

**ROBOT LINE FOLLOWER PID SEBAGAI MEDIA
PEMBELAJARAN APLIKASI MIKROKONTROLER DI
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

TUGAS AKHIR SKRIPSI

**Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta Untuk
Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana
Pendidikan Teknik (S1)**



Disusun Oleh :

Amir Fatah Fatchurrohman

NIM. 07502241012

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2014

LEMBAR PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR SKRIPSI

**ROBOT LINE FOLLOWER PID SEBAGAI MEDIA
PEMBELAJARAN APLIKASI MIKROKONTROLER DI JURUSAN
PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

Oleh :

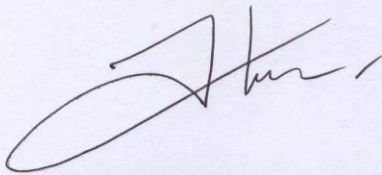
AMIR FATAH FATCHURROHMAN
NIM. 07502241012

Telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk
dilaksanakan Ujian Akhir Tugas Akhir Skripsi bagi yang bersangkutan.

Yogyakarta,

Mengetahui,
Ketua Program Studi P.T. Elektronika

Disetujui,
Dosen Pembimbing



Dr. Handaru Jati
NIP. 197405111999031002



Dr. Putu Sudira, M.P
NIP. 19641231 198702 1 063

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Amir Fatah Fatchurrohman

NIM : 07502241012

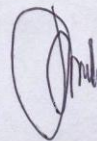
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektronika

Judul Tugas Akhir Skripsi : Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Aplikasi Mikrokontroler di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali sebagai acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta,

Yang menyatakan,



Amir Fatah Fatchurrohman
NIM. 07502241012

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

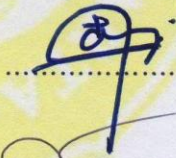
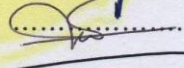
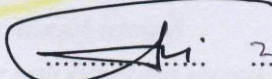
**ROBOT LINE FOLLOWER PID SEBAGAI MEDIA
PEMBELAJARAN APLIKASI MIKROKONTROLER DI JURUSAN
PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

Amir Fatah Fatchurrohman
07502241012

Telah Dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi
Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
pada tanggal 3 Februari 2014

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Dr. Putu Sudira, M.P	Ketua Penguji		21-02-2014
Djoko Santosa, M.Pd	Sekretaris Penguji		21-02-2014
Achmad Fatchi, M.Pd	Penguji Utama		21-02-2014

Yogyakarta,
Dekan FT UNY

Dr. Moch. Bruri Triyono
NIP. 19560216 198603 1 0034

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini ku persembahkan kepada :

Bapak, Ibu, dan seluruh keluarga atas segala doa, perhatian, kasih sayang, dan dukungannya kepadaku

Seluruh guru dan dosen yang telah mengajarku dan membimbingku dalam menuntut ilmu hingga detik ini

Slamet Hari Mukti, Agus Setiawan, Sofyan Kurniawan, Rachmad Apriyadi, Harizka Rahmanto, Mas Aji Setiawan, Agus Wibowo, dan Engga Akbar. terima kasih atas semangat, bantuan, arahan, pemikiran dan masukannya.

Rekan-rekan sahabat Kelas A 2007 Pendidikan Teknik Elektronika S1 FT UNY.

Terima kasih atas dukungan, bantuan, motivasi dan dorongannya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

LIMUNY PUSKOM UNY

Rekan-rekan keluarga besar LIMUNY dan seluruh karyawan Puskom UNY.

Terima kasih atas dukungan, bantuan, fasilitas, motivasi dan dorongannya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Seluruh teman-teman Study Club Robotika Elektronika (TIRFEK) Tim Robot Elektronika

Salam Robotika!! Selalu jadilah Juara!!

Seluruh Rekan-rekan kelas B 2010 D3 Teknik Elektronika yang telah membantu penelitian saya.

MOTTO

Lakukan sesuatu jangan setengah-setengah

Kalau setengah-setengah hasilnya pasti kurang dari setengah

(my self)

Jangan pikir kebutuhan hidup tapi jalan hidup yang lebih utama

(my self)

Kunci sukses adalah Yakīn, berdoa kepada Allah, optimis, action bekerja keras, ikhtiar, sedekah dan doa orang tua

(my self)

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah: 6)

ABSTRAK

ROBOT LINE FOLLOWER PID SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN APLIKASI MIKROKONTROLER DI JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Oleh : Amir Fatah Fatchurrohman

07502241012

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh desain trainer dan modul, mengetahui unjuk kerja, dan menguji tingkat kelayakan trainer dan modul *robot line follower PID* sebagai media pembelajaran aplikasi mikrokontroler di Jurusan PT Elektronika, FT, UNY.

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development*. Objek penelitian ini adalah modul dan *trainer line follower robot*. Tahap pengembangan produk meliputi 1). Analisis, 2). Desain, 3). Implementasi, 4). Pengujian, 5). Validasi, dan 6). Ujicoba pemakaian. Metode yang digunakan dalam pengumpulan data meliputi 1). Pengujian unjuk kerja, 2). Angket penelitian. Adapun validasi media pembelajaran melibatkan dua ahli materi pembelajaran dan dua ahli media pembelajaran dan ujicoba pemakaian dilakukan oleh 21 mahasiswa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *line follower robot* dapat dibuat dengan menggabungkan berbagai macam komponen sesuai dengan kompetensi yang telah dikaji sebelum proses pembuatan produk. Unjuk kerja dari media pembelajaran ini adalah robot dapat bekerja mengikuti garis berwarna hitam dengan tingkat kestabilan paling baik pada lebar garis 1,5cm. Hasil uji validasi isi modul dari penelitian ini memperoleh persentase **87,5%** sehingga dikategorikan sangat layak. Untuk uji validasi konstruk pada penelitian ini memperoleh persentase **95,14%** sehingga dikategorikan sangat layak. Pada uji pemakaian kepada mahasiswa persentase yang didapatkan sebesar **81,87 %** sehingga dikategorikan sangat layak.

Kata kunci: Robot, Line Follower, media

ABSTRACT

LINE FOLLOWER ROBOT PID AS LEARNING MEDIA OF MICROCONTROLLER APPLICATION IN THE DEPARTMENT OF ELECTRONIC ENGINEERING EDUCATION OF FACULTY OF ENGINEERING OF STATE UNIVERSITY OF YOGYAKARTA

Amir Fatah Fatchurrohman

07502241012

This study was aimed to obtain a trainer and module design, find out the performance , and test the feasibility of a trainer and module PID line follower robot as a learning medium of microcontroller application at the Department of Electronic Engineering Education, Faculty of Engineering, State University of Yogyakarta.

This study used Research and Development approach. The object of research was the module and line follower robot trainer. The development phases of the product included 1) Analysis , 2) Design , 3) Implementation , 4) Testing , 5) Validation , and 6) Try out. The techniques used in the data collection consisted of performance test and questionnaire . The validation toward the learning media involved two experts of learning materials and two experts of instructional media. Next, the implementation was conducted by twenty one university students.

The findings showed that the line follower robot can be made by combining various components in accordance with the competencies that have been studied earlier in the process of product making. Then, the performance of the learning media was that the robot can follow the black line and work with a good level of stability in the line width of 1.5 cm . Further, the results of the content validity test of the module yielded that the percentage increasrs into 87.5 % which was categorized as "very feasible" . Related to the construct validity test in this study, the percentage gained into 95.14 % which was categorized as "very feasible". Finally, in term of the try out result, the percentage obtained 81.87 % which was categorized as "very decent" .

Keywords : Robot , Line Follower , media

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah segala puji hanya bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta petunjukNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul : **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Aplikasi Mikrokontroler di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta** ini dengan baik dan sesuai harapan.

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Prof. Dr. Rochmat Wahab, M.Pd., M.A selaku Rektor Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Dr. Moch. Bruri Triyono selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Muh. Munir, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Dr. Putu Sudira, M.P. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis.
5. Para Dosen, Teknisi dan Staf Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika.
6. Bapak, Ibu, dan seluruh keluarga besar Surandi atas segala dukungannya.
7. Seluruh teman Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika tahun angkatan 2005, 2006, 2007, 2008, dan 2009 yang tergabung dalam keluarga besar HIMANIKA FT UNY.

8. Seluruh teman Operator dan HW LIMUNY, PUSKOM yang telah banyak membantu penulis.
9. Seluruh pecinta robotika yang tergabung di dalam Study Club Robotika (TIREK) Tim Robot Elektronika terima kasih atas masukan dan ilmunya.
10. Mahasiswa kelas B 2010 D3 Teknik Elektronika UNY yang sudah bersedia membantu penelitian saya.
11. Seluruh Crew T-Comp Jogja yang telah membantu saya.
12. Dan semua pihak yang telah banyak membantu dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari, laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, Untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi sempurnanya laporan ini. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membutuhkan.

Yogyakarta, 12 Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
TUGAS AKHIR SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERSEMBAHAN	v
MOTTO	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan.....	6
F. Manfaat.....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
A. Kajian Teori.....	8
1. Pembelajaran	8
2. Media Pembelajaran.....	9

3. Pengembangan Media Pembelajaran	20
4. Line Follower Robot	34
5. Kendali PID	41
6. Struktur PID Ideal	43
7. Persamaan PID Digital	46
8. Realisasi Program PID Digital	48
B. Kajian Penelitian yang Relevan	52
C. Kerangka Pikir.....	59
D. Pertanyaan Penelitian	61
BAB III METODE PENELITIAN.....	62
A. Model Pengembangan	62
B. Prosedur Pengembangan	63
1. Analisis Kebutuhan	63
2. Desain.....	69
3. Implementasi	76
4. Evaluasi Kelayakan Media.....	77
C. Sumber Data Penelitian	78
a. Obyek Penelitian	78
b. Subyek Penelitian	78
c. Tempat dan Waktu Penelitian	79
D. Teknik Pengumpulan Data	79
1. Pengujian dan Pengamatan	79
2. Jenis Data	79
3. Kuisisioner (Angket).....	81
E. Instrumen Penelitian.....	82

1. Validasi Instrumen Isi	82
2. Validasi Instrumen Konstrak.....	83
3. Uji Validitas dan Reabilitas Instrumen	84
4. Instrumen Kelayakan Penggunaan Media Pembelajaran	87
F. Teknik Analisis Data.....	88
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	90
A. Hasil	90
1. Hasil Desain	90
2. Hasil Implementasi.....	92
3. Hasil Pengujian Unjuk Kerja Media Pembelajaran	98
4. Hasil Validasi Media Pembelajaran	102
B. Pembahasan.....	110
1. Desain trainer dan modul <i>Robot Line Follower PID</i>	111
2. Unjuk kerja trainer dan modul <i>Robot Line Follower PID</i>	113
3. Tingkat kelayakan trainer dan modul <i>Robot Line Follower</i>	115
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	117
A. Kesimpulan.....	117
B. Saran.....	118
DAFTAR PUSTAKA	119
LAMPIRAN.....	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerucut Pengalaman Edgar Dale	12
Gambar 2. Blok Sistem Robot Line Follower.....	35
Gambar 3. Salah Satu Model Line Follower Robot.....	35
Gambar 4. Rangkaian Elektronik Robot Line Follower	36
Gambar 5. Gambaran Kerja Photodiode	37
Gambar 6. Rangkaian sensor Fototransistor untuk ADC.....	37
Gambar 7. Contoh Rancangan Mekanik Line Follower Robot.....	38
Gambar 8. H-bridge FET	40
Gambar 9. Diagram Blok PID.....	41
Gambar 10. Respon proses sebagai akibat perubahan SetPoint.....	46
Gambar 11. Blok Diagram Modul PID Digital.....	47
Gambar 12. Diagram blok modul PID digital.....	49
Gambar 13. Blok Diagram PID <i>Motor Controller</i>	52
Gambar 14. Kerangka Pikir Penelitian.....	59
Gambar 15. Langkah-Langkah Metode <i>Research and Development</i> (R&D)	62
Gambar 16. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler	70
Gambar 17. Cahaya pantulan sedikit Gambar 18. Cahaya pantulan banyak.....	71
Gambar 19. Rangkaian ADC Sensor Fotodiode ADC.....	72
Gambar 20. Bentuk pulsa PWM	73
Gambar 21. Rangkaian Driver Motor	74
Gambar 22. Rancangan Mekanik Robot	75
Gambar 23. Skor kelayakan secara kontinum.....	89
Gambar 24. <i>Schematic</i> Robot Line Follower.....	93
Gambar 25. <i>Layout</i> PCB <i>Microcontroller Unit</i>	94

Gambar 26. Realisasi PCB <i>Microcontroller Unit (MCU)</i>	94
Gambar 27. Layout PCB Line Sensor (Sensor Garis).....	95
Gambar 28. Realisasi PCB Line Sensor (Sensor Garis)	95
Gambar 29. Layout PCB Driver Motor.....	96
Gambar 30. <i>Hardware Driver</i> Motor.....	96
Gambar 31. Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower.....	97
Gambar 32. Konfigurasi Pembacaan Sensor.....	98
Gambar 33. Uji coba Robot Pada Garis Lurus.....	99
Gambar 34. Uji coba Robot Pada Garis terhadap Posisi Sensor dengan PWM Motor.....	99
Gambar 35. Uji coba Robot Pada Garis Putus-Putus	100
Gambar 36. Uji coba Robot pada Garis Siku Kanan	100
Gambar 37. Uji Coba Robot pada Garis Sudut Lancip 45 Derajat	101
Gambar 38. Persentase Validasi Ahli Materi	104
Gambar 39. Persentase Validasi Ahli Media	106
Gambar 40. Diagram batang skor tanggapan <i>User/Pengguna</i>	110

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tabel Kebenaran Keaktifan Motor	40
Tabel 2. Pengaruh tuning salah satu parameter PID terhadap unjuk kerja proses.	45
Tabel 3. Aspek evaluasi dari Prihatini (2010) untuk ahli materi	53
Tabel 4. Aspek evaluasi dari Muttaqin (2010) untuk ahli materi	53
Tabel 5. Aspek evaluasi dari Prihatini (2010) untuk ahli media.....	54
Tabel 6. Aspek evaluasi dari Muttaqin (2010) untuk ahli media.....	54
Tabel 7. Aspek evaluasi dari Prihatini (2010) untuk pengguna	55
Tabel 8. Aspek evaluasi dari Muttaqin (2010) untuk peserta didik	55
Tabel 9. Kompetensi Dasar dan Materi Dasar dalam Silabus Mikrokontroler Jurusan P.T. Elektronika	64
Tabel 10. Tabel Kebenaran Keaktifan Motor	74
Tabel 11. Kisi-kisi Instrumen untuk Validator Ahli Materi Pembelajaran	83
Tabel 12. Kisi-kisi Instrumen untuk Validator Ahli Media Pembelajaran	83
Tabel 13. Uji Kelayakan Instrumen	86
Tabel 14. Case Processing Summary	86
Tabel 15. Reliability Statistics	86
Tabel 16. Kisi-kisi Instrumen untuk peserta didik	87
Tabel 17. Tabel Kategori Kelayakan berdasarkan Rating Scale.....	89
Tabel 18. Kalkulasi PWM berdasarkan Error Sensor dengan PID pada Sampel Setting Proporsional =12, Integral = 0 dan Deverensial = 30.....	102
Tabel 19. Hasil Uji Validasi Ahli Materi	104
Tabel 20. Hasil Uji Validasi Ahli Media	106
Tabel 21. Data Hasil Pemakaian Media Pembelajaran oleh Mahasiswa	108
Tabel 22. Persentase Hasil Ujicoba Pemakaian Tiap Indikator	109
Tabel 23. Kategori Skor Tanggapan Pengguna Dari Tiap Aspek	110

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keputusan Dekan Pengangkatan Pembimbing	122
Lampiran 2. Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik UNY.....	123
Lampiran 3. Surat Keterangan Persetujuan Tugas Akhir.....	124
Lampiran 4. Validasi Instrumen Penelitian <i>Experts Judgement 1</i>	125
Lampiran 5. Validasi Instrumen Penelitian <i>Experts Judgement 2</i>	126
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian	127
Lampiran 7. Validasi Instrumen Ahli Materi oleh <i>Experts Judgement 1</i>	128
Lampiran 8. Validasi Instrumen Mahasiswa oleh <i>Experts Judgement 1</i>	133
Lampiran 9. Validasi Instrumen Ahli Media oleh <i>Experts Judgement 1</i>	136
Lampiran 10. Validasi Instrumen Ahli Materi oleh <i>Experts Judgement 2</i>	140
Lampiran 11. Validasi Instrumen Ahli Media oleh <i>Experts Judgement 2</i>	143
Lampiran 12. Daftar Hadir Uji Pemakai Kelompok Kecil	146
Lampiran 13. Daftar Hadir Uji Pemakai Kelompok Besar	147
Lampiran 14. Instrumen Penelitian Untuk Pengguna Media	148
Lampiran 15. Lembar Observasi Ahli Materi oleh Drs. Kadarisman	151
Lampiran 16. Lembaga Observasi Ahli Materi oleh Dr. Eko Marpanaji.....	155
Lampiran 17. Lembaga Observasi Ahli Madia oleh Muh. Munir, M.Pd.....	159
Lampiran 18. Lembaga Observasi Ahli Media oleh Adi Dewanto, M.Kom	163
Lampiran 19. Desain Mekanik Gear Box	167

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Era otomasi industri di Indonesia saat ini sudah sangat maju dan memberikan kemudahan bagi banyak kalangan terutama industri. Salah satu teknologi yang berperan dalam otomasi industri adalah sistem mikrokontroler dan robotika yang telah diaplikasikan di industri-industri besar. Kecanggihan teknologi yang dimiliki sangat bermanfaat bagi industri karena dengan adanya sistem mikrokontroler dan robot, jumlah produksi dapat ditingkatkan karena teknologi tersebut mampu bekerja selama 24 jam tanpa istirahat. Robot adalah sebuah mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, atau menggunakan program yang didefinisikan (kecerdasan buatan). Robot biasanya digunakan untuk mengerjakan tugas berat, pekerjaan bahaya, pekerjaan berulang dan kotor. Robot industri biasanya digunakan dalam garis produksi. Penggunaan lainnya termasuk pembersihan limbah beracun, penjelajahan bawah air, luar angkasa, dan pertambangan. Salah satu aplikasi robot line follower pada industri adalah robot pengangkut barang yang bertugas membawa barang pada posisi tertentu kemudian berjalan mengikuti garis menuju cek point tujuan. Sekarang ini robot mulai memasuki pasaran konsumen di bidang hiburan, pendidikan, penyedot debu, dan pemotong rumput.

Perkuliahan Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika adalah salah satu sasaran yang paling baik untuk pengembangan media-media pembelajaran. Perkuliahan membutuhkan banyak media pembelajaran untuk mempermudah dalam kegiatan praktikum. Salah satu bidang sekarang sedang dikembangkan adalah mikrokontroler dan robotika. Robotika adalah bidang yang masuk dalam katagori implementasi dari mata kuliah mikrokontroler yang ada di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika. Menurut Slamet Hari Mukti mahasiswa P.T. Elektronika 2008 juara 1 Lomba robot line follower Roborace 2011 minat mahasiswa untuk belajar dan memahami mikrokontroler dan robotika mulai meningkat, salah satu cara belajar mikrokontroler yang paling menarik adalah dengan menggunakan robot line follower. Katagori robot yang sering digunakan sebagai pengenalan bidang robotika adalah *line follower robot*. *Line follower robot* merupakan sebuah robot yang mampu bekerja mengikuti garis sesuai dengan kriteria warna jalur yang ditetapkan. Pada kurun waktu 2008 sampai 2013 semakin banyak diselenggarakan *event* kegiatan perlombaan robotika berkatagori *line follower robot* untuk mahasiswa tingkat nasional, dalam setahun ada sekitar 4 event perlombaan robot line follower tingkat nasional yang digelar oleh universitas terkemuka di Indonesia. Dengan diselenggarakannya berbagai kegiatan perlombaan robotika tingkat mahasiswa menjadikan bidang robotika semakin digemari. Kelompok-kelompok belajar robotika (*study club robotika*) banyak berkembang seiring banyaknya kegiatan perlombaan bidang robotika khususnya *line follower robot*. Dalam kegiatan belajar membuat robot tentu

tidak mudah jika tidak dibantu dengan media yang mendukung. Dengan adanya media pembelajaran *line follower robot* mahasiswa akan lebih mudah dalam memahami proses pembuatan *line follower robot*.

Sekarang ini telah ada *line follower robot* yang telah diproduksi oleh perusahaan tertentu yang dijual untuk memberikan fasilitas kepada para konsumen yang ingin mempelajari robotika. Salah satu perusahaan yang menjual macam-macam kit robotika adalah TOKO-ROBOT (Sumber: <http://www.toko-robot.com>). Karena kit-kit robotika diproduksi oleh perusahaan, maka memberikan dampak terhadap harga jual yang tinggi. Dengan harga jual yang tinggi terhadap satu buah kit robot maka akan memberikan beban kepada mahasiswa untuk dapat memiliki kit robot tersebut. Salah satu kendala lain dari kit robot yang dijual di toko adalah tidak diberikannya fasilitas untuk memahami proses pembuatan robot. Dalam sebuah kit robot misalnya contoh *line follower robot* konsumen hanya tinggal menjalankan saja, walaupun ada kit robot yang memberikan fasilitas untuk memprogram *rule* pergerakan robot itu belum memberikan pembelajaran secara utuh tentang pemograman mikrokontroler.

Robot *line follower* memberi kemudahan penggunaanya untuk mengaplikasikan berbagai kendali, mulai dari kendali *on-off*, *fuzzy logic*, JST dan PID. PID adalah salah satu kendali yang sering digunakan pada robot *line follower* karena pengaturan tuningnya yang mudah dan dirasa efektif untuk pengendalian robot menghadapi berbagai hambatan lintasan robot *line follower*. Pengembangan media pembelajaran *line follower robot* PID

diperlukan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa dalam mempelajari pembuatan robot. Media pembelajaran harus mampu mengajak mahasiswa untuk aktif dalam memahami proses pembuatan robot. Kesempatan belajar mahasiswa dalam memahami setiap bagian *line follower robot* PID harus diberikan, tidak hanya sekedar teori dan mengoperasikannya. Untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa dalam mempelajari pembuatan *line follower robot* maka perlu adanya pengembangan media pembelajaran *line follower robot*. Media pembelajaran harus mampu mengajak mahasiswa untuk aktif dalam memahami proses pembuatan robot. Kesempatan belajar mahasiswa dalam memahami setiap bagian *line follower robot* harus diberikan, tidak hanya sekedar mengoperasikannya.

Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta merupakan salah satu jurusan yang memiliki kompetensi di bidang elektronika. Perguruan Tinggi harus *responsif* dan *antisipatif* dalam dengan perkembangan teknologi terutama dalam perkembangan mikrokontroler dan aplikasi robotika sebagai salah satu ranah keilmuan bidang elektronika. Survey yang dilakukan penulis pada tanggal 29 Maret 2011 diperoleh data bahwa *Study Club Robotika* Jurusan P.T.Elektronika telah sering mengikuti event perlombaan robotika khususnya lomba *line follower robot* yang diselenggarakan oleh Universitas terkemuka baik tingkat regional maupun nasional. Dari data inilah yang menjadikan alasan penulis memilih Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika , Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta sebagai tempat penelitian. Berdasarkan uraian

diatas peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul : “ Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Aplikasi Mikrokontroler di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, ditemukan identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perkuliahan Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika membutuhkan media pembelajaran mikrokontroler dan robotika untuk kegiatan pembelajaran.
2. Kelompok-kelompok belajar robotika (*study club robotika*) mengalami kesulitan membuat robot.
3. Belum ditemukannya desain trainer robot *line follower* yang baik untuk media pembelajaran aplikasi mikrokontroler.
4. Belum adanya modul pembelajaran robot *line follower* untuk membantu mahasiswa dalam mempelajari aplikasi mikrokontroler.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka fokus permasalahan dibatasi pada pengembangan *trainer robot* dan modul pendukung pembuatan *line follower robot* PID sebagai media pembelajaran aplikasi mikrokontroler di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, UNY.

D. Rumusan Masalah

Dari identifikasi dan pembatasan masalah di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana realisasi trainer dan modul *Robot Line Follower* sebagai media pembelajaran aplikasi mikrokontroler di Jurusan P.T. Elektronika, Fakultas Teknik, UNY ?
2. Bagaimana unjuk kerja dari trainer *Robot Line Follower* sebagai media pembelajaran aplikasi mikrokontroler di Jurusan P.T. Elektronika, Fakultas Teknik, UNY ?
3. Bagaimana tingkat kelayakan trainer dan modul *Robot Line Follower PID* sebagai media pembelajaran aplikasi mikrokontroler di Jurusan P.T. Elektronika, Fakultas Teknik, UNY ?

E. Tujuan

Tujuan penelitian ini mengacu pada masalah yang telah disebutkan di atas yaitu untuk :

1. Memperoleh realisasi trainer dan modul *Robot Line Follower* sebagai media pembelajaran aplikasi mikrokontroler di Jurusan P.T. Elektronika, Fakultas Teknik, UNY.
2. Mengetahui unjuk kerja trainer *Robot Line Follower* sebagai media pembelajaran aplikasi mikrokontroler di Jurusan P.T. Elektronika, Fakultas Teknik, UNY.

3. Mengetahui tingkat kelayakan trainer dan modul *Robot Line Follower* sebagai media pembelajaran aplikasi mikrokontroler di Jurusan P.T. Elektronika, Fakultas Teknik, UNY.

F. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Secara teoritis, hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran mahasiswa dalam memahami dan memperdalam proses pembuatan robot line follower sebagai aplikasi mikrokontroler.
2. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengembangkan media pembelajaran robot line follower yang dapat menunjang kegiatan belajar dan mendorong mahasiswa untuk ikut serta dalam event perlombaan robot line follower tingkat regional dan nasional.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Pembelajaran

Menurut UU No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional DEPDIKNAS (2003), “Pembelajaran diartikan sebagai proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar.” Pembelajaran adalah suatu usaha yang sengaja melibatkan dan menggunakan pengetahuan profesional yang dimiliki guru untuk mencapai tujuan kurikulum. Pembelajaran merupakan suatu aktivitas yang dengan sengaja untuk memodifikasi berbagai kondisi yang diarahkan untuk tercapainya suatu tujuan yaitu tercapainya tujuan kurikulum.

Istilah pembelajaran berhubungan erat dengan pengertian belajar dan mengajar. Belajar, mengajar dan pembelajaran terjadi bersama-sama. Belajar dapat terjadi tanpa guru atau tanpa kegiatan mengajar dan pembelajaran formal lain. Sedangkan mengajar meliputi segala hal yang guru lakukan di dalam kelas. Apa yang dilakukan guru agar proses belajar mengajar berjalan lancar, bermoral dan membuat mahasiswa merasa nyaman merupakan bagian dari aktivitas mengajar, juga secara khusus mencoba dan berusaha untuk mengimplementasikan kurikulum dalam kelas.

Belajar mungkin saja terjadi tanpa pembelajaran, namun pengaruh suatu pembelajaran dalam belajar hasilnya lebih sering menguntungkan dan biasanya mudah diamati. Mengajar diartikan dengan suatu keadaan untuk menciptakan situasi yang mampu merangsang mahasiswa untuk belajar. Situasi ini tidak harus berupa transformasi pengetahuan dari guru kepada mahasiswa saja tetapi dapat dengan cara lain misalnya belajar melalui media pembelajaran yang sudah disiapkan. Pembelajaran adalah suatu sistem yang bertujuan untuk membantu proses belajar mahasiswa, yang berisi serangkaian peristiwa yang dirancang, disusun sedemikian rupa untuk mempengaruhi dan mendukung terjadinya proses belajar siswa yang bersifat internal.

2. Media Pembelajaran

a. Pengertian

Menurut Arsyad (2011:3) media berasal dari bahasa latin *medius* yang secara harfiah berarti ‘tengah’, ‘perantara’ atau ‘pengantar’. Dalam bahasa Arab, media adalah perantara atau pengantar pesan dari pengirim kepada penerima pesan. Secara lebih khusus, pengertian media dalam proses belajar mengajar cenderung diartikan sebagai alat-alat grafis, fotografis, atau elektronis untuk menangkap, memproses, dan menyusun kembali informasi visual atau verbal. Dengan kata lain media adalah komponen sumber belajar atau wahana fisik yang mengandung materi instruksional di lingkungan siswa yang dapat merangsang siswa untuk belajar. Istilah media

bahkan sering dikaitkan atau dipergantikan dengan kata teknologi yang berasal dari kata latin *tekne* (bahasa Inggris *art*) dan *logos* (bahasa Indonesia “ilmu”) Arsyad (2011:4). Menurut Arsyad (2011:6-7) dari beberapa batasan tentang media, ciri-ciri umum yang terkandung yaitu:

- 1) Media pendidikan memiliki pengertian fisik yang dewasa ini dikenal sebagai *hardware* (perangkat keras), yaitu benda yang dapat dilihat, didengar, atau diraba dengan panca indera.
- 2) Media pendidikan memiliki pengertian nonfisik yang dikenal sebagai *software* (perangkat lunak) yaitu kandungan pesan yang terdapat dalam perangkat keras yang merupakan isi yang ingin disampaikan kepada peserta didik.
- 3) Penekanan media pendidikan terdapat pada visual dan audio.
- 4) Media pendidikan memiliki pengertian alat bantu pada proses belajar baik di dalam maupun di luar kelas.
- 5) Media pendidikan digunakan dalam rangka komunikasi dan interaksi guru dan peserta didik dalam proses pembelajaran.
- 6) Media pendidikan dapat digunakan secara massal (radio, televisi), kelompok besar dan kelompok kecil (film, slide, video, OHP), atau perorangan (modul, computer, radio tape/kaset, video recorder).
- 7) Sikap, perbuatan, organisasi, strategi, dan manajemen yang berhubungan dengan penerapan suatu ilmu.

Menurut Oemar Hamalik yang dikutip oleh Mufarokah (2009:

102) dalam kepustakaan asing, ada ahli yang menggunakan istilah “*audiovisual aids*”. Untuk pengertian yang sama banyak pula ahli yang menggunakan istilah “*teaching material*” atau instruksional material, artinya identik dengan pengertian keperagaan yang berasal dari kata “raga”. Raga berarti suatu benda yang dapat diraba, dilihat, didengar dan dapat diamati melalui indera.

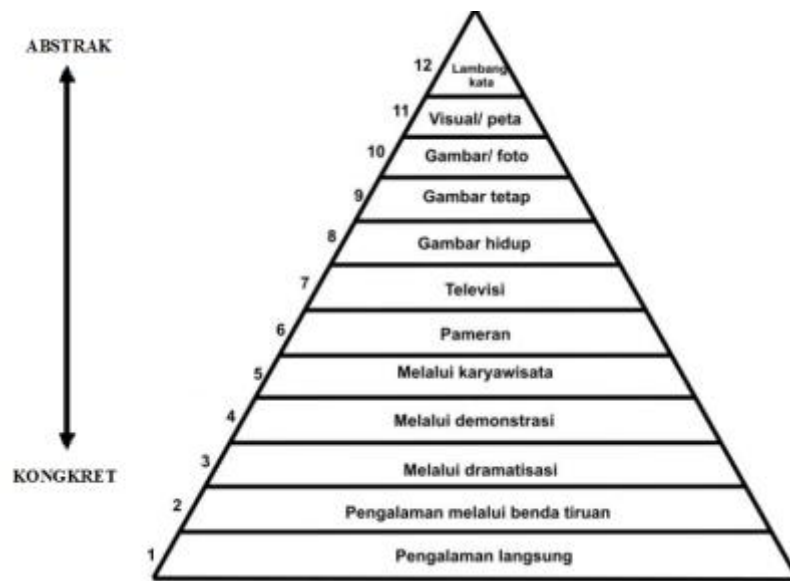
Dari berbagai pendapat yang dikemukakan di atas dapat disimpulkan bahwa media media pembelajaran merupakan segala sesuatu yang dapat dijadikan alat bantu untuk menyampaikan materi

pembelajaran oleh guru kepada siswa sehingga pesan atau informasi yang disampaikan dapat lebih mudah diterima dan dipahami. Berbagai media dari berbagai macam model dapat digunakan guru untuk membantu proses belajar mengajar.

b. Landasan Teori Penggunaan Media Pembelajaran

Pemerolehan pengetahuan dan keterampilan, perubahan-perubahan sikap dan perilaku dapat terjadi karena interaksi antara pengalaman baru dengan pengalaman yang pernah dialami sebelumnya Arsyad (2011:7). Menurut Bruner yang dikutip oleh Arsyad (2011:7-8) ada tiga tingkatan utama modus belajar, yaitu pengalaman langsung (*enactive*), pengalaman *pictorial*/gambar (*iconic*), dan pengalaman abstrak (*symbolic*).

Salah satu gambaran yang paling banyak dijadikan acuan sebagai landasan teori penggunaan media dalam proses belajar adalah *Dale's Cone of Experience* (Kerucut Pengalaman Dale). Kerucut ini merupakan elaborasi yang rinci dari konsep tiga tingkatan pengalaman yang dikemukakan oleh Bruner sebagaimana diuraikan sebelumnya. Hasil belajar seseorang diperoleh mulai dari pengalaman langsung, kenyataan yang ada di lingkungan kehidupan seseorang kemudian melalui benda tiruan, sampai kepada lambang verbal menurut Arsyad (2011:10) .



Gambar 1. Kerucut Pengalaman Edgar Dale

Semakin ke atas dipuncak kerucut semakin abstrak media penyampai pesan itu. Perlu dicatat bahwa urutan ini tidak berarti proses belajar dan interaksi mengajar belajar harus selalu dimulai dari pengalaman langsung, tetapi dimulai dengan jenis pengalaman paling sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan kelompok siswa yang dihadapi dengan pertimbangan situasi belajarnya.

