

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN PENGATURAN ARAH
SUDUT PUTAR ROBOT TRANSPORTER DENGAN SENSOR
INERTIAL MEASUREMENT UNIT PADA MATA KULIAH ROBOTIKA**

TUGAS AKHIR SKRIPSI



Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Mendapatkan Gelar
Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika

Oleh:
MUHAMMAD SUBARKAH
NIM 20518241025

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2024

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN PENGATURAN ARAH
SUDUT PUTAR ROBOT TRANSPORTER DENGAN SENSOR
INERTIAL MEASUREMENT UNIT PADA MATA KULIAH ROBOTIKA**

Oleh :
Muhammad Subarkah
NIM. 20518241025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk : (1) Mengetahui pengembangan media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit*. (2) Mengetahui unjuk kerja, fungsi media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit*. (3) Mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* pada mata kuliah Praktik Robotika.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian *Research and Development* atau *R&D* serta menggunakan model *Analyze, Design, Development, Implementation* dan *Evaluation* atau ADDIE oleh Robert Maribe Branch. Penelitian yang dilakukan dari bulan Agustus sampai September, pada Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta. Subjek penelitian adalah mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika yang sedang atau telah menempuh mata kuliah Praktik Robotika. Dosen penguji materi dan media dari Departemen Pendidikan Teknik Elektro. Pengumpulan data menggunakan skala likert empat pilihan dengan analisis deskriptif kuantitatif.

Hasil dari penelitian ini adalah (1) Media pembelajaran menggunakan sensor IMU LSM6DS0, sensor kompas GY-271, mikrokontroler Arduino Uno, aktuator motor dc, motor *servo*, dan menggunakan aplikasi Arduino IDE dalam pengembangan kode. (2) Unjuk kerja pengaturan arah robot menuju sudut tertentu mendapat rerata eror 6,25% pada target sudut 50°, untuk target 90° rerata erornya 4,45%, target 270° rerata erornya 5,9% dan pada target 310° didapat rerata eror 5,26%. Secara keseluruhan didapat rerata eror 5,46%. (3) Hasil uji memperoleh predikat “Sangat Layak” oleh ahli materi dengan persentase nilai 85,93%. Penilaian ahli media mendapat persentase nilai 94%, predikat “Sangat Layak” dan penilaian pengguna juga mendapat kategori “Sangat Layak” dengan persentase nilai 91%.

Kata Kunci : *Media Pembelajaran, Transporter, Inertial Measurement Unit, IMU.*

DEVELOPMENT OF LEARNING MEDIA FOR CONTROLLING THE ROTATIONAL ANGLE OF A TRANSPORTER ROBOT USING INERTIAL MEASUREMENT UNIT SENSOR IN ROBOTICS COURSE

By :
Muhammad Subarkah
NIM. 20518241025

ABSTRACT

This research aims to: (1) Develop learning media for controlling a transporter robot's rotational angle using an Inertial Measurement Unit (IMU) sensor. (2) Assess how well this learning media works. (3) Evaluate how feasible the learning media is for the Robotics Practice course.

This study uses Research and Development (R&D) method and follows the ADDIE model (Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation) by Robert Maribe Branch. Research's conducted in August-September in the Mechatronics Education Program at Universitas Negeri Yogyakarta. The subjects were students from the Mechatronics Education Program currently taking or who had completed the Robotics Practice course. The content and media were evaluated by lecturers from the Electrical Engineering Education Department. Data collected using four-option Likert scale with quantitative descriptive analysis

The results of this research are as follows: (1) The learning media uses IMU sensor (LSM6DS0), compass sensor (GY-271), Arduino Uno microcontroller, DC motors, and servo motors, through code developed in the Arduino IDE. (2) The performance includes rotating the robot towards specific angle, achieving average error of 6,25% for target angle of 50°, for target of 90° get average error of 4,45%, for target of 270° get average error of 5,9% and for target of 310° get average error of 5,26%. The overall average error is 5,46% (3) Results from content experts evaluation shows rating of "Very Feasible" with a score of 85.93%. Media expert evaluation get a score of 94%, also rated as "Very Feasible," and user evaluation also rated as "Very Feasible" with score of 91%.

Keywords: Learning Media, Transporter, Inertial Measurement Unit, IMU.

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi Dengan Judul

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN PENGATURAN ARAH SUDUT PUTAR ROBOT TRANSPORTER DENGAN SENSOR *INERTIAL MEASUREMENT UNIT PADA MATA KULIAH ROBOTIKA*

Disusun Oleh :

Muhammad Subarkah

NIM. 20518241025

Telah memenuhi syarat dan disetujui oleh dosen pembimbing untuk dilaksanakan
Ujian Tugas Akhir Skripsi bagi yang bersangkutan

Yogyakarta, 17. Oktober 2024

Mengetahui,

Kepala Program Studi

Pendidikan Teknik Mekatronika

Disetujui,

Dosen pembimbing TAS

Sigit Yatmono, ST., M.T.

NIP. 19730125 199903 1 001

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

NIP. 19650829 199903 1 0001

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Subarkah

NIM : 20518241025

Program Studi : Pendidikan Teknik Mekatronika

Judul TAS : Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut
Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement*
Unit Pada Mata Kuliah Robotika

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen atas nama Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs., Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2024. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta, 17 Oktober 2024

Yang menyatakan



Muhammad Subarkah

NIM. 20518241025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi Dengan Judul

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN PENGATURAN ARAH SUDUT PUTAR ROBOT TRANSPORTER DENGAN SENSOR *INERTIAL MEASUREMENT UNIT PADA MATA KULIAH ROBOTIKA*

Disusun Oleh :

Muhammad Subarkah

NIM. 20518241025

Telah dipertahankan di depan Tim Pengaji Tugas Akhir Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal ... November 2024

Nama/Jabatan

Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs.
Ketua Pengaji/Pembimbing

Ir. Sigit Yatmono, S.T., M.T.
Sekretaris

Prof. Ir. Moh. Khairudin, MT., PhD., IPU.
Pengaji Utama

Tanda Tangan

Tanggal

Yogyakarta, ..., 2024
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan,

Prof. Dr. Mutiara Nugraheni, S.TP., M.Si
NIP. 19770131 200212 2 001

HALAMAN MOTO

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya
sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah/94:5-6)

“Sesungguhnya manusia benar-benar dalam kerugian, kecuali orang-orang yang
beriman dan beramal saleh serta saling menasihati untuk kebenaran dan
kesabaran”

(QS. Al-Ashr/103:2-3)

“Sebenarnya apa yang kamu ucapkan adalah cerminan kualitas dirimu”

(Nyonya Crab)

“Langkah pertama adalah yang terberat, setelah itu, jalan akan terbuka”

(Nicolas Cage)

“Banyak kegagalan hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa
dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah”

(Thomas Alva Edison)

“Kemenangan terbesar kita bukanlah tidak pernah gagal, namun bangkit setiap
kali kita gagal”

(Ralph Waldo Emerson)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah wa syukru lillah, dengan sukacita dan rasa bangga saya ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT. atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya dalam segala aspek kehidupan, sehingga tugas akhir skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Nabi Muhammad SAW. yang selalu menjadi suri tauladan umat dalam mencapai ridla-Nya.
3. Ayah, Ibu, Kakak serta segenap keluarga yang tidak berhenti menyemangati dan mendukung saya selama saya menempuh perkuliahan
4. Bapak Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs. yang telah bersedia membimbing saya dalam menyelesaikan tugas akhir
5. Bapak/Ibu Dosen Departemen Pendidikan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu bermanfaat serta membimbing selama perkuliahan.
6. Tim Robot UNY, terutama tim Maestro-Evo yang telah memberikan berbagai pengalaman luar biasa.
7. Teman-teman dari Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika, khususnya kelas E 2020 yang telah menemanı serta memberi semangat selama perkuliahan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat mengerjakan dan menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi dengan judul “Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* Pada Mata Kuliah Praktik Robotika”.

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

1. Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs., selaku Dosen Pembimbing dan ketua penguji yang telah memberikan arahan, bimbingan, masukan, motivasi, dan evaluasi yang berharga selama proses penyusunan Tugas Akhir Skripsi ini.
2. Sigit Yatmono, S.T., M.T., Muhammad Luthfi Hakim, S.T., M.Eng., dan Vando Gusti Al Hakim, S.Pd., M.Sc. selaku validator materi dan validator media yang telah memberikan bimbingan, masukan, motivasi, dan evaluasi untuk penyusunan Tugas Akhir Skripsi ini.
3. Dr. Phil. Nurhening Yuniarti, S.Pd., M.T., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, dan Sigit Yatmono, M.T., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Prof. Dr. Mutiara Nugraheni, S.TP., M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberikan persetujuan untuk pelaksanaan Tugas Akhir Skripsi ini.
5. Teman-teman seperjuangan dari Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika, Tim Robotika UNY, dan Tim Maestro-Evo, yang telah memberikan motivasi serta kenangan tak terlupakan.
6. Adik-adik Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika yang ikut berpartisipasi dalam pengambilan data selama proses penelitian ini

7. Semua pihak yang secara langsung atau tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuannya selama proses penyusunan tugas akhir skripsi.

Penulis berharap agar Tugas Akhir Skripsi ini tidak hanya bermanfaat bagi penulis, tetapi juga bermanfaat bagi semua pihak yang terlibat selama penyusunan dapat menjadi informasi yang bermanfaat bagi pembaca yang membutuhkannya.

Yogyakarta, 12 November 2024

Penulis,



Muhammad Subarkah

NIM. 20518241025

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
SURAT PERNYATAAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
HALAMAN MOTO	vii
HALAMAN PERSEMPERBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
G. Spesifikasi Produk	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
A. Kajian Teori	8
1. Penelitian dan Pengembangan	8
2. Media Pembelajaran	10
3. Mata Kuliah Praktik Robotika	14
4. Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i>	15
5. Robot <i>Transporter</i>	17
6. Mikrokontroller Arduino Uno	18
7. Sensor IMU Qwiic LSM6DSO	19
8. Sensor Kompas GY-271	21
9. Protokol Komunikasi I2C	21
10. Motor DC	23
11. <i>Driver Motor L298N</i>	23
B. Kajian Penelitian Yang Relevan	25
C. Kerangka Berpikir	27
D. Pertanyaan Penelitian	29

BAB III METODE PENELITIAN.....	31
A. Model Pengembangan	31
B. Prosedur Pengembangan	31
1. <i>Analyze</i> (analisis).....	32
2. <i>Design</i> (desain).....	33
3. <i>Development</i> (pengembangan)	35
4. <i>Implementation</i> (penerapan).....	35
5. <i>Evaluation</i> (evaluasi).....	36
C. Desain Uji Coba Produk.....	37
1. Tempat dan Waktu Uji Coba.....	37
2. Subjek Uji Coba	37
3. Teknik Pengumpulan Data	38
4. Pengujian Instrumen.....	38
5. Instrumen Penelitian.....	39
6. Teknik Analisis Data.....	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN	44
A. Hasil Pengembangan Produk.....	44
1. Hasil <i>Analyze</i>	44
2. Hasil <i>Design</i>	45
3. Hasil <i>Development</i>	49
4. Hasil <i>Implementation</i>	52
5. Hasil <i>Evaluation</i>	52
B. Hasil Uji Coba Produk.....	54
1. Uji Coba <i>Blackbox</i>	54
2. Pengujian Kendali Gerak Putar Robot	54
3. Uji Kelayakan Materi dan Media Pembelajaran	56
C. Analisis Data	58
1. Analisis Data Kelayakan Materi	59
2. Analisis Data Kelayakan Media	61
3. Analis Data Uji Pengguna	64
4. Analisis Uji Reliabilitas	66
D. Revisi Produk	66
1. Hasil Revisi Berdasarkan Ahli Materi	66
2. Hasil Revisi Berdasarkan Ahli Media.....	67
E. Kajian Produk.....	67

F. Keterbatasan Penelitian	69
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	71
1. Kesimpulan	71
2. Saran	72
3. Pengembangan Lebih Lanjut	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	77

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Media Pembelajaran	7
Tabel 2. Penelitian Terdahulu	25
Tabel 3. Kisi-Kisi Instrumen Materi	40
Tabel 4. Kisi-Kisi Instrumen Ahli Media.....	41
Tabel 5. Kisi-Kisi Instrumen Kelayakan Pengguna	41
Tabel 6. Skala Likert (Likert, 1932).....	42
Tabel 7. Tabel Kelayakan (Widiyoko, 2012).....	43
Tabel 8. Dimensi Robot	46
Tabel 9. Komponen Penyusun Robot Transporter	47
Tabel 10. Saran Dan Perbaikan Dari Dosen Ahli.....	53
Tabel 11. Hasil Uji <i>Blackbox</i>	54
Tabel 12. Hasil Uji Coba Kendali Gerak Putar Robot Tanpa Beban	55
Tabel 13. Hasil Uji Coba Kendali Gerak Putar Robot Dengan Beban	56
Tabel 14. Hasil Uji Kelayakan Ahli Materi	57
Tabel 15. Hasil Uji Kelayakan Ahli Media.....	58
Tabel 16. Kategori Penilaian Kelayakan Materi	59
Tabel 15. Kategori Penilaian Kelayakan Media.....	62
Tabel 17. Kategori Penilaian Kelayakan Pengguna	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Model ADDIE Pada Metode Penelitian dan Pengembangan	9
Gambar 2. Blok Diagram Proses IMU	16
Gambar 3. Robot Transporter.....	18
Gambar 4. Mikrokontroler Arduino Uno	19
Gambar 5. Sensor IMU SparkFun Qwiic LSM6DSO.....	20
Gambar 6. Sensor Kompas HMC5883L	21
Gambar 7. Motor DC Dengan Wadah Gearbox.....	23
Gambar 8. Kerangka Berpikir	29
Gambar 9. Desain Robot <i>Transporter</i>	45
Gambar 10. <i>Wiring diagram</i> robot <i>transporter</i>	46
Gambar 11. <i>Flowchart</i> Program.....	48
Gambar 13. Hasil Robot Transporter Tampak Atas.....	50
Gambar 14. Hasil Robot <i>Transporter</i> Tampak Bawah	50
Gambar 15. Modul Pembelajaran.....	50
Gambar 16. <i>Labsheet</i>	51
Gambar 17. Visualisasi Hasil Uji Kelayakan Ahli Materi	60
Gambar 18. Visualisasi Hasil Uji Kelayakan Ahli Media	63
Gambar 19. Visualisasi Hasil Uji Kelayakan Pengguna	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keputusan Pengangkatan Dosen Pembimbing TAS	77
Lampiran 2. Modul.....	79
Lampiran 3. <i>Labsheet</i>	114
Lampiran 4. Lembar Instrumen Validasi Ahli Materi.....	142
Lampiran 5. Lembar Instrumen Validasi Ahli Media	146
Lampiran 6. Lembar Instrumen Angket Penilaian Pengguna	150
Lampiran 7. Hasil Validasi Ahli Materi.....	159
Lampiran 8. Hasil Validasi Ahli Media	165
Lampiran 9. Hasil Uji Kelayakan Pengguna	173
Lampiran 10. Analisis Hasil Validasi Ahli Materi.....	187
Lampiran 11. Analisis Hasil Validasi Ahli Media	188
Lampiran 12. Analisis Hasil Uji Pengguna	190
Lampiran 13. Uji Reliabilitas Data Pengguna.....	193
Lampiran 14. Detail Desain Robot <i>Transporter</i>	194

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Cepatnya perkembangan pengetahuan, informasi dan teknologi di dunia saat ini membawa dampak signifikan dalam bidang teknologi. Perkembangan teknologi ini juga berdampak pada bidang robotika. Salah satunya adalah perkembangan alat pengukuran yang membuat robot dapat membaca besar sudut putarnya. Dalam proses mengikuti perkembangan teknologi ini, diperlukan sumber daya manusia (SDM) yang kompeten di bidang ini.

Penguasaan perkembangan teknologi sangat penting supaya kita tidak dikalahkan oleh zaman. Dengan menguasai perkembangan teknologi diharapkan dapat meningkatkan produktivitas kehidupan kita sehari-hari dan juga sedikit-sedikit mengubah pola hidup kita. Sekarang kita tidak lagi berburu, sudah diganti dengan bercocok tanam dan menetapi suatu wilayah. Untuk memindahkan sesuatu sekarang kita tidak memikulnya, namun membawanya dengan kendaraan beroda dan mungkin bermotor. Dengan adanya perubahan ini, kebutuhan dalam dunia kerja pun ikut berubah. Oleh karena itu kita harus terus menguasai perkembangan atau menjadi inisiatornya, supaya kita tidak dikalahkan zaman atau dikalahkan mereka yang lebih berkembang dari kita.

Perkembangan teknologi memungkinkan ketepatan pengukuran nilai sudut putaran robot. Pengukuran nilai sudut putaran dapat meningkatkan keakuratan navigasi robot sehingga dimungkinkan otomasi robot, terutama

pada robot beroda atau *mobile robotic*. Contoh penggunaan sensor pengukuran sudut putar pada *mobile robotic* seperti pada robot pengantar makanan otomatis. Contoh lain *mobile robotic* yang menggunakan sistem pengukuran sudut putar untuk berjalan otomatis adalah robot penyortir barang pada industri pengiriman barang.

Dampak besar dari perkembangan yang pesat pada bidang robotika membutuhkan SDM yang kompeten. Oleh karena itu dibutuhkan tenaga pendidik kompeten yang menguasai perkembangan teknologi di bidang robotika. Penguasaan perkembangan teknologi robotika oleh tenaga pendidik bertujuan agar mereka dapat melahirkan SDM yang berkualitas. Pembentukan tenaga pendidik ini didasarkan pada Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 Pasal 5 mengenai Tujuan Perguruan Tinggi, yaitu untuk mengembangkan potensi mahasiswa menjadi individu yang beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhhlak mulia, sehat, berpengetahuan, kompeten, kreatif, mandiri, terampil, dan memiliki budaya yang mendukung kepentingan bangsa. Selain itu, diharapkan lulusan dapat menguasai teknologi dan ilmu sehingga kebutuhan nasional terpenuhi dan juga daya saing bangsa semakin meningkat. Dengan demikian, diperlukan penyesuaian kompetensi mahasiswa sesuai dengan perkembangan teknologi terkini.

Universitas Negeri Yogyakarta (UNY), perguruan tinggi yang dinaungi Kementerian Pendidikan Tinggi, Sain, dan Teknologi, memiliki 9 fakultas, dan salah satunya Fakultas Teknik yang di dalamnya terdapat Prodi

Pendidikan Teknik Mekatronika. Dari prodi tersebut diharapkan lahir tenaga pendidik yang menguasai ilmu di bidang Mekatronika yang kompeten dan relevan untuk diajarkan di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika mengajar mahasiswa berbagai mata kuliah baik pendidikan maupun non-kependidikan untuk mempersiapkan mahasiswa agar mampu menjadi tenaga pendidik pada bidang mekatronika. Salah satu mata kuliah di prodi ini adalah Praktik Robotika. Mata kuliah praktik robotika membahas dari proses merancang sebuah robot sampai pembuatannya. Proses perancangan meliputi perancangan mekanik robot yang akan mendukung fungsi dan berbagai komponen robot. Selanjutnya perancangan elektronik yang menjadi sumber penggerak robot. Setelah perancangan elektronik, dilakukan perancangan program yang menjadi otak dan cara kerja dari robot ditentukan pada proses ini. Pada praktik ini mahasiswa mempelajari robot seperti LEGO *Mindstorms*, *Humanoid Robot*, *BoE shield Robot* dan lainnya. Namun dari materi tersebut belum menerapkan alat pengukuran nilai sudut putaran pada robot.

Sistem pengukuran sudut yang memanfaatkan sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) sesuai dengan kebutuhan industri belum dipelajari mahasiswa. Sensor yang tersusun dari sensor medan magnet (*magnetometer*), sensor gerak inersia putaran (*gyroscope*), sensor gerak inersia percepatan (*accelerometer*) ini biasa diterapkan pada sistem navigasi dengan mengandalkan posisi sudut putar seperti pada robot pengantar makanan atau pada robot sortir barang pada industri pengiriman. Hal ini menyebabkan tidak

terpenuhinya kompetensi mahasiswa pada bidang *programming* dan elektronika. Sistem pengukuran sudut putar ini dapat dipelajari mahasiswa untuk mengenal lebih lanjut sistem pengukuran nilai sudut putaran robot dan meningkatkan kompetensi mahasiswa.

Berdasarkan permasalahan yang di paparkan di atas, tujuan dan maksud penelitian adalah untuk merancang media pembelajaran dan membangun media pembelajaran Praktik Robotika dengan judul “Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* Pada Mata Kuliah Robotika”. Sehingga diharapkan mahasiswa dapat memahami rancang bangun robot dan mengatasi permasalahan yang ada dalam praktik robotika.

B. Identifikasi Masalah

Beberapa permasalahan yang dapat diambil, dari identifikasi masalah pada latar belakang yang dikemukakan sebelumnya yaitu:

1. Media pembelajaran robotika sudah dilakukan pembaruan namun belum sepenuhnya diperbarui selaras dengan perkembangan industri.
2. Kompetensi mahasiswa masih kurang karena kurang variatifnya media pembelajaran pada mata kuliah praktik robotika.
3. Pemanfaatan sistem pengukuran sudut putar robot sebagai penunjuk arah robot masih dapat ditingkatkan.

C. Batasan Masalah

Dari permasalahan mengenai pembaruan sesuai perkembangan industri, peneliti membatasi lingkup penelitian hanya pada Pengembangan

Media Pembelajaran Sensor Navigasi, khususnya dalam penggunaan sensor IMU, di Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika UNY. Dengan adanya media pembelajaran ini diharapkan kompetensi, kemampuan mahasiswa di bidang robotika dapat meningkat sesuai dengan kebutuhan industri, khususnya dalam bidang penggunaan sensor navigasi.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang dijelaskan sebelumnya, dan dengan merumuskan kembali masalah ini sesuai dengan batasan masalah, beberapa poin masalah kunci dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengembangan media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit*.
2. Bagaimana unjuk kerja dan fungsi media pembelajaran pengembangan media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit*.
3. Bagaimana tingkat kelayakan media pembelajaran pengembangan media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit*.

E. Tujuan Penelitian

Dari poin-poin rumusan masalah sebelumnya, dapat disimpulkan beberapa tujuan dari penelitian ini ialah:

1. Mengetahui pengembangan media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* pada mata kuliah Praktik Robotika.

2. Mengetahui unjuk kerja dan fungsi media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* pada mata kuliah Praktik Robotika.
3. Mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* pada mata kuliah Praktik Robotika.

F. Manfaat Penelitian

Penulis berharap, penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan, baik dalam bidang pendidikan, pengaplikasian oleh para praktisi di bidangnya, maupun bagi para pemangku kepentingan pada daftar di bawah:

1. Bagi Penulis

Penelitian ini diharapkan dapat memfasilitasi transfer ilmu pengetahuan antara penulis dan pembaca, serta menjadi syarat untuk kelulusan guna memperoleh gelar sarjana.

2. Bagi Pembaca

Penelitian ini bertujuan untuk memperluas ilmu pengetahuan, dalam bidang robotika khususnya yang berhubungan dengan sensor *Inertial Measurement Unit*, dan memberikan referensi berharga untuk studi terkait di masa depan.

3. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini dimaksudkan untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa, terutama dalam bidang robotika, sehingga lebih siap menghadapi tantangan di dunia kerja.

4. Bagi Perguruan Tinggi

Penulis berharap, penelitian ini bisa dijadikan sebagai media pembelajaran yang mendukung pelaksanaan mata kuliah Praktikum Robotika, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan kualitas pendidikan di institusi tersebut.

G. Spesifikasi Produk

Dalam penelitian ini, media pembelajaran robot yang dikembangkan berfungsi memindahkan benda. Setelah memilih satu dari empat titik tuju yang ditentukan, dimulai dari titik awal, robot berputar menuju sudut tujuan lalu berjalan menuju titik tersebut. Selanjutnya robot berbalik 180° dan selanjutnya menuju titik awal. Komponen yang digunakan memiliki spesifikasi tertentu agar media pembelajaran yang dikembangkan dapat berfungsi secara optimal, dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Media Pembelajaran

No.	Nama	Keterangan	Spesifikasi
1.	Sensor IMU	QWIIC LSM6DSO	Tegangan input (V_{in}) : 3.3-5V Toleransi pembacaan 1%
2.	Sensor Kompas	GY-271	V_{in} : 3.3-5V Akurasi 1°-2°
3.	Mikrokontroler	Arduino Uno	V_{in} : 7-12V
4.	Penggerak 1	Motor DC	V_{in} : 3-6V
5.	Penggerak 2	Motor Servo	V_{in} : 4.8-6V Torsi : 2.5 kg-cm
6.	Driver Motor	L298N	V_{in} : 3-40V Arus Luaran : 2A
7.	Dimensi Robot	P x L x T	19 cm x 19.5 cm x 12.4cm
8.	Power Supply	Baterai	18650 x 2 Buah 3.7V 1800mAh
9.	Berat Robot	-	1.2KG

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

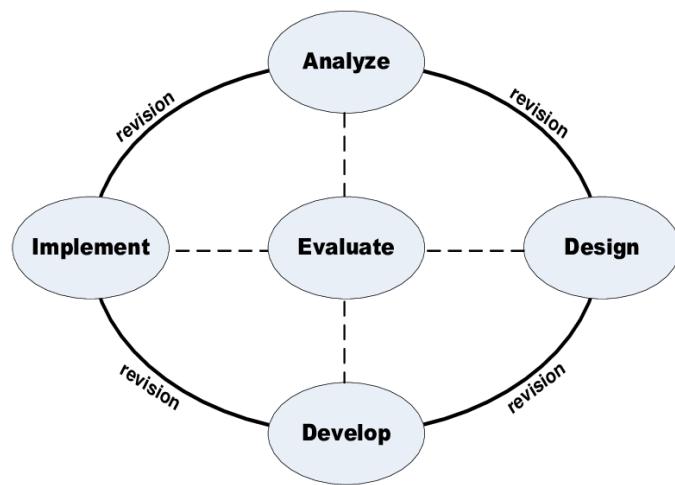
1. Penelitian dan Pengembangan

Upaya yang dapat dilakukan individu untuk meningkatkan suatu produk agar lebih inovatif dan bermanfaat salah satunya adalah dengan *Research and Development* (R&D) atau penelitian pengembangan. Metode R&D ini selain dapat meningkatkan, namun juga dapat sebagai metode evaluasi, mencipta atau menambahkan terhadap apa yang telah ada sebelumnya. “Secara sederhana ‘Penelitian dan Pengembangan’ defenisikan sebagai metode penelitian yang bertujuan untuk mencaritemukan, memperbaiki, mengembangkan, menghasilkan produk, menguji produk, sampai dihasilkannya suatu produk yang terstandarisasi sesuai dengan indikator yang ditetapkan” (Yuberti, 2014). Oleh karena itu penelitian yang dilakukan perlu menggunakan cara, langkah, teknik atau metode sedemikian rupa sehingga nantinya didapat hasil yang maksimal. Menurut Sugiyono (2015), metode R&D dimaksudkan untuk menutup kekurangan pada produk yang sudah ada sehingga dapat diuji kelayakan dan keefektifannya.

Terdapat banyak model dalam metode R&D, salah satu model tersebut adalah ADDIE (*Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate*) yang dikemukakan oleh Robert Maribe Branch pada 2009. Dia menjelaskan bahwa model ADDIE adalah metode dalam penelitian dan pengembangan dengan tahap yang singkat jika dibandingkan dengan model lainnya. Lanjut menurut

Robert Maribe Branch (2009), ADDIE adalah kependekan dari *Analyze* (analisis), *Design* (desain), *Develop* (mengembangkan), *Implement* (menerapkan), dan *Evaluation* (mengevaluasi). Langkah dalam model ADDIE menurut Maribe Branch dapat dilihat pada gambar di bawah.

Gambar 1. Model ADDIE Pada Metode Penelitian dan Pengembangan



(Sumber : Robert Maribe Branch 2009)

Model ini terdiri dari lima tahap, dimulai dari Tahap *Analyze* yang bertujuan untuk memahami hubungan antara lingkungan kerja dan situasi kerja. Tahap berikutnya adalah *Design*, di mana produk dirancang sesuai dengan kebutuhan yang telah diidentifikasi sebelumnya. *Development* adalah tahap ketiga, tahap yang melibatkan proses pengembangan dan pengujian produk. Lalu tahap *Implement*, yang melibatkan penerapan produk yang telah dirancang sebelumnya ke lapangan. Lalu tahap terakhir, *Evaluation*, tahap yang bertujuan untuk mengevaluasi produk setelah proses pengujian lapangan.

2. Media Pembelajaran

Medius merupakan bahasa latin untuk media, bentuk jamak dari *medium* yang berarti perantara atau penyalur. Media pembelajaran merupakan teknologi pembawa pesan yang memiliki peran krusial dalam berlangsungnya proses pembelajaran. Dari beberapa pendapat para ahli, disimpulkan bahwa fungsi dari media pembelajaran ialah sebagai jalur penting dalam proses transfer informasi antara pendidik dan peserta didik. Rusman (2012) mendefinisikan media pembelajaran sebagai alat atau bahan yang memfasilitasi transfer informasi dari sumber ke penerima. Marsudi (2016) juga menjelaskan bahwa media pembelajaran merupakan sarana yang dapat meningkatkan dan mempercepat tercapainya tujuan belajar mengajar. Daryanto (2016) menekankan nilai media pembelajaran sebagai alat dan sumber daya yang diintegrasikan ke dalam proses pembelajaran, sementara Azhar Arsyad (2014) menyoroti peran esensialnya sebagai komponen yang tidak terpisahkan dari kegiatan pendidikan.

Dari berbagai pandangan tersebut, media pembelajaran dapat disimpulkan sebagai alat atau sarana yang memungkinkan pendidik menyampaikan informasi secara efektif kepada peserta didik sesuai dengan tujuan pembelajaran. Pandangan ini juga diperkuat oleh beberapa ahli lainnya, seperti Briggs (1977), Heinich et al. (1986), dan *National Education Association* (1969), yang mendeskripsikan media pembelajaran sebagai sarana fisik atau komunikasi yang membantu dalam menyampaikan pesan,

konten, atau informasi pendidikan, sehingga mendukung pencapaian hasil belajar yang optimal.

a. Manfaat dan Tujuan Media Pembelajaran

Dalam konteks kegiatan pembelajaran, media pembelajaran berperan sebagai elemen pendukung krusial untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah di tentukan. Karena media pembelajaran juga sarana komunikasi dan media transfer informasi dan atau pengetahuan antara pendidik dan peserta didik, pemanfaatan media pembelajaran dalam kegiatan pembelajaran dapat menambah pemahaman materi serta menambah motivasi belajar peserta didik. Media pembelajaran memiliki tiga manfaat pada saat kegiatan pembelajaran yaitu: (1) sebagai alat untuk memperjelas materi pembelajaran ketika pendidik menyampaikan pembelajaran sehingga tidak hanya disampaikan secara verbal, (2) menjadi alat yang dapat menstimulasi dan memicu peserta didik mengkaji lebih dalam materi pembelajaran, (3) sebagai sumber belajar dikarenakan berisikan materi – materi belajar yang harus dipahami secara individu ataupun kelompok (Mustika, 2015)

Beberapa peranan penting dari media pembelajaran yaitu: (1) menekankan kejelasan pada suatu materi agar tidak bersifat dalam kata tertulis (verbal), (2) keterbatasan pada indra dan ruang waktu menjadi semakin luas, (3) dengan penggunaan media yang tepat dan beragam peserta didik dapat lebih aktif kegiatan belajar dan mengajar, (4) mengurangi kesalahan penyampaian materi dan kesalahan penangkapan materi terhadap suatu objek pemaparan konsep pembelajaran, (5) menjembatani suatu

pandangan nyata dengan halusinasi atau tidak nyata (Bagas, 2018). Sehingga dapat ditarik kesimpulan, media pembelajaran memainkan peranan penting dalam konteks pembelajaran melalui berbagai peranannya, termasuk dalam menekankan kejelasan materi, memperluas keterbatasan indra dan ruang waktu, meningkatkan keterlibatan peserta didik, mengurangi kesalahan dalam penyampaian dan penangkapan materi, serta menjembatani antara pandangan nyata dan halusinasi. Media pembelajaran juga menjadi sebuah alat efektif untuk mencapai tujuan kegiatan pembelajaran.

b. Kriteria Pemilihan Media Pembelajaran

Terdapat 9 poin faktor yang perlu di perhatikan. Faktor tersebut di antaranya adalah : (1) batas maksimal sumber daya dari institusional, (2) kesamaan dan keselarasan antar mata pelajaran dan media yang digunakan, (3) sikap, perilaku dan karakteristik dari peserta didik, (4) ketrampilan dan tingkat pendidik, (5) target atau sasaran dari pembelajaran, (6) lokasi atau tempat dari pembelajaran, (7) hubungan dalam proses pembelajaran, (8) keragaman dan (9) waktu dari media (Indriana, 2011). Secara umum, kriteria yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan media pembelajaran diuraikan sebagai berikut: (1) Kesesuaian dengan tujuan pembelajaran yang akan dicapai, (2) Daya dukung terhadap isi dan bahan pembelajaran, (3) Kemudahan perolehan dan pengaksesan media (4) Kesesuaian media dengan karekteristik peserta didik, (5) kesesuaian dengan kemampuan pendidik (Abdullah, 2020). Terakhir, media pembelajaran harus dapat digunakan

dengan efektif, dengan kemampuan pengguna yang sesuai untuk mengoptimalkan proses serta hasil belajar.

Artinya, dalam usaha mendapat hasil belajar yang optimal, pemilihan media pembelajaran harus disesuaikan dengan sumber daya yang tersedia, termasuk kualitas pendidik, keterbatasan anggaran, dan ketersediaan fasilitas. Selain itu, media yang dipilih harus selaras dengan tujuan pembelajaran dan sesuai dengan karakteristik peserta didik, sehingga peserta didik mendapat pengalaman belajar yang menarik serta efisien.

c. Kelayakan Materi Pembelajaran

Materi pembelajaran merupakan satu di antara banyak faktor yang menentukan tingkat pemahaman peserta didik. Materi dalam kegiatan pembelajaran menjadi landasan bagi proses pembelajaran yang efektif. Kelayakan materi mencakup beberapa faktor penting, seperti relevansi konten hingga kurikulum yang diterapkan. Terdapat tujuh kriteria untuk materi, yaitu (1) sesuai dengan tujuan pembelajaran, (2) sesuai dengan kebutuhan peserta didik, (3) akurat dalam penyajian faktualnya, (4) mencerminkan latar belakang dan suasana yang relevan bagi peserta didik, (5) mudah dan ekonomis dalam penggunaan, (6) sesuai dengan gaya belajar peserta didik, dan (7) selaras dengan lingkungan belajar (Wicaksono, 2017). Oleh karena itu, materi pembelajaran sebaiknya sesuai dengan kegiatan sebelumnya, bermanfaat, dan peserta didik dapat dengan mudah memahaminya.

d. Kelayakan Media Pembelajaran

Dalam era di mana teknologi terus berkembang dengan sangat pesat, media menjadi bagian penting dalam kegiatan pembelajaran. Tiga aspek yang perlu diperhatikan dalam *review* media pembelajaran, yaitu (1) aspek kualitas isi dan tujuan, (2) aspek kualitas pembelajaran, serta (3) aspek kualitas teknis (Cecep, 2011). Sedangkan dalam panduan kementerian pendidikan nasional, penilaian media pembelajaran dinilai menurut (1) kebermanfaatan media pembelajaran, (2) penyajian dan (3) bahasa. Kebermanfaatan media pembelajaran dinilai dari tingkat keterbantuan peserta didik oleh media, kemudahan belajar peserta didik dengan media yang disediakan, keterkaitan media pembelajaran dengan mata kuliah lain. Sedangkan aspek penyajian dapat dinilai dari tampilan dan kesesuaian fungsi dari media pembelajaran.

3. Mata Kuliah Praktik Robotika

Mata kuliah ini umumnya terdapat di prodi teknik elektronika atau informatika, karena di dalamnya membahas mengenai pengembangan robot, termasuk pengembangan bagian mekanik, elektronik dan juga program. Pengembangan mekanik berfokus pada penentuan cara kerja sesuai dengan fungsi robot. Langkah ini penting karena menjadi landasan utama untuk langkah-langkah pengembangan robot berikutnya.

Pada prodi Pendidikan Teknik Mekatronika, UNY, bagian elektronika pada mata kuliah ini lebih ditekankan pada penentuan dan penerapan komponen elektronik yang akan dipakai. Dasar cara penggunaan komponen elektronika dipelajari lebih mendalam pada mata kuliah sensor dan

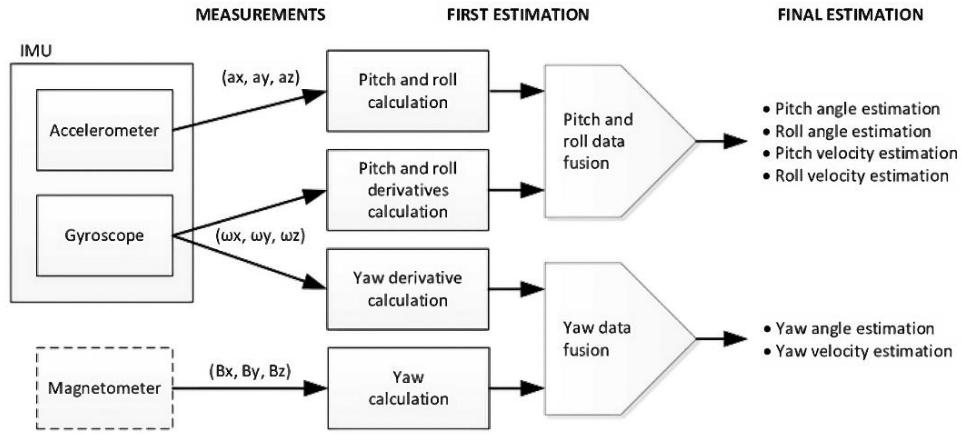
transducer yang dipelajari mahasiswa semester sebelumnya. Pengecekan komponen, penentuan sambungan antar komponen dan pemasangan komponen adalah kegiatan utama pembelajaran elektronik.

