidang sistem kontrol.

c. Subjek Coba

Subjek pada uji coba ini merupakan sampel acak yang diambil dari seluruh mahasiswa jurusan teknik elektro yang mendapat mata kuliah sistem kontrol sebagai populasi. Pemilihan subjek coba ini terdiri dari yang sudah menempuh mata kuliah sistem kontrol dan yang belum menempuh mata kuliah sistem kontrol.

d. Jenis Data

Data yang diperoleh adalah data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif pada penelitian ini diperoleh dari penilaian *trainer* tersebut oleh ahli materi dan ahli media berupa skor 1 sampai 5.



Data kualitatif berupa tanggapan yang diberikan oleh validator yang berupa kritikan maupun saran tentang *trainer* sistem kontrol ini.

Tabel 2. Jenis Data dan Instrumen Pengumpulan Data

No	Subjek Uji Coba	Jenis Data		Instrumen
		Kuant	Kual	Pengumpulan Data
1.	Ahli Media	√	√	Angket
2.	Ahli Materi	√	√	Angket
3.	Responden	√	√	Angket

e. Instrumen Data

Ada beberapa macam teknik pengumpulan data yaitu kuesioner (angket), wawancara, pengamatan, dan dokumentasi. Dari beberapa macam teknik pengumpulan data di atas, untuk memperoleh data pada *trainer* sistem kontrol ini, maka instrumen yang digunakan adalah berupa angket (*questionnaire*).

Angket yang digunakan adalah jenis angket yang berisi *rating scale*. Kuesioner (angket) *rating scale* adalah kuesioner (angket) yang berisikan pertanyaan diikuti kolom-kolom yang menunjukkan tingkatan-tingkatan.

Jawaban angket dengan menggunakan angka Linkert dengan lima kategori pilihan sebagai berikut:

- 1) Nilai 5: Sangat baik/sangat layak/sangat menarik
- 2) Nilai 4: Baik/layak/menarik/mudah.
- 3) Nilai 3: Cukup baik/cukup layak/cukup menarik/cukup.
- 4) Nilai 2: Kurang baik/kurang layak/kurang menarik/kurang mudah/kurang.
- 5) Nilai 1: Tidak baik/tidak layak/tidak menarik/tidak mudah/tidak sesuai.

Angket ini disertai juga dengan tanggapan untuk keperluan revisi *trainer*.

f. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam menganalisis data kuantitatif berupa skor angket penilaian untuk ahli materi dan ahli media adalah dengan menghitung persentase jawaban.

1. Rumus untuk mengolah data per-*item* (Persamaan 2)

$$P = \frac{x}{x_i} \times 100\% \quad \dots\dots(2)$$

Keterangan :

P=Persentase; 100%=Konstanta; x =Jawaban responden dalam satu *item*; x_i =Jumlah skor ideal dalam satu *item*.

2. Rumus untuk mengolah data keseluruhan item

$$P = \frac{\sum x}{\sum x_i} \times 100\% \quad \dots\dots(3)$$

Keterangan :

P=Persentase; 100%=Konstanta; $\sum x$ =Jumlah keseluruhan jawaban responden; $\sum x_i$ = Jumlah keseluruhan nilai ideal dalam satu *item*.

Sebagai dasar pengambilan keputusan untuk merevisi media pembelajaran berbantuan komputer digunakan kriteria kualifikasi penilaian yang diadaptasi dari Akbar dan Sriwijaya (2010:212) seperti pada tabel 3.

Tabel 3 Kriteria Validitas Analisis Persentase

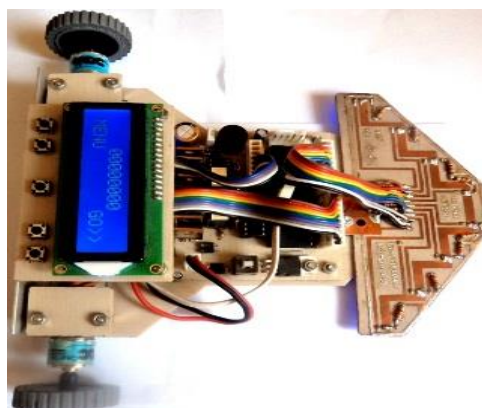
Tingkatan Persentase	Tingkat Validasi
75% - 100%	Sangat Valid (dapat digunakan tanpa revisi)
50% - 75%	Cukup Valid (digunakan dengan revisi kecil)
25% - 50%	Tidak Valid (Tidak dapat digunakan)
0%-25%	Sangat Tidak Valid (Terlarang digunakan)

(Akbar dan Sriwijaya, 2010:212)

Media yang dikembangkan bisa dikatakan berhasil dan sesuai dengan tingkat kriteria kelayakan apabila mencapai skor nilai minimal 75%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada *line follower* K_p digunakan untuk merespon terjadinya *error* untuk kembali pada kondisi normal. Semakin besar K_p semakin baik akan tetapi jika terlalu besar robot akan getar karena setiap sedikit saja terjadi *error* maka robot akan dengan cepat memeperbaikinya. Karena terjadi berulang-ulang maka robot seakan-akan getar.