Dari berbagai teori diatas pengalaman langsung akan memberikan dampak pemahaman yang lebih dari seorang siswa karena diperoleh melibatkan indera penglihatan, perasaan, pendengaran, penciuman, dan peraba. Metode pengalaman langsung sangat cocok apabila diterapkan kepada siswa misalnya dalam kegiatan praktikum. Dengan adanya media yang nyata maka siswa dapat langsung memberikan pertumbuhan pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

c. Fungsi dan Manfaat Media Pembelajaran

Penggunaan media pembelajaran memiliki pengaruh dalam percepatan pemahaman materi yang disampaikan pendidik kepada peserta didik. Keterlibatan seluruh panca indera dalam belajar memberikan dampak lebih cepat pada peserta didik dalam menyikapi hasil pembelajaran. Menurut Hamalik yang dikutip oleh Arsyad (2011:10) mengemukakan bahwa pemakaian media pembelajaran dalam proses belajar mengajar dapat membangkitkan keinginan dan minat yang baru, membangkitkan motivasi dan rangsangan kegiatan belajar, dan bahkan membawa pengaruh-pengaruh psikologis terhadap peserta didik.

Levie dan lentz yang dikutip oleh Arsyad (2011) mengemukakan empat fungsi media pembelajaran , khususnya media visual yaitu :

- 1) Fungsi Atensi
Yaitu menarik dan mengarahkan perhatian siswa untuk berkonsentrasi kepada isi pelajaran yang berkaitan dengan makna visual yang ditampilkan atau menyertai teks materi pelajaran.
- 2) Fungsi Afektif
Fungsi ini dapat terlihat dari tingkat kenikmatan siswa belajar (atau membaca) teks bergambar. Gambar atau lambang visual dapat menggugah emosi dan sikap siswa, misalnya informasi yang menyangkut masalah sosial atau ras.
- 3) Fungsi Kognitif
Terlihat dari temuan-temuan penelitian yang mengungkapkan bahwa lambang visual atau gambar memperlancar pencapaian tujuan untuk memahami dan mengingat informasi atau pesan yang terkandung dalam gambar.
- 4) Fungsi Kompensatoris
Fungsi ini dapat terlihat dari hasil penelitian bahwa media visual yang memberikan konteks untuk memahami teks membantu siswa

yang lemah dalam membaca untuk mengorganisasikan informasi dalam teks dan mengingatnya kembali.

Menggunakan media pembelajaran berdasarkan teori-teori diatas dapat meningkatkan pemahaman siswa dalam mempelajari sesuatu bidang ilmu. Berbagai aspek manfaat ditimbulkan dari penggunaan media pembelajaran dalam belajar.

d. Kriteria dan Jenis-Jenis Media Pembelajaran

Media pembelajaran dapat digunakan secara tepat dalam proses mengajar dapat berdasarkan berbagai kriteria. Dengan ketepatan media yang digunakan maka pembelajaran dapat berjalan dengan efektif dan fungsi media pembelajaran sebagai sarana untuk mempermudah penyampaian materi dapat berhasil.

Menurut Mufarokah (2009: 102) dalam proses belajar mengajar seorang guru belum cukup apabila hanya mengetahui nilai kegunaan dan mengetahui penggunaan media pembelajaran, melainkan harus mengetahui dan terampil bagaimana cara menggunakannya. Ada beberapa kriteria penggunaan media yang perlu diketahui dalam proses belajar mengajar yaitu:

- 1) Ketepatan dengan tujuan pembelajaran.
- 2) Dukungan terhadap isi bahan pembelajaran.
- 3) Kemudahan memperoleh media.
- 4) Keterampilan guru dalam menggunakan media.
- 5) Tersedianya waktu untuk menggunakannya.
- 6) Sesuai dengan taraf berfikir peserta didik sehingga makna yang terkandung di dalamnya dapat dipahami oleh peserta didik.

Berbagai kriteria diatas harus diperhatikan agar penggunaan media pembelajaran dapat digunakan secara tepat dalam proses mengajar. Dengan ketepatan media yang digunakan maka pembelajaran dapat berjalan dengan efektif dan fungsi media pembelajaran sebagai sarana untuk mempermudah penyampaian materi dapat berhasil.

Dalam usaha menggunakan media pembelajaran, Miarso (2004: 461) memberikan sejumlah pedoman umum yang meliputi :

- 1) Tidak ada suatu media yang terbaik untuk mencapai suatu tujuan pembelajaran, pemanfaatan kombinasi dua atau lebih media akan lebih mampu membantu tercapainya tujuan pembelajaran
- 2) Harus didasarkan pada tujuan pembelajaran yang hendak dicapai
- 3) Harus mempertimbangkan kecocokan ciri media dengan karakteristik materi pembelajaran yang disajikan
- 4) Harus disesuaikan dengan bentuk kegiatan belajar yang akan dilaksanakan seperti belajar secara klasikal, belajar dalam kelompok kecil, belajar secara individual atau belajar mandiri
- 5) Harus disertai persiapan yang cukup, pemanfaatan media diharapkan tidak akan mengganggu kelancaran proses belajar mengajar dan mengurangi waktu belajar
- 6) Peserta didik perlu disiapkan sebelum media pembelajaran digunakan agar mereka dapat mengarahkan perhatian pada hal-hal yang penting selama penyajian dengan media berlangsung
- 7) Harus diusahakan agar senantiasa melibatkan partisipasi aktif peserta.

Menurut Arsyad (2011:72-74), pemilihan dan penggunaan media dari segi teori belajar, berbagai kondisi dan prinsip-prinsip psikologis, adalah sebagai berikut:

1. Motivasi. Harus ada kebutuhan dan minat belajar dari siswa sebelum meminta perhatiannya untuk mengerjakan tugas.

2. Perbedaan individual. Siswa belajar dengan cara dan tingkat kecepatan yang berbeda-beda.
3. Tujuan pembelajaran. Jika siswa diberitahukan apa yang diharapkan mereka pelajari melalui media pembelajaran itu, kesempatan berhasil dalam pembelajaran semakin besar.
4. Organisasi isi. Pembelajaran akan lebih mudah jika isi dan prosedur atau keterampilan fisik yang akan dipelajari diatur dan diorganisasikan ke dalam urutan-urutan yang bermakna.
5. Persiapan sebelum belajar. Siswa sebaiknya telah menguasai secara baik pelajaran dasar/pengalaman yang memadai yang mungkin merupakan prasyarat penggunaan media. serta kecakapan amat berpengaruh dan bertahan.
6. Partisipasi. Agar pembelajaran berlangsung dengan baik, seorang siswa harus menginternalisasi informasi, tidak sekedar diberitahukan kepadanya.
7. Umpan balik. Hasil belajar dapat meningkat apabila secara berkala siswa diinformasikan kemajuan belajarnya.
8. Penguatan (*reinforcement*). Apabila siswa berhasil belajar, ia didorong untuk terus belajar.
9. Latihan dan pengulangan. Sesuatu hal baru jarang sekali dapat dipelajari secara efektif hanya dengan sekali jalan
10. Penerapan. Hasil belajar yang diinginkan adalah meningkatkan kemampuan seseorang untuk menerapkan atau mentransfer hasil belajar pada masalah atau situasi baru.

Menurut Arsyad (2011:75) kriteria pemilihan media bersumber dari konsep bahwa media merupakan bagian dari sistem instruksional secara keseluruhan. Untuk itu kriteria yang diperhatikan adalah 1) sesuai dengan tujuan, 2) tepat untuk mendukung isi pelajaran bersifat fakta, konsep, prinsip, 3) praktis, luwes dan bertahan, 4) guru terampil menggunakannya, 5) pengelompokkan sasaran, dan 6) mutu teknis.

Berbagai kriteria diatas harus diperhatikan agar penggunaan media pembelajaran dapat digunakan secara tepat dalam proses mengajar. Dengan ketepatan media yang digunakan maka pembelajaran dapat berjalan dengan efektif dan fungsi media pembelajaran sebagai sarana untuk mempermudah penyampaian materi dapat berhasil.

Menurut Ely (1980) dalam bukunya *Teaching and Media* beberapa tipe media yang biasa digunakan dalam pembelajaran adalah :

1. Ciri fiksatif (fixative property)

Ciri ini menggambarkan kemampuan media merekam, menyimpan, melestarikan dan merekonstruksi suatu peristiwa atau objek.

2. Ciri manipulatif (manipulative property)

Ciri ini menunjukkan kemampuan media dalam melakukan transformasi suatu kejadian atau objek dengan banyak cara.

3. Ciri distributif (distributive property)

Ciri distributif dari media memungkinkan suatu objek atau kejadian ditransportasikan melalui ruang dan secara bersamaan kejadian tersebut disajikan kepada sejumlah besar siswa dengan stimulus pengalaman yang relatif sama mengenai kejadian itu.

Berpedoman dari batasan-batasan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran adalah komponen sumber belajar yang digunakan untuk menyampaikan isi pembelajaran dan merangsang siswa untuk belajar sehingga mendorong terjadinya proses belajar yang disengaja, bertujuan dan terkendali.

- e. Evaluasi Media Pembelajaran

Penggunaan media tidak dilihat atau dinilai dari segi kecanggihan medianya, tetapi yang lebih penting adalah fungsi dan peranannya dalam membantu mempertinggi proses pembelajaran. Sehingga media pembelajaran memiliki beberapa kriteria untuk mencapai fungsi dan peranannya tersebut. Menurut (Arsyad, 2011:72-

74) pemilihan dan penggunaan media dari segi teori belajar, berbagai kondisi dan prinsip-prinsip psikologis, adalah sebagai berikut:

- 1) Motivasi. Harus ada kebutuhan dan minat belajar dari peserta didik sebelum meminta perhatiannya untuk mengerjakan tugas.
- 2) Perbedaan individual. Peserta didik belajar dengan cara dan tingkat kecepatan yang berbeda-beda.
- 3) Tujuan pembelajaran. Jika peserta didik diberitahukan apa yang diharapkan mereka pelajari melalui media pembelajaran itu, kesempatan berhasil dalam pembelajaran semakin besar.
- 4) Organisasi isi. Pembelajaran akan lebih mudah jika isi dan prosedur atau keterampilan fisik yang akan dipelajari diatur dan diorganisasikan ke dalam urutan-urutan yang bermakna.
- 5) Persiapan sebelum belajar. Peserta didik sebaiknya telah menguasai secara baik pelajaran dasar/pengalaman yang memadai yang mungkin merupakan prasyarat penggunaan media.
- 6) Emosi. Pembelajaran yang melibatkan emosi dan perasaan pribadi serta kecakapan amat berpengaruh dan bertahan.
- 7) Partisipasi. Agar pembelajaran berlangsung dengan baik, seorang peserta didik harus menginternalisasi informasi, tidak sekedar diberitahukan kepadanya .
- 8) Umpan balik. Hasil belajar dapat meningkat apabila secara berkala peserta didik diinformasikan kemajuan belajarnya
- 9) Penguatan (reinforcement). Apabila peserta didik berhasil belajar, ia didorong untuk terus belajar.
- 10) Latihan dan pengulangan. Sesuatu hal baru jarang sekali dapat dipelajari secara efektif hanya dengan sekali jalan
- 11) Penerapan. Hasil belajar yang diinginkan adalah meningkatkan kemampuan seseorang untuk menerapkan atau mentransfer hasil belajar pada masalah atau situasi baru.

Menurut Arsyad (2011:75) kriteria yang diperhatikan adalah 1) sesuai dengan tujuan, 2) tepat untuk mendukung isi pelajaran bersifat fakta, konsep, prinsip; 3) praktis, luwes dan bertahan, 4) guru terampil menggunakannya, 5) pengelompokkan sasaran, dan 6) mutu teknis.

Sedangkan menurut Leong (2009:3), terdapat kriteria modul media pembelajaran yang baik, meliputi:

- 1) Kesesuaian atau relevansi, artinya media pembelajaran harus sesuai dengan kebutuhan belajar, rencana kegiatan belajar, program kegiatan belajar, tujuan belajar dan karakteristik peserta didik (sesuai dengan taraf berfikir peserta didik)
- 2) Kemudahan, artinya semua isi pembelajaran melalui media harus mudah dimengerti, dipelajari atau dipahami oleh peserta didik dan sangat operasional dalam penggunaannya
- 3) Kemenarikan, artinya media pembelajaran harus mampu menarik maupun merangsang perhatian peserta didik, baik tampilan, pilihan warna maupun isinya. Uraian isi tidak membingungkan serta dapat menggugah minat peserta didik untuk menggunakan media tersebut
- 4) Kemanfaatan, artinya isi dari media pembelajaran harus bernilai atau berguna, mengandung manfaat bagi pemahaman materi pembelajaran serta tidak mubazir atau sia-sia apalagi merusak peserta didik

Menurut Arsyad (2011: 174) mengemukakan tujuan evaluasi media pembelajaran, yaitu:

- 1) Menentukan apakah media pembelajaran itu efektif.
- 2) Menentukan apakah media itu dapat diperbaiki atau ditingkatkan.
- 3) Memilih media pembelajaran yang sesuai untuk dipergunakan dalam proses belajar mengajar di kelas.
- 4) Menentukan apakah isi pelajaran sudah tepat disajikan
- 5) Mengetahui apakah media pembelajaran itu benar-benar memberi sumbangan terhadap hasil belajar seperti yang dinyatakan.
- 6) Mengetahui sikap peserta didik terhadap media pembelajaran.

Kegiatan evaluasi dalam pengembangan media pembelajaran dititikberatkan pada kegiatan evaluasi formatif. Inti dari kegiatan evaluasi formatif adalah uji coba dan revisi bahan ajar. Evaluasi

formatif adalah proses yang dimaksudkan untuk mengumpulkan data tentang efektifitas dan efisiensi bahan-bahan pembelajaran untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan, dimana data-data tersebut dimaksudkan untuk memperbaiki dan menyempurnakan media yang bersangkutan agar lebih efektif dan efisien (Sadiman, 2009: 182) .

Model tiga tahapan evaluasi formatif menurut Sadiman (2009: 182) , adalah sebagai berikut:

- 1) Evaluasi satu-satu, pada tahap ini media dicobakan kepada dua siswa dengan kemampuan berbeda (dibawah dan diatas rata-rata) untuk mendapatkan masukan untuk mengetahui kesulitan siswa terhadap media atau dicobakan kepada ahli bidang studi (*content expert*) yang dapat memberikan umpan balik yang bermanfaat menyangkut isi produk pembelajaran. Dengan data dari kegiatan tersebut, revisi dilakukan sebelum ke tahap berikutnya.
- 2) Evaluasi kelompok kecil, pada tahap ini media dicobakan kepada 10-20 orang siswa yang dapat mewakili populasi target. Hal ini dikarenakan apabila kurang dari sepuluh data yang diperoleh kurang dapat menggambarkan populasi target dan jika lebih dari dua puluh data yang diperoleh melebihi yang diperlukan. Hasil evaluasi digunakan untuk menganalisis komentar siswa.
- 3) Evaluasi lapangan, pada tahap ini jumlah siswa yang dipilih sekitar 15 – 30 orang dengan berbagai karakteristik (tingkat kepandaian, jenis kelamin, usia dan lain sebagainya). Dari data-data evaluasi selanjutnya adalah perbaikan media, sehingga dapat dipastikan kebenaran efektivitas dan efisiensi media yang dikembangkan.

3. Pengembangan Media Pembelajaran

Media Pembelajaran mikrokontroler dengan Robot *Line Follower* PID adalah media pembelajaran dalam bentuk media objek (*trainer*) robot *line follower* dan media cetak (modul mikrokontroler dan robot *line*

follower). Berikut ini merupakan uraian mengenai pengembangan Media Pembelajaran mikrokontroler dengan Robot *Line Follower* PID.

a. Media objek (*trainer*)

Menurut Anderson (1994: 181), objek yang sesungguhnya atau benda model yang mirip sekali dengan benda nyatanya, akan memberikan rangsangan yang amat penting bagi siswa dalam mempelajari tugas yang menyangkut keterampilan psikomotorik. Penggunaan media objek dalam proses belajar secara kognitif untuk mengajarkan pengenalan kembali dan/atau pembedaan akan rangsangan yang relevan; secara afektif dapat mengembangkan sikap positif terhadap pekerjaan sejak awal latihan; sedangkan secara psikomotorik, memberikan latihan atau untuk menguji penampilan dalam menangani alat, perlengkapan dan materi pekerjaan. Tiga teknik latihan menggunakan media objek Anderson (1994: 181) yaitu:

- 1) Latihan simulasi, dalam latihan ini siswa bekerja dengan model tiruan dari alat, mesin atau bahan lain yang sebenarnya dalam lingkungan yang meniru situasi kerja nyata.
- 2) Latihan menggunakan alat, dalam latihan ini siswa dapat bekerja dengan alat dan benda yang sebenarnya, tetapi tidak dalam lingkungan kerja yang nyata
- 3) Latihan kerja, dalam latihan ini siswa dapat bekerja dengan objek-objek kerja yang sebelumnya dalam lingkungan kerja yang nyata

Simulasi dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia Pustaka (1989: 842) adalah metode pelatihan yang memeragakan sesuatu dalam bentuk tiruan yang mirip dengan keadaan sesungguhnya. Latihan menggunakan alat atau latihan kerja bisa disamakan dengan praktikum.

Praktikum dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia Pustaka (1989: 842) adalah bagian dari pengajaran, yang bertujuan agar siswa mendapat kesempatan untuk menguji dan melaksanakan dalam keadaan nyata apa yang diperoleh dalam teori.

Untuk mengembangkan media ini digunakan beberapa model pengembangan. Model pengembangan merupakan tahapan atau langkah-langkah yang dilakukan dalam pengembangan. Beberapa model pengembangan yang menjadi acuan peneliti dalam melakukan penelitian pengembangan, salah satunya menurut Sukmadinata (2006: 57) yaitu terdiri dari tiga langkah, studi pendahuluan (mengkaji teori dan mengamati produk atau kegiatan yang ada), melakukan pengembangan produk atau program kegiatan baru dan terakhir menguji atau memvalidasi produk atau program kegiatan yang baru.

Terdapat tiga model pengembangan, yaitu model prosedural, konseptual, dan teoritik. Penelitian ini menggunakan model prosedural, yaitu model yang bersifat deskriptif, menunjukkan langkah-langkah yang harus diikuti untuk menghasilkan produk. Prosedur pengembangan yang digunakan dalam pengembangan media adalah sebagai berikut:

- 1) Perencanaan, yang meliputi:
 - a) Perumusan tujuan yang ingin dicapai (*need analysis*)
 - b) Penetapan kriteria keberhasilan dan jenis-jenis instrumen yang akan digunakan untuk menilai ketercapaian hasil.

- c) Merancang pengembangan produk awal dan uji lapangan yang akan dilakukan, penentuan subjek, rancangan uji coba (*quasi experiment*), waktu dan lama pelaksanaan, personalia, fasilitas yang diperlukan, jadwal kegiatan, dan estimasi biaya.
- 2) Studi eksplorasi, meliputi 2 bagian :
- a) Kajian literatur tentang produk yang akan dikembangkan dan kajian terhadap penelitian-penelitian yang telah dilakukan berkenaan dengan pengembangan produk.
 - b) Kajian tentang situasi lapangan, berkenaan dengan kondisi lembaga, jumlah dan keadaan mahasiswa, sarana, serta praktek pembelajaran yang berlaku sekarang.
- 3) Pengembangan bentuk awal produk yang dilakukan oleh orang-orang yang memiliki keahlian tentang produk yang akan dikembangkan dan mampu mengembangkan produk tersebut sampai dengan dihasilkannya bentuk awal yang diinginkan dan memerlukan revidi serta perbaikan yang berlangsung berkali-kali.
- 4) Validasi, terdapat dua aspek yang diperhatikan, yaitu: aspek produk (kejelasan petunjuk penggunaan, keterbacaan, sistematika materi, kualitas tampilan gambar dan animasi, komposisi warna, kualitas narasi, dan sebagainya) dan aspek instruksional (misalnya kejelasan kompetensi yang akan dicapai, kejelasan petunjuk belajar, kemudahan memahami materi, kelengkapan dan kedalaman materi, ketepatan urutan penyajian, interaktifitas, ketepatan

evaluasi, kejelasan umpan balik, dan sebagainya). Validasi produk dapat dilakukan melalui:

- a) Validasi Ahli (*Expert Judgement*), responden para ahli bidang terkait dengan produk yang dikembangkan, untuk mereview produk awal, sehingga diperoleh masukan untuk perbaikan awal.
 - b) Uji lapangan ialah uji penggunaan produk yang dikembangkan terhadap subjek yang menjadi sasaran. Subjek hendaknya representatif dan sesuai dengan ruang lingkup penelitian.
- 5) Instrumen Pengumpulan dan Analisis Data
 - 6) Revisi model dan perangkat pembelajaran berdasarkan validasi

(Ketenagaan, D. (2007). Retrieved 27 agustus, 2010, from http://www.ditnaga-dikti.org/ditnaga/files/PPKP-PIPS/metode_PPKP.pdf.)

Selain itu terdapat beberapa model pengembangan berorientasi produk yaitu model desain pembelajaran untuk menghasilkan suatu produk, yaitu model hannafin and peck yang terdiri dari tiga fase yaitu fase analisis keperluan, desain, dan pengembangan. Dalam model ini, penilaian dan pengulangan dijalankan di setiap fase.



Gambar 2. Model pengembangan Hannafin and Peck
Sumber : Badarudin (2011)

Berikut ini adalah penjelasan mengenai langkah-langkah pengembangan pada model Hannafin and Peck dalam buku Badarudin (2011) :

1) *Need AssesmentAnalysis* (analisa)

Fase ini diperlukan untuk mengidentifikasi kebutuhan-kebutuhan dalam mengembangkan suatu media pembelajaran termasuklah di dalamnya tujuan dan objektif media pembelajaran yang dibuat, pengetahuan dan kemahiran yang diperlukan oleh kelompok sasaran, peralatan dan keperluan media pembelajaran.

2) *Design* (desain / perancangan)

Fase ini bertujuan untuk mengidentifikasikan dan mendokumenkan kaidah yang paling baik untuk mencapai tujuan pembuatan media tersebut.

3) *Development and Implementation* (pengembangan)

Fase ini menghasilkan diagram alur, pengujian, serta penilaian. Diagram alur dapat membantu proses pembuatan media pembelajaran. Hasil dari pengujian dan penilaian tersebut akan digunakan dalam proses revisi untuk mencapai kualitas media yang dikehendaki.

b. Media cetak (modul trainer)

Media cetak menurut Anderson (1994: 181), merupakan pengajaran terprogram yang berbentuk buku. Modul Pembelajaran Mikrokontroler dengan Robot Line Follower yang dimaksud pada

penelitian ini merupakan media pembelajaran berisi prosedur pengoperasian *trainer* serta memuat materi, tugas, tes dan cara mengevaluasi yang dirancang secara sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya dan termasuk kedalam jenis media cetak berwujud buku.

Menurut Arsyad, (2011: 87-90) modul pembelajaran memiliki beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saat merancang, misalnya konsistensi dalam penggunaan format dari halaman ke halaman mengenai jenis dan ukuran huruf serta jarak spasi, teks yang disusun disusun sedemikian rupa sehingga informasi mudah diperoleh dan daya tarik agar memotivasi siswa untuk terus membaca modul pembelajaran.

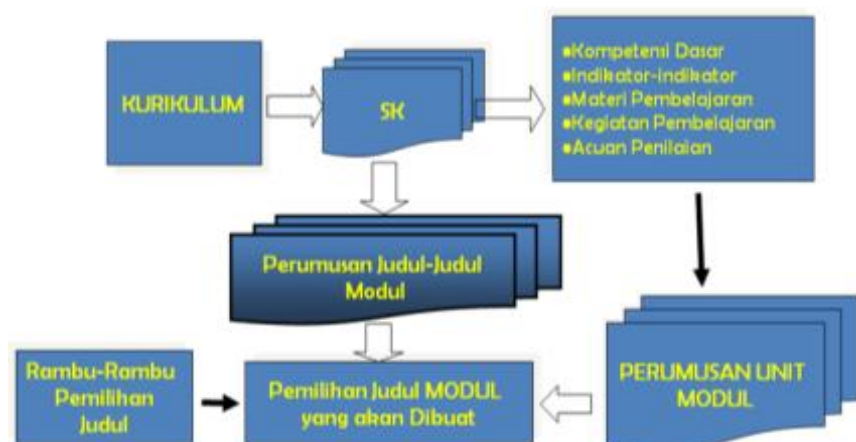
Sebuah modul mencakup seluruh kegiatan belajar yang harus ditempuh oleh peserta didik, sehingga guru tidak lagi menjadi unsur pokok di dalam mempelajari kompetensi. Beberapa keunggulan pembelajaran dengan sistem modul antara lain (Mulyasa, 2006: 46) :

- 1) Berfokus pada kemampuan individual peserta didik, karena pada hakekatnya mereka memiliki kemampuan untuk bekerja sendiri dan bertanggung jawab atas tindakan-tindakannya.
- 2) Adanya kontrol terhadap hasil belajar melalui penggunaan standar kompetensi dalam setiap modul yang harus dicapai oleh peserta didik.
- 3) Relevansi kurikulum ditunjukkan dengan adanya tujuan dan cara pencapaiannya, sehingga peserta didik dapat mengetahui keterkaitan antara pembelajaran dan hasil yang akan diperolehnya.

Agar dapat dimanfaatkan secara optimal dalam pembelajaran, modul harus dipersiapkan dengan memperhatikan aspek kedalaman materi dan kesiapan pembaca. Secara umum, tahapan pengembangan modul, yaitu: identifikasi tujuan instruksional, memformulasi garis besar materi, menulis materi, dan menentukan format dan tata letak Sadjati (2003) Berikut adalah tahapan-tahapan penyusunan modul lainnya, yaitu :

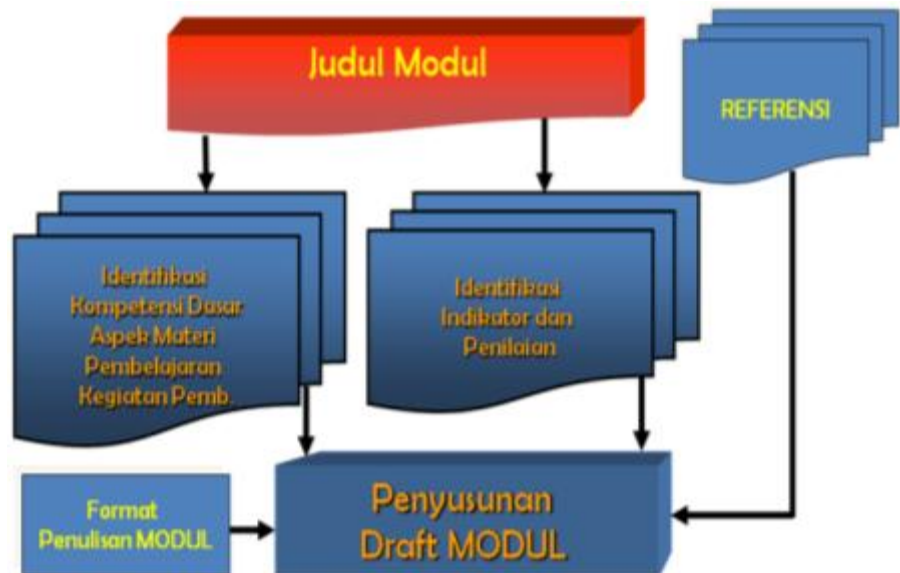
1) Tahap persiapan

Dalam tahapan ini perlu mengetahui kurikulum yang digunakan. Selanjutnya dengan memperhatikan standar kompetensi (SK) melakukan perumusan judul-judul modul. Dari SK kita akan mendapatkan Kompetensi Dasar (KD), Indikator-indikator, Materi Pembelajaran, Kegiatan Pembelajaran, dan Acuan Penilaian sehingga dapat dirumuskan unit modul yang akan dibuat. Selanjutnya pemilihan judul modul yang akan dibuat harus memperhatikan rambu-rambu pemilihan judul.



Gambar 3. Alur Tahap Persiapan Pembuatan Modul
Sumber: DEPDiknas (2009)

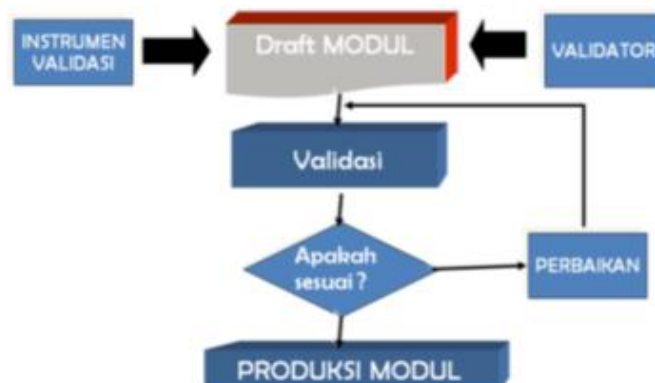
2) Tahap penyusunan



Gambar 4. Tahap Penyusunan Modul
Sumber: DEPDIKNAS (2009)

Dalam tahap ini Kompetensi Dasar, Aspek Materi Pembelajaran, Kegiatan Pembelajaran, Indikator dan Penilaian disusun menjadi *draft* modul sesuai format penulisan modul dan dengan memperhatikan referensi yang relevan.

3) Tahap Validasi

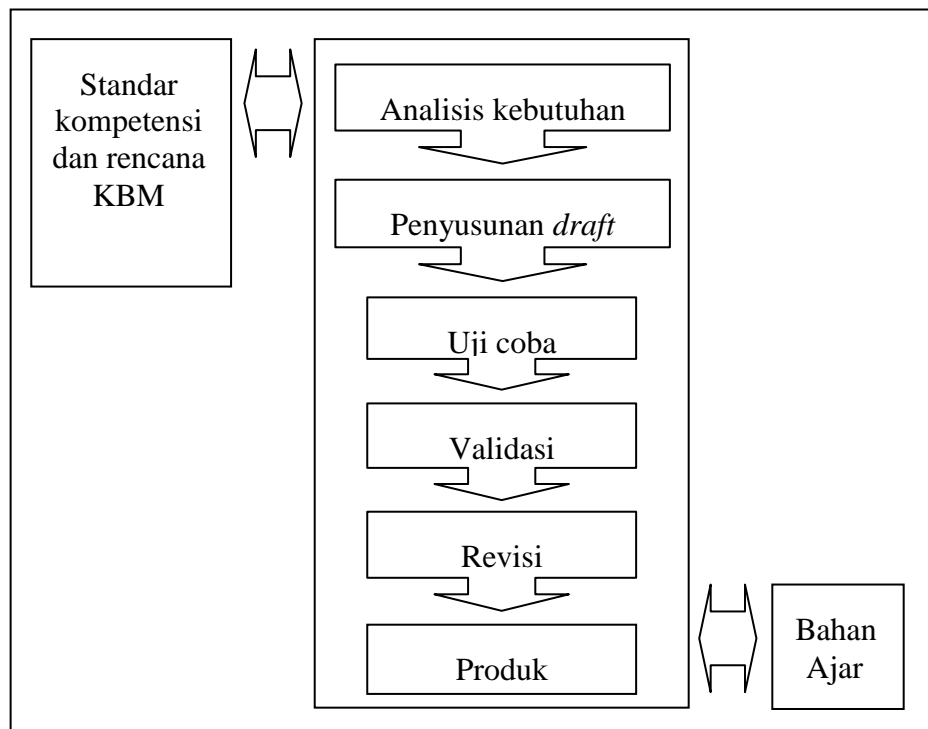


Gambar 5. Tahap Validasi Modul
Sumber: DEPDIKNAS (2009)

Tahap validasi dilakukan untuk mengetahui apakah *draft* modul yang telah dibuat sesuai dengan kurikulum yang digunakan. Validasi dilakukan dengan instrumen validasi oleh validator ahli media pembelajaran dan ahli materi. Setelah perbaikan *draft* harus kembali divalidasi. Apabila *draft* modul sudah sesuai dengan kurikulum *draft* modul tersebut dapat diproduksi.

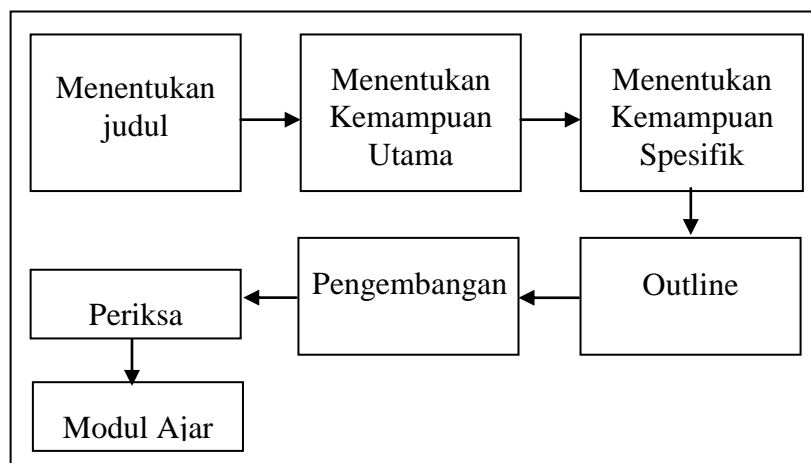
Sedangkan langkah-langkah dalam penyusunan bahan ajar yang dinyatakan oleh Widodo C.S. (2008: 43) adalah sebagai berikut:

- 1) Penentuan standar kompetensi dan rencana kegiatan belajar mengajar sebagai pijakan pembuatan modul pembelajaran
- 2) Analisis kebutuhan modul bertujuan untuk mengidentifikasi dan menetapkan jumlah dan judul modul yang harus dikembangkan untuk mencapai suatu kompetensi dengan langkah-langkah sebagai berikut: menetapkan kompetensi yang telah diberikan dalam rencana kegiatan belajar mengajar, mengidentifikasi dan menentukan ruang lingkup unit kompetensi, mengidentifikasi dan menentukan pengetahuan, keterampilan dan sikap yang diprasyarkan dan menentukan judul modul yang akan ditulis.