Sedangkan untuk bagian program, mahasiswa belajar menghidupkan robot dengan menulis program untuk komponen-komponen yang dipakai. Bahasa pemrograman yang umumnya dipakai ialah C++, apabila menggunakan mikrokontroler, atau dengan bahasa python apabila menggunakan komputer. Tujuan dari pemrograman ini ialah supaya mikrokontroler memberikan daya yang sesuai pada komponen tertentu sehingga robot dapat menyelesaikan tugasnya dengan baik.

4. Sensor *Inertial Measurement Unit*

Sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) atau Unit Pengukuran Inersia merupakan sensor/alat yang mengombinasikan beberapa sensor seperti akselerometer, giroskop dan magnetometer sehingga nantinya dapat mengukur nilai relatif kecepatan, akselerasi, serta kemiringan dari objek terhadap orientasi tertentu. Prinsip kerja IMU memanfaatkan gaya inersia yang dihasilkan objek, untuk mengukur perubahan inersia yang terjadi secara terus-menerus. Langkah pemrosesan nilai oleh IMU dapat dilihat pada blok diagram berikut.

Gambar 2. Blok Diagram Proses IMU



Kolom pertama merupakan sensor yang mengambil data mentah, akselerometer mengambil nilai percepatan \mathbf{a} (m/s^2), giroskop mengambil nilai kemiringan sudut \mathbf{w} (rad/s) dan magnetometer mengambil nilai derajat arah mata angin. Kolom kedua pemrosesan awal dari masing-masing sensor kedalam nilai estimasi, yang selanjutnya diolah kembali menjadi nilai akhir dari sensor imu yaitu *Pitch* (sumbu X), *Roll* (sumbu Y), dan *Yaw* (sumbu Z). Dari proses tersebut, bisa disimpulkan sensor IMU dapat digunakan untuk mengambil nilai akselerasi (sumbu x,y,z), giroskop (sumbu x,y,z), dan sudut arah mata angin (sumbu x,y,z). Hasil nilai sumbu Z pada *gyroscope* IMU dapat didapat melalui persamaan di bawah, dimana G_z adalah luaran gyro sumbu z.

$$G_z = G_{zt} * \Delta t$$

Hoang (2021) menjelaskan cara menghitung arah dari magnetometer atau kompas dimana m_x dan m_y merupakan nilai magnetik dari sumbu x dan y.

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{m_x}{m_y} \right)$$

Sensor IMU yang mengandalkan gaya inersia idealnya mendapat nilai 0 apabila dalam kondisi diam. Namun terdapat kemungkinan di mana sensor mengalami eror sehingga nilai pada kondisi diam tidak sama dengan 0. Hal ini dapat menyebabkan sensor mengalami *drifting* atau perubahan nilai setelah beberapa saat, sehingga nilai luaran dari sensor tidak dapat diandalkan lagi. Untuk mengatasi hal itu, dapat memasang filter *threshold* sederhana pada pemrosesan nilai sensor IMU. Sebelumnya, penting untuk menghapus bias dari luaran sensor *gyro* yang dihasilkan dengan persamaan di bawah.

$$G_{z\ bias} = \sum_{i=0}^n G_{zi}$$

$$G_z[k] = G_z[k] - G_{z\ bias}$$

$$G_z\ Treshold = \max\{|G_z[1]|, |G_z[2]| \dots |G_z[i]| \}$$

$$G_z = \begin{cases} G_z & \text{apabila } |G_z| > |G_z\ Treshold| \\ 0 & \text{apabila } |G_z| < |G_z\ Treshold| \end{cases}$$

Selanjutnya Hoang menjelaskan perhitungan minimum atau *threshold* untuk G_z dimana $G_z\ Treshold$ merupakan nilai minimum luaran sensor *gyro*. Dengan memfilter nilai luaran *gyro* dari sensor IMU, nilai arah sudut *Yaw* yang dihasilkan dapat lebih diandalkan.

5. Robot *Transporter*

Robot merupakan mesin yang dapat melakukan tugas tertentu baik secara otomatis, semi-otomatis, umumnya robot dapat diprogram dan dapat berinteraksi dengan lingkungan tempatnya beroperasi (Jochen Wirtz, 2018).

Penggunaan robot biasanya pada bidang yang berat, berbahaya atau pada pekerjaan berulang.

Gambar 3. Robot *Transporter*



(Sumber: OMRON, 2023)

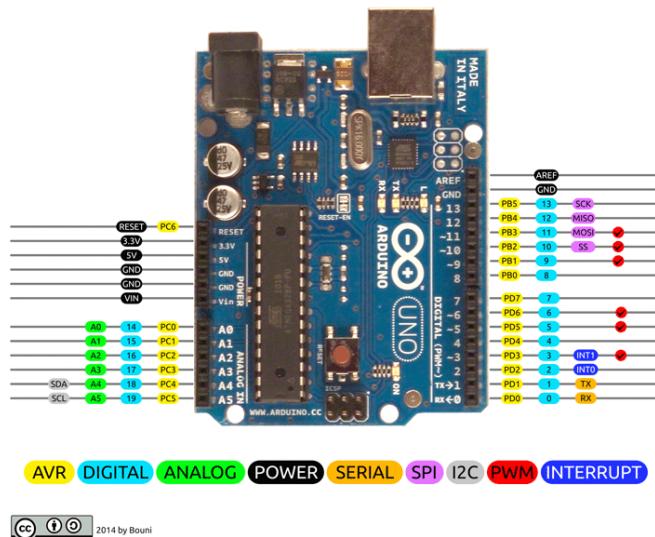
Menurut Ahsani dkk, Robot *transporter* merupakan robot yang dirancang untuk memindahkan benda antar tempat. Robot ini bergerak pada lingkungannya bisa dengan mengikuti garis, menggunakan koordinat atau dengan menggunakan sensor indera seperti proximity, atau kamera. Contoh robot *transporter* yang sudah diproduksi adalah robot *LD Cart Transporter* milik omron, atau MOBOT *Transporter* oleh WOBiT. Robot *transporter* banyak digunakan dalam industri logistik, dan penyimpanan. Penelitian ini berfokus pada robot *transporter* yang memindahkan benda diletakkan di bagian atasnya.

6. Mikrokontroller Arduino Uno

Arduino Uno merupakan mikrokontroler yang umum digunakan dalam pengembangan perangkat. Arduino Uno menggunakan chip atmega328p, dilengkapi dengan 14 pin *digital input/output*, dari pin tersebut ada 6 yang dapat dimanfaatkan sebagai *output* pwm, 6 *input* analog, selain itu, terdapat

koneksi USB, jack dan resonator keramik berfrekuensi 16 MHz. Mikrokontroler pada papan ini memiliki kapasitas memori *flash* sebesar 32 Kilobyte, SRAM sebesar 2 Kilobyte, dan EEPROM sebesar 1 Kilobyte. Daya untuk papan ini bisa disalurkan dari sambungan USB atau sumber daya eksternal dengan tegangan yang direkomendasikan antara 7 hingga 12V. Kemudahan dalam penggunaan menjadikan Arduino Uno sebagai alat yang ideal untuk berbagai aplikasi mulai dari kontrol robotika hingga sistem pengindraan atau otomasi. Pin yang ada pada papan arduino uno dapat dipakai untuk komunikasi I2C, komunikasi serial, pembaca dan pengendalian nilai digital serta analog.

Gambar 4. Mikrokontroler Arduino Uno



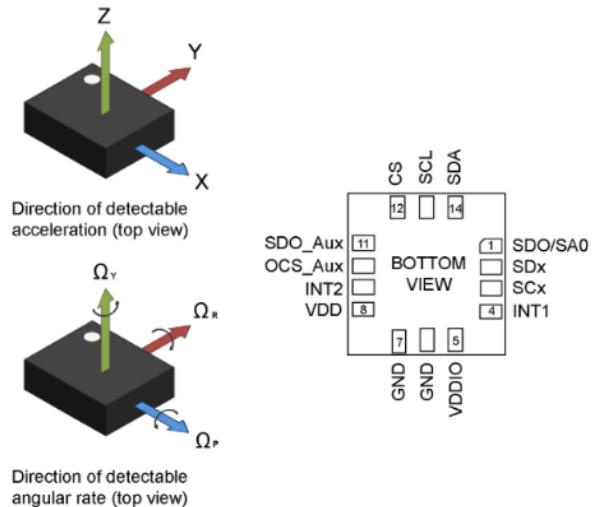
Sumber : (Bouni, 2014)

7. Sensor IMU Qwiic LSM6DSO

SparkFun Qwiic LSM6DSO merupakan alat pengukuran inersia atau *Inertial Measurement Unit* (IMU) yang dapat digunakan berbagai tujuan,

termasuk pemantauan gerakan, mentransmisikan sudut *euler*, membaca temperatur, deteksi kejut, ketukan dan ketukan dobel melalui protokol komunikasi I2C atau SPI. Sensor ini menggunakan tegangan *input* 3.3V dan menggunakan *logic* 3.3V pada I2C.

Gambar 5. Sensor IMU SparkFun Qwiic LSM6DSO



Sumber : (*STMicroelectronics, 2024*)

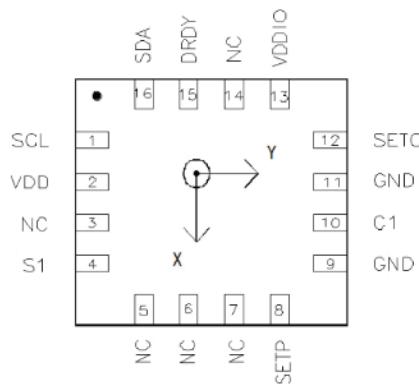
Sensor SparkFun Qwiic LSM6DSO yang memiliki dua sensor akselerometer, giroskop, dan mampu mendeteksi akselerasi linier, kecepatan rotasi sudut 6.6 ribu sampel per detik. Karena sensor ini mengandalkan gaya inersia yang dihasilkan oleh objek, sehingga idealnya data luaran sensor ini akan 0 ketika diam. Apabila dalam kondisi diam sensor ini menghasilkan nilai luaran selain 0, maka diperlukan kalibrasi untuk memperhalus hasil luaran, dan mengabaikan data luaran sensor apabila sensor dalam kondisi diam. Proses kalibrasi ini dilakukan dengan membaca nilai rerata luaran sensor ketika kondisi diam selama beberapa saat, dan membaginya dengan jumlah sampel yang diambil, lalu gunakan hasil tersebut sebagai batas bawah atau

batas minimal luaran sensor. Sensor IMU biasanya dipakai dalam perangkat *mobile* atau perangkat yang bergerak, seperti pesawat, *drone*, roket *payload*, robotika, dan lain-lain.

8. Sensor Kompas GY-271

Sensor GY-271 merupakan magnetometer atau sensor medan magnet bumi yang memanfaatkan *chip* HMC5883L atau QMC5883L. Sensor ini menggunakan sumber tegangan serta *logic* 5V.

Gambar 6. Sensor Kompas HMC5883L



Sumber : (*Honeywell, 2013*)

Sensor ini menggunakan protokol I2C untuk mengirim data dengan akurasi 1.3-8 Gauss dengan mikrokontroler. Selain itu, sensor ini juga memiliki pin DRDY (Data Ready) sebagai pin penunjuk ketika data siap dikirim. Ini berguna jika ingin mengambil data frekuensi tinggi.

9. Protokol Komunikasi I2C

Inter Integrated Circuit atau disingkat I2C merupakan protokol komunikasi bus dua jalur, jalur SDA atau Data dan jalur SCL atau *Clock* (waktu). Protokol ini dapat dipakai beberapa perangkat *slave* dalam satu jalur. Dan apabila terdapat beberapa perangkat yang tersambung dalam satu I2C,

semua perangkat terhubung ke jalur SDA dan SCL yang sama dari I2C tersebut.

Komunikasi jenis ini bersifat *synchronous half duplex bidirectional*, yang artinya penggunaan jalur data dilakukan secara bergantian antar (*half duplex*) dan komunikasi data dapat dilakukan antar perangkat (*bidirectional*) serta bentuk datanya blok atau *synchronous*. Dua jalur SDA dan SCL pada protokol komunikasi I2C berperan sebagai berikut:

a) *Serial Data Line* (SDA)

Serial data digunakan sebagai jalur komunikasi data utama antar perangkat. Jalur data ini bersifat dua arah, sehingga perangkat tersambung dapat saling mengirim data. Karena protokol ini dapat memiliki beberapa perangkat sekaligus, tiap perangkat dengan komunikasi ini memiliki identitas unik berformat *hexadecimal* yang telah ditentukan oleh pihak manufaktur, contohnya adalah 0x27 untuk alamat layar kristal LCD.

b) *Serial Clock Line* (SCL)

Serial clock digunakan sebagai jalur sinyal ketukan agar komunikasi tetap sinkron dalam ketukan yang sama. Dalam komunikasi I2C, Fadhillah (2021) menyatakan sinyal ini dikirim oleh master yang akan dipakai oleh semua perangkat dalam satu I2C tersebut.

10. Motor DC

Motor DC (*Direct Current*) merupakan aktuator yang memanfaatkan gaya elektromagnetik, bekerja dengan mengkonversi tenaga listrik menjadi tenaga mekanik, khususnya gerakan berputar.

Gambar 7. Motor DC Dengan Wadah *Gearbox*



Motor

Voltage	DC 3V	DC 5V	DC 6V
Current	100 mA	100 mA	120mA
Reduction rate	48:1		
RPM (With tire)	100	190	240
Tire Diameter	65mm		
Car Speed(m/minute)	20	39	48
Motor Weight (g)	29		
Motor Size	70mm*22mm*18mm		
Noise	<65dB		

(Sumber : Inovation, 2024)

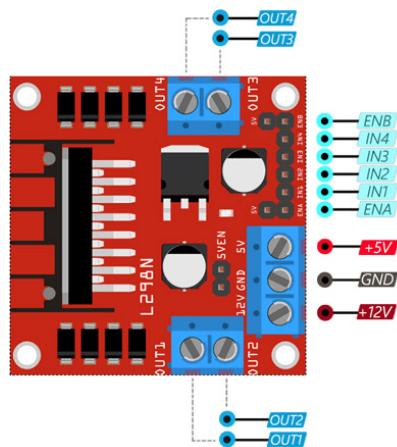
Pengendalian motor DC mencakup pengaturan arah dan kecepatan rotasi. Arah rotasi bisa berlawanan arah jarum jam (*Counter Clockwise/CCW*) atau mengikuti arah jarum jam (*Clockwise/CW*) tergantung pada konfigurasi yang digunakan. Kecepatan rotasi dipengaruhi oleh besarnya tegangan yang dialirkan serta berat beban yang digerakkan.

11. Driver Motor L298N

Driver motor L298N merupakan komponen elektronik yang berfungsi untuk mengendalikan polaritas tegangan yang keluar dengan memanfaatkan IC ST-L298N dan menerapkan konfigurasi *dual H bridge*. *Driver* ini dapat

bekerja dengan *input PWM* (*Pulse Width Modulation*) dengan tegangan 5-7V dan frekuensi 10Khz. Dengan tegangan masukan berkisar antar 5-46V *driver* motor ini mampu mengendalikan arah dan kecepatan motor pada luaranya yang menghasilkan arus daya maksimal 25W.

Gambar 7. *Driver* L298N



(Sumber : HiBit, 2023)

B. Kajian Penelitian Yang Relevan

Tabel 2. Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Kelebihan	Kekurangan
1.	Yuga Aditya Pratama 2013	Implementasi Sensor <i>Accelerometer</i> , <i>Gyroscope</i> Dan <i>Magnetometer</i> Berbasis Mikrokontroler Untuk Menampilkan Posisi Benda Menggunakan <i>Inertial Navigation System</i> (INS)	<ul style="list-style-type: none"> • Visualisasi pergerakan arah obyek • Komponen pendukung media sedikit, mudah direplika peserta didik 	<ul style="list-style-type: none"> • Pembacaan dilakukan pada obyek mati • Bentuk fisik media berada pada tahap dasar
2.	Lora Khaula Amifia dkk. 2020	<i>Design of Logistic Transporter Robot System</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Media bergerak otomatis mengikuti tanda • Mampu membawa beban mencapai 10kg 	<ul style="list-style-type: none"> • Estetika bentuk visual media masih dapat ditingkatkan • Komponen penyusun <i>hardware</i> media relatif mahal untuk direplika
3.	Ahmad Wafi Nurmukti Wibowo 2020	Metode <i>Odometry</i> Untuk Sistem Pemetaan Robot Dengan <i>Three Omni Directional Wheels</i> Sebagai Media Pembelajaran Robotika	<ul style="list-style-type: none"> • Desain visual robot menarik • Media pembelajaran layak digunakan sesuai evaluasi pengguna, ahli media dan ahli materi 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen penyusun <i>hardware</i> media relatif mahal untuk direplika

a) Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh

Yuga Aditya Pratama

Penelitian ini bermaksud mengembangkan media pembelajaran yang hidup (memiliki aktuator) yaitu robot *transporter* dengan memanfaatkan sensor *inertial measurement unit* (IMU) sebagai inputan navigasi. Kunci pembeda antara keduanya ialah pada penelitian yang

dilakukan Yuga Aditya Pratama media berupa benda mati, tanpa aktuator sehingga perlu digerakkan dengan gaya eksternal seperti tangan, sedang pada penelitian ini media memiliki aktuator utamanya motor dc sebagai penggerak *body* robot. Selain itu, penelitian ini juga membuat desain kerangka beserta *casing* penutup robot, sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Yuga Adiya masih dalam bentuk dasar tanpa dibuat *casing* komponen.

- b) Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Lora Khaula Amifia dkk.

Penelitian yang dilakukan oleh Lora Amifia dkk. bertujuan untuk mendesain robot *transporter* dengan wadah beban di atas robot. Dengan menggunakan rangka *alumunium profile*, *singleboard* komputer, mikrokontroler, kinect 3d kamera beserta 3 (tiga) sensor inframerah sebagai sistem navigasi dan juga motor PG, hasilnya robot mampu membawa beban mencapai 10kg. Komposisi penyusun yang mengedepankan fungsi ini menyebabkan desain visual robot dalam penelitian mereka tidak terlalu menyerupai robot yang ada di industri itu. Selain itu robot yang dihasilkan juga relatif mahal untuk direplika.

Penelitian ini sama-sama mengembangkan robot *transporter*, namun mengganti sensor kinect 3d kamera dengan sensor IMU yang dapat berkomunikasi langsung dengan mikrokontroler. Hal ini menghapus kebutuhan *singleboard* komputer dan meningkatkan kemudahan mereplika media robot *transporter* yang dihasilkan karena

komponennya relatif lebih murah. Selain itu, desain robot pada penelitian ini lebih mengedepankan kemiripan dengan desain robot yang ada pada industri, sehingga diharapkan dapat meningkatkan ketertarikan peserta didik.

- c) Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Wafi Nurmukti Wibowo

Penelitian ini bertujuan mengembangkan robot sebagai media pembelajaran, sama seperti penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Wafi, dengan perbedaan sensor navigasi yang dipakai dalam robot. Penelitian oleh Ahmad Wafi menggunakan sensor *rotary encoder* dan metode *odometry* sedangkan penelitian ini menggunakan sensor IMU. Penggunaan sensor navigasi IMU ini diharapkan dapat meningkatkan keselarasan media pembelajaran yang ada pada mata kuliah praktik robotika dengan perkembangan yang ada pada dunia industri.

C. Kerangka Berpikir

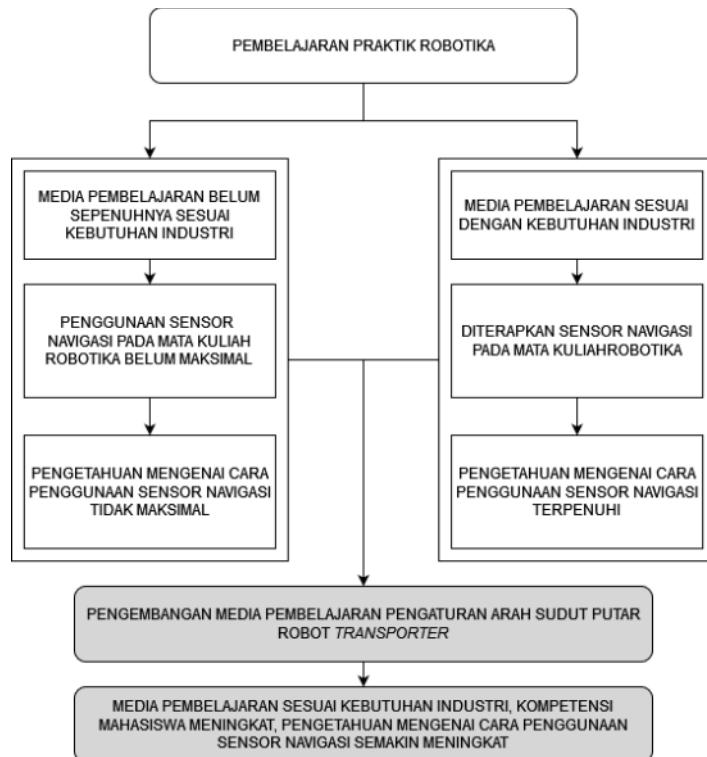
Saat ini, bidang robotika menjadi sektor yang krusial di dalam kehidupan masyarakat dan industri. Oleh karena itu penting bagi mahasiswa mempelajari materi robotika. Robot *Transporter* berguna untuk mengambil dan juga memindahkannya ke tempat lain. Terdapat berbagai jenis robot *transporter* yang menerapkan mekanisme atau sistem kendali berbeda-beda. Apalagi semakin cepatnya perkembangan pengetahuan, informasi dan teknologi membuat perkembangan di dunia robotika semakin pesat. Sehingga

materi yang dipelajari oleh mahasiswa perlu diselaraskan agar kompetensi yang mereka miliki dapat diaplikasikan pada lingkup yang lebih luas.

Pembelajaran Praktik Robotika yang dilakukan di Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta masih belum menggunakan materi yang selaras dengan teknologi di dunia industri saat ini. Dari uraian di atas maka dibuat media pembelajaran pembacaan nilai sudut melalui IMU pada mata kuliah praktik robotika. Hal itu dilakukan dengan harapan dapat meningkatkan kompetensi mahasiswa melalui materi yang dipelajari mereka pada mata kuliah praktik robotika, serta meningkatkan variasi materi yang ada pada mata kuliah praktik robotika.

Pengembangan media pembelajaran akan memakai model ADDIE yang memiliki lima langkah atau tahap. Media pembelajaran yang dihasilkan akan divalidasi oleh empat validator yaitu dua dosen ahli materi, dan dua dosen ahli media. Selain itu, materi yang dikembangkan juga akan diujicobakan pada mahasiswa dari Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika.

Gambar 8. Kerangka Berpikir



D. Pertanyaan Penelitian

Dari masalah yang diidentifikasi, menerapkan batasan permasalahan, rumusan masalah serta tujuan penelitian pada bab pertama, didapat beberapa poin pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membangun media pembelajaran dari Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* Pada Mata Kuliah Robotika?
2. Bagaimanakah unjuk kerja dan uji fungsi dari Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* Pada Mata Kuliah Robotika?

3. Berapa tingkat kelayakan dari Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* Pada Mata Kuliah Robotika?

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Model Pengembangan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pembelajaran yang dilengkapi dengan sensor IMU untuk digunakan dalam mata kuliah Praktik Robotika pada Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika, UNY. Penulis dalam penelitian ini memakai model ADDIE, sebuah kerangka kerja sistematis yang diperkenalkan oleh Robert Maribe Branch (2009), yang terdiri dari lima tahap: analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Dengan mengikuti tahapan atau langkah-langkah yang terstruktur tersebut, media pembelajaran yang dihasilkan diharapkan dapat selaras dengan kemajuan industri yang ada pada masa sekarang, memperluas ragam media pembelajaran, dan juga meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam proses belajar.

B. Prosedur Pengembangan

Proses penelitian pengembangan atau R&D dengan model ADDIE dikelompokkan menjadi lima tahapan, tahap tersebut yaitu *analyze, design, develop, implement, dan evaluation*. Prosedur pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* Pada Mata Kuliah Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, UNY sebagai Berikut:

1. *Analyze* (analisis)

Tahap ini melibatkan penilaian mendalam dalam konteks Pendidikan Teknik Mekatronika, dengan fokus khusus pada dinamika proses kegiatan pembelajaran. Kegiatan utama meliputi observasi terhadap praktik pengajaran yang saat ini digunakan dan efektivitas media pembelajaran yang ada. Proses observasi ini mencakup beberapa aspek, seperti mengidentifikasi tantangan potensial dalam pengajaran, merumuskan kompetensi yang perlu dikembangkan oleh mahasiswa, dan juga menilai lingkungan kelas dan keterlibatan mahasiswa dengan materi yang disampaikan. Hal ini termasuk mengamati susunan kurikulum dan RPS yang digunakan oleh Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika, mempelajari *labsheet* dan modul yang sesuai untuk mata kuliah praktik robotika beserta isi yang ada di dalamnya. Observasi ini memberikan wawasan penting mengenai kompetensi spesifik yang perlu ditingkatkan dalam mata kuliah praktik robotika supaya selaras dengan perkembangan yang ada pada dunia industri. Hasil observasi selanjutnya digunakan untuk mempertimbangkan media pembelajaran yang paling sesuai untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Sehingga media pembelajaran hasil penelitian dan pengembangan ini memberi peningkatan pada kompetensi yang tepat, yang dibutuhkan pada mata kuliah praktik robotika supaya lebih selaras dengan yang ada perkembangan pada dunia industri.

2. *Design* (desain)

Setelah tahap dilakukan analisis, tahap selanjutnya ialah desain. Dalam langkah kali ini, peneliti berfokus terlebih dahulu dalam identifikasi komponen yang akan digunakan untuk membangun robot dengan menerapkan sensor *inertial measurement unit*, identifikasi yang dilakukan meliputi *hardware* seperti mikrokontroler ESP32 *Devkit*, motor DC PG45, *driver* motor, sensor IMU, *body frame*, elektronik serta *software* seperti konfigurasi pin input dan *output* pada program arduino yang dipakai untuk memprogram gerak robot.

a. Desain Robot

Secara garis besar, tahap-tahap pada saat mendesain robot ialah langkah desain mekanik dan desain elektronik. Tahap desain mekanik dilakukan dengan menganalisis yang bersifat konseptual mengenai komponen-komponen serta peralatan yang diperlukan dalam pengembangan media pembelajaran robot. Komponen serta alat yang diperlukan seperti paku *rivet*, mur, baut, tang *rivet*, gerinda, tang, obeng, bor, besi *hollow* serta *body frame*. Selanjutnya dibuat desain berupa gambar 3D pada aplikasi autodesk inventor agar nantinya robot yang dibuat dengan menerapkan sensor IMU terealisasikan sesuai dengan konsep dan desain yang disusun sebelumnya.

Proses desain elektronik dilakukan perancangan desain yang bersifat konseptual mengenai komponen elektronik yang diperlukan dalam pengembangan media pembelajaran. Komponen tersebut di antaranya ESP32 *Devkit*, motor DC PG45, *driver* motor BTN7960B, serta IMU. Dilakukan

juga perancangan *shield* PCB untuk memudahkan pemasangan komponen elektronik. Selain itu, proses ini juga meliputi analisis komponen yang akan digunakan pada robot nantinya. Komponen yang dimaksud mencakup komponen mekanik dan elektronik.

b. Desain *Labsheet*

Proses desain *labsheet* Penggunaan Sensor *Inertial Measurement Unit* meliputi pemetaan kebutuhan *labsheet* berdasarkan analisis kompetensi yang telah dilakukan sebelumnya, penentuan judul-judul *jobsheet*, serta pengumpulan materi. Penentuan bahan serta alat yang nantinya dibutuhkan untuk praktik juga dilakukan pada tahap ini.

c. Desain Modul Pembelajaran

Proses desain modul dimulai dari pengumpulan keseluruhan materi yang digunakan dalam proses pembelajaran mata kuliah praktik robotika, dengan dasar hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Setelahnya, dikumpulkan informasi mengenai instruksi yang diperlukan dalam proses pembelajaran. Dilakukan juga desain sampul modul pembelajaran praktik robotika yang menggambarkan isi materi. Proses desain ini juga dilakukan adaptasi dengan menerapkan perkembangan ilmu pengetahuan dan informasi dalam proses pengembangannya, sehingga diharapkan dapat menambah wawasan mereka mengenai perkembangan yang terjadi di dunia industri, terutama dalam pemanfaatan sensor navigasi.

3. *Development* (pengembangan)

Pada proses ini, hasil rancangan dan analisis dari proses sebelumnya yang masih berupa konsep dilakukan pembuatan atau merealisasikan produk.

Tahapan pembuatan media meliputi:

- a. Pembuatan *hardware* atau media pembelajaran robot mata kuliah praktik robotika meliputi pembuatan kerangka robot, pemasangan komponen aktuator (motor dc, motor servo), pemasangan komponen elektronik termasuk pemasangan sensor (sensor IMU, sensor kompas, sensor ultrasonik) yang digunakan sebagai sumber *input* nilai sudut putar/rotasi robot.
- b. Memastikan komponen kerangka, aktuator (motor servo, motor dc), perangkat inputan (sensor IMU, sensor ultrasonik, sensor kompas), *lcd*, *pushbutton* dan elektronik lainnya berfungsi dengan baik.
- c. Pembuatan *labsheet* dan modul pendamping pembelajaran praktik robotika mengenai sensor navigasi IMU, sehingga mahasiswa lebih mudah memahami materi serta langkah pengoperasian media pembelajaran praktik robotika yang dikembangkan.
- d. Melakukan perbaikan apabila terdapat saran dan/atau masukan dari ahli materi dan ahli media setelah diujikan pada langkah *implementation*.

4. *Implementation* (penerapan)

Tahap implementasi dilakukan setelah media pembelajaran sepenuhnya dikembangkan. Tahap ini melibatkan penerapan alat pembelajaran dalam konteks pendidikan nyata untuk mengevaluasi kepraktisan dan

efektivitasnya. Dalam penelitian ini, media pembelajaran yang diimplementasikan terdiri dari *Inertial Measurement Unit* (IMU) untuk mengukur sudut rotasi robot. Implementasi dilakukan dalam program Pendidikan Teknik Mekatronika di Universitas Negeri Yogyakarta. Sebelum implementasi, mahasiswa diberikan modul dan lembar lab untuk membimbing proses pembelajaran mereka. Peneliti kemudian mendemonstrasikan cara penggunaan media pembelajaran dengan benar. Setelah demonstrasi, mahasiswa diundang untuk menilai alat tersebut, dan umpan balik mereka dikumpulkan untuk memberikan informasi dalam penyempurnaan lebih lanjut media pembelajaran mata kuliah praktik robotika.

5. *Evaluation* (evaluasi)

Tahap evaluasi merupakan tahap perbaikan dengan tujuan meningkatkan serta memperbaiki kualitas media pembelajaran itu sendiri, sehingga diharapkan media pembelajaran yang dikembangkan siap digunakan. Tahap ini dilakukan setelah memperoleh saran dan masukan sesuai dengan proses yang berlangsung. Proses desain dan evaluasi mendapatkan masukan dari dosen pembimbing skripsi. Untuk proses pengembangan atau *development* masukan didapatkan dari ahli media. Sedangkan pada saat implementasi, masukan didapat dari pengguna atau mahasiswa yang telah melihat dan mencoba media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* yang dikembangkan.

C. Desain Uji Coba Produk

1. Tempat dan Waktu Uji Coba

Penelitian ini dilakukan secara individu oleh peneliti selama dua bulan, dari Agustus hingga September 2024. Penelitian ini dilaksanakan dalam program Pendidikan Teknik Mekatronika, yang merupakan bagian dari Fakultas Teknik di Universitas Negeri Yogyakarta. Peneliti memilih lokasi ini karena relevansinya yang langsung dengan fokus penelitian, serta memberikan konteks yang mendukung untuk pengembangan dan evaluasi media pembelajaran yang sedang diteliti.

2. Subjek Uji Coba

Peserta untuk penelitian kali ini terdiri dari mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika di Universitas Negeri Yogyakarta yang saat ini terdaftar dalam atau telah menyelesaikan mata kuliah Praktik Robotika. Pemilihan ini signifikan karena peserta tersebut memiliki pengalaman langsung dengan materi robotika, yang sangat relevan dengan fokus penelitian. Selain itu, penelitian ini juga melibatkan dosen dari Departemen Pendidikan Teknik Elektro yang memiliki keahlian dalam materi dan media pembelajaran yang relevan. Keterlibatan dosen ini bertujuan untuk memberikan evaluasi yang lebih komprehensif mengenai efektivitas media pembelajaran yang dikembangkan dan untuk memastikan bahwa penilaian mahasiswa didasarkan pada standar akademik yang telah ditetapkan.

3. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian mengenai Pengembangan Media Pembelajaran untuk Mengendalikan Sudut Rotasi Robot Transportasi Menggunakan Sensor *Inertial Measurement Unit* dalam mata kuliah Robotika menggunakan metode pengumpulan data yang melibatkan kuesioner skala Likert dengan empat poin. “Kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawab” (Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D, 2020, p. 199). Lanjut Sugiyono (2020) menyatakan, kuesioner menjadi teknik yang efisien apabila peneliti mengetahui variabel yang hendak diukur, serta mengetahui jawaban yang diharapkan dari para responden. Kuesioner ini terdiri dari pernyataan terkait media pembelajaran, yang harus dilengkapi oleh responden, sehingga peneliti dapat mengumpulkan umpan balik yang akan menginformasikan perbaikan yang diperlukan. Dengan demikian, tujuan utama dari kuesioner ini adalah untuk mengevaluasi kesesuaian produk yang dikembangkan sebagai media pembelajaran.

4. Pengujian Instrumen

a. Validitas

Istilah "valid" menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) merujuk pada sesuatu yang sesuai dengan norma yang telah ditetapkan, dapat diterapkan, autentik, atau sah. Dalam konteks penelitian, Sugiyono (2016) mengemukakan bahwa suatu instrumen dianggap

valid jika instrumen tersebut secara efektif mengukur apa yang dirancang untuk diukur. Oleh karena itu, uji validitas sangat penting untuk mengevaluasi kesesuaian dan keandalan alat pengukuran yang digunakan dalam penelitian. Penilaian validitas ini krusial dan memerlukan keterlibatan para ahli yang dapat memberikan konsultasi yang berharga. Keterlibatan para ahli memberikan perspektif objektif, memastikan bahwa instrumen pengukuran memenuhi standar yang diperlukan untuk memperoleh hasil penelitian yang akurat dan dapat diandalkan.

b. Reliabilitas

Uji reliabilitas bermaksud untuk mengetahui tingkatan konsistensi dari instrumen yang digunakan. Instrumen dapat dianggap memiliki reliabilitas yang memadai jika ketika diukur beberapa kali, menghasilkan hasil yang konsisten atau mendekati sama, seperti yang dikatakan Arifin (2014) reliabilitas yaitu tingkat konsistensi instrumen yang terkait Instrumen Penelitian.

5. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat ukur untuk mengukur suatu objek, data dari berbagai variabel dikumpulkan kemudian diolah sedemikian rupa dan diperiksa validitas dan reliabilitasnya. Alat penelitian yang digunakan dalam penelitian Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit* Pada Mata Kuliah Robotika menggunakan angket skala likert empat poin sebagai ukuran

kelayakan. Survei ini diisi oleh mahasiswa ahli materi, ahli media, dan pengguna media pembelajaran. Peralatan berikut akan digunakan:

a. Instrumen Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Ahli Materi

Uji kelayakan dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian materi pembelajaran yang dikembangkan. Penilaian ini melibatkan tiga aspek utama yang dievaluasi oleh para ahli materi: relevansi materi terhadap tujuan pembelajaran, penyajian materi, dan bahasa yang digunakan.

Tabel 3. Kisi-Kisi Instrumen Materi

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

b. Instrumen Kelayakan Media Pembelajaran Oleh Ahli Media

Uji kelayakan digunakan untuk menilai kesesuaian media pembelajaran yang dikembangkan. Seperti yang dinyatakan oleh Walker dan Hess, sebagaimana dikutip dalam Cecep Kustandi (2011), kriteria evaluasi untuk media pembelajaran didasarkan pada tiga aspek: konten dan tujuan, aspek pembelajaran, serta aspek teknis. Para ahli media melakukan evaluasi mereka dengan mengisi kuesioner yang dirancang untuk menangkap wawasan mereka tentang kriteria ini.