Gambar 7 Hasil *trainer line follower*

Sesuai dengan rumus K_i bahwa keluaran K_i adalah $K_i \times \text{integral error}$ terhadap waktu, maka K_i pada *line follower* sebenarnya tidak berpengaruh karena K_i akan mengintegalkan setiap *error* terhadap waktu, dimana robot tidak pernah pada posisi lebih dari *error* tetapi yang diperlukan oleh robot adalah



mengurangi atau menurunkan *error* seminimal mungkin. Bagian ini menyajikan hasil penelitian. Pada hasil dan pembahasan setidaknya memuat: 1). Unsur *what/how*, apa temuan atau finding risetnya. 2). Unsur *why*, pada bagian pembahasan terlihat adanya kaitan antara hasil yang diperoleh dan konsep dasar dan/atau hipotesis ditunjang fakta nyata dan jelas. 3). Unsur *what else*, apakah ada kesesuaian atau pertentangan dengan penelitian sebelumnya. Pada *line follower* K_D digunakan untuk kecepatan robot dalam merespon terjadinya *error* untuk kembali pada kondisi normal.

Berdasarkan metode pengembangan, produk diujikan kepada 3 subjek uji coba, diantaranya yaitu ahli media, ahli materi, dan uji praktikum.

1. Ahli Media

Data uji coba untuk ahli media dapat dilihat pada tabel 4:

Tabel 4 Data Hasil Uji Coba Ahli Media

No	Uji Coba	Ahli Media	Hasil
1.	I	I	<i>trainer</i> tidak layak perlu revisi karena modul cetak belum dibuat dan uji coba <i>trainer</i> pada track belum dilakukan serta mempertimbangkan penutup bodi transparan
		II	perlunya diberi keterangan pada tombol dan tambahan pada cara pengisian program
		III	<i>trainer</i> yang dibuat layak perlu revisi pada keterangan fungsi dari masing-masing saklar, rubrik penilaian modul, teori PID untuk <i>line follower</i> , serta kesalahan pada kalimat tujuan pembelajaran di modul cetak
2.	II	I	<i>trainer</i> yang dibuat layak perlu revisi karena petunjuk penggunaan modul perlu diperbaiki
		II	media sudah valid dan layak untuk digunakan sebagai <i>trainer</i> pembelajaran
		III	<i>trainer</i> yang dibuat layak dan valid akan tetapi perlu diperbaiki pada bagian modul cetak pada lembar soal latihan
3.	III	I	<i>trainer</i> yang dibuat valid dan siap untuk diuji coba dilapangan
		III	<i>trainer</i> dan media cetak sudah layak dan siap untuk uji coba

Dari hasil uji coba untuk media yang terakhir, total skor X1 yaitu 125 sedangkan untuk X2 yaitu 125, dan X3 adalah 123. Sehingga $\sum x$ didapatkan 373. Nilai ideal untuk tiap-tiap skor yaitu 5, karena ada 26 aspek yang dinilai maka didapatkan $\sum x_i$ 390. Berdasarkan hasil hitung didapatkan Persentase skor ahli media 95,64 %, berdasarkan kriteria kelayakan persentase skor ahli media termasuk dalam kualifikasi sangat valid.



2. Ahli Materi

Data uji coba untuk ahli materi dapat dilihat pada tabel 5:

Tabel 5 Data Hasil Uji Coba Ahli Materi

No	Uji Coba	Ahli Media	Hasil
1.	I	I	angket perlu diperbaiki
		II	petunjuk pengisian program perlu diberikan pada modul cetak
		III	<i>trainer</i> yang dibuat layak perlu revisi pada teori aplikasi PID pada <i>line follower</i> serta rubrik penilaian
2.	II	I	materi sudah layak dan valid
		II	materi sudah layak dan valid dan siap untuk di uji coba
		III	soal latihan perlu diperbaiki
3.	III	III	materi sudah layak dan siap untuk uji coba

Dari hasil uji coba untuk media yang terakhir, total skor X1 yaitu 85 sedangkan untuk X2 yaitu 89, dan X3 adalah 83. Sehingga $\sum x$ didapatkan 257. Nilai ideal untuk tiap-tiap skor yaitu 5, karena ada 18 aspek yang dinilai maka didapatkan $\sum x_i$ 270. Berdasarkan hasil hitung didapatkan Persentase skor ahli media 95,19 %, berdasarkan kriteria kelayakan persentase skor ahli media termasuk dalam kualifikasi sangat valid.

