

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

TUGAS AKHIR SKRIPSI



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

Oleh:

ALIFIA PUTRI QABILA

NIM 20518244014

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2023**

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

Oleh:

Alifia Putri Qabila

NIM. 20518244014

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengembangkan media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* pada mata kuliah Praktik Robotika, (2) Mengetahui unjuk kerja media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* pada mata kuliah Praktik Robotika, (3) Mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* pada mata kuliah Praktik Robotika.

Metode penelitian yang digunakan dalam media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* pada mata kuliah Praktik Robotika menggunakan metode *Research and Development* (R&D), dengan model *Analyze, Design, Development, Implementation, dan Evaluate* (ADDIE) oleh Robert Marrie Branch. Penelitian dilakukan di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta sejak bulan September - November 2023. Subjek dari pada penelitian ini adalah dosen ahli materi, dosen ahli media, dan mahasiswa yang sedang atau sudah menempuh mata kuliah Praktik Robotika di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta. Metode pengumpulan data penilaian dari pengguna menggunakan instrumen penelitian berupa kuesioner skala Likert yang memiliki 4 (empat) pilihan yang hasilnya dapat dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan perhitungan rata-rata dan persentase.

Hasil dari penelitian ini adalah (1) Media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* pada mata kuliah Praktik Robotika berupa perangkat keras (robot), *labsheet*, dan modul panduan. (2) Pengujian unjuk kerja dilakukan dengan memerintahkan robot melewati lima jalur yang berbeda dan hasil perhitungan *odometry* robot dibandingkan dengan keadaan riil, (3) Tingkat kelayakan media pembelajaran dinilai oleh ahli materi, ahli media dan pengguna, menurut ahli materi media pembelajaran masuk ke dalam kategori "Sangat Layak" dan mendapatkan rata-rata skor 58 dengan persentase 90,63%, sementara ahli media masuk ke dalam kategori "Layak" dan mendapatkan rata-rata skor 57,5 dengan persentase 84,56%, kemudian pengguna masuk ke dalam kategori "Sangat Layak" dan rata-rata skor 65,41 dengan persentase 90,86%.

Kata Kunci: *Media Pembelajaran, Odometry, Path Tracking.*

**DEVELOPMENT OF PATH TRACKING IN ROBOTS USING
ODOMETRY AS A LEARNING MEDIA FOR ROBOTICS PRACTICE
COURSES IN THE MECHATRONICS ENGINEERING EDUCATION
PROGRAM**

By:

Alifia Putri Qabila

NIM. 20518244014

ABSTRACT

This research aims to: (1) Develop path tracking learning media for robots in the Robotics Practice course, (2) Evaluate the performance and functionality of the developed media, (3) Assess the feasibility of the media.

The research utilizes the Research and Development (R&D) method, employing the Analyze, Design, Development, Implementation, and Evaluate (ADDIE) model proposed by Robert Marrie Branch. The study was conducted in the Mechatronics Engineering Education Program at Universitas Negeri Yogyakarta from September to November 2023. The subjects of this research include subject matter experts, media experts, and students currently taking or who have completed the Robotics Practice course from the Department of Electrical Engineering Education, Universitas Negeri Yogyakarta. Data collection involved user assessments using a Likert scale questionnaire with four options, and the results were analyzed descriptively quantitatively through average calculations and percentages.

The research outcomes are as follows: (1) Path tracking learning media for robots using Odometry in the Robotics Practice course, comprising a hardware (robot), labsheets, and a guide module (2) Performance evaluation with the robot navigating five paths and comparing odometry calculations, (3) The feasibility of the learning media was assessed by subject matter experts, media experts, and users. According to subject matter experts, the learning media falls into the "Very Feasible" category, with an average score of 58 and a percentage of 90.63%. Media experts categorized it as "Feasible," obtaining an average score of 57.5 with a percentage of 84.56%. Users categorized it as "Very Feasible," with an average score of 65.41 and a percentage of 90.86%.

Keywords: Learning Media, Odometry, Path Tracking.

LEMBAR PERSETUJUAN

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

TUGAS AKHIR SKRIPSI

ALIFIA PUTRI QABILA
NIM 20518244014

Telah disetujui untuk dipertahankan di depan Tim Pengaji Tugas Akhir
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Tanggal: 20 Desember 2023

Yogyakarta, 20 Desember 2023

Mengetahui,

Kepala Program Studi

Pendidikan Teknik Mekatronika

Disetujui,

Dosen Pembimbing TAS,

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

NIP. 197301251999031001

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

NIP. 196508291999031001

SURAT PERNYATAAN KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alifia Putri Qabila

NIM : 20518244014

Program Studi : Pendidikan Teknik Mekatronika

Fakultas : Teknik

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

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

Yogyakarta, 9 September 2023

Yang menyatakan,



Alifia Putri Qabila

NIM. 20518244014

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

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

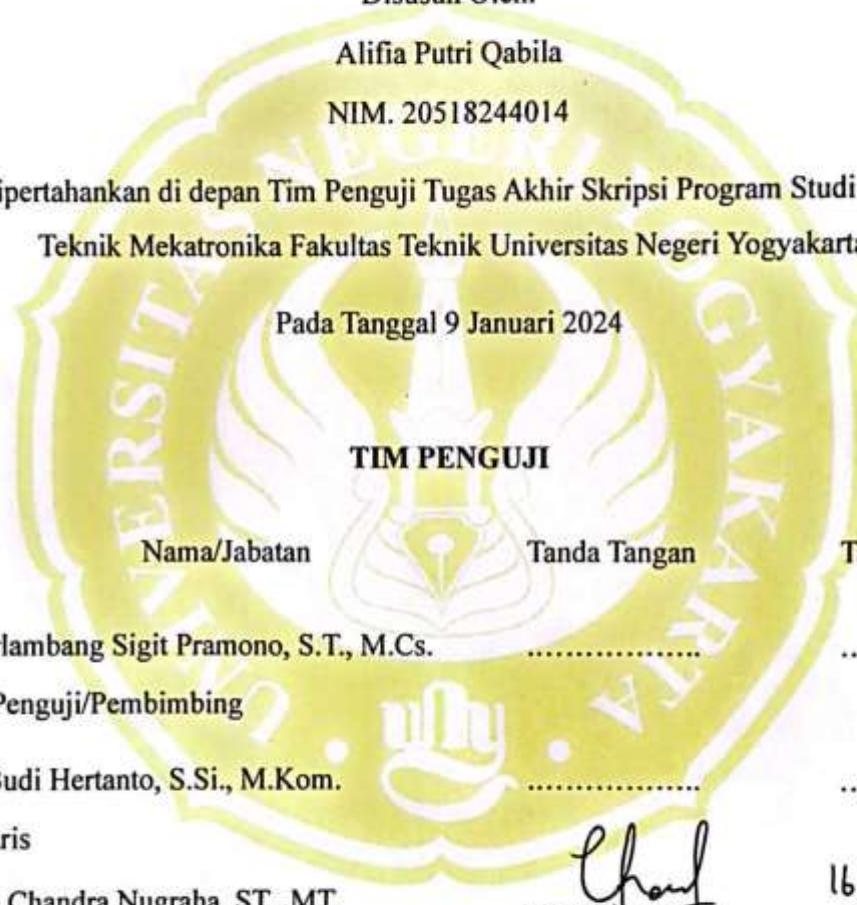
Disusun Oleh:

Alifia Putri Qabila

NIM. 20518244014

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

Pada Tanggal 9 Januari 2024



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

Ketua Penguji/Pembimbing

Deny Budi Hertanto, S.Si., M.Kom.

Sekretaris

Ariadie Chandra Nugraha, ST., MT.

Penguji Utama

16-01-2024

Yogyakarta, 9 Januari 2024

Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan,

Prof. Herman Dwi Surjono, M.Sc., M.T., Ph.D.
NIP. 19640205 198703 1 001

HALAMAN MOTTO

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

(QS Al-Insyirah: 5-6)

“*If you only do what you can do, you will never be more than you are now.*”

(Master Oogway)

“*It always seems impossible until it's done.*”

(Nelson Mandela)

“Ilmu jangan hanya jadi objek hafalan, ilmu untuk memahami dan menuntaskan
persoalan.”

(Najwa Shihab)

” *When life gets you down, you know what you got to do? Just keep swimming.*”

(Dory)

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 tugas akhir dapat terselesaikan.
2. Nabi Muhammad SAW yang selalu menjadi suri tauladan untuk mencapai ridha-Nya.
3. 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. Dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan pencerahan, ilmu berharga dan bimbingan selama menempuh perkuliahan.
6. Teman-teman Kelas E dan F 2020 Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika-S1 yang telah berjuang bersama dan memberikan banyak kenangan selama perkuliahan.
7. Tim Robotika UNY, khususnya Tim Maestro-Evo yang telah memberikan banyak pengalaman yang luar biasa.
8. Teman seperjuangan mengerjakan skripsi Berliana, Yuki, Salsa, Desti, dan teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu-satu baik yang sudah lulus ataupun masih berproses.
9. Farhan yang sudah memberikan banyak dukungan dan motivasi.
10. Diri sendiri yang sudah bertahan dan berjuang hingga sampai dititik sekarang.

KATA PENGANTAR

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

Penulisan 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. Berkennaan dengan hal tersebut, penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, masukan, motivasi, dan evaluasi yang berharga selama proses penyusunan Tugas Akhir Skripsi ini.
2. Sigit Yatmono, S.T., M.T. dan Ilmawan Mustaqim, S.Pd.T., M.T. yang telah memberikan bimbingan, masukan, motivasi, dan evaluasi untuk penyusunan Tugas Akhir Skripsi ini.
3. Dr. Phil. Nurhening Yuniarti, S.Pd., M.T., selaku Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro, dan Sigit Yatmono, M.T., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Prof. Herman Dwi Surjono, M.Sc., M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberikan persetujuan untuk pelaksanaan Tugas Akhir Skripsi ini.

5. Sahabat-sahabat seperjuangan dari kelas E dan kelas F 2020 Pendidikan Teknik Mekatronika, Tim Robotika UNY, dan Tim Maestro-Evo, yang telah memberikan motivasi dan kenangan tak terlupakan.
6. Adik-adik Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika yang telah memberi bantuan dalam memperlancar pengambilan data selama proses penelitian ini.
7. Semua pihak, secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuannya selama penyusunan Tugas Akhir Skripsi.

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

Yogyakarta, 20 Desember 2023

Penulis,



Alifia Putri Qabilah

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
SURAT PERNYATAAN KARYA.....	v
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	6
C. Batasan Masalah	7
D. Rumusan Masalah.....	7
E. Tujuan Penelitian	8
F. Manfaat Penelitian	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
A. Kajian Teori.....	9
1. Penelitian dan Pengembangan	9
2. Media Pembelajaran.....	11
3. Mikrokontroler STM32F407.....	16
4. LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	17
5. Sensor <i>Rotary encoder</i>	18
6. <i>Driver</i> motor BTN7960B.....	20
7. Motor PG45	21
8. Baterai Li-Po.....	22
9. <i>Board</i> PCB	23
10. Aplikasi Inventor.....	24
11. Aplikasi Keil μ Vision IDE.....	25
12. Mata Kuliah Robotika.....	26
13. Robot.....	27

B.	Kajian Penelitian yang Relevan	32
C.	Kerangka Berpikir.....	34
D.	Pertanyaan Penelitian.....	38
	BAB III METODE PENELITIAN.....	39
A.	Model Pengembangan.....	39
B.	Prosedur Pengembangan.....	41
C.	Desain Uji Coba Produk	51
1.	Tempat dan Waktu Uji Coba Produk.....	51
2.	Subjek Penelitian	51
3.	Teknik Pengumpulan Data	52
4.	Instrumen Penelitian	52
5.	Pengujian Instrumen	55
6.	Teknik Analisa Data	59
	BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN	63
A.	Hasil Pengembangan Produk	63
1.	Hasil Analisa (<i>Analyze</i>).....	63
2.	Hasil Desain (<i>Design</i>).....	66
3.	Hasil Pengembangan (<i>Development</i>)	71
4.	Hasil Implementasi (<i>Implementation</i>).....	75
5.	Hasil Evaluasi (<i>Evaluation</i>)	75
B.	Spesifikasi Produk	77
C.	Hasil Uji Coba Produk	78
1.	Uji <i>Blackbox</i>	78
2.	Pengujian Robot.....	78
3.	Uji Kelayakan Materi dan Media Pembelajaran	90
D.	Analisis Data.....	92
1.	Analisis Data Kelayakan Materi	92
2.	Analisis Data Kelayakan Media.....	95
3.	Analisis Data Uji Pengguna	97
4.	Analisis Uji Realibilitas	99
E.	Revisi Produk.....	100
1.	Hasil Revisi Berdasarkan Ahli Materi	100
2.	Hasil Revisi Berdasarkan Ahli Media.....	100
F.	Kajian Produk	100

G. Keterbatasan Penelitian.....	103
BAB V KESIMPULAN.....	104
A. Kesimpulan	104
B. Implikasi	106
C. Saran	106
DAFTAR PUSTAKA.....	107
LAMPIRAN.....	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mikrokontroler STM32F407.....	16
Gambar 2. LCD 20×4	17
Gambar 3. Sensor <i>Rotary Encoder</i> LPD3806.....	19
Gambar 4. Blok Penyusunan <i>Rotary Encoder</i>	20
Gambar 5. <i>Driver Motor</i> BTN7960B	21
Gambar 6. Motor PG45.....	22
Gambar 7. Baterai Li-Po	23
Gambar 8. Aplikasi Autodesk Inventor 2023	25
Gambar 9. Tampilan Aplikasi Keil μ Vision.....	26
Gambar 10. Kinematik Sistem <i>Three Wheel Omni-directional</i>	29
Gambar 11. Kinematik dari Sebuah Penggerak Omni-directional.....	29
Gambar 12. Contoh <i>Path Tracking</i> pada Robot.....	32
Gambar 13. Kerangka Berpikir	37
Gambar 14. Bagan Pengembangan ADDIE	39
Gambar 15. Desain PCB Shield STM32F407VG.....	66
Gambar 16. Desain Kerangka Robot Tampak Atas.....	67
Gambar 17. Desain Kerangka Robot Tampak Samping	67
Gambar 18. Desain <i>Rotary Encoder</i>	67
Gambar 19. Penyusunan <i>Labsheet</i> pada Aplikasi Microsoft Word.....	68
Gambar 20. Desain <i>Cover Labsheet</i> Menggunakan Web Canva	69
Gambar 21. Penyusunan Modul pada Aplikasi Microsoft Word.....	70
Gambar 22. Desain <i>Cover Modul</i> Menggunakan Web Canva	70
Gambar 23. Hasil Pengembangan Rangkaian Elektronik	71
Gambar 24. Bentuk Akhir Robot	72
Gambar 25. Tampilan <i>Labsheet</i> Praktik Robotika	73
Gambar 26. Hasil Pengembangan Modul Praktik Robotika	74
Gambar 27. Input Koordinat Jalur Vertikal.....	79
Gambar 28. Jalur Berdasarkan Perhitungan <i>Odometry</i> Robot	80
Gambar 29. Koordinat Input Jalur Horizontal	81
Gambar 30. Jalur Berdasarkan Perhitungan <i>Odometry</i> Robot	81
Gambar 31. Koordinat Input Jalur Kotak.....	82
Gambar 32. Jalur Ke-1 Berdasarkan Perhitungan <i>Odometry</i> Robot	82
Gambar 33. Jalur Ke-2 Berdasarkan Perhitungan <i>Odometry</i> Robot	83
Gambar 34. Jalur Ke-3 Berdasarkan Perhitungan <i>Odometry</i> Robot	83
Gambar 35. Koordinat Input Jalur Segitiga	84
Gambar 36. Jalur Ke-1 Berdasarkan Perhitungan <i>Odometry</i> Robot	85
Gambar 37. Jalur Ke-2 Berdasarkan Perhitungan <i>Odometry</i> Robot	85
Gambar 38. Jalur Ke-3 Berdasarkan Perhitungan <i>Odometry</i> Robot	86
Gambar 39. Koordinat Input Jalur Trapesium	87
Gambar 40. Jalur Ke-1 Berdasarkan Perhitungan <i>Odometry</i> Robot	87
Gambar 41. Jalur Ke-2 Berdasarkan Perhitungan <i>Odometry</i> Robot	88
Gambar 42. Jalur Ke-3 Berdasarkan Perhitungan <i>Odometry</i> Robot	88
Gambar 43. Jalur Ke-4 Berdasarkan Perhitungan <i>Odometry</i> Robot	89
Gambar 44. Grafik Persentase Kelayakan Validasi Ahli Materi	94

Gambar 45. Grafik Persentase Kelayakan Validasi Ahli Media.....	96
Gambar 46. Grafik Kelayakan Validasi oleh Pengguna	98

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi LCD 20×4	18
Tabel 2. Spesifikasi Sensor Rotary Encoder	20
Tabel 3. Kisi-kisi Instrumen Kelayakan Materi	53
Tabel 4. Kisi-kisi Instrumen Media.....	54
Tabel 5. Kisi-kisi Instrumen Kelayakan Pengguna	55
Tabel 6. Indikator Instrumen Kelayakan Materi	56
Tabel 7. Indikator Instrumen Kelayakan Media.....	57
Tabel 8. Indikator Instrumen Kelayakan Pengguna	58
Tabel 9. Kategori Skala Likert	60
Tabel 10. Klasifikasi Penilaian.....	61
Tabel 11. Komponen Penyusun Media Pembelajaran.....	65
Tabel 12. Spesifikasi Robot	72
Tabel 13. Saran dan Perbaikan Ahli Media dan Ahli Materi.....	76
Tabel 14. Spesifikasi Media Pembelajaran	77
Tabel 15. Hasil Uji Blackbox	78
Tabel 16. Hasil Pengujian Jalur Vertikal	80
Tabel 17. Hasil Pengujian Jalur Horizontal.....	81
Tabel 18. Hasil Pengujian Jalur Kotak	84
Tabel 19. Hasil Pengujian Jalur Segitiga.....	86
Tabel 20. Hasil Pengujian Jalur Trapesium.....	89
Tabel 21. Hasil Uji Kelayakan Materi	90
Tabel 22. Hasil Uji Kelayakan Media	91
Tabel 23. Kategori Penilaian Keseluruhan Aspek Kelayakan Materi	92
Tabel 24. Hasil Perhitungan Kelayakan Materi	93
Tabel 25. Kategori Penilaian Keseluruhan Aspek Kelayakan Media.....	95
Tabel 26. Hasil Perhitungan Kelayakan Media.....	96
Tabel 27. Kategori Penilaian Kelayakan Uji Pengguna	97
Tabel 28. Hasil Perhitungan Kelayakan Uji Pengguna	98

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Berkas Penelitian	113
Lampiran 2. Instrumen Penelitian	116
Lampiran 3. Uji Blackbox.....	131
Lampiran 4. Hasil Validasi Produk	133
Lampiran 5. Hasil Uji Pengguna.....	148
Lampiran 6. Hasil Analisis Data	154
Lampiran 7. Modul dan <i>Labsheet</i>	164

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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

Pemanfaatan robot di era industri 4.0 memiliki potensi untuk meningkatkan sekaligus memperbaiki mutu dan jumlah produksi industri. Salah satu jenis robot yang umum digunakan di sektor industri adalah *mobile robot*, yaitu robot yang memiliki kemampuan bergerak dengan menggunakan roda. Robot ini diterapkan secara luas, baik dalam lingkungan industri maupun rumah tangga (Rakhman *et al.*, 2019:105). Beberapa aplikasi penting dari jenis robot ini di sektor industri meliputi pengawasan keamanan di area industri, inspeksi berkala pada fasilitas industri yang berhubungan dengan kimia, gas, dan minyak, serta pengantaran barang. Di lingkungan rumah tangga, robot ini digunakan untuk memberikan layanan kepada lansia, melakukan tugas-tugas kebersihan di rumah, dan mengawasi keamanan rumah.

Di industri yang masih mengandalkan tenaga manusia, sering kali kita menghadapi kesalahan manusia (*Human Error*), dan ini dapat dikurangi dengan memanfaatkan robot. Selain itu, pekerjaan yang dilakukan oleh robot sering kali dapat diselesaikan dengan kecepatan dan akurasi yang tinggi (Raharjo, 2021:17). Pemanfaatan robot dalam lingkungan industri memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi produksi jika dibandingkan dengan penggunaan tenaga manusia. Menurut penelitian Yam *et al.* (2023:1) dalam dua dekade ke depan, robot diperkirakan akan menggantikan peran manusia dalam sekitar 47% pekerjaan, terutama pekerjaan yang bersifat manual. Untuk mewujudkan tujuan ini, diperlukan sumber daya manusia (SDM) yang memiliki kompetensi yang baik, terutama dalam bidang keahlian robotika.