Tabel 4. Kisi-Kisi Instrumen Ahli Media

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

c. Instrumen Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Pengguna

Uji kelayakan bertujuan untuk menilai kesesuaian media dan materi pembelajaran yang dikembangkan pada tiga aspek utama yaitu: kualitas konten dan tujuan, kualitas pembelajaran, dan kemudahan penggunaan

Tabel 5. Kisi-Kisi Instrumen Kelayakan Pengguna

No	Aspek	Indikator	No. Butir
1	Kualitas Pada Isi dan Tujuan	Kemenarikan	1
		Kesesuaian materi dengan RPS	3
		Kejelasan Materi	4, 5, 6
		Menambah Pengetahuan	2
2	Kualitas Pada Pembelajaran	Kejelasan Pada Modul	7, 16, 17
		Memberikan dampak bagi pendidik dan pembelajarannya	12, 13
		Variasi Materi	14
		Menambah Keaktifan	18
		Memberikan Dampak bagi Peserta Didik	15
3	Penggunaan	Kemudahan	8, 11
		Motivasi Untuk Belajar	9
		Menambah Semangat	10

6. Teknik Analisis Data

Penelitian ini melibatkan pengumpulan data melalui kuesioner yang disebar kepada mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika dan dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif. Menurut Sugiyono (2015), analisis deskriptif digunakan sebagai kerangka kerja untuk memberikan gambaran tentang tingkat penafsiran objek yang diteliti dan mencakup variabel independen seperti kelayakan dan tingkat disiplin.

Data penelitian dikumpulkan melalui survei yang menggunakan skala Likert dengan empat pilihan respon: Sangat Setuju (4), Setuju (3), Tidak Setuju (2), dan Sangat Tidak Setuju (1). Keputusan untuk memilih skala Likert empat poin dianggap lebih efektif daripada skala lima poin karena mendorong responden untuk memberikan jawaban yang lebih pasti dengan menghilangkan opsi untuk pilihan netral atau tidak yakin. Diharapkan hasil analisis dapat memberikan pemahaman yang lebih jelas dan akurat mengenai persepsi mahasiswa terhadap materil pembelajaran yang telah dikembangkan.

Tabel 6. Skala Likert (*Likert, 1932*)

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

Penelitian dengan judul Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* Pada Mata Kuliah Robotika ini memiliki beberapa

variabel yang dipakai dalam proses pengembangan media pembelajaran, variabel tersebut sebagai ialah:

- Lima kategori kelas interval yaitu: sangat layak, layak, cukup, kurang layak, tidak layak
- Skor tertinggi dan skor terendah sesuai rumus

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

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

- Pembatasan nilai tengah ideal dan simpangan baku ideal

$$X_i = (S_{\max} + S_{\min}) / 2$$

$$Sb_i = (S_{\max} - S_{\min}) / 6$$

- Nilai/tingkat kelayakan media pembelajaran seperti dijabarkan pada tabel kelayakan dibawah.

Tabel 7. Tabel Kelayakan (*Widiyoko, 2012*)

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

Hasil skor tersebut menjadi acuan penentuan tingkat kelayakan media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* Pada Mata Kuliah Robotika yang dikembangkan, baik oleh dosen ahli materi, dosen ahli media dan juga pengguna.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

A. Hasil Pengembangan Produk

Penelitian dengan metode R&D dengan model ADDIE ini telah melalui proses uji kelayakan oleh ahli media, ahli materi, dan pengguna. Hasil dari pengujian tersebut berupa penilaian dan saran dari penguji, yang digunakan sebagai masukan pada langkah revisi sesuai dengan masukan yang diberikan.

Tahapan penelitian ADDIE yang dilakukan mencakup:

1. Hasil *Analyze*

Sepanjang proses penelitian, observasi dan wawancara dilakukan dengan mahasiswa yang telah menyelesaikan atau saat ini sedang mengikuti mata kuliah Praktik Robotika dalam Program Studi Pendidikan Mekatronika. Pendekatan ini bertujuan untuk mendapatkan informasi, pemahaman mengenai pengalaman belajar mereka dan perspektif terkait media pembelajaran yang digunakan. Hasil wawancara dan observasi ini sebagai berikut:

- a. Sebagian besar mahasiswa belum mengetahui sensor *inertial measurement unit* (IMU) yang digunakan pada robot *transporter*.
- b. Materi serta media pembelajaran mengenai sensor *inertial measurement unit* (IMU) belum banyak tersedia.
- c. Media dan fasilitas pembelajaran dalam hal pemanfaatan sensor navigasi belum dimanfaatkan secara maksimal oleh pendidik.

d. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, maka dikembangkan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit*.

2. Hasil *Design*

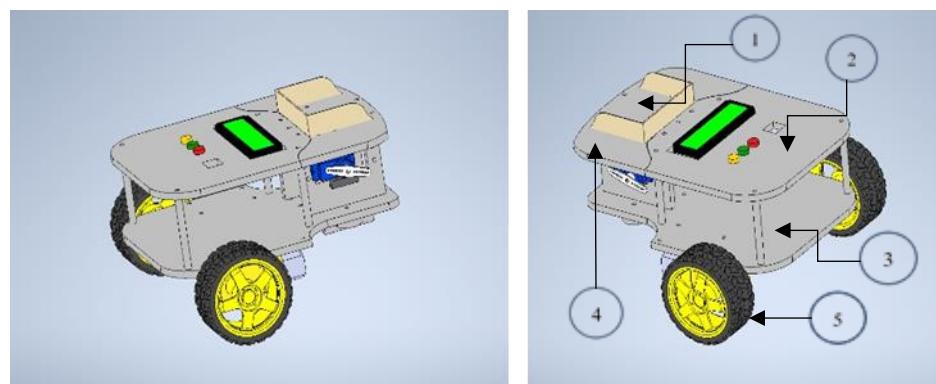
Proses ini mencakup perancangan elektronik, perancangan robot serta perancangan media pembelajaran. Proses desain ditujukan sebagai dasar pengembangan media pembelajaran sebelum lanjut ke proses berikutnya.

a. Perancangan Robot

1) Mekanik

Proses desain Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* dilakukan pada aplikasi Autodesk Inventor 2024. Robot di desain menggunakan akrilik sebagai kerangka utama. Berikut gambar hasil desain pada Autodesk Inventor 2024:

Gambar 9. Desain Robot *Transporter*



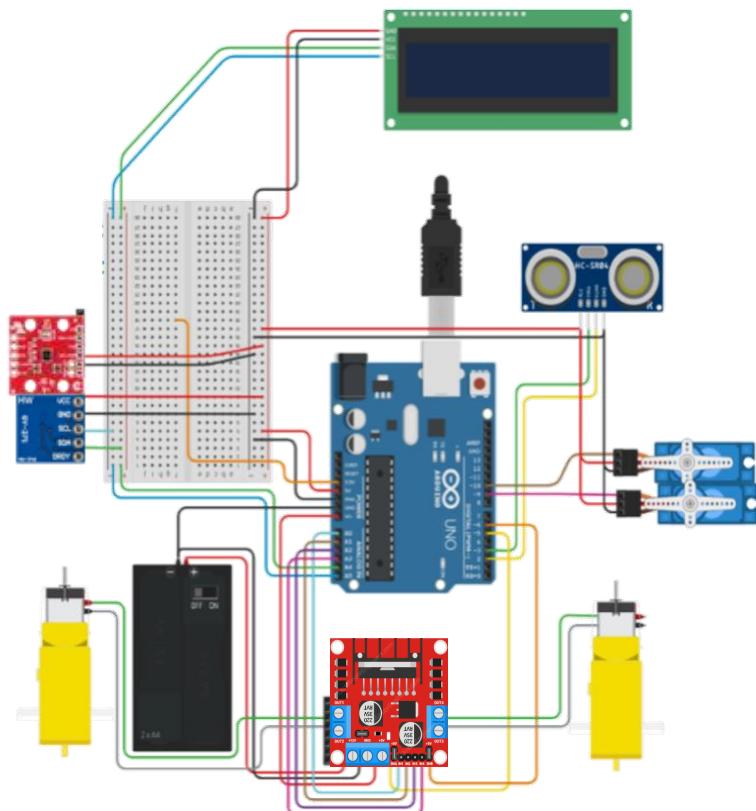
Tabel 8. Dimensi Robot

No.	Nama	Dimensi (PxLxT)
1.	Wadah Benda	27x52,5x15(mm)
2.	Penutup Utama	76,5x132x5(mm)
3.	Base Robot	182x132x5(mm)
4.	Penutup Depan	78,46x132x5(mm)
5.	Roda	ø 61,15(mm)

2) Elektronik

Rangkaian elektronik dibangun di atas pcb dengan penghubungan komponen menggunakan kabel pita dan kabel *jumper* ke pin yang sudah ditentukan. Proses desain pcb dilakukan pada *software easyEda* yang merupakan aplikasi berbasis web. Berikut hasil perancangan elektronik:

Gambar 10. Wiring diagram robot *transporter*



3) Komponen

Dalam proses perancangan pengembangan media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit*, peneliti membuat daftar beberapa komponen utama yang dibutuhkan untuk membuat media pembelajaran seperti pada tabel 6:

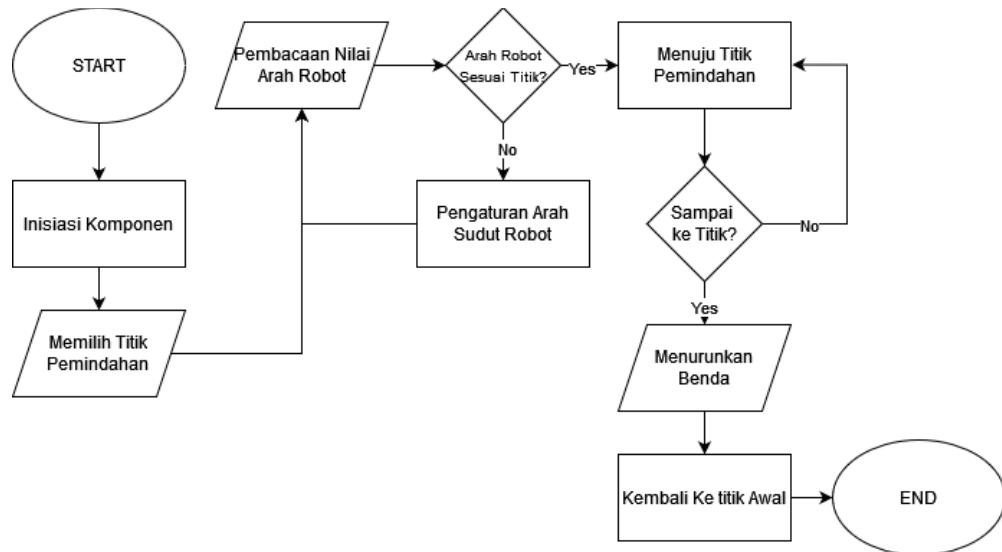
Tabel 9. Komponen Penyusun Robot *Transporter*

No.	Nama Komponen	Jumlah	Keterangan
1.	Arduino Uno	1 Buah	Mikrokontroler
2.	Sensor LSM6DS0	1 Buah	Sensor IMU
3.	Sensor GY-271	1 Buah	Sensor Kompas
4.	Sensor HCSR04	1 Buah	Sensor Ultrasonik
5.	Motor Servo Sg90	2 Buah	Penggerak Robot
6.	Motor DC <i>Gearbox</i>	2 Buah	Penggerak Kap Robot
7.	Driver L298N	1 Buah	<i>Driver Motor</i>
8.	Modul MP1548	1 Buah	<i>Stepdown Power</i>
9.	Pushbutton	3 Buah	Tombol Pengatur Robot
10.	Baterai 18650 3,7V	2 Buah	Sumber daya robot
11.	Akrilik	50cm x 50cm	Kerangka Penyusun Robot

b. Penyusunan Program

Proses pengembangan program pada Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* dengan sensor *Inertial Measurement Unit* menggunakan *software* Arduino IDE. Pada aplikasi ini dilakukan beberapa pengaturan awal seperti pemilihan *Board* Arduino Uno, pemilihan *Port* yang tersambung dan mengunduh *library* yang belum tersedia pada aplikasi.

Gambar 11. *Flowchart* Program



c. Perancangan Media Pembelajaran

Proses ini dijadikan sebagai dasar merancang materi modul dan *labsheet*. Hasil dari proses ini berupa judul serta tujuan pembelajaran. Secara garis besar modul pembelajaran mempelajari teori sensor IMU, pemrosesan nilai sensor IMU, *software* yang digunakan dalam memprogram, langkah pemrograman, spesifikasi robot, dan pengoperasian robot. Secara garis besar, *labsheet* yang dikembangkan tersusun atas: tujuan, dasar teori, alat dan bahan, langkah kerja, dan tugas. Materi *labsheet* terdiri dari tiga uraian, yaitu:

1) *Labsheet 1 : Pemrograman Motor DC Pada Robot Transporter*

Labsheet ini akan berfokus mengenai dasar kendali motor dc dengan mikrokontroler, metode kendali motor dengan *pulse width modulation* (pwm) serta pengenalan komponen yang digunakan.

2) *Labsheet 2* : Pemrograman Sensor IMU Pada Robot *Transporter*

Dengan *labsheet* ini diharap mahasiswa dapat memahami cara pemanfaatan sensor IMU dan sensor kompas, cara mengolah luarannya sampai mendapat nilai sudut dan juga cara mengurangi nilai kesalahan pembacaan sensor tersebut.

3) *Labsheet 3* : Pemrograman Robot *Transporter* Dengan Sensor IMU

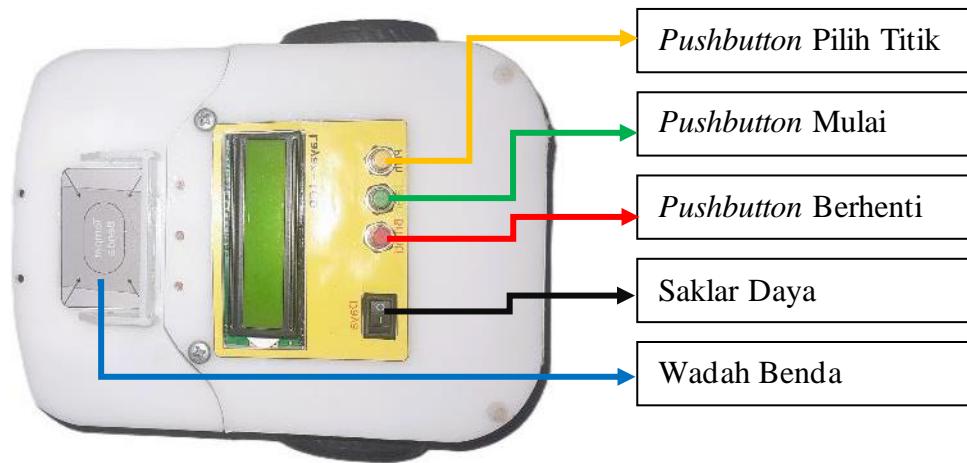
Labsheet ini penerapan dua *labsheet* yang sebelumnya. Pemanfaatan sensor navigasi IMU untuk menentukan arah sudut target. Dasar teori aktuator dan sensor yang digunakan, serta cara pemakaianya dalam robot.

3. Hasil *Development*

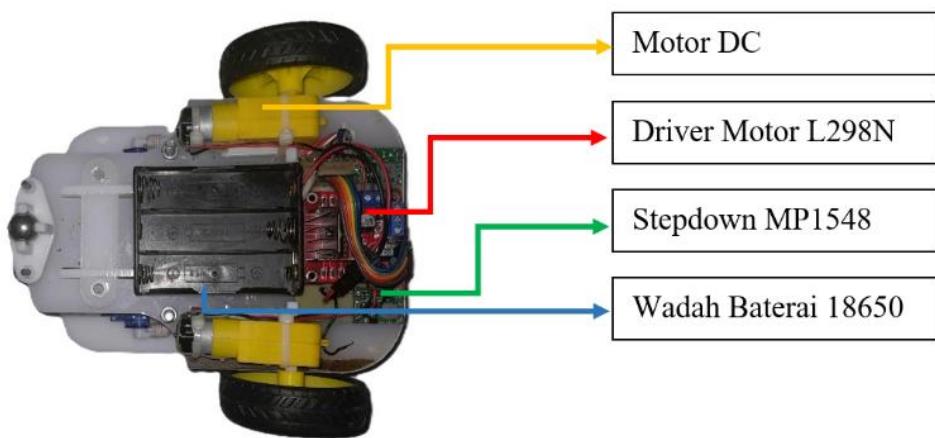
a. Hasil Akhir Robot

Penyusunan robot dimulai dari pembuatan kerangka akrilik dengan laser *cutting*. Ukuran dan bentuk kerangka dibuat sesuai dengan desain yang telah dibuat sebelumnya. Setelah kerangka telah siap, komponen-komponen dirangkai pada kerangka. Selanjutnya kerangka dirangkai sehingga komponen hasil akhir robot lebih menarik bagi peserta didik. Berikut bentuk akhir robot:

Gambar 12. Hasil Robot *Transporter* Tampak Atas



Gambar 13. Hasil Robot *Transporter* Tampak Bawah



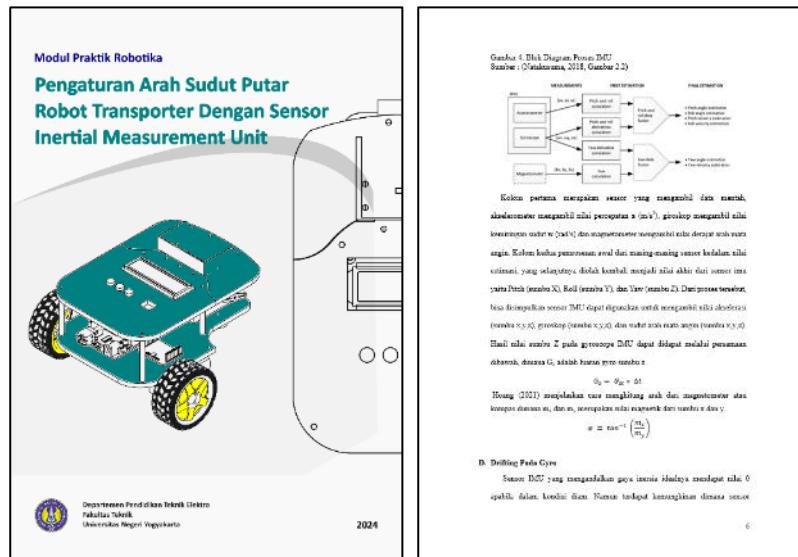
b. Hasil Modul Dan *Labsheet*

i. Modul Pembelajaran

Modul pembelajaran bertujuan sebagai penjelasan mengenai media pembelajaran robot yang dikembangkan. Modul pembelajaran yang disusun terdiri dari Pendahuluan, dan Materi. Penjelasan komponen, dasar materi dan petunjuk penggunaan media pembelajaran robot tersusun pada bagian materi.

Berikut hasil dari modul pembelajaran:

Gambar 14. Modul Pembelajaran



ii. *Labsheet*

Modul yang dikembangkan sebelumnya di kembangkan dan dipecah lagi menjadi *labsheet*. Isi dari *labsheet* ini berupa kompetensi, dasar teori, alat instrumen, keselamatan kerja, langkah, dan tugas. Berikut gambar hasil dari *labsheet*.

Gambar 15. *Labsheet*

DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
Labsheet 2	Pengembangan Motor DC Pada Robot Transporter	No. Job: 01
Biev. 01	Tgl. 20/2/24	4 x 50 menit
A. Kompetensi Mahasiswa dapat mengontrol motor DC. B. Sab Kompetensi Sesuai teknik praktik, ditarapkan: 1. Mahasiswa dapat mengontrol sistem pengontrol motor DC menggunakan PWM. 2. Mahasiswa dapat mengontrol sistem pengontrol motor DC. C. Dasar Teori 1. Robot Transporter Robot transporter merupakan sistem robot yang dirancang untuk memindahkan barang di berbagai industri seperti industri manufaktur, perpustakaan dan layanan kesehatan. Sistem pengontrolan robot transporter berorientasi pada sistem arah yang stabilisasi kontrol arah halus dan umpan balik. dengan sifatnya sebagai sistem kontrol dan sistem matematika yang sangat tinggi. Dengan pengetahuan ini, peserta didik dapat mempelajari berbagai konsep dan teknologi robot transporter dan aplikasinya dalam dunia industri dan bisnis. 2. Mikrokontroler Arduino Uno Arduino Uno merupakan mikrokontroler yang sering digunakan dalam pengembangan proyek. Arduino Uno memiliki 14 pin input/output digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, jeda daya, header ICSP, dan tombol reset. Mikrokontroler pada papan ini memiliki memori flash sebesar 22 KB, SRAM sebesar 2 KB, dan EEPROM sebesar 1 KB. Papan ini dapat dibeli dari toko online koneksi USB atau sumber daya eksternal dengan tegangan yang dikonfirmasikan antara 7-12V. Kombinasi pemrosesan keras yang tinggi dan pemrosesan lembut yang sudah digunakan membuat Arduino Uno sebagai alat yang ideal untuk berbagai aplikasi rumah dan kontrol robotika kimpung sistem pengintervensi dan otomasi rumah. 3. Gerotor Motor DC Motor DC merupakan alat elektromagnetik yang menyebabkan tegangan listrik menjadi tenaga mekanik. Mahasiswa gelasir dapat mengontrol gerotor motor DC		
Dosen Wali:	Pakar Teknik	Diperbaiki Oleh:
Muhammad Subairah	Universitas Negeri Yogyakarta	

DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
Labsheet 5	Pengembangan Motor DC Pada Robot Transporter	No. Job: 01
Biev. 01	Tgl. 20/2/24	4 x 50 menit
melalui penentuan arah dan kecepatan putar. Arah putaran dapat searah jarum jam (Clock Wise/CW) atau berlawanan arah jarum jam (Counter Clock Wise/CCW), tergantung konfigurasi yang diberlakukan. Kecepatan putaran ditunjukkan oleh besar tegangan yang mengalir melalui motor 5-15V, mengingat pola tahan laju. Dalam motor ini terdapat planetary gear dengan perbandingan 1:49 dengan torus 0.45N.m. 4. Driver Motor L298N Driver motor L298N merupakan komponen elektronik yang berfungsi untuk mengendalikan pola tarikan tegangan yang besar dengan memanfaatkan IC ST1-L298N dan memperoleh konfigurasi dual H bridge. Driver ini dapat bekerja dengan input PWM (Pulse Width Modulation) dengan tegangan 5-7V dan faktor 10KHz. Dengan tegangan maksimum kerja sekitar 5-6V, driver motor ini mampu mengendalikan arah dan kecepatan dengan daya maksimal 2.4W. 5. Pulse Width Modulation (PWM) Pulse Width Modulation (PWM) adalah teknik yang sering digunakan dalam mengontrol besar tegangan yang diberikan ke suatu pemroses listrik. Pemroses ini memiliki modus digital dan memperoleh bentuk digital, dilambangkan dengan menggunakan bit pada bentuk programata biner sebagai matanya. Untuk pengetahuan teknik yang dilakukan dan menjalankan frekuensi yang konstan. Selain itu, ketegangan atau PWM statik kemungkinan untuk menyebabkan konvensi daya yang off-on dengan tidak selang waktu yang tidak selang dibandingkan moto listrik, sehingga perlu dilakukan seperti pengendalian motor, power inverter, dan pengendalian tegangan (Bhagat-Motagi et al., 2019). Karena motor ini menggunakan silai digital, sehingga banyak mikrokontroler yang menggunakan metode ini. Pada mikrokontroler ini ada lima pin yang mewakili 253 sederhana pada 10bit mencapai 1023. Secara kesatuan, PWM memiliki peran penting dalam sistem elektronika daya motor, dengan memperbaiki nirkawasaki kontrol yang efisien serta fleksibel untuk berbagai aplikasi. Pengontrolan motor DC melalui posistion arah dan kecepatan putar. Arah putaran dapat searah jarum jam (Clock Wise/CW), tergantung konfigurasi yang diberlakukan.		
Dosen Wali:	Pakar Teknik	Diperbaiki Oleh:
Universitas Negeri Yogyakarta	Universitas Negeri Yogyakarta	

4. Hasil *Implementation*

a) Mempersiapkan Pengajar

Pada tahapan ini, para pengajar akan mendapatkan penjelasan mengenai penggunaan dan operasi media pembelajaran Kendali Gerak Putar Robot *Transporter* dengan Sensor IMU, serta diberi materi pembelajaran berupa modul dan *labsheet* agar pengajar dapat menyampaikan materi tersebut kepada peserta didik.

b) Mempersiapkan Peserta Didik

Pada tahapan ini, peserta didik akan mendapatkan pengenalan awal tentang media pembelajaran Kendali Gerak Putar Robot *Transporter* dengan Sensor IMU. Selanjutnya, mereka akan diminta untuk menyiapkan *labsheet* yang telah diberikan, dan melakukan praktik sesuai langkah-langkah pada *labsheet* untuk memahami cara kerja dari media pembelajaran tersebut secara mandiri.

5. Hasil *Evaluation*

Proses evaluasi langkah desain, perubahan terjadi pada mekanisme pemindahan pada robot, dari *gripper* menjadi bak/wadah bergerak. Pada proses develop, perubahan baterai dari LiPo menjadi 18650, dan benda yang dipindah dari kotak kertas menjadi wadah plastik. Selama proses implementasi, peneliti melakukan revisi yang didapat dari umpan balik yang diterima dari para ahli materi dan ahli media. Setelah melakukan perbaikan berdasarkan saran yang diberikan oleh para ahli ini, hasil uji kelayakan untuk materi dan media menunjukkan bahwa sumber daya yang dikembangkan

sesuai untuk tujuan penelitian. Namun, terdapat rekomendasi untuk perbaikan lebih lanjut di beberapa area, seperti yang dijelaskan di bawah ini.

Tabel 10. Saran Dan Perbaikan Dari Dosen Ahli

No.	Validator	Saran dan Perbaikan
1.	Sigit Yatmono, ST., M.T. (Ahli Materi 1)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gambar 17 pada modul perlu ditambah tabel koneksi antar komponen ✓ <i>Labsheet</i> 2 dan 3 ditentukan arah dan titik kompas awal agar praktik lebih mudah pengamatannya.
2.	Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs. (Ahli Materi 2)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Listing program pada modul di sajikan tiap bagian dan dijelaskan
3.	Vando Gusti Al Hakim, S.Pd., M.Sc. (Ahli Media 1)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bagian bab materi pada modul disarankan untuk memecah menjadi beberapa sub bab. ✓ Aksesoris media harus berbahan yang lebih layak, misal kertas busurnya dilaminasi. ✓ Perlu ada link yang merujuk pada program lengkap/sebagian dikosongkan. ✓ Pada labsheet perlu dibuat panduan cara men-set up environment dari seluruh media pembelajaran. Mulai dari letak pemasangan awal robot, posisi box, lokasi drop point, dsb. ✓ Pada robot, perlu diberi label teks menunjukkan fungsi PB1, 2, 3. Misal label PB1 "Pilih Sudut", PB2 "Jalankan", PB3 "Stop." ✓ Perbaiki typo, misal trannsporter (pada LS 2). ✓ Akan lebih memudahkan mhs jika setiap LS ada gambar u/ memvisualisasikan task apa yang akan dilakukan mhs.
4.	Muhammad Lutfhi Hakim, S.T., M.Eng. (Ahli Media 2)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Menambahkan keterangan pada robot seperti tombol on/off, monitor dan tempat benda (harap sesuaikan dengan labsheet)

B. Hasil Uji Coba Produk

Uji coba produk bertujuan untuk mengetahui kelayakan dari media pembelajaran.

Hasil dari uji coba produk sebagai berikut:

1. Uji Coba *Blackbox*

Uji Coba *blackbox* bertujuan untuk mengetahui kondisi fungsi tiap-tiap komponen yang digunakan dalam media pembelajaran. Hasil uji *blackbox* pada media pembelajaran Kendali Gerak Putar Robot *Transporter* dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 11. Hasil Uji *Blackbox*

No	Komponen Robot	Berfungsi	
		Ya	Tidak
1.	Tombol <i>Pushbutton</i> 1	✓	
2.	Tombol <i>Pushbutton</i> 2	✓	
3.	Tombol <i>Pushbutton</i> 3	✓	
4.	Saklar Daya	✓	
5.	<i>Stepdown</i> 7,4 ke 5v	✓	
6.	<i>Driver</i> motor l298n	✓	
7.	Motor DC 1	✓	
8.	Motor DC 2	✓	
9.	Motor <i>Servo</i> 1	✓	
10.	Motor <i>Servo</i> 2	✓	
11.	Sensor IMU LSM6DS0	✓	
12.	Sensor Kompas GY-271	✓	
13.	Sensor Ultrasonik HCSR-04	✓	
14.	Mikrokontroler Arduino UNO	✓	
15.	LCD	✓	

2. Pengujian Kendali Gerak Putar Robot

Pengujian gerak putar robot *transporter* bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi kendali gerak putaran robot menuju target sudut tertentu

dengan memanfaatkan sensor IMU. Terdapat empat sudut pilihan yang titiknya dapat diganti pada program, untuk pengujian ini, empat sudut tersebut yaitu 50° , 90° , 270° (50° ke arah kiri) dan 310° (90° ke arah kiri). Pengujian ini dilakukan pada dua kondisi, di mana robot membawa beban, dan robot tanpa membawa beban barang, dengan bantuan alas busur cetak sebagai pembanding kondisi real, nantinya nilai *error* didapat dari perbedaan antara titik akhir robot dengan titik nyata pada busur. Berikut hasil dari uji coba kendali gerak putar robot:

Tabel 12. Hasil Uji Coba Kendali Gerak Putar Robot Tanpa Beban

No.	Sudut (...°)	Percobaan Ke	Sudut Terukur (...°)	Eror (%)	Rerata Eror (%)
1.	50	1	47,7	4,60	5,9
		2	48,2	3,60	
		3	45,3	9,40	
2.	90	1	86,2	4,22	4,2
		2	85,1	5,44	
		3	87,4	2,89	
3.	270	1	267,9	4,20	6,0
		2	265,1	9,80	
		3	268,0	4,00	
4.	310	1	307,9	2,33	5,2
		2	304,9	5,67	
		3	303,2	7,56	

Penggunaan motor dc dengan torsi kecil dan *gearbox* kuning dengan rasio 1:48 masih menyebabkan roda macet apabila menyenggol *body* robot. Hal ini menyebabkan beberapa pengujian tanpa beban mengalami lonjakan eror. Sehingga pada pengujian gerak putar robot kondisi tanpa beban didapat rata-rata eror 5,31%. Selanjutnya, dilakukan tes pemindahan dengan beban wadah plastik seberat 65gr. Benda diletakkan pada wadah benda, yang berada

di bagian atas depan robot. Untuk hasil pengujian gerak putar robot dengan membawa beban dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 13. Hasil Uji Coba Kendali Gerak Putar Robot Dengan Beban

No.	Sudut (...°)	Percobaan Ke	Sudut Terukur (...°)	Eror (%)	Rerata Eror (%)
1.	50	1	44,80	5,20	6,6
		2	40,00	10,00	
		3	45,40	4,60	
2.	90	1	85,22	4,78	4,7
		2	83,89	6,11	
		3	86,78	3,22	
3.	270	1	269,11	4,80	5,8
		2	268,93	5,80	
		3	268,74	6,80	
4.	310	1	308,52	5,11	5,33
		2	308,39	5,56	
		3	308,45	5,33	

Penggunaan motor dc dengan torsi kecil dan *gearbox* kuning dengan rasio 1:48 masih menyebabkan roda macet apabila menyenggol *body* robot. Hal ini menyebabkan beberapa pengujian dengan beban mengalami lonjakan eror. Sehingga untuk pengujian gerak putar robot dengan membawa beban didapat rata-rata eror sebesar 5,61%.

3. Uji Kelayakan Materi dan Media Pembelajaran

Uji kelayakan bertujuan untuk mengevaluasi apakah produk yang dikembangkan memenuhi standar yang ditetapkan sebagai media pembelajaran yang efektif. Penilaian ini mencakup evaluasi terhadap media dan materi pembelajaran yang diisi oleh pengajar yang sebelumnya pernah mengajar mata kuliah Praktikum Robotika, khususnya dosen dari Departemen Pendidikan Teknik Elektro, UNY. Hasil penilaian kelayakan materi pembelajaran dirangkum dalam tabel berikut.

Tabel 14. Hasil Uji Kelayakan Ahli Materi

No.	Aspek Penilaian	Butir	Nilai Ahli 1	Nilai Ahli 2
1.	Relevansi Materi dengan Tujuan Pembelajaran	1	4	3
		2	4	3
		3	3	4
		4	4	3
		5	3	3
		6	4	4
		7	4	4
		8	3	3
		9	4	4
		10	3	3
2.	Penyajian	11	4	3
		12	3	4
		13	3	3
		14	3	3
3.	Bahasa	15	4	3
		16	4	3
Rata-Rata			55	

Evaluasi pada uji kelayakan materi dengan tiga faktor utama yaitu Relevansi Materi dengan Tujuan Pembelajaran, Penyajian dan Bahasa dengan menggunakan skala likert. Pengujian dilakukan oleh dosen Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta, yaitu Bapak Sigit Yatmono, ST., M.T. dan Bapak Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs. Hasilnya menunjukkan dari ahli materi pertama memperoleh nilai 57 dari 64 atau 89% dan ahli materi kedua memperoleh nilai 53 dari 64 atau 82%. Untuk hasil uji kelayakan ahli media dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 15. Hasil Uji Kelayakan Ahli Media

No.	Aspek Penilaian	Butir	Nilai Ahli 1	Nilai Ahli 2
1	Kebermanfaatan Media	1	4	4
		2	3	4
		3	4	3
		4	4	4
		5	4	4
		6	4	3
		7	4	4
		8	4	4
		9	4	4
		10	3	4
2	Kelengkapan Perangkat Media	11	4	3
		12	4	3
		13	4	4
		14	4	4
3	Kemudahan Pengguna	15	3	3
		16	4	4
		17	4	4
Rata-Rata			64	

Evaluasi pada uji kelayakan media dengan tiga faktor utama yaitu Kebermanfaatan Media, Kelengkapan Perangkat Media dan Kemudahan Pengguna dengan menggunakan skala likert. Pengujian dilakukan oleh dosen Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta, yaitu Bapak Vando Gusti Al Hakim, S.Pd., M.Sc. dan Bapak Muhammad Lutfhi Hakim, S.T., M.Eng. Hasilnya menunjukkan dari ahli materi pertama memperoleh nilai 65 dari 68 atau 95% dan ahli materi kedua memperoleh nilai 63 dari 68 atau 92%.

C. Analisis Data

Data hasil penilaian pada yang diperoleh sebelumnya dari ahli materi, ahli media, dan pengguna kemudian diakumulasikan dan dianalisis guna menentukan tingkat kelayakan dari media pembelajaran.

1. Analisis Data Kelayakan Materi

Dalam evaluasi kelayakan materi, faktor-faktor utama yang diperhatikan mencakup relevansi materi terhadap tujuan pembelajaran, kualitas penyajian, dan kejelasan bahasa. Penilaian kelayakan ini dilakukan oleh para ahli materi dari Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika di Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Setelah penilaian selesai, skor yang diperoleh dihitung dan dibandingkan dengan kategori yang telah ditetapkan untuk mengevaluasi kelayakan materi. Kategori untuk menilai kelayakan materi dijelaskan dalam tabel kategori penilaian kelayakan materi di bawah ini.

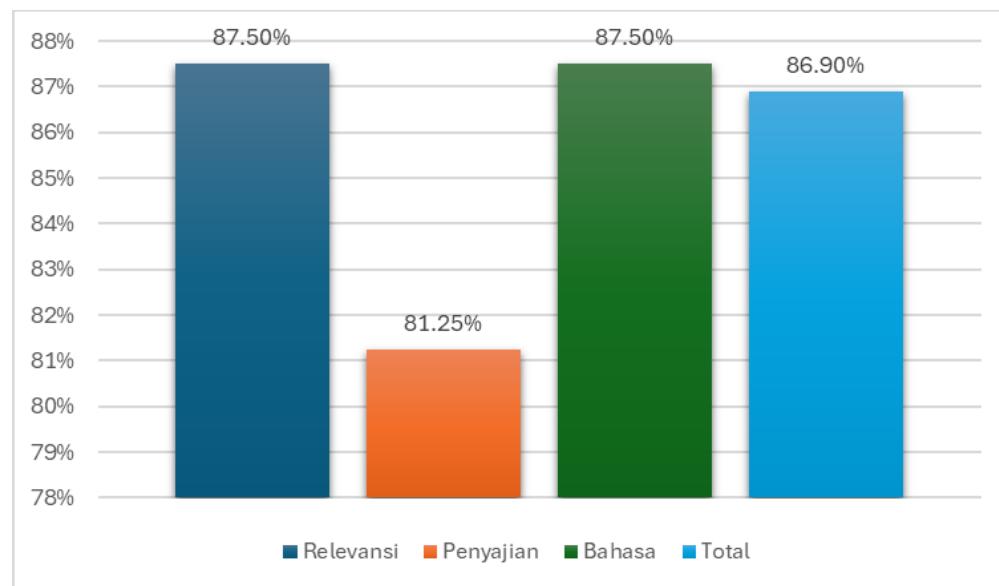
Tabel 16. Kategori Penilaian Kelayakan Materi

Kategori Penilaian	Interval Nilai	Percentase
Sangat Layak	$X > 54,4$	$X > 85\%$
Layak	$44,8 < X \leq 54,4$	$70\% < X \leq 85\%$
Cukup	$35,2 < X \leq 44,8$	$55\% < X \leq 70\%$
Kurang Layak	$25,6 < X \leq 35,2$	$40\% < X \leq 55\%$
Tidak Layak	$X \leq 25,6$	$X \leq 40\%$

Dengan menggunakan interval nilai yang telah ditentukan, hasil penilaian menunjukkan hasil kategori penilaian yang berbeda-beda untuk setiap faktor yang diuji. Jika skor rata-rata (X) melebihi 85%, materi dikategorikan sebagai "Sangat Layak." Skor rata-rata dalam rentang $70\% < X \leq 85\%$ mengategorikan materi sebagai "Layak." Jika skor rata-rata berada di antara $55\% < X \leq 70\%$, materi dianggap "Cukup." Skor rata-rata dalam rentang $40\% < X \leq 55\%$ mengklasifikasikan materi sebagai "Kurang Layak," sedangkan skor rata-rata $X \leq 40\%$ mengkategorikan materi sebagai "Tidak Layak." Hasil

evaluasi mengenai kelayakan ahli materi untuk media pembelajaran disajikan dalam tabel analisis hasil uji kelayakan ahli materi berikut.