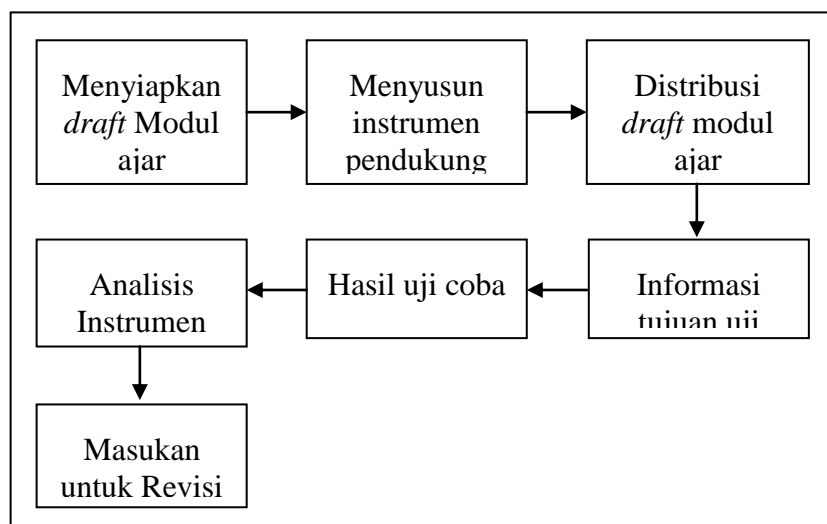
Gambar 6. Konsep Penyusunan Bahan Ajar

- 3) Penyusunan *draft* yaitu kegiatan untuk menyusun dan mengorganisasi kompetensi tertentu atau bagian dari kompetensi menjadi sebuah kesatuan yang tertata secara sistematis.



Gambar 7. Blok diagram penyusunan *draft* bahan ajar

- 4) Uji Coba dilakukan untuk mengetahui keterlaksanaan dan manfaat modul dalam KBM sebelum modul benar-benar diproduksi. Masukan yang didapat digunakan sebagai perbaikan modul.



Gambar 8. Langkah uji coba *draft* modul

- 5) Validasi merupakan proses permintaan pengakuan atau persetujuan terhadap kesesuaian modul dengan kebutuhan dengan melibatkan pihak *stakeholders*, misalnya para praktisi yang ahli sesuai dengan bidang-bidang terkait dengan modul. Hasil validasi digunakan untuk penyempurnaan modul

- 6) Revisi dan Produksi.

Agar mudah melakukan penyusunan modul, maka harus dibuat kerangka modul terlebih dahulu. Berikut ini adalah kerangka modul yang menjadi acuan peneliti yang terdiri dari:

- 1) Sampul terdiri atas judul, ilustrasi dengan tujuan membuat modul tampil lebih menarik dan informatif.
- 2) Kata pengantar memuat penjelasan peran dan fungsi modul

- 3) Daftar isi memuat *outline* dari modul beserta halamannya
- 4) Bab Pembelajaran disusun berdasarkan urutan bab per bab sebagaimana kegiatan belajar-mengajar dikelas.
- 5) Evaluasi
- 6) Penutup
- 7) Daftar Pustaka

Dengan berbagai uraian tersebut, maka agar dapat menghasilkan media pembelajaran yang baik, diperlukan beberapa tahapan dalam penelitian pengembangan media pembelajaran berorientasi produk berupa *trainer* dan modul materi. Tahapan-tahapan tersebut meliputi:

- a. Tahap perencanaan, diantaranya:
 - 1) Mendefinisikan bidang/ruang lingkup materi
 - 2) Menentukan jenis media dalam penelitian pengembangan
 - 3) Melakukan analisis konsep media dikaitkan dengan materi
 - 4) Melakukan *brainstorming* dengan pengajar mata pelajaran, teman sejawat dan ahli materi mikrokontroler
 - 5) Melakukan identifikasi kebutuhan produk
 - a) Identifikasi kebutuhan *simulator* dan *trainer*
 - b) Identifikasi kebutuhan Modul *Trainer*
 - 6) Mengumpulkan sumber-sumber metodologi penelitian pendidikan, materi mikrokontroler ATmega dan Robot Line Follower, diantaranya buku, *download* materi dari internet dan lain-lain.

- 7) Penetapan kriteria keberhasilan, jenis instrumen dan pembuatan instrumen yang akan digunakan untuk menilai ketercapaian hasil.
 - 8) Evaluasi dan revisi dilakukan di setiap aspek yang dirasa perlu untuk dilakukan perbaikan.
- b. Tahap pengembangan, diantaranya:
- 1) Pada pembuatan *trainer*
 - a) Perancangan perangkat *trainer*
 - b) Pembuatan perangkat *trainer*
 - c) Melakukan pemrograman pada perangkat *trainer*
- c. Pada pembuatan modul *trainer* :
- a) Menentukan judul
 - b) Menentukan tujuan pembelajaran
 - c) Menentukan *outline* dan mengembangkannya
 - Halaman judul
 - Kata pengantar
 - Daftar isi
 - Penutup
 - Daftar pustaka
 - d) Penyusunan *draft* modul
 - e) Menentukan format dan tata letak teks dan gambar
 - f) Melakukan pencetakan modul *trainer* awal
- d. Evaluasi dan revisi dilakukan pada setiap kesempatan di setiap aspek yang dirasa perlu untuk dilakukan evaluasi dan revisi.

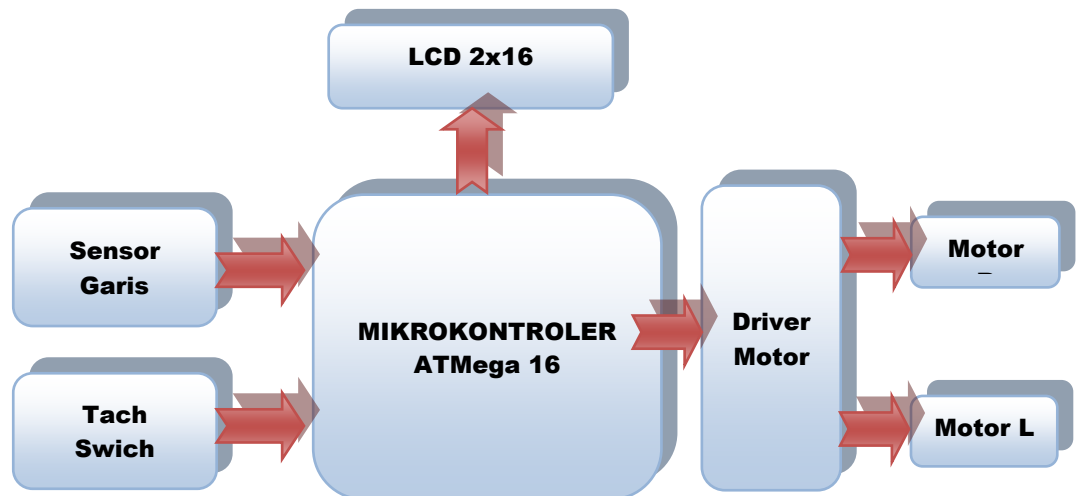
e. Tahap evaluasi, diantaranya :

- 1) Mengevaluasi dan memvalidasi produk kepada para ahli media dan ahli materi, hasil evaluasi dilakukan untuk melakukan perbaikan terhadap produk (tahap revidi)
- 2) Mengevaluasi produk kepada siswa (tahap evaluasi satu-satu dan evaluasi lapangan)
- 3) Melakukan revisi akhir produk pembelajaran mikrokontroler dengan robot *line follower*.

4. Line Follower Robot

Robot adalah suatu benda dengan kemampuan bergerak atau bekerja secara otomatis yang terbuat dari gabungan beberapa sistem elektronika. *Line follower robot* adalah suatu robot yang bertugas mengikuti suatu garis dengan rute yang sudah ditentukan. *Line follower robot* bergerak secara otomatis dan terprogram menggunakan suatu chip mikrokontroler.

Proses pergerakan robot dikontrol oleh motor yang terhubung dengan mikrokontroler yang secara otomatis mengendalikan laju putaran motor. Proses pergerakan motor dipengaruhi oleh sensor garis yang berupa *photo sensor* sebagai penjejak warna garis.

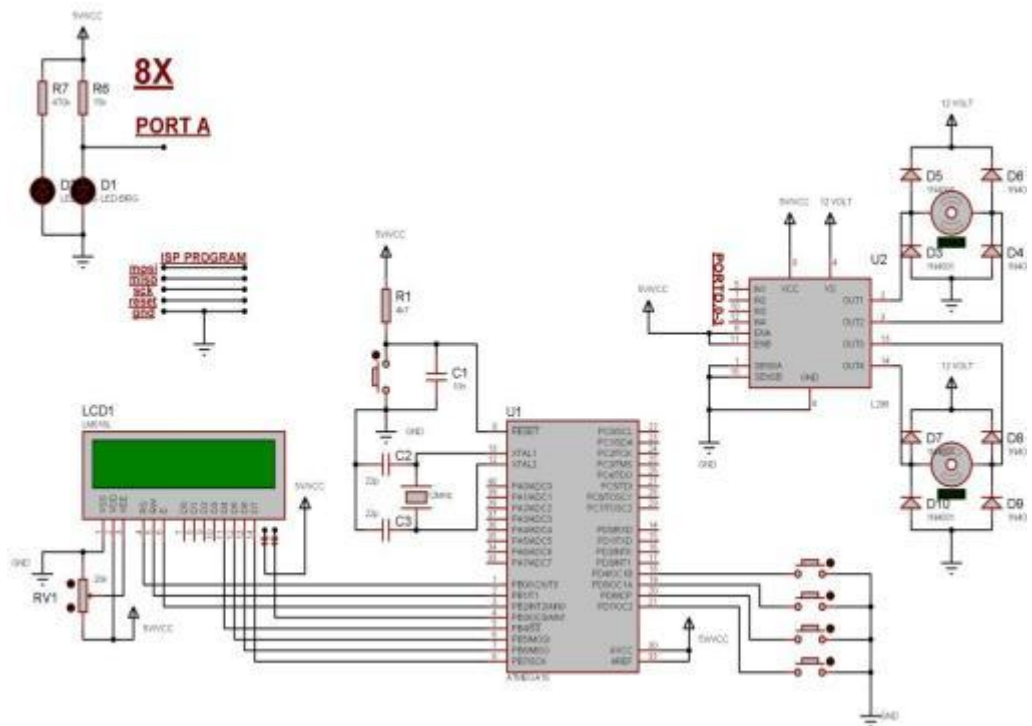


Gambar 2. Blok Sistem Robot Line Follower



Gambar 3. Salah Satu Model Line Follower Robot

Menurut Soebhakti (2007) ada beberapa bagian yang harus terpenuhi dalam pembuatan sebuah *line follower robot*. Setiap bagian memiliki fungsi-fungsi tersendiri agar robot dapat bekerja dengan baik.

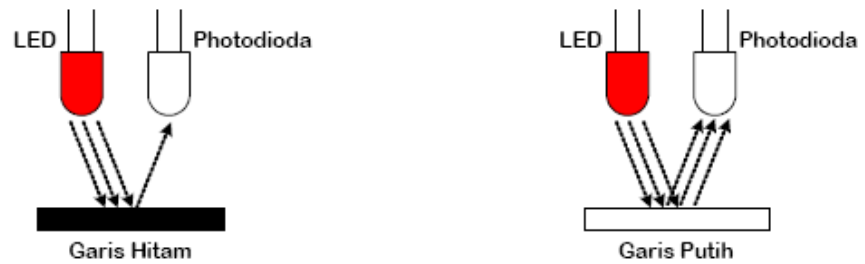


Gambar 4. Rangkaian Elektronik Robot Line Follower

Bagian-bagian yang terdapat pada *line follower robot* adalah sebagai berikut :

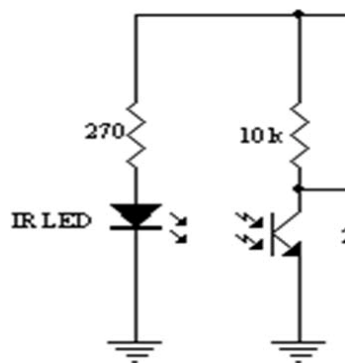
1. Sensor Photodiode dengan ADC (*Analog Digital Converter*)

Sensor ini memiliki fungsi sebagai pendeteksi garis pada lintasan robot. Komponen penyusun dari sensor ini adalah led infra merah dan photodiode. Led infra merah berfungsi sebagai pemancar (*transmitter*) dan photodiode sebagai penerima (*receiver*). Pemasangan sensor ini adalah saling sejajar karena memanfaatkan efek pemanculan cahaya dari pemancar ke penerima. Berikut ini adalah gambaran kerja dari photodiode.



Gambar 5. Gambaran Kerja Photodiode

Sifat dari photodiode adalah jika semakin banyak cahaya yang diterima, maka nilai resistansi diodanya semakin kecil. Dengan melakukan sedikit modifikasi, maka besaran resistansi tersebut dapat diubah menjadi tegangan. Sehingga jika sensor berada diatas garis hitam, maka tegangan keluaran sensor akan kecil, demikian pula sebaliknya.



Gambar 6. Rangkaian sensor Fototransistor untuk ADC

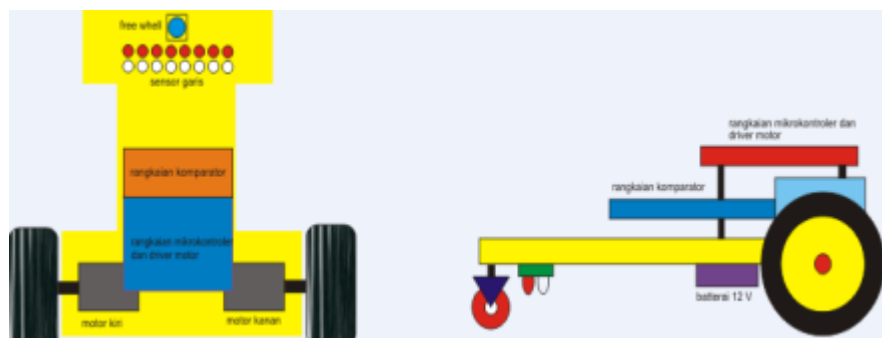
Sensor ADC merupakan perangkat sensor yang sangat sederhana. Perangkat sensor ini hanya terdiri dari sebuah Resistor dan sensor phototransistor/photodiode/LDR yang menggunakan prinsip pembagi tegangan sebagai parameternya. Sensor ADC member inputan ke mikrocontroller berupa

tegangan variasi yang diterjemahkan oleh mikro sebagai bilangan 00000000(0) sampai 11111111(255). Jadi dengan ini kita tidak memerlukan komparator sebagai indicator 1/0, tapi

Memerlukan pemograman mikrocontroler yang lebih sulit, yaitu dengan mengatur parameter variasi tegangan input yang diterjemah mikro sebagai logic 0/1. Misal : Jika out sensor 3,5-5V diterjemahkan sebagai logic 1. Jika out sensor kurang dari 3,5 V diterjemahkan 0.

2. Mekanik Robot

Mekanik dibuat dengan tujuan memberikan bentuk kepada robot. Bagian ini berfungsi untuk menggabungkan beberapa bagian robot sehingga menjadi dalam satu kesatuan. Desain dari mekanik robot ini akan mempengaruhi dari kinerja gerakan robot. Untuk mendapatkan hasil yang baik desain robot dibuat seringan mungkin agar robot dapat bergerak dengan lincah.

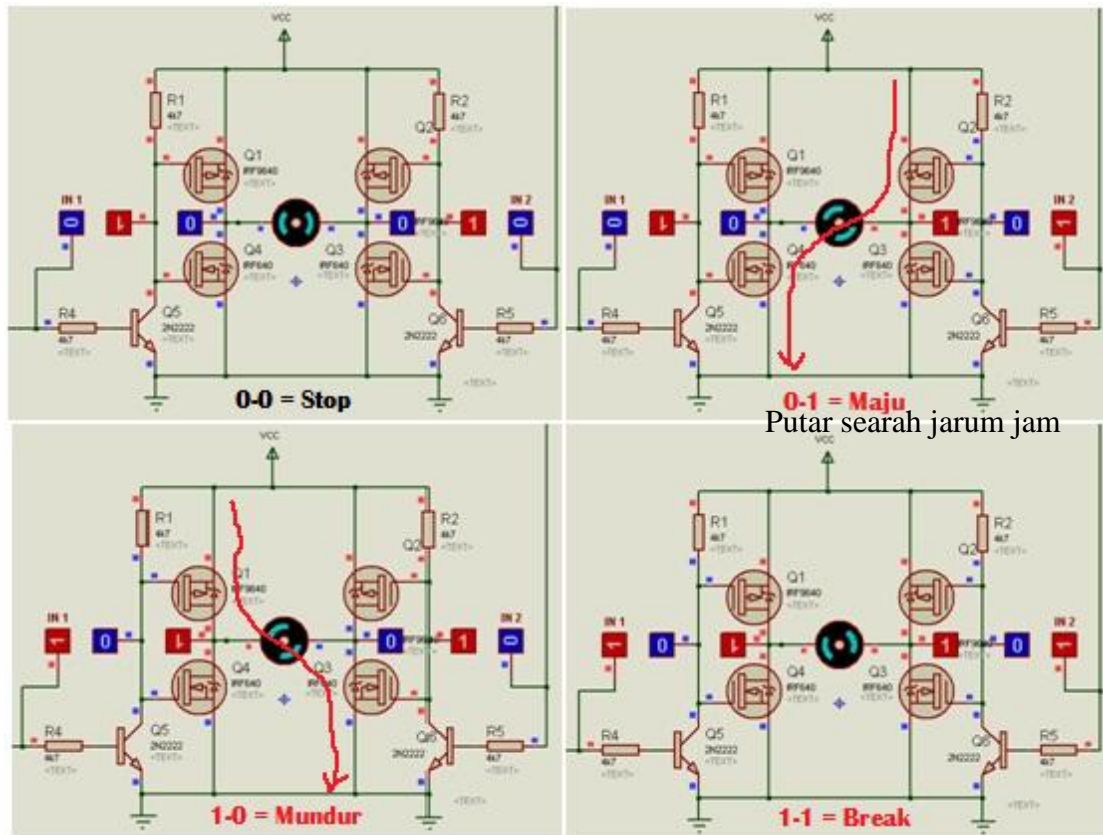


Gambar 7. Contoh Rancangan Mekanik Line Follower Robot

3. *Driver Motor*

Driver motor digunakan untuk menguatkan arus yang masuk ke motor. Terdapat bermacam jenis *driver* motor dari yang menggunakan transistor sampai dengan IC. Prinsip kerja dari berbagai *driver* motor sama yaitu mengendalikan laju putaran motor. Kebutuhan jenis *driver* motor yang digunakan pada pembuatan *line follower robot* tergantung dari konsumsi arus yang dibutuhkan motor.

Untuk mengatur motor DC yang *solid-state* dapat dipakai rangkaian menggunakan FET. FET disusun sedemikian rupa hingga membentuk huruf H atau yang disebut *H-bridge* FET, *H-bridge* tersusun tersusun dari 4 buah FET dengan memanfaatkan fungsi FET sebagai saklar, yaitu titik *cut-off* dan titik saturasi. Pemilihan FET yang dipilih dapat mengalirkan arus yang diperlukan oleh motor DC.



Gambar 8. H-bridge FET

Dengan metode *H-bridge* FET di atas, maka arus yang mengalir ke motor polaritasnya dapat diatur dengan memberikan logika 0/1 ke input naik, turun dan PWM. Pengaturannya seperti tabel berikut.

Tabel 1. Tabel Kebenaran Keaktifan Motor

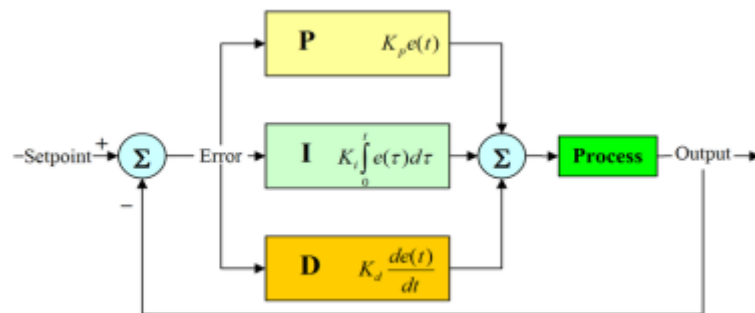
Maju	Mundur	Motor
0	0	Stop
0	1	Berputar Maju
1	0	Berputar Mundur
1	1	Break

Kondisi *High* (1) untuk semua input akan menyebabkan *break* atau pengereman, karena akan mengakibatkan semua transistor fet aktif dan akan merusak

transistor Fet karena secara otomatis arus dari kolektor Q_4 dan Q_3 langsung mengalir ke Q_1 dan Q_2 sehingga arus akan sangat besar tanpa melalui beban seperti konsleting.

5. Kendali PID

PID (dari singkatan bahasa Inggris: *Proportional–Integral–Derivative controller*) merupakan kendali untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut.



Gambar 9. Diagram Blok PID

Keterangan : K_p : Konstanta Proporsional

K_i : Konstanta Integral

K_d : Konstanta Derivatif

$e(t)$: error pada waktu sampling t

Komponen kendali PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu **Proportional**, **Integratif** dan **Derivatif**. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu plant.

a. Kendali Proporsional

Kendali P jika $G(s) = k_p$, dengan k adalah konstanta. Jika $u = G(s) * e$ maka $u = K_p * e$ dengan K_p adalah Konstanta Proporsional. K_p berlaku sebagai Gain (penguat) saja tanpa memberikan efek dinamik kepada kinerja kendali. Penggunaan kendali P memiliki berbagai keterbatasan karena sifat kendali yang tidak dinamik ini. Walaupun demikian dalam aplikasi-aplikasi dasar yang sederhana kendali P ini cukup mampu untuk memperbaiki respon transien khususnya rise time dan settling time.

b. Kendali Integratif

Jika $G(s)$ adalah kendali I maka u dapat dinyatakan sebagai $u(t) = [\int e(t) dt] K_i$ dengan K_i adalah konstanta Integral, dan dari persamaan diatas, $G(s)$ dapat dinyatakan sebagai $u = K_d. [\Delta e / \Delta t]$ Jika $e(T)$ mendekati konstan (bukan nol) maka $u(t)$ akan menjadi sangat besar sehingga diharapkan dapat memperbaiki error. Jika $e(T)$ mendekati nol maka efek kendali I ini semakin kecil. Kendali I dapat memperbaiki sekaligus menghilangkan respon steady-state, namun pemilihan K_i yang tidak tepat dapat menyebabkan respon transien yang tinggi sehingga dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem. Pemilihan K_i yang sangat tinggi justru dapat menyebabkan output berosilasi karena menambah orde sistem.

c. Kendali Derivatif

Sinyal kendali D yang dihasilkan oleh kendali D dapat dinyatakan sebagai $G(s) = s.K_d$. Dari persamaan di atas, nampak bahwa sifat dari kendali D ini dalam konteks "kecepatan" atau rate dari error. Dengan sifat ini ia dapat digunakan untuk memperbaiki respon transien dengan memprediksi error yang akan terjadi. Kendali Derivative hanya berubah saat ada perubahan error sehingga saat error statis kendali ini tidak akan bereaksi, hal ini pula yang menyebabkan kendali Derivative tidak dapat dipakai sendiri.

6. Struktur PID Ideal

Struktur kendali PID ideal dikenal juga dengan nama struktur PID tipe A atau struktur PID paralel atau struktur PID non-interacting. Struktur ini adalah struktur PID yang umum ditemukan pada sebagian besar buku-buku teks kendali. Persamaan (1) dan (2) berikut memperlihatkan bentuk umum dari PID ideal.

$$CO(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T} \int_0^1 e(\tau) d\tau + T \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1)$$

atau

$$CO(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^1 e(\tau) d\tau + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

Keterangan :

$CO(t)$: output kendali

$e(t)$: selisih antara SetPoint dengan nilai output proses (dengan menganggap proses yang dikendali bersifat *direct*, maka $e = SP - PV$)

K_p : gain proporsional

T_I : time integral
 T_D : time derivative
 K_I : gain integral (K_P/T_I)

Secara praktis, struktur PID pada persamaan (1) dan persamaan (1) di atas dikenal juga dengan istilah PID ideal bentuk dependent dan PID ideal bentuk independent. Kedua istilah tersebut mengacu pada depedensi (ketergantungan) setiap suku persamaan terdapat perubahan nilai gain proporsional (K_P). Perhatikan dalam bentuk persamaan (1), perubahan nilai K_P tidak saja berpengaruh pada nilai penguatan proporsional, tetapi juga akan mempengaruhi keluaran suku integrator dan suku deviator (sehingga persamaan tersebut dinamakan bentuk dependent). Sedangkan untuk struktur PID pada persamaan (2), perubahan nilai K_P hanya mempengaruhi suku keluaran proporsional saja (keluaran *output control* dari suku integrator dan derivator tidak terpengaruh sehingga dinamakan bentuk independent).

Dalam kawasan Laplace, persamaan (1) dan (2) tersebut dapat ditulis :

$$CO(s) = K_P \left[1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right] e(s) \quad (3)$$

$$CO(s) = \left[K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s \right] e(s) \quad (4)$$

Berikut ini adalah satuan yang umum digunakan pada kendali PID komersil :

Satuan K_P : %/% (atau tanpa satuan)

Satuan T_I : menit atau detik (dalam beberapa modul ditulis menit/siklus atau detik/siklus)

Satuan TD : menit atau detik

Satuan KI : 1/menit atau 1/detik (dalam beberapa modul ditulis siklus/menit atau siklus/detik)

Satuan KD : menit atau detik

Khusus untuk gain proporsional, beberapa vendor PID komeril seperti Yokogawa dalam produknya menggunakan istilah Proporsional Band (PB) yang dirumuskan oleh persamaan (5) berikut :

Tabel 2. Pengaruh tuning salah satu parameter PID terhadap unjuk kerja proses.

	Waktu Tanjakan	Overshoot	Waktu Penetapan	Kestabilan
Pembesaran KP	Berkurang	Bertambah	Sedikit bertambah	Menurun
Pembesaran KI (Pengecilan TI)	Sedikit berkurang	Bertambah	Bertambah	Menurun
Pembesaran KD (Pembesaran TD)	Sedikit berkurang	Berkurang	Berkurang	Meningkat

$$PB(\%) = \frac{100\%}{K_p} \quad (5)$$

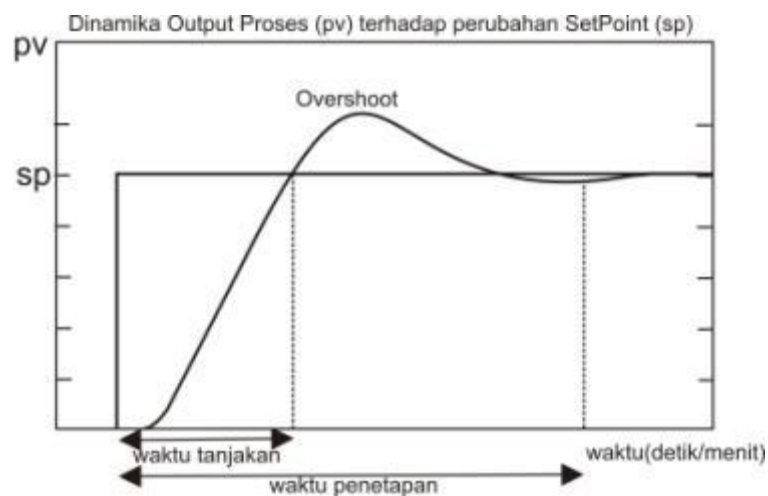
Dalam hal ini, semakin besar nilai PB, gain proporsional yang digunakan akan semakin kecil.

Walaupun secara teoritis nilai-nilai parameter kendali PID besarnya dapat diatur secara independen, tetapi secara praktis (terutama terkait dengan model proses yang dikendali), pengaturan atau tuning yang dilakukan terdapat salah satu parameter kendali umumnya memerlukan pengaturan ulang pada parameter yang lain. Sebagai contoh, untuk sebuah model proses tertentu, pengubahan nilai K_p (diperbesar atau diperkecil) umumnya akan memerlukan setting ulang pada besaran parameter kendali K_I (atau T_I) dan K_D (atau T_D). Pada

tabel 2 di bawah memperlihatkan pengaruh perubahan setiap parameter PID terhadap unjuk kerja pengontrolan proses secara umum.

Dalam bentuknya yang ideal, parameter unjuk kerja yang nampak pada table 2 di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Waktu tahanan : waktu yang diperlukan respon (deviasi output variable proses) untuk naik dari 0 sampai 100% harga akhirnya.
- b. Overshoot : Lonjakan maksimum yang dialami oleh respon proses.
- c. Waktu penetapan : Waktu yang diperlukan respon untuk mencapai dan menetap disekitar 95%-98% dari harga akhir.



Gambar 10. Respon proses sebagai akibat perubahan SetPoint (Setiawan (2008: 222))

7. Persamaan PID Digital

Istilah PID digital pada dasarnya mengacu pada jenis perangkat keras digital dimana sistem kontrol PID tersebut ditanamkan. Berbeda dengan kendali PID analog yang realisasi praktisnya dijumpai dalam

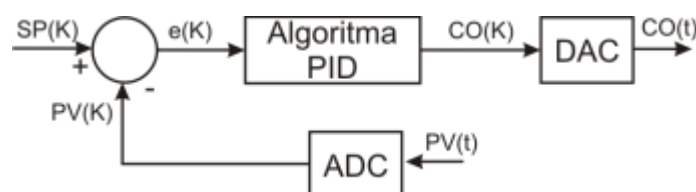
bentuk perangkat keras rangkaian elektronika, sistem kendali PID digital implementasinya dapat dijumpai dalam bentuk persamaan matematis yang ditanam dalam sistem mikroprosesor.

Kelebihan PID Digital Dibandingkan PID Analog

Dibandingkan modul analog, modul PID digital memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah :

- a. Dapat diintegrasikan secara mudah dengan sistem lain membentuk sebuah jaringan control.
- b. Banyak fungsi dan fitur tambahan yang tidak dapat ditemukan dalam modul PID analog.
- c. Kepresisian sinyal kontrol PID digital tidak tergantung komponen yang digunakan.

Dalam bentuk diagram blok, kendali PID digital dapat diilustrasikan seperti Nampak pada gambar 3 Kerena proses yang dikendalikan bersifat kontinyu atau analog, maka di dalam modul ini diperlukan perangkat keras tambahan berupa ADC (*Analog to Digital Converter*) dan DAC (*Digital to Analog Converter*) yang digunakan sebagai antarmuka kendali digital dengan proses.



Gambar 11. Blok Diagram Modul PID Digital

Setiawan (2008: 222)

Berbeda dengan kendali PID analog yang pengolahannya bersifat kontinyu. Di dalam sistem mikroprosesor, pengolahan sinyal control oleh modul digital dilakukan hanya dengan waktu-waktu diskret. Dalam hal ini, konverter sinyal dari analog ke digital, pengolahan sinyal eror, sampai konversi balik digital ke analog dilakukan pada interval atau waktu cuplik (*sampling*) T_c tertentu.

8. Realisasi Program PID Digital

Realisasi kendali PID digital akan ditemukan dalam sistem berbasis mikroprosesor. Karena sistem mikroprosesor adalah sebuah sistem pengolah data yang bekerja pada basis-basis waktu diskret, maka control PID yang ditanam di dalamnya harus memiliki persamaan matematis diskret. Dalam hal ini, eksekusi kendali PID hanya dilakukan pada waktu-waktu cuplik saja.

Diskretisasi adalah proses mentransformasi nilai atribut continuous menjadi sejumlah interval terbatas yang berhubungan dengan nilai diskret, yaitu nilai numerik.

Salah satu langkah termudah untuk mendapatkan versi diskret dari control PID digital adalah dengan cara diskretisasi persamaan PID control analog asosiasinya. Ketelitian PID digital yang terdapat dari diskretisasi ini sangat tergantung dari lebar waktu cuplikan yang digunakan. Semakin cepat waktu cuplikan, perilaku PID digital tersebut akan semakin sama dengan PID analog asosiasinya.

Diskretisasi persamaan PID analog jenis ideal seperti nampak pada persamaan berikut :

$$CO(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^1 e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (6)$$

Untuk kemudahan mendapatkan versi diskretnya, persamaan di atas kita susun ulang seperti nampak pada persamaan (7) (lihat juga diagram bloknya pada gambar 4)

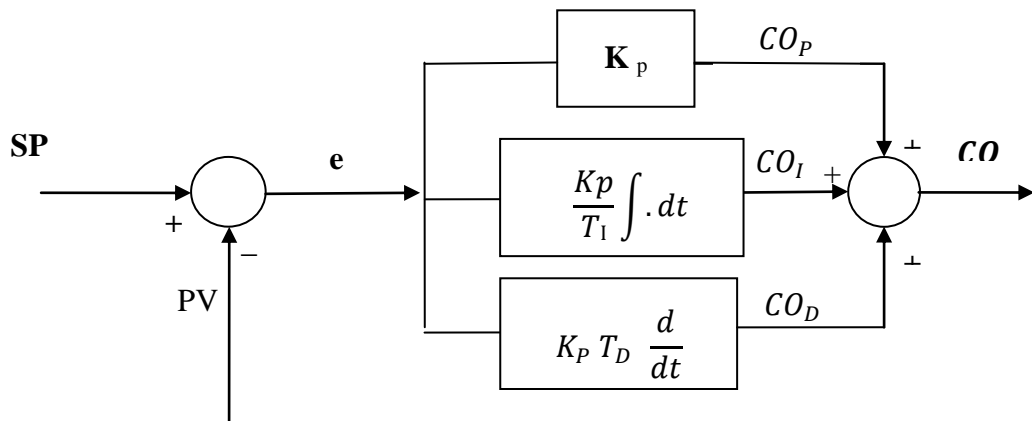
$$CO(t) = CO_P(t) + CO_I(t) + CO_D(t) \quad (7)$$

Dalam hal ini,

$$CO_P(t) = K_P e(t) \quad (8)$$

$$CO_I(t) = \frac{K_P}{T_i} \int_0^1 e(t) dt \quad (9)$$

$$CO_D(t) = K_P T_D \frac{de(t)}{dt} \quad (10)$$



**Gambar 12. Diagram blok modul PID digital
Setiawan (2008: 222)**

Dengan mengacu pada persamaan (7), PID ideal versi diskretnya sekarang dapat diperoleh dengan terlebih dulu mencari versi diskret untuk masing-masing suku persamaan penyusun kendali PID ideal tersebut persamaan (8) – (10).