Peningkatan kompetensi tenaga pengajar di sektor pendidikan dalam robotika sangat diperlukan untuk memaksimalkan potensi tenaga kerja yang berkualitas dan kompeten agar dapat memaksimalkan potensi pengembangan teknologi di bidang robotika. Sektor pendidikan bertujuan untuk mengembangkan individu yang memiliki keterampilan dan pengetahuan yang diperlukan untuk secara efektif memanfaatkan semua sumber daya yang tersedia, sehingga menghasilkan pengaruh positif melalui proses transformatif ini (Kipper *et al.*, 2021:2). Perguruan tinggi merupakan salah satu sektor pendidikan yang memiliki peran sentral dalam mencetak banyak tenaga kerja yang memiliki kompetensi yang kuat (Nulhaqim *et al.*, 2015:197). Sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Republik Indonesia

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

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

Praktik Robotika adalah salah satu mata kuliah yang mencakup materi perancangan dan pembuatan robot sesuai dengan silabus yang berlaku untuk

Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika. Robot secara umum terdiri dari tiga komponen utama, yaitu Mekanik yang mencakup rangkaian fisik dan mekanisme robot, Elektronik yang mencakup sensor, mikrokontroler, sirkuit, dan komponen listrik lainnya, serta Program yang melibatkan teknik pemrograman untuk mengendalikan robot sesuai dengan tujuan tertentu.

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

Mayoritas penginderaan robot masih menggunakan dinding dan garis, menurut penelitian sebelumnya oleh Sihombing *et al.* (2022) dan Agustino (2022). Meskipun sangat efektif, penerapan metode ini tetap membatasi jangkauan gerak robot karena robot tidak dapat bergerak jika tidak ada garis atau dinding di sekitarnya.

Tidak seperti pendekatan garis dan dinding, metode *odometry* pada dasarnya digunakan untuk mengestimasi posisi relatif robot terhadap titik awalnya, memungkinkan pergerakan robot menjadi lebih fleksibel (Rakhman *et al.*, 2019). Dalam metode *odometry*, serangkaian pulsa yang

dihasilkan oleh sensor *rotary encoder* akan diubah menjadi panjang lintasan yang telah ditempuh oleh robot melalui penerapan suatu konstanta. Proses ini menjadi acuan untuk menetapkan posisi relatif robot.

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

Path tracking, pada dasarnya, adalah metode yang digunakan untuk memastikan bahwa robot tetap berada pada jalur yang telah ditentukan dan mengikuti rute yang telah direncanakan. Dengan memanfaatkan metode *path tracking*, robot dapat mengatur kecepatan dan arahnya kapan pun diperlukan untuk tetap berada dalam jalur yang diinginkan. Tujuan utama dari *path tracking* adalah meminimalkan kesalahan posisi robot terhadap titik referensi pada jalur yang telah direncanakan sebelumnya, sehingga robot dapat mengikuti jalur dengan akurasi dan ketepatan yang tinggi. Dalam konteks ini, metode *odometry* menjadi kunci dalam membantu robot dalam menjalankan proses *path tracking* dengan tepat dan efisien, lebih efektif dibandingkan dengan navigasi menggunakan garis atau dinding.

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, peneliti bertujuan untuk membuat media pembelajaran dengan judul “Pengembangan *Path Tracking*

Pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika". Media pembelajaran ini berfokus kepada rancang bangun *path tracking* robot yang menggunakan metode *odometry* sebagai navigasinya dan robot harus menempuh jalur yang terdiri dari beberapa titik koordinat. *Path tracking* robot menggunakan *odometry* ini memiliki beberapa komponen pendukung yaitu sensor *rotary encoder* sebagai sensor utama, STM32 yang digunakan sebagai pusat pemrograman, *driver* motor, motor PG45, dan rangkaian *shield* elektronik. Dengan adanya media pembelajaran ini, peneliti berharap mahasiswa dapat mempelajari mengenai *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* guna menunjang dan memberikan variasi pada media pembelajaran mata kuliah robotika serta mengikuti pembaharuan yang sesuai dengan kebutuhan industri saat ini.

B. Identifikasi Masalah

Dari gambaran yang disajikan dalam latar belakang permasalahan di atas, dapat ditemukan sejumlah identifikasi masalah, yakni:

1. Masih minimnya media pembelajaran terkait pengembangan *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* pada mata kuliah praktik robotika di Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta
2. Masih kurangnya variasi penggunaan media pembelajaran pada mata kuliah praktik robotika di Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta.

3. Masih kurangnya kompetensi mahasiswa terkait pengembangan *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* sebagai media pembelajaran mata Kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta yang sesuai dengan kebutuhan industri.

C. Batasan Masalah

Fokus permasalahan penelitian ini terbatas pada pengembangan suatu media pembelajaran *path tracking* yang ditujukan untuk *mobile robot* dengan tipe kinematika *Omni-directional* dan menerapkan metode navigasi *odometry*. Media pembelajaran tersebut dirancang untuk Mata Kuliah Praktik Robotika yang terdapat dalam kurikulum Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika di lingkungan UNY. Tujuan utama penelitian ini adalah melakukan evaluasi terhadap kinerja dan kelayakan media pembelajaran yang nantinya akan diimplementasikan oleh mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika UNY.

D. Rumusan Masalah

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

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

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

E. Tujuan Penelitian

Dengan merinci perumusan permasalahan yang telah disebutkan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

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

F. Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini meliputi:

1. Bagi Mahasiswa

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

2. Bagi Perguruan Tinggi

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

3. Bagi Pembaca

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

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Penelitian dan Pengembangan

Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development*) digunakan untuk membuat item tertentu dan mengevaluasi keampuhannya sebelum merilisnya untuk digunakan secara luas Sugiyono (2013:297). Borg and Gall (dalam Sumarni, 2019:2) berpendapat bahwa untuk membangun dan meningkatkan produk pendidikan, diperlukan proses sistematis dan berulang yang disebut Penelitian dan Pengembangan. Penelitian pengembangan tidak hanya dapat meningkatkan produk yang sudah ada, tetapi juga dapat menghasilkan informasi atau jawaban atas masalah dunia nyata. Sumarni (2019:5) mendefinisikan penelitian dan pengembangan (R&D) sebagai penyelidikan sistematis terhadap kebutuhan mendesak dalam komunitas atau kelompok tertentu. Hal ini mencakup analisis komprehensif mengenai penyebab yang mendasari dan mengeksplorasi teori-teori yang relevan untuk mengatasi masalah tersebut. Tujuan utamanya adalah untuk memanfaatkan pengetahuan ini sebagai dasar untuk pengembangan produk, diikuti dengan validasi, dan pengujian efektivitasnya.

Bahan ajar yang digunakan merupakan penentu penting dalam membangun karakter pembelajaran. Untuk meningkatkan efektivitas

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

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

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

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

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

2. Media Pembelajaran

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

media pembelajaran adalah sebuah objek yang digunakan dalam proses pendidikan untuk menyalurkan proses kepada penerima (Nurfadhillah, 2021:15). Media pembelajaran merupakan alat peraga yang dapat mempermudah penyampaian pesan dari sumber pesan kepada penerima pesan (Ani Daniyati *et al.*, 2023:35). Hasan *et al.* (2021) mengartikan media pembelajaran sebagai perantara dalam proses pembelajaran, sumber belajar, alat bantu motivasi peserta didik, alat bantu untuk mencapai tujuan pendidikan, dan alat untuk mengembangkan kemampuan. Semua hal tersebut tersebut saling berkaitan satu sama lain untuk menciptakan pembelajaran yang sesuai dengan tujuan.

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

- a) Fungsi media pembelajaran sebagai sumber belajar yang berarti dapat menghubungkan peserta didik dengan materi yang diajarkan.
- b) Media pembelajaran sebagai fungsi semantik yang berarti dapat dipahami oleh anak didik.
- c) Media pembelajaran sebagai fungsi manipulatif yaitu kemampuan media pendidikan untuk merekam, merekonstruksikan, menyimpan, dan menyalurkan suatu peristiwa atau objek.

Wulandari *et al.* (2023) mengemukakan bahwa terdapat empat fungsi khusus dari media pengajaran, terutama media visual, yaitu sebagai berikut:

- a) Fungsi Atensi: menarik perhatian peserta didik untuk fokus pada substansi pembelajaran.
- b) Fungsi Afektif: Dampak media visual terhadap kepuasan peserta didik selama proses pembelajaran atau membaca teks berilustrasi.
- c) Fungsi Kognitif: Meningkatkan pencapaian tujuan pemahaman dan ingatan informasi melalui lambang visual atau gambar.
- d) Fungsi Kompensatoris: Peran media visual dalam memberikan konteks dan mendukung peserta didik yang kesulitan membaca, meningkatkan organisasi dan retensi informasi.

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

- a) Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Ahli Materi

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

yang dilihat dari teknik penyajian materinya. Aspek Bahasa dilihat dari kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia.

b) Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Ahli Media

Menurut Panduan Kementerian Pendidikan Nasional (2010: 16-17), kelayakan dari media pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan tiga aspek yaitu Kebermanfaatan Media, Perangkat Media, dan Kemudahan Dalam Penggunaan Media. Aspek kebermanfaatan media meliputi membantu proses belajar mengajar, mempermudah cara belajar peserta didik, meningkatkan keaktifan peserta didik, dan mendukung keterkaitan media pembelajaran dengan mata kuliah lain. Aspek-aspek dalam perangkat media pembelajaran mencakup karakteristik visual dari media pembelajaran, kecocokan fungsi yang disajikan, serta sifat perangkat media pembelajaran itu sendiri. Sejauh aspek kemudahan penggunaan, evaluasi dilakukan berdasarkan sejauh mana pengguna dapat dengan mudah mengakses dan memanfaatkan media pembelajaran, disertai dengan tingkat daya tarik yang dimiliki oleh media tersebut.

c) Instrumen Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Pengguna

Menurut Cecep Kustandi & Bambang Sutjipto (2011:143), kelayakan dari media pembelajaran dan materi pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan tiga aspek yaitu Kualitas Pada Isi dan Tujuan, Kualitas Pada Pembelajaran, dan Penggunaan. Aspek

pertama yaitu aspek kualitas pada kisi dan tujuan yang meliputi kesesuaian materi dengan rencana pembelajaran, kemenarikan, kejelasan materi, menambah pengetahuan, dan kejelasan pada modul. Aspek kedua adalah kualitas pada pembelajaran yang meliputi kejelasan pada modul, memberikan dampak bagi pendidik dan pembelajarannya, menambah keaktifan, variasi materi, dan memberikan dampak bagi peserta didik.

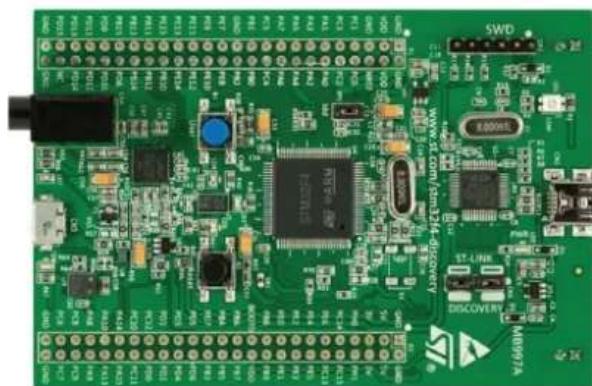
Menurut Yudha & Sundari (2021:538), pemanfaatan media pembelajaran dalam konteks proses belajar menyiratkan sejumlah keuntungan yang signifikan. Salah satu aspek yang ditekankan adalah peningkatan motivasi belajar, yang pada gilirannya menyebabkan pengalaman belajar menjadi lebih menghibur dan menghindari rasa bosan selama sesi pembelajaran. Selain itu, penerapan media pembelajaran memungkinkan para anak didik untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam, menguasai materi pembelajaran dengan lebih cepat, dan berhasil mencapai tujuan pembelajaran yang ditetapkan. Adanya variasi dalam metode pengajaran juga diakui sebagai faktor penting, memastikan bahwa para pengajar dapat menjalankan proses pembelajaran tanpa mengalami kelelahan yang berlebihan.

3. Mikrokontroler STM32F407

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

Gambar 1. Mikrokontroler STM32F407

(Sumber: <https://www.st.com/en.html>)



STM32F407 menggunakan ARM *Cortex-M* dengan 1Mb *Flash Memory* serta dibekali 192 Kb RAM dan merupakan sistem minimum yang langsung dapat ditulis ulang programnya tanpa perlu

menggunakan ST-Link karena pada STM32F407 sudah terdapat internal ST-Link, memiliki 100 Port I/O otomatis memberikan banyak fitur untuk digunakan, beberapa fitur yang sering digunakan adalah *Timer*, *Analog To Digital Converter*, dan *Interrupt*.

4. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Cristal Display*) merupakan salah satu tipe *display* elektronik yang dirancang menggunakan logika CMOS, di mana operasinya tidak melibatkan emisi cahaya, melainkan merespons cahaya sekitarnya dengan memantulkannya pada *front-lit* atau menghantarkan cahaya dari *back-lit* (Natsir *et al.*, 2019). LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Karena ukurannya yang minimalis, LCD sering digabungkan dengan mikrokontroler. Biasanya bentuk LCD yang tersedia adalah modul yang dilengkapi dengan *pin* data, catu daya, *control*, serta pengatur kontras tampilan.

Gambar 2. LCD 20×4

(Sumber: <https://www.jualarduinojogja.com/lcd-4x20-biru/>)



Untuk spesifikasi *Module LCD* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Spesifikasi LCD 20×4

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

5. Sensor *Rotary encoder*

Menurut Fikri & Endryansyah (2019:294), *rotary encoder* merupakan suatu perangkat elektromekanik yang berfungsi untuk memantau pergerakan dan posisi suatu objek. *Rotary encoder* menghasilkan serangkaian pulsa serial yang dapat diinterpretasikan sebagai informasi terkait gerakan, posisi, dan arah. Dengan demikian, *rotary encoder* mampu mengubah posisi sudut poros objek yang berputar menjadi informasi berupa kode digital, yang selanjutnya dapat diteruskan melalui suatu rangkaian kendali. Penerapan *rotary encoder* secara umum terfokus pada bidang pengendalian robot dan penggerak motor.

Gambar 3. Sensor *Rotary Encoder* LPD3806

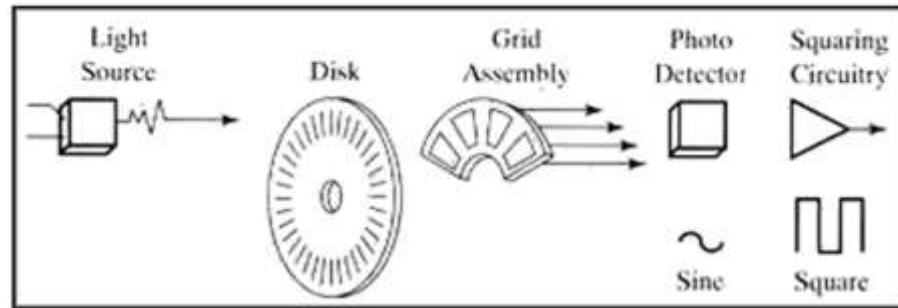
(Sumber: <https://indonesian.alibaba.com>)



Rotary encoder dirancang sebagai suatu struktur yang terdiri dari suatu piringan tipis dengan lubang-lubang terletak secara merata di sepanjang bagian lingkaran piringan tersebut. Sebuah lampu LED ditempatkan pada satu sisi piringan untuk mengarahkan cahaya ke arah piringan. Pada sisi yang berlawanan, terdapat suatu *photo-transistor* yang ditempatkan sedemikian rupa sehingga dapat mendeteksi cahaya yang dipancarkan oleh LED yang berada di posisi berlawanan. Piringan tipis ini dihubungkan dengan poros motor atau perangkat berputar lain yang perlu dilacak posisinya, sehingga saat motor berputar, piringan juga mengikuti pergerakan tersebut. Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya LED dapat mencapai *photo-transistor* melalui lubang-lubang pada piringan, *photo-transistor* akan mengalami saturasi dan menghasilkan sinyal pulsa gelombang persegi. Bagian keempat dari Gambar 4 menunjukkan representasi skematik sederhana dari *rotary encoder*. Jumlah pulsa yang dihasilkan dalam satu putaran penuh mengindikasikan tingkat akurasi *rotary encoder*, di mana jumlah lubang pada piringan mempengaruhi akurasi perangkat tersebut secara langsung.

Gambar 4. Blok Penyusunan *Rotary Encoder*

(Sumber: Fikri & Endryansyah, 2019)



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

Tabel 2. Spesifikasi Sensor *Rotary Encoder*

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

6. *Driver* motor BTN7960B

Driver motor BTN7960B merupakan komponen elektronik *dual bridge* yang berguna untuk mengendalikan tegangan dengan memanfaatkan IC7960 yang memiliki konfigurasi *dual H bridge* yang mengendalikan polaritas tegangan keluaran. Fungsi dari *driver* motor ini yaitu agar mikrokontroler dapat mengendalikan laju kecepatan dan arah dari motor DC. Adapun kelebihan yang dimiliki oleh *driver* ini adalah mampu menahan arus hingga 60 A dan dapat bekerja pada

tegangan *logic input* 5Vdc dan *power input* 6 – 27 Vdc serta *Pulse Width Modulator* (PWM) 10 Khz.

Gambar 5. *Driver Motor* BTN7960B

(Sumber: <https://www.amazon.co.uk/>)



7. Motor PG45

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

10Kg/cm. Arus yang dibutuhkan oleh motor ini berkisar antara 2.5A hingga 5A, tergantung pada beban kerja motor. Sumber tegangan yang digunakan untuk menjalankan motor ini membutuhkan daya tegangan sebesar 24V.

Gambar 6. Motor PG45

(Sumber: <https://www.foneacc-motion.com>)



8. Baterai Li-Po

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

Gambar 7. Baterai Li-Po

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



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

9. Board PCB

Printed Circuit Board (PCB) merujuk pada suatu papan rangkaian yang konstruksinya terdiri dari bahan seperti ebonit atau serat kaca, yang umumnya memiliki satu sisi permukaan yang dilapisi dengan lapisan tembaga tipis. Jika PCB hanya memiliki satu sisi tembaga, disebut sebagai *single side*, sementara jika memiliki dua sisi tembaga, dikenal sebagai *double side*. Penggunaan PCB dengan dua sisi tembaga umumnya lebih umum ditemukan pada perakitan rangkaian yang memiliki kompleksitas dan tingkat kesulitan yang tinggi.

Lapisan tembaga yang melapisi PCB memiliki peran krusial dalam membentuk jalur-jalur penghubung, mengurangi ketergantungan pada penggunaan kabel, serta memberikan tampilan yang lebih

terstruktur pada susunan rangkaian. Pada saat memasang komponen pada PCB, proses solder dan penggunaan timah menjadi metode krusial sebagai penghubung antara komponen dengan lapisan tembaga pada PCB. Keunggulan penggunaan PCB mencakup kemudahan dalam mendeteksi kerusakan pada rangkaian dan pengurangan ketergantungan pada kabel, mengingat bahwa sering kali, gangguan pada rangkaian disebabkan oleh masalah pada kabel yang digunakan.