Gambar 16. Visualisasi Hasil Uji Kelayakan Ahli Materi



Berdasarkan hasil evaluasi yang diberikan oleh para ahli materi, dua dari tiga aspek yang dinilai dari media pembelajaran dikategorikan sebagai "Sangat Layak", yaitu aspek relevansi materi dan bahasa. Hasil penilaian sangat layak pada aspek relevansi materi menandakan media pembelajaran memiliki keterkaitan yang baik dengan tujuan pembelajaran dan latar belakang peserta didik mata kuliah praktik robotika ini. Sedangkan aspek bahasa yang sangat layak menandakan kesesuaian tata dan kebakuan istilah yang dipakai dalam modul dan *labsheet*. Aspek penyajian sendiri yang mendapat penilaian "Layak" dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu (1) baiknya keterangan program dalam modul dan *labsheet*, (2) penggunaan media menyebabkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran, (3) kesesuaian

materi dengan perkembangan intelektual peserta didik dan (4) kesesuaian materi dengan perkembangan emosi peserta didik.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa berdasarkan penilaian yang dilakukan, materi pembelajaran ini secara keseluruhan dinyatakan “Sangat Layak”, konten dalam materi pembelajaran memenuhi standar yang kelayakan, sesuai dengan tujuan pembelajaran dan kebutuhan peserta didik, akurat penyajiannya dan dapat memberi landasan pemahaman konsep yang lebih mendalam mengenai sensor navigasi terutama sensor IMU.

2. Analisis Data Kelayakan Media

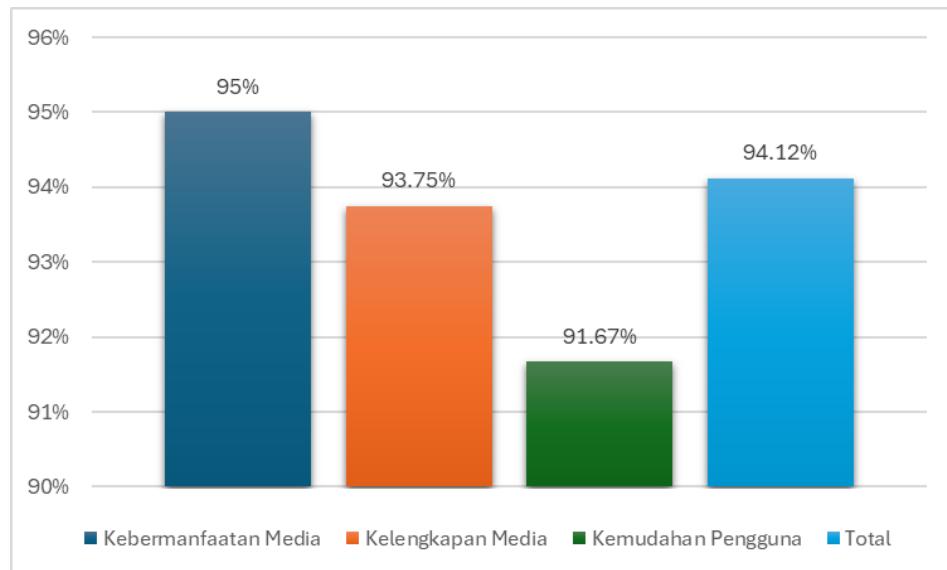
Dalam evaluasi kelayakan materi, faktor-faktor utama yang diperhatikan mencakup relevansi materi terhadap kebermanfaatan media, kelengkapan media dan juga kemudahan pengguna. Penilaian kelayakan ini dilakukan oleh para ahli media dari Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika di Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Setelah penilaian selesai, skor yang diperoleh dihitung dan dibandingkan dengan kategori yang telah ditetapkan untuk mengevaluasi kelayakan materi. Kategori untuk menilai kelayakan materi dijelaskan dalam tabel kategori penilaian kelayakan media di bawah ini.

Tabel 17. Kategori Penilaian Kelayakan Media

Kategori Penilaian	Interval Nilai	Percentase
Sangat Layak	$X > 54,4$	$X > 85\%$
Layak	$44,8 < X \leq 54,4$	$70\% < X \leq 85\%$
Cukup	$35,2 < X \leq 44,8$	$55\% < X \leq 70\%$
Kurang Layak	$25,6 < X \leq 35,2$	$40\% < X \leq 55\%$
Tidak Layak	$X \leq 25,6$	$X \leq 40\%$

Dengan menggunakan interval nilai yang telah ditentukan, hasil penilaian menunjukkan hasil kategori penilaian yang berbeda-beda untuk setiap faktor yang diuji. Jika skor rata-rata (X) melebihi 85%, materi dikategorikan sebagai "Sangat Layak." Skor rata-rata dalam rentang $70\% < X \leq 85\%$ mengategorikan materi sebagai "Layak." Jika skor rata-rata berada di antara $55\% < X \leq 70\%$, materi dianggap "Cukup." Skor rata-rata dalam rentang $40\% < X \leq 55\%$ mengklasifikasikan materi sebagai "Kurang Layak," sedangkan skor rata-rata $X \leq 40\%$ mengkategorikan materi sebagai "Tidak Layak." Hasil evaluasi mengenai kelayakan ahli media untuk media pembelajaran disajikan dalam tabel analisis hasil uji kelayakan ahli media berikut.

Gambar 17. Visualisasi Hasil Uji Kelayakan Ahli Media



Ketiga aspek penilaian ahli media mendapat persentase lebih dari 85%, yang artinya tergolong kategori “Sangat Layak”. Kebermanfaatan media yang sangat layak dipengaruhi oleh keterbantuan proses pembelajaran oleh penggunaan media pembelajaran. Selain itu, media pembelajaran juga mampu meningkatkan mempermudah cara belajar, meningkatkan keaktifan peserta didik dan mendukung keterkaitan media pembelajaran dengan mata kuliah lain. Untuk aspek kelengkapan media yang sangat layak disebabkan oleh kesesuaian fungsi perangkat media pembelajaran dan tampilan yang ada pada media pembelajaran. Media pembelajaran juga mudah digunakan, sehingga pada kategori Kemudahan Pengguna mendapat penilaian sangat layak juga.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran secara keseluruhan dinilai "Sangat Layak" menunjukkan bahwa konten dan fungsinya telah memenuhi standar yang ditetapkan, termasuk kualitas isi dan

tujuan yang jelas, kemampuan dalam mendukung proses pembelajaran yang efektif, dapat membantu peserta didik dalam memahami materi dengan lebih baik, serta mempermudah mereka dalam belajar.

3. Analis Data Uji Pengguna

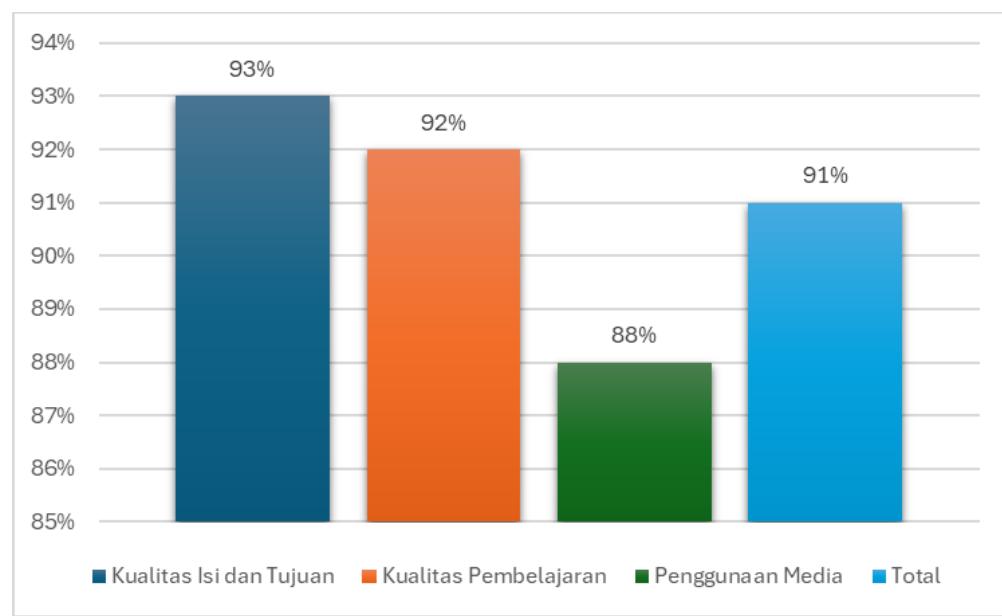
Pengujian kelayakan media pembelajaran dilakukan di antara pengguna dalam program Pendidikan Teknik Mekatronika, dengan target khusus pada siswa yang telah berpartisipasi dalam mata kuliah Praktik Robotika. Sebanyak 20 responden menyelesaikan formulir penilaian kelayakan untuk media pembelajaran yang dikembangkan. Evaluasi kelayakan media dilakukan setelah peserta menggunakan media tersebut selama kegiatan pembelajaran, dan responden diminta untuk memberikan penilaian berdasarkan kategori yang telah ditetapkan. Klasifikasi penilaian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang jelas tentang efektivitas media pembelajaran dalam memfasilitasi proses pengajaran dan pembelajaran. Dengan menerapkan pendekatan penilaian sistematis ini, diharapkan didapat umpan balik mendukung mengenai kelebihan dan juga kelemahan media pembelajaran yang telah dikembangkan.

Tabel 18. Kategori Penilaian Kelayakan Pengguna

Kategori Penilaian	Interval Nilai	Persentase
Sangat Layak	$X > 54,4$	$X > 85\%$
Layak	$44,8 < X \leq 54,4$	$70\% < X \leq 85\%$
Cukup	$35,2 < X \leq 44,8$	$55\% < X \leq 70\%$
Kurang Layak	$25,6 < X \leq 35,2$	$40\% < X \leq 55\%$
Tidak Layak	$X \leq 25,6$	$X \leq 40\%$

Dengan menggunakan interval nilai yang telah ditentukan, hasil penilaian menunjukkan hasil kategori penilaian yang berbeda-beda untuk setiap faktor yang diuji. Jika skor rata-rata (X) melebihi 85%, materi dikategorikan sebagai "Sangat Layak." Skor rata-rata dalam rentang $70\% < X \leq 85\%$ mengategorikan materi sebagai "Layak." Jika skor rata-rata berada di antara $55\% < X \leq 70\%$, materi dianggap "Cukup." Skor rata-rata dalam rentang $40\% < X \leq 55\%$ mengklasifikasikan materi sebagai "Kurang Layak," sedangkan skor rata-rata $X \leq 40\%$ mengkategorikan materi sebagai "Tidak Layak." Hasil evaluasi mengenai kelayakan pengguna untuk media pembelajaran disajikan dalam tabel analisis hasil uji kelayakan pengguna berikut.

Gambar 18. Visualisasi Hasil Uji Kelayakan Pengguna



Berdasarkan data, semua kategori pada penilaian pengguna dikategorikan sebagai "Sangat Layak." Dalam hal Kualitas Isi dan Tujuan media pembelajaran menandakan media yang dikembangkan materinya jelas

dan sesuai dengan rencana pembelajaran. Pada aspek Kualitas Pembelajaran, hal ini menunjukkan bahwa media mampu membawa kualitas pembelajaran yang bagus, bagi pendidik dan peserta didik. Lebih lanjut, aspek Penggunaan Media menunjukkan bahwa media yang digunakan dalam proses pembelajaran mudah dipakai, mampu meningkatkan keterlibatan dan minat siswa.

Oleh karena itu, disimpulkan berdasar hasil penilaian pengguna, media pembelajaran dikategorikan "Sangat Layak", sehingga dapat diterapkan secara efektif dalam proses pembelajaran dan memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran mata kuliah praktik robotika.

4. Analisis Uji Reliabilitas

Dalam pengujian reliabilitas dengan menggunakan Formula *cronbach alpha*, suatu instrumen dinyatakan "Reliabel" apabila nilai yang didapat dari formula ini melebihi 0,60. Atau dinyatakan "Tidak Reliabel" apabila nilai yang didapat dari formula *cronbach alpha* ini kurang dari 0,60. Setelah instrumen penilaian divalidasi oleh validator, dilakukan uji reliabilitas pada data pengguna, hasilnya menunjukkan nilai sebesar 0,95. Berdasarkan nilai tersebut, instrumen tersebut dapat dikategorikan sebagai "Reliabel".

D. Revisi Produk

1. Hasil Revisi Berdasarkan Ahli Materi

- a. Diagram koneksi antar komponen perlu ditambahkan tabel koneksi.
- b. Tugas percobaan pengaplikasian sensor pada *labsheet* 2 dan 3 perlu ditentukan sudut awal.

c. Program pada modul perlu dijelaskan dan di tampilkan per bagian.

2. Hasil Revisi Berdasarkan Ahli Media

- a. Bahan aksesoris media harus ditingkatkan menjadi lebih layak, misalnya di laminasi.
- b. Perlu ditambahkan *link* yang merujuk pada program lengkap/sebagian dikosongkan untuk memudahkan mahasiswa menulis program yang panjang.
- c. Pada *labsheet* perlu dibuat panduan cara menyiapkan *environment* dari seluruh media pembelajaran. Mulai dari letak pemasangan awal robot, posisi *box*, lokasi drop *point*, dsb.
- d. Pada robot, perlu diberi label teks menunjukkan fungsi PB1, PB2, PB3 dan LCD atau monitor.
- e. Periksa ulang penulisan pada *labsheet* sehingga tidak ada kesalahan penulisan.
- f. Tambahkan gambar pada langkah-langkah modul/*labsheet* untuk memperjelas instruksi.

E. Kajian Produk

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan atau R&D dengan model ADDIE oleh Robert Maribe Brach. Pada tahap analisis, observasi dan wawancara dilakukan dengan mahasiswa yang mengikuti mata kuliah Praktik Robotika. Temuan menunjukkan bahwa banyak mahasiswa belum sepenuhnya memahami penggunaan sensor *Inertial Measurement Unit*

(IMU), dan media pembelajaran yang tersedia mengenai topik ini masih terbatas.

Dalam tahap desain, dilakukan perancangan elektronik, robot, dan media pembelajaran. Robot *Transporter* dirancang menggunakan Autodesk Inventor 2024 dengan bahan akrilik sebagai kerangka utama. Komponen elektronik berupa Arduino Uno, sensor IMU LSM6DS0, sensor kompas GY-271, motor dc dan motor *servo* SG-90 digunakan untuk mengoperasikan robot. Selain itu, program dikembangkan menggunakan Arduino IDE, dan media pembelajaran berupa modul dan *labsheet* disusun untuk membantu mahasiswa memahami materi.

Tahap pengembangan produk ini melibatkan pembuatan robot, modul, dan lembar kerja (*labsheet*) yang telah menjalani evaluasi kelayakan melalui pengujian *blackbox* dan pengujian kontrol gerak robot. Hasil uji kelayakan menunjukkan bahwa ahli materi dan ahli media menilai media pembelajaran ini sebagai sangat sesuai. Evaluasi mencakup aspek relevansi konten, penyajian, bahasa, kegunaan, kelengkapan komponen, dan kemudahan penggunaan, dengan menggunakan skala Likert. Dengan penilaian yang melebihi 85%, produk ini dinyatakan sangat layak digunakan dalam praktik robotika.

Proses ini mencakup evaluasi oleh ahli media, ahli materi, dan pengguna, yang memberikan penilaian serta rekomendasi untuk penyempurnaan produk yang dikembangkan. Analisis data dari ahli materi, ahli media, dan 20 mahasiswa yang mengikuti mata kuliah praktik robotika

di program Pendidikan Teknik Mekatronika menghasilkan evaluasi positif secara keseluruhan. Umpan balik dari ahli materi menilai aspek relevansi dengan skor 87,5% (35 dari 40), dikategorikan sebagai "Sangat Layak", Aspek penyajian dinilai "Layak" dengan pencapaian 81,25% (13 dari 16), sementara aspek bahasa dinilai "Sangat Layak" dengan skor 87,5% (7 dari 8). Secara keseluruhan, materi pembelajaran dinilai "Sangat Layak" dengan skor rata-rata 85,93% (55 dari 64).

Evaluasi dari ahli media juga mengkategorikan semua aspek media pembelajaran sebagai "Sangat Layak" dengan skor rata-rata 93,75% (64 dari 68). Secara spesifik, aspek kegunaan media dinilai 95% (38 dari 40), kelengkapan komponen media 93,75% (15 dari 16), dan kemudahan penggunaan 91,67% (11 dari 12). Berdasarkan penilaian ini, media pembelajaran dinyatakan "Sangat Layak" dalam semua kriteria yang dievaluasi.

F. Keterbatasan Penelitian

Pengembangan media pembelajaran pengaturan arah sudut putar robot *transporter* masih memiliki keterbatasan, di antaranya:

- a. Motor yang digunakan pada robot memiliki torsi kecil, sehingga robot perlu meningkatkan kecepatan motor agar dapat mengubah arah sudut. Hal ini menyebabkan robot tidak dapat mengubah sudut putar pada interval kecil dan terdapat toleransi pada proses pemutaran robot menuju arah sudut target.

- b. Model pergerakan robot pada pemindahan objek masih pada tahap dasar dan masih belum sepenuhnya menyerupai apa yang ada di industri.
- c. Bentuk desain robot mengalami perubahan seiring berjalannya proses pengembangan.
- d. Ketika penggunaan, tidak dapat memilih titik selain empat titik yang ditulis dalam program.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil temuan dari penelitian mengenai “Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *Transporter* Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* Pada Mata Kuliah Robotika”, beberapa kesimpulan dapat ditarik sebagai berikut:

1. Pengembangan media pembelajaran pengaturan arah sudut putar robot *transporter* dengan sensor *inertial measurement unit* menggunakan komponen berupa: sensor IMU LSM6DS0, mikrokontroler arduino uno, sensor kompas GY-271, penggerak utama dengan aktuator motor dc, motor *servo* sebagai penggerak tempat beban, akrilik sebagai kerangka utama robot serta komponen pendukung lainnya. Pemrograman robot *transporter* ini dilakukan dengan kode editor bawaan dari arduino, Arduino IDE.
2. Unjuk kerja dari pengembangan pengaturan arah sudut putar robot *transporter* berupa memutar robot ke arah sudut tertentu, dengan membawa beban serta tanpa membawa beban. Dari hasil pengujian kerja produk, pada kondisi tanpa beban didapatkan nilai rerata eror 5,9% pada target sudut 50 derajat, pada target sudut 90 derajat nilai rerata eror 4,2%, pada target sudut 270 derajat nilai rerata eror 6%, dan pada target sudut 310 derajat nilai rerata erornya 5,2%. Sedangkan pada pengujian kerja produk dengan beban, target sudut 50 derajat nilai rerata eror 6,6%, pada target sudut 90 derajat didapat nilai rerata eror 4,7%, pada target sudut 270 derajat nilai rerata eror 5,8% dan pada rerata eror 5,33% pada

target sudut 310 derajat. Didapat nilai rata-rata eror keseluruhan pada pengujian tanpa beban sebesar 5,61%, sedangkan pada pengujian dengan beban secara keseluruhan didapat rata-rata eror sebesar 5,31%. Sehingga didapat rerata eror keseluruhan, dengan dan tanpa membawa beban sebesar 5,41%.

3. Pengembangan kontrol sudut rotasi robot transportasi dalam mata kuliah Praktik Robotika dinilai "Sangat Layak" oleh ahli materi, dengan skor rata-rata 55 dari maksimum 64 dan minimum 16, yang setara dengan persentase 85,93%. Ahli media juga mengategorikannya sebagai "Sangat Layak," dengan skor rata-rata 64 dari maksimum 68 dan minimum 17, mencapai persentase 94,12%. Penilaian pengguna juga mendapatkan penilaian "Sangat Layak" dengan skor rata-rata 65,6 dari tertinggi yang maksimum 72 dan minimum 18, menghasilkan persentase 91%.

2. Saran

Rekomendasi dari penulis dengan memperhatikan hasil dari penelitian yang dilakukan mengenai Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot dalam konteks Mata Kuliah Praktik Robotika sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan akurasi hasil pengaturan sudut putar robot, disarankan penggerak yang dipakai pada robot memiliki torsi yang sesuai dengan berat robot serta beban yang dibawa apabila membawa beban.
2. Menggunakan sensor IMU yang memiliki sensor magnet sehingga jarak antar sensor lebih kecil untuk mempersingkat proses pembacaan nilai sudut robot, dan juga mengurangi penggunaan pin input.

3. Pengembangan Lebih Lanjut

Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot dalam konteks Mata Kuliah Praktik Robotika dapat terus ditingkatkan untuk menjadi media pembelajaran yang lebih baik. Contoh pengembangan yang dapat dilakukan yaitu menerapkan praktik industri yang lebih kompleks dalam pengembangan media pembelajaran, seperti penerapan pemindahan antar titik pada jalur yang lebih rumit, atau penambahan sensor lain (kamera, *gps*, dll) sebagai sumber inputan pada proses pemindahannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, G. (2020). Kedudukan dan Kriteria Pemilihan Media Pembelajaran. Dalam T. I. Siti Fadjaranjani, *Media Pembelajaran Transformatif* (hal. 38). Gorontalo: Ideas Publishing.
- Amilia, L. K. (2020). *Design of Logistic Transporter Robot System*. Surabaya: Institut Teknologi Telkom Surabaya.
- Arifin, Z. (2014). *Evaluasi Pembelajaran: prinsip, teknik, prosedur*. Yogyakarta: Remaja Rosdakarya.
- Arsyad, A. (2016). *Media Pembelajaran*. Jakarta: Raja Grafindo.
- Association, N. E. (1969). *Audiovisual Instruction Departemen, New Media and Collage Teaching*. Washington DC: NEA.
- Bagas, S. (2018). Peranan Media Pembelajaran Dalam Meningkatkan Minat Belajar Mahasiswa. *Jurnal Komunikasi Pendidikan-Volume 2, 2*.
- Bouni. (2014). *Arduino Pinout*. Diambil kembali dari Github: <https://github.com/Bouni/Arduino-Pinout>
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design of ADDIE*. New York: Springer.
- Briggs, L. J. (1977). *Instructional Design, Educational Technology Publications Inc.* New Jersey: Englewood Cliffs.
- Daryanto. (2016). *Media Pembelajaran : Perannya sangat penting untuk mencapai tujuan pembelajaran (Edisi ke-2 Revisi)*. Yogyakarta: Gava Media.
- Depdikbud. (2012). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 tahun 2012, tentang bentuk perguruan tinggi*.
- Fadillah, M. F. (2021). *Sensor Gyroscope Sebagai Digitalisasi Alat Ukur Roda*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogoyakarta.
- Heinich, d. (1986). *Teknologi Pembelajaran Landasan dan Aplikasinya*. New York: Macmillan Publishing Company.
- HiBit. (2023, January 30). *How to use the L298N motor driver module*. Diambil kembali dari HiBit: <https://www.habit.dev/posts/89/how-to-use-the-l298n-motor-driver-module>
- Honeywell. (2013, February). *3-Axis Digital Compass IC*. Diambil kembali dari <https://www.farnell.com/datasheets/1683374.pdf>
- Indriana, D. (2011). *Ragam Alat Bantu Media Pengajaran*. Yogyakarta: DIVA Press.
- Inovation, T. (2024). *TT Motor Blue Metal Geared/N20 Mini/Yellow Smart Car Robot 3v~6VDC Motor With Gear Set (TT Motor + Wheel Kit) For RC Toy*

- Techmakers.* Diambil kembali dari Techmakers Inovation: <https://shop.techmakers.com.my/yellow-smart-car-robot-3v-6v-dc-motor>
- Jochen Wirtz, P. G. (2018). Brave new world: service robots in the frontline. *Journal of Service Management*, 907-909.
- Kisworo, M. W. (2016). *Revolusi Belajar*. Jakarta: Asik Generation.
- Kustandi, C. (2013). *Media Pembelajaran : Manual dan Digital (Edisi Kedua)*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 5-55.
- Marsudi. (2016). Penerapan Model Konstruktivistik Dengan Media File Gambar 3d Untuk Meningkatkan Motivasi Dan Prestasi Hasil Belajar. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 16-27.
- Minh Long Hoang, A. P. (2021). Yaw/Heading optimization by drift elimination on MEMS gyroscope. *Sensor and Actuators A* 325, 2-10.
- Mudarris, S. G. (2020). Implementasi Sensor Inertial Meansurement Unit (IMU) untuk Monitoring Perilaku Roket. *AVITEC*, Vol 2, 55-63.
- Mustika, Z. (2015). Urgenitas Media Dalam Mendukung Proses Pembelajaran Yang Kondusif. *Jurnal Ilmiah CIRCUIT* Vol. 1, 71-72.
- N, B. P. (2018). *Aplikasi Sensor Inertia Measurement Unit (IMU) Untuk Memperbaiki Gerak Berjalan Lurus Pada Robot Quadruped*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nugroho, R. B. (2023). *Prototype Sistem Wiper Pada Kendaraan Listrik Difabel Dengan Menggunakan Motor Servo*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- OMRON. (2023). *LD Series Autonomous Mobile Robot*. Diambil kembali dari Omron Automation: <https://automation.omron.com/en/mx/products/family/LD>
- Pratama, Y. A. (2013). *Implementasi Sensor Accelerometer, Gyroscope Dan Magnetometer Berbasis Mikrokontroler Untuk Menampilkan Posisi Benda Menggunakan Inertial Navigation System (INS)*. Bandung: Universitas Komputer Indonesia.
- Rusman. (2012). *Model - Model Pembelajaran*. Depok: PT Rajagrafindo Persada.
- Siti Fadjarajani, d. (2020). *Media Pembelajaran Transformatif*. Kota Gorontalo: Ideas Publishing.
- STMicroelectronics. (2024, Juni). *6-axis IMU (inertial measurement unit) : always-on 3-axis accelerometer and 3-axis gyroscope*. Diambil kembali dari <https://www.st.com/resource/en/datasheet/lsm6dso.pdf>

- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian & Pengembangan Research & Development*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2020). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Walter R. Borg, M. D. (1989). *Educational research. An introduction (5th ed.)*. Longman: New York and London.
- Wibowo, A. W. (2020). *Metode Odometry Untuk Sistem Pemetaan Robot Dengan Three Omni Directional Wheels Sebagai Media Pembelajaran Robotika*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Wicaksono, B. (2017). *PENGEMBANGAN BAHAN AJAR MEMBACA PEMAHAMAN BIG BOOK BERBASIS BUDAYA LOKAL SUB CERITA "SEJARAH WIRASABA" PADA TINGKAT SEKOLAH DASAR*. Purwokerto: Universitas Negeri Purwokerto.
- Widiyoko, E. P. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Pustaka Pelajar.
- Yuberti. (2014). "PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN" YANG BELUM DIMINATI DAN PERSPEKTIFNYA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni Vol 3*.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keputusan Pengangkatan Dosen Pembimbing TAS

KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
NOMOR : B/190/PMEK/PB/III/2024

TENTANG
PENGANGKATAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR SKRIPSI (TAS) MAHASISWA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

- Menimbang : a. bahwa untuk kelancaran pelaksanaan kegiatan Tugas Akhir Skripsi (TAS) mahasiswa, diperlukan mengangkat dosen pembimbingnya;
b. bahwa untuk keperluan sebagaimana dimaksud pada huruf a perlu menetapkan Keputusan Tentang Pengangkatan Dosen Pembimbing Tugas Akhir Skripsi (TAS) Fakultas Universitas Negeri Yogyakarta.
- Mengingat : 1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 158, Tambahan Lembaran Republik Indonesia Nomor 5336);
2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi (Lembaran Negara Tahun 2014 Nomor 5500);
3. Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2022 tentang Perguruan Tinggi Negeri Badan I Universitas Negeri Yogyakarta (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2022 Nomor 6823);
4. Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI Nomor 5723/MPK/RHS/KP/2021 Tentang Pengangkatan Rektor Universitas Negeri Yogyakarta Periode Tahun 2021-2025;
5. Keputusan Rektor Nomor B/1683/UN34/KP.08.01/2023 tahun 2023 tentang Pengangkatan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
6. Peraturan Rektor Nomor 30 Tahun 2022 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Melalui Program Studi;
7. Peraturan Rektor Nomor 115 Tahun 2023 tentang Peraturan Akademik Universitas Negeri Yogyakarta;

MEMUTUSKAN

Menetapkan : KEPUTUSAN DEKAN TENTANG PENGANGKATAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR SKRIPSI (TAS) FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA.

PERTAMA : Mengangkat Saudara :

Nama	:	Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs.
NIP	:	19650829 199903 1 001
Pangkat/Golongan	:	Penata Tingkat I, III/d
Jabatan Akademik	:	Lektor

sebagai Dosen Pembimbing Untuk mahasiswa penyusun Tugas Akhir Skripsi (TAS) :

Nama	:	Muhammad Subarkah
NIM	:	20518241025
Prodi Studi	:	Pendidikan Teknik Mekatronika - SI
Judul Skripsi/TA	:	PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN PENGATURAN ARAH SUDUT PUTAR ROBOT TRANSPORTER DENGAN INERTIAL MEASUREMENT PADA MATA KULIAH ROBOTIKA

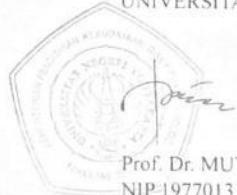
- KEDUA : Dosen Pembimbing sebagaimana dimaksud dalam Diktum PERTAMA bertugas merencanakan, mempersiapkan, melaksanakan, dan mempertanggungjawabkan pelaksanaan kegiatan bimbingan terhadap mahasiswa sebagaimana dimaksud dalam Diktum PERTAMA sampai mahasiswa dimuat dinyatakan lulus.
- KETIGA : Biaya yang diperlukan dengan adanya Keputusan ini dibebankan pada Anggaran DIPA Universitas Negeri Yogyakarta Tahun 2024.
- KEEMPAT : Keputusan ini berlaku sejak tanggal 15 Maret 2024.

Tembusan Keputusan Dekan ini disampaikan kepada :

1. Para Wakil Dekan Fakultas Teknik;
2. Kepala Layanan Administrasi Fakultas Teknik;
3. Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik;
4. Mahasiswa yang bersangkutan;
Universitas Negeri Yogyakarta.

Ditetapkan di : Yogyakarta
Pada tanggal : 15 Maret 2024

DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA.



Prof. Dr. MUTIARA NUGRAHENI, S.TP., M.Si.
NIP-19770131 200212 2 001

Lampiran 2. Modul

Modul Praktik Robotika

Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit

The diagram illustrates a robot transporter with a teal-colored base plate. The base plate features a central white rectangular component, likely a microcontroller or sensor module, surrounded by several small circular components. Two black wheels with yellow hubcaps are attached to the base plate. To the right of the main robot, there is a detailed view of a sensor unit. This unit is a vertical rectangular component with a curved top. It has a small circular opening at the bottom and a vertical slot near the top. There are also some smaller circular holes and a rectangular cutout on the side. The background of the page is light gray with a subtle curved pattern.

Departemen Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

2024

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Modul Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* sebagai salah satu pelengkap media pembelajaran untuk Praktik Robotika dengan baik. Penulis berharap buku panduan ini dapat membantu pengoperasian media pembelajaran agar pembelajaran dapat berjalan dengan baik sehingga peserta didik dapat memiliki kompetensi yang diharapkan.

Modul Pengoperasian dapat terselesaikan dengan baik ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak, di antaranya Bapak Herlambang Sigit P, ST. M.Cs yang telah membimbing penulis dalam penyusunan modul ini. Tidak lupa juga, teman-teman dan pihak-pihak yang telah memberi bantuan dalam penyusunan modul ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Penulis mengucapkan terima kasih atas segala bantuan dan doanya.

Penyusunan modul pengoperasian ini masih jauh dari sempurna. Saran dan juga kritikan yang membangun dari pembaca sangat berarti untuk pengembangan buku ini selanjutnya. Harapan penulis adalah buku ini dapat bermanfaat untuk menunjang pembelajaran Praktik Robotika, dan dapat dijadikan referensi untuk pengembangan sejenis.

Yogyakarta, 20 Juni 2024

Muhammad Subarkah
NIM. 20518241025

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Mata Kuliah Robotika	1
B. Desain Robot.....	2
C. Spesifikasi Robot	3
BAB II MATERI.....	4
A. Robot Transporter	4
B. Protokol Komunikasi I2C	4
C. Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i>	5
D. Drifting Pada Gyro.....	6
E. Bentuk Fisik Mekanik	7
F. Mikrokontroller Arduino Uno	8
G. Sensor IMU Qwiic LSM6DSO	9
H. Sensor Kompas GY-271.....	10
I. Motor DC	10
J. Sensor Ultrasonik HCSR-04.....	11
K. Wadah <i>Gearbox</i> Motor DC	11
L. Motor Servo	12
M. Sensor Warna TCS34725.....	13
N. <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	13
O. Driver Motor L298N.....	14
P. Arduino IDE.....	15
Q. Persiapan Library	16
R. Diagram Rangkaian Robot Transporter	16
S. Langkah-langkah dalam Pengoperasian Robot Transporter	18
T. Pemrograman Robot Transporter.....	20
Daftar Pustaka.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Desain Robot	2
Gambar 2. Dimensi Robot	2
Gambar 3. Robot <i>Transporter</i>	4
Gambar 4. Blok Diagram Proses IMU	6
Gambar 5. Robot Tampak Atas	8
Gambar 6. Robot Tampak Belakang	8
Gambar 7. Robot Tampak Bawah	8
Gambar 8. Mikrokontroler Arduino Uno	9
Gambar 9. Sensor IMU SparkFun Qwiic LSM6DSO	9
Gambar 10. Sensor Ultrasonik HCSR-04	11
Gambar 11. Motor DC Dengan Wadah <i>Gearbox</i>	12
Gambar 12. Motor Servo	12
Gambar 13. Sensor Wama TCS34725	13
Gambar 14. <i>Liquid Crystal Display</i>	14
Gambar 15. Driver L298N	14
Gambar 16. Arduino IDE Versi <i>Nightly</i> dan Standar	15
Gambar 17. Diagram Rangkaian	16
Gambar 18. Posisi <i>Pushbutton</i> dan Saklar	19

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Mata Kuliah Robotika

Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika mengajarkan berbagai mata kuliah baik pendidikan maupun non-kependidikan. Salah satu fokus utama adalah Praktik Robotika yang membahas perancangan sampai pembuatan sebuah robot. Oleh karena itu mata kuliah ini mengajarkan pemahaman penting yang nantinya akan diterapkan baik pada bidang akademik ataupun pada kehidupan sehari - hari seperti analisis mekanis, konsep dasar penyusunan elektronik dan mekanik, serta mengenai pengembangan program.

Beberapa jenis robot yang dipelajari dalam mata kuliah ini adalah LEGO *Mindstorms*, *Humanoid Robot*, *BoE shield Robot* dan lainnya. Hal lainnya adalah mempelajari penerapan sensor, mikrokontroller dan pemrogramannya serta rangkaian elektronik dalam robotika.

Salah satu materi yang belum ada adalah penggunaan alat pengukuran nilai sudut putaran robot. Sistem pengukuran sudut putar dengan menggunakan sensor *Inertial Measurement Unit (IMU)* sesuai dengan kebutuhan industri belum dipelajari mahasiswa. Salah satu penerapan sistem navigasi dengan mengandalkan posisi sudut putar yaitu pada robot pengantar makanan atau pada robot sortir barang pada industri pengiriman. Hal ini menyebabkan tidak terpenuhinya kompetisi mahasiswa pada bidang *programming* dan elektronika.

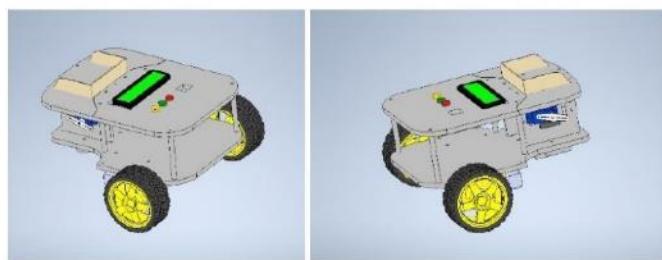
Diharapkan setelah mempelajari Sistem pengukuran sudut putar ini mahasiswa menjadi pendidik yang lebih kompeten. Mengenal lebih lanjut sistem pengukuran nilai sudut putaran robot sehingga dapat mengetahui dan menentukan

putaran robot sesuai perintah juga menjadi salah satu kompetensi yang diharapkan dari mahasiswa.