Khusus untuk output suku kendali proporsional persamaan (8), karena bentuk persamaannya statis, versi diskretnya dapat diperoleh

langsung tanpa menggunakan pendekatan apapun. Hal ini Nampak pada persamaan (11) berikut :

$$CO_P(K) = K_P.e(k) \quad (11)$$

Berdasarkan persamaan (11) diatas, terlihat bahwa *output control* proporsional untuk waktu cuplik tertentu (waktu cuplikan ke- k) pada dasarnya hanya tergantung pada error saat pencuplikan itu juga.

Untuk suku *output control* integral persamaan (9) dan output kendali diferensial persamaan (10), karena kedua suku kendali memiliki persamaan dinamis, maka versi diskretnya hanya dapat diperoleh dengan menggunakan pendekatan numerik.

Salah satu pendekatan yang digunakan pada kedua persamaan tersebut adalah metode numerik *rectangular* mundur (*backward rectangular*) berikut :

Pendekatan untuk persamaan integrator :

$$CO_I(t) = \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau \approx CO_I(k) = \frac{K_p}{T_i} \sum_{i=0}^k e(i) T_c \quad (12)$$

atau dapat ditulis :

$$COI(k) = \frac{K_p T_c}{T_i} \sum_{i=0}^k e(i) = \frac{K_p T_c}{T_i} [e(0) + e(1) + e(2) + \dots + e(k-1) + e(k)] \quad (13)$$

Berdasarkan persamaan (13), nampak bahwa ouput integrator pada cuplikan ke- k selain tergantung pada error saat itu, juga tergantung pada error terdahulu (waktu cuplikan sebelumnya). Jika persamaan diatas diimplementasikan langsung dalam program, sistem kendali akan membutuhkan memori yang tidak terbatas untuk menyimpan nilai error yang terdahulu tersebut. Dengan demikian, agar output kendali integral dapat dihitung secara efisien, implementasinya dalam program harus direalisasikan secara rekursif.

Dalam hal ini, komputasi rekursif membutuhkan pengetahuan nilai sinyal output suku integral pada pencuplikan sebelumnya (lihat persamaan (14) dibawah).

$$CO_I(k-1) = \frac{K_P T_C}{T_I} \sum_{i=0}^{k-1} e(i) = \frac{K_P T_C}{T_I} [e(0) + e(1) + e(2) + \dots + e(k-1)] \quad (14)$$

Dengan mensubsitusikan persamaan (14) ke (13), sekarang output integrator dapat dirumuskan seperti nampak pada persamaan (15).

$$CO_I(k) = CO_I(k-1) + \frac{K_P T_C}{T_I} e(k) \quad (15)$$

Berdasarkan persamaan (15) di atas, terlihat bahwa output integrator pada waktu cuplik ke-k sekarang dapat dihitung berdasarkan error saat itu ditambah dengan sinyal output integrator waktu cuplik sebelumnya.

Sedangkan untuk kendali diferensial, berdasarkan pendekatan metode *backward difference*, output pada waktu cuplik ke-k dapat dihitung berdasarkan selisih error saat itu dengan error cuplikan sebelumnya lihat persamaan (16).

$$CO_D(k) = K_P T_D \frac{e(k) - e(k-1)}{T_C} \quad (16)$$

Jika dengan mengacu pada persamaan (7), PID ideal versi diskret yang ditanam dalam sistem digital akan memiliki bentuk seperti nampak pada persamaan (17).

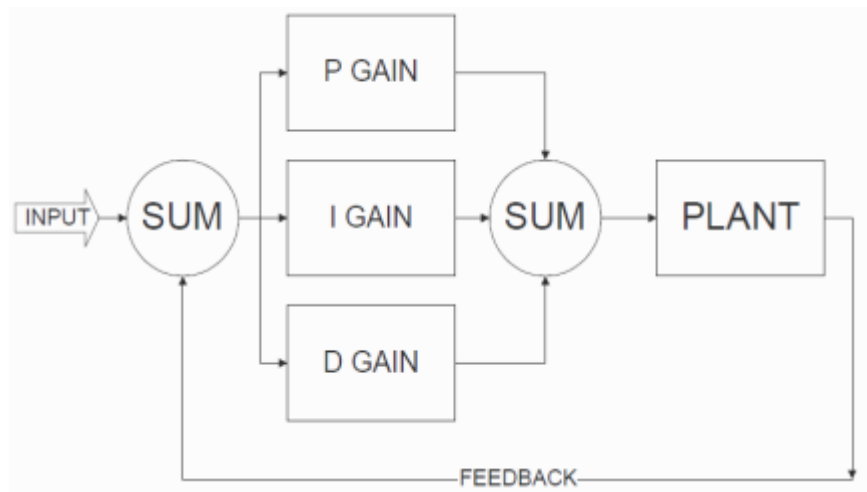
$$CO(k) = CO_P(k) + CO_I(k) + CO_D(k) \quad (17)$$

dalam hal ini :

$$CO_P(k) = K_P \cdot e(k)$$

$$CO_I(k) = CO_I(k-1) + \frac{K_P T_C}{T_I} e(k)$$

$$CO_D(k) = K_P T_D \frac{e(k) - e(k-1)}{T_C}$$



Gambar 13. Blok Diagram PID Motor Controller

Bickle (2003)

Realisasi program PID pada mikrokontroler menggunakan persamaan berikut :

$$\text{OUTPUT} = (\text{INPUT} - \text{OUTPUT}) \times (\text{P GAIN} + \text{I GAIN} + \text{D GAIN})$$

Berikut *source code* reliasasi program PID :

```

Error = SP-PV;
rate = error-lasterror;
P = kp*error ;
I = I + error;
I = I*ki;
lasterror=error;
D = rate*kd ;
MV = P+I+D;
Rpwm = max- MV ;
lpwm = max+MV ;
  
```

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Pada penelitian-penelitian pengembangan yang sudah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, terdapat empat aspek yang dinilai dalam evaluasi media dengan tiga subjek evaluasi. Berikut ini adalah aspek evaluasi yang diambil dari Prihatini (2010) dan Muttaqiin (2010)

Tabel 3. Aspek evaluasi dari Prihatini (2010) untuk ahli materi

No.	Aspek	Indikator
1.	Kualitas Materi	<ul style="list-style-type: none"> - Ketepatan isi materi - Relevansi materi dengan tujuan - Ketepatan kompetensi - Kebenaran materi - Sistematika materi (kedalaman; keluasan; ketepatan urutan; keterbacaan teks; kesesuaian gambar, animasi dan video; kejelasan) - Tingkat kesulitan - Relevansi tugas dengan tujuan - Relevansi dengan kondisi peserta didik
2.	Kemanfaatan materi	<ul style="list-style-type: none"> - Bantuan dalam pembelajaran - Mempermudah proses pembelajaran - Memberikan fokus perhatian

Tabel 4. Aspek evaluasi dari Muttaqin (2010) untuk ahli materi

No.	Aspek	Indikator
1.	Kualitas Materi	<ul style="list-style-type: none"> - Kesesuaian media pembelajaran dengan silabus - Kejelasan kompetensi/tujuan - Relevansi dengan kompetensi dasar mata pelajaran - teknik kontrol - Kelengkapan materi - Keruntutan materi - Kebenaran materi - Kedalaman materi - Kelengkapan media - Kebenaran media - Kesesuaian materi dan media - Tingkat kesulitan pemahaman materi - Aspek kognitif - Aspek Afektif - Aspek psikomotorik - Kesesuaian contoh yang diberikan - Kesesuaian latihan yang diberikan - Konsep dan kosakata sesuai dengan kemampuan intelektual peserta didik
2.	Kemanfaatan	<ul style="list-style-type: none"> - Membantu proses pembelajaran - Memudahkan peserta didik dalam memahami materi - Memberikan fokus peserta didik untuk belajar

Tabel 5. Aspek evaluasi dari Prihatini (2010) untuk ahli media

No.	Aspek	Indikator
1.	Desain layar	<ul style="list-style-type: none"> - Ukuran, bentuk dan warna tulisan - Kualitas gambar - Komposisi warna gambar animasi - Ukuran animasi - Kualitas dan ketepatan resolusi video - Kesesuaian pemilihan video - Komposisi warna tulisan dan gambar terhadap warna latar (<i>background</i>) - Ilustrasi music - Keserasian suara - Keefektifan animasi
2.	Pengoperasian	<ul style="list-style-type: none"> - Kemudahan penggunaan - Sistematika
3.	Navigasi	<ul style="list-style-type: none"> - Efektifitas navigasi - Penggunaan navigasi
4.	Kemanfaatan	<ul style="list-style-type: none"> - Bantuan dalam pembelajaran bagi pengajar - Mempermudah proses pembelajaran - Memberikan fokus perhatian - Berkaitan dengan mata pelajaran

Tabel 6. Aspek evaluasi dari Muttaqin (2010) untuk ahli media

No.	Aspek	Indikator
1.	Tampilan	<ul style="list-style-type: none"> - Tata letak komponen - Kerapian - Ketepatan Pemilihan komponen - Tampilan Simulasi - Daya tarik tampilan keseluruhan
2.	Teknis	<ul style="list-style-type: none"> - Unjuk kerja - Kestabilan kerja - Kemudahan dalam penyambungan - Kemudahan pengoperasian - Tingkat keamanan - Sistem penyajian
3.	Kemanfaatan	<ul style="list-style-type: none"> - Mempermudah proses belajar mengajar - Memperjelas materi pembelajaran - Menumbuhkan motivasi belajar - Menambah perhatian peserta didik - Merangsang kegiatan belajar peserta didik - Mempermudah guru - Mempercepat proses pembelajaran - Keterkaitan dengan materi yang lain

Tabel 7. Aspek evaluasi dari Prihatini (2010) untuk pengguna

No.	Aspek	Indikator
1.	Kemudahan produk dioperasikan	<ul style="list-style-type: none"> - Petunjuk penggunaan - Memulai dan mengakhiri program - Memilih menu - Penggunaan dan tata letak tombol - Menggunakan program - Petunjuk soal - Menu program - Navigasi
2.	Kemudahan produk dipelajari isinya	<ul style="list-style-type: none"> - Rumusan KD dan indikator - Uraian materi - Teks - Pemberian contoh - Kejelasan butir soal - Umpan balik - Penggunaan gambar, animasi, foto dan video
3.	Kemenarikan tampilan	<ul style="list-style-type: none"> - Tampilan layar - Warna latar - Desain latar - Tombol produk - Tata letak teks - Font - Penggunaan foto/gambar - Penggunaan animasi - Penggunaan video dan audio - Umpan balik

Tabel 8. Aspek evaluasi dari Muttaqin (2010) untuk peserta didik

No.	Aspek	Indikator
1.	Tampilan Media	<ul style="list-style-type: none"> - Tata letak komponen - Kerapian - Ketepatan Pemilihan komponen - Tampilan Simulasi - Daya tarik tampilan keseluruhan
2.	Pengoperasian	<ul style="list-style-type: none"> - Kemudahan penyambungan - Kemudahan pengoperasian - Tingkat Keamanan - Kemudahan pengaksesan
3.	Materi	<ul style="list-style-type: none"> - Kesesuaian materi dan media - Kelengkapan materi
4.	Kemanfaatan	<ul style="list-style-type: none"> - Mempermudah proses pembelajaran - Mempercepat proses pembelajaran - Meningkatkan motivasi - Meningkatkan perhatian

Dengan memperhatikan jenis media dan dengan mengadaptasi kriteria pemilihan media dan komponen bahan ajar pada uraian sebelumnya maka kriteria yang tepat untuk mengevaluasi Media Pembelajaran Mikrokontroler dengan Robot Line Follower dapat dilihat dari aspek (1) kualitas materi, (2) tampilan, (3) teknis pengoperasian dan (4) kemanfaatan. Berikut ini adalah pengelompokkannya :

1) Kualitas Materi (isi dari produk instruksional/kualitas isi materi)

Aspek kualitas materi secara umum berkenaan dengan ketepatan media dengan tujuan pengajaran, pengorganisasian yang akan dipelajari diatur dan diorganisasikan ke dalam urutan-urutan yang bermakna, penyajian yang jelas mengenai isi pelajaran, cakupan materi, pemahaman materi, relevansi, penerapan melalui contoh dan latihan, kesesuaian dengan taraf berfikir peserta didik. Berikut ini merupakan poin-poin yang akan mewakili aspek kualitas materi: ketepatan isi materi, ketepatan tujuan, relevansi kompetensi, kelengkapan materi, keruntutan materi, kejelasan materi, tingkat kesulitan, kedalaman materi, aspek kognitif, aspek afektif, aspek psikomotorik, kemudahan aplikasi, kesesuaian dengan situasi peserta didik, kelengkapan media, kebenaran media, kesesuaian materi dengan media, kesesuaian contoh yang diberikan, kesesuaian latihan yang diberikan, konsep dan kosakata sesuai dengan kemampuan intelektual peserta didik.

2) Tampilan (kualitas fisik bahan instruksional/kemasan bahan ajar)

Aspek tampilan secara umum berkenaan dengan kemenarikan, artinya media pembelajaran harus mampu menarik maupun merangsang perhatian peserta didik, baik tampilan, pilihan warna maupun isinya. Uraian isi tidak membingungkan serta dapat menggugah minat peserta didik untuk menggunakan media tersebut. Berikut ini merupakan poin-poin yang akan mewakili aspek tampilan: ukuran komponen, warna LED, LCD, tata letak komponen, ukuran dan bentuk tulisan, penempatan tulisan, tata letak blok (*simulator* dan *trainer*), komposisi warna keseluruhan, kerapian, tampilan, penempatan stopkontak, kesesuaian modul dengan *trainer*, penyajian poin-poin pada modul, dan daya tarik tampilan keseluruhan.

3) Teknis Pengoperasian (kegiatan instruksional meliputi prosedur penggunaan dan penyajian bahan instruksional/ kualitas teknis)

Berikut ini merupakan poin-poin yang akan mewakili aspek teknis pengoperasian : tingkat keamanan, sistematika, kemudahan pengoperasian, kemudahan dalam penyambungan *trainer*, pengoperasian secara umum, unjuk kerja dan kestabilan kerja.

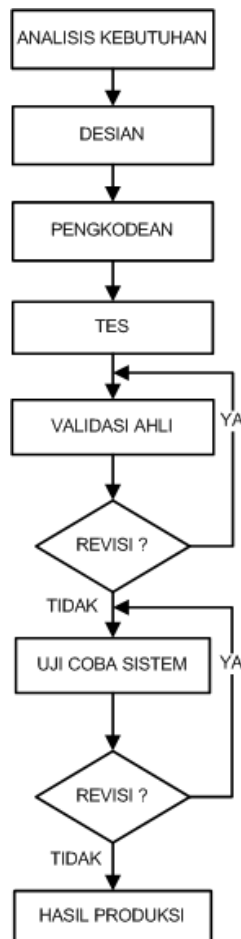
4) Kemanfaatan

Kemanfaatan, artinya isi dari media pembelajaran harus bernilai atau berguna, mengandung manfaat bagi pemahaman materi pembelajaran serta tidak mubazir atau sia-sia apalagi merusak peserta didik sehingga

dapat mengetahui apakah media pembelajaran itu benar-benar memberi sumbangan terhadap hasil belajar, mengetahui sikap peserta didik terhadap media pembelajaran, mengetahui apakah media mampu memotivasi, dan mengenai keterampilan guru dalam menggunakannya sehingga dapat membantu guru dalam penyampaian materi. Berikut ini merupakan poin-poin yang akan mewakili aspek kemanfaatan : membantu proses pembelajaran, memudahkan peserta didik dalam memahami materi, memberikan fokus peserta didik untuk belajar, keterkaitan dengan materi yang lain, memberikan perhatian peserta didik untuk belajar, menumbuhkan motivasi belajar dan mempermudah guru.

C. Kerangka Pikir

Kerangka pikir penelitian dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 14. Kerangka Pikir Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap yaitu (1) analisis kebutuhan, (2) perancangan desain, (3) pengkodean, (4) tes uji coba (5) validasi ahli, (6) implementasi dan uji coba media di kampus.

Langkah awal sebelum penelitian yaitu bagian-bagian pendukung dari sebuah *robot line follower PID* diuraikan dan dijelaskan seperti pada kajian teori. Hasil dari perumusan berbagai kajian teori digunakan untuk

menciptakan sebuah media pembelajaran *robot line follower PID*. Kerangka berfikir yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Sebuah media pembelajaran digunakan sebagai alat untuk membantu pembelajaran di kampus. Robot *line follower PID* merupakan robot yang mampu bekerja untuk menyusuri garis. Beberapa teori yang disebutkan pada kajian pustaka jika disatukan maka akan membentuk suatu produk berupa *robot line follower PID*. Untuk dapat membuat sebuah *robot line follower PID* diperlukan komponen berupa sensor-sensor, mikrokontroler, *driver* motor, motor DC dan mekanik. Dari setiap komponen penyusun *robot line follower PID* dapat dijabarkan fungsi dari masing-masing bagian yaitu:

- a. Mekanik robot berfungsi menempatkan semua komponen yang terdapat pada robot.
- b. Sensor berfungsi sebagai pendeteksi kondisi lingkungan yang dilalui robot.
- c. Mikrokontroler berfungsi mengolah output pembacaan sensor untuk dihasilkan pulsa PWM (Pulse Width Modulation).
- d. Driver motor berfungsi mengolah sinyal PWM dari mikrokontroler yang diumpankan ke motor DC.

Hasil dari penggabungan komponen inilah sebuah robot line follower PID dapat terbentuk. Untuk dapat dijadikan sebuah media pembelajaran setiap komponen dibuat secara terpisah sehingga terbentuk dalam paket modul. Penggabungan setiap modul digunakan kabel dengan konektor white housink. Setiap soket memiliki pasangan tersendiri sehingga tidak

memungkinkan dapat dipasang secara terbalik. Sebagai sarana untuk memudahkan mahasiswa dalam membuat *robot line follower PID* dengan kendali PID maka diberikan satu buah modul pendukung. Modul berisi pemaparan teori yang terdapat dalam sebuah *robot line follower PID* beserta aluran pembuatannya.

Langkah terakhir setelah sebuah media pembelajaran robot line follower PID terbentuk, maka untuk memperoleh tingkat kelayakan media pembelajaran dilakukan uji validasi. Uji validasi materi dan media oleh pakar ahli serta uji pemakaian oleh mahasiswa. Dari proses inilah sebuah *robot line follower PID* diharapkan dapat dijadikan media pembelajaran.

D. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan kerangka pikir di atas, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

- a. Bagaimana realisasi trainer dan modul *Robot Line Follower PID* sebagai media pembelajaran aplikasi mikrokontroler di Jurusan P.T. Elektronika, Fakultas Teknik, UNY ?
- b. Bagaimana unjuk kerja trainer *Robot Line Follower PID* sebagai media pembelajaran aplikasi mikrokontroler di Jurusan P.T. Elektronika, Fakultas Teknik, UNY ?
- c. Bagaimana tingkat kelayakan trainer dan modul *Robot Line Follower PID* sebagai media pembelajaran aplikasi mikrokontroler di Jurusan P.T. Elektronika, Fakultas Teknik, UNY ?

BAB III

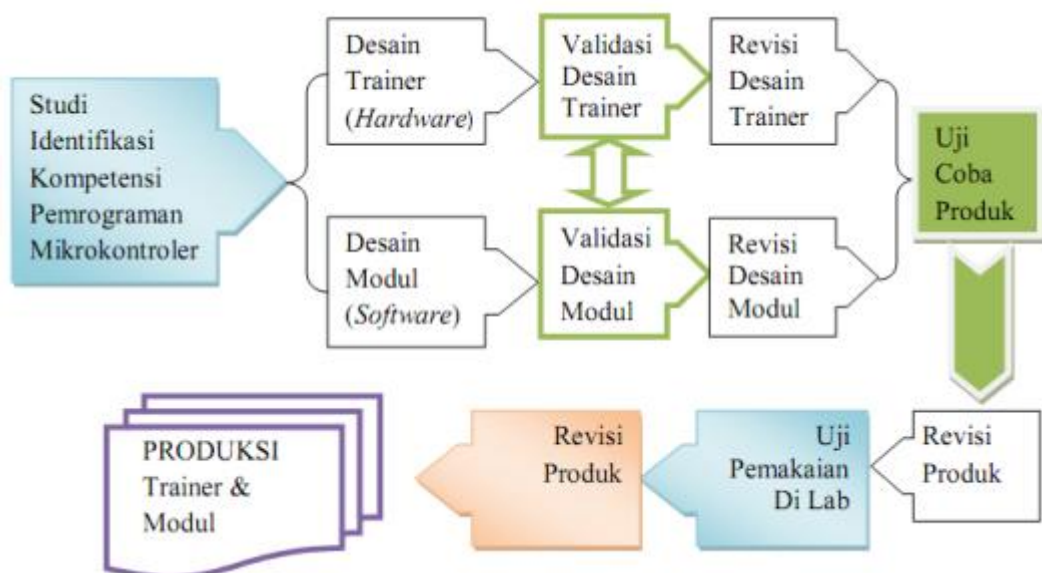
METODE PENELITIAN

A. Model Pengembangan

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan pendekatan kuantitatif.

“Metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Untuk menghasilkan produk tertentu digunakan penelitian yang bersifat analisis kebutuhan dan untuk menguji keefektifan produk tersebut supaya dapat berfungsi di masyarakat luas, maka diperlukan penelitian untuk pengujian keefektifan produk tersebut.” Sugiyono (2007: 407).

Langkah-langkah penelitian dan pengembangan dalam penelitian menurut Sugiyono (2007: 407) digambarkan sebagai berikut :



Gambar 15. Langkah-Langkah Metode *Research and Development* (R&D)

Perencanaan desain produk dilakukan dengan langkah awal analisis kebutuhan. Analisis kebutuhan menghasilkan kebutuhan yang harus disediakan dalam pembuatan produk. Produk yang akan dihasilkan dalam penelitian ini adalah *robot line follower PID* yang telah teruji tingkat kelayakannya. Dalam proses *uji* kelayakan, desain robot dikonsultasikan kepada pakar ahli bidang robotika dan mikrokontroler. Media pembelajaran juga dilengkapi dengan modul materi yang berhubungan dengan produk. Pengujian kelayakan materi dikonsultasikan kepada ahli materi untuk menyesuaikan isi materi dengan produk.

B. Prosedur Pengembangan

Produk yang akan dihasilkan berupa modul dan *hardware* didesain berdasarkan survai dan identifikasi kompetensi dasar yang terdapat pada pembuatan modul mikrokontroler dan *line follower robot*. Berikut ini adalah kompetensi dasar yang terdapat dalam pembuatan trainer mikrokontroler.

1. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan kegiatan untuk menganalisis Produk yang akan dibuat dirancang berdasarkan standar kompetensi Program Keahlian Teknik Elektronika Jurusan P.T. Elektronika, UNY untuk memperoleh informasi media pembelajaran yang dibutuhkan peserta didik dalam mempelajari sistem mikrokontroler. Berikut silabus mikrokontroler Jurusan P.T. Elektronika UNY menurut Suprpto (2010) :

Tabel 9. Kompetensi Dasar dan Materi Dasar dalam Silabus Mikrokontroler Jurusan P.T. Elektronika

Kompetensi Dasar	Materi Dasar
Konsep dasar-dasar perancangan perangkat keras dan perangkat lunak mikrokontroler AVR	Mempelajari perancangan perangkat keras mikrokontroler AVR. Mempelajari algoritma dan pengembangan perangkat lunak mikrokontroler AVR. Melakukan Pemrograman sederhana menggunakan CVAVR.
Komponen pendukung rangkaian mikrokontroler AVR	Mempelajari komponen-komponen pendukung sebagai pembentuk rangkaian mikrokontroler supaya dapat bekerja optimal.
CodeVisionAVR Setting codewizard	AVR, algoritma, pemrograman operasi I/O, type data, operator, function, looping dan percabangan dan array.
Pemrograman Input/Output mikrokontroler Algoritma dan Pemrograman seven segment mikrokontroler AVR	Algoritma dan Pemrograman input/output mikrokontroler AVR Pemrograman pada Operasi bit, byte pada pemrograman Input/output
Prinsip kerja dan pemrograman Seven segment	Mempelajari konsep dasar dan prinsip kerja seven segment
Pemrograman Liquid Crystal Display	Mempelajari konsep dasar dan prinsip kerja LCD Algoritma dan Pemrograman LCD mikrokontroler AVR
Pemrograman Motor DC	Mempelajari konsep dasar dan prinsip kerja Motor DC dan stepper Algoritma dan Pemrograman Motor DC dan stepper mikrokontroler AVR Pemrograman PWM sebagai kendali kecepatan motor DC
Interupsi Mikrokontroler AVR	Dasar-dasar algoritma dan penulisan program interupsi. Setting code wizard interupsi CVAVR Merancang program interupsi sederhana dan komplek
Timer/Counter	Algoritma dan pemrograman Timer/Counter. Setting code wizard Timer/counter CVAVR Merancang program Timer/counter sederhana dan komplek
Internal ADC	Algoritma dan pemrograman Internal ADC mikrokontroler AVR. Setting code wizard ADC CVAVR Studi kasus Pemrograman ADC

Berdasarkan standar kompetensi tersebut maka produk yang dikembangkan adalah media objek/*trainer* berupa robot linefollower dan media materi (*Modul Pembelajaran Mikrokontroler dengan Robot Line Follower*). Media objek akan memberikan rangsangan yang amat penting bagi peserta didik dalam mempelajari tugas, dalam hal ini *trainer* sebagai media latihan praktik. Sedangkan modul materi bersifat *user friendly*, dimana pada satu modul mencakup satu kesatuan kompetensi yang utuh dan mudah digunakan peserta didik khususnya pada pelaksanaan praktikum menggunakan *trainer*. Pemilihan jenis media tersebut, diharapkan dapat membantu peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran ataupun sarana belajar sendiri.

Berikut hasil wawancara kepada beberapa mahasiswa mengenai robot *line follower* :

1. Minat belajar mikrokontroler sangat tinggi.
2. Robot line follower alat yang tepat untuk aplikasi mikrokontroler karena banyak fungsi seperti PWM, ADC, LCD, Menu program dan lain-lain.
3. Robot Line follower dapat dengan mudah dan interaktif sebagai media belajar mikrokontroler dengan robot line follower yang sudah dimodif sebagai media pembelajaran.
4. Ciri robot line follower mengikuti garis.
5. Bagian-bagian robot line follower adalah sensor, mikrokontroler, driver motor, motor
6. Sensor yang digunakan dengan photo dioda dan infrared/super bridge.

7. Mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega karena lebih mudah digunakan dan memiliki banyak fitur.
8. Untuk menggerakkan robot menggunakan driver motor dan motor yang sering digunakan motor DC.
9. Catu daya menggunakan dengan baterai
10. Agar robot line follower dapat menjadi media pembelajaran yang baik maka robot line follower perlu dimodifikasi dibuat terpisah-pisah antar bagian, diberi petunjuk dan dikoneksikan dengan soket-soket.
11. Bahasa pemrograman yang mudah dengan C AVR dan lebih menghemat memori program
12. Mendownload program dengan USB Downloader ke mikrokontroler

Dari hasil pengumpulan data berupa standar kompetensi dan wawancara diimplementasikan menjadi *trainer microcontroller* dengan *line follower robot*. Kompetensi yang didapatkan dari penggunaan media pembelajaran robot line follower adalah sebagai berikut :

- a. Konsep dasar-dasar perancangan perangkat keras dan perangkat lunak mikrokontroler AVR.
- b. Komponen pendukung rangkaian mikrokontroler AVR.
- c. Perancangan Hardware Robot Line Follower.
- d. Algoritma Pergerakan Robot Line Follower
- e. CodeVisionAVR Setting codewizard.
- f. Dasar Pemrograman Bahasa C AVR.
- g. Pemrograman Input/Output mikrokontroler.
- h. Pemrograman Liquid Crystal Display.
- i. Pemrograman Motor DC .

- j. Membuat Menu Program Setting.
- k. Pembacaan Sensor Garis dengan Internal ADC.
- l. *PWM Motor Controller*.
- m. Aplikasi Robot Line Follower dengan Kendali PID.

Langkah menjadikan produk sebagai media pembelajaran, pengembangan *trainer microcontroller* dengan *line follower robot* dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

a. Analisis Kebutuhan Media Trainer

Sesuai dengan pengumpulan data pada kajian teori, didapatkan kebutuhan dalam perancangan produk ini adalah :

- 1) Menggunakan *foto* sensor sebagai pendeteksi garis. *Foto* sensor adalah sensor yang peka terhadap cahaya dan dapat difungsikan sebagai pendeteksi garis warna hitam dan putih melalui banyak sedikit cahaya yang dipantulkan ke sensor.
- 2) Menggunakan mikrokontroler ATmega sebagai pengendali utama. Mikrokontroler adalah otak sistem yang menjalankan fungsi-fungsi dan logika untuk dapat menjalankan robot line follower secara otomatis.
- 3) Menggunakan *driver* motor sebagai pengemudi motor. *Driver* motor adalah rangkaian pengendali arah dan kecepatan motor dengan menggunakan sistem kerja transistor sebagai saklar untuk mengendalikan tegangan yang masuk ke motor melalui triger dari mikrokontroler.

- 4) Menggunakan dua buah motor DC. Motor DC digunakan sebagai penggerak roda, Motor DC dipilih karena memiliki Efisiensi, torsi, kecepatan yang baik dan mudah dikendalikan untuk menggerakkan robot.
- 5) Menggunakan dua buah *gear box*. *Gear box* digunakan pada robot agar robot lebih memiliki torsi dan kecepatan yang sesuai dengan track yang akan dilintasi.
- 6) Menggunakan baterai sebagai sumber daya. Baterai digunakan karena lebih portable sebagai penyupai daya listrik DC ke rangkaian robot.
- 7) Menggunakan *white housink*. *White housink* sebagai konektor antar modul digunakan agar lebih mudah dalam merakit maupun melepas antar modul dan lebih aman dalam pemasangan.
- 8) Menggunakan *downloader* USB Asp dan HID Bootloader sebagai penghubung dengan komputer. Downloader USB digunakan sebagai media menginstal compile program hasil coding berupa bahasa mesin (*.hex) kedalam mikrokontroler.

b. Analisis Materi Modul

Modul dikembangkan berdasarkan kompetensi yang terdapat pada *trainer line follower robot*. Modul berisi mengenai uraian teori yang berhubungan dengan proses pembuatan *line follower robot*. Fungsi bagian-bagian robot dijelaskan untuk memberikan pemahaman kepada mahasiswa tentang prinsip kerja dari setiap sistem.

Modul menjelaskan secara utuh proses pembuatan robot dari awal sampai akhir. Prinsip pembuatan setiap bagian dijelaskan mulai dari perancangan rangkaian sampai spesifikasi komponen yang digunakan. Isi materi terbagi menjadi dua yaitu perancangan *hardware* dan *software*. Program dibuat dengan bahasa yang mudah dipahami oleh mahasiswa.

Berdasarkan kompetensi yang terdapat pada pembuatan *line follower robot* maka materi yang dibutuhkan dalam penyusunan modul adalah (1) Pembuatan sensor garis, (2) Pembuatan mekanik robot, (3) Pembuatan sistem minimum mikrokontroler, (4) Pembuatan *driver* motor, (5) Pembuatan kode program.

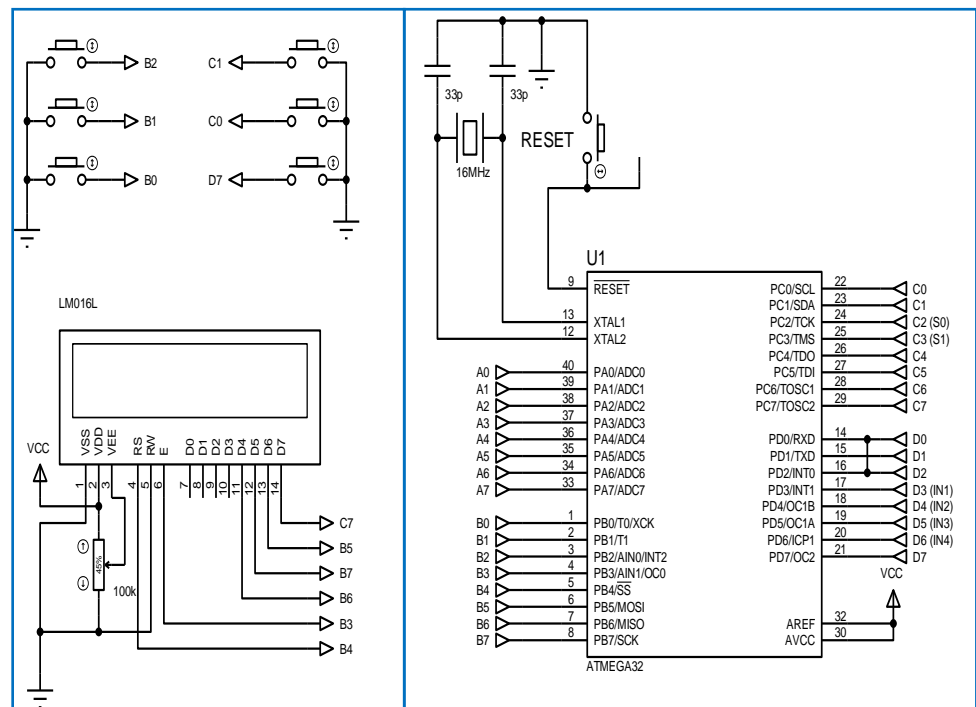
2. Desain

Tahapan awal pembuatan produk adalah perencanaan desain produk. *Trainer* robot merupakan bagian utama dari pembuatan produk. media pembelajaran ini yang akan digunakan mahasiswa dalam kegiatan belajar pembuatan *line follower robot*. Sebagai pedoman praktikum dikembangkan modul yang berisi materi dan langkah-langkah pembuatan robot.