10. Aplikasi Inventor

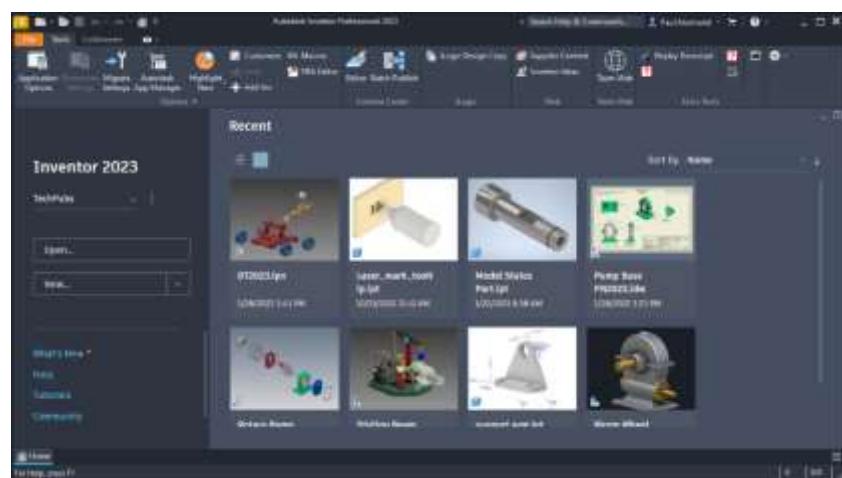
Autodesk Inventor Professional merupakan salah satu jenis perangkat lunak *Computer Aided Drawing* (CAD) yang fokus pada pemodelan solid. Autodesk Inventor adalah model 3D yang parametrik dan canggih. Dengan Autodesk Inventor, kita dapat dengan mudah mendesain, mendokumentasikan, dan menyimulasikan produk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

Autodesk Inventor merupakan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk kebutuhan penggambaran teknik permesinan dan menyediakan fasilitas lengkap untuk memvisualisasikan model dalam

bentuk 3D, menghasilkan gambar rakitan (*assembly*) dan gambar kerja (*drawing*), serta menciptakan animasi objek secara digital. Dengan menggunakan dokumen digital ini, kita dapat membantu menggambarkan, menganalisis, dan menyimulasikan suatu produk sebelum diproduksi, atau dengan kata lain, menciptakan model virtual sebelum produksi fisik dilakukan. Salah satu kelebihan dari Autodesk Inventor adalah kemudahan yang diberikannya kepada *drafter* dalam mendesain, karena material yang tersedia dapat diatur sedemikian rupa sehingga mirip dengan material asli se bisa mungkin.

Gambar 8. Aplikasi Autodesk Inventor 2023

(Sumber: <https://help.autodesk.com/>)

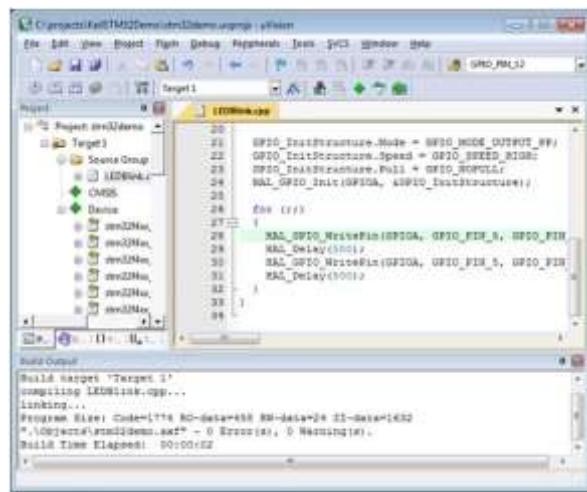


11. Aplikasi Keil µVision IDE

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

μ Vision menawarkan *Build Mode* untuk membuat aplikasi dan *Debug Mode* untuk men-debug aplikasi. Aplikasi dapat didebug dengan *integrated* μ Vision Simulator atau langsung pada perangkat keras, misalnya ULINK Debug dan *Trace Adapters*. Pada platform ini juga memungkinkan untuk menggunakan adaptor AGDI lainnya atau alat pihak ketiga eksternal untuk menganalisis aplikasi.

Gambar 9. Tampilan Aplikasi Keil μ Vision
(Sumber: <https://kameleonboard.org/learn/>)



12. Mata Kuliah Robotika

Robotika merupakan salah satu mata kuliah wajib pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika. Dalam lingkup mata kuliah robotika ini, peserta didik akan terlibat dalam rangkaian pembelajaran yang mencakup aspek desain, mekanik, dan pemrograman robot. Komponen utama penyusun robot umumnya terdiri dari tiga bagian yaitu mekanik, elektronik, dan program. Mekanik dari suatu robot meliputi *body* robot, *base* robot, atau mekanisme lainnya. Elektronik

dari suatu robot meliputi komponen-komponen yang berhubungan dengan kelistrikan seperti sensor, mikrokontroler, *circuit*, dan lain-lain. Program merupakan metode yang digunakan untuk mengatur atau mengendalikan robot agar dapat bekerja sesuai dengan tugasnya. Berdasarkan rencana pembelajaran praktik dalam bidang robotika yang telah dirancang, fokus pembelajaran umumnya difokuskan pada dua jenis robot, yaitu *mobile robot* dan robot *bipedal*. Penggunaan media pembelajaran yang sejalan dengan perkembangan industri masa kini merupakan hal yang penting dalam pembelajaran di mata kuliah Praktik Robotika.

Pilihan media pembelajaran untuk mata kuliah robotika sangat beragam, dan perlu dipertimbangkan kesesuaianya dengan perkembangan industri saat ini. Perkembangan saat ini menunjukkan bahwa industri banyak mengadopsi *mobile robot* untuk keperluan seperti proses *packing* dan fungsi penyimpanan di dalam gudang. Robot yang digunakan dapat bersifat otomatis atau dikendalikan secara manual oleh manusia. Penggunaan roda *omni-directional* pada *mobile robot* merupakan hasil pengembangan yang bertujuan mencapai efisiensi dalam pergerakan robot.

13. Robot

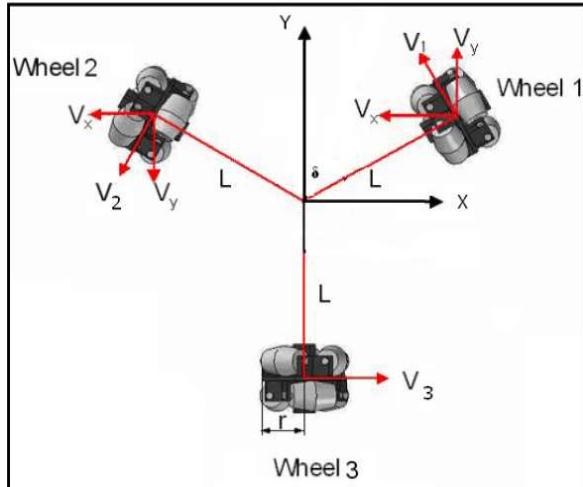
Istilah "robot" diperkenalkan pertama kali dalam bahasa Inggris pada tahun 1921 oleh Karel Capek, seorang dramawan asal Cekoslowakia, melalui karya dramanya yang berjudul "R.U.R"

(*Rossum's Universal Robots*). Pada awalnya, konsep robot mengacu pada "*forced labour*" atau pekerja paksa, tetapi seiring berjalannya waktu, makna kata "robot" telah mengalami perluasan yang signifikan. Menurut definisi dari *Robotics International Division of The Society of Manufacturing Engineers* (RI/SME), robot dapat diartikan sebagai manipulator yang dapat diprogram ulang dan memiliki kemampuan multifungsi, dirancang untuk memindahkan material, bagian, peralatan, dan perangkat khusus melalui gerakan yang dapat diprogram untuk menjalankan berbagai tugas (Wirawan, 2020:48).

a) Sistem Kinematika Robot *Omni-directional*

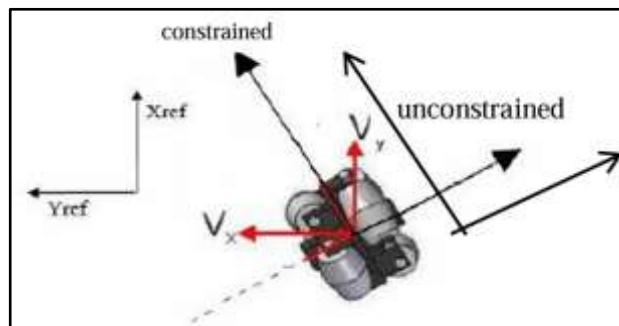
Untuk mendalami prinsip dasar yang melandasi pengembangan *omni-directional robot*, harus diselidiki struktur kinematika yang mengatur pergerakan robot tersebut (Priambudi & Mobed Bachtiar, 2018:1). Apabila kita menginginkan agar robot bergerak atau berpindah dari posisi awalnya, diperlukan pemahaman terhadap variabel-variabel yang saling terkait dan dapat dikontrol, seperti posisi gerak keseluruhan robot dan kecepatan pada setiap roda. Perhitungan kinematik pada robot menjadi instrumen yang diterapkan untuk menentukan perubahan posisi antar koordinat global dan posisi koordinat internal yang melekat pada robot itu sendiri.

Gambar 10. Kinematik Sistem *Three Wheel Omni-directional*
 (Sumber: Priambudi & Mobed Bachtiar, 2018)



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

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



Keterangan :

X , Y = Sistem koordinat kartesian

V_1 = Arah putar roda *omni* 1

V_2 = Arah putar roda *omni* 2

V_3 = Arah putar roda *omni* 3

L = Jarak pusat robot dengan titik tengah roda

δ = Sudut roda *omni* terhadap sumbu Y = 30°

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

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

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

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

$$V_{i(1,2,3)} = w \cdot r \quad (4)$$

di mana,

V = Arah putar roda *omni*,

r = Radius roda *omni* (cm),

w = Kecepatan *angular* roda (rad/sec), dan

L = Jarak pusat robot dengan titik *center* roda.

Untuk memperoleh kecepatan dari masing-masing roda *omni*, pendekatan yang diambil adalah dengan mengalikan kecepatan motor dengan jari-jari roda *omni*. Konfigurasi roda *omni* ini dirancang secara simetris, dengan perbedaan sudut yang sama-sama 120° dan masing-masing roda memiliki sudut δ sebesar 30° .

b) Sistem *Odometry*

Menurut Rakhman *et al.* (2019:106), *odometry* merupakan suatu metode penghitungan posisi yang memanfaatkan data dari pergerakan aktuator. Proses penghitungan posisi ini dilakukan secara kontinu hingga mencapai posisi tujuan yang ditetapkan. Secara umum, *odometry* digunakan sebagai alat estimasi posisi relatif terhadap titik awal pergerakan.

Untuk itu diterapkan metode penghitungan jumlah pulsa yang dihasilkan oleh sensor *rotary encoder* pada setiap unit ukuran, yang selanjutnya diubah menjadi satuan milimeter melalui suatu persamaan sebagai berikut:

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

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

Pada robot yang memanfaatkan roda *omni-directional*, dapat diaplikasikan persamaan (1) hingga (3) untuk memperoleh nilai koordinat X dan koordinat Y. Prosedur ini melibatkan substitusi kecepatan masing-masing roda dengan jarak yang telah ditempuh oleh setiap roda, menghasilkan suatu persamaan yang memberikan representasi koordinat robot.

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

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

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

Keterangan:

V = Arah putas roda *omni*

S_1 = Jarak tempuh roda 1

S_2 = Jarak tempuh roda 2

S_3 = Jarak tempuh roda 3

L = Jarak pusat robot dengan titik center roda

Persamaan di atas mencerminkan koordinat internal dari robot, sehingga apabila keinginan adalah untuk mendapatkan koordinat kartesian yang terkait dengan lapangan, langkah yang perlu diambil

adalah melakukan transformasi menggunakan matriks transformasi rotasi yang dijelaskan sebagai berikut:

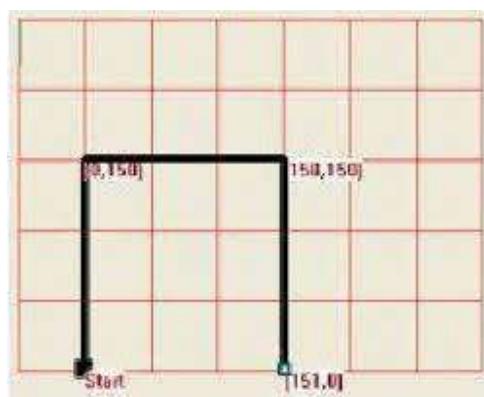
$$\begin{bmatrix} Y_{pos} \\ X_{pos} \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(V_\theta) & -\sin(V_\theta) & 0 \\ \sin(V_\theta) & \cos(V_\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ V_x \\ V_\theta \end{bmatrix} \quad (11)$$

c) Path Tracking

Path tracking merupakan suatu prosedur yang terkait dengan strategi penentuan kecepatan dan kontrol kemudi pada setiap waktu tertentu, bertujuan agar robot mampu mengikuti rute yang telah ditentukan(Nugraha *et al.*, 2021). Sasaran utama dari *path tracking* adalah mengurangi ketidakpastian posisi robot terhadap titik referensi pada lintasan, dan secara efektif membimbing pergerakan robot agar sesuai dengan jalur yang telah dirancang sebelumnya.

Gambar 12. Contoh *Path Tracking* pada Robot

(Sumber: Ardilla *et al.*, 2011)



B. Kajian Penelitian yang Relevan

Penelitian yang di lakukan oleh Palacín *et al.* (2021) di Univeristas de Lleida dengan judul “*Evaluation of The Path-Tracking Accuracy of a Three-Wheeled Omnidirectional Mobile Robot Designed as a Personal Assistant*”

dengan tujuan untuk menciptakan robot *omni-directional* dan mengevaluasi akurasi dari pelacakan jalur robot yang dapat bergerak ke segala arah sekaligus mengubah orientasinya. Hasil dari penelitian ini yaitu akurasi yang diperoleh dalam lintasan melingkar lebih baik daripada akurasi yang diperoleh dalam lintasan berbentuk delapan memburuk yang seiring dengan meningkatnya kecepatan. Kesalahan perpindahan maksimum adalah 0,077 m dan 0,088 m, dengan kesalahan orientasi sudut masing-masing sebesar 6,27 ° dan 7,76 °.

Penelitian yang dilakukan oleh Raharjo (2021) di Departemen Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta, berjudul "Pengembangan *Four-Wheel Omni Robot* Dengan Sistem *Inverse Kinematic* Sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Robotika," bertujuan untuk menyelidiki metode pengembangan, kinerja, dan tingkat kelayakan media pembelajaran *four-wheel omni robot* dengan sistem *Inverse Kinematic* pada Mata Kuliah Robotika. Penelitian ini berjenis *Research and Development*, diterapkan dengan metode ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implement, Evaluate*) di Departemen Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Evaluasi kelayakan media pembelajaran, berdasarkan pandangan ahli media, mencapai kategori "Sangat Layak" dengan persentase sebesar 91%, dari ahli materi juga tergolong "Sangat Layak" dengan persentase 90%, dan hasil uji pengguna menunjukkan kategori "Sangat Layak" dengan persentase 88%.

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

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

C. Kerangka Berpikir

Robotika telah memasuki dunia industri dan menjadi komponen penting dalam perkembangan industri saat ini terutama *mobile robot*. Oleh karena itu, diharapkan mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika memiliki kompetensi yang memadai dalam bidang robotika,

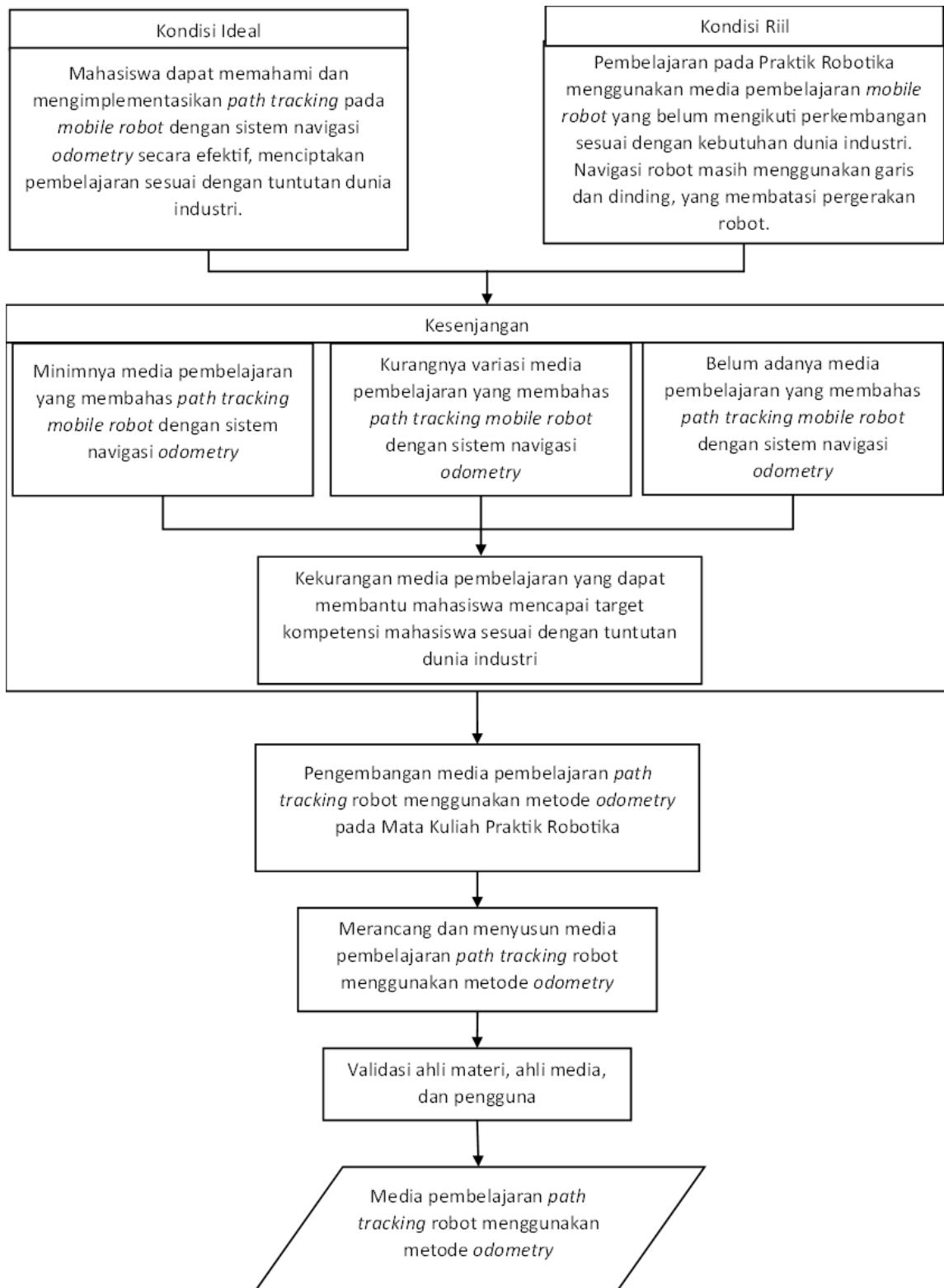
sehingga perlu dilakukan perbaikan atau peningkatan peran media pembelajaran.

Pembelajaran pada Praktik Robotika yang ada di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika UNY masih menggunakan media pembelajaran *mobile robot* yang belum mengikuti perkembangan sesuai dunia industri yang navigasinya masih menggunakan garis dan dinding. Batasan pergerakan robot terkait dengan keharusan adanya garis atau dinding di sekitar tujuan menciptakan situasi di mana robot hanya dapat mengarahkan geraknya menuju target yang memiliki referensi garis atau dinding. Sebaliknya, konsep *odometry* mengimplikasikan upaya estimasi posisi relatif terhadap posisi awal, menghasilkan keleluasaan pergerakan yang lebih besar bagi sebuah *mobile robot*. Metode *odometry* menjadi kunci dalam membantu robot dalam memastikan bahwa robot tetap pada jalur yang telah ditentukan dan mengikuti rute (*path tracking*) tertentu dengan tepat dan efisien dibandingkan dengan navigasi menggunakan garis atau dinding. Dari uraian di atas maka dibuat sebuah media pembelajaran *path tracking* robot dengan metode *odometry* pada mata kuliah Praktik Robotika. Hal itu diharapkan dapat menunjang dan memberikan variasi pada media pembelajaran mata kuliah robotika serta mampu meningkatkan kompetensi mahasiswa pada bidang robotika.

Model ADDIE merupakan model yang digunakan dalam pengembangan media pembelajaran yang memiliki lima tahapan yaitu analisis, desain, pengembangan, uji coba dan evaluasi. Media pembelajaran

yang dibuat nantinya akan dilakukan diverifikasi oleh dua validator (*judgment*) yaitu ahli materi dan ahli media serta nantinya akan diuji coba kepada mahasiswa Departemen pendidikan Teknik Elektro.