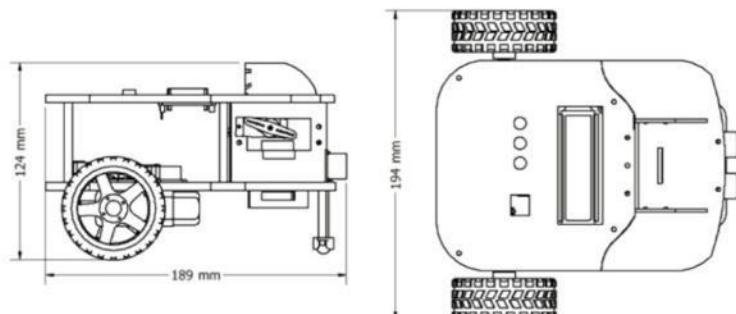
B. Desain Robot

Media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor *Inertial Measurement Unit* dibangun pada bidang akrilik dan menggunakan dua roda dengan wadah *gearbox* motor dc sebagai penggerak utama. bentuk desain dari robot ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Gambar 1. Desain Robot



Gambar 2. Dimensi Robot



C. Spesifikasi Robot

Media pembelajaran yang dikembangkan dalam penelitian ini membutuhkan komponen-komponen dengan spesifikasi tertentu, agar alat dapat berkerja dengan optimal. Komponen tersebut diantaranya seperti dibawah:

1. Mikrokontroller : Arduino Uno
2. Sensor IMU : QWIIC LSM6DSO
3. Sensor Kompas : GY-271
4. Penggerak : Motor DC 3 - 5V
5. Driver Motor : L298N
6. Dimensi : (P) 18,2 cm x (L) 19,4 cm x (T) 12,3 cm
7. *Power Supply* : 3.3V x 3 Buah
8. Berat Robot : 1.2 Kg

BAB II

MATERI

A. Robot Transporter

Robot merupakan mesin yang dapat melakukan tugas tertentu baik secara otomatis, semi-otomatis, umumnya robot dapat diprogram dan dapat berinteraksi dengan lingkungan tempatnya beroperasi (Jochen Wirtz, 2018). Penggunaan robot biasanya pada bidang yang berat, berbahaya atau pada pekerjaan berulang.

Gambar 3. Robot Transporter
Sumber : (OMRON, 2023)



Menurut Ahsani dkk, Robot *transporter* merupakan robot yang dirancang untuk memindahkan benda dan memindahkannya ke tempat lain. Robot ini bergerak pada lingkungannya bisa dengan mengikuti garis, menggunakan koordinat atau dengan menggunakan sensor indra seperti proximity, atau kamera. Contoh robot *transporter* yang sudah diproduksi adalah robot *LD Cart Transporter* milik omron, atau *MOBOT Transporter* oleh WOBit. Robot *transporter* banyak digunakan dalam industri logistik, dan penyimpanan.

B. Protokol Komunikasi I2C

Inter Integrated Circuit atau disingkat I2C merupakan protokol komunikasi bus dua jalur, jalur SDA atau Data dan jalur SCL atau Clock (waktu). Protokol ini dapat dipakai beberapa perangkat slave dalam satu jalur. Dan apabila terdapat beberapa perangkat yang tersambung kedalam satu I2C, semua perangkat terhubung ke jalur SDA dan SCL yang sama dari I2C tersebut.

Komunikasi jenis ini bersifat *synchronous half duplex bidirectional*, yang artinya penggunaan jalur data dilakukan secara bergantian antar (*half duplex*) dan komunikasi data dapat dilakukan antar perangkat (*bidirectional*) serta bentuk datanya blok atau *synchronous*. Dua jalur SDA dan SCL pada protokol komunikasi I2C berperan sebagai berikut:

a) *Serial Data Line* (SDA)

Serial data digunakan sebagai jalur komunikasi data utama antar perangkat. Jalur data ini bersifat dua arah, sehingga perangkat tersambung dapat saling mengirim data. Karena protokol ini dapat memiliki beberapa perangkat sekaligus, tiap perangkat dengan komunikasi ini memiliki identitas unik berformat *hexadecimal* yang telah ditentukan oleh pihak manufaktur, contohnya adalah 0x27 untuk alamat layar kristal LCD.

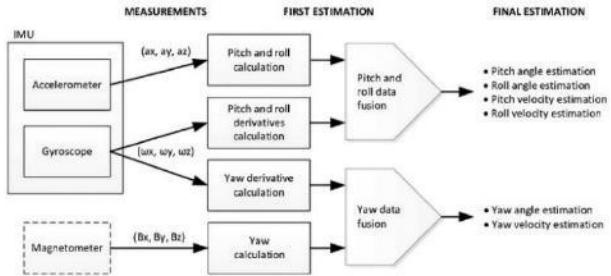
b) *Serial Clock Line* (SCL)

Serial clock digunakan sebagai jalur sinyal ketukan agar komunikasi tetap sinkron dalam ketukan yang sama. Dalam komunikasi I2C, Fadhillah (2021) menyatakan sinyal ini dikirim oleh master yang akan dipakai oleh semua perangkat dalam satu I2C tersebut.

C. Sensor Inertial Measurement Unit

Inertial Measurement Unit (IMU) atau Unit Pengukuran Inersia merupakan sensor/alat yang mengkombinasikan beberapa sensor seperti akselerometer, giroskop dan magnetometer sehingga nantinya dapat mengukur nilai relatif kecepatan, akselerasi, serta kemiringan dari objek terhadap orientasi tertentu. Prinsip kerja IMU memanfaatkan gaya inersia yang dihasilkan objek, untuk mengukur perubahan inersia yang terjadi secara terus-menerus. Langkah pemrosesan nilai oleh IMU dapat dilihat pada blok diagram berikut.

Gambar 4. Blok Diagram Proses IMU
Sumber : (Natakusuma, 2018, Gambar 2.2)



Kolom pertama merupakan sensor yang mengambil data mentah, akselerometer mengambil nilai percepatan a (m/s^2), giroskop mengambil nilai kemiringan sudut w (rad/s) dan magnetometer mengambil nilai derajat arah mata angin. Kolom kedua pemrosesan awal dari masing-masing sensor kedalam nilai estimasi, yang selanjutnya diolah kembali menjadi nilai akhir dari sensor imu yaitu Pitch (sumbu X), Roll (sumbu Y), dan Yaw (sumbu Z). Dari proses tersebut, bisa disimpulkan sensor IMU dapat digunakan untuk mengambil nilai akselerasi (sumbu x,y,z), giroskop (sumbu x,y,z), dan sudut arah mata angin (sumbu x,y,z). Hasil nilai sumbu Z pada gyroscope IMU dapat didapat melalui persamaan dibawah, dimana G_z adalah lajuan gyro sumbu z.

$$G_z = G_{zt} * \Delta t$$

Hoang (2021) menjelaskan cara menghitung arah dari magnetometer atau kompas dimana m_x dan m_y merupakan nilai magnetik dari sumbu x dan y.

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{m_x}{m_y} \right)$$

D. Drifting Pada Gyro

Sensor IMU yang mengandalkan gaya inersia idealnya mendapat nilai 0 apabila dalam kondisi diam. Namun terdapat kemungkinan dimana sensor

mengalami eror sehingga nilai pada kondisi diam tidak sama dengan 0. Hal ini dapat menyebabkan sensor mengalami *drifting* atau perubahan nilai setelah beberapa saat, sehingga nilai luaran dari sensor tidak dapat diandalkan lagi. Untuk mengatasi hal itu, dapat memasang filter *threshold* sederhana pada pemrosesan nilai sensor IMU. Sebelumnya, penting untuk menghapus bias dari luaran sensor gyro yang dihasilkan dengan persamaan dibawah.

$$G_{z\ bias} = \sum_{i=0}^n G_{zi}$$

$$G_z[k] = G_z[k] - G_{z\ bias}$$

Selanjutnya Hoang menjelaskan perhitungan minimum atau *threshold* untuk G_z dimana G_z *Threshold* merupakan nilai minimum luaran sensor gyro.

$$G_z\text{Threshold} = \max\{|G_z[1]|, |G_z[2]|, \dots, |G_z[i]|\}$$

$$G_z = \begin{cases} G_z & \text{apabila } |G_z| > |G_z\text{Threshold}| \\ 0 & \text{apabila } |G_z| < |G_z\text{Threshold}| \end{cases}$$

E. Bentuk Fisik Mekanik

Media pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit ini menggunakan bahan akrilik sebagai kerangka utama, menggunakan dua aktuator penggerak dan menggunakan empat sensor yang terdiri dari sensor medan magnet bumi, sensor gerak inertia putaran gyroscope, sensor ultrasonik dan sensor warna. Aktuator yang dipakai mencakup motor dc sebagai penggerak utama dan motor servo sebagai penggerak dan naik turun wadah objek.

a) Robot Tampak Atas

Gambar 5. Robot Tampak Atas



b) Robot Tampak Belakang

Gambar 6. Robot Tampak Belakang



c) Robot Tampak Bawah

Gambar 7. Robot Tampak Bawah



F. Mikrokontroller Arduino Uno

Arduino Uno merupakan mikrokontroller yang umum digunakan dalam pengembangan perangkat. Arduino Uno memiliki 14 pin input/output digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, jack daya, header ICSP, dan tombol reset. Mikrokontroler pada papan ini memiliki memori flash sebesar 32 KB, dan EEPROM sebesar 1 KB.

Gambar 8. Mikrokontroller Arduino Uno
Sumber : (Alam, 2015, Figure 2.6)



Papan ini dapat diberi daya melalui koneksi USB atau sumber daya eksternal dengan tegangan yang direkomendasikan antara 7-12V. Kombinasi perangkat keras yang tangguh dan perangkat lunak yang mudah digunakan menjadikan Arduino Uno sebagai alat yang ideal untuk berbagai aplikasi mulai dari kontrol robotika hingga sistem penginderaan dan otomasi rumah. Pin-pin yang ada pada papan arduino uno dapat dipakai untuk komunikasi I2C, komunikasi serial, pembacaan nilai masukan digital, pembacaan nilai masukan analog, output tipe digital serta output tipe analog.

G. Sensor IMU Qwiic LSM6DSO

SparkFun Qwiic LSM6DSO merupakan alat pengukuran inersia atau *Inertial Measurement Unit* (IMU) yang dapat digunakan berbagai tujuan, termasuk pemantauan gerakan, mentransmisikan sudut euler, membaca temperatur sampai deteksi kejut dan melalui protokol komunikasi I2C atau SPI. Sensor ini menggunakan tegangan input 3.3V dan menggunakan logic 3.3V pada I2C

Gambar 9. Sensor IMU SparkFun Qwiic LSM6DSO
Sumber : (Elias, 2021)



Sensor SparkFun Qwiic LSM6DSO yang memiliki dua sensor akselerometer, giroskop, dan mampu mendeteksi akselerasi linier, kecepatan rotasi sudut 6.6 ribu

sampel per detik. Karena sensor ini mengandalkan gaya inersia yang dihasilkan oleh objek, sehingga idealnya data luaran sensor ini akan 0 ketika diam. Apabila dalam kondisi diam sensor ini menghasilkan nilai luaran selain 0, maka diperlukan kalibrasi untuk memperhalus hasil luaran, dan mengabaikan data luaran sensor apabila sensor dalam kondisi diam. Proses kalibrasi ini dilakukan dengan membaca nilai rerata luaran sensor ketika kondisi diam selama beberapa saat, dan membaginya dengan jumlah sample yang diambil, lalu gunakan hasil tersebut sebagai batas bawah atau batas minimal luaran sensor.

H. Sensor Kompas GY-271

Sensor GY-271 merupakan magnetometer atau sensor medan magnet bumi yang memanfaatkan chip HMC5883L atau QMC5883L. Sensor ini menggunakan sumber tegangan serta logic 5V.

Gambar 3. Sensor Kompas HMC5883L
Sumber : (Smorgasbord, 2021)



Sensor ini menggunakan protokol I2C untuk mengirim data dengan akurasi $1,3 \sim 8$ Gauss dengan mikrokontroller. Selain itu, sensor ini juga memiliki pin DRDY (Data Ready) sebagai pin penunjuk ketika data siap dikirim. Ini berguna jika ingin mengambil data frekuensi tinggi.

I. Motor DC

Motor DC merupakan aktuator elektromagnetik yang mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik, khususnya gerakan berputar. Pengendalian motor DC melibatkan penentuan arah dan kecepatan putar. Arah putaran dapat searah jarum jam (*Clock Wise/CW*) atau berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock*

Wise/CCW), tergantung konfigurasi yang diterapkan. Kecepatan putaran dipengaruhi oleh besar tegangan yang mengalir antara 3-5V, tergantung pada beban kerja.

J. Sensor Ultrasonik HCSR-04

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang dapat mengukur jarak dengan rentang 2-400Cm. Dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik, sensor ini mampu mengukur jarak dengan akurasi mencapai 3mm. Sensor ini memiliki 4 pin yaitu *power, ground, Trigger dan Echo*. Pin *trigger* digunakan sebagai pin trigger pada pengirim gelombang ultrasonik yang nantinya akan diterima oleh *echo*.

Gambar 10. Sensor Ultrasonik HCSR-04



Durasi pin echo untuk menerima gelombang yang dikirim dijadikan sebagai acuan pengukuran jarak antara objek dengan sensor.

$$\text{Jarak} = (\text{waktu sinyal High}) * \text{kecepatan suara (340m/s)} / 2$$

K. Wadah Gearbox Motor DC

Gearbox merupakan rangkaian gigi yang disusun dalam wadah yang telah disesuaikan untuk spesifikasi komponen tertentu, dan rangkaian gigi tertentu. Rangkaian gigi sendiri merupakan rangkaian yang berfungsi menurunkan kecepatan putaran dari aktuator putar seperti motor dc, menjadi lebih lambat atau lebih cepat, sesuai rasio masukan dan luarannya, dengan tujuan mendapat torsi yang lebih besar, apabila luaran lebih lambat, atau mendapat kecepatan lebih tinggi apabila luarannya lebih cepat.

Gambar 11. Motor DC Dengan Wadah *Gearbox*
Sumber : (MMRSWorkshop, 2020)



Menggunakan rangkaian *gearbox* yang sudah ada akan mendapat keuntungan biaya manufaktur yang lebih rendah. Penggunaan sistem *gearbox* banyak digunakan dalam industri kendaraan bermotor, seperti pada motor atau mobil bahan balar listrik atau gas, umumnya menggunakan sistem *gearbox*.

L. Motor Servo

Motor servo adalah aktuator elektromekanis yang menggunakan sistem kontrol tertutup (*closed loop*) untuk mengatur dan memastikan sudut poros luarannya. Motor ini terdiri dari motor dc, rangkaian gigi, rangkaian kontrol, serta potensiometer. Penggerak utama dari motor servo adalah motor dc, yang akan menggerakkan rangkaian gigi yang tersambung ke potensiometer serta terasambung ke poros luaran, sehingga putarannya menjadi lambat namun meningkatkan torsinya.

Gambar 12. Motor Servo
Sumber : (Ichibot, 2021)



Potensiometer berfungsi sebagai penentu batas putaran motor dengan mengubah resistansinya saat berputar, selain itu, potensiometer juga bermanfaat dalam sistem kontrol tertutup servo yang bermanfaat untuk mengontrol gerakan dan juga mencapai sudut akhir poros luaran yang tepat (Nugroho, 2023). Servo

sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan gerakan sudut yang akurat dan stabil, seperti dalam industri otomasi, robotika, elektronika, dan bidang lainnya.

M. Sensor Warna TCS34725

Sensor TCS34725 merupakan sensor penginderaan warna digital yang memanfaatkan pencerahan cahaya RGB. Sensor ini memiliki filter blok IR yang tertanam pada chip dan dilokalisasi ke foto sensor warna, sehingga dapat meminimalkan komponen spektrum IR dari cahaya yang masuk serta menyediakan pengaturan warna agar hasil luarannya tepat dan akurat.

Gambar 13. Sensor Warna TCS34725



Sensor warna TCS34725 dapat digunakan pada berbagai bidang yang luas termasuk pengaturan RGB LED, pencahayaan benda padat, pengontrolan proses industri, dan peralatan diagnosa kesehatan. Filter blok IR memungkinkan sensor TCS34725 untuk melakukan *Ambient Light Sensing* atau ALS.

N. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD merupakan salah satu komponen elektronika untuk menampilkan media yang memanfaatkan cristal cair sebagai penampil utama. Media yang dapat ditampilkan disusun dari titik-titik sehingga media ini dapat menampilkan bermacam bentuk, huruf, angka, simbol, dll. Pada penggunaan mikrokontroller, terdapat LCD yang langsung dihubungkan ke mikrokontroler, dan terdapat LCD yang menggunakan modul I2C sebagai penghubung dengan mikrokontroler. Berikut spesifikasi LCD yang dipakai dalam modul ini.

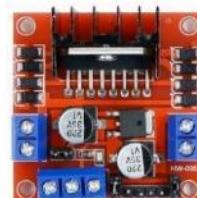
Gambar 14. *Liquid Crystal Display*
Sumber : (Sharma, 2018)



O. Driver Motor L298N

Driver motor L298N merupakan komponen elektronik yang berfungsi untuk mengendalikan polaritas tegangan yang keluar dengan memanfaatkan IC ST-L298N dan menerapkan konfigurasi dual H bridge. Driver ini dapat bekerja dengan input PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan tegangan 5-7V dan frekuensi 10Khz. Dengan tegangan masukan berkisar antar 5-46V driver motor ini mampu mengendalikan arah dan kecepatan motor pada outputnya yang menghasilkan arus daya maksimal 25W.

Gambar 15. Driver L298N
Sumber : (Taibo, 2016)



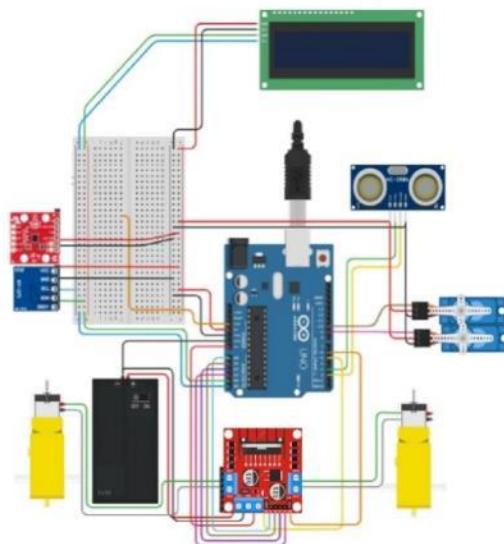
Q. Persiapan Library

Arduino yang dapat digunakan sebagai aplikasi pengembangan ini dapat digunakan dengan atau tanpa library pendukung. Namun kita dapat mendapat keuntungan lebih apabila menggunakan library. Dengan library kita dapat melakukan beberapa langkah dengan menulis kode pendek, dibanding dengan pengembangan tanpa library yang memerlukan penulisan kode lebih banyak. Untuk menjalankan program ini, terdapat beberapa library yang perlu dipasang sebagai berikut:

- a) Sensor IMU LSM6DSO - SparkFunLSM6DSO
- b) Sensor Kompas GY-271 - QMC5883LCompass
- c) Sensor Ultrasonic HCSR-04 – HCSR04
- d) LCD - LiquidCrystal_I2C

R. Diagram Rangkaian Robot Transporter

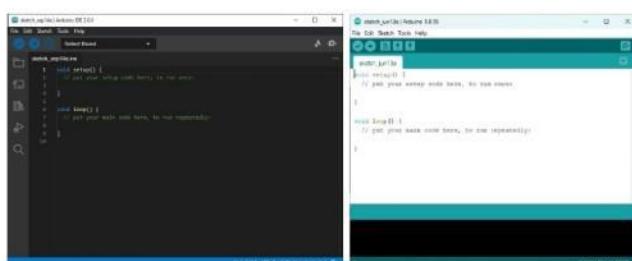
Gambar 17. Diagram Rangkaian



P. Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah aplikasi pengembangan program terpadu yang digunakan untuk memprogram dan mengunggah kode ke board mikrokontroler. IDE ini menyediakan berbagai fitur yang memudahkan pengguna dalam menulis, mengedit, dan menguji kode program untuk berbagai proyek elektronika. Dengan antarmuka yang sederhana dan intuitif, bahkan pemula sekalipun dapat dengan mudah memulai pengembangan perangkat keras (hardware) dengan Arduino. Arduino IDE mendukung bahasa pemrograman yang bersahabat, berbasis bahasa pemrograman Wiring yang mirip dengan C/C++. Selain itu, IDE ini juga dilengkapi dengan berbagai pustaka (library) yang mempermudah pengguna untuk mengakses fitur-fitur hardware yang ada pada papan Arduino. Terdapat dua versi arduino IDE, versi pengembangan atau *Nightly* dan versi standar. Perbedaan yang paling nampak adalah tampilan versi pengembangan memiliki respon antarmuka yang lebih cepat dan menu yang ada lebih mudah di akses.

Gambar 16. Arduino IDE Versi *Nightly* dan Standar



Dengan menggunakan Arduino IDE, pengguna dapat menciptakan berbagai proyek yang kreatif dan inovatif, mulai dari sederhana hingga kompleks, untuk mempelajari konsep-konsep dasar pemrograman dan elektronika, serta mengembangkan solusi teknologi yang sesuai dengan kebutuhan mereka.

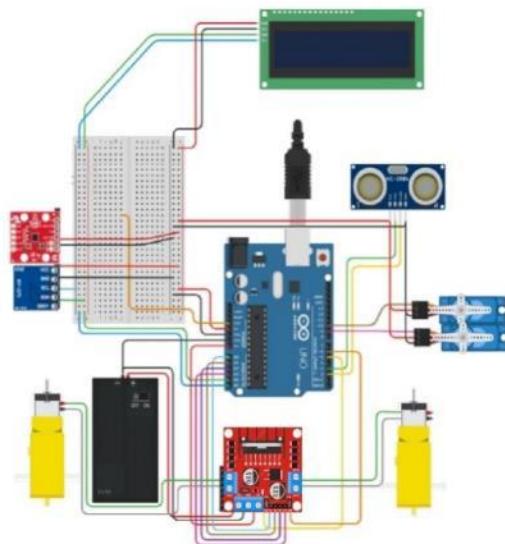
Q. Persiapan Library

Arduino yang dapat digunakan sebagai aplikasi pengembangan ini dapat digunakan dengan atau tanpa library pendukung. Namun kita dapat mendapat keuntungan lebih apabila menggunakan library. Dengan library kita dapat melakukan beberapa langkah dengan menulis kode pendek, dibanding dengan pengembangan tanpa library yang memerlukan penulisan kode lebih banyak. Untuk menjalankan program ini, terdapat beberapa library yang perlu dipasang sebagai berikut:

- a) Sensor IMU LSM6DSO - SparkFunLSM6DSO
- b) Sensor Kompas GY-271 - QMC5883LCompass
- c) Sensor Ultrasonic HCSR-04 – HCSR04
- d) LCD - LiquidCrystal_I2C

R. Diagram Rangkaian Robot Transporter

Gambar 17. Diagram Rangkaian



Detail sambungan koneksi komponen pada tabel berikut:

Tabel 1. Diagram Koneksi Sensor IMU LSM6DS0

Sensor IMU LSM6DS0	Arduinio Uno
SDA	A4
SCL	A5
VCC	3.3V
GND	Ground

Tabel 2. Koneksi Sensor Kompas GY-271

Sensor IMU LSM6DS0	Arduinio Uno
SDA	A4
SCL	A5
VCC	5 V
GND	Ground

Tabel 3. Koneksi Layar Kristal Cair dengan Arduino

Sensor IMU LSM6DS0	Arduinio Uno
SDA	A4
SCL	A5
VCC	5 V
GND	Ground

Tabel 4. Koneksi Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor HCSR-04	Arduinio Uno
Echo	2
Trigger	3
VIN	5V
GND	Ground

Tabel 5. Koneksi Motor Servo dengan Arduino

Motor Servo	Arduino Uno
Pwm Servo 1	9
Pwm Servo 2	10
VCC	Stepdown
GND	Ground

Tabel 6. Koneksi Driver Motor L298N, Mikrokontroller, dan *Power Supply*

L298N	Arduino Uno	Power Supply
+12V	Vin	Positif
GND	GND	Negatif
ENA	5	-
IN1	A0	-
IN2	A1	-
IN3	A2	-
IN4	A3	-
ENB	6	-

S. Langkah-langkah dalam Pengoperasian Robot Transporter

Untuk mengoperasikan robot transporter, lakukan langkah-langkah berikut:

1. Upload program yang telah dibuat.
2. Sambungkan daya baterai ke driver motor L298N.
3. Tempatkan alas busur dan tempat titik tujuan A, B, C dan D.



4. Menghidupkan saklar daya untuk memberikan daya ke robot.

5. Posisikan robot pada posisi awal dengan tepat.

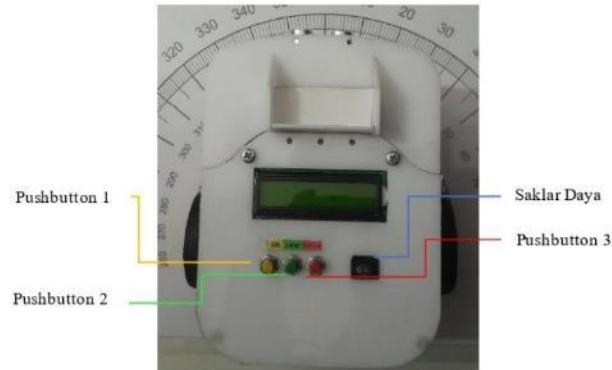
Gambar 18. Posisi awal robot



6. Menekan *Pushbutton 1* untuk memilih titik tujuan objek yang diinginkan.

7. Apabila titik tujuan telah ditentukan, tekan *Pushbutton 2* untuk memulai program pengantaran objek menuju titik tujuan.

Gambar 19. Posisi *Pushbutton* dan Saklar



8. Perhatikan saat proses pengantaran objek, nilai arah dan selisih (selisih sudut robot dengan target) yang tertera pada monitor akan berubah, catat hasilnya.

9. Apabila robot telah selesai mengantar objek dan telah kembali di stasiun objek, klik, ulangi langkah 5 sampai 7 untuk semua objek yang ada.

T. Pemrograman Robot Transporter

- 1) Buka program Arduino IDE.
- 2) Untuk kalibrasi kompas, pilih *Example*, lalu pilih QMCL5883Compass, lalu pilih ‘*calibration*’, lalu upload program ke robot.
- 3) Buka Serial Monitor dengan memilih *Tools*, lalu pilih *Serial Monitor*.
- 4) Putar robot 360 derajat saat proses kalibrasi lalu simpan dua baris teks terakhir yang muncul pada serial monitor.
- 5) Buat projek baru, lalu masukkan kode berikut.

```
1 #include "SparkFunLSM6DSO.h"
2 LSM6DSO myIMU;
3 float calibrationSamples = 100, gyroZOffset = 0.0;
4
5 void setup() {
6     Wire.begin();
7     Serial.begin(9600);
8     if (!myIMU.begin()) Serial.print("Gagal memulai IMU");
9     myIMU.initialize(BASIC_SETTINGS);
10    Serial.println("KALIBRASI IMU, JAGA IMU DALAM POSISI DIAM SELAMA 2 DETIK");
11    float sum = 0.0;
12    for (int i = 0; i < calibrationSamples; i++) {
13        sum += myIMU.readFloatGyroZ();
14        delay(10);
15    }
16    gyroZOffset = sum / calibrationSamples;
17    Serial.println("Hasil kalibrasi IMU : " + String(gyroZOffset));
18 }
19
20 void loop() {
21     delay(1000);
22 }
```

- 6) Simpan nilai hasil kalibrasi kompas setelah “Hasil kalibrasi IMU” untuk langkah berikutnya.
- 7) Masukkan kode program robot transporter dibawah ini, program dapat diunduh melalui [link program](#).

- 8) Masukkan program berikut untuk menginisiasi variabel dan library yang akan digunakan pada program

```

1 // Deklarasi penggunaan librari yang dipakai
2 #include "Wire.h"
3 #include "LiquidCrystal_I2C.h"
4 #include "QMC5883LCompass.h"
5 #include "SparkFunLSM6DSO.h"
6 #include "HCSR04.h"
7 #include "Servo.h"
8
9 // Setup Pin
10 // Pin Motor
11 #define motor1Pin1 A1
12 #define motor1Pin2 A0
13 #define motor1PWM 5
14 #define motor2Pin1 A2
15 #define motor2Pin2 A3
16 #define motor2PWM 6
17 // Pin Servo
18 #define servo1Pin 9
19 #define servo2Pin 10
20 // Pin Ultrasonic
21 #define ultrasonicTrigger 3
22 #define ultrasonicEcho 2
23 // Pin Pushbutton
24 #define prevButtonPin 12
25 #define nextButtonPin 11
26 #define stopButtonPin 8
27
28 // Data Pengaturan
29 float gyroZOffset = -0.08; // Masukkan nilai hasil kalibrasi IMU sebelumnya
30 const int calibrationSamples = 100;
31 const float alpha = 1;
32 int batasBedaJarak = 40;
33 float batasBedaSudut = 2.0;
34 unsigned long intervalBacaSensor = 5;
35 unsigned long intervalBacaPushButton = 100;
36 const float startSpeed = 180;
37 const float maxSpeed = 150;
38 const float minSpeed = 120;
39 const float Kp = 2.0;
40
41 // Setup Variables
42 const char* MENU[] = {"TITIK A", "TITIK B", "TITIK C", "TITIK D"};
43 const int TITIK[] = {50, 90, -50, -90};
44 float YAW, lsmGx, lsmGy, lsmGz, lsmYaw;
45 float batasBawahGyro = gyroZOffset * 1.5;
46 int avgCount = 0, avgSet = 10;
47 float gyMx, gyMy, gyYaw = 0.0, jarakUltrasonic = 999;
48 float totalgyYaw, avgGyYaw = 0.0, targetArah = 0.0;
49 int sudutPutarKap = 90;
50 int prevButtonState, prevLastState, nextButtonState, nextLastState;
51 int stopButtonState, stopLastState, menuIndex = 0;
52 int rodaState, rodaPwm = maxSpeed, rodaTOP = 999;
53 int jalanMaju = 1, jalanMundur = 2, putarKanan = 3, putarKiri = 4;
54 String robotState = "BERHENTI", robotOperasi = "", robotSTOP = "BERHENTI";
55 String TARGET = "", sAMBIL = "AMBIL OBJEK";
56 String SAMPAI = "PENURUNAN OBJ", MULAI = "MENUJU TITIK", PULANG = "MENUJU BASE";
57 String ARAHITIK = "MENCARI TITIK", ARAHALIK = "MENCARI BASE";
58 unsigned long lastTimePos, lastTimeGyro, interval, lastInterval;
59 unsigned long lastBacaPushButton, lastBacaSensor;
60
61 // Inisiasi Objek Library
62 LSM6DSO myIMU;
63 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
64 QMC5883LCompass compass;
65 UltraSonicDistanceSensor HC04(ultrasonicTrigger, ultrasonicEcho);
66 Servo servol;
67 Servo servo2;

```

9) Tuliskan program berikut untuk print lcd dan mengganti menu.

```
1 void lcdPrint(String c, uint8_t x, uint8_t y, uint8_t l = 0) {
2     if (l && l > c.length()) {
3         for (uint8_t i = 0; i < l - c.length(); i++) {
4             c = " " + c;
5         }
6     }
7     if (x > -1 && y > -1) {
8         lcd.setCursor(x, y);
9     }
10    lcd.print(c);
11 }
12
13 void nextMenu() {
14     menuIndex = (menuIndex + 1) % 4;
15     lcdPrint(MENU[menuIndex], 0, 1);
16 }
17
18 int currentTarget(){
19     return TITIK[menuIndex];
20 }
21
22 void pilihMenu() {
23     unsigned long currentTime = millis();
24     if (currentTime - lastBacaPushButton > intervalBacaPushButton) {
25         prevButtonState = digitalRead(prevButtonPin);
26         nextButtonState = digitalRead(nextButtonPin);
27         stopButtonState = digitalRead(stopButtonPin);
28
29         if (stopButtonState == LOW && stopLastState != LOW) {
30             stopRobot();
31         }
32         if (prevButtonState == LOW && prevLastState != LOW && robotState == robotSTOP) {
33             nextMenu();
34         }
35         if (nextButtonState == LOW && nextLastState != LOW && robotState == robotSTOP) {
36             startRobot();
37         }
38         lastBacaPushButton = currentTime;
39     }
40     prevLastState = prevButtonState;
41     nextLastState = nextButtonState;
42     stopLastState = stopButtonState;
43 }
```

10) Tuliskan program berikut untuk menggerakan motor dc dan motor servo

```
1 void setMotor1(int direction, int pwm) {
2     analogWrite(motor1PWM, pwm);
3     digitalWrite(motor1Pin1, direction != 0);
4     digitalWrite(motor1Pin2, direction == 0);
5     delay(3);
6 }
7 void setMotor2(int direction, int pwm) {
8     analogWrite(motor2PWM, pwm);
9     digitalWrite(motor2Pin1, direction != 0);
10    digitalWrite(motor2Pin2, direction == 0);
11    delay(3);
12 }
13 void STOP(){
14     analogWrite(motor1PWM, 0);
15     digitalWrite(motor1Pin1, 0);
16     digitalWrite(motor1Pin2, 0);
17     analogWrite(motor2PWM, 0);
18     digitalWrite(motor2Pin1, 0);
19     digitalWrite(motor2Pin2, 0);
20     delay(3);
21 }
```

```

22 void gripperBuka() {
23     for (int pos = 0; pos <= sudutPutarKap; pos++) {
24         // servo 1 kondisi awal pada 0
25         servol.write(pos);
26         delay(10);
27         // servo 2 kondisi mirror, sehingga nilainya mulai dari 180
28         servo2.write(180 - pos);
29         delay(10);
30     }
31 }
32
33 void gripperTutup() {
34     for (int pos = sudutPutarKap; pos >= 0; pos--) {
35         servol.write(pos);
36         delay(10);
37         servo2.write(180 - pos);
38         delay(10);
39     }
40 }

```

11) Tuliskan program berikut untuk membaca sensor imu, ultrasonik dan kompas

```

1 // Fungsi untuk membaca nilai gyro dari sensor IMU LSM6DS
2 void bacaGyro() {
3     unsigned long currentTime = millis();
4     float dt = (currentTime - lastTimeGyro) / 1000.0;
5     lastTimeGyro = currentTime;
6     lsmGz = myIMU.readFloatGyroZ() * -1 - gyroZoffset;
7     float calcGz = lsmGz * dt;
8     if (abs(calcGz) > abs(batasBawahGyro)) {
9         lsmYaw += calcGz;
10        if (lsmYaw >= 360.0) {
11            lsmYaw -= 360.0;
12        } else if (lsmYaw < 0.0) {
13            lsmYaw += 360.0;
14        }
15    }
16 }
17
18 // Fungsi untuk membaca nilai kompas dari sensor GY-271
19 void bacaKompas() {
20     compass.read();
21     gyMx = compass.getX();
22     gyMy = compass.getY();
23     gyYaw = atan2(gyMy, gyMx) * 180.0 / PI;
24
25     if (gyYaw >= 360.0) {
26         gyYaw -= 360.0;
27     } else if (gyYaw < 0.0) {
28         gyYaw += 360.0;
29     }
30     if (avgCount < avgSet) {
31         avgCount += 1;
32         totalgyYaw += gyYaw;
33         avggyYaw = totalgyYaw / avgCount;
34     } else {
35         avgCount = 0;
36         totalgyYaw = 0.0;
37     }
38 }
39
40 // Fungsi untuk membaca nilai ultrasonik dari sensor HCSR04
41 void bacaUltrasonic() {
42     jarakUltrasonic = HC04.measureDistanceCm();
43     delay(50);
44     if (jarakUltrasonic < 0) {
45         jarakUltrasonic = 999;
46     }
47 }

```

```

1 void bacaSensor() {
2     unsigned long currentTime = millis();
3     if (currentTime - lastBacaSensor >= intervalBacaSensor) {
4         bacaGyro();
5         bacaKompas();
6         YAW = alpha * lsmYaw + (1 - alpha) * avgGyYaw;
7         lcdPrint("Arah:", 8, 1);
8         lcdPrint(String(int(YAW)), 13, 1, 3);
9         lcdPrint("Selisih:", 4, 0);
10        lcdPrint(String(int(YAW)-targetArah), 12, 0, 4);
11        lastBacaSensor = currentTime;
12    }
13 }