3. Mahasiswa Sebagai Subjek Penelitian

Pada mahasiswa sebagai subjek penelitian mahasiswa juga dituntut untuk dapat membuat *line follower* berbasis PID sebagai tugas akhir perkuliahan dan hasilnya selama kurang lebih dua bulan untuk Kelas A dan B sudah selesai produknya dan pada kelas Kelas C masih mengalami kesulitan dalam hal teknis karena stok motor dipasaran yang terbatas. Kemudian dilakukan uji kelompok kecil dengan subyek coba adalah 20 orang mahasiswa yang sedang menempuh mata kuliah sistem kontrol. Pada saat perkuliahan sistem kontrol diperoleh data uji coba untuk kelompok kecil dapat dilihat pada Lampiran Data Hasil Uji Coba Mahasiswa. Pada tabel tersebut, X1 menyatakan skor dari mahasiswa pertama, X2 menyatakan skor dari mahasiswa kedua, hingga X20 menyatakan skor dari mahasiswa ke-20. $\sum x$ menyatakan jumlah skor semua mahasiswa pada satu pernyataan, dan $\sum x_i$ menyatakan jumlah skor ideal untuk semua mahasiswa pada satu pernyataan.

Berdasarkan hasil hitung didapatkan Persentase skor 90,7 % untuk media, berdasarkan kriteria kelayakan persentase skor dari pernyataan keterlaksanaan mahasiswa untuk media masuk dalam kualifikasi sangat valid.

Berdasarkan hasil hitung didapatkan Persentase skor 92,3 % untuk materi, berdasarkan kriteria kelayakan persentase skor dari pernyataan keterlaksanaan mahasiswa untuk media masuk dalam kualifikasi sangat valid.



SIMPULAN

Berdasarkan pada hasil pengembangan *trainer line follower* berbasis PID untuk Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro diperoleh kesimpulan sebagai berikut: (1) Dihasilkan *trainer line follower* berbasis PID pada mata kuliah sistem kontrol untuk mahasiswa jurusan teknik elektro. (2) Dihasilkan modul praktikum dan modul penggunaan *trainer line follower* berbasis PID. (3) Dihasilkan modul praktikum dan modul penggunaan *trainer line follower* berbasis PID yang dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap mata kuliah sistem kontrol.

DAFTAR RUJUKAN

- Akbar, Sa'dun dan Hadi Sriwijaya. (2010). *Pengembangan Kurikulum dan Pembelajaran Ilmu pengetahuan Sosial (IPS)*. Yogyakarta: Cipta Medika.
- Anindya, Arini. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Microsoft Power Point Pada Pembelajaran IPA Kelas V SD. *Journal Education and Tecnology*, Vol. 4 No. 1, Juni 2023, hal. 1-11.
- Arif S. Sadiman, dkk. (2014). *Media pendidikan :pengertian, pengembangan dan pemanfaatannya*. Depok: PT. Raja Grafindo Persada.
- Baronas. (2022). *Lomba Line Follower BARONAS(online)*, (<https://www.its.ac.id/agenda/open-registration-baronas-2022/>, diunduh 21 Oktober 2023)
- Cahyadi, R. A. H. (2019). Pengembangan Berbasis ADDIE Model. *Jurnal Ilmiah HALAQA: ISLAMIC EDUCATION JOURNAL* Vol. 3 No. 1 Juni 2019, hal. 35-43
- Cardozo, G. S., & Vera, L. M. (2012). *Prototype for a Self-Balanced Personal Transporter. Ingenieria en Electronica - 'Enfasis en Mecatronica*. Bogota: IEEE.
- Departemen Pendidikan Nasional (Depdiknas). (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Depdiknas. Jakarta.
- Ebotec. (2013). *Lomba Line Follower Ebotec(online)*, (<https://ugm.ac.id/id/berita/7989-ugm-gelar-lomba-robot-line-follower-tingkat-nasional/>, diunduh 21 Oktober 2023)
- ELCCO. (2023). *Lomba Line Follower ELCCO (online)*, (<https://elcco.unud.ac.id/welcome/>, diunduh 21 Oktober 2023)
- Prabowo, Yani, dkk. (2013). Aplikasi PID pada Robot Line follower berbasis Mikrokontroler AT-8535 ” *Jurnal Ilmiah Arsinton* Vol.4, No.1, Juni 2013, hal. 15-22
- Prasetyo, Priyo, dkk. (2022). Sistem Kontrol PID pada Purwarupa Robot Pembawa Barang berbasis Line Follower menggunakan Algoritma Path Planning. *Jurnal Ilmiah J-PTIHK* Vol.6 No. 8 Agustus 2022, hal. 3741-3750
- KRI. (2023). *Lomba Line Follower ELCCO (online)*, (<https://kontesrobotindonesia.id/kri-2023.html>, diunduh 21 Oktober 2023)
- LTDC. (2019). *Lomba Line Follower LTDC (online)*, (<https://um.ac.id/berita/gelar-ltdc-2019-sebagai-media-penyyaluran-bakat-robotika/>, diunduh 21 Oktober 2023)



- Miftahul, Hendri, dkk. (2016).Pengontrolan Kecepatan Mobile Robot Line Follower Dengan Sistem Kendali PID. *Jurnal Ilmiah TELKA Vol.2, No.2, November 2016*, hal. 150-159
- Tegeh, I. M. (2013). Pengembangan Bahan Ajar Metode Penelitian Pendidikan dengan ADDIE Model. *Jurnal Ilmiah Jurnal IKA, Vol. 11 No. 1, Maret 2013*, hal. 12–26.