Gambar 13. Kerangka Berpikir



D. Pertanyaan Penelitian

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

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

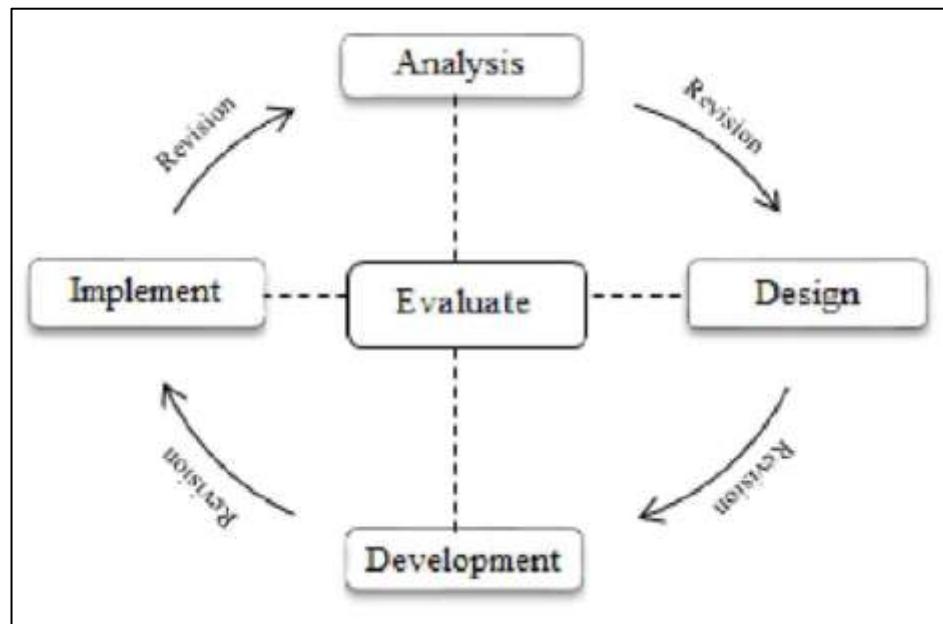
BAB III

METODE PENELITIAN

A. Model Pengembangan

Dalam penelitian ini, dikembangkan sebuah produk berupa *path tracking* pada robot menggunakan metode *odometry* sebagai media pembelajaran untuk mata kuliah praktik robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang serta menguji suatu produk yang dapat diimplementasikan sebagai media pembelajaran pada Praktik Robotika. Produk tersebut diharapkan dapat memenuhi standar kriteria kelayakan yang telah ditetapkan.

Gambar 14. Bagan Pengembangan ADDIE
(Sumber: Amthari *et al.*, 2021)



Penelitian pengembangan merupakan pendekatan penelitian yang dirancang dengan tujuan utama menciptakan suatu produk tertentu, diikuti dengan evaluasi untuk menguji tingkat efektivitas dan keberhasilan produk tersebut (Sugiyono, 2013:297). Perancangan dan pengembangan penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan menerapkan model pengembangan ADDIE dari Robert Maribe Branch (2009:2). Model pengembangan ADDIE terdiri dari lima tahap penelitian, meliputi analisis (*analyze*), desain (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*implementation*), dan evaluasi (*evaluation*).

Sesuai dengan modelnya, terdapat lima langkah yang harus dilalui, yaitu:

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

B. Prosedur Pengembangan

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

1. *Analyze* (Analisis)

Penelitian ini melibatkan tahap analisis (*Analyze*) yang dilakukan di Departemen pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Pada tahap ini, analisis dilakukan dengan mengamati prosedur pembelajaran, khususnya dalam pelaksanaan media pembelajaran dan kompetensi yang akan dicapai dalam pelaksanaan proses pembelajaran. Selain itu, identifikasi juga dilakukan terhadap potensi kendala dalam proses pembelajaran, kompetensi yang dibutuhkan, suasana pembelajaran, dan minat mahasiswa dalam proses belajar. Hasil analisis ini akan dievaluasi oleh pihak yang memiliki keahlian lebih lanjut dalam bidang pembelajaran teknik elektro. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa pendekatan pembelajaran yang diusulkan sesuai dengan standar pembelajaran dan memenuhi kebutuhan kurikulum.

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

a. Analisis Prosedur Pembelajaran

Analisis prosedur pembelajaran melibatkan pemahaman mendalam terhadap pelaksanaan media pembelajaran dan kompetensi yang diharapkan dicapai selama proses pembelajaran. Pendekatan ini didasarkan pada *review* terhadap silabus atau Rencana Pembelajaran Semester (RPS) mata kuliah Praktik Robotika, yang menyajikan panduan rinci mengenai materi, metode pembelajaran, dan tujuan akhir yang diinginkan. Analisis ini memastikan bahwa pengembangan media pembelajaran tidak hanya sesuai dengan kurikulum, tetapi juga secara efektif menyampaikan materi pembelajaran serta mencapai kompetensi yang diharapkan.

Pembelajaran pada Praktik Robotika yang ada di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika UNY masih menggunakan media pembelajaran *mobile robot* yang belum mengikuti perkembangan sesuai dunia industri yang navigasinya masih menggunakan garis. Hal ini membatasi pergerakan robot yang membuat robot hanya dapat bergerak ke suatu target bila ada garis yang berada di sekitar tujuan tersebut. *Odometry* pada prinsipnya memperkirakan posisi

relatif terhadap posisi awal dan hal tersebut memungkinkan pergerakan sebuah *mobile robot* menjadi lebih leluasa. Metode *odometry* menjadi kunci dalam membantu robot dalam memastikan bahwa robot tetap pada jalur yang telah ditentukan dan mengikuti rute (*path tracking*) tertentu dengan tepat dan efisien dibandingkan dengan navigasi menggunakan garis. Maka dari itu, dibuat media pembelajaran *path tracking* robot dengan metode *odometry* pada mata kuliah Praktik Robotika. Hal itu diharapkan dapat menunjang dan memberikan variasi pada media pembelajaran mata kuliah robotika serta mampu meningkatkan kompetensi mahasiswa pada bidang robotika.

b. Analisis Komponen

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

2. *Design* (Desain)

Tahap perancangan atau desain adalah tahapan yang di kerjakan setelah tahap pertama selesai dilakukan. Pada tahap ini, peneliti fokus dengan membuat konsep-konsep atau melakukan identifikasi terhadap

komponen yang akan di gunakan untuk membangun *path tracking* robot menggunakan metode *odometry*, baik *hardware* seperti STM32 F407, *rotary encoder*, *driver* motor, motor PG45, *body frame* sistem *path tracking* robot dan rangkaian elektronik serta *software* yang digunakan untuk membuat program *path tracking* robot seperti Keil μ Vision untuk memprogram gerak robot.

Rancangan desain yang dihasilkan pada tahap ini akan dievaluasi oleh pihak yang memiliki keahlian lebih dalam bidang teknik elektro dan robotika. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa desain tersebut sesuai dengan prinsip-prinsip teknis dan memenuhi standar kualitas yang dibutuhkan. Selain itu, evaluasi ini dapat memberikan masukan untuk memperbaiki dan menyempurnakan rancangan agar dapat mencapai tujuan pembelajaran dengan efektif. Berdasarkan pertimbangan tersebut, peneliti merencanakan desain media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan metode *odometry* dengan memperhatikan hal-hal berikut:

a. Desain Elektronik

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

memudahkan pada saat pemasangan komponen-komponen elektronik.

b. Desain Mekanik

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

c. Desain *Labsheet* Media Pembelajaran

Desain *Labsheet* menggambarkan secara keseluruhan hubungan antara bagian dalam *labsheet*, desain *labsheet* dibuat untuk memudahkan proses pembuatan *labsheet* selanjutnya, dan berfungsi sebagai panduan praktikum yang membimbing mahasiswa dalam menjalankan eksperimen dan pemahaman konsep secara langsung untuk mendukung proses pembelajaran. Dalam tahap ini desain *labsheet* mencakup penyusunan *draft labsheet* dan *layout labsheet*.

d. Desain Modul Panduan Media Pembelajaran

Modul panduan merupakan dokumen yang dirancang untuk memberikan panduan menyeluruh kepada pengguna yaitu

mahasiswa yang menggunakan media pembelajaran. Rancangan modul ini berfungsi sebagai sumber informasi utama yang mencakup konsep-konsep kunci dan prosedur penggunaan media pembelajaran. Dalam tahap ini desain modul panduan mencakup penyusunan *draft* modul panduan dan *layout* modul panduan.

3. *Development* (Pengembangan)

Pada tahap sebelumnya, peneliti telah mendesain atau melakukan perancangan mengenai desain atau skema kerja dari *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* yang akan dibuat. Pada langkah ini, rencana atau skema kerja yang telah disusun akan dijadikan panduan untuk mengembangkan dan mewujudkan produk media pembelajaran berdasarkan analisis dan desain yang telah ditentukan sebelumnya. Selama proses pembuatan, media pembelajaran akan dievaluasi oleh ahli dalam bidang robotika dan ahli media pembelajaran untuk memastikan kualitas dan efektivitas produk yang dihasilkan. Rancangan yang sebelumnya masih berupa konsep akan diaplikasikan menjadi produk nyata yaitu:

a. Pengembangan Elektronik

Dalam tahap ini, konsep desain elektronik yang telah direncanakan akan diimplementasikan secara nyata. Ini melibatkan pembuatan dan perakitan rangkaian elektronik menggunakan komponen-komponen seperti mikrokontroler STM32, tombol-tombol, sensor *rotary encoder*, serta pembuatan dan pemasangan

shield PCB untuk STM32. Setelahnya, produk ini akan diuji coba untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik.

b. Pengembangan Mekanik

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

c. Pengembangan *Labsheet*

Labsheet yang telah direncanakan akan diimplementasikan dengan memasukkan empat materi utama yang telah disebutkan sebelumnya. Setelah itu, *labsheet* akan disusun sedemikian rupa sehingga menjadi panduan praktikum yang dapat membimbing mahasiswa dalam menjalankan eksperimen dan memahami konsep-konsep yang terkait dengan *path tracking* pada robot menggunakan metode *odometry*.

d. Pengembangan Modul

Modul panduan yang telah direncanakan akan diimplementasikan dengan struktur yang telah ditetapkan. Materi yang terkait dengan konsep robot *omni-directional*, sistem navigasi *odometry*, dan *path*

tracking pada robot akan dimasukkan. Spesifikasi *hardware* dan *software*, termasuk penjelasan rinci mengenai komponen-komponen, perangkat keras, dan perangkat lunak yang digunakan, akan disusun. Modul ini akan memberikan langkah-langkah terperinci untuk penggunaan media pembelajaran, mulai dari pengaturan awal, pengoperasian robot, hingga analisis data keluaran.

4. *Implementation* (Implementasi)

Implementasi merupakan tahapan yang baru dikerjakan setelah tahap pengembangan selesai dikerjakan. Tahap ini merupakan implementasi media pembelajaran yang telah dikembangkan untuk mengevaluasi kelayakan dari media pembelajaran tersebut. Proses implementasi dari media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* ini dilakukan terhadap mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Departemen pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta yang telah atau sedang menempuh mata kuliah Praktik Robotika. Implementasi ini juga dimaksudkan untuk mengevaluasi kesesuaian media pembelajaran dengan kompetensi mahasiswa di bidang robotika, sehingga tujuan pembelajaran pada media tersebut dapat mencapai harapan para pendidik.

5. *Evaluation* (Evaluasi)

Tahap evaluasi merupakan langkah yang ada pada tiap prosedur dalam model pengembangan ADDIE. Hasil evaluasi dan umpan balik yang diperoleh akan menjadi panduan untuk melakukan perbaikan dan meningkatkan kualitas media pembelajaran yang dibuat.

a. Evaluasi Hasil Analisis

Evaluasi pada tahap analisis dilakukan dengan melibatkan dosen pembimbing. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa pendekatan pembelajaran yang diusulkan sesuai dengan standar pembelajaran dan memenuhi kebutuhan kurikulum. Umpan balik dari dosen pembimbing pada tahap ini akan menjadi dasar untuk penyempurnaan rencana dan konsep yang telah disusun.

b. Evaluasi Hasil Desain

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

c. Evaluasi Hasil Pengembangan

Pada tahap ini, hasil pengembangan media pembelajaran akan dievaluasi oleh dosen pembimbing, ahli materi, dan ahli media yang

ahli dalam bidang robotika. Evaluasi ini mencakup implementasi nyata dari desain, baik secara elektronik maupun mekanik, serta pengembangan *labsheet* dan modul panduan.

d. Evaluasi Hasil Implementasi

Evaluasi tahap implementasi dilakukan oleh pengguna media pembelajaran, yaitu mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah atau sedang menempuh mata kuliah Praktik Robotika. Evaluasi akan fokus pada sejauh mana media pembelajaran dapat memberikan kontribusi terhadap pemahaman mahasiswa terkait *path tracking* robot menggunakan metode *odometry*. Evaluasi ini juga digunakan untuk melihat kesesuaian media pembelajaran dengan kompetensi mahasiswa di bidang robotika, sehingga tujuan pembelajaran pada media tersebut dapat mencapai harapan para pendidik.

Umpulan balik dari mahasiswa ini tidak hanya akan membantu mengidentifikasi aspek-aspek yang perlu ditingkatkan dalam implementasi langsung, tetapi juga memberikan gambaran tentang efektivitas media pembelajaran dalam mencapai tujuan akademis yang diinginkan oleh lembaga pendidikan.

C. Desain Uji Coba Produk

1. Tempat dan Waktu Uji Coba Produk

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

2. Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini yaitu :

a. Mahasiswa

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

b. Validator Materi

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

c. Validator Media

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

3. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian pengembangan ini diperoleh dari instrumen penelitian yang tentunya berpengaruh terhadap kualitas hasil data penelitian. Dalam tahap ini, penelitian *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* sebagai media pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika menggunakan metode pengumpulan data berupa kuesioner dengan menggunakan skala Likert empat pilihan. Menurut Sugiyono (2016:206) dengan menggunakan alat bantu berupa media kuesioner peneliti dapat melakukan pengembangan dan juga pengujian terhadap produk yang dikembangkan. Menurut Sugiyono (2013:142) Kuesioner merupakan suatu metode pengumpulan data yang menggunakan sejumlah pertanyaan tertulis yang harus diisi oleh responden. Kuesioner berisi pernyataan yang terkait dengan media pembelajaran, yang harus diisi oleh pengguna untuk memberikan *feedback* yang nantinya digunakan untuk melakukan perbaikan. Angket ini bertujuan untuk menilai seberapa layak produk digunakan sebagai media pembelajaran.

4. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian berupa alat pengukuran objek ukur dalam pengumpulan data dari berbagai variabel yang nantinya akan diolah sedemikian rupa dan dicek validitas dan reliabilitasnya. Dalam penelitian Pengembangan *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* sebagai media pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika

pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika digunakan instrumen berupa kuesioner dengan skala Likert empat pilihan sebagai alat pengukur tingkat kelayakan. Kuesioner ini akan diisi oleh ahli materi, ahli media, dan mahasiswa sebagai pengguna media pembelajaran, adapun instrumen yang digunakan sebagai berikut:

a. Instrumen Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Ahli Materi

Uji kelayakan ini digunakan untuk mengetahui kelayakan dari materi pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan tiga aspek yaitu Relevansi Materi dengan Tujuan Pembelajaran, Penyajian Materi, dan Bahasa.

Tabel 3. Kisi-kisi Instrumen Kelayakan Materi

(Sumber: Kustandi & Sutjipto, 2011:143)

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

b. Instrumen Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Ahli Media

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

Tabel 4. Kisi-kisi Instrumen Media

(Sumber: Panduan Kementerian Pendidikan Nasional, 2010: 16-17)

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

c. Instrumen Kelayakan Materi Pembelajaran Oleh Pengguna

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

Tabel 5. Kisi-kisi Instrumen Kelayakan Pengguna

(Sumber: Kustandi & Sutjipto, 2011:143)

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

5. Pengujian Instrumen

Pengujian Instrumen diukur berdasarkan dua aspek yaitu sebagai berikut:

a. Validitas

Menurut Sugiyono (2016:177), instrumen dianggap valid jika dapat dengan tepat mengukur aspek yang seharusnya diukur. Uji validitas diterapkan untuk mengevaluasi sejauh mana alat ukur yang digunakan dalam penelitian sesuai dan valid. Validasi instrumen

dilakukan melalui konsultasi dengan para ahli (*expert judgment*). Instrumen yang digunakan untuk mengukur validitas diadaptasi dari penelitian yang dilakukan Rizqi (2023) dan tingkat kelayakan media pembelajaran dinilai oleh ahli materi, ahli media, dan pengguna. Menurut ahli materi media pembelajaran masuk ke dalam kategori “Sangat Layak” dan mendapatkan rata-rata skor 60 dengan persentase 93,75%, sementara ahli media mengkategorikan media pembelajaran sebagai “Layak” dan mendapatkan rata-rata skor 57,5 dengan persentase 84,56%, kemudian pengguna mengkategorikan media pembelajaran sebagai “Sangat Layak” dan rata-rata skor 64,97 dengan persentase 90,24%. Rincian aspek dan indikator dapat dijabarkan sebagai berikut:

1) Validitas Kelayakan Ahli Materi

Indikator yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Indikator Instrumen Kelayakan Materi
(Sumber: Rizqi, 2023)

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

2) Validitas Kelayakan Ahli Media

Indikator yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Indikator Instrumen Kelayakan Media

(Sumber: Rizqi, 2023)

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

3) Validitas Kelayakan Pengguna

Indikator yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Indikator Instrumen Kelayakan Pengguna

(Sumber: Rizqi, 2023)

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

b. Realibilitas

Herawati (2021) mengemukakan bahwa reabilitas menjadi penunjuk mengenai kestabilan dan konsistensi instrumen pengukuran terhadap suatu konsep, dan berperan dalam mengevaluasi ketepatan serta kesesuaian suatu pengukuran. Cronbach Alpha digunakan sebagai standar untuk menggambarkan sejauh mana korelasi atau hubungan antara skala yang dibuat dengan semua skala variabel yang ada. Suatu instrumen pada variabel dianggap reliabel atau konsisten apabila nilai Cronbach Alpha

melebihi 0,60. Sebaliknya, apabila nilai Cronbach Alpha kurang dari 0,60, maka kuesioner atau angket dianggap tidak reliabel atau tidak konsisten. Rumus Koefisien Alpha Cronbach:

$$\alpha_u = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

Keterangan:

α_u = Koefisien keterandalan butir kuisioner

k = Jumlah butir kuisioner

$\sum S_i^2$ = Jumlah variansi skor butir yang valid

S_t^2 = Variansi total skor butir

6. Teknik Analisa Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini berupa angket yang diajukan kepada subjek penelitian yaitu mahasiswa Departemen pendidikan Teknik Elektro FT UNY. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini berupa angket yang diajukan kepada subjek penelitian yaitu mahasiswa Departemen pendidikan Teknik Elektro FT UNY. Angket ini kemudian dianalisis dengan model analisis deskriptif. Menurut Sugiyono (2015:187) mengatakan bahwa analisis deskriptif ini berfungsi sebagai petunjuk atau menggambarkan tingkat ekspansi objek yang akan diteliti yaitu variabel mandiri berupa tingkat kelayakan, tingkat kedisiplinan atau lain-lain. Sukardi (2016:187) menyatakan bahwa data yang diperoleh dari kuesioner dengan skala Likert menggunakan empat pilihan jawaban, yaitu Sangat Layak (4),

Layak (3), Kurang Layak (2), dan Tidak Layak (1). Penggunaan skala likert empat pilihan dinilai lebih optimal dibandingkan lima pilihan karena akan memicu responden untuk memberikan jawaban yang tegas tanpa adanya pilihan netral atau ragu.