```

12) Tuliskan program dibawah untuk mengatur gerak dan arah putar robot

```

1 void startRobot() {
2     robotState = ARAHITIK;
3 }
4 void stopRobot() {
5     STOP();
6     robotState = robotSTOP;
7     rodaState = rodaSTOP;
8 }
9 void putarRobot(float targetYaw, int batasEkstra = 0) {
10    if (targetYaw > 0) {
11        rodaState = putarkanan;
12    } else {
13        rodaState = putarKiri;
14    }
15    targetYaw += YAW;
16    if (targetArah < 0) {
17        targetArah += 360;
18    }
19    if (targetArah > 360) {
20        targetArah -= 360;
21    }
22    rodaPwm = startSpeed;
23    gerakMotor();
24    delay(50);
25    float error = abs(targetYaw - YAW);
26    float minError = error;
27    while (abs(error) > batasBedaSudut + batasEkstra) {
28        bacaSensor();
29        float controlSignal = Kp * minError;
30        if (controlSignal > maxSpeed) {
31            controlSignal = maxSpeed;
32        } else if (controlSignal < -maxSpeed) {
33            controlSignal = -maxSpeed;
34        }
35        if (controlSignal > 0) {
36            rodaPwm = controlSignal;
37        }
38        if (abs(rodaPwm) < minSpeed) {
39            rodaPwm = (rodaPwm > 0) ? minSpeed : -minSpeed;
40        }
41        gerakMotor();
42        pilihMenu();
43        delay(3);
44        error = abs(targetYaw - YAW);
45        if(error < minError){
46            minError = error;
47        }
48        if (robotState == robotSTOP) {
49            stopRobot();
50            break;
51        }
52    }
53 }

```

```

1 void resetRobot(String newState, bool slowDown = false) {
2     if (robotState == robotSTOP) {
3         return;
4     }
5
6     if (slowDown) {
7         setMotor1(1, minSpeed * 1.5);
8         setMotor2(1, minSpeed * 1.5);
9         delay(125);
10    setMotor1(1, minSpeed);
11    setMotor2(1, minSpeed);
12    delay(125);
13 }
14 STOP();
15 rodahWm = startSpeed;
16 robotState = newState;
17 }

```

- 13) Tuliskan kode berikut untuk memulai pin dan library yang akan dipakai, ganti
kode pada baris 23-24 diganti dengan hasil pada Langkah 2.

```

1 void setup() {
2     Serial.begin(9600);
3     Wire.begin();
4     lcd.init();
5     lcd.backlight();
6     servo1.attach(servo1Pin);
7     servo2.attach(servo2Pin);
8     servo1.write(2);
9     servo2.write(190);
10    pinMode(motor1PW, OUTPUT);
11    pinMode(motor1Pin1, OUTPUT);
12    pinMode(motor1Pin2, OUTPUT);
13    pinMode(motor2Pin1, OUTPUT);
14    pinMode(motor2Pin2, OUTPUT);
15    pinMode(motor2PW, OUTPUT);
16    pinMode(prevButtonPin, INPUT_PULLUP);
17    pinMode(nextButtonPin, INPUT_PULLUP);
18    pinMode(stopButtonPin, INPUT_PULLUP);
19    lcdPrint("Memulai Kompas", 0, 1);
20    compass.init();
21    compass.setSmoothing(20, true);
22    delay(500); // Masukkan nilai kalibrasi dari hasil kalibrasi sebelumnya
23    compass.setCalibrationOffsets(-22.00, -97.00, 1222.00);
24    compass.setCalibrationScales(0.88, 4.94, 0.60);
25    lcd.clear();
26    lcdPrint("Memulai IMU", 0, 1);
27    if ( myIMU.begin() ) {
28        myIMU.initialize(BASIC_SETTINGS);
29        delay(500);
30        lcd.clear();
31        lcdPrint("OK", 0, 1);
32        delay(500);
33    } else {
34        lcdPrint("IMU ERROR! ", 0, 1);
35        while (1);
36    }
37    lcd.clear();
38    lcdPrint(MENU[menuIndex], 0, 1);
39 }

```

14) Tuliskan kode berikut untuk mengendalikan robot menuju titik tujuan dengan fungsi-fungsi yang telah di tulis sebelumnya

```

1 // Fungsi step menuju titik tuju
2 void oteweTarget() {
3     // Step 1, pada pencarian sudut, apabila sudut sesuai, berhenti berputar
4     if (robotState == ARAHITIK) {
5         putarRobot(currentTarget());
6         if (robotState != robotSTOP) {
7             resetRobot(MULAI);
8             delay(3000);
9             jarakUltrasonic = 999;
10            rodaState = jalanMaju;
11        }
12    }
13    // Step 2 gerak menuju titik target
14    else if (robotState == MULAI) {
15        // Jarak titik diketahui dengan sensor ultrasonik
16        // Apabila sudah dekat, robot akan berhenti
17        if (jarakUltrasonic < batasBedaJarak) {
18            resetRobot(SAMPAI, true);
19            gripperBuka();
20            delay(2000);
21            gripperTutup();
22            robotState = ARAHBALIK;
23        } else {
24            // Membaca ultrasonik sampai jarak sesuai
25            bacaUltrasonic();
26        }
27    }
28    // Step 3 mencari titik sudut arah awal
29    else if (robotState == ARAHBALIK) {
30        putarRobot(180, 4);
31        if(robotState != robotSTOP){
32            resetRobot(PULANG);
33            jarakUltrasonic = 999;
34            rodaState = jalanMaju;
35        }
36    }
37    // Step 4 kembali ke titik awal
38    else if (robotState == PULANG) {
39        if (jarakUltrasonic < batasBedaJarak) {
40            STOP();
41            rodaState = rodaSTOP;
42            robotState = robotSTOP;
43        } else {
44            bacaUltrasonic();
45        }
46    }
47 }
48 // Kendali motor sesuai arah state robot, maju, putar, mundur
49 void gerakdMotor() {
50     float copyYaw = YAW;
51     int copyTarget = currentTarget();
52     int rodaPwmKanan = rodaPwm, rodaPwmKiri = rodaPwm;
53     int fixPwm = 5;
54     if (rodaState == jalanMaju) {
55         // Normalisasi nilai arah
56         if (copyTarget > 180 && copyYaw < 90) {
57             copyYaw += 360;
58         }
59         if (copyYaw > 180 && copyTarget < 90) {
60             copyTarget += 360;
61         }
62         // Fix kecepatan apabila terdapat eror
63         if (copyYaw > copyTarget) {
64             rodaPwmKanan += fixPwm;
65         } else if (copyYaw < copyTarget) {
66             rodaPwmKiri += fixPwm;
67         }
}

```

```

68     setMotor1(1, rodaPwmKanan);
69     setMotor2(1, rodaPwmKiri);
70
71 } else if (rodaState == jalanMundur) {
72     setMotor1(0, rodaPwmKanan);
73     setMotor2(0, rodaPwmKiri);
74 } else if (rodaState == putarKanan) {
75     setMotor1(0, rodaPwm + 2 - fixPwm);
76     setMotor2(1, rodaPwm - fixPwm);
77 } else if (rodaState == putarKiri) {
78     setMotor1(1, rodaPwm + 2 - fixPwm);
79     setMotor2(0, rodaPwm - fixPwm);
80 } else {
81     STOP();
82 }
83 }
84
85 // Perulangan Utama
86 void loop() {
87     bacaSensor();
88     pilihMenu();
89     oteweTarget();
90     gerakMotor();
91     delay(5);
92 }

```

15) Penjelasan programPendefinisan variabel pin

a) Pendefinisan data titik tujuan

Pada baris 40-43 terdapat konstanta beda nilai target dari nilai awal, dimana 50 berarti titik berada 50 derajat ke arah kanan dan nilai -50 berarti titik berada 50 derajat ke arah kiri.

b) Fungsi ‘*setup()*’

- Inisialisasi Wire Library: Mengaktifkan komunikasi I2C dengan *Wire.begin()*, yang mungkin digunakan untuk berkomunikasi dengan sensor-sensor yang terhubung melalui bus I2C.
- Inisialisasi LCD: Menginisialisasi dan menyalakan LCD dengan *lcd.init()* dan *lcd.backlight()*.
- Inisialisasi Port Serial: Mengaktifkan komunikasi serial dengan *Serial.begin(9600)*.

- Konfigurasi Pin: Mengatur pin-pin mikrokontroler sebagai input atau output, dengan `pinMode(INPUT)` atau `pinMode(OUTPUT)`.
- Inisialisasi Servo Motor: Menghubungkan dan mengatur posisi awal untuk servo motor dengan `servo.attach(servoPin)`.
- Inisialisasi IMU dan kompas Memulai dan menginisialisasi sensor IMU dengan `myIMU.begin()`. Lalu memuat konfigurasi IMU dilakukan dengan `myIMU.initialize(BASIC_SETTINGS)`.
- Inisialisasi Kompas: Menginisialisasi sensor kompas dan menetapkan parameter smoothing dengan `compass.init()`, dan `compass.setSmoothing(20, true)`. Kemudian, kalibrasi kompas dilakukan dengan memasukkan nilai offset dan skala yang telah dihitung pada langkah dua.
- Pengaturan LCD: Membersihkan LCD, menampilkan pesan "OK" untuk menunjukkan bahwa semua inisialisasi telah selesai.

c) Fungsi 'putarKeTarget()'

Tujuan dari fungsi ini untuk mencari nilai kecepatan motor dalam mencari sudut target berdasar nilai eror. Semakin besar eror maka semakin besar pwm. Apabila eror kurang dari batas minimal sudut, maka pwm akan 0 dan roda berhenti.

- `float error = abs(targetYaw - currentYaw)` mencari nilai eror sesuai target
- `float controlSignal = Kp * error` mengalikan eror untuk mendapat pwm

d) Fungsi 'oteweTarget()'

Fungsi ini merupakan program langkah-langkah (`step`) yang berisi 4 langkah dalam menuju titik target seperti berikut.

- langkah pertama `if (robotState == ARAHTITIK)` mencari sudut target.

- Lalu langkah kedua *else if (robotState == MULAI)* ketika robot berjalan menuju titik tujuan. Ketika sampai, gripper robot akan naik dan berpindah ke langkah berikutnya.
- Langkah ketiga *else if (robotState == ARAHBALIK)* ketika robot mencari arah sudut awal, robot berputar sampai titik sudut sesuai.
- Langkah keempat *else if (robotState == PULANG)* robot berjalan menuju titik awal sampai nilai ultrasonik lebih kecil dari nilai minimum yang telah diatur sebelumnya.

e) Fungsi ‘*loop()*’

Fungsi ini berupa fungsi yang akan dijalankan setelah program selesai menjalankan *setup()*. Disini program utama dijalankan seperti pembacaan pushbutton dan penggerakkan motor, penggerakkan langkah menuju titik dan juga pembacaan sensor.

Daftar Pustaka

- Alam, M. (2015). *Automatic Level Crossing System*. Bangladesh: North South University.
- Elias. (2021). *SparkFun 6 Degrees of Freedom Breakout*. Retrieved from Sparkfun: <https://www.sparkfun.com/products/18020>
- Fadillah, M. F. (2021). *Sensor Gyroscope Sebagai Digitalisasi Alat Ukur Roda*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ichibot. (2021). *Motor Servo SG90 Tower Pro Micro 9g*. Retrieved from Ichibot Store: <https://store.ichibot.id/product/motor-micro-servo-sg90/>
- Jochen Wirtz, P. G. (2018). Brave new world: service robots in the frontline. *Journal of Service Management*, 907-909.
- Jon McKay, K. B. (n.d.). *Hackster IO*. Retrieved from Color Sensing on Tessel with rgbs34725: <https://www.hackster.io/3133/rgb-tcs34725-58765a>
- Minh Long Hoang, A. P. (2021). Yaw/Heading optimization by drift elimination on MEMS gyroscope. *Sensor and Actuators A* 325, 2-10.
- MMRSWorkshop. (2020). *How DC GEAR MOTOR Works with ARDUINO and L298N*. Retrieved from YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=GPVC84D5ULw>
- Natakusuma, B. P. (2018). *Aplikasi Sensor Inertia Measurement Unit (Imu) Untuk Memperbaiki Gerak Berjalan Lurus Pada Robot Quadruped*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nugroho, R. B. (2023). *Prototype Sistem WIper Pada Kendaraan Listrik Difabel Dengan Menggunakan Motor Servo*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- OMRON. (2023). *LD Series Autonomous Mobile Robot*. Retrieved from Omron Automation: <https://automation.omron.com/en/mx/products/family/LD>
- Richard J Varro, A. Z. (2018). Reduced Drift Virtual Gyro from an Array of Low-Cost Gyros. *Sensor*, 2-18.
- Sharma, A. (2018). *LCD I2C Tutorial*. Retrieved from Hackster IO: https://www.hackster.io/Amov_Sharma_makes/lcd-i2c-tutorial-664e5a
- Smorgasbord, R. (2021). *Mailbag: QMC5883L 3-Axis Compass Module (Schematic, Tests, Arduino Library)*. Retrieved from YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=-fuOCj-e7sM>
- Taibo, N. (2016). *L298N Motor Module Service*. Retrieved from Hackster IO: <https://www.hackster.io/now/l298n-motor-module-service-ba0f56>

Lampiran 3. *Labsheet*

DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
Semester II	LS 1 Pemrograman Motor DC Pada Robot Transporter	No. Job: 01
	Rev: 01	Tgl: 20/2/24
		4 x 50 menit

A. Kompetensi

Mahasiswa dapat mengendalikan motor DC.

B. Sub Kompetensi

Setelah melakukan praktik, diharapkan:

1. Mahasiswa dapat mengendalikan kecepatan motor DC menggunakan PWM.
2. Mahasiswa dapat mengendalikan arah putaran motor DC

C. Dasar Teori

1. Robot Transporter

Robot transporter merupakan sistem robotik yang dirancang untuk memindahkan barang di berbagai industri seperti industri manufaktur, pergudangan, logistik, dan layanan kesehatan. Sistem pengendalian robot transporter bermacam-macam, salah satunya ada yang melibatkan kontrol umpan balik dan umpan maju, dengan sensor yang memonitor kondisi dan model matematika yang mengatur tindakan. Dengan pemahaman ini, peserta didik dapat memperoleh wawasan komprehensif tentang teknologi robot transporter dan aplikasinya dalam dunia industri dan layanan.

2. Mikrokontroller Arduino Uno

Arduino Uno merupakan mikrokontroller yang umum digunakan dalam pengembangan perangkat. Arduino Uno memiliki 14 pin input/output digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, jack daya, header ICSP, dan tombol reset. Mikrokontroler pada papan ini memiliki memori flash sebesar 32 KB, SRAM sebesar 2 KB, dan EEPROM sebesar 1 KB. Papan ini dapat diberi daya melalui koneksi USB atau sumber daya eksternal dengan tegangan yang direkomendasikan antara 7-12V. Kombinasi perangkat keras yang tangguh dan perangkat lunak yang mudah digunakan menjadikan Arduino Uno sebagai alat yang ideal untuk berbagai aplikasi mulai dari kontrol robotika hingga sistem penginderaan dan otomasi rumah.

3. Gearbox Motor DC

Motor DC merupakan aktuator elektromagnetik yang mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik, khususnya gerakan berputar. Pengendalian motor DC

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
	Semester II	LS 1 Pemrograman Motor DC Pada Robot Transporter	No. Job: 01
		Rev: 01	Tgl: 20/2/24

melibatkan penentuan arah dan kecepatan putar. Arah putaran dapat searah jarum jam (Clock Wise/CW) atau berlawanan arah jarum jam (Counter Clock Wise/CCW), tergantung konfigurasi yang diterapkan. Kecepatan putaran dipengaruhi oleh besar tegangan yang mengalir antara 3-5V, tergantung pada beban kerja. Dalam motor ini terdapat planetary gear dengan perbandingan 1:48 dengan torsi 0.8KG.

4. Driver Motor L298N

Driver motor L298N merupakan komponen elektronik yang berfungsi untuk mengendalikan polaritas tegangan yang keluar dengan memanfaatkan IC ST-L298N dan menerapkan konfigurasi dual H bridge. Driver ini dapat bekerja dengan input PWM (Pulse Width Modulator) dengan tegangan 5-7V dan frekuensi 10Khz. Dengan tegangan masukan berkisar antar 5-46V driver motor ini mampu mengendalikan arah dan kecepatan dengan daya maksimal 25W

5. Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) adalah teknik yang sering digunakan dalam mengatur besar tegangan yang diberikan ke suatu perangkat listrik. Pengaturan ini memiliki masukan digital dan mengharapkan luaran digital, dilakukan dengan mengatur lebar pulsa lewat pengaturan lama hidup matinya luaran gelombang kotak yang dikeluarkan dan menjaga frekuensinya tetap konstan. Salah satu keuntungan utama PWM adalah kemampuannya untuk menyediakan konversi daya yang efisien dengan nilai hilang daya yang lebih rendah dibandingkan metode lain, sehingga populer dalam aplikasi seperti pengendalian motor, power inverter, dan pengaturan tegangan (Busquets-Monge et al., 2009). Karena metode ini memanfaatkan nilai digital, sehingga banyak mikrokontroller yang menggunakan metode ini. Pada mikrokontroller 8bit nilai luaran mencapai 255 sedangkan pada 10bit mencapai 1023. Secara keseluruhan, PWM memiliki peran penting dalam sistem elektronika daya modern, dengan menawarkan mekanisme kontrol yang efisien serta fleksibel untuk berbagai aplikasi. Pengendalian motor DC melibatkan penentuan arah dan kecepatan putar. Arah putaran dapat searah jarum jam (Clock Wise/CW) atau berlawanan arah jarum jam (Counter Clock Wise/CCW), tergantung konfigurasi yang diterapkan.

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
Semester II	LS 1 Pemrograman Motor DC Pada Robot Transporter	No. Job: 01	
	Rev: 01	Tgl: 20/2/24	4 x 50 menit

D. Alat/Instrumentasi/Aparatus/Bahan

1. Media Pembelajaran
2. Laptop/PC
3. Mikrokontroler Arduino Uno
4. Motor DC 5V dengan Wadah Gearbox Motor DC x 2 Buah
5. Driver Motor L298N
6. Power Supply 5V
7. Kabel upload

E. Keselamatan Kerja

1. Jagalah kebersihan lingkungan.
2. Pastikan kondisi alat dan bahan praktik dalam kondisi baik.
3. Pastikan personal komputer (PC) telah terinstall dengan baik.
4. Gunakan alat dan bahan sebagaimana mestinya.

F. Langkah Kerja

1. Persiapkan perlengkapan praktikum yang dibutuhkan.
2. Hubungkan komponen terhubung pada pin yang ditentukan dibawah ini:

a) Hubungan L298N, Arduino dan Power Supply

L298N	Arduino Uno	Power Supply
+12V	Vin	Positif
GND	GND	Negatif
ENA	5	-
IN1	A0	-
IN2	A1	-
IN3	A2	-
IN4	A3	-
ENB	6	-

b) Motor DC

Gearbox Motor DC	L298N
Positif 1	Out 1
Negatif 1	Out 2
Positif 2	Out 3
Negatif 2	Out 4

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
Semester II	LS 1 Pemrograman Motor DC Pada Robot Transporter	No. Job: 01	
	Rev: 01	Tgl: 20/2/24	4 x 50 menit

3. Buka Aplikasi Arduino IDE, pilih file, lalu pilih *new* untuk membuat project baru.
4. Pilih board Arduino Uno dengan memilih *Tools*, lalu pilih *Board*, pilih Arduino Uno
5. Selanjutnya, ketikkan kode program berikut ini.

```

1 // Define Motor pins
2 const int motor1Pin1 = 2;
3 const int motor1Pin2 = 4;
4 const int motor1PWM = 3;
5
6 const int motor2Pin1 = 5;
7 const int motor2Pin2 = 7;
8 const int motor2PWM = 6;
9
10 void setup() {
11     // Initialize serial communication
12     Serial.begin(9600);
13
14     // Set motor pins as output
15     pinMode(motor1Pin1, OUTPUT);
16     pinMode(motor1Pin2, OUTPUT);
17     pinMode(motor1PWM, OUTPUT);
18
19     pinMode(motor2Pin1, OUTPUT);
20     pinMode(motor2Pin2, OUTPUT);
21     pinMode(motor2PWM, OUTPUT);
22 }
23
24 void drive1(int a, int b, int pwm){
25     digitalWrite(motor1Pin1, a);
26     digitalWrite(motor1Pin2, b);
27     analogWrite(motor1PWM, pwm);
28 }
29
30 void drive2(int a, int b, int pwm){
31     digitalWrite(motor2Pin1, a);
32     digitalWrite(motor2Pin2, b);
33     analogWrite(motor2PWM, pwm);
34 }
35
36 void loop() {
37     // Gerak maju
38     drive1(1, 0, 128);
39     drive2(1, 0, 128);
40     delay(2000);
41     // Gerak mundur
42     drive1(0, 1, 128);
43     drive2(0, 1, 128);
44     delay(2000);
45 }
```

6. Cek kode yang ditulis dengan klik *Verify*, pastikan tidak ada eror.
7. Langkah selanjutnya pilih port melalui menu Tools, lalu pilih COM pilih port yang tersambung ke mikrokontroler Arduino Uno.
8. Pastikan kembali sambungan tiap komponen sudah benar.
9. Unggah program dengan menekan tombol *Upload*

Disusun oleh:	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
Muhammad Subarkah		

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
	Semester II	LS 1 Pemrograman Motor DC Pada Robot Transporter	No. Job: 01
		Rev: 01	Tgl: 20/2/24

10. Setelah proses upload selesai, tekan tombol Start untuk memulai program atau menjalankan motor kedepan, catat waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak satu meter, tekan tombol Next untuk menggerakkan robot ke arah sebaliknya, catat waktu untuk menempuh jarak satu meter. Tambahkan beban diatas robot lalu ulangi dan catat hasil percobaan.

No.	Arah Gerak	Dengan Beban	Waktu
1.	Maju	Tidak	
2.	Mundur	Tidak	
3.	Maju	Ya	
4.	Mundur	Ya	

G. Bahan Diskusi

1. Ubahlah program sehingga robot berputar ke kanan ketika tombol Start ditekan, dan berputar ke kiri ketika tombol Next ditekan, catat waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu putaran. Tambahkan beban diatas robot lalu ulangi dan catat hasil percobaan.

No.	Arah Putaran	Dengan Beban	Waktu
1.	Kanan	Tidak	
2.	Kiri	Tidak	
3.	Kanan	Ya	
4.	Kiri	Ya	

H. Lampiran

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
Labsheet 2	Pemrograman Sensor IMU Pada Robot Transporter	No. Job: 01	
	Rev: 01	Tgl: 20/2/24	4 x 50 menit

A. Kompetensi

Mahasiswa memahami dasar pemrograman Inertial Measurement Unit.

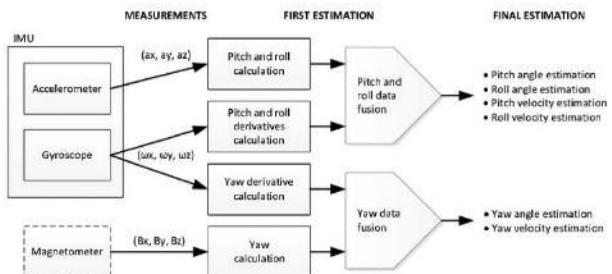
B. Sub Kompetensi

Setelah melakukan praktik, diharapkan:

1. Mahasiswa dapat menjelaskan fungsi Inertial Measurement Unit.
2. Mahasiswa dapat memprogram sensor Inertial Measurement Unit.

C. Dasar Teori

Inertial Measurement Unit (IMU) atau Unit Pengukuran Inersia merupakan sensor/alat yang mengkombinasikan beberapa sensor seperti akselerometer, giroskop dan magnetometer sehingga nantinya dapat mengukur nilai relatif kecepatan, akselerasi, serta kemiringan dari objek terhadap orientasi tertentu. Prinsip kerja IMU memanfaatkan gaya inersia yang dihasilkan objek, untuk mengukur perubahan inersia yang terjadi secara terus-menerus. Langkah pemrosesan nilai oleh IMU dapat dilihat pada blok diagram berikut.



Gambar 1. Blok Diagram Proses IMU

Kolom pertama merupakan sensor yang mengambil data mentah, akselerometer mengambil nilai percepatan a (m/s^2), giroskop mengambil nilai kemiringan sudut w (rad/s) dan magnetometer mengambil nilai derajat arah mata angin. Kolom kedua pemrosesan awal dari masing-masing sensor kedalam nilai estimasi, yang selanjutnya diolah kembali menjadi nilai akhir dari sensor imu yaitu Pitch (sumbu X), Roll (sumbu Y), dan Yaw (sumbu Z). Dari proses tersebut, bisa disimpulkan

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
	Labsheet 2	Pemrograman Sensor IMU Pada Robot Transporter	No. Job: 01
		Rev: 01	Tgl: 20/2/24
			4 x 50 menit

sensor IMU dapat digunakan untuk mengambil nilai akselerasi (sumbu x,y,z), giroskop (sumbu x,y,z), dan sudut arah mata angin (sumbu x,y,z). Hasil nilai sumbu Z pada gyroscope IMU dapat didapat melalui persamaan dibawah, dimana G_z adalah luaran gyro sumbu z.

$$G_z = G_{zt} * \Delta t$$

Hoang (2021) menjelaskan cara menghitung arah dari magnetometer atau kompas dimana m_x dan m_y merupakan nilai magnetik dari sumbu x dan y.

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{m_x}{m_y} \right)$$

Sensor IMU yang mengandalkan gaya inersia idealnya mendapat nilai 0 apabila dalam kondisi diam. Namun terdapat kemungkinan dimana sensor mengalami eror sehingga nilai pada kondisi diam tidak sama dengan 0. Hal ini dapat menyebabkan sensor mengalami *drifting* atau perubahan nilai setelah beberapa saat, sehingga nilai luaran dari sensor tidak dapat diandalkan lagi. Untuk mengatasi hal itu, dapat memasang filter *threshold* sederhana pada pemrosesan nilai sensor IMU. Sebelumnya, penting untuk menghapus bias dari luaran sensor gyro yang dihasilkan dengan persamaan dibawah.

$$G_{z\ bias} = \sum_{i=0}^n G_{zi}$$

$$G_z[k] = G_z[k] - G_{z\ bias}$$

Selanjutnya Hoang menjelaskan perhitungan minimum atau *threshold* untuk G_z dimana G_z threshold merupakan nilai minimum luaran sensor gyro.

$$G_z\ Threshold = \max\{|G_z[1]|, |G_z[2]|, \dots, |G_z[i]|\}$$

$$G_z = \begin{cases} G_z & \text{apabila } |G_z| > |G_z\ Threshold| \\ 0 & \text{apabila } |G_z| < |G_z\ Threshold| \end{cases}$$

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
	Labsheet 2	Pemrograman Sensor IMU Pada Robot Transporter	No. Job: 01
		Rev: 01	Tgl: 20/2/24
			4 x 50 menit

D. Alat/Instrumentasi/Aparatus/Bahan

1. Media Pembelajaran
2. Laptop/PC
3. Mikrokontroler Arduino Uno
4. Sensor IMU Qwiic LSM6DSO
5. Sensor Magnetometer GY-271
6. Kabel upload

E. Keselamatan Kerja

1. Jagalah kebersihan lingkungan.
2. Perhatikan tata tertib praktikum di lab
3. Pastikan kondisi alat dan bahan praktik dalam kondisi normal.
4. Pastikan personal komputer (PC) telah terinstall dengan baik.
5. Gunakan alat dan bahan sebagaimana mestinya.

F. Langkah Kerja

1. Persiapkan perlengkapan praktikum yang dibutuhkan
2. Buka Software Arduino IDE, buat file baru dengan menekan “Ctrl+N”.
3. Download library “SparkFun Qwiic 6DoF LSM6DSO”, “QMC5883Lcompass” dan “LiquidCrystal_I2C” dari link berikut <https://tinyurl.com/transport-IMU>
4. Untuk menambahkan library ke arduino, pilih Sketch lalu pilih *Include Library* lalu pilih *Add .ZIP Library*, lalu pilih file yang tadi di download.
5. Pastikan komponen tersambung sesuai konfigurasi yang telah ditentukan dibawah.
 - a) LSM6DSO

Sensor IMU LSM6DSO	Arduinio Uno
SDA	A4
SCL	A5
VCC	3.3V
GND	Ground

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
	Labsheet 2	Pemrograman Sensor IMU Pada Robot Transporter	No. Job: 01
		Rev: 01	Tgl: 20/2/24
			4 x 50 menit

b) GY-271

Sensor IMU LSM6DSO	Arduino Uno
SDA	A4
SCL	A5
VCC	5 V
GND	Ground

6. Apabila sensor IMU dan Mikrokontroler Arduino Uno telah tersambung sesuai konfigurasi, buka Software Arduino IDE lalu pilih board melalui *Tools* lalu pilih *Board* dan pilih Arduino Uno.
7. Pilih menu *File*, lalu pilih *Example* pilih QMC5883LCompass lalu pilih *calibration* untuk mengkalibrasi kompas. Upload program ke Mikrokontroller dan jalankan program, selanjutnya buka Serial Monitor, program akan menghasilkan kode serta nilai untuk kalibrasi.
8. Masukkan kode berikut kedalam aplikasi Arduino IDE untuk kalibrasi sensor IMU

```

1 #include "SparkFunLSM6DSO.h"
2 LSM6DSO myIMU;
3 float calibrationSamples = 100, gyroZOffset = 0.0;
4
5 void setup() {
6     Wire.begin();
7     Serial.begin(9600);
8     if (!myIMU.begin()) Serial.print("Gagal memulai IMU");
9     myIMU.initialize(BASIC_SETTINGS);
10    Serial.println("KALIBRASI IMU, JAGA IMU DALAM POSISI DIAM SELAMA 2 DETIK");
11    float sum = 0.0;
12    for (int i = 0; i < calibrationSamples; i++) {
13        sum += myIMU.readFloatGyroZ();
14        delay(10);
15    }
16    gyroZOffset = sum / calibrationSamples;
17    Serial.println("Hasil kalibrasi IMU : " + String(gyroZOffset));
18 }
19
20 void loop() {
21     delay(1000);
22 }
```

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA**

Labsheet 2

Pemrograman Sensor IMU Pada Robot
Transporter

No. Job: 01

Rev: 01

Tgl: 20/2/24

4 x 50 menit

9. Buat file baru dan masukkan kode berikut kedalam aplikasi Arduino IDE untuk melakukan pembacaan data dari sensor IMU.

```
1 // Deklarasi penggunaan librari
2 #include <Wire.h>
3 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
4 #include <QMC5883LCompass.h>
5 #include "SparkFunLSM6DSO.h"
6
7 // Deklarasi variabel-variabel yang akan digunakan
8 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
9 LSM6DSO myIMU; // Default constructor is I2C, addr 0x6B
10 QMC5883Lcompass compass;
11
12 const float alpha = 0.98;
13 unsigned long lastTime;
14
15 // DATA LSM6DSO
16 float lsmGx, lsmGy, lsmGz, lsmYaw;
17 float batasBawahGyro = 0.1;
18 float gyroZOffset = -0.08; // Masukkan nilai hasil kalibrasi IMU
19 const int calibrationSamples = 100;
20 // DATA GY-271
21 int avgCount = 0, startingGy, avgSet = 10;
22 float gyMx, gyMy, gyYaw = 0.0;
23 float totalGyYaw, avgGyYaw = 0.0;
24
25 void printLCD(String text = "", int x = -1, int y = -1) {
26     if (x != -1 && y != -1) {
27         lcd.setCursor(x, y);
28     }
29     lcd.print(text);
30 }
31
32 void bacALSM() {
33     unsigned long currentTime = millis();
34     float dt = (currentTime - lastTime) / 1000.0;
35     lastTime = currentTime;
36     lsmGz = myIMU.readFloatGyroZ() - gyroZOffset; //ZOffset : hasil kalibrasi
37     float calcGz = lsmGz * dt;
```

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------



DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA

Labsheet 2

Pemrograman Sensor IMU Pada Robot
Transporter

No. Job: 01

Rev: 01 Tgl: 20/2/24 4 x 50 menit

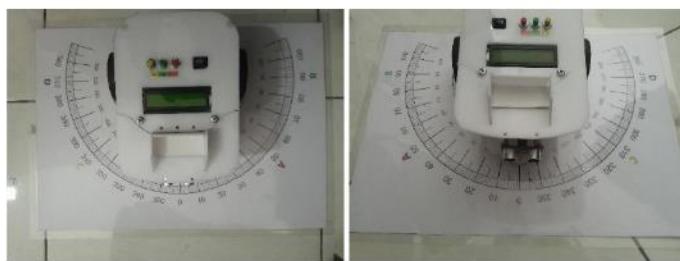
```
38 if (abs(calcGz) > batasBawahGyro) { // Memfilter error nilai sensor
39     lsmYaw += calcGz;
40 }
41 }
42 void bacaGY() {
43     compass.read();
44     gyMx = compass.getRx();
45     gyMy = compass.getNy();
46     gyYaw = atan2(gyMy, gyMx) * 180.0 / PI;
47     gyYaw += startingGy;
48
49     if (gyYaw >= 360.0) {
50         gyYaw -= 360.0;
51     } else if (gyYaw < 0.0) {
52         gyYaw += 360.0;
53     }
54     if (avgCount < avgSet) {
55         avgCount += 1;
56         totalGyYaw += gyYaw;
57         avgGyYaw = totalGyYaw / avgCount; // Penghitungan nilai rerata kompas
58     } else {
59         avgCount = 0;
60         totalGyYaw = avgGyYaw;
61     }
62 }
63 void setup() {
64     Wire.begin();
65     lcd.init();
66     lcd.backlight();
67     Serial.begin(9600);
68
69     if ( myIMU.begin() ){
70         printLCD("Memulai IMU", 0, 1);
71         myIMU.initialize(BASIC_SETTINGS);
72         delay(1000);
73     }else {
74         printLCD("gagal", 12, 1);
75         delay(1000);
76     }
77
78     printLCD("Memulai Kompas", 0, 1);
79     delay(1000);
80     compass.init();
81     // Kalibrasi kompas dari hasil kalibrasi sebelumnya
82     compass.setCalibrationOffsets(-22.00, -97.00, 1222.00);
83     compass.setCalibrationScales(0.88, 4.94, 0.60);
84     compass.setSmoothing(20, true);
85     printLCD("OK", 0, 1);
86     delay(1000);
87     lcd.clear();
88     for(int i = 0; i < avgSet; i++){
89         bacaGY();
90     }
91     startingGy = avgGyYaw;
92 }
93 void loop() {
94     // PEMBACAAN SENSOR
95     bacaLSM();
96     bacaGY();
97     delay(100);
98     Serial.print("gyyaw " + String(avgGyYaw));
99     Serial.print("lsyaw " + String(lsmYaw));
100    float YAW = alpha * lsmYaw + (1 - alpha) * avgGyYaw;
101    printLCD ("YAW:" + String(lsmYaw), 0, 0);
102 }
```

Disusun oleh:
Muhammad SubarkahFakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa Oleh:

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
	Labsheet 2	Pemrograman Sensor IMU Pada Robot Transporter	No. Job: 01
		Rev: 01	Tgl: 20/2/24
			4 x 50 menit

10. Apabila kode selesai ditulis, klik ‘Verify’ dan pastikan tidak ada salah penulisan,
11. Selanjutnya pilih Port melalui ‘Tools’ lalu pilih ‘Port’ dan pastikan port yang dipilih terhubung ke Board Arduino Uno.
12. Apabila tidak ada eror, program dapat di upload melalui tombol ‘Upload’.
13. Tempatkan alas busur pada lantai.
14. Posisikan robot di titik tengah alas busur, sehingga titik awal sudut adalah 0.



15. Putarlah robot menggunakan tangan, lalu amati nilai Yaw pada lcd. Catat perubahan sudut putaran dan bandingkan perubahan pada alas busur.
 16. Error dihitung sebagai berikut:
- $$\%error = \frac{sudut busur - (YAW awal - YAW akhir)}{sudut busur} \times 100$$
17. Ulangi langkah 14 sampai 16 pada tiap percobaan.

No	Sudut Busur	YAW Awal	YAW Akhir	Selisih YAW	%Eror
1.					
2.					
3.					
4.					

G. Bahan Diskusi

1. Cobalah ubah nilai alpha pada kode program baris 12, dengan rentang 0.01 – 0.99 dan amati hasil perubahan yang terjadi pada nilai Yaw.
2. Lakukan langkah 14 sampai 16 pada bab F tiap melakukan percobaan.

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO					
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA					
	Labsheet 2	Pemrograman Sensor IMU Pada Robot Transporter		No. Job: 01		
		Rev: 01		Tgl: 20/2/24	4 x 50 menit	

No	Alpha	Sudut Busur	YAW Awal	YAW Akhir	Selisih YAW	%Eror
1.						
2.						
3.						
4.						

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
	Labsheet 3	Pemrograman Robot Transporter Dengan Sensor IMU	No. Job: 01
		Rev: 01	Tgl: 20/2/24

A. Kompetensi

Mahasiswa mampu mengoperasikan Robot Transporter dengan pengaturan sudut menggunakan IMU.

B. Sub Kompetensi

Setelah melakukan praktik, diharapkan:

1. Mahasiswa dapat memprogram Robot Transporter memanfaatkan sensor IMU.
2. Mahasiswa dapat mengetahui waktu yang dibutuhkan Robot Transporter untuk mencapai titik tertentu.