Desain robot dibuat semudah mungkin untuk digunakan mahasiswa. Pembuatan bagian-bagian robot disusun secara terpisah per blok, sehingga mahasiswa mudah memahami fungsi dan posisi bagian robot. Proses perakitan dilakukan dengan menghubungkan setiap bagian robot dengan konektor yang sudah tersedia.

Perencanaan desain dikembangkan sesuai dengan materi yang terdapat dalam pembuatan *line follower robot*. Robot didesain dengan menggabungkan komponen *foto sensor*, sistem minimum mikrokontroler Atmega16/32, *driver motor*, motor DC dan mekanik. Berikut ini adalah rancangan rangkaian pada setiap blok modul.

a. Blok Rangkaian Modul Sistem Minimum Mikrokontroler.



Gambar 16. Rangkaian Sistem Mininum Mikrokontroler

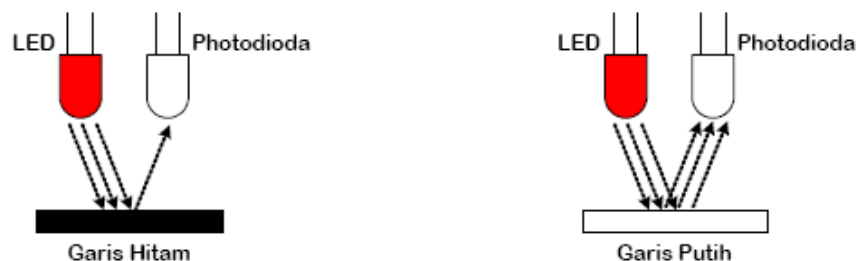
Sistem minimum dari modul mikrokontroler ATmega 16 terdiri dari sistem reset yang terdiri dari resistor pull up 10K, kapasitor 100nF dan tack switch ke ground karena reset ATmega dengan active low. Pada mikrokontroler ATmega yang menggunakan External Clock maka diperlukan crystal yang terpasang pada PORT XTAL1 dan XTAL2

ditambah kapasitor 33pF sebagai filter ke ground. Sebagai user interface digunakan push button input setting.

b. Sensor Garis (Foto Sensor)

Sensor garis dapat dibuat dengan mudah. Sensor ini terdiri dari dua buah komponen yaitu pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Untuk pemancar dapat menggunakan led super dan penerima menggunakan photo diode dan LDR. Prinsip kerja dari sensor ini apabila mengenai garis putih maka cahaya akan dipancarkan, jika mengenai warna hitam maka cahaya akan diserap.

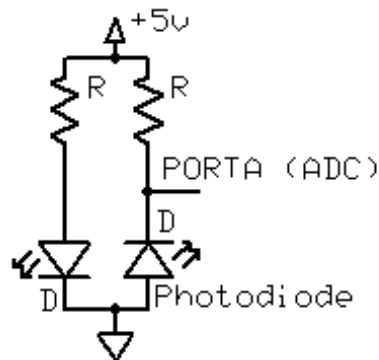
Berikut ini pada gambar dibawah ini ditunjukkan kerja dari sensor proximity:



Gambar 17. Cahaya pantulan sedikit Gambar 18. Cahaya pantulan banyak

Sifat dari photodiode adalah jika semakin banyak cahaya yang diterima, maka nilai resistansi diodanya semakin kecil. Dengan melakukan sedikit modifikasi, yaitu menggunakan rangkaian resistor pembagi tegangan maka besaran resistansi tersebut dapat diubah menjadi tegangan. Sehingga jika sensor berada diatas garis hitam, maka tegangan keluaran sensor akan kecil, demikian pula sebaliknya.

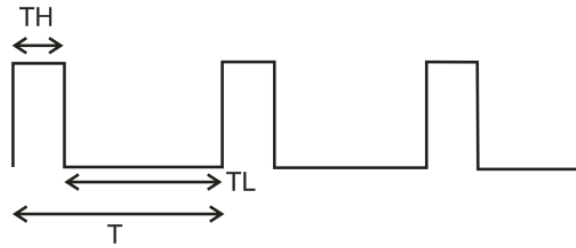
Pada penggunaan sensor cahaya biasanya menggunakan dua metode pembacaan sensor yaitu dengan Komparator dan ADC (*Analog to Digital Converter*). Berikut gambar dibawah ini adalah gambar rangkaian sensor cahaya yang digunakan pada robot :



Gambar 19. Rangkaian ADC Sensor Fotodiode ADC

c. Driver Motor

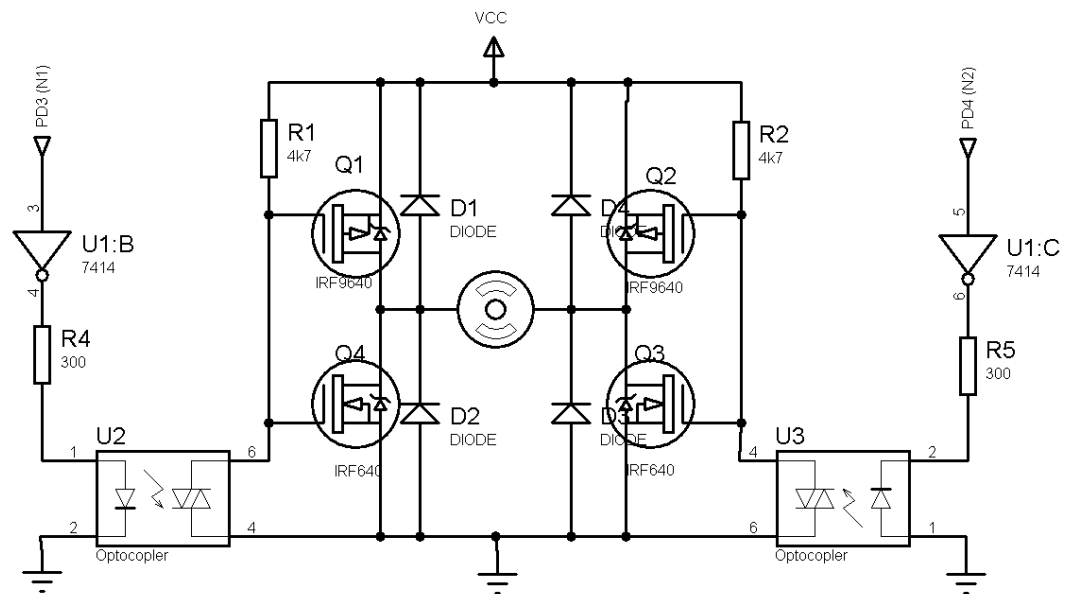
Agar motor dapat bergerak maka diperlukan driver motor H-Bridge yang memiliki kemampuan mengalirkan arus 1 A ke motor. Input driver motor terdapat 6 pin yang berupa 4 pin data dan 2 pin untuk kontrol PWM (*Pulse Wide Modulation*) pada tiap motor. Untuk jenis motor DC bisa menggunakan motor VCD atau motor DVD. PWM adalah sederetan pulsa yang lebar pulsanya dapat diatur. Dalam pulsa PWM terdapat dua buah kondisi digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor. Berikut pada gambar 20 ditunjukkan gambaran pulsa PWM.



Gambar 20. Bentuk pulsa PWM

Dalam satu siklus PWM terdapat nilai TH dan TL. TH adalah posisi pulsa PWM pada kondisi high (tinggi), sedangkan TL adalah posisi pulsa PWM pada kondisi low (rendah). Nilai T adalah lebar keseluruhan pulsa PWM dalam satu siklus. Nilai TH maupun TL inilah yang akan diatur untuk memperoleh variasi kecepatan yang motor yang berbeda-beda tergantung rangkaian *driver motor* yang digunakan. Nilai PWM maksimum yang dihasilkan nantinya adalah 255d atau 0xFFh.

Untuk mengatur motor DC yang *solid-state* dapat dipakai rangkaian FET. FET disusun sedemikian rupa hingga membentuk huruf H atau yang disebut *H-bridge* FET, *H-bridge* tersusun tersusun dari 4 buah FET dengan memanfaatkan fungsi FET sebagai saklar, yaitu titik *cut-off* dan titik saturasi. Pemilihan FET yang dipilih dapat mengalirkan arus yang diperlukan oleh motor DC. Berikut pada gambar 12 ditunjukkan H-Bridge FET.



Gambar 21. Rangkaian Driver Motor

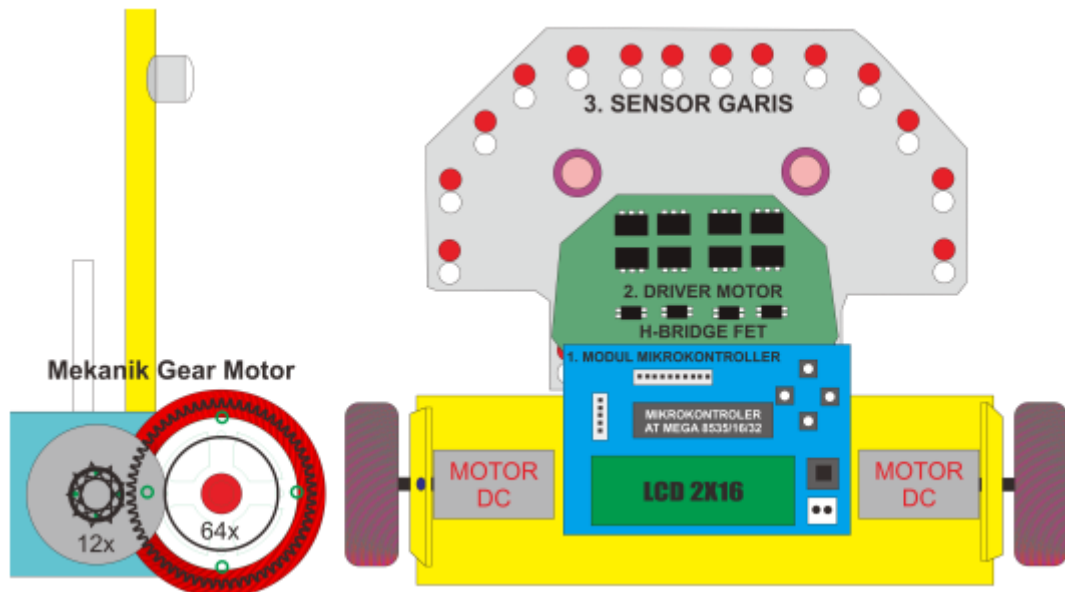
Dengan metode *H-bridge* FET di atas, maka arus yang mengalir ke motor polaritasnya dapat diatur dengan memberikan logika 0/1 ke input naik, turun dan PWM. Pengaturannya seperti tabel berikut.

Tabel 10. Tabel Kebenaran Keaktifan Motor

Maju	Mundur	Motor
0	0	Break
0	1	Berputar Maju
1	0	Berputar Mundur
1	1	Berhenti

Kondisi *High* (0) untuk semua input akan menyebabkan *break* atau pengereman, karena akan mengakibatkan semua transistor fet aktif dan akan merusak transistor Fet karena secara otomatis arus dari kolektor Q_4 dan Q_3 langsung mengalir ke Q_1 dan Q_2 sehingga arus akan sangat besar tanpa melalui beban seperti konsleting.

d. Mekanik Robot



Gambar 22. Rancangan Mekanik Robot

Desain perancangan mekanik robot menggunakan akrilik sebagai bahan utama. Desain perancangan menggunakan software corel draw untuk menggambar gear motor, velg, dan *body* tempat motor DC kemudian dicetak dengan alat laser cutting. Gear motor menggunakan rasio 12 : 64 dengan efisiensi 5,33 , agar robot dapat memiliki torsi dan kecepatan yang sesuai dengan kondisi lintasan. Semakin besar perbandingan rasio gear maka torsi motor akan semakin besar tapi kecepatan akan semakin lambat. Desain gear box bisa dilihat pada halaman lampiran.

Pengembangan modul pembelajaran dilakukan setelah *trainer line follower robot* dibuat. Modul berisi materi yang berkaitan dengan produk yang terdiri dari

: (1) Pengantar *Line Follower Robot*, (2) Sensor garis, (3) Rancangan mekanik robot, (4) Mikrokontroler AVR, (5) *Driver* motor, (6) Algoritma pergerakan robot, (7) Membuat *Source Code* program dengan CVAVR, (8) Contoh program.

3. Implementasi

a. Persiapan Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan robot berdasarkan analisis kebutuhan adalah sebagai berikut :

- 1) Komputer
- 2) Multimeter
- 3) *Toolset*
- 4) Komponen-komponen yang dibutuhkan
- 5) Solder
- 6) Tinol
- 7) PCB (*Printed Circuit Board*)
- 8) Pelarut PCB
- 9) Bor
- 10) Gergaji

b. Proses Pembuatan

- 1) Membuat gambar rancangan dengan *software* Proteus
- 2) Menggambar *layout* PCB dengan *software* Proteus
- 3) Mencetak hasil *layout* PCB pada kertas glossi
- 4) Menempelkan hasil *layout* ke PCB dengan cara disetrika
- 5) Melarutkan PCB dengan cairan *feri chlroride*

- 6) Memeriksa hasil jalur PCB
- 7) Mengebor PCB
- 8) Menyiapkan dan memeriksa komponen yang digunakan
- 9) Merakit komponen pada PCB
- 10) Melakukan pengujian alat.

4. Evaluasi Kelayakan Media

Hasil produk media pembelajaran sebelum digunakan oleh khalayak dilakukan uji validasi. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa media yang digunakan benar-benar sesuai dengan bidangnya. Uji validasi yang digunakan meliputi uji validasi isi (*content validity*) dan validasi konstruk (*construct validity*).

Pengujian validasi isi dilakukan dengan membandingkan isi instrumen dengan materi yang ada pada bidang media. Uji validasi isi dilakukan dengan mengkonsultasikan dengan dosen ahli materi. Pengambilan data dilakukan dengan pemberian angket penelitian yang diberikan kepada dosen ahli materi di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika.

Pengujian validitas konstruksi, dapat digunakan pendapat dari ahli (*experts judgment*). Dalam hal ini setelah instrumen dikonstruksi tentang aspek-aspek yang akan diukur dengan berlandaskan teori tertentu, maka selanjutnya dikonsultasikan dengan ahli Sugiyono (2011: 407). Para ahli diminta pendapatnya tentang instrumen yang disusun, kemudian akan

memberi keputusan tentang layak atau tidaknya apabila instrumen digunakan sebagai media pembelajaran. Data penelitian diambil dengan memberikan angket kepada dosen ahli bidang mikrokontroler atau robotika di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika.

C. Sumber Data Penelitian

a. Obyek Penelitian

Dalam penelitian ini objek yang akan diteliti adalah *Robot Line Follower PID* Sebagai Media Pembelajaran Mikrokontroler.

b. Subyek Penelitian

Subyek penelitian menurut Arikunto (2009: 109) merupakan “orang yang dapat merespon, memberikan informasi tentang data penelitian”. Data penelitian diambil dengan menggunakan angket, dengan subjek evaluasi dalam penelitian pengembangan ini pada dasarnya terdiri dari :

1. Para ahli yang dibutuhkan sebagai evaluator ahli (*Expert Judgement*) pada tahap revidi yang terdiri dari ahli materi dan ahli media. Sebagai ahli media dan ahli materi adalah Dosen berkompeten di bidang mikrokontroler dan Pengajar di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika.
2. Mahasiswa kelas A, Prodi P.T. Elektronika S1, angkatan 2007 sebagai reviewer pengguna skala kecil untuk mengetahui kelayakan dan validitas angket yang digunakan untuk mengambil data kelayakan pengguna.

3. Mahasiswa kelas B, Prodi Teknik Elektronika D3 , angkatan 2010
Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika sebagai reviewer pengguna
media yang digunakan untuk mengambil data kelayakan media.

c. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta yang beralamat di Kampus Karangmalang, Depok, Sleman, Yogyakarta. Waktu penelitian dilaksanakan bulan Desember.

D. Teknik Pengumpulan Data

1. Pengujian dan Pengamatan

Tujuan dari tahapan ini adalah untuk mengetahui kelayakan dari trainer dan modul *robot line follower PID* yang akan dijadikan sebagai media pembelajaran pada Jurusan P.T. Elektronika. Hasil pengujian dipaparkan dengan data berupa uji coba dan hasil-hasil pengamatan.

2. Jenis Data

Pada penelitian ini, jenis data yang dihasilkan berupa data primer. Menurut Margono (1997: 23) data primer adalah data yang dikumpulkan langsung dari individu-individu yang diselidiki. Individu-individu yang dimaksud adalah Mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika.

Data primer yang didapatkan pada penelitian ini berupa data kuantitatif dan data kualitatif. Menurut Sugiyono (2011: 23) data kualitatif adalah data yang berbentuk kalimat, kata atau gambar sedangkan data

kuantitatif adalah data yang berbentuk angka, atau data kualitatif yang diangkakan (skoring). Data kualitatif yang didapatkan berupa kritik dan saran dari para ahli dan pengguna sedangkan data kuantitatif berupa data diskrit dan kontinum. Data diskrit adalah data yang diperoleh dari hasil menghitung atau membilang (bukan mengukur) dan kontinum adalah data yang diperoleh dari hasil pengukuran Sugiyono (2011: 23-24).

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data kuantitatif berupa data kontinum. Salah satu data kontinum yaitu data interval yang dihasilkan dari instrument penelitian menggunakan skala Likert. Jenis data awal yang diperoleh dari penelitian pengembangan ini adalah data kuantitatif yang dikonversi ke data kualitatif, yang diperoleh dari angket/kuesioner dari ahli media, ahli materi dan Mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika. Data tersebut digunakan untuk mengukur kelayakan dari masing-masing komponen pengembangan Modul Media Pembelajaran *Robot Line Follower PID* agar dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang mencapai tujuan pembelajaran.

Tingkat kelayakan produk yang dikembangkan (Media Pembelajaran *Robot Line Follower PID*) dapat diketahui dari variabel yang diukur yaitu kualitas materi pada media pembelajaran dan media pembelajaran itu sendiri. Berdasarkan kriteria pemilihan media dan komponen bahan ajar, maka kriteria yang tepat untuk mengevaluasi Modul Media Pembelajaran *Robot Line Follower PID* dilihat dari aspek kualitas materi, tampilan, teknis pengoperasian dan kemanfaatan.

Data yang diperoleh dari aspek-aspek tersebut berupa data kuantitatif dan kualitatif yang merupakan tanggapan dan saran atau komentar umum dari ahli materi, ahli media dan Mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika. Aspek yang dinilai oleh masing-masing evaluator adalah sebagai berikut :

- a. Evaluator ahli materi, terdiri dari aspek kualitas materi, aspek kemanfaatan dan saran/komentar umum.
- b. Evaluator ahli media, terdiri dari aspek tampilan, aspek teknis pengoperasian, aspek kemanfaatan dan saran/komentar umum
- c. Mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika, terdiri dari aspek tampilan, aspek teknis pengoperasian, aspek kualitas materi, aspek kemanfaatan dan saran/komentar umum.

3. Kuisioner (Angket)

Kuisioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawabnya Sugiyono (2011: 199). Angket digunakan untuk menentukan kelayakan media yang dibuat berupa *robot line follower PID*. Responden yang dilibatkan dalam pengambilan data adalah dosen ahli materi sekaligus ahli media pembelajaran dan pengguna atau mahasiswa.

E. Instrumen Penelitian

Untuk memperoleh data tentang pengujian dan pengamatan maka instrumen yang digunakan adalah alat ukur berupa multimeter dan penggaris. Sedangkan untuk mengetahui kelayakan media yang telah dibuat untuk pembelajaran pemograman mikrokontroler, maka digunakan instrumen berupa angket yang diberikan kepada ahli mikrokontroler, ahli media pembelajaran, dan sejumlah peserta didik.

Instrumen yang diberikan kepada dosen ahli materi digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan media dilihat dari validasi isi (*Content Validity*), sedangkan instrumen yang diberikan kepada dosen ahli media pembelajaran untuk mengetahui tingkat kelayakan media dilihat dari validasi konstruk (*Construct validity*). Untuk instrumen yang digunakan pada ahli materi, indikator yang diperhatikan adalah kompetensi mikrokontroler. Kompetensi dasar adalah sejumlah kemampuan yang harus dikuasai peserta didik dalam mata pelajaran tertentu, dalam hal ini adalah mikrokontroler.

1. Validasi Instrumen Isi

Pengujian validasi isi dapat dilakukan dengan membandingkan antara isi instrumen dengan materi yang telah diajarkan, Sugiyono (2011:182). Jadi dalam hal ini instrumen penelitian divalidasi oleh 2 ahli materi. Validitas isi berisikan kesesuaian modul pembelajaran dilihat dari relevansi materi. Berikut kisi-kisi instrumen untuk ahli materi mikrokontroler dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 11. Kisi-kisi Instrumen untuk Validator Ahli Materi Modul

No.	Aspek	Indikator	Butir
1	Kualitas materi	Ketepatan tujuan	1
		Kebenaran materi	2
		Kedalaman materi	3
		Keruntutan materi	4
		Kejelasan materi	5
		Tingkat kesulitan pemahaman materi	6
		Kelengkapan media	7
		Kebenaran media	8
		Kesesuaian materi dan media	9
		Aspek kognitif	10
		Aspek afektif	11
		Aspek psikomotorik	12
		Kemudahan aplikasi	13
		Kesesuaian latihan yang diberikan	14
		Konsep dan kosakata sesuai dengan kemampuan intelektual peserta didik	15
2	Kemanfaatan	Membantu proses pembelajaran	16
		Memudahkan peserta didik dalam memahami materi	17
		Memberikan focus peserta didik untuk belajar	18

2. Validasi Instrumen Konstrak

Dalam hal ini aspek yang diukur ditinjau dari media pembelajaran dan mikrokontroler. Instrumen penelitian divalidasi oleh 2 ahli media. Untuk aspek media pembelajaran, instrumen yang digunakan dilihat dari segi tampilan, teknis, dan kemanfaatan.

Berikut kisi-kisi instrumen untuk ahli media pembelajaran berisikan kesesuaian media pembelajaran dilihat dari aspek kemanfaatan dan teknis.

Tabel 12. Kisi-kisi Instrumen untuk Validator Ahli Media Pembelajaran

No.	Aspek	Indikator	Butir
1	Tampilan	Ukuran komponen	1
		Ukuran media	2
		Tata letak komponen	3

No.	Aspek	Indikator	Butir
		Ukuran dan bentuk tulisan	4
		Penempatan tulisan	5
		Kejelasan komponen penampil	6
		Kerapian jalur PCB	7
		Kerapian keseluruhan	8
		Daya tarik tampilan keseluruhan	9
2	Teknis	Tingkat keamanan	10
		Kemudahan pengoperasian	11
		Kemudahan dalam penyambungan	12
		Kemudahan pengaksesan	13
		Unjuk kerja	14
		Kestabilan kerja	15
		Kualitas perancangan	16
		Kepraktisan dalam penyimpanan	17
3	Kemanfaatan	Mempermudah proses pembelajaran	18
		Memberikan perhatian peserta didik untuk belajar	19
		Menumbuhkan motivasi belajar	20
		Merangsang kegiatan belajar peserta didik	21
		Mempermudah guru	22
		Keterkaitan dengan materi yang lain	23

3. Uji Validitas dan Reabilitas Instrumen

Pembuatan instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini dimulai dari analisis variabel penelitian, menetapkan jenis instrumen, menyusun kisi-kisi instrumen, lalu menyusun item atau pertanyaan. Setelah instrumen selesai disusun oleh peneliti, kemudian melakukan bimbingan dengan dosen pembimbing. Syarat minimal yang harus dipenuhi oleh suatu instrumen penelitian untuk memperoleh data yang valid, akurat dan dapat dipercaya ada dua macam, yakni validitas dan reliabilitas. Sebelum melakukan langkah pengujian instrumen baik kepada para ahli sebagai ahli materi atau ahli media dan kepada para pengguna untuk menilai instrumen, peneliti melakukan bimbingan dan revisi yang

diperlukan dengan dosen pembimbing terlebih dahulu. Setelah instrumen telah dinyatakan siap untuk diuji, maka langkah berikutnya adalah seperti berikut ini,

a. Uji Validitas Instrumen

Pada penelitian ini dilakukan uji validitas konstruk instrumen penelitian dengan mengonsultasikannya kepada para ahli (*Expert Judgment*) dalam bidang pendidikan, yaitu 2 Dosen Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik UNY. Dosen-dosen tersebut adalah Suparman, M.Pd sebagai *Expert Judgment* 1 dan Slamet, M.Pd sebagai *Expert Judgment* 2. Dari uji yang dilakukan kepada *Expert Judgment* 1 dilakukan perbaikan mengenai konstruksi kalimat dan konteks materi yang dimaksudkan dalam pernyataan. Sedangkan dari *Expert Judgment* 2 dilakukan perbaikan : 1) adanya perbaikan redaksi pada item-item instrumen, 2) Dibedakan antara nama modul teksnya dengan nama alat peraganya. Setelah dilakukan perbaikan, oleh para *Expert Judgment*, instrumen penelitian yang terdiri dari instrumen untuk ahli materi, instrumen untuk ahli media dan untuk pengguna, dinyatakan layak untuk digunakan sebagai instrumen penelitian. Pernyataan validasi instrumen terlampir sebagai lampiran.

b. Uji Kelayakan dan Reliabilitas Instrumen

Sebelum melakukan evaluasi kepada mahasiswa, instrumen untuk mahasiswa diuji kelayakan dan reliabilitasnya pada mahasiswa kelas A S1 P.T. Elektronika. Instrumen yang digunakan berupa angket,

sehingga digunakan rumus *Alpha* untuk menguji reliabilitas instrumen. Perhitungan yang digunakan pada penelitian ini adalah perhitungan menggunakan bantuan komputer dengan program SPSS.

Tabel 13. Uji Kelayakan Instrumen

	Butir Instrumen																			Total	Mean	% Item
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			
Mahasiswa 1	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4	71	3,74	93,42
Mahasiswa 2	4	3	4	3	4	4	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	64	3,37	84,21
Mahasiswa 3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	2	3	4	3	3	2	3	3	4	3	59	3,11	77,63
Mahasiswa 4	3	3	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	64	3,37	84,21
Mahasiswa 5	3	3	3	3	2	3	3	3	3	4	2	3	3	4	3	2	3	4	4	58	3,05	76,31
Mahasiswa 6	2	3	2	1	4	3	3	2	4	1	2	3	2	4	3	3	3	2	4	51	2,68	67,1
Mahasiswa 7	4	3	4	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	63	3,31	82,89
Mahasiswa 8	4	4	3	4	4	4	3	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	70	3,68	92,1
Mahasiswa 9	3	3	4	3	4	3	3	4	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3	3	64	3,37	84,21
Mahasiswa 10	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	4	67	3,53	88,15
	Skor Kelayakan Keseluruhan																			63,1	3,32	83,02

Tabel 14. Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	10	50,0
	Excluded (a)	10	50,0
	Total	20	100,0

a Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Tabel 15. Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,824	19

Berdasarkan data uji kelayakan di atas didapatkan skor kelayakan sebesar **83,03%** sehingga masuk kategori **SANGAT LAYAK**. Sedangkan berdasarkan program SPSS validitas instrumen tersebut diketahui koefisien reliabilitas bernilai **0,824** dan apabila diinterpretasikan koefisien

alpha menurut Suharsimi Arikunto (2009:245), maka termasuk dalam kategori Sangat Tinggi.

4. Instrumen Kelayakan Penggunaan Media Pembelajaran

Instrumen penerapan media pada pembelajaran meliputi aspek tampilan, teknis, dan kemanfaatan. Instrumen ini ditujukan untuk peserta didik. Kisi-kisi instrumen pada proses pembelajaran dengan peserta didik dapat dilihat pada Tabel 16. Instrumen ini nantinya akan diberikan untuk mahasiswa jurusan P.T.Elektronika.

Tabel 16. Kisi-kisi Instrumen untuk peserta didik

No.	Aspek	Indikator	Butir
1	Tampilan Media	Ukuran komponen	1
		Ukuran media	2
		Tata letak komponen	3
		Ukuran dan bentuk tulisan	4
		Penempatan tulisan	5
		Kejelasan komponen penampil	6
		Kerapian jalur PCB	7
		Kerapian keseluruhan	8
		Daya tarik tampilan keseluruhan	9
2	Teknis	Kemudahan Penyambungan	10
		Kemudahan Pengoperasian	11
		Tingkat Keamanan	12
		Kemudahan Pengaksesan	13
3	Materi	Kesesuaian Materi dan Media	14
		Mempermudah pemahaman materi	15
		Kelengkapan Materi	16
4	Kemanfaatan	Mempermudah Proses Pembelajaran	17
		Meningkatkan Motivasi	18
		Meningkatkan Perhatian	19

F. Teknik Analisis Data

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang bersifat *developmental* sehingga dalam penelitian ini tidak dimaksudkan untuk menguji hipotesis tertentu, tetapi hanya menggambarkan apa adanya tentang suatu keadaan (Arikunto (2009: 109). Teknis analisa data yang dilakukan pada tahap pertama adalah menggunakan deskriptif kualitatif yaitu memaparkan produk media hasil rancangan media pembelajaran setelah diimplementasikan dalam bentuk produk jadi dan menguji tingkat kelayakan produk. Tahap kedua menggunakan deskriptif kuantitatif, yaitu memaparkan mengenai kelayakan produk untuk diimplementasikan pada standar kompetensi Mengoperasikan Rangkaian Mikrokontroler pada Jurusan P.T. Elektronika.

Data kualitatif yang diperoleh kemudian diubah menjadi data kuantitatif dengan menggunakan skala Likert. Skala Likert memiliki gradasi dari sangat positif sampai sangat negatif yang dapat diwujudkan dalam beragam kata-kata. Tingkatan bobot nilai yang digunakan sebagai skala pengukuran adalah 4, 3, 2, 1.

Dari data instrumen penelitian, kemudian dengan melihat bobot tiap tanggapan yang dipilih atas tiap pernyataan, selanjutnya menghitung skor rata-rata hasil penilaian tiap komponen Media Pembelajaran *Robot Line Follower PID* dengan menggunakan rumus:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Keterangan:

\bar{X} = skor rata-rata

N = jumlah penilai

$\sum X$ = skor total masing-masing penilai

Rumus perhitungan persentase skor ditulis dengan rumus berikut :

$$\text{Persentase Kelayakan (\%)} = \frac{\text{Skor yang di observasi}}{\text{Skor yang diharapkan}} \times 100\%$$



Gambar 23. Skor kelayakan secara kontinum

Selanjutnya, kategori kelayakan digolongkan menggunakan skala sebagai berikut:

Tabel 17. Tabel Kategori Kelayakan berdasarkan Rating Scale

No.	Skor dalam Persen (%)	Kategori Kelayakan
1	0% - 25%	Tidak Layak
2	>25% - 50%	Kurang Layak
3	>50% - 75%	Layak
4	>75% - 100%	Sangat Layak

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Hasil Desain

Hasil desain adalah tahapan rancangan media pembelajaran berupa hardware *Robot Line Follower* dan modul yang berisi materi pembelajaran mikrokontroler.

a. Desain Hardware

Desain *hardware* merupakan rancangan dari trainer *Robot Line Follower* yang berupa rangkaian elektronik dan mekanik. Trainer ini terdiri dari 3 buah board rangkaian elektronik, untuk mempermudah dalam pengidentifikasian maka setiap board diberi nama (identitas). Berikut ini adalah deskripsi dari masing-masing board :

1) Microcontroller Unit (MCU Board)

Merupakan *board* utama dari mikrokontroler *ATMega* yang terdiri dari sistem minimum mikrokontroler *ATMega32*, sistem USB downloader *HID Bootloader*, simulasi input sederhana berupa 6 buah *push button*, display *LCD*, ekspansi Port mikrokontroler, komunikasi serial, power supply 5 volt menggunakan IC regulator 7805. Pada rangkaian ini juga disediakan port ekspansi untuk antarmuka dengan modul lainnya.

2) *Line Sensor (Sensor Garis)*

Board ini merupakan bagian modul yang berfungsi membaca garis atau litasan robot dengan menggunakan sensor photodiode dan LED. Board ini terdiri dari 16 sensor photodiode, 16 LED, 2 transistor BD139 sebagai switching sensor dan resistor-resistor. Rangkaian ini terhubung dengan *microcontroller unit* dengan kabel dan soket penghubung.

3) *Driver Motor (Dual H-Bridge MosFet)*

Board ini merupakan bagian modul yang berfungsi sebagai kendali motor DC. Board ini terdiri dari 4 P-Channel Mosfet, 4 N-Channel Mosfet, 4 buah optocoupler, IC TTL NOT, Diode dan resistor. Rangkaian ini terhubung dengan *microcontroller unit* dengan kabel dan soket penghubung.

b. Desain Modul/Jobsheet

Modul disusun sesuai dengan kompetensi pembelajaran mikrokontroler. Modul berisi materi mikrokontroler AVR, penjelasan secara urut bagian-bagian penyusun robot, langkah-langkah pembuatan *line follower robot* beserta algoritma pemrogramannya. Penggunaan modul dimaksudkan untuk mempermudah mahasiswa dan pengajar dalam melakukan pembelajaran mikrokontroler.