Tabel 9. Kategori Skala Likert

(Sumber: Sugiyono, 2013:94)

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

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

Dalam pengisian angket, pengguna mengisi angket berdasarkan kelayakan media pembelajaran. Penelitian dengan judul Pengembangan *Path Tracking* pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi

Pendidikan Teknik Mekatronika memiliki beberapa variabel yang digunakan dalam pengembangan media pembelajaran yang meliputi:

- Kelas interval dengan jumlah lima kategori yaitu sangat layak, layak, cukup, kurang layak, dan tidak layak.
- Pembatasan skor maksimum dan skor minimum

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

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

- Pembatasan nilai tengah ideal dan simpangan baku ideal

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

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

- Menurut Widiyoko (2017:238), nilai empiris (X) merupakan tingkat kelayakan media pembelajaran yang bersumber dari hasil pengumpulan data klasifikasi penilaian dan disajikan pada Tabel 10 berikut ini:

Tabel 10. Klasifikasi Penilaian

(Sumber: Widoyoko, 2017:238)

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

Berdasarkan tingkat kelayakan di atas, dapat diamati dari skor akhir penilaian. Skor tersebut menjadi acuan untuk menilai media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry* oleh

ahli media, ahli materi, dan pengguna. Skor dari angket mengindikasikan sejauh mana tingkat kelayakan media pembelajaran *path tracking* robot menggunakan metode *odometry*.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

A. Hasil Pengembangan Produk

Dalam penelitian ini, metode ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation*) milik Robert Marie Branch telah diuji oleh ahli media, ahli materi, dan pengguna. Hasil dari pengujian berupa penilaian dan saran dari penguji, yang kemudian digunakan untuk melakukan revisi sesuai dengan masukan yang diberikan. Tahapan penelitian ADDIE yang dilakukan mencakup:

1. Hasil Analisa (*Analyze*)

Selama proses penelitian, dilakukan analisis terhadap dua aspek utama:

a. Hasil Analisa Prosedur Pembelajaran

Pada proses penelitian, dilakukan observasi yang dilakukan di Departemen pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta terhadap pelaksanaan media pembelajaran dan kompetensi yang diharapkan dicapai selama proses pembelajaran yaitu dengan melakukan review terhadap silabus atau Rencana Pembelajaran Semester (RPS) mata kuliah Praktik Robotika, yang menyajikan panduan rinci mengenai materi, metode pembelajaran, dan tujuan akhir yang diinginkan.

Pembelajaran pada Praktik Robotika yang ada di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika Universitas Negeri Yogyakarta masih menggunakan media pembelajaran *mobile robot* yang belum

mengikuti perkembangan sesuai dunia industri yang navigasinya masih menggunakan garis. Pergerakan *mobile robot* akan menjadi lebih leluasa dengan metode *odometry* karena metode ini pada prinsipnya memperkirakan posisi relatif terhadap posisi awal. Metode *odometry* menjadi kunci dalam membantu robot dalam memastikan bahwa robot tetap pada jalur yang telah ditentukan dan mengikuti rute (*path tracking*) tertentu dengan tepat dan efisien dibandingkan dengan navigasi menggunakan garis. Berikut adalah hasil dari observasi tersebut:

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

Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan, maka media pembelajaran yang akan dikembangkan adalah “*Path Tracking* pada Robot Menggunakan *Odometry*”

b. Hasil Analisa Komponen

Analisis komponen berdasarkan teori kinematika robot *omnidirectional* menurut Priambudi & Mobed Bachtiar (2018) dan teori metode navigasi *odometry* menurut Rakhman *et al.* (2019). Pengembangan media pembelajaran ini memerlukan beberapa komponen utama untuk memastikan keakuratan dan keefektifan media pembelajaran seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Komponen Penyusun Media Pembelajaran

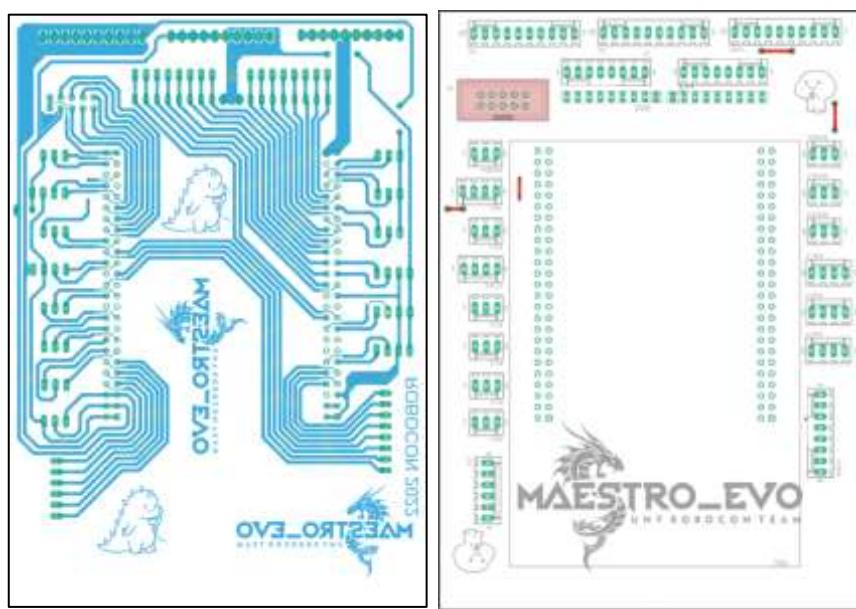
No	Nama Komponen	Jumlah	Keterangan
1	<i>Alumunium Hollow</i>	1	Kerangka penyusun robot
2	Baterai Li-Po	3	Sumber daya aktuator
3	<i>Driver Motor</i> BTN7960B	4	Pengatur suplai tengangan motor
4	<i>Emergency Button</i>	1	Tombol untuk memutus arus listrik robot
5	Kabel USB <i>Type B</i>	1	Penghubung laptop dan robot
6	LCD 20 x 4	1	Menampilkan data robot
7	ESP32	2	Mikrokontoler untuk <i>controller</i> robot
8	ESP8266	1	Mikrokontoler untuk monitoring data
9	STM32F407VG	1	Mikrokontroler utama
10	Motor PG45	4	Aktuator robot
11	<i>Rotary Encoder</i> LPD3806-400BM	3	Sensor pergerakan robot
12	<i>Joystick</i>	1	Kontroler robot
13	Voltmeter	3	Perangkat pemantau tegangan robot

2. Hasil Desain (*Design*)

a. Hasil Desain Elektronik

Perancangan elektronik Media Pembelajaran *path tracking* pada *robot* menggunakan metode *odometry* menggunakan aplikasi Eagle, berikut hasil dari desain rangkaian elektronik yang telah dibuat:

Gambar 15. Desain PCB Shield STM32F407VG

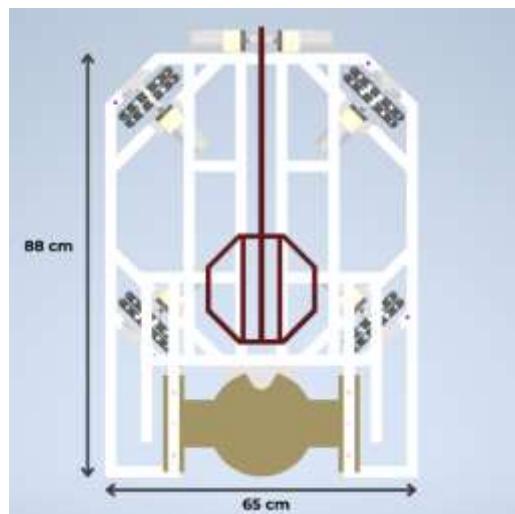


b. Hasil Desain Mekanik

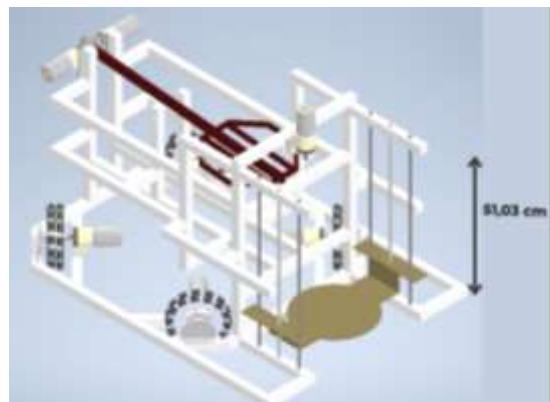
Pembuatan Media Pembelajaran *path tracking* pada *robot* menggunakan metode *odometry* dilakukan dengan mendesain kerangka robot terlebih dahulu melalui *software Autodesk Inventor*.

Berikut adalah hasil dari rancangan mekanik yang telah dibuat:

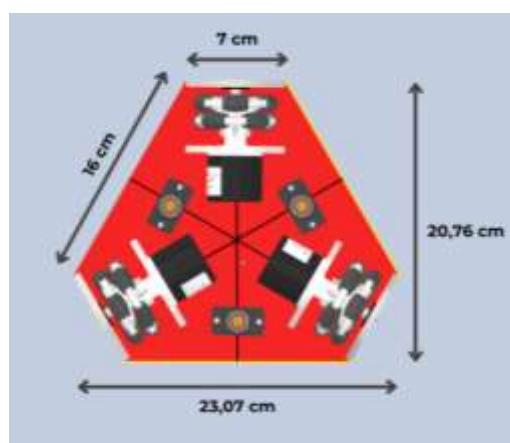
Gambar 16. Desain Kerangka Robot Tampak Atas



Gambar 17. Desain Kerangka Robot Tampak Samping



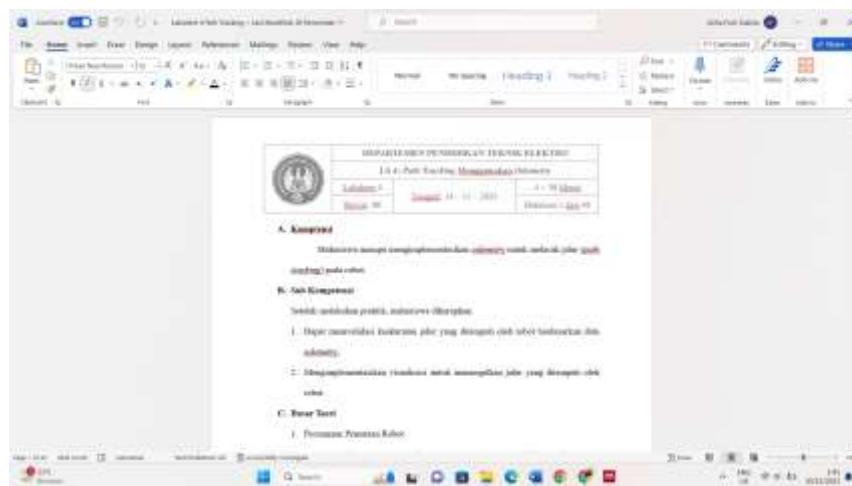
Gambar 18. Desain *Rotary Encoder*



c. Hasil Desain *Labsheet* Media Pembelajaran

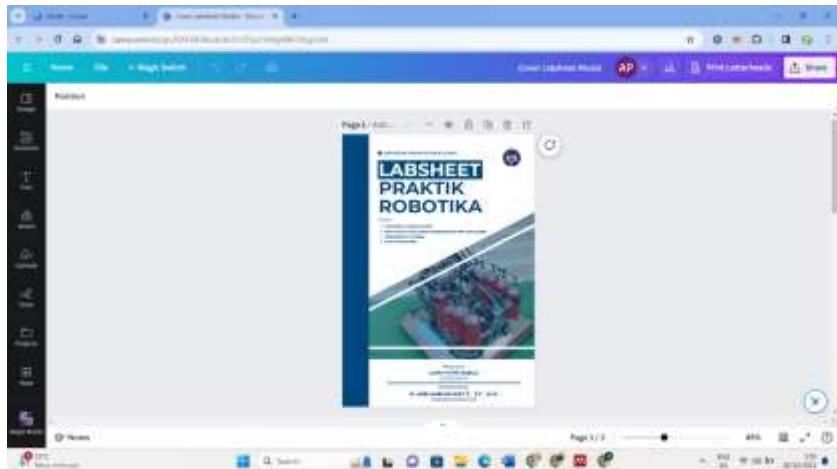
Penyusunan *draft labsheet* mencakup penyusunan materi dan soal penugasan yang berfungsi sebagai panduan praktikum yang membimbing mahasiswa dalam menjalankan eksperimen dan pemahaman konsep secara langsung. *Labsheet* terdiri empat materi yaitu pengaturan PWM motor, analisis data keluaran dari sensor *rotary encoder*, sistem navigasi *odometry*, implementasi *path tracking*. Materi disusun menggunakan aplikasi Microsoft Word dengan format *Fonts Times New Roman* ukuran 12.

Gambar 19. Penyusunan *Labsheet* pada Aplikasi Microsoft Word



Penyusunan *layout labsheet* meliputi pengumpulan dan pembuatan *background*, *cover*, dan tata letak gambar pada *labsheet*. Proses perancangan *layout labsheet* ini menggunakan *Website Canva* dengan ukuran desain menggunakan kertas A4 (21 cm x 29,7 cm).

Gambar 20. Desain *Cover Labsheet* Menggunakan *Web Canva*



d. Hasil Desain Modul Panduan Media Pembelajaran

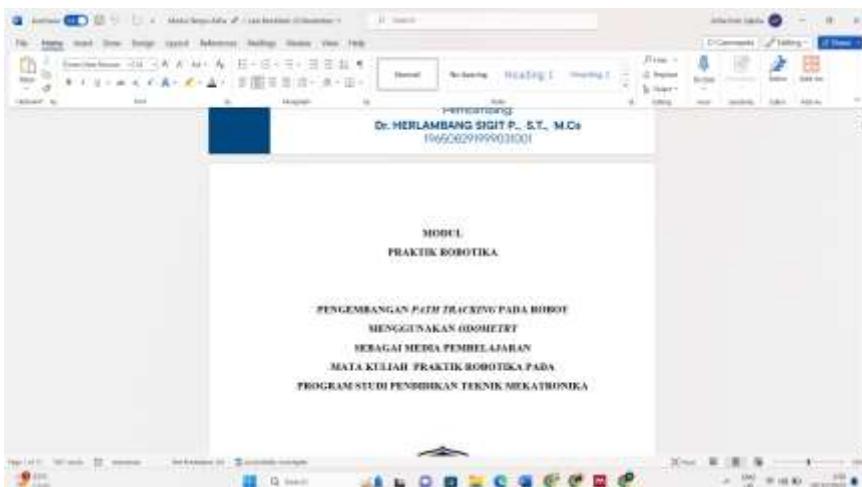
Tahap desain melibatkan penyusunan *layout* modul panduan.

Penyusunan *draft* modul panduan mencakup penyusunan materi, informasi spesifikasi *hardware* dan *software*, serta langkah-langkah terperinci untuk penggunaan media pembelajaran yang berfungsi sebagai sumber informasi utama yang mencakup konsep-konsep kunci dan prosedur penggunaan media pembelajaran. Modul panduan ini terdiri dalam tiga bagian yaitu:

- 1) Materi yang terkait dengan konsep robot *omni-directional*, sistem navigasi *odometry*, dan aplikasi *path tracking* pada robot
- 2) Spesifikasi *hardware* dan *software* yang digunakan dalam media pembelajaran
- 3) Langkah-langkah penggunaan media pembelajaran secara terperinci.

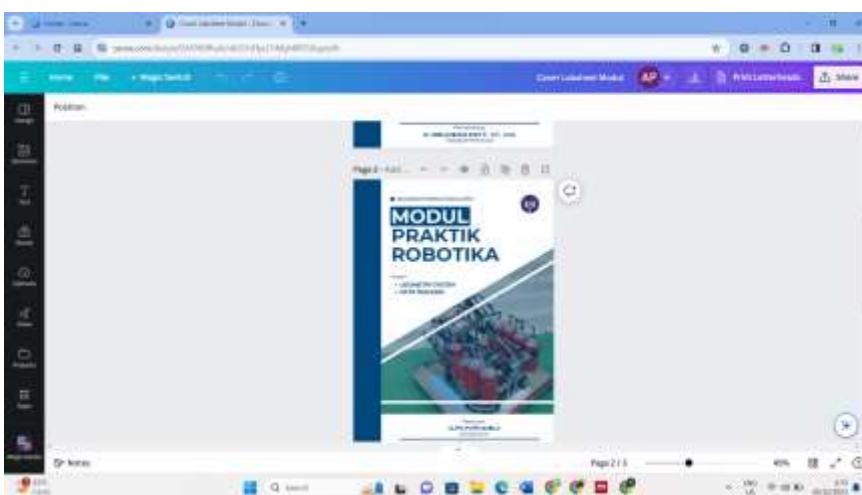
Materi disusun menggunakan aplikasi Microsoft Word dengan format *Fonts Times New Roman* ukuran 12.

Gambar 21. Penyusunan Modul pada Aplikasi Microsoft Word



Penyusunan *layout* modul panduan meliputi pembuatan tata letak gambar dan *cover* pada modul panduan. Proses perancangan *layout* modul panduan ini menggunakan *Website Canva* dengan ukuran desain menggunakan kertas A4 (21 cm x 29,7 cm).

Gambar 22. Desain *Cover* Modul Menggunakan *Web Canva*

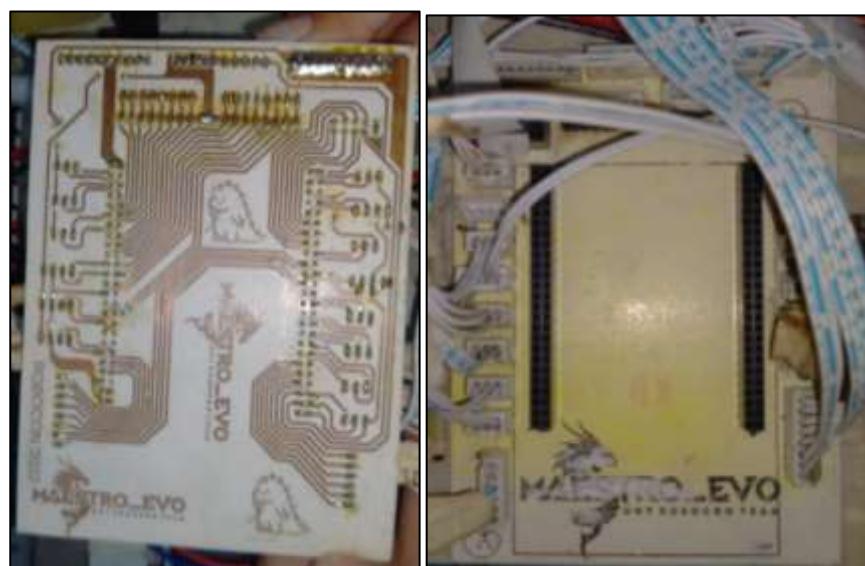


3. Hasil Pengembangan (*Development*)

a. Hasil Pengembangan Elektronik

Pada tahap ini, rangkaian elektronik dari *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* dibuat berdasarkan hasil desain pada yang telah dibuat. Berikut hasil pengembangan rangkaian elektronik dari *path tracking* pada robot menggunakan *odometry*:

Gambar 23. Hasil Pengembangan Rangkaian Elektronik

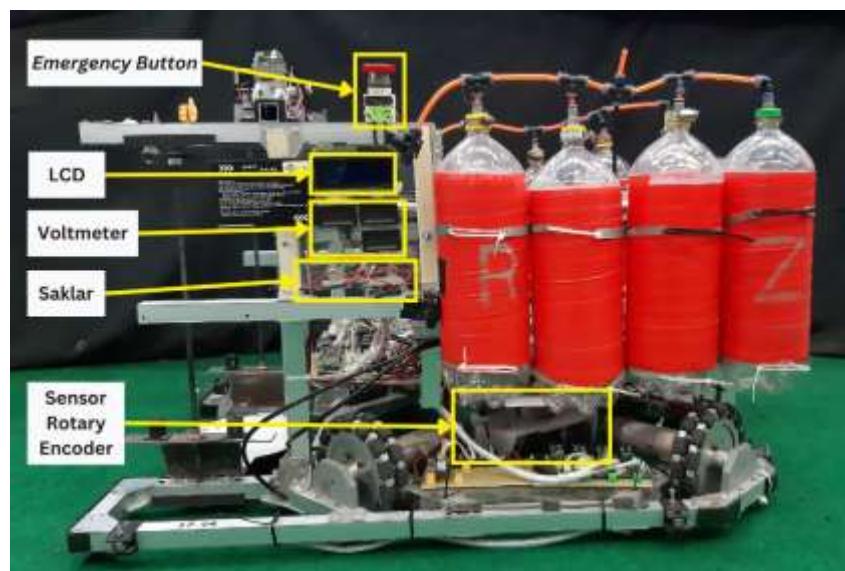


b. Hasil Pengembangan Mekanik

Pada tahap ini, semua komponen penyusun robot dirangkai dalam bentuk kerangka atau *body frame* robot. Alumunium hollow merupakan bahan utama yang dipotong sesuai ukuran yang telah ditentukan pada aplikasi Autodesk Inventor kemudian disusun hingga menjadi sebuah kerangka robot. Setelah bentuk kerangka dari robot selesai, aktuator seperti motor PG45 dan *omni-wheels* serta sensor *rotary encoder* ditempatkan pada posisi tertentu sesuai

dengan rancangan yang telah disusun. Setelah itu, komponen pendukung lainnya dapat dipasang seperti shield STM32F407VG, *microcontroller* STM32F407VG, *driver* motor, saklar, LCD, *emergency button*, dan baterai Li-Po. Kemudian, komponen dapat dihubungkan satu sama lain sesuai dengan pin yang telah ditentukan. Berikut bentuk akhir dari *path tracking* pada robot menggunakan *odometry*:

Gambar 24. Bentuk Akhir Robot



Spesifikasi dari robot ini yaitu sebagai berikut:

Tabel 12. Spesifikasi Robot

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

c. Hasil Pengembangan *Labsheet* Media Pembelajaran

Labsheet dibuat dengan memasukkan empat materi utama. Materi pertama, mahasiswa akan belajar mengenai langkah-langkah menyalakan motor sebagai langkah awal dalam pengoperasian robot. Materi kedua, *labsheet* akan mengajarkan cara melihat dan menganalisis data keluaran dari sensor *rotary encoder*, yang merupakan komponen penting dalam mendapatkan informasi mengenai pergerakan roda robot. Materi ketiga akan membahas sistem navigasi *odometry*, di mana mahasiswa akan diperkenalkan pada konsep dan metode pengukuran perubahan posisi robot berdasarkan data *odometry*. Materi terakhir, *labsheet* akan membimbing mahasiswa dalam memahami dan mengimplementasikan *path tracking* pada robot menggunakan *odometry*, yang merupakan aplikasi praktis dari konsep yang telah dipelajari. Berikut tampilan *labsheet* yang telah dikembangkan:

Gambar 25. Tampilan *Labsheet* Praktik Robotika

<div style="text-align: center;"> DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO L3.1 Kursus Minim PG-01 Mengenal PVM Mahasiswa I Dangdut 11 - 12 - 2021 07 - 10 Maret Durasi 06 Minggu 1 Jam 17' </div> <p>A. Kompetensi</p> <p>Mahasiswa dapat menggunakan dasar-dasar sistem PVM pada teknik PD-C.</p> <p>B. Tujuan Kompetensi</p> <p>Sistem kontrol dan profit, analisis dan desain</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dapat memperbaiki dan mengontrol sistem PVM pada teknik PD-C 2. Dapat membuat program dasar PVM untuk PD-C 3. Dapat menulis kode program untuk mengontrol PVM dan mengintegrasikannya pada PLC-L <p>C. Peran Profesi</p> <p>PVM adalah sistem pengontrol dan profit untuk digunakan untuk mengontrol sistem pengkontrolan dan profit. PVM menggunakan teknik PLC-LF untuk mengontrol sistem profit dan profit. Sistem ini juga dapat mengintegrasikan sistem profit. Pendek kata, PVM merupakan sistem pengontrol dan profit. Kode PVM (PVM-Der 12-Via ITS-Diklatkom, PVM-12PM-Prosesor)</p> <p>D. Metode Pengajar</p> <p>Kode PVM akan lengkapnya dituliskan pada buku teks kelas ini, dan OFF course akan pernah ada yang bertemu PVM di akhir kelas ini.</p>	<div style="text-align: center;"> DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO L3.2 Mengenal Dasar Elektronika Digital Basic Mahasiswa I Dangdut 11 - 12 - 2021 07 - 10 Maret Durasi 06 Minggu 1 Jam 17' </div> <p>A. Kompetensi</p> <p>Mahasiswa dapat mengetahui dan dapat menggunakan dasar-dasar dasar sistem profit dan profit.</p> <p>B. Tujuan Kompetensi</p> <p>Sistem elektronika profit, analisis dan desain</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dapat menentukan transistor dan transistor dasar sistem profit 2. Dapat menentukan rangkaian sistem profit dan sistem profit (SCR) dan sistem relais (SCR). 3. Dapat mengintegrasikan sistem profit dan sistem profit pada sistem profit dan profit. <p>C. Peran profesi</p> <p>1. Rancang sistem profit Mahasiswa akan mengetahui dan dapat menggunakan dasar-dasar dasar sistem profit dan profit. Sistem profit ini juga merupakan teknik dasar profit dan profit. Pendek kata, sistem profit ini juga merupakan teknik dasar profit dan profit. Sistem profit ini juga merupakan teknik dasar profit dan profit.</p>
<input type="button" value="Simpan"/>	<input type="button" value="Tutup"/>

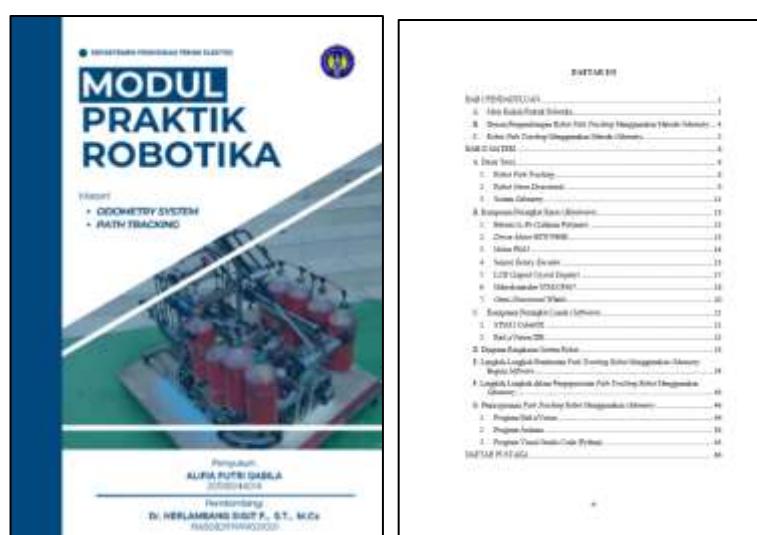
d. Hasil Pengembangan Modul Panduan Media Pembelajaran

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

Kedua, modul panduan mencakup spesifikasi *hardware* dan *software* yang digunakan dalam media pembelajaran. Hal ini mencakup penjelasan rinci mengenai komponen-komponen yang digunakan, perangkat keras yang diperlukan, serta perangkat lunak yang mendukung fungsionalitas keseluruhan sistem baik dalam pembuatan robot maupun saat penggunaan robot.

Terakhir, modul memberikan langkah-langkah penggunaan media pembelajaran secara terperinci. Hal ini mencakup petunjuk langkah demi langkah mulai dari pengaturan awal, pengoperasian robot, hingga analisis data keluaran.

Gambar 26. Hasil Pengembangan Modul Praktik Robotika



4. Hasil Implementasi (*Implementation*)

a. Mempersiapkan Pendidik

Pendidik akan mendapatkan penjelasan mengenai aplikasi dan operasi media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan *odometry*, serta diberikan materi berupa modul dan *labsheet* agar pengajar dapat menyampaikan materi tersebut kepada peserta didik.

b. Mempersiapkan Peserta Didik

Peserta didik akan mendapatkan introduksi mengenai media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan *odometry*. Lalu, mereka akan diminta untuk menyiapkan *labsheet* yang telah diberikan, dan secara mandiri melakukan praktik sesuai langkah-langkah pada *labsheet* untuk memahami cara kerja dari media pembelajaran seperti yang sudah dijelaskan tadi.

5. Hasil Evaluasi (*Evaluation*)

Pada tahap ini, para peneliti memperbaiki penelitian berdasarkan rekomendasi dari para ahli media dan materi. Hasil dari uji kelayakan materi dan media yang dilakukan sesuai dengan rekomendasi, menunjukkan bahwa materi dan media yang dihasilkan layak untuk digunakan dalam penelitian.

Berikut adalah saran dan perbaikan yang diberikan oleh ahli materi dan ahli media pada Tabel 13 berikut ini:

Tabel 13. Saran dan Perbaikan Ahli Media dan Ahli Materi

No	Validator	Saran dan Perbaikan
1	Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs. (Ahli Materi 1)	Langkah percobaan dibuat lebih rinci lagi.
2	Sigit Yatmono, ST., M.T. (Ahli materi 2)	Sebaiknya dalam modul diberi penjelasan sedikit mengenai hasil perhitungan tentang persamaan kinematika dan akan lebih baik lagi jika bisa dihubungkan dengan besarnya nilai perubahan <i>odometry</i> berdasarkan hasil persamaan tersebut.
3	Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs. (Ahli Media 1)	Tampilan LCD diperbaiki.
4	Dr. Ilmawan Mustaqim, S.Pd.T., M.T. (Ahli Media 2)	Layak digunakan tanpa revisi

B. Spesifikasi Produk

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

Tabel 14. Spesifikasi Media Pembelajaran

No	Produk	Jumlah	Keterangan
1	Perangkat Keras (Robot)	1	Ukuran: 88 cm × 65 cm × 51,03 cm Sensor: 3 Buah <i>Rotary Encoder</i> LPD3806 Mikrokontroler: STM32F407 Motor: PG45 Roda: <i>Omni-Directional</i> Sumber Daya: 24V dan 12V
2	<i>Labsheet</i>	4	Materi: (1) Pengaturan PWM motor (2) Analisis data keluaran dari sensor <i>rotary encoder</i> (3) Sistem navigasi <i>odometry</i> (4) Implementasi <i>path tracking</i>
3	Modul Panduan	1	Struktur: (1) Pendahuluan (2) Materi (dasar teori, komponen <i>hardware</i> , dan komponen <i>software</i>) (3) Diagram rangkaian sistem robot (4) Langkah-langkah pemrograman robot (5) Langkah-langkah pengoperasian robot (6) Penjelasan program robot

C. Hasil Uji Coba Produk

Hasil pengujian digunakan untuk menentukan kelayakan media pembelajaran. Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

1. Uji *Blackbox*

Pengujian *blackbox* digunakan untuk menguji kinerja dan fungsi komponen-komponen dalam media pembelajaran guna memastikan bahwa mereka berfungsi dengan baik sebelum digunakan.

Hasil pengujian *blackbox* pada media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* bisa dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Uji Blackbox

No	Keterangan	Fungsi	
		Ya	Tidak
1	Tombol <i>Emergency</i>	✓	
2	Saklar	✓	
3	Voltmeter Baterai	✓	
4	Modul <i>Step Down</i> 12V ke 5V	✓	
5	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	✓	
6	Pin PWM STM32F407	✓	
7	USB <i>Debugger</i> STM32F407	✓	
8	Pin RX TX ESP32	✓	
9	Pin RX TX ESP8266	✓	
10	<i>Driver</i> Motor BTN 7960B	✓	
11	Motor PG45	✓	
12	Sensor <i>Rotary Encoder</i>	✓	
13	Struktur Kerangka Robot	✓	

2. Pengujian Robot

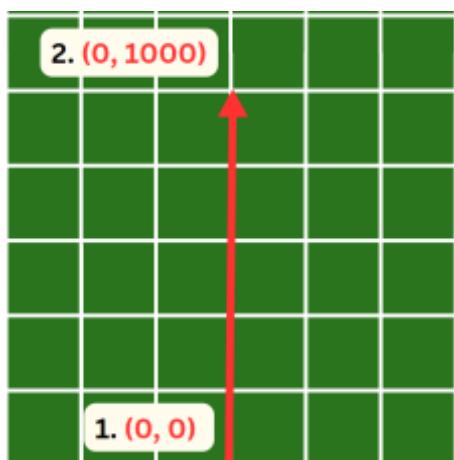
Pengujian *path tracking* pada robot yang menggunakan *odometry* melibatkan penetapan lintasan yang direpresentasikan sebagai urutan titik koordinat (X, Y) yang harus diikuti. Titik awal yang ditetapkan berfungsi sebagai titik acuan tetap, yang secara konsisten terletak pada

koordinat $(0, 0)$. Gambaran lapangan robot pada situasi aktual direpresentasikan oleh *grid* berwarna putih pada ilustrasi di bawah ini, yang memiliki dimensi sebesar 200×200 mm. Berikut hasil uji coba dari beberapa jalur yang berbeda:

a. Jalur Vertikal

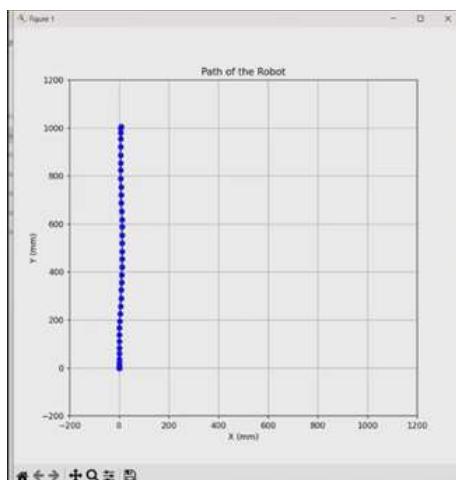
Pengujian pertama dilaksanakan dengan menetapkan dua titik, yakni $(0,0)$ dan $(0,1000)$, dengan satuan jarak yang diukur dalam milimeter.

Gambar 27. Input Koordinat Jalur Vertikal



Kondisi robot saat mencapai titik koordinat kedua adalah sebagai berikut:

Gambar 28. Jalur Berdasarkan Perhitungan *Odometry* Robot



Tabel 16. Hasil Pengujian Jalur Vertikal

Pengujian Ke-	Koordinat Titik Akhir pada <i>Rotary Encoder</i> Robot (mm)		Error Titik Akhir Dari Robot dalam Keadaan Ril (cm)	
	X	Y	X	Y
1	1035	55	2,4	0,6
2	1016	53	1,9	0,5
3	1040	54	3,1	0,5

Dari tiga kali percobaan, terlihat bahwa *error* titik akhir dari robot berkisar 0,5 sampai 3,1 cm

b. Jalur Horizontal

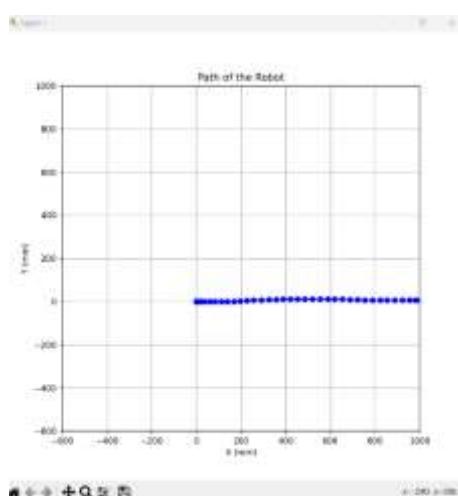
Pengujian kedua dilaksanakan dengan menetapkan dua titik, yakni (0,0) dan (1000,0), dengan satuan jarak yang diukur dalam milimeter.

Gambar 29. Koordinat Input Jalur Horizontal



Kondisi robot saat mencapai titik koordinat kedua adalah sebagai berikut:

Gambar 30. Jalur Berdasarkan Perhitungan *Odometry* Robot



Tabel 17. Hasil Pengujian Jalur Horizontal

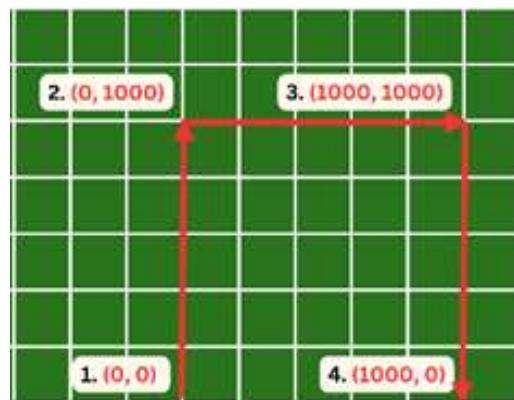
Pengujian Ke-	Koordinat Titik Akhir pada <i>Rotary Encoder</i> Robot (mm)		Error Titik Akhir Dari Robot dalam Keadaan Ril (cm)	
	X	Y	X	Y
1	110	1016	0,8	2,7
2	60	999	0,5	2,4
3	80	1033	0,5	3

Dari tiga kali percobaan, terlihat bahwa *error* titik akhir dari robot berkisar 0,15 sampai 3,2 cm.

c. Jalur Kotak

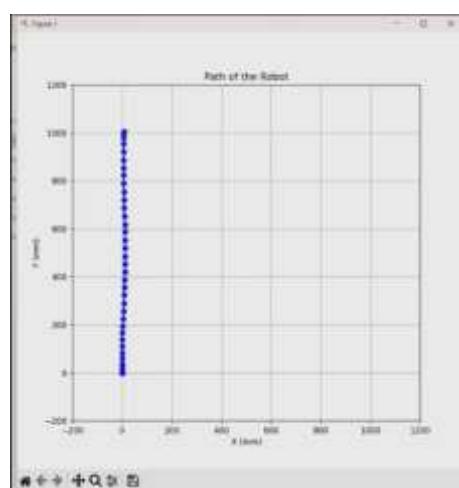
Pengujian ketiga dilaksanakan dengan menetapkan empat titik, yakni $(0,0)$, $(0,1000)$, $(1000,1000)$ dan $(1000,0)$, dengan satuan jarak yang diukur dalam milimeter.

Gambar 31. Koordinat Input Jalur Kotak



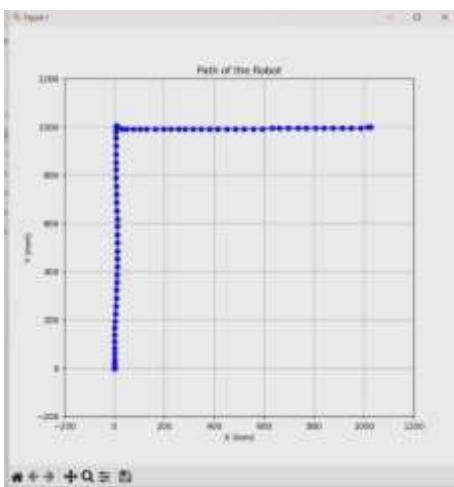
Kondisi robot saat mencapai titik koordinat kedua adalah sebagai berikut:

Gambar 32. Jalur Ke-1 Berdasarkan Perhitungan *Odometry* Robot



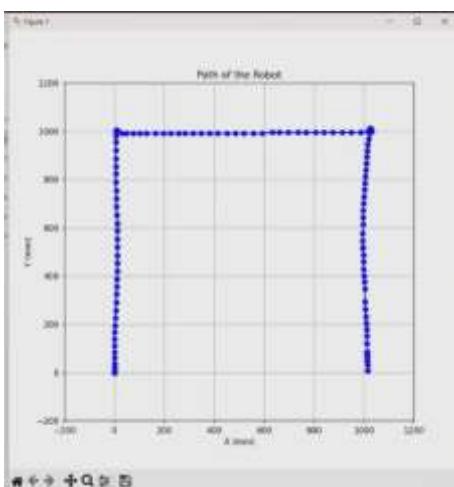
Kondisi robot saat mencapai titik koordinat ketiga adalah sebagai berikut:

Gambar 33. Jalur Ke-2 Berdasarkan Perhitungan *Odometry* Robot



Kondisi robot saat mencapai titik koordinat kempat adalah sebagai berikut:

Gambar 34. Jalur Ke-3 Berdasarkan Perhitungan *Odometry* Robot



Tabel 18. Hasil Pengujian Jalur Kotak

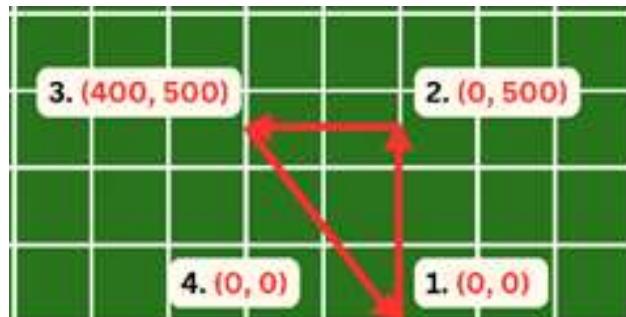
Pengujian Ke-	Koordinat Titik Akhir pada <i>Rotary Encoder</i> Robot (mm)		Error Titik Akhir Dari Robot dalam Keadaan Ril (cm)	
	X	Y	X	Y
1	98	22	3,2	0,2
2	16	18	2,5	0,15
3	59	18	2,9	0,15

Dari tiga kali percobaan, terlihat bahwa *error* titik akhir dari robot berkisar 0,15 sampai 3,2 cm.

d. Jalur Segitiga

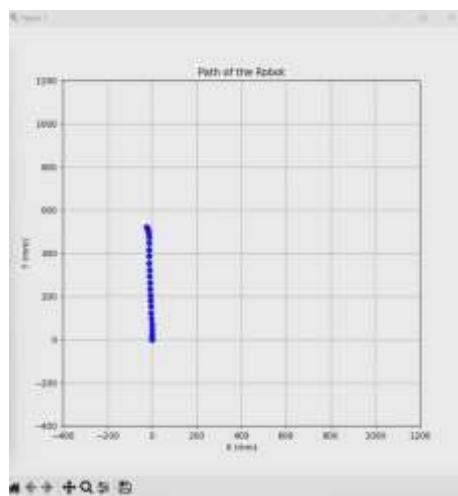
Pengujian keempat dilaksanakan dengan menetapkan empat titik, yakni (0,0), (0,500), (500,500) dan (0,0), dengan satuan jarak yang diukur dalam milimeter.