C. Dasar Teori

1. Motor Servo

Motor servo adalah aktuator elektromekanis yang digunakan untuk mengontrol posisi, kecepatan, dan percepatan dengan presisi tinggi. Servo sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan gerakan sudut yang akurat dan stabil, seperti dalam robotika, antena satelit atau sistem kontrol industri. Motor ini bekerja berdasarkan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk mementukan sudut rotasi dengan mengukur durasi pulsa yang diterima, sudut rotasi servo umumnya dari 0-180 derajat, namun terdapat servo yang dapat berotasi sampai 360 derajat penuh. Servo motor mampu mempertahankan posisinya meskipun ada gaya luar yang mencoba menggesernya. Servo dapat mempertahankan posisi porosnya dari gaya luar sehingga sering dipakai pada kontrol yang memerlukan presisi.

2. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang dapat mengukur jarak dengan rentang 2-400Cm. Dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik, sensor ini mampu mengukur jarak dengan akurasi mencapai 3mm. Sensor ini memiliki 4 pin yaitu *power*, *ground*, *trigger* dan *echo*. Pin *trigger* digunakan sebagai pin *trigger* pada pengirim gelombang ultrasonik yang nantinya akan diterima oleh *echo*. Lama durasi pin *echo* untuk menerima gelombang yang dikirim *trigger* akan dijadikan acuan untuk mengukur jarak dari objek dengan sensor. Perhitungan jarak pada sensor ultrasonik menggunakan rumus dibawah.

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
	Labsheet 3	Pemrograman Robot Transporter Dengan Sensor IMU	No. Job: 01
		Rev: 01	Tgl: 20/2/24
			4 x 50 menit

$$\text{Jarak} = (\text{waktu sinyal High}) * \text{kecepatan suara (}340\text{m/s}) / 2$$

D. Alat/Instrumentasi/Aparatus/Bahan

1. Media Pembelajaran
2. Laptop/PC
3. Mikrokontroler Arduino Uno
4. Motor DC 5V dengan Wadah *Gearbox* Motor DC x 2 Buah
5. Sensor Ultrasonik HCSR-04
6. Sensor IMU Qwiic LSM6DSO
7. Sensor Kompas GY-271
8. Robot *Transporter*
9. Kabel *upload*

E. Keselamatan Kerja

1. Jagalah kebersihan lingkungan.
2. Pastikan kondisi alat dan bahan praktik dalam kondisi baik.
3. Pastikan personal komputer (PC) telah terinstall dengan baik.
4. Gunakan alat dan bahan sebagaimana mestinya.

F. Langkah Kerja

1. Persiapkan perlengkapan praktikum yang dibutuhkan
2. Buka Software Arduino IDE, buat file baru dengan memilih menu *file*, pilih *New*
3. Download library “SparkFun Qwiic 6DoF LSM6DSO”, “QMC5883Lcompass” , “HCSR04” dan “LiquidCrystal_I2C” dari link berikut <https://tinyurl.com/transport-IMU>
4. Untuk menambahkan library ke arduino, pilih Sketch lalu pilih *Include Library* lalu pilih *Add .ZIP Library*, lalu pilih file yang tadi di download.
5. Pastikan komponen tersambung sesuai konfigurasi yang telah ditentukan dibawah.

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
	Labsheet 3	Pemrograman Robot Transporter Dengan Sensor IMU	No. Job: 01
		Rev: 01	Tgl: 20/2/24

a) HCSR-04

Sensor HCSR-04	Arduinio Uno
Trigger	3
Echo	2
VIN	5V
GND	Ground

b) LSM6DSO

Sensor IMU LSM6DSO	Arduinio Uno
SDA	A4
SCL	A5
VCC	3.3V
GND	Ground

c) GY-271

Sensor IMU LSM6DSO	Arduinio Uno
SDA	A4
SCL	A5
VCC	5 V
GND	Ground

d) LCD

Sensor IMU LSM6DSO	Arduinio Uno
SDA	A4
SCL	A5
VCC	5 V
GND	Ground

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
Labsheet 3	Pemrograman Robot Transporter Dengan Sensor IMU	No. Job: 01
	Rev: 01	Tgl: 20/2/24

e) Koneksi L298N, Arduino dan Power Supply

L298N	Arduino Uno	Power Supply
+12V	Vin	Positif
GND	GND	Negatif
ENA	5	-
IN1	A0	-
IN2	A1	-
IN3	A2	-
IN4	A3	-
ENB	6	-

f) Motor DC

Gearbox Motor DC	L298N
Positif 1	Out 1
Negatif 1	Out 2
Positif 2	Out 3
Negatif 2	Out 4

6. Apabila sensor IMU dan Mikrokontroler Arduino Uno telah tersambung sesuai konfigurasi, buka Software Arduino IDE lalu pilih board melalui Tools lalu pilih Board dan pilih Arduino Uno.
7. Untuk kalibrasi kompas, pilih *Example*, lalu pilih QMCL5883Compass, lalu pilih ‘calibration’, lalu upload program ke robot.
8. Buka Serial Monitor dengan memilih *Tools*, lalu pilih *Serial Monitor*.
9. Putar robot 360 derajat saat proses kalibrasi lalu simpan dua baris teks terakhir yang muncul pada serial monitor.

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
	Labsheet 3	Pemrograman Robot Transporter Dengan Sensor IMU	No. Job: 01
		Rev: 01	Tgl: 20/2/24

10. Buat projek baru, lalu masukkan kode berikut.

```

1 #include "SparkFunLSM6DSO.h"
2 LSM6DSO myIMU;
3 float calibrationSamples = 100, gyroZOffset = 0.0;
4
5 void setup() {
6     Wire.begin();
7     Serial.begin(9600);
8     if (!myIMU.begin()) Serial.print("Gagal memulai IMU");
9     myIMU.initialize(BASIC_SETTINGS);
10    Serial.println("KALIBRASI IMU, JAGA IMU DALAM POSISI DIAM SELAMA 2 DETIK");
11    float sum = 0.0;
12    for (int i = 0; i < calibrationSamples; i++) {
13        sum += myIMU.readFloatGyroZ();
14        delay(10);
15    }
16    gyroZOffset = sum / calibrationSamples;
17    Serial.println("Hasil kalibrasi IMU : " + String(gyroZOffset));
18 }
19
20 void loop() {
21     delay(1000);
22 }
```

11. Simpan nilai hasil kalibrasi kompas setelah “Hasil kalibrasi IMU” untuk langkah berikutnya.

12. Masukkan kode program robot transporter dibawah ini, program dapat diunduh melalui [link program](#).

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

 DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
Labsheet 3	Pemrograman Robot Transporter Dengan Sensor IMU	No. Job: 01
	Rev: 01	Tgl: 20/2/24

13. Masukkan program berikut untuk menginisiasi variabel dan library yang akan digunakan.

```

1 // Deklarasi penggunaan librari yang dipakai
2 #include "Wire.h"
3 #include "LiquidCrystal_I2C.h"
4 #include "QMC5883LCompass.h"
5 #include "SparkfunLSM6DSO.h"
6 #include "HCSR04.h"
7 #include "Servo.h"
8 // Setup Pin
9 // Pin Motor
10 #define motor1Pin1 A1
11 #define motor1Pin2 A0
12 #define motor1PWM 5
13 #define motor2Pin1 A2
14 #define motor2Pin2 A3
15 #define motor2PWM 6
16 // Pin Servo
17 #define servo1Pin 9
18 #define servo2Pin 10
19 // Pin Ultrasonic
20 #define ultrasonicTrigger 3
21 #define ultrasonicEcho 2
22 // Pin Pushbutton
23 #define prevButtonPin 12
24 #define nextButtonPin 11
25 #define stopButtonPin 8
26 float gyroZOffset = -0.08; // Masukkan nilai hasil kalibrasi IMU sebelumnya
27 const int calibrationSamples = 100;
28 const float alpha = 1;
29 int batasBedaJarak = 40;
30 float batasBedaSudut = 2.0;
31 unsigned long intervalBacaSensor = 5;
32 unsigned long intervalBacaPushButton = 100;
33 const float startSpeed = 180;
34 const float maxSpeed = 150;
35 const float minSpeed = 120;
36 const float Kp = 2.0;
37 // Setup Variables
38 const char* MENU[] = {"TITIK A", "TITIK B", "TITIK C", "TITIK D"};
39 const int TITIK[] = {50, 90, -50, -90};
40 float YAW, lsmGx = 0, lsmGy, lsmGz, lsmYaw;
41 float batasBawahGyro = gyroZOffset * 1.5;
42 int avgCount = 0, avgSet = 10;
43 float gyMx, gyMy, gyYaw = 0.0, jarakUltrasonic = 999;
44 float totalGyYaw, avgGyYaw = 0.0, targetArah = 0.0;
45 int sudutPutarKap = 90;
46 int prevButtonState, prevlastState, nextButtonState, nextLastState;
47 int stopButtonState, stoplastState, menuIndex = 0;
48 int rodaState, rodaPwm = maxSpeed, rodaSTOP = 999;
49 int jalanMaju = 1, jalanMundur = 2, putarKanan = 3, putarKiri = 4;
50 String robotState = "BERHENTI", robotOperasi = "", robotSTOP = "BERHENTI";
51 String TARGET = "", sAMBIL = "AMBIL OBJEK";
52 String SAMPAI = "PENURUNAN OBJ", MULAI = "MENUJU TITIK", PULANG = "MENUJU BASE";
53 String ARAHTITIK = "MENCARI TITIK", ARAHALIK = "MENCARI BASE";
54 unsigned long lastTimePos, lastTimeGyro, interval, lastInterval;
55 unsigned long lastBacaPushButton, lastBacaSensor;
56 // Inisiasi Objek Library
57 LSM6DSO myIMU;
58 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
59 QMC5883LCompass compass;
60 UltraSonicDistanceSensor H04(ultrasonicTrigger, ultrasonicEcho);
61 Servo servo1, servo2;

```

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
Labsheet 3	Pemrograman Robot Transporter Dengan Sensor IMU	No. Job: 01
	Rev: 01	Tgl: 20/2/24

14. Tuliskan program berikut untuk print lcd dan mengganti menu.

```

1 void lcdPrint(String c, uint8_t x, uint8_t y, uint8_t l = 0) {
2     if (l && l > c.length()) {
3         for (uint8_t i = 0; i < l - c.length(); i++) {
4             c = " " + c;
5         }
6     }
7     if (x > -1 && y > -1) {
8         lcd.setCursor(x, y);
9     }
10    lcd.print(c);
11 }
12 void nextMenu() {
13     menuIndex = (menuIndex + 1) % 4;
14     lcdPrint(MENU[menuIndex], 0, 1);
15 }
16 int currentTarget(){
17     return TITIK[menuIndex];
18 }
19 void pilihMenu() {
20     unsigned long currentTime = millis();
21     if (currentTime - lastBacaPushButton > intervalBacaPushButton) {
22         prevButtonState = digitalRead(prevButtonPin);
23         nextButtonState = digitalRead(nextButtonPin);
24         stopButtonState = digitalRead(stopButtonPin);
25
26         if (stopButtonState == LOW && stopLastState != LOW) {
27             stopRobot();
28         }
29         if (prevButtonState == LOW && prevLastState != LOW && robotState == robotSTOP) {
30             nextMenu();
31         }
32         if (nextButtonState == LOW && nextLastState != LOW && robotState == robotSTOP) {
33             startRobot();
34         }
35         lastBacaPushButton = currentTime;
36     }
37     prevLastState = prevButtonState;
38     nextLastState = nextButtonState;
39     stopLastState = stopButtonState;
40 }

```

15. Tuliskan program berikut untuk menggerakan motor dc dan motor servo

```

1 void setMotor1(int direction, int pwm) {
2     analogWrite(motor1PWM, pwm);
3     digitalWrite(motor1Pin1, direction != 0);
4     digitalWrite(motor1Pin2, direction == 0);
5     delay(3);
6 }
7 void setMotor2(int direction, int pwm) {
8     analogWrite(motor2PWM, pwm);
9     digitalWrite(motor2Pin1, direction != 0);
10    digitalWrite(motor2Pin2, direction == 0);
11    delay(3);
12 }
13 void STOP(){
14     analogWrite(motor1PWM, 0);
15     digitalWrite(motor1Pin1, 0);
16     digitalWrite(motor1Pin2, 0);
17     analogWrite(motor2PWM, 0);

```

Disusun oleh:	Fakultas Teknik	Diperiksa Oleh:
Muhammad Subarkah	Universitas Negeri Yogyakarta	

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA			
Labsheet 3	Pemrograman Robot Transporter Dengan Sensor IMU	No. Job: 01	
	Rev: 01	Tgl: 20/2/24	4 x 50 menit

```

18   digitalWrite(motor1Pin2, 00);
19   analogWrite(motor2PWM, 0);
20   digitalWrite(motor2Pin1, 0);
21   digitalWrite(motor2Pin2, 0);
22   delay(10);
23 }
24 void gripperBuka() {
25   for (int pos = 0; pos <= sudutPutarKap; pos++) {
26     // servo 1 kondisi awal pada 0
27     servol.write(pos);
28     delay(10);
29     // servo 2 kondisi mirror, sehingga nilainya mulai dari 180
30     servo2.write(180 - pos);
31     delay(10);
32   }
33 }
34
35 void gripperTutup() {
36   for (int pos = sudutPutarKap; pos >= 0; pos--) {
37     servol.write(pos);
38     delay(10);
39     servo2.write(180 - pos);
40     delay(10);
41   }
42 }

```

16. Tuliskan program berikut untuk membaca sensor imu, ultrasonik dan Kompas

```

1 // Fungsi untuk membaca nilai gyro dari sensor IMU LSM6DS
2 void bacaGyro() {
3   unsigned long currentTime = millis();
4   float dt = (currentTime - lastTimeGyro) / 1000.0;
5   lastTimeGyro = currentTime;
6   lsmGz = myIMU.readFloatGyroZ() * -1 - gyroZoffset;
7   float calcGz = lsmGz * dt;
8   if (abs(calcGz) > abs(batasBawahGyro)) {
9     lsmYaw += calcGz;
10    if (lsmYaw >= 360.0) {
11      lsmYaw -= 360.0;
12    } else if (lsmYaw < 0.0) {
13      lsmYaw += 360.0;
14    }
15  }
16 }
17 // Fungsi untuk membaca nilai kompas dari sensor GY-271
18 void bacaKompas() {
19   compass.read();
20   gyMx = compass.getX();
21   gyMy = compass.getY();
22   gyYaw = atan2(gyMy, gyMx) * 180.0 / PI;
23
24   if (gyYaw >= 360.0) {
25     gyYaw -= 360.0;
26   } else if (gyYaw < 0.0) {
27     gyYaw += 360.0;
28   }
29   if (avgCount < avgSet) {
30     avgCount += 1;
31     totalGyYaw += gyYaw;
32     avgGyYaw = totalGyYaw / avgCount;
33   } else {
34     avgCount = 0;
35     totalGyYaw = 0.0;

```

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA**

Labsheet 3

Pemrograman Robot Transporter Dengan
Sensor IMU

No. Job: 01

Rev: 01

Tgl: 20/2/24

4 x 50 menit

```
36     }
37 }
38
39 // Fungsi untuk membaca nilai ultrasonik dari sensor HCSR04
40 void bacaUltrasonic() {
41     jarakUltrasonic = HC04.measureDistanceCm();
42     delay(50);
43     if (jarakUltrasonic < 0) {
44         jarakUltrasonic = 999;
45     }
46 }
47
48 void bacaSensor() {
49     unsigned long currentTime = millis();
50     if (currentTime - lastBacaSensor >= intervalBacaSensor) {
51         bacaGyro();
52         bacaKompas();
53         YAW = alpha * lsmYaw + (1 - alpha) * avgGyYaw;
54         lcdPrint("Arah:", 8, 1);
55         lcdPrint(String(int(YAW)), 13, 1, 3);
56         lcdPrint("Selisih:", 4, 0);
57         lcdPrint(String(int(YAW)-targetArah), 12, 0, 4);
58         lastBacaSensor = currentTime;
59     }
60 }
61 void startRobot() {
62     robotState = ARAH_TITIK;
63 }
64
65 void stopRobot() {
66     STOP();
67     robotState = robotSTOP;
68     rodaState = rodaSTOP;
69 }
70
71 void putarRobot(float targetYaw, int batasEkstra = 0) {
72     if (targetYaw > 0) {
73         rodaState = putarKanan;
74     } else {
75         rodaState = putarKiri;
76     }
77     targetYaw += YAW;
78
79     if (targetArah < 0) {
80         targetArah += 360;
81     }
82 }
```

```
1 void bacaSensor() {
2     unsigned long currentTime = millis();
3     if (currentTime - lastBacaSensor >= intervalBacaSensor) {
4         bacaGyro();
5         bacaKompas();
6         YAW = alpha * lsmYaw + (1 - alpha) * avgGyYaw;
7         lcdPrint("Arah:", 8, 1);
8         lcdPrint(String(int(YAW)), 13, 1, 3);
9         lcdPrint("Selisih:", 4, 0);
10        lcdPrint(String(int(YAW)-targetArah), 12, 0, 4);
11        lastBacaSensor = currentTime;
12    }
13 }
```

Disusun oleh:
Muhammad SubarkahFakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa Oleh:

 DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
Labsheet 3	Pemrograman Robot Transporter Dengan Sensor IMU	No. Job: 01
	Rev: 01	Tgl: 20/2/24

17. Tuliskan program dibawah untuk mengatur gerak dan arah putar robot

```

1 void startRobot() {
2     robotState = ARAHTITIK;
3 }
4 void stopRobot() {
5     STOP();
6     robotState = robotSTOP;
7     rodaState = rodaSTOP;
8 }
9 void putarRobot(float targetYaw, int batasEkstra = 0) {
10    if (targetYaw > 0) {
11        rodaState = putarkanan;
12    } else {
13        rodaState = putarKiri;
14    }
15    targetYaw += YAW;
16    if (targetArah < 0) {
17        targetArah += 360;
18    }
19    if (targetArah > 360) {
20        targetArah -= 360;
21    }
22    rodaPwm = startSpeed;
23    gerakMotor();
24    delay(50);
25    float error = abs(targetYaw - YAW);
26    float minError = error;
27    while (abs(error) > batasBedaSudut + batasEkstra) {
28        bacaSensor();
29        float controlSignal = Kp * minError;
30        if (controlSignal > maxSpeed) {
31            controlSignal = maxSpeed;
32        } else if (controlSignal < -maxSpeed) {
33            controlSignal = -maxSpeed;
34        }
35        if (controlSignal > 0) {
36            rodaPwm = controlSignal;
37        }
38        if (abs(rodaPwm) < minSpeed) {
39            rodaPwm = (rodaPwm > 0) ? minSpeed : -minSpeed;
40        }
41        gerakMotor();
42        pilihMenu();
43        delay(3);
44        error = abs(targetYaw - YAW);
45        if (error < minError) {
46            minError = error;
47        }
48
49        if (robotState == robotSTOP) {
50            stopRobot();
51            break;
52        }
53    }
54 }
```

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
Labsheet 3	Pemrograman Robot Transporter Dengan Sensor IMU	No. Job: 01
	Rev: 01	Tgl: 20/2/24

```

1 void resetRobot(String newState, bool slowDown = false) {
2     if (robotState == robotSTOP) {
3         return;
4     }
5
6     if (slowDown) {
7         setMotor1(1, minSpeed * 1.5);
8         setMotor2(1, minSpeed * 1.5);
9         delay(125);
10    setMotor1(1, minSpeed);
11    setMotor2(1, minSpeed);
12    delay(125);
13 }
14 STOP();
15 rodahWm = startSpeed;
16 robotState = newState;
17 }

```

18. Tuliskan kode berikut untuk memulai pin dan library yang akan dipakai, ganti kode pada baris 23-24 diganti dengan hasil pada Langkah 2.

```

1 void setup() {
2     Serial.begin(9600);
3     Wire.begin();
4     lcd.init();
5     lcd.backlight();
6     servo1.attach(servo1Pin);
7     servo2.attach(servo2Pin);
8     servo1.write(2);
9     servo2.write(190);
10    pinMode(motor1PWM, OUTPUT);
11    pinMode(motor1Pin1, OUTPUT);
12    pinMode(motor1Pin2, OUTPUT);
13    pinMode(motor2Pin1, OUTPUT);
14    pinMode(motor2Pin2, OUTPUT);
15    pinMode(motor2PWM, OUTPUT);
16    pinMode(prevButtonPin, INPUT_PULLUP);
17    pinMode(nextButtonPin, INPUT_PULLUP);
18    pinMode(stopButtonPin, INPUT_PULLUP);
19    lcdPrint("Memulai Kompas", 0, 1);
20    compass.init();
21    compass.setSmoothing(20, true);
22    delay(500); // Masukkan nilai kalibrasi dari hasil kalibrasi sebelumnya
23    compass.setCalibrationOffsets(-22.00, -97.00, 1222.00);
24    compass.setCalibrationScales(0.88, 4.94, 0.60);
25    lcd.clear();
26    lcdPrint("Memulai IMU", 0, 1);
27    if ( myIMU.begin() ) {
28        myIMU.initialize(BASIC_SETTINGS);
29        delay(500);
30        lcd.clear();
31        lcdPrint("OK", 0, 1);
32        delay(500);
33    } else {
34        lcdPrint("IMU ERROR! ", 0, 1);
35        while (1);
36    }
37    lcd.clear();
38    lcdPrint(MENU[menuIndex], 0, 1);
39 }

```

Disusun oleh:	Fakultas Teknik	Diperiksa Oleh:
Muhammad Subarkah	Universitas Negeri Yogyakarta	

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
	Labsheet 3	Pemrograman Robot Transporter Dengan Sensor IMU	No. Job: 01
		Rev: 01	Tgl: 20/2/24

19. Tuliskan kode berikut untuk mengendalikan robot menuju titik tujuan dengan fungsi-fungsi yang telah di tulis sebelumnya

```

1 // Fungsi step menuju titik tuju
2 void oteweTarget() {
3     // Step 1, pada pencarian sudut, apabila sudut sesuai, berhenti berputar
4     if (robotState == ARAHTIIK) {
5         putarRobot(currentTarget());
6         if (robotState != robotSTOP) {
7             resetRobot(MULAI);
8             delay(3000);
9             jarakUltrasonic = 999;
10            rodaState = jalanMaju;
11        }
12    }
13    // Step 2 gerak menuju titik target
14    else if (robotState == MULAI) {
15        // Jarak titik diketahui dengan sensor ultrasonik
16        // Apabila sudah dekat, robot akan berhenti
17        if (jarakUltrasonic < batasBedaJarak) {
18            resetRobot(SAMPAI, true);
19            gripperBuka();
20            delay(2000);
21            gripperTutup();
22            robotState = ARAHBALIK;
23        } else {
24            // Memaca ultrasonik sampai jarak sesuai
25            bacauUltrasonic();
26        }
27    }
28    // Step 3 mencari titik sudut arah awal
29    else if (robotState == ARAHBALIK) {
30        putarRobot(180, 4);
31        if (robotState != robotSTOP) {
32            resetRobot(PULANG);
33            jarakUltrasonic = 999;
34            rodaState = jalanMaju;
35        }
36    }
37    // Step 4 kembali ke titik awal
38    else if (robotState == PULANG) {
39        if (jarakUltrasonic < batasBedaJarak) {
40            STOP();
41            rodaState = rodaSTOP;
42            robotState = robotSTOP;
43        } else {
44            bacauUltrasonic();
45        }
46    }
47 }
48 // Kendali motor sesuai arah state robot, maju, putar, mundur
49 void gerakMotor() {
50     float copyYaw = YAW;
51     int copyTarget = currentTarget();
52     int rodaPwmKanan = rodaPwm, rodaPwmKiri = rodaPwm;
53     int fixPwm = 5;
54     if (rodaState == jalanMaju) {
55         // Normalisasi nilai arah
56         if (copyTarget > 180 && copyTarget < 90) {
57             copyYaw += 360;
58         }
59         if (copyYaw > 180 && copyTarget < 90) {
60             copyTarget += 360;
61         }
62     }
63 }
```

Disusun oleh:	Fakultas Teknik	Diperiksa Oleh:
Muhammad Subarkah	Universitas Negeri Yogyakarta	



DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA

Labsheet 3

Pemrograman Robot Transporter Dengan
Sensor IMU

No. Job: 01

Rev: 01

Tgl: 20/2/24

4 x 50 menit

```
62 // Fix kecepatan apabila terdapat eror
63 if (copyYaw > copyTarget) {
64     rodaPwmKanan += fixPwm;
65 } else if (copyYaw < copyTarget) {
66     rodaPwmKiri += fixPwm;
67 }
68
69     setMotor1(1, rodaPwmKanan);
70     setMotor2(1, rodaPwmKiri);
71
72 } else if (rodaState == jalanMundur) {
73     setMotor1(0, rodaPwmKanan);
74     setMotor2(0, rodaPwmKiri);
75 } else if (rodaState == putarKanan) {
76     setMotor1(0, rodaPwm + 2 - fixPwm);
77     setMotor2(1, rodaPwm - fixPwm);
78 } else if (rodaState == putarKiri) {
79     setMotor1(1, rodaPwm + 2 - fixPwm);
80     setMotor2(0, rodaPwm - fixPwm);
81 } else {
82     STOP();
83 }
84 }
85
86 // Perulangan Utama
87 void loop() {
88     bacaSensor();
89     pilihMenu();
90     oteweTarget();
91     gerakMotor();
92     delay(5);
93 }
```

20. Pastikan tidak ada error pada program dengan klik, *Verify*, apabila tidak ada eror, *upload* program dengan memilih *Upload*.
21. Selanjutnya untuk mengoperasikan robot, pastikan kondisi robot berhenti dengan posisi LCD baris pertama bertuliskan “BERHENTI”.

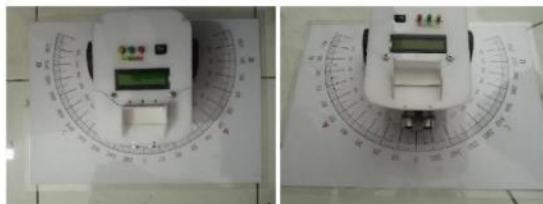
Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO		
LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA		
Labsheet 3	Pemrograman Robot Transporter Dengan Sensor IMU	No. Job: 01
	Rev: 01	Tgl: 20/2/24

22. Tempatkan alas busur dan tempat titik tujuan A, B, C dan D.



23. Posisikan robot di titik tengah alas busur, sehingga titik awal sudut adalah 0.



24. Selanjutnya untuk memilih titik tujuan, tekan *pushbutton* berwarna kuning, apabila titik destinasi yang tertampil pada LCD sudah benar, tekan *pushbutton* berwarna hijau dan robot akan berjalan. Amati dan catat sudut awal robot pada lcd sebelum berjalan, amati dan catat sudut akhir robot pada lcd dan busur di titik tuju pemindahan. Ulangi langkah 10-11 untuk tiga titik yang lain.

25. Error dihitung sebagai berikut:

$$\%error = \frac{\text{sudut busur} - (\text{YAW}_\text{awal} - \text{YAW}_\text{akhir})}{\text{sudut busur}} \times 100$$

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

	DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO			
	LAB SHEET PRAKTIK ROBOTIKA			
	Labsheet 3	Pemrograman Robot Transporter Dengan Sensor IMU	No. Job: 01	
		Rev: 01	Tgl: 20/2/24	4 x 50 menit

26. Ulangi langkah 11 sampai 13 pada tiap percobaan.

No.	Tujuan	Sudut Busur	YAW Awal	YAW Akhir	YAW Selisih	%Eror
1.	50					
2.	90					
3.	270					
4.	310					

G. Bahan Diskusi

1. Ubahlah Program pada interval pengambilan data sensor pada baris 34 menjadi lebih cepat dan lebih lambat, lalu amati dan catat perubahan yang terjadi pada penentuan sudut titik pengantaran.

a) Interval : ms

No.	Tujuan	Sudut Busur	YAW Awal	YAW Akhir	YAW Selisih	%Eror
1.	50					
2.	90					
3.	270					
4.	310					

b) Interval : ms

No.	Tujuan	Sudut Busur	YAW Awal	YAW Akhir	YAW Selisih	%Eror
1.	50					
2.	90					
3.	270					
4.	310					

Disusun oleh: Muhammad Subarkah	Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta	Diperiksa Oleh:
------------------------------------	--	-----------------

Lampiran 4. Lembar Instrumen Validasi Ahli Materi

Angket Penilaian Ahli Materi

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, Saya memohon bantuan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi validator “**Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit Pada Mata Kuliah Robotika**” agar layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Mata Kuliah : Praktik Robotika

Pembuat : Muhammad Subarkah

Tanggal :

A. Prosedur Pengisian Instrumen Materi Pembelajaran:

1. Dimohon kepada Bapak/Ibu/Saudara untuk memberikan penilaian pada salah satu kolom didalam angket berikut ini berdasarkan kriteria berikut.
SS : Sangat Setuju
S : Setuju
TS : Tidak Setuju
STS : Sangat Tidak Setuju
2. Dimohon untuk memberikan tanda centang (✓) pada salah satu pilihan dalam tiap pertanyaan sesuai pendapat Bapak/Ibu/Saudara.
3. Jika terdapat kekurangan pada media pembelajaran ini, mohon Bapak/Ibu/Saudara dapat memberikan saran dan masukan pada bagian yang telah disediakan.
4. Mohon untuk menuliskan nama sebagai validator (jika belum tersedia) pada bagian akhir lembar instrumen ini sebagai bukti bahwa instrumen ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa manipulasi data.
5. Atas bantuan Bapak/Ibu/Saudara, kami mengucapkan terima kasih.

B. Penilaian Materi Pembelajaran

Pertanyaan :

No.	Pertanyaan	Pilihan Jawaban			
		SS	S	TS	STS
1.	Materi pembelajaran yang diajarkan menggunakan pembelajaran sesuai dengan silabus.				
2.	Materi yang diajarkan dalam media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> relevan dengan kompetensi peserta didik pada bidang robotika.				
3.	Materi pembelajaran disajikan dengan jelas.				
4.	Petunjuk penggunaan media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> disajikan di dalam <i>Modul</i> dan <i>Labsheet</i> .				
5.	Cara membuat program yang digunakan dalam pemrograman Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dijelaskan di dalam <i>Modul</i> dan <i>Labsheet</i> .				
6.	Alur pengoperasian media pembelajaran disajikan dengan jelas pada <i>Modul</i> dan <i>Labsheet</i> .				
7.	Materi pembelajaran lebih mudah dipahami setelah menggunakan media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> .				
8.	Materi disajikan secara runtut.				
9.	Materi yang terdapat pada <i>Modul</i> dan <i>Labsheet</i> , didukung dengan adanya media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> .				
10.	Materi yang dibuat dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik.				
11.	Terdapat penjelasan/keterangan pada setiap fungsi yang digunakan dalam program.				

12.	Materi yang disajikan dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran robotika.			
13.	Materi yang disajikan sesuai dengan perkembangan intelektual peserta didik.			
14.	Materi yang disajikan sesuai dengan perkembangan emosional peserta didik.			
15.	Tata bahasa pada <i>Modul</i> pembelajaran dan <i>Labsheet</i> sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia.			
16.	Istilah-istilah pada <i>Modul</i> pembelajaran dan <i>Labsheet</i> sudah baku.			

Kesimpulan :

Menurut saya, materi untuk Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit Pada Mata Kuliah Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika dinyatakan:

- Layak digunakan tanpa revisi
- Layak digunakan dengan revisi pada saran
- Tidak layak digunakan

Catatan:

- Berikan tanda centang (✓)

Saran dan perbaikan :

.....

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

Yogyakarta,
Validator,

()
NIP.

Lampiran 5. Lembar Instrumen Validasi Ahli Media

Angket Penilaian Ahli Media

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, Saya memohon bantuan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi validator “**Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit Pada Mata Kuliah Robotika**” agar layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Mata Kuliah : Praktik Robotika

Pembuat : Muhammad Subarkah

Tanggal :

A. Prosedur Pengisian Instrumen Materi Pembelajaran:

1. Dimohon kepada Bapak/Ibu/Saudara untuk memberikan penilaian pada salah satu kolom didalam angket berikut ini berdasarkan kriteria berikut.
SS : Sangat Setuju
S : Setuju
TS : Tidak Setuju
STS : Sangat Tidak Setuju
2. Dimohon untuk memberikan tanda centang (✓) pada salah satu pilihan dalam tiap pertanyaan sesuai pendapat Bapak/Ibu/Saudara.
3. Jika terdapat kekurangan pada media pembelajaran ini, mohon Bapak/Ibu/Saudara dapat memberikan saran dan masukan pada bagian yang telah disediakan.
4. Mohon untuk menuliskan nama sebagai validator (jika belum tersedia) pada bagian akhir lembar instrumen ini sebagai bukti bahwa instrumen ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa manipulasi data.
5. Atas bantuan Bapak/Ibu/Saudara, kami mengucapkan terima kasih.

B. Penilaian Media Pembelajaran

Pertanyaan :

No.	Pertanyaan	Pilihan Jawaban			
		SS	S	TS	STS
1.	Penggunaan media Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> membantu pembelajaran praktik robotika.				
2.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat digunakan pengajar untuk menjelaskan materi dengan mudah.				
3.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat digunakan pengajar untuk menarik perhatian peserta didik.				
4.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat menambah variasi materi tentang robotika.				
5.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat meningkatkan keaktifan peserta didik dalam pembelajaran.				
6.	Penggunaan media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> menumbuhkan semangat belajar peserta didik.				
7.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> memiliki keterkaitan dengan mata kuliah lain.				
8.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat mendukung pembelajaran mata kuliah lain.				

9.	Penggunaan modul Inertial Measurement Unit sebagai sensor menambah pengetahuan materi Praktik Robotika.			
10.	Penggunaan motor dc sebagai aktuator pada media pembelajaran dapat menambah pengetahuan materi Praktik Robotika			
11.	Bentuk media pembelajaran menarik.			
12.	Peletakan komponen pada media pembelajaran tersusun dengan baik.			
13.	Modul Sensor Inertial Measurement Unit pada Media Pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> mudah digunakan.			
14.	Semua komponen media pembelajaran berfungsi dengan baik.			
15.	Penggunaan modul dan labsheet dapat membantu pegoperasian media pembelajaran menjadi lebih mudah.			
16.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> menarik untuk digunakan.			
17.	Media pembelajaran mudah digunakan.			

Kesimpulan :

Menurut saya, materi untuk Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit Pada Mata Kuliah Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika dinyatakan:

- Layak digunakan tanpa revisi
- Layak digunakan dengan revisi pada saran
- Tidak layak digunakan

Catatan:

- Berikan tanda centang (✓)

Saran dan perbaikan :

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

Yogyakarta,

Validator,

(.....)
NIP.

Lampiran 6. Lembar Instrumen Angket Penilaian Pengguna

Angket Penelitian Tugas Akhir Skripsi

Assalamualaikum Wr. Wb, Perkenalkan saya:

Nama : Muhammad Subarkah
NIM : 20518241025
Prodi : Pendidikan Teknik Mekatronika

Saat ini, saya sedang melakukan penelitian Tugas Akhir Skripsi dengan judul "**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN PENGATURAN ARAH SUDUT PUTAR ROBOT TRANSPORTER DENGAN SENSOR INERTIAL MEASUREMENT UNIT PADA MATA KULIAH ROBOTIKA**" untuk itu saya meminta bantuan Saudara/i selaku Mahasiswa/i Jurusan Pendidikan Teknik Elektro yang sedang atau telah mengambil mata kuliah Praktik Robotika untuk menjadi responden saya dengan mengisi beberapa pertanyaan di bawah.

sebelum mengisi angket penelitian, Saudara/i disarankan untuk membaca/melihat terlebih dahulu materi pendukung penelitian Tugas Akhir Skripsi ini sebagai bahan pertimbangan dalam menjawab pertanyaan. Materi pendukung dapat dilihat pada link berikut

Modul : <https://drive.google.com/file/d/14een6F3HfJbtelUaqE...>
Labsheet : <https://drive.google.com/drive/folders/19xhSIXX2whczJJbf9n...>
Video Pembelajaran : <https://drive.google.com/file/d/1noKn25L1MObV6xx6...>

* Menunjukkan pertanyaan yang wajib diisi

1. Nama Lengkap *

2. Angkatan *

Tandai satu oval saja.

2020

2021

2022

3. NIM *

4. Kelas *

Tandai satu oval saja.

E

F

J

Petunjuk

Harap memilih salah satu pilihan jawaban dari pilihan yang tersedia
Pilih jawaban dengan keterangan sebagai berikut

4 = Sangat Setuju

3 = Setuju

2 = Tidak Setuju

1 = Sangat Tidak Setuju

5. 1. Bentuk media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor *IMU* menarik *
- Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor *IMU* menambah pengetahuan tentang robotika

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

6. 2. Sensor Inertial Measurement Unit pada Media Pembelajaran Pengembangan * Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor *IMU* menambah pengetahuan tentang robotika

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

7. 3. Materi pembelajaran yang disajikan sesuai dengan silabus *

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

8. 4. Materi pembelajaran pada Modul dan Labsheet disajikan dengan jelas *

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

9. 5. Alur pengoperasian media pembelajaran disajikan dengan jelas pada Modul * dan Labsheet

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

10. 6. Cara membuat program yang digunakan dalam Pengembangan Pengaturan * Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor IMU dijelaskan modul dan labsheet

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

11. 7. Materi yang terdapat pada Modul dan Labsheet didukung dengan adanya media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor *IMU* *

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

12. 8. Materi pembelajaran lebih mudah dipahami setelah menggunakan media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor *IMU* *

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

13. 9. Penggunaan media pembelajaran judul meningkatkan semangat belajar *

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

14. 10. Penggunaan media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut * Putar Robot Transporter Dengan Sensor *IMU* meningkatkan semangat dalam pembelajaran Praktik Robotika

Tandai satu oval saja.