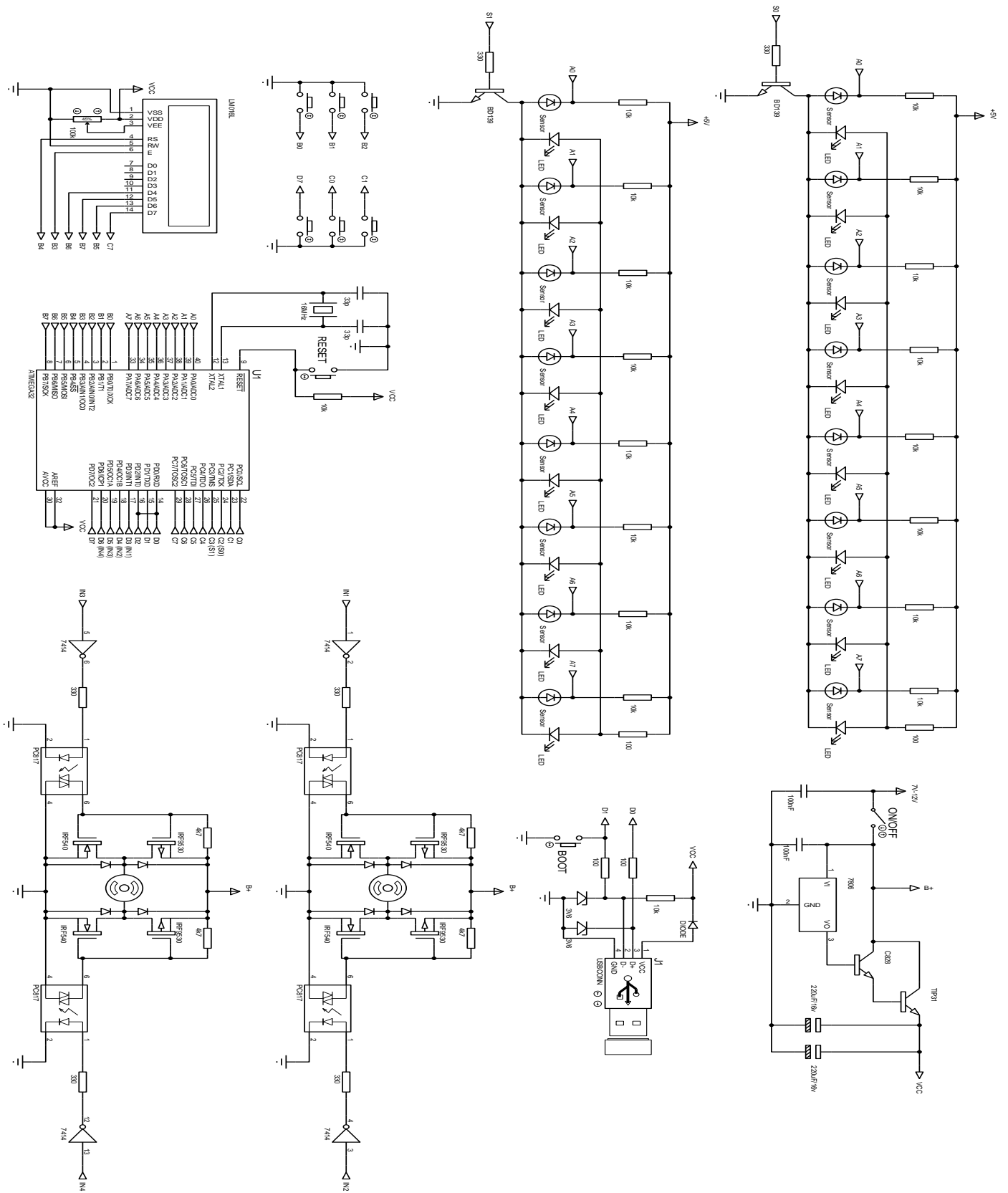
2. Hasil Implementasi

Implementasi merupakan proses perwujudan dari rancangan media ke dalam bentuk yang sebenarnya. Berdasarkan rancangan implementasi ini terdiri dari produk *trainer* dan modul.

a. Implementasi *Trainer*

Proses pembuatan *hardware* merupakan pembuatan *trainer line follower robot*. Langkah ini dimulai dari tahap perancangan sampai perakitan rangkaian, yaitu pemasangan komponen-komponen penyusun rangkaian ke dalam PCB. Dari perancangan rangkaian kemudian diwujudkan dalam bentuk *hardware* sesuai kebutuhan. Implementasi dari konsep rancangan *trainer* menghasilkan beberapa rangkaian yaitu *microcontroller unit* ATmega32, sensor garis dan *driver* motor DC.

Keseluruhan hasil implementasi merupakan suatu komponen penyusun dari sebuah *line follower robot*. Rangkaian antar modul dibuat secara terpisah sehingga dapat diketahui bagian-bagian setiap modul beserta fungsinya. Berikut ini adalah hasil dari implementasi bentuk modul pada *trainer line follower robot*.

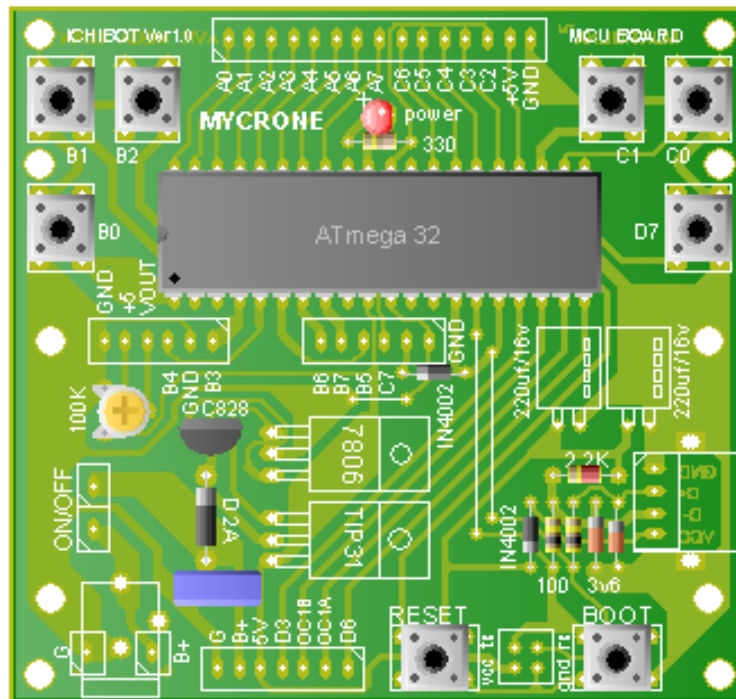


Gambar 24. Schematic Robot Line Follower

1) *Microcontroller Unit (MCU Board)*

Berikut adalah gambar PCB dan komponen pada *Microcontroller Unit*

Unit :



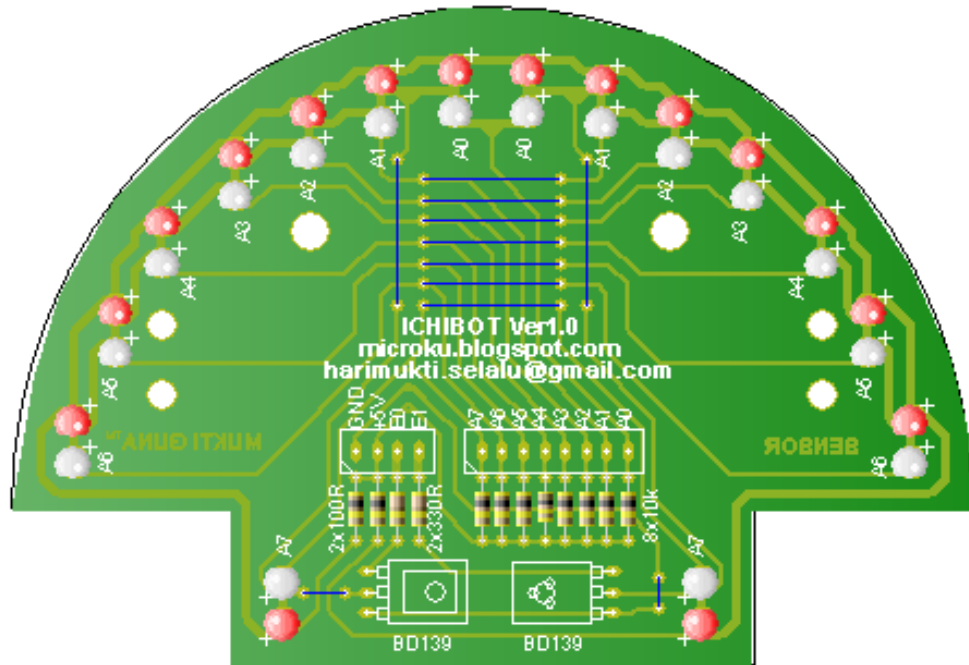
Gambar 25. *Layout PCB Microcontroller Unit*



Gambar 26. *Realisasi PCB Microcontroller Unit (MCU)*

2) *Line Sensor* (Sensor Garis)

Berikut adalah gambar PCB dan komponen pada *Line Sensor* :

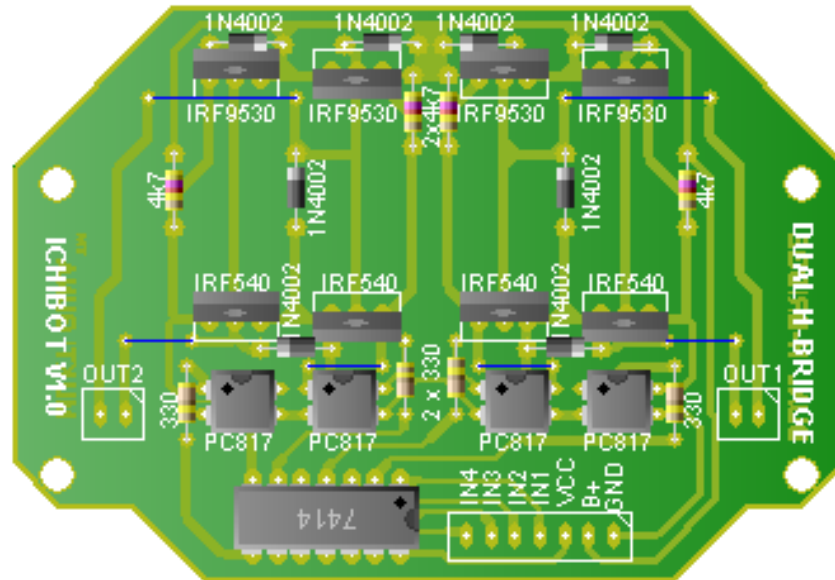


Gambar 27. Layout PCB Line Sensor (Sensor Garis)



Gambar 28. Realisasi PCB Line Sensor (Sensor Garis)

3) Driver Motor (Dual H-Bridge MosFet)



Gambar 29. Layout PCB Driver Motor

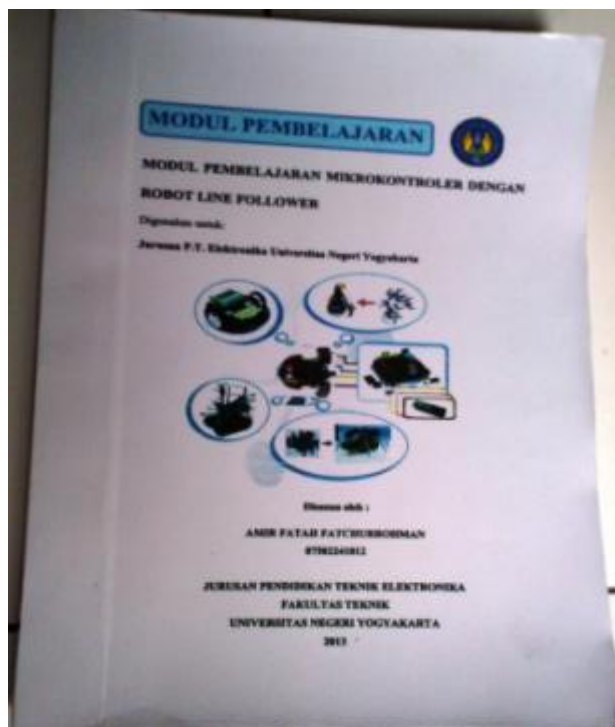


Gambar 30. Hardware Driver Motor

b. Implementasi Modul

Modul diimplementasikan dengan membukukan kumpulan materi yang telah digunakan dalam pembuatan *line follower robot*. Kumpulan materi dibagi dalam bentuk dua modul pembuatan *line follower robot*

yaitu modul teori dan praktek pemrograman. Dalam modul dijelaskan bagian-bagian penyusun robot, langkah-langkah pembuatan *line follower robot* beserta algoritma pemrogramannya. Materi yang dibahas dalam modul ini meliputi dasar mikrokontroler dan robotika, *microcontroller unit*, *line Sensor* (Sensor Garis), *Driver Motor (Dual H-Bridge MosFet)*, algoritma pergerakan robot, dasar pemrograman mikrokontroler dengan bahasa C dan pembuatan *source code* program dengan CodeVision AVR. Hasil implementasi modul dapat dilihat pada gambar berikut :

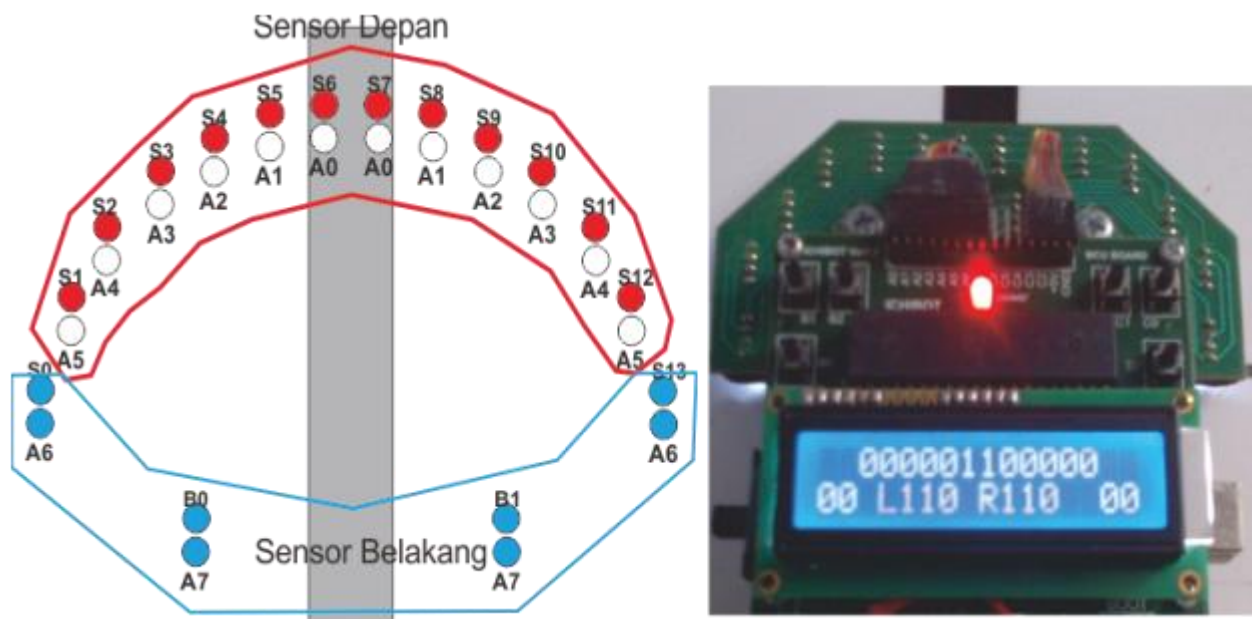


Gambar 31. Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower

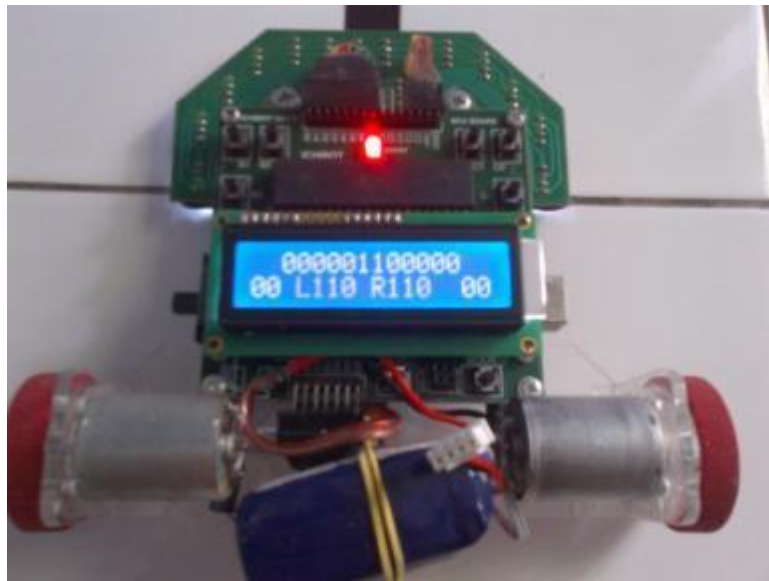
3. Hasil Pengujian Unjuk Kerja Media Pembelajaran

Pengujian media pembelajaran ini dilakukan dengan menggabungkan seluruh modul rangkaian yang telah dibuat menjadi satu buah bentuk *line follower robot*. Proses pengujian dengan cara menguji cobakan robot dalam melintasi garis atau jalur yang telah dibuat berdasarkan kriteria jalur yang telah disesuaikan dengan modul. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kinerja media pembelajaran apakah sudah sesuai dengan rancangan atau tidak. Jika robot diletakkan di atas garis hitam maka robot harus dapat mengikuti alur garis yang dibuat.

Alur garis yang akan dibuat adalah berupa garis lurus dengan lebar 1,5cm, garis putus-putus, Sudut 90 sampai 45 derajat.

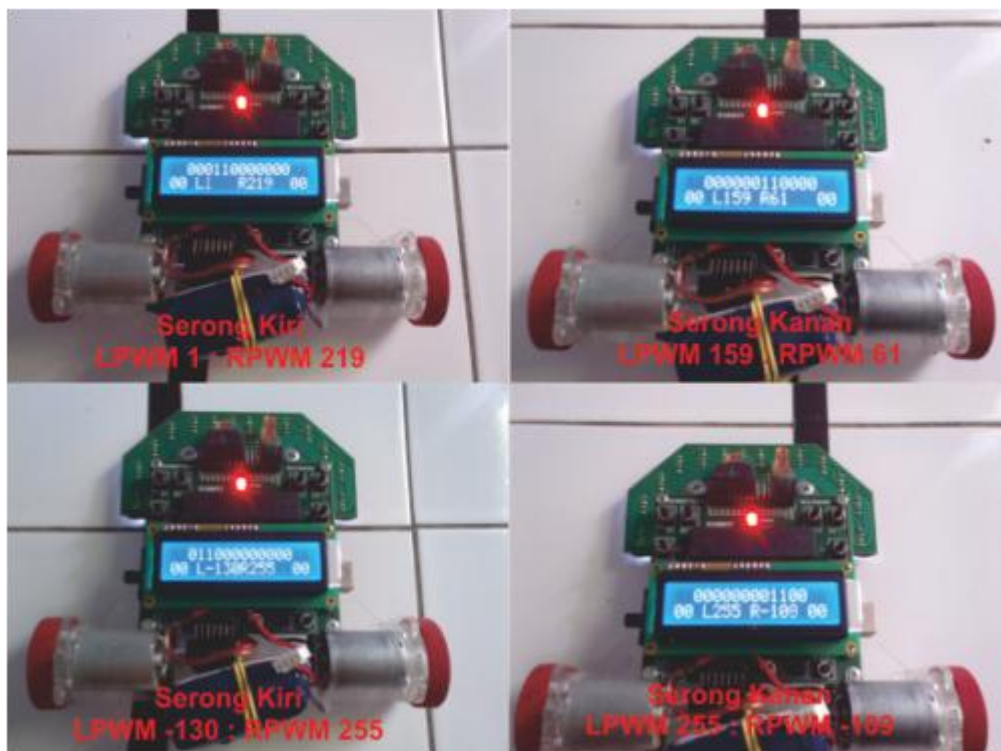


Gambar 32. Konfigurasi Pembacaan Sensor



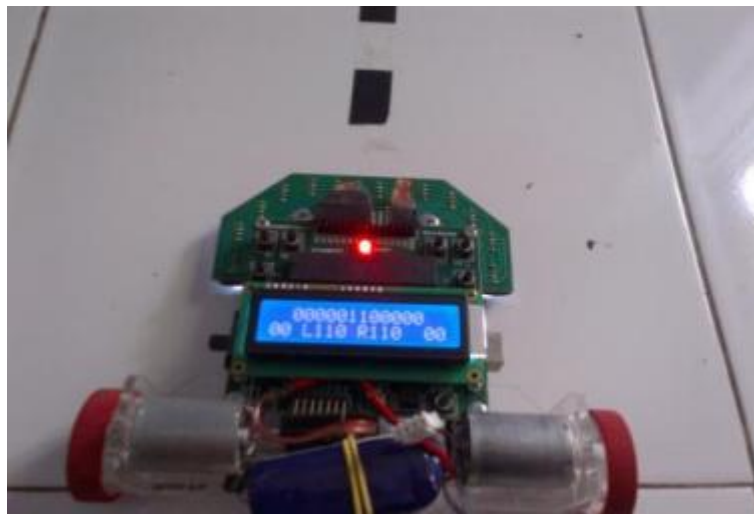
Gambar 33. Uji coba Robot Pada Garis Lurus

Pada garis lurus maka robot akan bergerak dengan PWM motor kanan dan kiri dengan kecepatan yang sama, sehingga robot bergerak lurus.



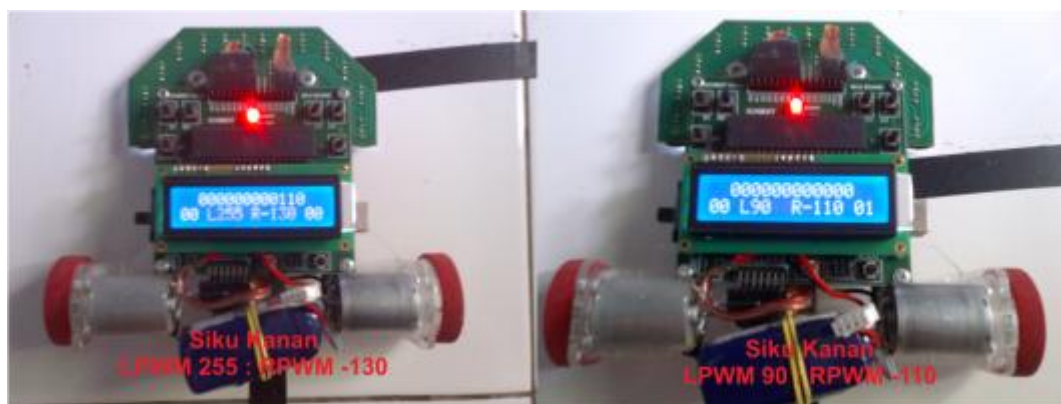
Gambar 34. Uji coba Robot Pada Garis terhadap Posisi Sensor dengan PWM Motor

Pada kondisi garis melengkung maka kecepatan LPWM dan RPWM motor akan otomatis menyesuaikan perubahan kondisi garis berdasarkan posisi atau kondisi sensor yang di kalkulasi dengan rumus PID kontrol, sehingga pergerakan robot akan terus menyesuaikan set point 0 yaitu posisi tengah sensor.



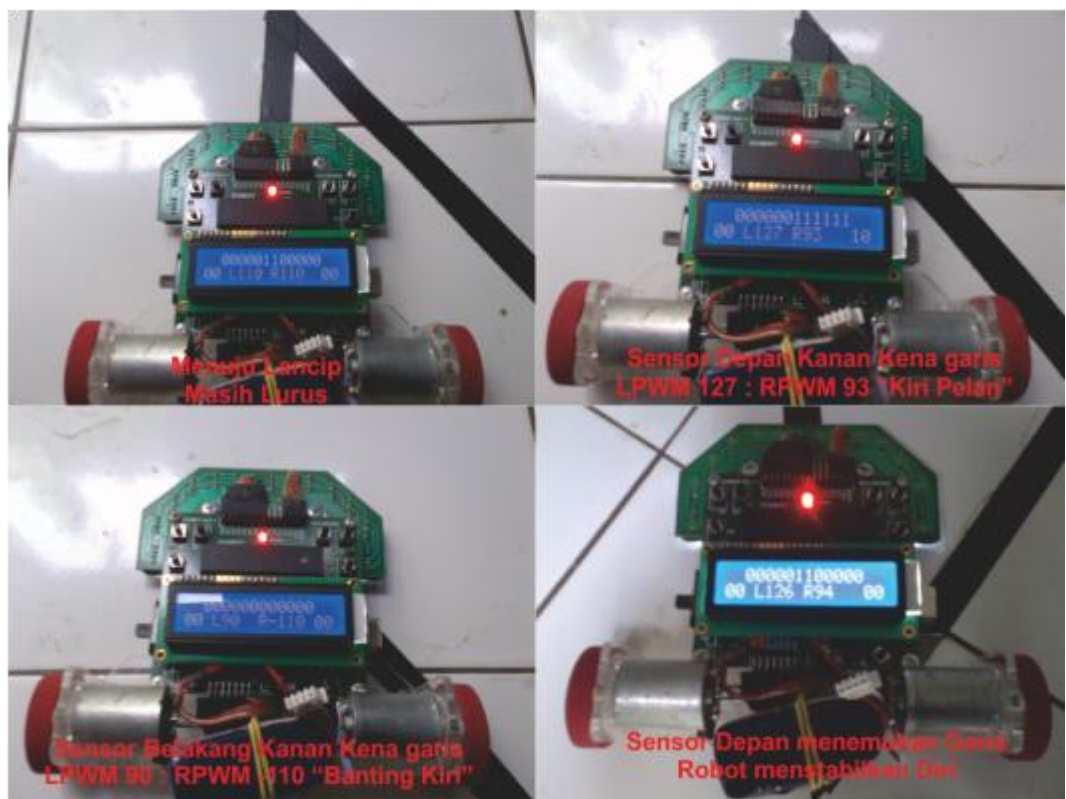
Gambar 35. Uji coba Robot Pada Garis Putus-Putus

Pada kondisi garis putus-putus maka robot akan berjalan lurus dengan PWM L-R yang sama.



Gambar 36. Uji coba Robot pada Garis Siku Kanan

Ketika kondisi robot pada garis siku sensor depan samping kanan terkena garis maka LPWM robot akan lebih cepat bahkan sampai 255 sedangkan RPWM akan lebih lambat hingga minus atau mundur, sehingga robot akan bergerak cepat ke kanan hingga menemukan garis.



Gambar 37. Uji Coba Robot pada Garis Sudut Lancip 45 Derajat

Ketika kondisi robot pada garis lancip 45 derajat sensor depan samping kanan terkena garis maka LPWM robot akan lebih cepat bahkan sampai 255 sedangkan RPWM akan lebih lambat hingga minus atau mundur, sehingga robot akan bergerak cepat ke kanan hingga menemukan garis.

Dari beberapa hasil pengujian unjuk kerja *trainer line follower robot* didapatkan data hasil pembacaan sensor dan pergerakan motor

berdasarkan kondisi garis yang dilalui. Besar kecepatan maksimum yang dihasilkan mikrokontroler adalah 255 dan minimum -255 (mundur). Nilai PWM yang dihasilkan untuk memutar motor adalah linier variable terhadap besar error posisi sensor dan kalkulasi oleh PID kontrol. Beberapa data kondisi sensor dan pergerakan motor disajikan dalam beberapa tabel berikut ini:

Tabel 18. Kalkulasi PWM berdasarkan Error Sensor dengan PID pada Sampel Setting Proporsional =12, Integral = 0 dan Deverensial = 30

Error	P	I	D	Speed	Move	L	R	LPWM	RPWM
-11	12	0	30	110	-462	-352	572	-255	255
-9	12	0	30	110	-378	-268	488	-255	255
-7	12	0	30	110	-294	-184	404	-184	255
-5	12	0	30	110	-210	-100	320	-100	255
-3	12	0	30	110	-126	-16	236	-16	236
-2	12	0	30	110	-84	26	194	26	194
-1	12	0	30	110	-42	68	152	68	152
0	12	0	30	110	0	110	110	110	110
1	12	0	30	110	42	152	68	152	68
2	12	0	30	110	84	194	26	194	26
3	12	0	30	110	126	236	-16	236	-16
5	12	0	30	110	210	320	-100	255	-100
7	12	0	30	110	294	404	-184	255	-184
9	12	0	30	110	378	488	-268	255	-255
11	12	0	30	110	462	572	-352	255	-255

4. Hasil Validasi Media Pembelajaran

Tahap pengujian terhadap tingkat validitas penggunaan media dalam pembelajaran mata pelajaran teknik kontrol dilakukan dengan uji validasi yang meliputi validasi isi (*content validity*) dan validasi konstruk (*construct validity*). Data validasi isi diperoleh dari ahli materi dan data

validasi konstruk diperoleh dari ahli media pembelajaran. Ahli materi adalah dosen yang dianggap telah ahli dalam materi pembelajaran mikrokontroler, sedangkan ahli media pembelajaran adalah dosen yang dianggap telah ahli dalam media pembelajaran.

Sebelum ahli materi dan ahli media pembelajaran mengisi angket yang ada, maka diadakan demo terhadap media berupa trainer Robot Line Follower. Disamping mendemonstrasikan media kepada ahli materi dan ahli media pembelajaran menerima modul pembelajaran yang berisikan pembelajaran mikrokontroler pemrograman mikrokontroler. Modul tersebut dikonsultasi kepada ahli materi dan ahli media hingga dianggap layak.

Setelah demo media dilakukan maka ahli media pembelajaran dan ahli materi dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan pada angket yang dibagikan. Dari sini data mengenai kelayakan penggunaan media dalam pembelajaran mikrokontroler didapat. Saran yang ada pada instrumen digunakan sebagai bahan pertimbangan perbaikan media lebih lanjut. Adapun data penelitian terdapat pada lampiran.

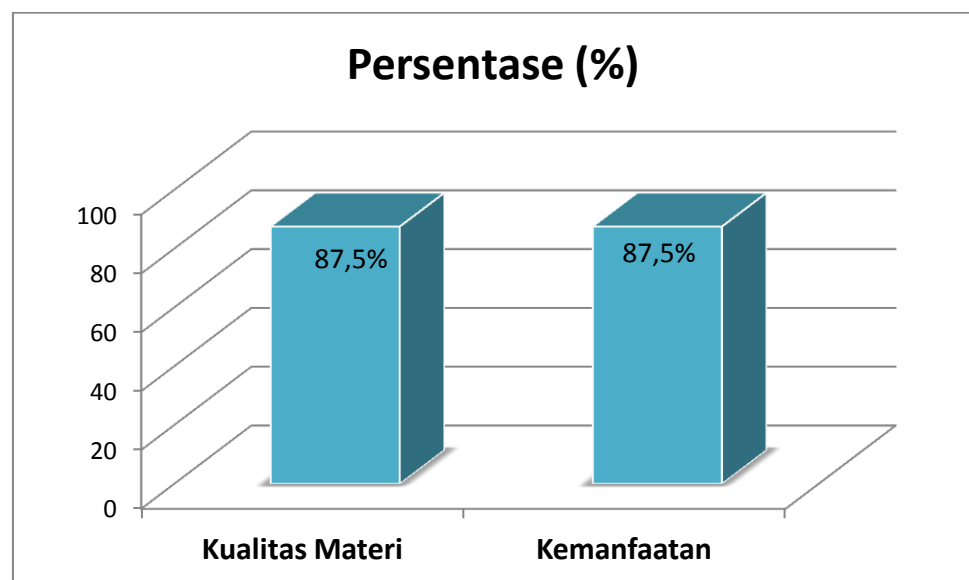
a. Hasil Uji Validasi Isi (*Content Validity*)

Hasil uji validasi ini berupa angket penilaian ahli robotika sebagai ahli materi, penilaian ditinjau dari dua aspek yaitu aspek kualitas materi dan kemanfaatan. Persentase data penilaian ahli materi pembelajaran disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 19. Hasil Uji Validasi Ahli Materi

No.	Indikator	Σ Max	Validator Σ		Σ	Rerata	%	Kategori
			Kdr	Eko				
1	Kualitas Materi	60	47	58	105	3,5	87,5	Sangat Layak
2	Kemanfaatan	12	9	12	21	3,5	87,5	Sangat Layak
Keseluruhan		72	56	70	126	3,5	87,5	Sangat Layak

Data di atas dapat diwujudkan dalam bentuk diagram batang sebagai berikut.



Gambar 38. Persentase Validasi Ahli Materi

Dari grafik diagram batang diatas diperoleh data bahwa ditinjau dari aspek materi memperoleh persentase 87,5 %, sedangkan dari aspek kemanfaatan memperoleh persentase 87,5 %. Secara keseluruhan tingkat validasi materi pada modul *line follower robot* sebagai media pembelajaran pada mata kuliah mikrokontroler jurusan P.T. Elektronika UNY adalah 87,5 %. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa

validasi materi pada media pembelajaran ini adalah sangat layak digunakan.

Berikut adalah beberapa saran atau komentar yang diberikan oleh ahli materi saat uji validasi ahli materi dilakukan :

1. Informasi tentang fusebit diperlengkap karena bila terjadi kesalahan setting fusebit mikrokontroler bisa rusak.
2. Penerapan PID diperjelas terutama perubahan PID analog ke PID digital.
3. Operasional ADC dibuat lengkap sehingga tahu fungsi-fungsi yang sebenarnya.
4. Bedakan antara perintah if, if....else dan if... if..else if.
5. Arsitektur mikrokontroler lebih diperjelas.
6. Tambahan penjelasan tentang fungsi bertipe void (prosedur) dengan fungsi non void.
7. Struktur bahasa C mohon diperjelas.
8. Berikan keterbatasan modul.