Gambar 35. Koordinat Input Jalur Segitiga



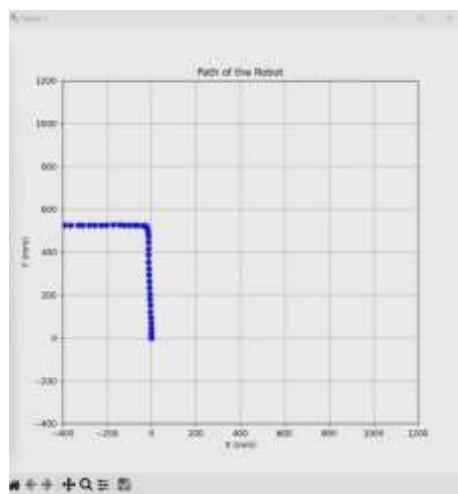
Kondisi robot saat mencapai titik koordinat kedua adalah sebagai berikut:

Gambar 36. Jalur Ke-1 Berdasarkan Perhitungan *Odometry* Robot



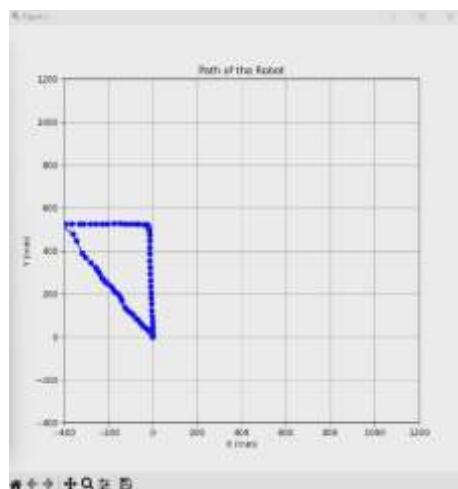
Kondisi robot saat mencapai titik koordinat ketiga adalah sebagai berikut:

Gambar 37. Jalur Ke-2 Berdasarkan Perhitungan *Odometry* Robot



Kondisi robot saat mencapai titik koordinat keempat adalah sebagai berikut:

Gambar 38. Jalur Ke-3 Berdasarkan Perhitungan *Odometry* Robot



Tabel 19. Hasil Pengujian Jalur Segitiga

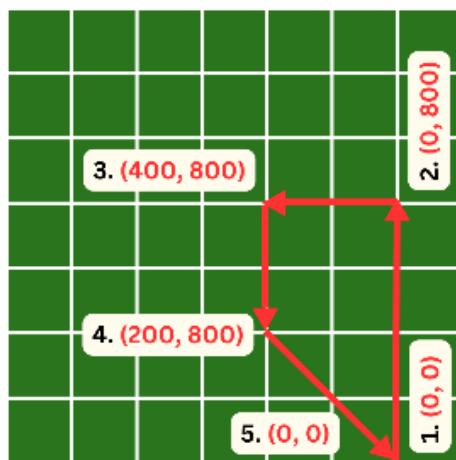
Pengujian Ke-	Koordinat Titik Akhir pada <i>Rotary Encoder</i> Robot (mm)		Error Titik Akhir Dari Robot dalam Keadaan Ril (cm)	
	X	Y	X	Y
1	54	26	0,5	0,3
2	60	49	0,6	0,5
3	53	46	0,5	0,5

Dari tiga kali percobaan, terlihat bahwa *error* titik akhir dari robot berkisar 0,3 sampai 0,6 cm.

e. Jalur Trapesium

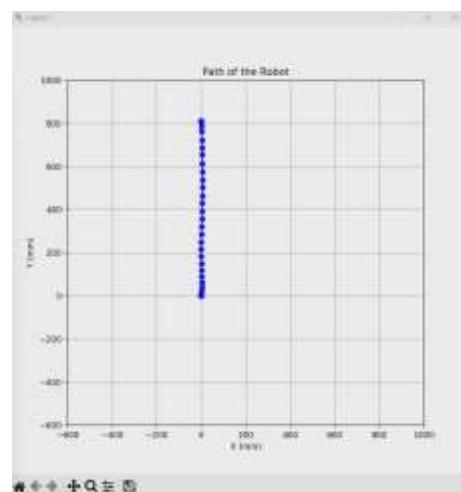
Pengujian kelima dilaksanakan dengan menetapkan lima titik, yakni (0,0), (0,800), (400,800), (200,800), dan (0,0), dengan satuan jarak yang diukur dalam milimeter.

Gambar 39. Koordinat Input Jalur Trapesium



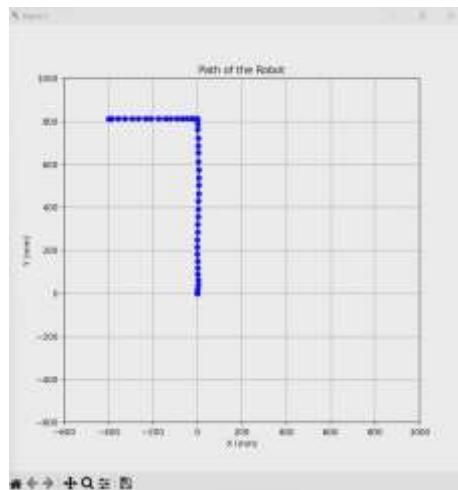
Kondisi robot saat mencapai titik koordinat kedua adalah sebagai berikut:

Gambar 40. Jalur Ke-1 Berdasarkan Perhitungan *Odometry* Robot



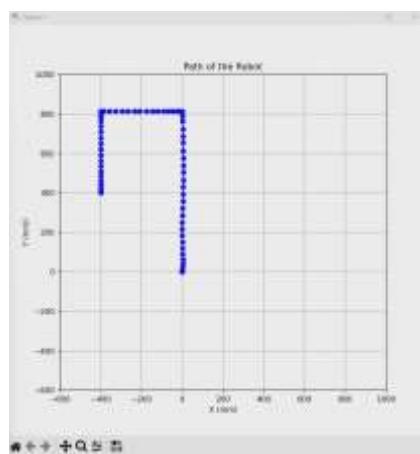
Kondisi robot saat mencapai titik koordinat ketiga adalah sebagai berikut:

Gambar 41. Jalur Ke-2 Berdasarkan Perhitungan *Odometry* Robot



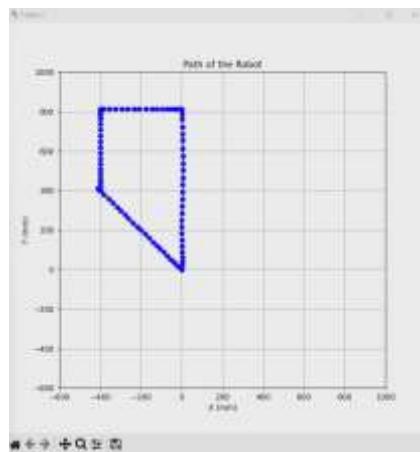
Kondisi robot saat mencapai titik koordinat keempat adalah sebagai berikut:

Gambar 42. Jalur Ke-3 Berdasarkan Perhitungan *Odometry* Robot



Kondisi robot saat mencapai titik koordinat kelima adalah sebagai berikut:

Gambar 43. Jalur Ke-4 Berdasarkan Perhitungan *Odometry* Robot



Tabel 20. Hasil Pengujian Jalur Trapesium

Pengujian Ke-	Koordinat Titik Akhir pada <i>Rotary Encoder</i> Robot (mm)		Error Titik Akhir Dari Robot dalam Keadaan Ril (cm)	
	X	Y	X	Y
1	88	40	1,5	0,5
2	90	59	1,5	0,5
3	89	42	1,5	0,5

Dari tiga kali percobaan, terlihat bahwa *error* titik akhir dari robot berkisar 0,5 sampai 1,5 cm.

3. Uji Kelayakan Materi dan Media Pembelajaran

Untuk menentukan apakah produk yang dibuat memenuhi syarat sebagai media pembelajaran yang layak, uji kelayakan dilakukan. Para ahli di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika melakukan uji kelayakan materi dan media pembelajaran, dan hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 21 berikut:

Tabel 21. Hasil Uji Kelayakan Materi

No	Aspek Penilaian	Butir	Nilai Ahli 1	Nilai Ahli 2	
1	Relevansi Materi dengan Tujuan Pembelajaran	1	4	4	
		2	4	4	
		3	3	4	
		4	3	4	
		5	4	3	
		6	3	4	
		7	4	4	
		8	4	4	
		9	4	4	
		10	4	3	
2	Penyajian	11	3	3	
		12	4	4	
		13	4	3	
		14	3	3	
3	Bahasa	15	3	4	
		16	3	4	
Total			57	59	
Persentase (%)			89,06	92,18	

Dalam mengevaluasi kualitas materi pembelajaran, terdapat tiga faktor utama yang menjadi fokus pertimbangan, yaitu relevansi materi terhadap tujuan pembelajaran, metode penyajian, dan pilihan bahasa yang digunakan. Dua orang ahli materi melakukan pengujian kesesuaian terhadap tiga faktor tersebut dengan menggunakan 16 indikator yang dinilai menggunakan skala Likert dengan empat pilihan yaitu nilai 1 (tidak setuju), nilai 2 (kurang setuju), nilai 3 (setuju), dan

nilai 4 (sangat setuju). Uji kelayakan materi pembelajaran dilakukan oleh dua dosen ahli materi, yaitu Bapak Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs. dan Bapak Sigit Yatmono, S.T., M.T. Hasilnya menunjukkan bahwa ahli materi pertama memperoleh total nilai 57 dengan persentase 89.06, sementara ahli materi kedua juga memperoleh total nilai 59 dengan persentase 92.18%.

Tabel 22. Hasil Uji Kelayakan Media

No	Aspek Penilaian	Butir	Nilai Ahli 1	Nilai Ahli 2	
1	Kebermanfaatan Media	1	4	4	
		2	3	3	
		3	3	3	
		4	4	4	
		5	3	3	
		6	3	3	
		7	4	4	
		8	3	4	
		9	4	4	
		10	4	4	
2	Kelengkapan Media	11	3	3	
		12	3	3	
		13	3	3	
		14	4	3	
3	Kemudahan Pengguna	15	4	3	
		16	3	3	
		17	3	3	
Total			58	57	
Percentase (%)			85,29	83,82	

Evaluasi pada uji kelayakan media terbagi menjadi tiga faktor penilaian yaitu kebermanfaatan media, kelengkapan media, dan kemudahan pengguna. Dua orang ahli media melakukan uji kelayakan terhadap tiga faktor tersebut dengan menggunakan 17 indikator yang dinilai menggunakan skala Likert dengan empat pilihan yaitu nilai 1 (tidak setuju), nilai 2 (kurang setuju), nilai 3 (setuju), dan nilai 4 (sangat

setuju). Uji kelayakan media pembelajaran dilakukan oleh dua dosen ahli media, yaitu Bapak Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs. dan Bapak Ilmawan Mustaqim, S.Pd.T., M.T. Hasilnya menunjukkan bahwa ahli media pertama memperoleh total nilai 58 dengan persentase 85.29, sementara ahli materi kedua juga memperoleh total nilai 57 dengan persentase 83.82%.

D. Analisis Data

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

1. Analisis Data Kelayakan Materi

Dalam mengevaluasi kesesuaian media pembelajaran, terdapat tiga faktor yang dipertimbangkan, yaitu Relevansi materi dengan tujuan pembelajaran, Penyajian dan Bahasa. Penilaian kelayakan materi telah didapatkan dari dua ahli materi yang berasal dari Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Setelah itu, nilai yang didapatkan akan dihitung dan dibandingkan dengan kategori penilaian kelayakan materi. Kategori penilaian kelayakan materi dapat diamati pada Tabel 23 berikut ini:

Tabel 23. Kategori Penilaian Keseluruhan Aspek Kelayakan Materi

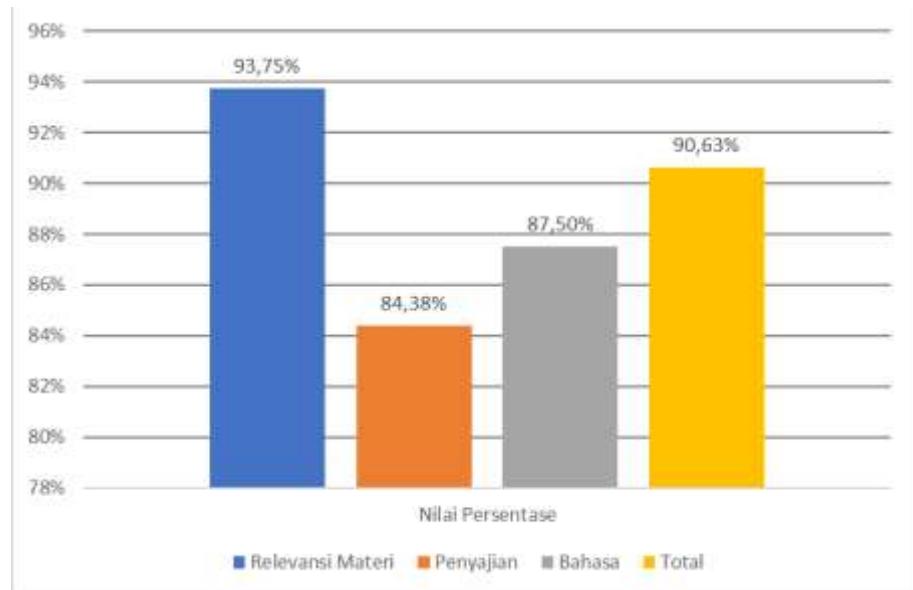
Kategori Penilaian	Interval Nilai	Persentase
Sangat Layak	$X > 54,4$	$X > 85\%$
Layak	$44,8 < X \leq 54,4$	$70\% < X \leq 85\%$
Cukup	$35,2 < X \leq 44,8$	$55\% < X \leq 70\%$
Kurang Layak	$25,6 < X \leq 35,2$	$40\% < X \leq 55\%$
Tidak Layak	$X \leq 25,6$	$X \leq 40\%$

Dengan menggunakan interval nilai yang telah ditentukan, hasil penilaian menunjukkan bahwa kategori penilaian berbeda-beda untuk setiap faktor yang diuji. Jika rata-rata skor (X) berada di interval $X > 85\%$, maka materi dapat dinyatakan “Sangat Layak”; jika rata-rata skor (X) berada di interval $70\% < X \leq 85\%$, maka materi dinyatakan “Layak”; jika rata-rata skor (X) berada di interval $55\% < X \leq 70\%$, maka materi dinyatakan “Cukup”; jika rata-rata skor (X) berada di interval $40\% < X \leq 55\%$, maka materi dinyatakan “Kurang Layak”; dan jika rata-rata skor (X) berada di interval $X \leq 40\%$, maka materi dinyatakan “Tidak Layak”. Hasil dari penilaian dosen ahli materi didapatkan hasil penilaian uji kelayakan materi terhadap media pembelajaran yang dapat diamati pada Tabel 24 berikut ini:

Tabel 24. Hasil Perhitungan Kelayakan Materi

No	Aspek Penilaian	Skor		Nilai	Percentase	Kategori
		Maks.	Min.			
1	Relevansi materi	40	10	37,5	93.75%	Sangat Layak
2	Penyajian	16	4	13,5	84.38%	Layak
3	Bahasa	8	2	7	87.50%	Sangat Layak
Total		64	16	58	90.63%	Sangat Layak

Gambar 44. Grafik Persentase Kelayakan Validasi Ahli Materi



Berdasarkan tabel hasil penilaian ahli materi di atas, materi pembelajaran dari aspek relevansi materi masuk ke dalam kategori “Sangat Layak” dengan skor rata-rata 37,5 dari skor maksimal 40 dan skor minimal 10 dengan persentase 93,75%. Aspek penyajian masuk ke dalam kategori “Layak” dengan skor rata-rata 13,5 dari skor maksimal 16 dan skor minimal 4 dengan persentase 84,38%. Aspek bahasa masuk ke dalam kategori “Sangat Layak” dengan skor rata-rata 7 dari skor maksimal 8 dan skor minimal 2, dengan persentase 87,50%. Skor rata-rata dari keseluruhan aspek yang telah diuji adalah 58 dari skor maksimal 64 dan skor minimal 16, dengan persentase 90,63%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa materi pembelajaran ini masuk dalam kategori “Sangat Layak” berdasarkan penilaian yang dilakukan.

2. Analisis Data Kelayakan Media

Terdapat tiga faktor yang dipertimbangkan dalam mengevaluasi kesesuaian media pembelajaran yaitu kebermanfaatan media, kelengkapan media, dan kemudahan pengguna. Penilaian kelayakan media telah didapatkan dari dua ahli media yang berasal dari Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta. Setelah itu, nilai yang didapatkan akan dihitung dan dibandingkan dengan kategori penilaian kelayakan media. Kategori kelayakan media dapat dilihat pada Tabel 25 di bawah ini.

Tabel 25. Kategori Penilaian Keseluruhan Aspek Kelayakan Media

Kategori Penilaian	Interval Nilai	Percentase
Sangat Layak	$X > 57,8$	$X > 85\%$
Layak	$47,6 < X \leq 57,8$	$70\% < X \leq 85\%$
Cukup	$37,4 < X \leq 47,6$	$55\% < X \leq 70\%$
Kurang Layak	$27,2 < X \leq 37,4$	$40\% < X \leq 55\%$
Tidak Layak	$X \leq 27,2$	$X \leq 40\%$

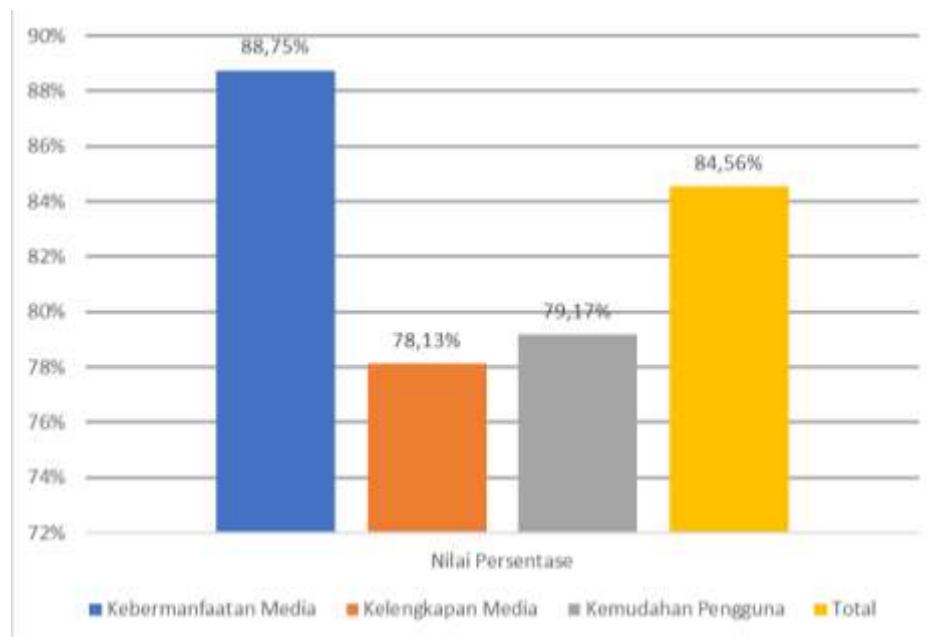
Dengan menggunakan interval nilai yang telah ditentukan, hasil penilaian menunjukkan bahwa kategori penilaian berbeda-beda untuk setiap faktor yang diuji. Jika rata-rata skor (X) berada di interval $X > 85\%$, maka media dapat dinyatakan “Sangat Layak”; jika rata-rata skor (X) berada di interval $70\% < X \leq 85\%$, maka media dinyatakan “Layak”; jika rata-rata skor (X) berada di interval $55\% < X \leq 70\%$, maka media dinyatakan “Cukup”; jika rata-rata skor (X) berada di interval $40\% < X \leq 55\%$, maka media dinyatakan “Kurang Layak”; dan jika rata-rata skor (X) berada di interval $X \leq 40\%$, maka media dinyatakan “Tidak Layak”. Hasil dari penilaian dosen ahli media

didapatkan hasil penilaian uji kelayakan media terhadap media pembelajaran yang dapat dilihat pada Tabel 26 di bawah ini.