1
 2
 3
 4

15. 11. Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot * Transporter Dengan Sensor *IMU* dapat digunakan pengajar untuk menjelaskan materi dengan mudah

Tandai satu oval saja.

1
 2
 3
 4

16. 12. Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot * Transporter Dengan Sensor *IMU* dapat digunakan pengajar untuk menarik perhatian peserta didik

Tandai satu oval saja.

1
 2
 3
 4

17. 13. Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *
Transporter Dengan Sensor *IMU* menambah variasi materi tentang robotika

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

18. 14. Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *
Transporter Dengan Sensor *IMU* menambah variasi media pembelajaran
tentang robotika

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

19. 15. Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot *
Transporter Dengan Sensor *IMU* meningkatkan minat dalam proses
pembelajaran

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

20. 16. Alur pengoperasian media pembelajaran dijelaskan dalam Modul dan Labsheet *

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

21. 17. Penggunaan Modul dan Labsheet memperjelas cara pengoperasian media pembelajaran *

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

22. 18. Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot * Transporter Dengan Sensor IMU dapat meningkatkan keaktifan peserta didik dalam pembelajaran

Tandai satu oval saja.

- 1
- 2
- 3
- 4

23. Masukan atau saran

Konten ini tidak dibuat atau didukung oleh Google.

Google Formulir

Lampiran 7. Hasil Validasi Ahli Materi

Angket Penilaian Ahli Materi

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, Saya memohon bantuan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi validator “Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit Pada Mata Kuliah Robotika” agar layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Mata Kuliah : Praktik Robotika

Pembuat : Muhammad Subarkah

Tanggal : 20 Juni 2024

A. Prosedur Pengisian Instrumen Materi Pembelajaran:

1. Dimohon kepada Bapak/Ibu/Saudara untuk memberikan penilaian pada salah satu kolom didalam angket berikut ini berdasarkan kriteria berikut.
SS : Sangat Setuju
S : Setuju
TS : Tidak Setuju
STS : Sangat Tidak Setuju
2. Dimohon untuk memberikan tanda centang (✓) pada salah satu pilihan dalam tiap pertanyaan sesuai pendapat Bapak/Ibu/Saudara.
3. Jika terdapat kekurangan pada media pembelajaran ini, mohon Bapak/Ibu/Saudara dapat memberikan saran dan masukan pada bagian yang telah disediakan.
4. Mohon untuk menuliskan nama sebagai validator (jika belum tersedia) pada bagian akhir lembar instrumen ini sebagai bukti bahwa instrumen ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa manipulasi data.
5. Atas bantuan Bapak/Ibu/Saudara, kami mengucapkan terima kasih.

B. Penilaian Materi Pembelajaran Pertanyaan :

No.	Pertanyaan	Pilihan Jawaban			
		SS	S	TS	STS
1.	Materi pembelajaran yang diajarkan menggunakan pembelajaran sesuai dengan silabus.	✓			
2.	Materi yang diajarkan dalam media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit relevan dengan kompetensi peserta didik pada bidang robotika.	✓			
3.	Materi pembelajaran disajikan dengan jelas.		✓		
4.	Petunjuk penggunaan media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit disajikan di dalam Modul dan Labsheet.	✓			
5.	Cara membuat program yang digunakan dalam pemrograman Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit dijelaskan di dalam Modul dan Labsheet.		✓		
6.	Alur pengoperasian media pembelajaran disajikan dengan jelas pada Modul dan Labsheet.	✓			
7.	Materi pembelajaran lebih mudah dipahami setelah menggunakan media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit.	✓			
8.	Materi disajikan secara runtut.		✓		
9.	Materi yang terdapat pada Modul dan Labsheet, didukung dengan adanya media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit.	✓			
10.	Materi yang dibuat dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik.		✓		

11.	Terdapat penjelasan/keterangan pada setiap fungsi yang digunakan dalam program.	✓			
12.	Materi yang disajikan dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran robotika.		✓		
13.	Materi yang disajikan sesuai dengan perkembangan intelektual peserta didik.		✓		
14.	Materi yang disajikan sesuai dengan perkembangan emosional peserta didik.		✓		
15.	Tata bahasa pada Modul pembelajaran dan Labsheet sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia.	✓			
16.	Istilah-istilah pada Modul pembelajaran dan Labsheet sudah baku.	✓			

Kesimpulan :

Menurut saya, materi untuk Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit Pada Mata Kuliah Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika dinyatakan:

- Layak digunakan tanpa revisi
 Layak digunakan dengan revisi pada saran
 Tidak layak digunakan

Catatan:

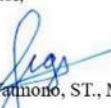
- Berikan tanda centang (✓)

Saran dan perbaikan :

1. Gambar 17 pada modul perlu ditambah tabel koneksi antar komponen
2. Labsheet 2 dan 3 sebaiknya ditentukan sudut awal dan Kompas awal agar praktik lbh mudah pengamatannya.

Yogyakarta, 20 Juli 2024

Validator,



Sigit Yaminono, ST., M.T.
NIP 197301251999031001

Angket Penilaian Ahli Materi

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, Saya memohon bantuan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi validator "Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit Pada Mata Kuliah Robotika" agar layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Mata Kuliah : Praktik Robotika

Pembuat : Muhammad Subarkah

Tanggal : 2 Agustus 2024

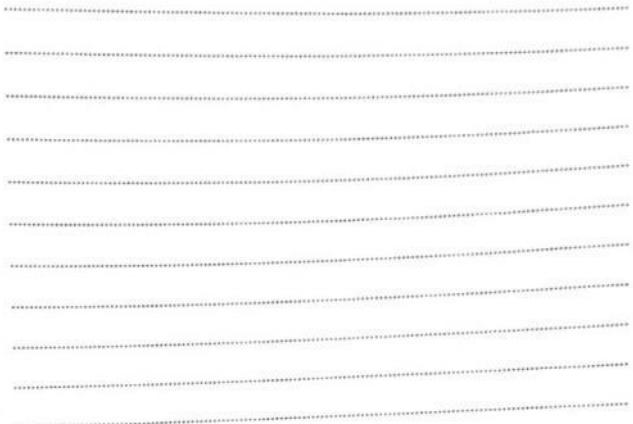
A. Prosedur Pengisian Instrumen Materi Pembelajaran:

1. Dimohon kepada Bapak/Ibu/Saudara untuk memberikan penilaian pada salah satu kolom didalam angket berikut ini berdasarkan kriteria berikut.
SS : Sangat Setuju
S : Setuju
TS : Tidak Setuju
STS : Sangat Tidak Setuju
2. Dimohon untuk memberikan tanda centang () pada salah satu pilihan dalam tiap pertanyaan sesuai pendapat Bapak/Ibu/Saudara.
3. Jika terdapat kekurangan pada media pembelajaran ini, mohon Bapak/Ibu/Saudara dapat memberikan saran dan masukan pada bagian yang telah disediakan.
4. Mohon untuk menuliskan nama sebagai validator (jika belum tersedia) pada bagian akhir lembar instrumen ini sebagai bukti bahwa instrumen ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa manipulasi data.
5. Atas bantuan Bapak/Ibu/Saudara, kami mengucapkan terima kasih.

B. Penilaian Materi Pembelajaran

Pertanyaan :

No.	Pertanyaan	Pilihan Jawaban			
		SS	S	TS	STS
1.	Materi pembelajaran yang diajarkan menggunakan pembelajaran sesuai dengan silabus	✓			
2.	Materi yang diajarkan dalam media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> relevan dengan kompetensi peserta didik pada bidang robotika.	✓			
3.	Materi pembelajaran disajikan dengan jelas	✓			
4.	Petunjuk penggunaan media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> disajikan di dalam <i>Modul</i> dan <i>Labsheet</i>	✓			
5.	Cara membuat program yang digunakan dalam pemrograman Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dijelaskan di dalam <i>Modul</i> dan <i>Labsheet</i> .	✓			
6.	Alur pengoperasian media pembelajaran disajikan dengan jelas pada <i>Modul</i> dan <i>Labsheet</i>	✓			
7.	Materi pembelajaran lebih mudah dipahami setelah menggunakan media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> .	✓			
8.	Materi disajikan secara runut.	✓			
9.	Materi yang terdapat pada <i>Modul</i> dan <i>Labsheet</i> , didukung dengan adanya media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> .	✓			
10.	Materi yang dibuat dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik	✓			
11.	Terdapat penjelasan/keterangan pada setiap fungsi yang digunakan dalam program.	✓			



Yogyakarta, 21 Agustus 2024

Validator,

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

NIP 196508291999031001

Lampiran 8. Hasil Validasi Ahli Media

Angket Penilaian Ahli Media

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, Saya memohon bantuan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi validator “**Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit Pada Mata Kuliah Robotika**” agar layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Mata Kuliah : Praktik Robotika

Pembuat : Muhammad Subarkah

Tanggal : 16 Agustus 2024

A. Prosedur Pengisian Instrumen Materi Pembelajaran:

1. Dimohon kepada Bapak/Ibu/Saudara untuk memberikan penilaian pada salah satu kolom didalam angket berikut ini berdasarkan kriteria berikut.
SS : Sangat Setuju
S : Setuju
TS : Tidak Setuju
STS : Sangat Tidak Setuju
2. Dimohon untuk memberikan tanda centang (✓) pada salah satu pilihan dalam tiap pertanyaan sesuai pendapat Bapak/Ibu/Saudara.
3. Jika terdapat kekurangan pada media pembelajaran ini, mohon Bapak/Ibu/Saudara dapat memberikan saran dan masukan pada bagian yang telah disediakan.
4. Mohon untuk menuliskan nama sebagai validator (jika belum tersedia) pada bagian akhir lembar instrumen ini sebagai bukti bahwa instrumen ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa manipulasi data.
5. Atas bantuan Bapak/Ibu/Saudara, kami mengucapkan terima kasih.

B. Penilaian Media Pembelajaran

Pertanyaan :

No.	Pertanyaan	Pilihan Jawaban			
		SS	S	TS	STS
1.	Penggunaan media Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> membantu pembelajaran praktik robotika.	✓			
2.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat digunakan pengajar untuk menjelaskan materi dengan mudah.	✓			
3.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat digunakan pengajar untuk menarik perhatian peserta didik.		✓		
4.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat menambah variasi materi tentang robotika	✓			
5.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat meningkatkan keaktifan peserta didik dalam pembelajaran.	✓			
6.	Penggunaan media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> menumbuhkan semangat belajar peserta didik.		✓		
7.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> memiliki keterkaitan dengan mata kuliah lain.	✓			
8.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat mendukung pembelajaran mata kuliah lain.	✓			

9.	Penggunaan modul Inertial Measurement Unit sebagai sensor menambah pengetahuan materi Praktik Robotika	✓	
10.	Penggunaan motor dc sebagai aktuator pada media pembelajaran dapat menambah pengetahuan materi Praktik Robotika	✓	
11.	Bentuk media pembelajaran menarik.	✓	
12.	Peletekian komponen pada media pembelajaran tersusun dengan baik	✓	
13.	Modul Sensor Inertial Measurement Unit pada Media Pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit mudah digunakan.	✓	
14.	Semua komponen media pembelajaran berfungsi dengan baik.	✓	
15.	Penggunaan modul dan labsheet dapat membantu pengoperasian media pembelajaran menjadi lebih mudah.	✓	
16.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit menarik untuk digunakan.	✓	
17.	Media pembelajaran mudah digunakan.	✓	

Kesimpulan :

Menurut saya, materi untuk Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit Pada Mata Kuliah Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika dinyatakan:

- Layak digunakan tanpa revisi
- Layak digunakan dengan revisi pada saran
- Tidak layak digunakan

Catatan:

- Berikan tanda centang (✓)

Saran dan perbaikan :

V menambahkan keterangan pada robot seperti tombol ON/OFF, monitor dan tempat benda (harap sesuaikan dengan labsheet).

Yogyakarta, 16 Agustus 2024

Validator,



Muhammad Luthfi Hakim, S.T., M.Eng.

NIP 199305052019031017

Angket Penilaian Ahli Media

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, Saya memohon bantuan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi validator “**Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit Pada Mata Kuliah Robotika**” agar layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Mata Kuliah : Praktik Robotika

Pembuat : Muhammad Subarkah

Tanggal : 20 Juni 2024

A. Prosedur Pengisian Instrumen Materi Pembelajaran:

1. Dimohon kepada Bapak/Ibu/Saudara untuk memberikan penilaian pada salah satu kolom didalam angket berikut ini berdasarkan kriteria berikut.
SS : Sangat Setuju
S : Setuju
TS : Tidak Setuju
STS : Sangat Tidak Setuju
2. Dimohon untuk memberikan tanda centang (✓) pada salah satu pilihan dalam tiap pertanyaan sesuai pendapat Bapak/Ibu/Saudara.
3. Jika terdapat kekurangan pada media pembelajaran ini, mohon Bapak/Ibu/Saudara dapat memberikan saran dan masukan pada bagian yang telah disediakan.
4. Mohon untuk menuliskan nama sebagai validator (jika belum tersedia) pada bagian akhir lembar instrumen ini sebagai bukti bahwa instrumen ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa manipulasi data.
5. Atas bantuan Bapak/Ibu/Saudara, kami mengucapkan terima kasih.

B. Penilaian Media Pembelajaran

Pertanyaan :

No.	Pertanyaan	Pilihan Jawaban			
		SS	S	TS	STS
1.	Penggunaan media Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> membantu pembelajaran praktik robotika.	V			
2.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat digunakan pengajar untuk menjelaskan materi dengan mudah.		V		
3.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat digunakan pengajar untuk menarik perhatian peserta didik.	V			
4.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat menambah variasi materi tentang robotika.	V			
5.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat meningkatkan keaktifan peserta didik dalam pembelajaran.	V			
6.	Penggunaan media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> menumbuhkan semangat belajar peserta didik.	V			
7.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> memiliki keterkaitan dengan mata kuliah lain.	V			
8.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> dapat mendukung pembelajaran mata kuliah lain.	V			

9.	Penggunaan modul Inertial Measurement Unit sebagai sensor menambah pengetahuan materi Praktik Robotika.	<input checked="" type="checkbox"/>			
10.	Penggunaan motor dc sebagai aktuator pada media pembelajaran dapat menambah pengetahuan materi Praktik Robotika		<input checked="" type="checkbox"/>		
11.	Bentuk media pembelajaran menarik.	<input checked="" type="checkbox"/>			
12.	Peletakan komponen pada media pembelajaran tersusun dengan baik.	<input checked="" type="checkbox"/>			
13.	Modul Sensor Inertial Measurement Unit pada Media Pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> mudah digunakan.	<input checked="" type="checkbox"/>			
14.	Semua komponen media pembelajaran berfungsi dengan baik.	<input checked="" type="checkbox"/>			
15.	Penggunaan modul dan labsheet dapat membantu pegoperasian media pembelajaran menjadi lebih mudah.		<input checked="" type="checkbox"/>		
16.	Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> menarik untuk digunakan.	<input checked="" type="checkbox"/>			
17.	Media pembelajaran mudah digunakan.	<input checked="" type="checkbox"/>			

Kesimpulan :

Menurut saya, materi untuk Pengembangan Media Pembelajaran Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor Inertial Measurement Unit Pada Mata Kuliah Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika dinyatakan:

- Layak digunakan tanpa revisi
- Layak digunakan dengan revisi pada saran
- Tidak layak digunakan

Catatan:

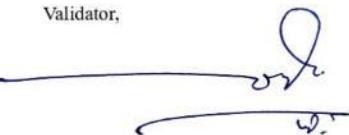
- Berikan tanda centang (✓)

Saran dan perbaikan :

1. Bagian bab Materi pada modul disarankan untuk memecah menjadi beberapa sub bab.
.....
Misal Sensor, Prosesor/Kontroler, Aktuator.
 2. Aksesoris media harus berbahan yang lebih layak, misal kertas busurnya dilaminasi.
 3. Perlu ada link yang merujuk pada program lengkap/sebagian dikosongkan.
.....
Mhs akan kesulitan menulis ulang program Arduino yang terlalu panjang.
 4. Pada labsheet perlu dibuat panduan cara men-set up environment dari seluruh media pembelajaran. Mulai dari letak pemosision awal robot, posisi box, lokasi drop point, dsb.
 5. Pada robot, perlu diberi label teks menunjukkan fungsi PB1, 2, 3. Misal label PB1 "Pilih Sudut" (boleh juga print nilai busur di sekeliling PB1 agar terlihat seperti knop kompor gas/varistor bulat - 0, 45, 90, dst). PB2 "Jalankan", PB3 "Stop."
 6. Perbaiki typo, misal transnporter (pada LS 2).
 7. Pada modul/LS 2, perlu didefinisikan apa itu Kmps., cara menghitung error, Alpha, Yaw.
 8. Akan lebih memudahkan mhs jika setiap LS ada gambar u/ memvisualisasikan task apa yang akan dilakukan mhs.
-

Yogyakarta, 26Juni 2024

Validator,



Vando Gusti Al Hakim, S.Pd., M.Sc.

NIP 199608292023211004

Lampiran 9. Hasil Uji Kelayakan Pengguna

Angket Penelitian Tugas Akhir Skripsi

<https://docs.google.com/forms/d/1sXsWKFrlrYTjjDjb69Dz7VN9r4f...>

Angket Penelitian Tugas Akhir Skripsi

20 responses

Nama Lengkap

20 responses

Ahmad Shufyan

Alifia Putri Qabila

Sheva Novia Darmawan Sutopo

Muhammad Ihsan Safi'i

Aulia Shabrina Yuliani

Robi Thuddin

Mowi Rilana

Syafrizal Ghifari

Erlangga Satrya As Syahrestani Cahyana

Eka Bhalqis Nur Cahyani

Gregorius Raga Septyando

Razaan Nibras Majid

Dimas Ittok

Rizki Ardian Wicaksono

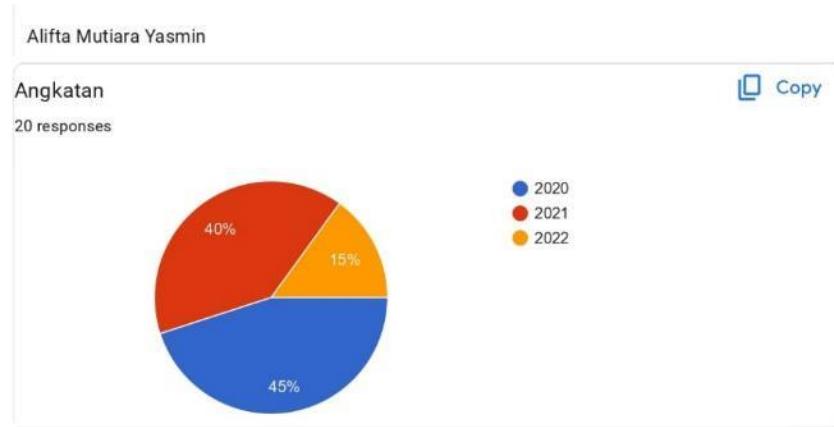
Raiya Yusuf Priatmojo

Saptiana Nur Prahasti

Ade Yamasita

Muhammad Ryan Purnama

Rosalina Eka Ramanda

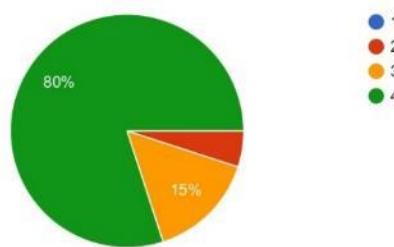


NIM
20 responses
20518244013
20518244014
21518241009
20518241037
22518241018
21501244005
21507334089
2251824002
21306141022
20518241021
20518241009
21518241049
20518241038
20518241033
22518244004
20518241034
20518241035
21508334008
21507334063



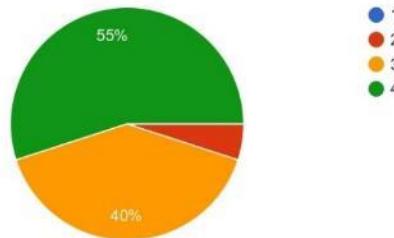
2. Sensor Inertial Measurement Unit pada Media Pembelajaran
Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan
Sensor IMU menambah pengetahuan tentang robotika

20 responses



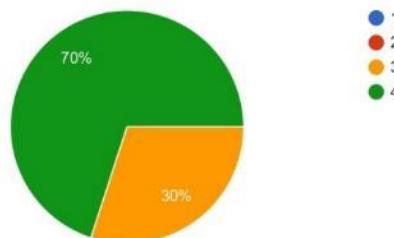
3. Materi pembelajaran yang disajikan sesuai dengan silabus

20 responses



4. Materi pembelajaran pada Modul dan Labsheet disajikan dengan jelas

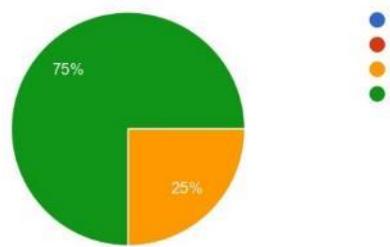
20 responses





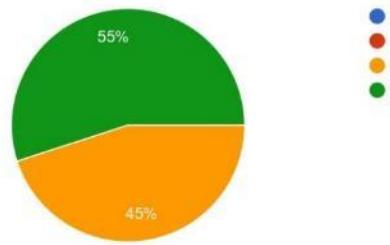
7. Materi yang terdapat pada Modul dan Labsheet didukung dengan adanya media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor IMU

20 responses



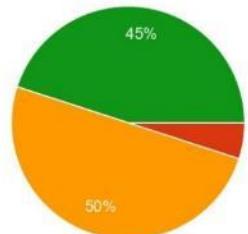
8. Materi pembelajaran lebih mudah dipahami setelah menggunakan media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor IMU

20 responses



9. Penggunaan media pembelajaran judul meningkatkan semangat belajar

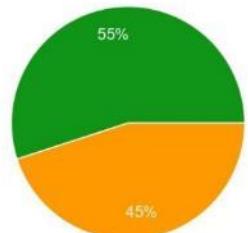
20 responses



[Copy](#)

10. Penggunaan media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor IMU meningkatkan semangat dalam pembelajaran Praktik Robotika

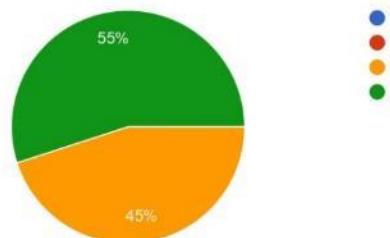
20 responses



[Copy](#)

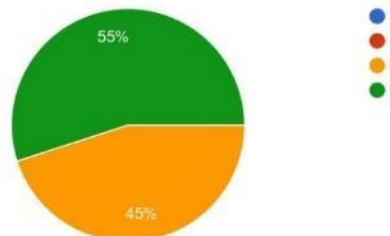
11. Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor *IMU* dapat digunakan pengajar untuk menjelaskan materi dengan mudah

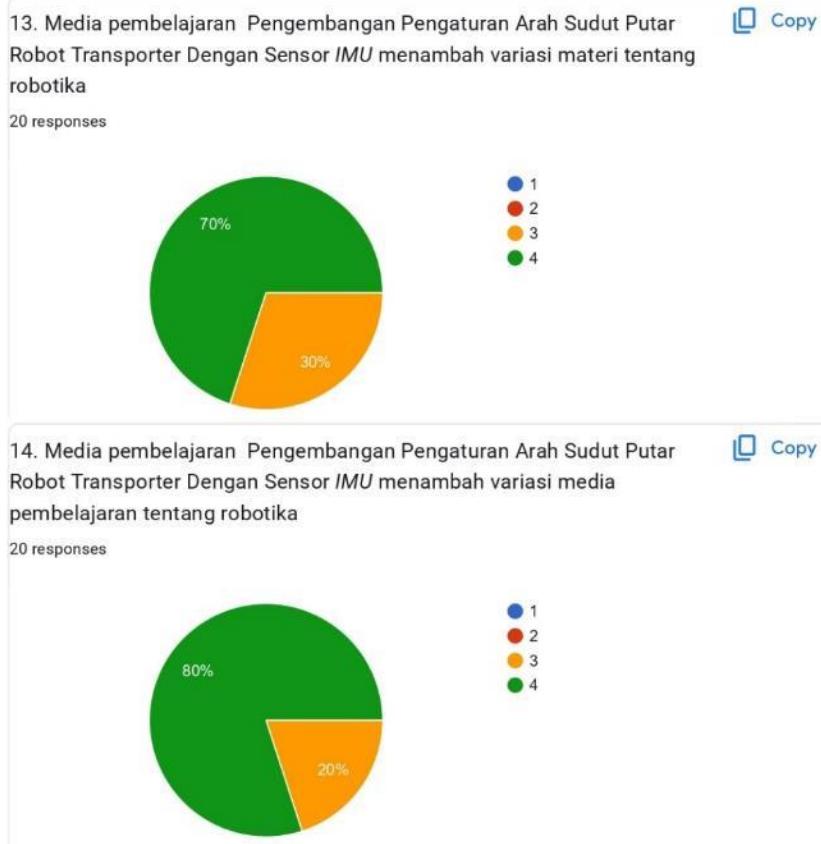
20 responses



12. Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor *IMU* dapat digunakan pengajar untuk menarik perhatian peserta didik

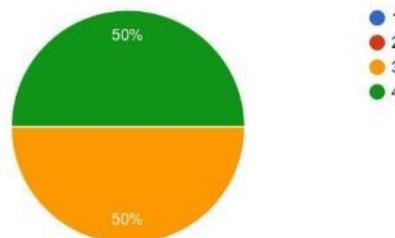
20 responses





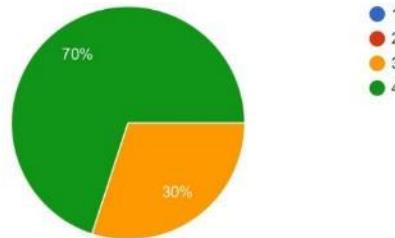
15. Media pembelajaran Pengembangan Pengaturan Arah Sudut Putar Robot Transporter Dengan Sensor *IMU* meningkatkan minat dalam proses pembelajaran

20 responses

[Copy](#)

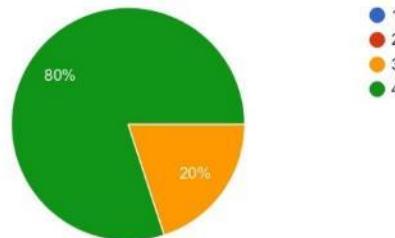
16. Alur pengoperasian media pembelajaran dijelaskan dalam Modul dan Labsheet

20 responses

[Copy](#)

17. Penggunaan Modul dan Labsheet memperjelas cara pengoperasian media pembelajaran

20 responses

[Copy](#)



Masukan atau saran

12 responses

-
Saran dari saya, mungkin untuk IMU dan Gyro bisa dilampirkan kembali pada Labsheet untuk pengingat dan diberikan informasi singkat datasheet (penjelasan fungsi pin pada modul INU dan Gyro)

Segera terapkan modul ke mahasiswa atau siswa

Pengembangan modul nya sudah menarik untuk digunakan dalam proses pembelajaran

Sangat Baik

Tingkatkan lagi mas

Media pembelajaran yang dikembangkan sudah sangat membantu dalam memahami konsep pengaturan arah sudut putar robot. Namun, akan lebih baik jika dilengkapi dengan contoh kasus praktis yang lebih beragam.

Baik

Sangat Keren dan Bermanfaat sekali untuk Modul Dan Vedio pembelajaran juga sangat bagus saya langsung mengerti dan paham apa yang jelaskan, Topp Buat Mas Barkahhh

Semangat mas barkahh

Penambahan contoh kasus praktis dapat membantu pembaca memahami bagaimana modul ini dapat diterapkan dalam berbagai situasi industri.

This content is neither created nor endorsed by Google. Report Abuse - [Terms of Service](#) - [Privacy Policy](#)

Google Forms

Lampiran 10. Analisis Hasil Validasi Ahli Materi

No.	Aspek Penilaian	Butir	Nilai Ahli 1	Nilai Ahli 2	
1	Relevansi Materi dengan Tujuan Pembelajaran	1	4	3	
		2	4	3	
		3	3	4	
		4	4	3	
		5	3	3	
		6	4	4	
		7	4	4	
		8	3	3	
		9	4	4	
		10	3	3	
2	Penyajian	11	4	3	
		12	3	4	
		13	3	3	
		14	3	3	
3	Bahasa	15	4	3	
		16	4	3	
Total			57	53	
Persentase (%)			89,06%	82,81%	

Relevansi					Penyajian				
Skor Maks	Skor Min	Xi	Sb	X	Skor Maks	Skor Min	Xi	Sb	X
40	10	25	5	35	16	4	10	2	13
Interval		Kateogri			Interval		Kateogri		
	x>	34	Sangat Layak	X		x>	13.6	Sangat Layak	
28	<=x	34	Layak		11.2	<=x	13.6	Layak	X
22	<=x	28	Cukup		8.8	<=x	11.2	Cukup	
16	<=x	22	Kurang Layak		6.4	<=x	8.8	Kurang Layak	
	<=x	16	Tidak Layak			<=x	6.4	Tidak Layak	
Bahasa					Total				
Skor Maks	Skor Min	Xi	Sb	X	Skor Maks	Skor Min	Xi	Sb	X
8	2	5	1	7	64	16	40	8	55
Interval		Kateogri			Interval		Kateogri		
	x>	6.8	Sangat Layak	X		x>	54.4	Sangat Layak	X
5.6	<=x	6.8	Layak		44.8	<=x	54.4	Layak	
4.4	<=x	5.6	Cukup		35.2	<=x	44.8	Cukup	
3.2	<=x	4.4	Kurang Layak		25.6	<=x	35.2	Kurang Layak	
	<=x	3.2	Tidak Layak			<=x	25.6	Tidak Layak	

Lampiran 11. Analisis Hasil Validasi Ahli Media

No.	Aspek Penilaian	Butir	Nilai Ahli 1	Nilai Ahli 2	
1	Kebermanfaatan Media	1	4	4	
		2	3	4	
		3	4	3	
		4	4	4	
		5	4	4	
		6	4	3	
		7	4	4	
		8	4	4	
		9	4	4	
		10	3	4	
2	Kelengkapan Perangkat Media	11	4	3	
		12	4	3	
		13	4	4	
		14	4	4	
3	Kemudahan Pengguna	15	3	3	
		16	4	4	
		17	4	4	
Total			65	63	
Percentase (%)			95,58%	92,64%	

kebermanfaatan					Kelengkapan				
Skor Maks	Skor Min	Xi	Sb	X	Skor Maks	Skor Min	Xi	Sb	X
40	10	25	5	38	16	4	10	2	15
Interval		Kateogri			Interval		Kateogri		
	x>	34	Sangat Layak	X		x>	13.6	Sangat Layak	X
28	<=x	34	Layak		11.2	<=x	13.6	Layak	
22	<=x	28	Cukup		8.8	<=x	11.2	Cukup	
16	<=x	22	Kurang Layak		6.4	<=x	8.8	Kurang Layak	
	<=x	16	Tidak Layak			<=x	6.4	Tidak Layak	
Kemudahan					Total				
Skor Maks	Skor Min	Xi	Sb	X	Skor Maks	Skor Min	Xi	Sb	X
12	3	7.5	1.5	11	68	17	42.5	8.5	64
Interval		Kateogri			Interval		Kateogri		
	x>	10.2	Sangat Layak	X		x>	57.8	Sangat Layak	X
8.4	<=x	10.2	Layak		47.6	<=x	57.8	Layak	
6.6	<=x	8.4	Cukup		37.4	<=x	47.6	Cukup	
4.8	<=x	6.6	Kurang Layak		27.2	<=x	37.4	Kurang Layak	
	<=x	4.8	Tidak Layak			<=x	27.2	Tidak Layak	

Lampiran 12. Analisis Hasil Uji Pengguna

No.	Nama Lengkap	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Butir 7	Butir 8	Butir 9
1	Ahmad Shufyan	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	Alifia Putri Qabila	4	4	4	4	4	3	3	3	3
3	Sheva Novia Darmawan Sutopo	4	4	3	4	4	3	4	4	3
4	Muhammad Ihsan Safi'i	4	4	4	4	4	4	4	3	3
5	Aulia Shabrina Yuliani	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	Robi Thuddin	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	Mowi Rilana	3	3	3	3	4	3	3	3	3
8	Syafrizal Ghifari	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	Erlangga Satya As Syahrestani C	4	4	4	4	4	4	4	4	3
10	Eka Bhalqis Nur Cahyani	3	3	3	3	3	3	3	3	3
11	Gregorius Raga Septyando	4	4	3	4	4	4	4	4	3
12	Razaan Nibras Majid	4	3	2	3	4	3	4	3	4
13	Dimas Ittok	3	4	3	3	3	3	3	3	3
14	Rizki Ardian Wicaksono	3	2	3	3	3	2	4	3	2
15	Raiya Yusuf Priatmojo	4	4	4	4	4	3	4	3	4
16	Saptiana Nur Prahasti	4	4	3	3	4	4	3	3	3
17	Ade Yamasita	4	4	4	4	4	4	4	4	3
18	Muhammad Ryan Purnama	4	4	4	4	4	4	4	4	4
19	Rosalina Eka Ramanda	4	4	3	4	4	4	4	4	4
20	Alifta Mutiara Yasmin	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Butir 10	Butir 11	Butir 12	Butir 13	Butir 14	Butir 15	Butir 16	Butir 17	Butir 18
4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	4	3	4	4	3	4	4	3
4	4	4	4	4	3	4	4	4
4	3	4	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	4	3	4	4	3	4	4	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	4	3	4	4	3
3	4	3	3	4	3	4	4	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	4	3	3	3	4
4	3	4	4	4	3	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4

Kualitas Isi					Kalitas Pembelajaran				
Skor Maks	Skor Min	Xi	Sb	X	Skor Maks	Skor Min	Xi	Sb	X
24	6	15	3	22.2	32	8	20	4	29.4
Interval					Interval				
x>	20.4	Sangat Layak	X		x>	27.2	Sangat Layak	X	
16.8	< x ≤	20.4	Layak		22.4	< x ≤	27.2	Layak	
13.2	< x ≤	16.8	Cukup		17.6	< x ≤	22.4	Cukup	
9.6	< x ≤	13.2	Kurang Layak		12.8	< x ≤	17.6	Kurang Layak	
	< x ≤	9.6	Tidak Layak			< x ≤	12.8	Tidak Layak	
Penggunaan					Total				
Skor Maks	Skor Min	Xi	Sb	X	Skor Maks	Skor Min	Xi	Sb	X
16	4	10	2	14.05	72	18	45	9	65.65
Interval					Interval				
x>	13.6	Sangat Layak	X		x>	61.2	Sangat Layak	X	
11.2	< x ≤	13.6	Layak		50.4	< x ≤	61.2	Layak	
8.8	< x ≤	11.2	Cukup		39.6	< x ≤	50.4	Cukup	
6.4	< x ≤	8.8	Kurang Layak		28.8	< x ≤	39.6	Kurang Layak	
	< x ≤	6.4	Tidak Layak			< x ≤	28.8	Tidak Layak	

Lampiran 13. Uji Reliabilitas Data Pengguna

Anova: Two-Factor Without Replication						
SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance		
Row 1	18	72	4	0		
Row 2	18	65	3.611111	0.251634		
Row 3	18	68	3.777778	0.183007		
Row 4	18	69	3.833333	0.147059		
Row 5	18	72	4	0		
Row 6	18	72	4	0		
Row 7	18	55	3.055556	0.055556		
Row 8	18	72	4	0		
Row 9	18	67	3.722222	0.212418		
Row 10	18	54	3	0		
Row 11	18	64	3.555556	0.261438		
Row 12	18	61	3.388889	0.369281		
Row 13	18	55	3.055556	0.055556		
Row 14	18	54	3	0.352941		
Row 15	18	67	3.722222	0.212418		
Row 16	18	61	3.388889	0.251634		
Row 17	18	70	3.888889	0.104575		
Row 18	18	72	4	0		
Row 19	18	71	3.944444	0.055556		
Row 20	18	72	4	0		
Column 1	20	76	3.8	0.168421		
Column 2	20	75	3.75	0.302632		
Column 3	20	70	3.5	0.368421		
Column 4	20	74	3.7	0.221053		
Column 5	20	77	3.85	0.134211		
Column 6	20	72	3.6	0.357895		
Column 7	20	75	3.75	0.197368		
Column 8	20	71	3.55	0.260526		
Column 9	20	68	3.4	0.357895		
Column 10	20	71	3.55	0.260526		
Column 11	20	71	3.55	0.260526		
Column 12	20	71	3.55	0.260526		
Column 13	20	74	3.7	0.221053		
Column 14	20	76	3.8	0.168421		
Column 15	20	70	3.5	0.263158		
Column 16	20	74	3.7	0.221053		
Column 17	20	76	3.8	0.168421		
Column 18	20	72	3.6	0.252632		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	47.475	19	2.498684	21.82759	5.79E-47	1.618841
Columns	5.747222	17	0.338072	2.953272	9.44E-05	1.654477
Error	36.975	323	0.114474			
Total	90.19722	359				
Cronbach Alpha						
0.954186						

Lampiran 14. Detail Desain Robot Transporter