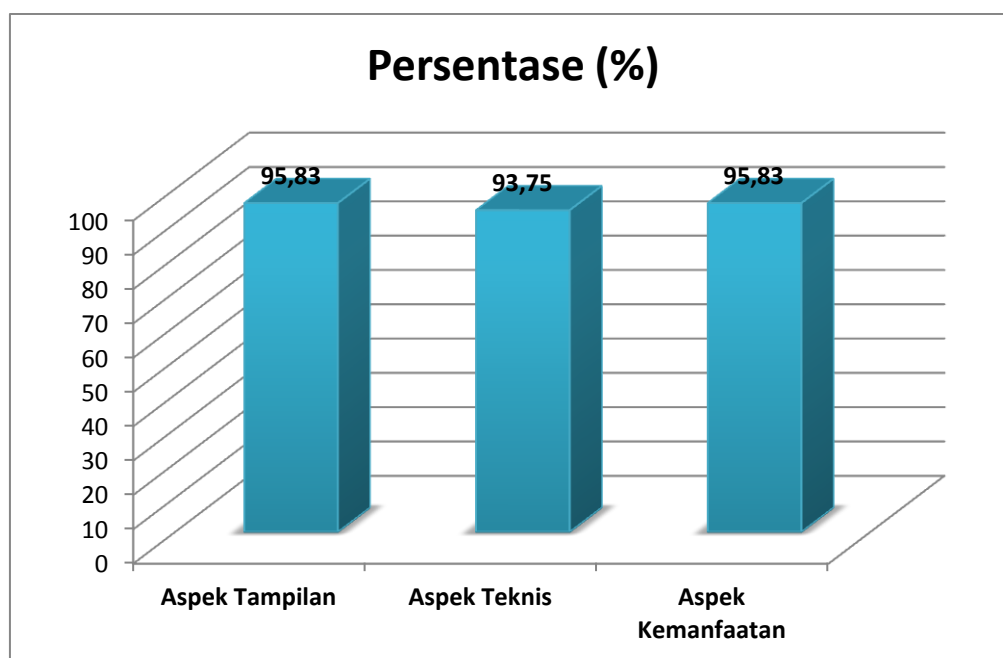
b. Hasil Uji Validasi Konstrak (*Constuct Validity*)

Hasil uji validasi konstrak berupa angket penilaian untuk ahli media pembelajaran. Angket penilaian ahli media pembelajaran ini ditinjau dari tiga aspek yaitu aspek yaitu (1) aspek keefektifan desain tampilan, (2) aspek teknis dan (3) aspek kemanfaatan. Persentase data penilaian untuk ahli media pembelajaran disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 20. Hasil Uji Validasi Ahli Media

No.	Indikator	Σ Max	Validator Σ		Σ	Rerata	%	Kategori
			Mun	Adi				
1	Aspek Tampilan	36	35	34	69	3,83	95,83	Sangat Layak
2	Aspek Teknis	32	32	28	60	3,75	93,75	Sangat Layak
3	Aspek Kemanfaatan	24	24	22	46	3,83	95,83	Sangat Layak
Keseluruhan		92	91	84	175	3,80	95,14	Sangat Layak

Data di atas dapat diwujudkan dalam bentuk diagram batang sebagai berikut.



Gambar 39. Persentase Validasi Ahli Media

Dari grafik diagram batang di atas dapat diperoleh data dari sisi keefektifan desain tampilan media pembelajaran ini memperoleh persentase 95,83 %, dari sisi teknis memperoleh 93,75 % dan dari sisi kemanfaatan memperoleh 95,83 %. Dari perolehan tiga aspek yang dinilai secara keseluruhan tingkat validasi ahli Media pada modul *line follower robot* sebagai media pembelajaran pada mata kuliah

mikrokontroler jurusan P.T. Elektronika UNY adalah 95,14 %. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa validasi media pada media pembelajaran ini adalah sangat layak digunakan.

Berikut adalah beberapa saran atau komentar yang diberikan oleh ahli media saat uji validasi ahli media dilakukan :

- 1) Tempat baterai mohon dibuat.
- 2) Ada baiknya setiap unit kerja diberikan warna yang berbeda agar pengguna lebih mudah membedakan bagian-bagian yang membangun media.

c. Hasil Uji Pemakaian Media Pembelajaran oleh Mahasiswa

Pengujian pemakai produk adalah pengujian yang dilakukan kelas B prodi Teknik Elektronika D3 angkatan 2010 semester 7 UNY dengan jumlah mahasiswa 21 orang melakukan penilaian terhadap aspek tampilan, teknis, materi dan kemanfaatan. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan data kelayakan media. Para mahasiswa juga memberikan saran dan komentar umum, namun dalam hal ini hasil dari penelitian merupakan hasil akhir dari penelitian sehingga tidak dilakukan revisi kembali. Berikut adalah hasil pengujian skala besar pada mahasiswa kelas B prodi Teknik Elektronika D3 angkatan 2010 semester 7, Universitas Negeri Yogyakarta.

Tabel 21. Data Hasil Pemakaian Media Pembelajaran oleh Mahasiswa

No Butir	Mahasiswa																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	4	4	3	4	3	4
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	4	3	3	3	4
3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	3	3	2	3	4	3	4	4	3
4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	4	4	4	3
5	3	4	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	2	3	3	4
6	4	4	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	2	3	4	4	3	3	2
7	4	4	4	4	4	3	3	3	4	2	2	3	2	3	3	4	3	3	3	2	3
8	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
9	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3
10	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	4	3	4	2	3	3	4	2	2
11	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	2	3	3	4	3	3
12	3	4	4	3	3	4	4	2	3	4	3	3	3	3	3	2	4	3	3	3	3
13	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4
14	3	4	4	3	3	3	3	2	3	2	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	4
15	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4
16	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3	2	3	4	4	4	4	2	4
17	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	3
18	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19	4	4	4	4	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3

Berdasarkan data pengujian pemakaian skala besar yang dilaksanakan pada mahasiswa kelas B prodi Teknik Elektronika D3 angkatan 2010 semester 7, Universitas Negeri Yogyakarta, didapat hasil persentase penilaian kelayakan media sebesar 81,87%, dengan demikian persentase kelayakan media menurut Arikunto (1996:224) termasuk dalam kategori **sangat layak** untuk digunakan sebagai media pembelajaran.

Berikut adalah hasil penghitungan kategori kelayakan media berdasarkan hasil penilaian *User / Pengguna* :

Tabel 22. Persentase Hasil Ujicoba Pemakaian Tiap Indikator

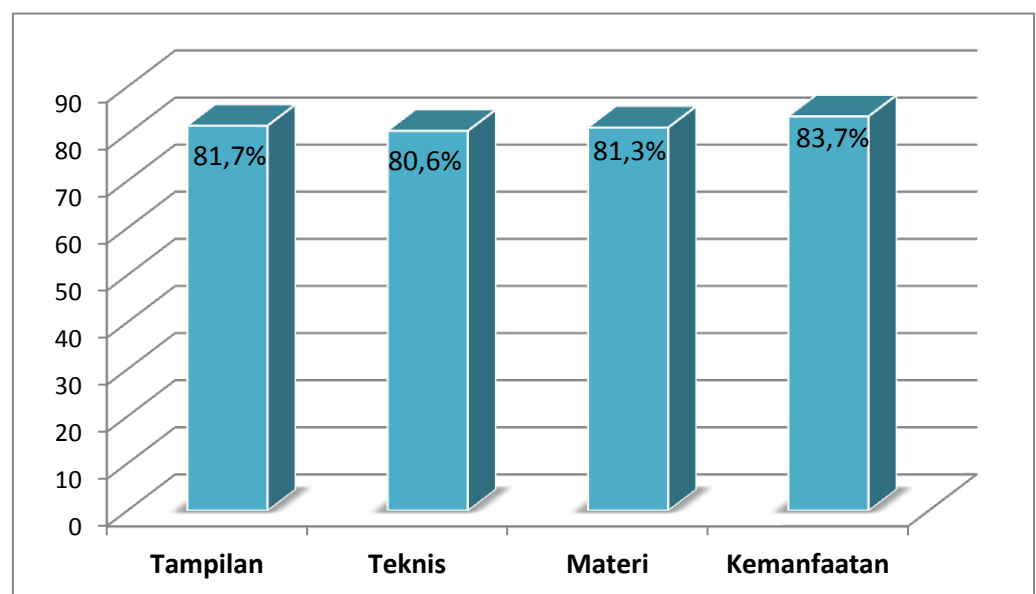
No.	INDIKATOR	Score			
		Jumlah	Max	Rerata	Persentase %
Aspek Tampilan Media					
1	Ukuran komponen	72	84	3,43	85,71
2	Ukuran media	67	84	3,2	79,76
3	Tata letak komponen	74	84	3,52	88,09
4	Ukuran dan bentuk tulisan	66	84	3,14	78,57
5	Penempatan tulisan	69	84	3,29	82,14
6	Kejelasan komponen penampil	69	84	3,28	82,14
7	Kerapian jalur PCB	66	84	3,14	78,57
8	Kerapian keseluruhan	63	84	3	75
9	Daya tarik tampilan keseluruhan	72	84	3,43	85,71
Aspek Teknis				rata2	81,75
10	Kemudahan Penyambungan	68	84	3,24	80,95
11	Kemudahan Pengoperasian	66	84	3,14	78,57
12	Tingkat Keamanan	67	84	3,19	79,76
13	Kemudahan Pengaksesan	70	84	3,33	83,33
Aspek Materi				rata2	80,65
14	Kesesuaian Materi dan Media	69	84	3,28	82,14
15	Mempermudah pemahaman materi	67	84	3,19	79,76
16	Kelengkapan Materi	69	84	3,28	82,14
Aspek Kemanfaatan				rata2	81,34
17	Mempermudah Proses Pembelajaran	74	84	3,52	88,09
18	Meningkatkan Motivasi	66	84	3,14	78,57
19	Meningkatkan Perhatian	71	84	3,38	84,52
		Rata-rata Aspek manfaat			83,73
RATA-RATA TOTAL		1305	3264	3,27	81,87

Berikut merupakan penghitungan kategori kelayakan media berdasarkan hasil penilaian *User* / Pengguna, ditinjau dari setiap aspek :

Tabel 23. Kategori Skor Tanggapan Pengguna Dari Tiap Aspek

No.	Indikator	Score				
		Jumlah	Max	Rerata	%	Kategori
1	Aspek Tampilan	618	756	3,27	81,75	Sangat Layak
2	Aspek Teknis	271	336	3,23	80,65	Sangat Layak
3	Aspek Materi	205	252	3,25	81,34	Sangat Layak
4	Aspek Kemanfaatan	211	252	3,35	83,73	Sangat Layak
Keseluruhan		1305	1596	3,275	81,87	Sangat Layak

Jika hasil penghitungan kategori kelayakan produk, berdasarkan hasil penilaian ahli materi yang ditinjau dari setiap aspek digambarkan kedalam bentuk diagram batang, maka akan digambarkan seperti berikut :



Gambar 40. Diagram batang skor tanggapan *User/Pengguna*

B. Pembahasan

Pembahasan pada penelitian ditujukan pada poin permasalahan yang diangkat dalam rumusan masalah. Permasalahan itu selanjutnya dibahas satu per satu sesuai dengan hasil data yang telah diperoleh selama penelitian.

Berikut ini penjelasan pembahasan masing-masing poin yang diangkat dalam rumusan masalah pada penelitian ini.

1. Desain Trainer dan Modul *Robot Line Follower PID* sebagai media pembelajaran.

Media pembelajaran ini dirancang sesuai dengan kompetensi dasar mata kuliah mikrokontroler yang diaplikasikan pada sebuah trainer dan modul robot *line follower*. Kompetensi yang diharapkan dalam pembuatan trainer *line follower robot* meliputi *Microcontroller Unit (MCU Board)*, *Line Sensor (Sensor Garis)*, *Driver Motor (Dual H-Bridge MosFet)*, mekanik. Sedangkan kompetensi yang diharapkan dalam pembuatan modul mikrokontroler adalah mikrokontroler AVR, pemrograman mikrokontroler dan aplikasinya dengan menggunakan trainer robot *line follower*. Beberapa kompetensi tersebut merupakan satu kesatuan yang apabila digabungkan akan tercipta sebuah media pembelajaran *line follower robot*.

Microcontroller Unit (MCU Board) merupakan board utama dari mikrokontroler ATmega yang terdiri dari sistem minimum mikrokontroler ATmega32, sistem *USB downloader HID Bootloader*, simulasi input sederhana berupa 6 buah *push button*, *display LCD*, ekspansi Port mikrokontroler, komunikasi serial, power supply 5 volt menggunakan IC regulator 7805. Pada rangkaian ini juga disediakan port ekspansi untuk antarmuka dengan modul lainnya. *Line Sensor (Sensor Garis)* board ini merupakan bagian modul yang berfungsi membaca garis atau litasan robot

dengan menggunakan sensor photodiode dan LED. Board ini terdiri dari 16 sensor photodiode, 16 LED, 2 transistor BD139 sebagai switching sensor dan resistor-resistor. Rangkaian ini terhubung dengan *microcontroller* unit dengan kabel dan soket penghubung. Driver Motor (*Dual H-Bridge MosFet*) Board ini merupakan bagian modul yang berfungsi sebagai kendali motor DC. Board ini terdiri dari 4 P-Channel Mosfet, 4 N-Channel Mosfet, 4 buah optocoupler, IC TTL NOT, Diode dan resistor. Rangkaian ini terhubung dengan *microcontroller* unit dengan kabel dan soket penghubung. Trainer diberi label nama cetak pada board PCB berisi keterangan mengenai komponen dan bagian media agar mudah di mengerti.

Untuk mempermudah dalam proses pembuatan robot maka didampingi dengan sebuah modul panduan yang menjelaskan mengenai teori-teori mengenai berbagai kompetensi yang disebutkan di atas. Modul menerangkan cara pembuatan *hardware* dan mekanik robot beserta cara pemrograman algoritma robot agar dapat bekerja sesuai dengan tujuan. Modul disusun sesuai dengan kompetensi yang diharapkan yaitu berisi : Konsep dasar-dasar perancangan perangkat keras dan perangkat lunak mikrokontroler AVR, Perancangan Hardware dan Mekanik Robot Line Follower, Algoritma Pergerakan Robot Line Follower, Dasar Pemrograman Bahasa C AVR, Pemrograman Input/Output mikrokontroler, Pemrograman Liquid Crystal Display, Pemrograman Motor DC, Membuat Menu

Program Setting, Pembacaan Sensor Garis dengan Internal ADC, *PWM Motor Controller*, Aplikasi Robot Line Follower dengan Kendali PID.

2. Unjuk kerja *Robot Line Follower PID* sebagai media pembelajaran mikrokontroler.

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada trainer *line follower robot* sebagai media pembelajaran maka diperoleh uraian unjuk kerja dari setiap komponen penyusun pada media pembelajaran. Pengujian dilakukan dengan tegangan sumber 11,1 VDC, 850mAH baterai LI-PO robot mampu berjalan selama ± 30 menit. Unjuk kerja dari setiap bagian yang terdapat pada media pembelajaran adalah sebagai berikut:

- a. *Line Sensor* (Sensor Garis) dapat bekerja mendeteksi garis pada lintasan robot. Output sensor dapat menghasilkan logika tinggi apabila sensor berada diatas permukaan yang berwarna putih. Sebaliknya output sensor akan menghasilkan logika rendah apabila sensor berada pada permukaan yang gelap. Output sensor garis diteruskan ke ADC mikrokontroler berupa sinyal tegangan sensor yang reaktif terhadap pantulan cahaya yang dipantulkan oleh LED dan diterima photodiode terhadap warna permukaan lintasan.
- b. Sistem minimum mikrokontroler dapat bekerja mengolah sinyal masukan dari rangkaian ADC sensor photodiode yang dengan pengolahan ADC sensor mikrokontroler dirubah menjadi logic 0/1 variabel sensor. Variabel sensor menjadi parameter error untuk

kalkulasi PID dengan output sinyal keluaran berupa pulsa PWM untuk menggerakkan motor DC.

- c. *Driver* motor DC mampu bekerja menguatkan sinyal masukan dari mikrokontroler yang masih lemah sehingga dapat memutar motor DC pada roda.

Secara keseluruhan apabila setiap komponen disusun menjadi satu kesatuan akan menjadi *line follower robot*. Dari beberapa hasil pengujian unjuk kerja trainer line follower robot didapatkan data hasil pergerakan motor berdasarkan kondisi garis yang dilalui : robot mampu berjalan mengikuti garis berwarna hitam dengan tingkat kestabilan paling tinggi adalah pada garis dengan lebar 1cm sampai 2cm, robot mampu bergerak stabil mengikuti garis dengan range sudut 180 derajat (lurus) hingga lintasan dengan sudut 45 derajat, kecepatan robot mampu bekerja dengan kecepatan PWM maksimum yang dihasilkan mikrokontroler adalah 255 dan minimum -255 (mundur) dan nilai PWM yang dihasilkan untuk memutar motor adalah linier variable terhadap besar error posisi sensor dan kalkulasi oleh PID kontrol.

Modul pendamping terdiri dari 151 halaman yang menerangkan materi tentang mikrokontroler dan pembuatan robot line follower. Modul mempermudah mahasiswa dalam belajar mengaplikasikan pembelajaran mikrokontroler dengan trainer robot *line follower*. Mahasiswa dapat berperan aktif dalam proses pembuatan robot dan mudah memahami penggunaan mikrokontroler AVR terutama pemrogramannya.

3. Tingkat kelayakan *Robot Line Follower PID* sebagai media pembelajaran mikrokontroler di Jurusan PT Elektronika, FT, UNY.

Untuk mendapatkan data tingkat kelayakan media pembelajaran dilakukan konsultasi dengan cara *Expert Judgment* dengan para ahli bidang robotika. Tujuan dari *Expert Judgment* adalah untuk mendapatkan validasi dan saran sehingga diperoleh tingkat kelayakan media pembelajaran. Hasil validasi media pembelajaran adalah sebagai berikut:

a. Validasi Isi (*Content Validity*)

Uji validasi isi dibagi menjadi dua aspek penilaian yaitu kualitas materi dan kemanfaatan. Berdasarkan hasil penelitian perolehan persentase aspek kualitas materi sebesar **87,5%**, sedangkan aspek kemanfaatan memperoleh **87,5%**. Dari kedua aspek tersebut didapatkan persentase keseluruhan dari validasi isi materi yaitu sebesar **87,5%**. Dengan demikian tingkat validasi isi *Robot Line Follower PID* sebagai media pembelajaran mikrokontroler di Jurusan PT Elektronika, FT, UNY dikategorikan **sangat layak**.

b. Validasi Konstrak (*Construct Validity*)

Uji validasi konstrak dibagi menjadi tiga aspek penilaian yaitu keefektifan desain tampilan, teknis dan kemanfaatan. Berdasarkan hasil penelitian perolehan persentase aspek keefektifan desain tampilan sebesar **95,83%**, sedangkan aspek teknis memperoleh **93,75%** dan aspek kemanfaatan memperoleh **95,83%**. Dari ketiga aspek tersebut

didapatkan persentase keseluruhan dari validasi kontrak yaitu sebesar **95,14%**. Dengan demikian tingkat validasi kontrak *Robot Line Follower PID* sebagai media pembelajaran mikrokontroler di Jurusan PT Elektronika, FT, UNY dikategorikan **sangat layak** digunakan.

c. Validasi Uji Coba Pemakaian Media Pembelajaran

Tingkat validasi yang diperoleh dari hasil uji pemakaian media pembelajaran oleh mahasiswa yang dilaksanakan kepada 21 mahasiswa, di kelas B prodi Teknik Elektronika D3 angkatan 2010 semester 7 UNY , ditinjau dari aspek tampilan mendapat persentase sebesar **81,75 %**, sedangkan untuk aspek teknis persentase yang didapat adalah **80,65 %**, persentase untuk aspek materi adalah sebesar **81,34 %** dan ditinjau dari aspek kemanfaatan persentase yang didapat adalah sebesar **83,73 %**, dengan demikian persentase kelayakan yang didapat jika dilihat dari keseluruhan aspek, maka hasil persentase kelayakan media adalah sebesar **81,87 %**. Sehingga tingkat validasi *Robot Line Follower PID* sebagai media pembelajaran mikrokontroler di Jurusan PT Elektronika, FT, UNY adalah **sangat layak** untuk digunakan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Realisasi *trainer robot line follower PID* tersusun dari perangkat *Microcontroller Unit (MCU Board)* sebagai otak pemroses pergerakan robot, *line Sensor* sebagai pendeteksi garis, *Driver Motor (Dual H-Bridge MosFet)* sebagai pengendali putaran motor, downloader sebagai alat memasukan program dan mekanik robot sebagai tempat pemasangan perangkat. Realisasi modul pendamping robot *line follower* terdiri dari 3 Bab kegiatan pembejaran yaitu materi mikrokontroler, membuat robot line follower dan algoritma pemograman mikrokontroler. Modul ini terdiri dari 151 halaman berisi materi teori, test formatif dan praktikum aplikasi mikrokontroler dengan trainer robot line follower.
2. Unjuk kerja dari media pembelajaran *Robot Line Follower PID* dapat bekerja sesuai dengan tujuannya yaitu mampu berjalan mengikuti garis warna hitam dengan tingkat kestabilan paling tinggi pada garis dengan lebar 1cm sampai 2cm, mengikuti garis dengan range sudut 180 derajat (lurus) hingga lintasan dengan sudut 45 derajat. Modul mempermudah mahasiswa dalam belajar mengaplikasikan pembelajaran mikrokontroler dengan trainer robot *line follower*. Mahasiswa dapat berperan aktif dalam proses pembuatan robot dan mudah memahami penggunaan mikrokontroler AVR terutama pemogramannya.

3. Tingkat kelayakan robot line follower PID sebagai media pembelajaran dengan hasil uji validasi isi modul dari penelitian ini memperoleh persentase **87,5%** sehingga dikategorikan **sangat layak**. Untuk uji validasi media pada penelitian ini memperoleh persentase **95,14%** sehingga dikategorikan **sangat layak**. Pada uji pemakaian kepada mahasiswa persentase yang didapatkan sebesar **81,87 %** sehingga dikategorikan **sangat layak**.

B. Saran

Untuk pengembangan media pembelajaran ini penulis memberikan saran :

1. Modul belum menjelaskan secara detail tentang pembuatan mekanik seperti casis, roda, rasio gear dan motor.
2. Modul diperlengkap dengan penjelasan detail tentang timer counter dan PWM.
3. Kondisi garis yang dapat dilalui oleh robot ini belum memiliki variasi yang lengkap sehingga perlu diberikan tambahan kondisi agar robot dapat bekerja dengan maksimal.
4. Pengaplikasian modul dengan beraneka sensor seperti sensor suhu, kompas, *ultasonic*, dan *sensor lain*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, R. H. (1994). *Pemilihan dan pengembangan media untuk Pembelajaran*. Jakarta: PT RajaGrafindo Perkasa.
- Arikunto, S. (2009). *Manajemen penelitian*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Arsyad, A. (2011). *Media pembelajaran*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Badarudin, M. A. d. (2011). *Perencanaan pembelajaran*. Bandung: Alfabeta.
- Bickle, R. (2003). "DC Motor Control Systems For Robot Applications." Retrieved 2 Agustus, 2010, from <http://www.dprg.org/tutorials/2003-10a/motorcontrol.pdf>
- DEPDIKNAS (2003). *Undang-Undang Nomor 20 Tahun tentang Sistem Pendidikan Nasional*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- DEPDIKNAS. (2009). "Materi Pelatihan KTSP 2009." Retrieved 20 Juni, 2012, from http://download.smkn1-majalengka.sch.id/view.php?file=Pembelajaran/pres_model_pembelajaran.pdf.
- Ely, G. d. (1980). *Teaching & Media: A Systematic Approach*. New Jersie: Pearson Education.
- Ketenagaan, D. (2007). "metode_PPKP" Retrieved 27 agustus, 2010, from http://www.ditnaga-dikti.org/ditnaga/files/PPKP-PIPS/metode_PPKP.pdf.
- Leong, M. d. M. (2009). *Tutorial membangun multimedia interaktif media pembelajaran*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Margono, S. (1997). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Miarso, Y. (2004). *Menyemai Benih Teknologi Pendidikan*. Jakarta: Prenada Media.
- Mufarokah, A. (2009). *Strategi belajar mengajar*. Yogyakarta: Teras.
- Mulyasa, E. (2006). *KURIKULUM BERBASIS KOMPETENSI Konsep, Karakteristik, Implementasi dan Inovasi*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya Offset.
- Muttaqiin, M. (2010). *Microcontroller Education Board Sebagai Media Pembelajaran Pemrograman Mikrokontrol Berbasis Kompetensi untuk Mata Pelajaran Teknik Kontrol Pada Jurusan Elektronika SMK Negeri 2 Yogyakarta*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

- Prihatini, D. A. (2010). *Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Pada Pembelajaran Pneumatik untuk Siswa Program Diklat Listrik Instalasi Sekolah Menengah Kejuruan*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Pustaka, B. (1989). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Sadiman (2009). *Media pendidikan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Sadjati, I. (2003). "Rangkuman Mata Kuliah Pengembangan Bahan Ajar." Retrieved 27 Agustus, 2011, from http://pustaka.ut.ac.id/puslata/online.php?menu=bmpshort_detail2&ID=31.
- Setiawan, I. (2008). *Kontrol PID untuk proses industri*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Soebhakti, H. (2007). "Line Tracking Robot Using AVR Microcontroller." Retrieved 12 November, 2012, from http://riwaldi_pudja.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/34432/line-tracker-robot-avr-c.pdf.
- Sugiyono (2007). *Statistika untuk penelitian*. Bandung: CV Alfabeta.
- Sugiyono (2011). *METODE PENELITIAN PENDIDIKAN (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)*. Bandung: CV. Alfabeta.
- Sukmadinata, N. S. (2006). *Metode penelitian pendidikan*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Suprpto. (2010). "Silabus Praktikum mikrokontroler." Retrieved 20 Juni, 2011, from <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/3.%20Silabus%20mikrokontroler%20AVR%202010%20Praktikum.pdf>.
- Widodo C.S., d. J. (2008). *Panduan Menyusun Bahan Ajar Berbasis Kompetensi*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keputusan Dekan Pengangkatan Pembimbing

**KEPUTUSAN DEKAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
NOMOR : 179/ELK/Q-I/X/2011
TENTANG
PENGANGKATAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR SKRIPSI
BAGI MAHASISWA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

**DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

Menimbang : 1. Bahwa sehubungan dengan telah dipenuhi syarat untuk penulisan Tugas Akhir Skripsi bagi mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, perlu diangkat pembimbing.
2. Bahwa untuk keperluan dimaksud perlu ditetapkan dengan Keputusan Dekan.

Mengingat : 1. Undang-undang Nomor 20 tahun 2003.
2. Peraturan Pemerintah RI Nomor 60 tahun 1999.
3. Keputusan Presiden RI: a. Nomor 93 tahun 1999; b. 305/M tahun 1999.
4. Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI: Nomor 274/O/1999.
5. Keputusan Mendiknas RI Nomor 003/O/2001.
6. Keputusan Rektor UNY Nomor : 1160/UN34/KP/2011.

MEMUTUSKAN

Menetapkan

Pertama : Mengangkat Pembimbing Tugas Akhir Skripsi bagi mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta sebagai berikut :

Nama Pembimbing : Dr. Putu Sudira, MP
Bagi mahasiswa :
Nama/No.Mahasiswa : **Amir Fatah Fatchurrohman / 07502241012**
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektronika

Kedua : Dosen pembimbing disertai tugas membimbing penulisan Tugas Akhir Skripsi sesuai dengan Pedoman Tugas Akhir Skripsi.

Ketiga : Keputusan ini berlaku sejak ditetapkan

Keempat : Segala sesuatu akan diubah dan dibetulkan sebagaimana mestinya apabila di kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam Keputusan ini.


Ditetapkan : di Yogyakarta
Pada tanggal : 7 Oktober 2011
Dekan


Moehamad Bruri Triyono
NIP. 9560216 198603 1 003

Tembusan Yth :

1. Pembantu Dekan II, FT UNY
2. Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika
3. Kasub. Bag. Pendidikan FT UNY
4. **Yang bersangkutan**

Lampiran 2. Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik UNY

 KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
Alamat : Kampus Karangmalang, Yogyakarta, Telp. (0274) 586168 psw. 293

SURAT PERNYATAAN
PEMBIMBING TUGAS AKHIR SKRIPSI S1/PROYEK AKHIR / TUGAS AKHIR D3

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dr. Pujo Sudiro
NIP : 196411231 198702 1 063
Pangkat/gol : Penas Tk I / III / D
Jabatan : Lektor


Menyatakan bersedia ditunjuk sebagai pembimbing/ konsultasi dari mahasiswa tersebut dibawah ini.

Nama : Amir Fash F No. Mhs. 0750234612
Jurusan : P.T. Elektronika Angkatan Th. 2007
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektronika


RENCANA JUDUL TUGAS AKHIR SKRIPSI / PROYEK AKHIR/TUGAS AKHIR

Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran
Mikrokontroler di Jurusan Pendidikan Teknik
Elektronika Fakultas Teknik Universitas
Negeri Yogyakarta

Yogyakarta,
Yang membuat pernyataan


(Dr. Pujo Sudiro)
NIP. 196411231 198702 1 063

Lampiran 3. Surat Keterangan Persetujuan Tugas Akhir

 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

**SURAT KETERANGAN PERSETUJUAN
UJIAN TUGAS AKHIR**

FRM/TKF/36-00
02 Juli 2007

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Puhi Sudira, M.P.
NIP. : 196412311987021063

Sebagai pembimbing I, dan


Nama :
NIP. :

Sebagai pembimbing II

Menerangkan bahwa Tugas Akhir bagi mahasiswa:

Nama : Amir Fatah Fatchurrohman
No. Mhs : 07502241012
Judul TA : Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran
Mikrokontroler di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Sudah layak untuk diujikan di depan Dewan Penguji.
Demikianlah surat keterangan ini dibuat, untuk digunakan sebagaimana
mestinya

Pembimbing I

(Dr. Puhi Sudira, M.P.)
(196412311987021063)

Pembimbing II
(.....)

Lampiran 4. Validasi Instrumen Penelitian *Experts Judgement 1*

**SURAT PERNYATAAN JUDGEMENT
INSTRUMEN PENELITIAN**

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Suparman, M.Pd.
NIP : 19491231 197803 1 004
Jabatan : Dosen Pendidikan Teknik Elektronika


Menerangkan bahwa :

Nama Peneliti : Amir Fatah Fatchurrohman
NIM : 07502241012
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektronika
Judul Penelitian : Robot Line Follower PID sebagai Media Pembelajaran
Mikrokontroler di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Telah mengadakan konsultasi dan setelah kami lakukan pengkajian, maka kami berikan perbaikan dan saran-saran sebagai berikut :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Angket dpt digunakan
unt pragnan di loka

Yogyakarta,
Pemberi Judgement,

Suparman, M.Pd.
NIP. 19491231 197803 1 004

Lampiran 5. Validasi Instrumen Penelitian *Experts Judgement 2*

**SURAT PERNYATAAN JUDGEMENT
INSTRUMEN PENELITIAN**

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Slamet, M.Pd
NIP : 19510303 197803 1 004
Jabatan : Dosen Pendidikan Teknik Elektronika


Menerangkan bahwa :

Nama Peneliti : Amir Fatah Fatchurrohman
NIM : 07502241012
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektronika
Judul Penelitian : Robot Line Follower PID sebagai Media Pembelajaran
Mikrokontroler di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Telah mengadakan konsultasi dan setelah kami lakukan pengkajian, maka kami berikan perbaikan dan saran-saran sebagai berikut:

1. Ada perbaikan redaksi pd item 3 instrumen
2. Supaya dibedakan antara nama modul tersebut dengan
nama alat peraganya

.....
.....
.....
.....

Yogyakarta, 4-Oktober-2013
Pemberi Judgement,

Slamet, M.Pd.
19510303 197803 1 004

Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian



Lampiran 7. Validasi Instrumen Ahli Materi oleh *Experts Judgement 1*

LEMBAR OBSERVASI

AHLI MATERI PEMBELAJARAN

Mata pelajaran : Pemrograman Mikrokontroler
 Sasaran : *Focus Group Discussion* Robotika
 Judul penelitian : **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mikrokontroler**
 Peneliti : Amir Fatah Fatchurrohman
 Ahli media : *Slamet, M. Pd*

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon pada bapak untuk menjadi validator **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroler** agar dapat diproduksi menjadi media pembelajaran yang layak digunakan. Petunjuk pengisian angket adalah sebagai berikut:

1. Jawaban diberikan pada kolom skala penilaian yang telah disediakan.
2. Mohon diberikan tanda checklist (✓) pada kolom penilaian sesuai pendapat.
3. Apabila ada kekurangan, mohon kiranya dapat memberikan saran pada tempat yang telah disediakan.

Keterangan :

- 4 : Amat Sesuai
 3 : Sesuai
 2 : Cukup Sesuai
 1 : Kurang Sesuai

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
Kualitas Materi					
1	Tujuan pembelajaran pada Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID bisa dimengerti				
2	Materi yang disajikan didalam modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sesuai dengan teori yang telah ada				

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
3	Cakupan materi yang dibahas pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sudah mendalam <i>mendalam</i>				
4	Materi yang disajikan dalam modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID telah sesuai dengan kompetensi penguasaan konsep mikrokontroler <i>modul</i>				
5	Media <i>modul</i> Pembelajaran Robot Line Follower PID menguraikan materi pemrograman mikrokontroler secara jelas				
6	Media <i>modul</i> Pembelajaran Robot Line Follower PID akan mempermudah pengguna dalam memahami materi mikrokontroler ATmega				
7	Media <i>modul</i> Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat menyajikan materi-materi yang ada pada standar kompetensi menguasai mikrokontroler ATmega secara lengkap <i>modul</i>				
8	Unjuk kerja Media Pembelajaran Robot Line Follower PID menampilkan kondisi sesuai teori yang ada				
9	Terdapat kesesuaian materi yang ada pada <u>Media</u> Pembelajaran Robot Line Follower PID dengan kompetensi dasar mikrokontroler				
10	<u>Media</u> Pembelajaran Robot Line Follower PID <u>memuat</u> pengetahuan dalam menguasai mikrokontroler ATmega <i>tingkat kognitif?</i>				
11	Peserta didik dapat mengikuti pembelajaran dengan baik saat menggunakan <u>Media</u> Pembelajaran Robot Line Follower <i>aspek sikap yg mau diajarkan tjr</i>				

*ditambah
kebalasan
pembahasan*

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
12	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memuat <u>keterampilan dasar</u> dalam menguasai mikrokontroler ATmega				
13	Media Pembelajaran <u>Robot</u> Line Follower PID dapat dioperasikan dengan mudah				
14	Latihan-latihan yang diberikan dalam Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memiliki kesesuaian dengan kompetensi dasar pemrograman mikrokontroler				
15	Konsep dan kosakata pada modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sesuai dengan kemampuan intelektual peserta didik				
Aspek Kemanfaatan					
16	Penggunaan media pembelajaran Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah proses pembelajaran pemrograman mikrokontroler				
17	Penggunaan media pembelajaran Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah guru dalam menyampaikan materi pemrograman mikrokontroler				
18	Penggunaan media pembelajaran Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memberikan <u>fokus belajar</u> bagi peserta didik <i>lebih jelas</i>				

Komentar dan Saran

No.	Saran Perbaikan
1	Ada perbaikan kalimat / kata, kty tidak melum- tulkan keramuan pd. responda.
2	Apay di bedakan antara modul tksnya dengan alatnya, dan diberi istilah yang tertentu.
3	
4	
5	

Kesimpulan:

Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroler dinyatakan :

- ☐ Dapat digunakan tanpa perbaikan
- ☒ Dapat digunakan dengan perbaikan
- ☐ Tidak dapat digunakan

Yogyakarta, September 2013

Validator



NIP.

Kisi-kisi Instrumen untuk Validator Ahli Materi Pembelajaran

No.	Aspek	Indikator	Butir
1	Kualitas materi	Ketepatan kompetensi/tujuan	1
		Kebenaran materi	2
		Kedalaman materi	3
		Keruntutan materi	4
		Kejelasan materi	5
		Tingkat kesulitan pemahaman materi	6
		Kelengkapan media <i>✓ modul</i>	7
		Kebenaran media <i>✓ modul</i>	8
		Kesesuaian materi dan media	9
		Aspek kognitif	10
		Aspek afektif	11
		Aspek psikomotorik	12
		Kemudahan aplikasi	13
		Kesesuaian latihan yang diberikan	14
		Konsep dan kosakata sesuai dengan kemampuan intelektual mahasiswa	15
2	Kemanfaatan	Membantu proses pembelajaran	16
		Memudahkan siswa dalam memahami materi	17
		Memberikan focus siswa untuk belajar	18

Lampiran 8. Validasi Instrumen Mahasiswa oleh *Experts Judgement 1*

Shomee, M.Pd

LEMBAR OBSERVASI

PENGUNAAN MEDIA PEMBELAJARAN OLEH MAHASISWA

Mata pelajaran : Pemrograman Mikrokontroller

Sasaran : *Focus Group Discussion* Robotika

Judul penelitian : **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroller**

Peneliti : Amir Fatah Fatchurrohman

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon pada bapak/ibu/saudara untuk menjadi validator **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroller** agar dapat diproduksi menjadi media pembelajaran yang layak digunakan. Petunjuk pengisian angket adalah sebagai berikut:

1. Jawaban diberikan pada kolom skala penilaian yang telah disediakan.
2. Mohon diberikan tanda checklist (√) pada kolom penilaian sesuai pendapat.
3. Apabila ada kekurangan, mohon kiranya dapat memberikan saran pada tempat yang telah disediakan.

Keterangan :

4 : Amat Sesuai

3 : Sesuai

2 : Cukup Sesuai

1 : Kurang Sesuai

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
Desain Pembelajaran					
1.	Ukuran komponen yang digunakan pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ini sesuai, tidak terlalu besar atau terlalu kecil				
2.	Ukuran keseluruhan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ini sesuai, tidak terlalu besar atau terlalu kecil				

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
3.	Pengaturan tata letak komponen dalam Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sudah teratur, sehingga mempermudah dalam pemahaman materi				
4.	Terdapat konsistensi penggunaan ukuran dan bentuk tulisan/teks yang ada pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID				
5.	Penempatan tulisan berisi keterangan mengenai bagian pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tidak mengganggu tata letak komponen dan mudah dibaca				
6.	Warna LED, LCD cukup jelas menampilkan nilai data				
7.	Jalur PCB pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tertata dengan rapi				
8.	Penempatan komponen pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID rapi				
9.	Secara keseluruhan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memiliki daya tarik				
Teknis					
10.	Secara keseluruhan penyambungan kabel pada socket Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dilakukan dengan mudah				
11.	Secara keseluruhan pengoperasian Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dilakukan dengan mudah				
12.	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID aman untuk digunakan				
13.	Penempatan pin pengoperasian pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tidak sulit untuk diakses				

No.	AspekPenilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
Materi					
14.	Materi yang disajikan didalam modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sesuai dengan teori yang telah ada				
15.	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID akan mempermudah pengguna dalam memahami materi mikrokontroler ATmega				
16.	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memuat keterampilan dasar dalam menguasai mikrokontroler ATmega				
Kemanfaatan					
17.	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah pembelajaran				
18.	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat memberikan motivasi belajar				
19.	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat meningkatkan perhatian untuk mempelajari materi mikrokontroller ATmega				

Komentar dan Saran

No.	Saran Perbaikan
1	<i>Andas Jelas</i>
2	
3	
4	

Lampiran 9. Validasi Instrumen Ahli Media oleh *Experts Judgement 1*

LEMBAR OBSERVASI					
AHLI MEDIA PEMBELAJARAN					
Mata pelajaran	: Pemrograman Mikrokontroller				
Sasaran	: <i>Focus Group Discussion</i> Robotika				
Judul penelitian	: Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroller				
Peneliti	: Amir Fatah Fatchurrohman				
Ahli media	: <i>Slamet, M. Pd</i>				
<p>Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon pada bapak untuk menjadi validator Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroller agar dapat diproduksi menjadi media pembelajaran yang layak digunakan. Petunjuk pengisian angket adalah sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Jawaban diberikan pada kolom skala penilaian yang telah disediakan. 2. Mohon diberikan tanda checklist (✓) pada kolom penilaian sesuai pendapat. 3. Apabila ada kekurangan, mohon kiranya dapat memberikan saran pada tempat yang telah disediakan. <p>Keterangan :</p> <p>4 : Amat Sesuai 3 : Sesuai 2 : Cukup Sesuai 1 : Kurang Sesuai</p>					
No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
Aspek tampilan					
1	Ukuran komponen yang digunakan pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ini sesuai, tidak terlalu besar atau terlalu kecil				
2	Ukuran keseluruhan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ini sesuai, tidak terlalu besar atau terlalu kecil				

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
3	Pengaturan tata letak komponen dalam Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sudah teratur, sehingga mempermudah dalam pemahaman materi				
4	Terdapat konsistensi penggunaan ukuran dan bentuk tulisan/teks yang ada pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID				
5	Penempatan tulisan berisi keterangan mengenai bagian pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tidak mengganggu tata letak komponen dan mudah dibaca				
6	Warna LED, LCD cukup jelas menampilkan nilai data				
7	Jalur PCB pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tertata dengan rapi				
8	Penempatan komponen pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID rapi				
9	Secara keseluruhan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memiliki daya tarik				
Aspek teknis					
10	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID aman untuk digunakan				
11	Secara keseluruhan pengoperasian Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dilakukan dengan mudah				
12	Secara keseluruhan penyambungan kabel pada socket Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dilakukan dengan mudah				
13	Penempatan pin pengoperasian pada Media				

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
	Pembelajaran Robot Line Follower PID <u>tidak sulit</u> untuk diakses <i>Pemulaan port.</i>				
14	Unjuk kerja Media Pembelajaran Robot Line Follower PID telah memenuhi pemahaman konsep dasar mikrokontroler ATmega				
15	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempunyai unjuk kerja yang stabil				
16	Perancangan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID secara keseluruhan sudah <i>baik benar</i>				
17	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sangat mudah untuk disimpan				
Aspek Kemanfaatan					
18	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah pembelajaran				
19	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat meningkatkan perhatian untuk mempelajari materi mikrokontroler ATmega				
20	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat <i>meningkatkan</i> memberikan motivasi belajar				
21	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat merangsang kegiatan belajar				
22	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat mempermudah guru dalam menyampaikan materi				
23	Materi yang ada pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ada hubungannya dengan aplikasi dilapangan				

Komentar dan Saran

No.	Saran Perbaikan
1	Ada beberapa revisi redaksi item thg lebih jelas & terperinci.
2	
3	
4	
5	

Kesimpulan:

Media Pembelajaran Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mikrokontroler dinyatakan :

- ☐ Dapat digunakan tanpa perbaikan
- ☒ Dapat digunakan dengan perbaikan
- ☐ Tidak dapat digunakan

Yogyakarta, September 2013

Validator



NIP.

Lampiran 10. Validasi Instrumen Ahli Materi oleh *Experts Judgement 2*

LEMBAR OBSERVASI					
AHLI MATERI PEMBELAJARAN					
Mata pelajaran	: Pemrograman Mikrokontroler				
Sasaran	: <i>Focus Group Discussion</i> Robotika				
Judul penelitian	: Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mikrokontroler				
Peneliti	: Amir Fatah Fatchurrohman				
Ahli media	: <i>SuPernan, M. Pd</i>				
<p>Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon pada bapak untuk menjadi validator Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroler agar dapat diproduksi menjadi media pembelajaran yang layak digunakan. Petunjuk pengisian angket adalah sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Jawaban diberikan pada kolom skala penilaian yang telah disediakan. 2. Mohon diberikan tanda checklist (✓) pada kolom penilaian sesuai pendapat. 3. Apabila ada kekurangan, mohon kiranya dapat memberikan saran pada tempat yang telah disediakan. <p>Keterangan :</p> <p>4 : Amat Sesuai 3 : Sesuai 2 : Cukup Sesuai 1 : Kurang Sesuai</p>					
No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
Kualitas Materi					
1	Tujuan pembelajaran pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID bisa dimengerti <i>silabus</i>				
2	Materi yang disajikan didalam modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sesuai dengan teori yang telah ada				

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
3	Cakupan materi yang dibahas pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sudah mendalam				
4	Materi yang disajikan dalam modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID telah sesuai dengan kompetensi penguasaan konsep mikrokontroler				
5	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID menguraikan materi pemrograman mikrokontroler secara jelas				
6	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID akan mempermudah pengguna dalam memahami materi mikrokontroler ATmega				
7	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat menyajikan materi-materi yang ada pada standar kompetensi menguasai mikrokontroler ATmega secara lengkap				
8	Unjuk kerja Media Pembelajaran Robot Line Follower PID menampilkan kondisi sesuai teori yang ada				
9	Terdapat kesesuaian materi yang ada pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dengan kompetensi dasar mikrokontroler				
10	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memuat pengetahuan dalam menguasai mikrokontroler ATmega				
11	Peserta didik dapat mengikuti pembelajaran dengan baik saat menggunakan Media Pembelajaran Robot Line Follower				

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
12	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memuat keterampilan dasar dalam menguasai mikrokontroler ATmega				
13	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dioperasikan dengan mudah				
14	Latihan-latihan yang diberikan dalam Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memiliki kesesuaian dengan kompetensi dasar pemrograman mikrokontroler				
15	Konsep dan kosakata pada modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sesuai dengan kemampuan intelektual peserta didik				
Aspek Kemanfaatan					
16	Penggunaan media pembelajaran Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah proses pembelajaran pemrograman mikrokontroler				
17	Penggunaan media pembelajaran Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah guru dalam menyampaikan materi pemrograman mikrokontroler				
18	Penggunaan media pembelajaran Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memberikan fokus belajar bagi peserta didik				

Lampiran 11. Validasi Instrumen Ahli Media oleh *Experts Judgement 2*

LEMBAR OBSERVASI

AHLI MEDIA PEMBELAJARAN

Mata pelajaran : Pemrograman Mikrokontroller
 Sasaran : *Focus Group Discussion* Robotika
 Judul penelitian : **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroller**
 Peneliti : Amir Fatah Fatchurrohman
 Ahli media : *Bopale Suparman, M.Pd*

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon pada bapak untuk menjadi validator **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroller** agar dapat diproduksi menjadi media pembelajaran yang layak digunakan. Petunjuk pengisian angket adalah sebagai berikut:

1. Jawaban diberikan pada kolom skala penilaian yang telah disediakan.
2. Mohon diberikan tanda checklist (√) pada kolom penilaian sesuai pendapat.
3. Apabila ada kekurangan, mohon kiranya dapat memberikan saran pada tempat yang telah disediakan.

Keterangan :

- 4 : Amat Sesuai
 3 : Sesuai
 2 : Cukup Sesuai
 1 : Kurang Sesuai

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
Aspek tampilan					
1	Ukuran komponen yang digunakan pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ini <u>sesuai</u> tidak terlalu besar atau terlalu kecil				
2	Ukuran keseluruhan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ini <u>sesuai</u> tidak terlalu besar atau terlalu kecil				










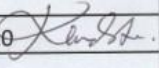
No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
3	Pengaturan tata letak komponen dalam Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sudah teratur, sehingga mempermudah dalam pemahaman materi				
4	Terdapat konsistensi penggunaan ukuran dan bentuk tulisan/teks yang ada pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID				
5	Penempatan tulisan berisi keterangan mengenai bagian pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tidak mengganggu tata letak komponen dan mudah dibaca				
6	Warna LED, LCD cukup jelas menampilkan nilai data				
7	Jalur PCB pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tertata dengan rapi				
8	Penempatan komponen pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID rapi				
9	Secara keseluruhan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memiliki daya tarik				
Aspek teknis					
10	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID aman untuk digunakan				
11	Secara keseluruhan pengoperasian Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dilakukan dengan mudah				
12	Secara keseluruhan penyambungan kabel pada socket Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dilakukan dengan mudah				
13	Penempatan pin pengoperasian pada Media				

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
	Pembelajaran Robot Line Follower PID tidak sulit untuk diakses				
14	Unjuk kerja Media Pembelajaran Robot Line Follower PID telah memenuhi pemahaman konsep dasar mikrokontroler ATmega				
15	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempunyai unjuk kerja yang stabil				
16	Perancangan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID secara keseluruhan sudah baik				
17	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sangat mudah untuk disimpan				
Aspek Kemanfaatan					
18	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah pembelajaran				
19	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat meningkatkan perhatian untuk mempelajari materi mikrokontroler ATmega				
20	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat memberikan motivasi belajar				
21	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat merangsang kegiatan belajar				
22	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat mempermudah guru dalam menyampaikan materi				
23	Materi yang ada pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ada hubungannya dengan aplikasi dilapangan				

Lampiran 12. Daftar Hadir Uji Pemakai Kelompok Kecil

Daftar Uji Evaluasi Pemakai

Nama Peneliti : Amir Fatah Fatchurrohman
 Judul Penelitian : Robot Line Follower PID sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroler

No	NIM	Nama	Paraf	
1	07502241014	Engga Akbar	1	
2	07502241034	Masruri Aslul	2	
3	07502241022	Andreas Setya Budi I	3	
4	07502241024	Baru Adi Kurniawan	4	
5	07502241019	Sofyan Kurniawan	5	
6	07502241018	Norma Hani Megoko	6	
7	07502241021	Bayu Aji Kurniawan	7	
8	07502241007	Farid Nur Rathan	8	
9	07502241016	Sadiq Fajar Masruri	9	
10	07502241014	Tri Wahyu Benawan	10	
11			11	
12			12	
13			13	
14			14	
15			15	
16			16	
17			17	
18			18	
19			19	
20			20	
21			21	
22			22	
23			23	
24			24	
25			25	
26			26	
27			27	
28			28	

Lampiran 13. Daftar Hadir Uji Pemakai Kelompok Besar

Daftar Uji Evaluasi Pemakai

Nama Peneliti : Amir Fatah Fatchurrohman
 Judul Penelitian : Robot Line Follower PID sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah
 Mikrokontroler
 Kelas : B, Prodi D3 2010

No	NIM	Nama	Paraf
1	10507131001	Whury Setyawan.	1
2	10507131004	Raqnaldi Adil.	2
3	10507131005	Bunyahni Marzur.	3
4	10507131012	Himawan Syaltudm.	4
5	10507131015	Boni Juniarto R.R.	5
6	10507131018	Rahmad Fauzi	6
7	10507131019	Pwi Nur Septianon.	7
8	10507131003	Azaa Tri Wahyuadi	8
9	10507131006	Mahmudah Hardiyanti	9
10	10507131010	Fery Pratama	10
11	10507131020	Ade Rahmat P	11
12	10507131021	Istanto	12
13	10507131016	Deni Saketi	13
14	10507131011	Juda Nawu A	14
15	10507131017	Fitra Mega K	15
16	10507131028	Fendi Susanto	16
17	10507131027	Enggar Prajingga	17
18	10507131031	Radillon Nurrohman	18
19	10507131025	Ismanto	19
20	10507131033	Rudy Rahman	20
21	10507131030	Kusuma Tri A	21
22			22
23			23
24			24
25			25
26			26
27			27
28			28

Lampiran 14. Instrumen Penelitian Untuk Pengguna Media

LEMBAR OBSERVASI					
PENGUNAAN MEDIA PEMBELAJARAN OLEH MAHASISWA					
Mata pelajaran	: Pemrograman Mikrokontroler				
Sasaran	: Mahasiswa Jurusan P.T. Elektronika				
Judul penelitian	: Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mikrokontroler				
Peneliti	: Amir Fatah Fatchurrohman				
<p>Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon pada bapak/ibu/saudara untuk menjadi validator Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroler agar dapat diproduksi menjadi media pembelajaran yang layak digunakan. Petunjuk pengisian angket adalah sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Jawaban diberikan pada kolom skala penilaian yang telah disediakan. 2. Mohon diberikan tanda checklist (✓) pada kolom penilaian sesuai pendapat. 3. Apabila ada kekurangan, mohon kiranya dapat memberikan saran pada tempat yang telah disediakan. 					
Keterangan :					
4 : Amat Sesuai					
3 : Sesuai					
2 : Cukup Sesuai					
1 : Kurang Sesuai					
No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
Aspek Tampilan Media					
1.	Ukuran komponen yang digunakan pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ini tidak terlalu besar atau terlalu kecil	✓			
2.	Ukuran keseluruhan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ini tidak terlalu besar atau terlalu kecil	✓			

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
3.	Pengaturan tata letak komponen dalam Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sudah teratur, sehingga mempermudah dalam pemahaman materi	✓			
4.	Terdapat konsistensi penggunaan ukuran dan bentuk tulisan/teks yang ada pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID		✓		
5.	Penempatan tulisan berisi keterangan mengenai bagian pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tidak mengganggu tata letak komponen dan mudah dibaca	✓			
6.	Warna LED dan display LCD cukup jelas menampilkan nilai data	✓			
7.	Jalur PCB pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tertata dengan rapi	✓			
8.	Penempatan komponen pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID rapi	✓			
9.	Secara keseluruhan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memiliki daya tarik	✓			
Aspek Teknis					
10.	Secara keseluruhan penyambungan kabel pada socket Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dilakukan dengan mudah		✓		
11.	Secara keseluruhan pengoperasian Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dilakukan dengan mudah		✓		
12.	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID aman untuk digunakan	✓			
13.	Konfigurasi Penempatan pin pengoperasian pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tidak sulit untuk diakses		✓		

No.	AspekPenilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
Aspek Materi					
14.	Materi yang disajikan didalam modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sesuai dengan teori yang telah ada		✓		
15.	Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID akan mempermudah pengguna dalam memahami materi mikrokontroler ATmega	✓			
16.	Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memuat keterampilan dasar dalam menguasai mikrokontroler ATmega	✓			
Aspek Kemanfaatan					
17.	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah pembelajaran	✓			
18.	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat memberikan motivasi belajar	✓			
19.	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat meningkatkan perhatian untuk mempelajari materi mikrokontroler ATmega	✓			

Komentar dan Saran

No.	Saran Perbaikan
1	Media pembelajaran Robot line follower sudah cukup baik untuk digunakan sebagai media pembelajaran
2	Kivanya media pembelajaran robot line follower dapat dikembangkan lagi dalam penelitian yang lain.
3	
4	

LEMBAR OBSERVASI
AHLI MATERI PEMBELAJARAN

Mata pelajaran : Pemrograman Mikrokontroler
 Sasaran : Mahasiswa Jurusan P.T. Elektronika
 Judul penelitian : **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mikrokontroler**
 Peneliti : Amir Fatah Fatchurrohman
 Ahli media : Drs. Kadarisman

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon pada bapak untuk menjadi validator **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroler** agar dapat diproduksi menjadi media pembelajaran yang layak digunakan. Petunjuk pengisian angket adalah sebagai berikut:

1. Jawaban diberikan pada kolom skala penilaian yang telah disediakan.
2. Mohon diberikan tanda checklist (✓) pada kolom penilaian sesuai pendapat.
3. Apabila ada kekurangan, mohon kiranya dapat memberikan saran pada tempat yang telah disediakan.

Keterangan :

- 4 : Amat Sesuai
 3 : Sesuai
 2 : Cukup Sesuai
 1 : Kurang Sesuai

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
Kualitas Materi					
1	Tujuan pembelajaran pada Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sesuai dengan silabus	✓			
2	Materi yang disajikan didalam Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sesuai dengan teori yang telah ada		✓		

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
3	Cakupan materi yang dibahas pada Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sudah mencukupi		✓		
4	Materi yang disajikan dalam modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID telah sesuai dengan kompetensi penguasaan konsep mikrokontroler		✓		
5	Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID menguraikan materi pemrograman mikrokontroler secara jelas		✓		
6	Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID akan mempermudah pengguna dalam memahami materi mikrokontroler ATmega		✓		
7	Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat menyajikan materi-materi yang ada pada standar kompetensi menguasai mikrokontroler ATmega secara lengkap		✓		
8	Unjuk kerja Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID menampilkan kondisi sesuai teori yang ada		✓		
9	Terdapat kesesuaian materi yang ada pada Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dengan kompetensi dasar mikrokontroler		✓		
10	Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memperlancar pencapaian tujuan pembelajaran, memahami dan mengingat informasi atau pesan yang terkandung media pembelajaran		✓		
11	Peserta didik dapat menerima atau memperhatikan pembelajaran dengan baik saat menggunakan Modul		✓		

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
	Media Pembelajaran Robot Line Follower				
12	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memuat keterampilan dasar dalam menguasai mikrokontroler ATmega	✓			
13	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dioperasikan dengan mudah		✓		
14	Latihan-latihan yang diberikan dalam Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memiliki kesesuaian dengan kompetensi dasar pemrograman mikrokontroler		✓		
15	Konsep dan kosakata pada modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sesuai dengan kemampuan intelektual peserta didik		✓		
Aspek Kemanfaatan					
16	Penggunaan media pembelajaran Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah proses pembelajaran pemrograman mikrokontroler		✓		
17	Penggunaan media pembelajaran Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah guru dalam menyampaikan materi pemrograman mikrokontroler		✓		
18	Penggunaan media pembelajaran Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memberikan fokus belajar mikrokontroler bagi peserta didik		✓		

Komentar dan Saran

No.	Saran Perbaikan
1	Informasi ttg Fuse bit mohon diteng kapi km kalau salah setting rusak
2	Penerapan PID juga diponjelas tentu ma perubahan dari PID analog ke PID digital
3	Operasional DPC dibuat lengkap sly tahu fungsi = yg sebenarnya
4	Bedakan antara portral IP, IP, ELSE; dan IP IP.. ELSE ELSE IP.. ELSE
5	

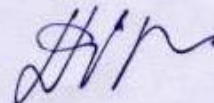
Kesimpulan:

Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroler dinyatakan :

- ☐ Dapat digunakan tanpa perbaikan
- ☒ Dapat digunakan dengan perbaikan
- ☐ Tidak dapat digunakan

Yogyakarta, September 2013

Validator



Wahyuni T.Y.

NIP.196005051987021061

Lampiran 16. Lembaga Observasi Ahli Materi oleh Dr. Eko Marpanaji

LEMBAR OBSERVASI
AHLI MATERI PEMBELAJARAN

Mata pelajaran : Pemrograman Mikrokontroler
Sasaran : Mahasiswa Jurusan P.T. Elektronika
Judul penelitian : **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mikrokontroler**
Peneliti : Amir Fatah Fatchurrohman
Ahli media : *Dr. Eko Marpanaji, M.T*

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon pada bapak untuk menjadi validator **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroler** agar dapat diproduksi menjadi media pembelajaran yang layak digunakan. Petunjuk pengisian angket adalah sebagai berikut:

1. Jawaban diberikan pada kolom skala penilaian yang telah disediakan.
2. Mohon diberikan tanda checklist (✓) pada kolom penilaian sesuai pendapat.
3. Apabila ada kekurangan, mohon kiranya dapat memberikan saran pada tempat yang telah disediakan.

Keterangan :

- 4 : Amat Sesuai
3 : Sesuai
2 : Cukup Sesuai
1 : Kurang Sesuai

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
Kualitas Materi					
1	Tujuan pembelajaran pada Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sesuai dengan silabus	✓			
2	Materi yang disajikan didalam Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sesuai dengan teori yang telah ada	✓			

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
3	Cakupan materi yang dibahas pada Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sudah mencukupi	✓			
4	Materi yang disajikan dalam modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID telah sesuai dengan kompetensi penguasaan konsep mikrokontroler		✓		
5	Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID menguraikan materi pemrograman mikrokontroler secara jelas	✓			
6	Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID akan mempermudah pengguna dalam memahami materi mikrokontroler ATmega	✓			
7	Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat menyajikan materi-materi yang ada pada standar kompetensi menguasai mikrokontroler ATmega secara lengkap		✓		
8	Unjuk kerja Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID menampilkan kondisi sesuai teori yang ada	✓			
9	Terdapat kesesuaian materi yang ada pada Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dengan kompetensi dasar mikrokontroler	✓			
10	Modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memperlancar pencapaian tujuan pembelajaran, memahami dan mengingat informasi atau pesan yang terkandung media pembelajaran	✓			
11	Peserta didik dapat menerima atau memperhatikan pembelajaran dengan baik saat menggunakan Modul	✓			

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
	Media Pembelajaran Robot Line Follower				
12	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memuat keterampilan dasar dalam menguasai mikrokontroler ATmega	✓			
13	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dioperasikan dengan mudah	✓			
14	Latihan-latihan yang diberikan dalam Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memiliki kesesuaian dengan kompetensi dasar pemrograman mikrokontroler	✓			
15	Konsep dan kosakata pada modul Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sesuai dengan kemampuan intelektual peserta didik	✓			
Aspek Kemanfaatan					
16	Penggunaan media pembelajaran Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah proses pembelajaran pemrograman mikrokontroler	✓			
17	Penggunaan media pembelajaran Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah guru dalam menyampaikan materi pemrograman mikrokontroler	✓			
18	Penggunaan media pembelajaran Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memberikan fokus belajar mikrokontroler bagi peserta didik	✓			

Komentar dan Saran

No.	Saran Perbaikan
1	Asi Utiur mikrokontroler mohon lebih & perulas.
2	Tambahan penjelasan tentang fungsi ber tipe vnd (panda) & fungsi non vnd
3	Struktur buku C mohon & perulas
4	Berikan keterbatasan modul.
5	

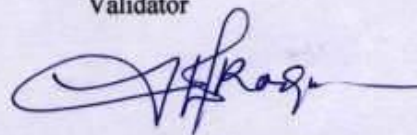
Kesimpulan:

Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroler dinyatakan :

- ☐ Dapat digunakan tanpa perbaikan
- ☒ Dapat digunakan dengan perbaikan
- ☐ Tidak dapat digunakan

Yogyakarta, September 2013

Validator



Dr. Eko Marpanaji, M.T.
NIP.196706081993031 001

LEMBAR OBSERVASI
AHLI MEDIA PEMBELAJARAN

Mata pelajaran : Pemrograman Mikrokontroller
 Sasaran : Mahasiswa Jurusan P.T. Elektronika
 Judul penelitian : **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroller**
 Peneliti : Amir Fatah Fatchurrohman
 Ahli media : Muh. Munir, M.Pd

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon pada bapak untuk menjadi validator **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroller** agar dapat diproduksi menjadi media pembelajaran yang layak digunakan. Petunjuk pengisian angket adalah sebagai berikut:

1. Jawaban diberikan pada kolom skala penilaian yang telah disediakan.
2. Mohon diberikan tanda checklist (✓) pada kolom penilaian sesuai pendapat.
3. Apabila ada kekurangan, mohon kiranya dapat memberikan saran pada tempat yang telah disediakan.

Keterangan :

- 4 : Amat Sesuai
 3 : Sesuai
 2 : Cukup Sesuai
 1 : Kurang Sesuai

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
Aspek Tampilan					
1	Ukuran komponen yang digunakan pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ini tidak terlalu besar atau terlalu kecil	✓			
2	Ukuran keseluruhan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ini tidak terlalu besar atau terlalu kecil	✓			
3	Pengaturan tata letak komponen dalam Media	✓			

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
	Pembelajaran Robot Line Follower PID sudah teratur, sehingga mempermudah dalam pemahaman materi				
4	Terdapat konsistensi penggunaan ukuran dan bentuk tulisan/teks yang ada pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID	✓			
5	Penempatan tulisan berisi keterangan mengenai bagian pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tidak mengganggu tata letak komponen dan mudah dibaca	✓			
6	Warna LED, LCD cukup jelas menampilkan nilai data	✓			
7	Jalur PCB pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tertata dengan rapi	✓			
8	Penempatan komponen pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID rapi	✓			
9	Secara keseluruhan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memiliki daya tarik		✓		
Aspek Teknis					
10	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID aman untuk digunakan	✓			
11	Secara keseluruhan pengoperasian Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dilakukan dengan mudah	✓			
12	Secara keseluruhan penyambungan kabel pada socket Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dilakukan dengan mudah	✓			
13	Konfigurasi penempatan pin pengoperasian pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tidak sulit untuk diakses	✓			

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
14	Unjuk kerja Media Pembelajaran Robot Line Follower PID telah memenuhi pemahaman konsep dasar mikrokontroler ATmega	✓			
15	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempunyai unjuk kerja yang stabil	✓			
16	Perancangan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID secara keseluruhan sudah benar	✓			
17	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sangat mudah untuk disimpan	✓			
Aspek Kemanfaatan					
18	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah pembelajaran	✓			
19	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat meningkatkan perhatian untuk mempelajari materi mikrokontroler ATmega	✓			
20	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat memperkuat motivasi belajar	✓			
21	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat merangsang kegiatan belajar	✓			
22	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat mempermudah guru dalam menyampaikan materi	✓			
23	Materi yang ada pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ada hubungannya dengan <u>aplikasi</u> dilapangan	✓			

Komentar dan Saran

No.	Saran Perbaikan
1	Ada feedback bla-bla unit kerja
2	Diberi warna yg berbeda agar
3	Pisau lbh mudah membedakan bagian-bagian yg membangun
4	media.
5	

Kesimpulan:

Media Pembelajaran Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mikrokontroler dinyatakan :

- ☒ Dapat digunakan tanpa perbaikan
- ☐ Dapat digunakan dengan perbaikan
- ☐ Tidak dapat digunakan

Yogyakarta, September 2013

Validator

M. Munir
NIP. 19610512 198901 1001

LEMBAR OBSERVASI

AHLI MEDIA PEMBELAJARAN

Mata pelajaran : Pemrograman Mikrokontroller
 Sasaran : Mahasiswa Jurusan P.T. Elektronika
 Judul penelitian : **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroller**
 Peneliti : Amir Fatah Fatchurrohman
 Ahli media : *Adi Dewanto, M.Kom*

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon pada bapak untuk menjadi validator **Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroller** agar dapat diproduksi menjadi media pembelajaran yang layak digunakan. Petunjuk pengisian angket adalah sebagai berikut:

1. Jawaban diberikan pada kolom skala penilaian yang telah disediakan.
2. Mohon diberikan tanda checklist (✓) pada kolom penilaian sesuai pendapat.
3. Apabila ada kekurangan, mohon kiranya dapat memberikan saran pada tempat yang telah disediakan.

Keterangan :

- 4 : Amat Sesuai
 3 : Sesuai
 2 : Cukup Sesuai
 1 : Kurang Sesuai

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
Aspek Tampilan					
1	Ukuran komponen yang digunakan pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ini tidak terlalu besar atau terlalu kecil	✓			
2	Ukuran keseluruhan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ini tidak terlalu besar atau terlalu kecil	✓			
3	Pengaturan tata letak komponen dalam Media				

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
	Pembelajaran Robot Line Follower PID sudah teratur, sehingga mempermudah dalam pemahaman materi	✓			
4	Terdapat konsistensi penggunaan ukuran dan bentuk tulisan/teks yang ada pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID	✓			
5	Penempatan tulisan berisi keterangan mengenai bagian pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tidak mengganggu tata letak komponen dan mudah dibaca	✓			
6	Warna LED, LCD cukup jelas menampilkan nilai data	✓			
7	Jalur PCB pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tertata dengan rapi		✓		
8	Penempatan komponen pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID rapi		✓		
9	Secara keseluruhan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID memiliki daya tarik	✓			
Aspek Teknis					
10	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID aman untuk digunakan	✓			
11	Secara keseluruhan pengoperasian Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dilakukan dengan mudah		✓		
12	Secara keseluruhan penyambungan kabel pada socket Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat dilakukan dengan mudah	✓			
13	Konfigurasi penempatan pin pengoperasian pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID tidak sulit untuk diakses	✓			

No.	Aspek Penilaian	Tingkat kesesuaian			
		4	3	2	1
14	Unjuk kerja Media Pembelajaran Robot Line Follower PID telah memenuhi pemahaman konsep dasar mikrokontroler ATmega		✓		
15	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempunyai unjuk kerja yang stabil		✓		
16	Perancangan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID secara keseluruhan sudah benar		✓		
17	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID sangat mudah untuk disimpan	✓			
Aspek Kemanfaatan					
18	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID mempermudah pembelajaran		✓		
19	Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat meningkatkan perhatian untuk mempelajari materi mikrokontroler ATmega		✓		
20	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat memperkuat motivasi belajar	✓			
21	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat merangsang kegiatan belajar	✓			
22	Penggunaan Media Pembelajaran Robot Line Follower PID dapat mempermudah guru dalam menyampaikan materi	✓			
23	Materi yang ada pada Media Pembelajaran Robot Line Follower PID ada hubungannya dengan aplikasi dilapangan	✓			

No.	Saran Perbaikan
1	Penyerta ^{tempat} Gokoran under di braket
2	
3	
4	
5	

Media Pembelajaran Robot Line Follower PID Sebagai Media Pembelajaran Mikrokontroler dinyatakan :

- Yogyakarta, September 2013

Validator

Ali Dewanto
NIP. 132310817

Lampiran 19. Desain Mekanik Gear Box