Tabel 26. Hasil Perhitungan Kelayakan Media

No	Aspek Penilaian	Skor		Nilai	Persentase	Kategori
		Maks.	Min.			
1	Kebermanfaatan Media	40	10	35,5	88.75%	Sangat Layak
2	Kelengkapan Media	16	4	12,5	84.38%	Layak
3	Kemudahan Pengguna	12	3	9,5	79.17%	Layak
Total		68	17	57,5	84.56%	Layak

Gambar 45. Grafik Persentase Kelayakan Validasi Ahli Media



Berdasarkan tabel hasil penilaian ahli media di atas, media pembelajaran dari aspek kebermanfaatan media masuk ke dalam kategori “Sangat Layak” dengan skor rata-rata 35,5 dari skor maksimal 40 dan skor minimal 10 dengan persentase 88,75%. Aspek kelengkapan media masuk ke dalam kategori “Layak” dengan skor rata-rata 12,5 dari

skor maksimal 16 dan skor minimal 4 dengan persentase 78,13%.

Sementara aspek kemudahan pengguna masuk dalam kategori “Layak” dengan skor rata-rata 9,5 dari skor maksimal 12 dan skor minimal 3, dengan persentase 79,17%. Skor rata-rata dari keseluruhan aspek yang telah diuji adalah 57,5 dari skor maksimal 68 dan skor minimal 17, dengan persentase 84,56%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran ini masuk dalam kategori “Layak” berdasarkan penilaian yang dilakukan.

3. Analisis Data Uji Pengguna

Dalam melakukan uji kelayakan media pembelajaran, data diperoleh dari 31 responden mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektro yang telah mengikuti mata kuliah Praktik Robotika. Penilaian terhadap kelayakan media dilakukan setelah peserta menggunakan media tersebut, dan dinilai berdasarkan kategori penilaian yang telah ditetapkan seperti pada Tabel 27 di bawah ini.

Tabel 27. Kategori Penilaian Kelayakan Uji Pengguna

Kategori Penilaian	Interval Nilai	Persentase
Sangat Layak	$X > 61,2$	$X > 85\%$
Layak	$50,4 < X \leq 61,2$	$70\% < X \leq 85\%$
Cukup	$39,6 < X \leq 50,4$	$55\% < X \leq 70\%$
Kurang Layak	$28,8 < X \leq 39,6$	$40\% < X \leq 55\%$
Tidak Layak	$X \leq 28,8$	$X \leq 40\%$

Dengan menggunakan interval nilai yang telah ditentukan, hasil penilaian menunjukkan bahwa kategori penilaian berbeda-beda untuk setiap faktor yang diuji. Jika rata-rata skor (X) berada di interval $X > 85\%$, maka materi dapat dinyatakan “Sangat Layak”; jika rata-rata skor

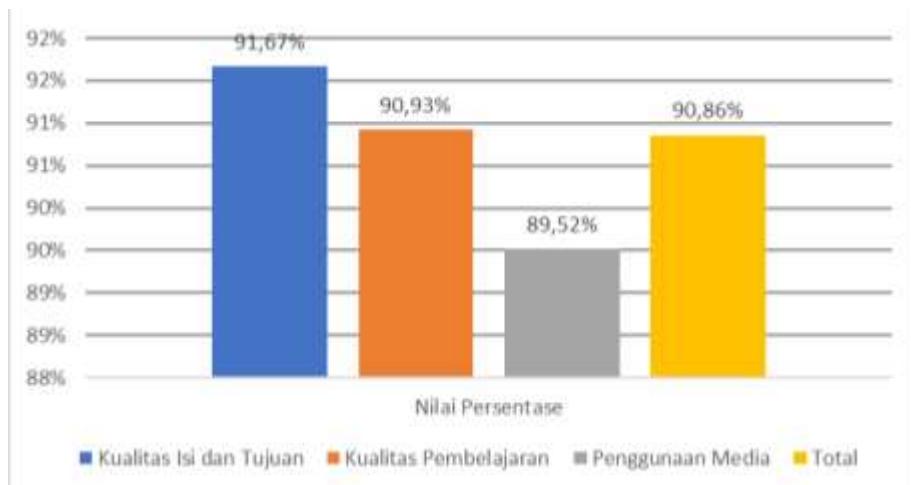
(X) berada di interval $70\% < X \leq 85\%$, maka materi dinyatakan “layak”; jika rata-rata skor (X) berada di interval $55\% < X \leq 70\%$, maka materi dinyatakan “Cukup”; jika rata-rata skor (X) berada di interval $40\% < X \leq 55\%$, maka materi dinyatakan “Kurang Layak”; dan jika rata-rata skor (X) berada di interval $X \leq 40\%$, maka materi dinyatakan “Tidak Layak”.

Hasil dari penilaian pengguna didapatkan hasil penilaian uji kelayakan pengguna yang dapat dilihat pada Tabel 28 di bawah ini.

Tabel 28. Hasil Perhitungan Kelayakan Uji Pengguna

No	Aspek Penilaian	Skor		Nilai	Persentase	Kategori
		Maks.	Min.			
1	Kualitas Isi dan Tujuan	24	6	22	91,67%	Sangat Layak
2	Kualitas Pembelajaran	32	8	29,09	90,93%	Sangat Layak
3	Penggunaan Media	16	4	14,32	89,52%	Sangat Layak
Total		72	18	65,41	90,86%	Sangat Layak

Gambar 46. Grafik Kelayakan Validasi oleh Pengguna



Berdasarkan hasil uji pengguna yang dilakukan terhadap 31 responden mahasiswa yang telah dan sedang menempuh mata kuliah

Praktik Robotika menunjukkan bahwa media pembelajaran masuk dalam kategori “Sangat Layak” dengan rata-rata skor 65,41 dari skor maksimal 72 dan skor minimal 18 dengan persentase 90,86%. Untuk aspek kualitas isi dan tujuan masuk dalam kategori “Sangat Layak” dengan skor rata-rata 22 dari skor maksimal 24 dan skor minimal 6 dengan persentase 91,67%, pada aspek kualitas pembelajaran juga masuk dalam kategori “Sangat Layak” dengan skor rata-rata 29,09 dari skor maksimal 32 dan skor minimal 8 dengan persentase 90,93%, sementara aspek penggunaan media masuk dalam kategori “ Sangat Layak” dengan skor rata-rata 14,32 dari skor maksimal 16 dan skor minimal 4, dengan persentase 89,52%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa persentase tiap aspek hasil dari Pengujian Oleh Pengguna masuk dalam kategori “Sangat Layak” berdasarkan penilaian yang dilakukan.

4. Analisis Uji Realibilitas

Dalam pengujian reliabilitas dengan menggunakan Formula Alpha Cronbach, instrumen dikatakan "Reliabel" jika nilai Cronbach alpha $> 0,60$, dan "Tidak Reliabel" jika nilai Cronbach alpha $< 0,60$. Setelah instrumen penilaian divalidasi oleh validator, dilakukan uji reliabilitas pada instrumen pengguna, dan hasilnya menunjukkan nilai sebesar 0,9. Berdasarkan nilai tersebut, instrumen tersebut dapat dikategorikan sebagai "Reliabel".

E. Revisi Produk

1. Hasil Revisi Berdasarkan Ahli Materi

Sebaiknya dalam modul diberi penjelasan sedikit mengenai hasil perhitungan tentang persamaan kinematika dan akan lebih baik lagi jika bisa dihubungkan dengan besarnya nilai perubahan *odometry* berdasarkan hasil persamaan tersebut dan langkah-langkah percobaan dibuat lebih mendetail.

2. Hasil Revisi Berdasarkan Ahli Media

Sebaiknya tampilan LCD diperbaiki.

F. Kajian Produk

Hasil akhir dari penelitian ini adalah berupa produk *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* sebagai media pembelajaran mata kuliah Praktik Robotika dengan menggunakan metode pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation*) dari Robert Maribe Branch. Media pembelajaran yang telah dibuat sudah melewati uji kelayakan oleh para ahli materi dan ahli media juga dilakukan uji coba penggunaan kepada mahasiswa. *Path tracking* pada robot menggunakan *odometry* sebagai media pembelajaran mata kuliah Praktik Robotika ini memiliki spesifikasi di antaranya: menggunakan STM32F407VG sebagai mikrokontroler utama, motor PG45 sebagai aktuator penggerak robot, driver BTN7960B sebagai pengendali kecepatan motor PG45, roda *omni* sebagai roda penggerak, dan sensor *rotary encoder* sebagai komponen utama untuk mendeteksi posisi robot. Untuk catu daya dari robot ini

memiliki spesifikasi baterai Li-Po dengan tegangan 12V dan 24V yang digunakan sebagai sumber tenaga Motor PG45 dan penyuplai tegangan ke mikrokontroler. Setelah melakukan pengembangan media pembelajaran selanjutnya melakukan uji blackbox guna mengetahui fungsi dari setiap komponen robot. Pada pengujian *blackbox* didapatkan hasil bahwa media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* berfungsi dan bekerja dengan baik.

Berdasarkan analisis data yang diperoleh dari penilaian oleh dosen ahli materi dan dosen ahli media, serta melalui uji coba pengembangan dengan melibatkan 31 responden yang telah atau sedang mengikuti mata kuliah Robotika di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro. Berdasarkan hasil penilaian ahli materi, didapatkan bahwa materi pembelajaran dari aspek relevansi materi masuk ke dalam kategori “Sangat Layak” dengan skor rata-rata 37,5 dari skor maksimal 40 dan skor minimal 10 dengan persentase 93,75%. Aspek penyajian masuk ke dalam kategori “Layak” dengan skor rata-rata 13,5 dari skor maksimal 16 dan skor minimal 4 dengan persentase 84,38%. Aspek bahasa masuk ke dalam kategori “Sangat Layak” dengan skor rata-rata 7 dari skor maksimal 8 dan skor minimal 2, dengan persentase 87,50%. Skor rata-rata dari keseluruhan aspek yang telah diuji adalah 58 dari skor maksimal 64 dan skor minimal 16, dengan persentase 90,63%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa materi pembelajaran ini masuk dalam kategori “Sangat Layak” berdasarkan penilaian yang dilakukan.

Berdasarkan hasil penilaian ahli media, didapatkan bahwa media pembelajaran dari aspek kebermanfaatan media masuk ke dalam kategori “Sangat Layak” dengan skor rata-rata 35,5 dari skor maksimal 40 dan skor minimal 10 dengan persentase 88,75%. Aspek kelengkapan media masuk ke dalam kategori “Layak” dengan skor rata-rata 12,5 dari skor maksimal 16 dan skor minimal 4 dengan persentase 78,13%. Sementara aspek kemudahan pengguna masuk dalam kategori “Layak” dengan skor rata-rata 9,5 dari skor maksimal 12 dan skor minimal 3, dengan persentase 79,17%. Skor rata-rata dari keseluruhan aspek yang telah diuji adalah 57,5 dari skor maksimal 68 dan skor minimal 17, dengan persentase 84,56%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa materi pembelajaran ini masuk dalam kategori “Layak” berdasarkan penilaian yang dilakukan.

Berdasarkan hasil uji pengguna yang dilakukan terhadap 31 responden mahasiswa yang telah dan sedang menempuh mata kuliah Praktik Robotika menunjukkan bahwa media pembelajaran masuk dalam kategori “Sangat Layak” dengan rata-rata skor 65,41 dari skor maksimal 72 dan skor minimal 18 dengan persentase 90,86%. Untuk aspek kualitas isi dan tujuan masuk dalam kategori “Sangat Layak” dengan skor rata-rata 22 dari skor maksimal 24 dan skor minimal 6 dengan persentase 91,67%, pada aspek kualitas pembelajaran juga masuk dalam kategori “Sangat Layak” dengan skor rata-rata 29,09 dari skor maksimal 32 dan skor minimal 8 dengan persentase 90,93%, sementara aspek penggunaan media masuk dalam kategori “Sangat Layak” dengan skor rata-rata 14,32 dari skor maksimal 16 dan skor

minimal 4, dengan persentase 89,52%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa persentase tiap aspek hasil dari Pengujian Oleh Pengguna masuk dalam kategori “Sangat Layak” berdasarkan penilaian yang dilakukan.

G. Keterbatasan Penelitian

Pengembangan media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* pada Mata Kuliah Praktik Robotika masih memiliki keterbatasan, di antaranya:

1. Adanya *error* antara perhitungan *odometry* robot dengan keadaan ril dikarenakan dalam satu siklus perhitungan *odometry* pada robot yang memerlukan waktu sehingga terkadang menyebabkan keterlambatan proses *sampling rotary encoder*.
2. Toleransi *error* pembuatan mekanik atau kerangka robot mengakibatkan selip pada pergerakan robot.
3. Bentuk robot mengalami perbedaan dengan desain pada aplikasi 3D karena mengalami perkembangan selama proses riset.

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan *Path Tracking* pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penelitian Pengembangan Media Pembelajaran pembahasan *Path Tracking* pada Robot Menggunakan *Odometry* pada Mata Kuliah Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika menghasilkan perangkat keras (robot), *labsheet*, dan modul panduan. Pada perangkat keras (robot) menggunakan komponen berupa: STM32F407VG sebagai mikrokontroler utama, motor PG45 sebagai aktuator penggerak robot, *driver* BTN7960B sebagai pengendali kecepatan motor PG45, roda *omni* sebagai roda penggerak, dan sensor *rotary encoder* sebagai komponen utama untuk mendeteksi posisi robot. Aplikasi yang digunakan dalam memprogram robot ini berupa STMCube MX yang digunakan untuk mengatur konfigurasi PIN, Frekuensi, *Clock*, PWM pada mikrokontroler serta menggunakan IDE Keil uVision untuk memprogram pergerakan robot. *Labsheet* terdiri empat materi yaitu pengaturan PWM motor, analisis data keluaran dari sensor *rotary encoder*, sistem navigasi *odometry*, implementasi *path tracking*. Modul panduan terdiri dalam tiga bagian yaitu (1) materi yang

terkait dengan konsep robot *omni-directional*, sistem navigasi *odometry*, dan aplikasi *path tracking* pada robot; (2) spesifikasi *hardware* dan *software* yang digunakan dalam media pembelajaran; dan (3) langkah-langkah penggunaan media pembelajaran.

2. Unjuk kerja *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* menunjukkan adanya *error* antara perhitungan *odometry* robot dengan keadaan riil dikarenakan dalam satu siklus perhitungan *odometry* pada robot yang memerlukan waktu sehingga terkadang menyebabkan keterlambatan proses *sampling rotary encoder*. Dari lima macam *path* yang telah dicoba, *error* titik akhir paling besar dari robot adalah 3,2 cm.
3. Tingkat kelayakan media pembelajaran yang dikembangkan termasuk dalam kategori “Sangat layak” dari segi materi dengan skor 58 dan persentase 90,63% yang diberikan oleh ahli materi. Dari segi media berada dalam kategori “Layak” dengan skor 57,5 dan persentase 84,56% oleh ahli media. Sedangkan dari segi pengguna, media pembelajaran ini mendapat skor rata rata 65,41 dengan persentase 90,86% yang berarti “Sangat Layak”.

B. Implikasi

Media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* ini dapat terus ditingkatkan untuk menjadi media pembelajaran yang lebih baik. Beberapa hal yang dapat dilakukan antara lain:

1. Penambahan sensor lain seperti lidar untuk meningkatkan pemahaman robot terhadap lingkungannya agar *path tracking* pada robot lebih presisi.
2. Penambahan sistem kendali *close loop* seperti PID pada robot agar dapat meningkatkan akurasi dari pergerakan robot.

C. Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, saran yang diberikan untuk penelitian berikutnya terkait *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* pada mata kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika yaitu:

1. Pada media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* tidak hanya digunakan pada mata kuliah Praktik Robotika tapi juga dapat digunakan pada mata kuliah Praktik Mikrokontroler untuk mempelajari cara menggunakan mikrokontroler STM32F407.
2. Media pembelajaran *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* dapat ditambahkan sistem PID pada tiap motornya yang bertujuan untuk mengurangi perbedaan kecepatan antar motor dan menjadikannya sebagai alat pembelajaran yang relevan dalam mata kuliah Sistem Kendali.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, S., & Syastra, M. T. (2015). Pemanfaatan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi Bagi Siswa Kelas X Sma Ananda Batam | Computer Based Information System Journal. *CBIS Journal*, 3(2), 1–13.
- Agustino, D. (2022). Perancangan Robot Line Follower Pada Sadetec Sebagai Jaga Jarak Aman. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 11(2), 198. <https://doi.org/10.30591/polektro.v12i1.3795>
- Amthari, W., Muhammad, D., & Anggereini, E. (2021). Pengembangan E-LKPD Berbasis Saintifik Materi Sistem Pernapasan pada Manusia Kelas XI SMA. *Biodik*, 7(3), 28–35. <https://doi.org/10.22437/bio.v7i3.13239>
- Ani Daniyati, Ismy Bulqis Saputri, Ricken Wijaya, Siti Aqila Septiyani, & Usep Setiawan. (2023). Konsep Dasar Media Pembelajaran. *Journal of Student Research*, 1(1), 282–294. <https://doi.org/10.55606/jsr.v1i1.993>
- Ardilla, F., Rachmat, A., & Besari, A. (2011a). Path Tracking Pada Mobile Robot Dengan Umpam Balik Odometry. *The 13th Industrial Electronics Seminar 2011 (IES 2011)*, 2011(Ies), 1–8. <https://www.researchgate.net/publication/277179097>
- Ardilla, F., Rachmat, A., & Besari, A. (2011b). Path Tracking Pada Mobile Robot Dengan Umpam Balik Odometry. *The 13th Industrial Electronics Seminar 2011 (IES 2011)*, 2011(Ies), 1–8. <https://www.researchgate.net/publication/277179097>
- Autodesk Inventor. (n.d.). *Home Replaces My Home (What's New in 2023)*. Retrieved January 10, 2024, from <https://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2024/ENU/?guid=GUID-025C2A06-5178-4B80-A032-1A42834B463A>
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach* (1st ed.). Springer New York, NY. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6](https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6)
- Darwati, E., Darwati, E., Elektro, T., Bandung, P. N., & Terapan, K. A. (2017). *Pengaruh penerapan metode pembelajaran praktikum mekatronika berbasis proyek terhadap kelancaran tugas akhir mahasiswa d iii dan d iv teknik elektronika*. 11(2).

Discovery Kit With STM32F407VG MCU. (n.d.). Retrieved January 10, 2024, from <https://www.st.com/en/evaluation-tools/stm32f4discovery.html>

Djahi, H. J., Doo, S. Y., & Nuga, A. M. P. (2019). Rancang Bangun Robot Mobil Dengan Sistem Navigasi Berbasis Odometry Menggunakan Rotary Encoder. *Jurnal Media Elektro*, VIII(1), 59–65. <https://doi.org/10.35508/jme.v8i1.1082>

Fikri, A. A., & Endryansyah. (2019). Sistem Pengaturan PID Motor DC Sebagai Penggerak Mini Conveyor Berbasis Matlab. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(2), 293–301.

Foneacc. (n.d.). *Foneacc Motor Mini DC Electric Motor Expert*. Retrieved January 10, 2024, from <https://www.foneacc-motion.com/>

Golia Store. (n.d.). *LPB 2200mah 3S 60C Lipo 3S Battery For Rc Car*. Retrieved January 10, 2024, from <https://www.blibli.com/p/lpb-2200mah-3s-60c-lipo-3s-battery-for-rc-car/ps--GOS-70278-24024>

Hasan, M., Milawati, Darodjat, Khairani, H., & Tahrim, T. (2021). Media Pembelajaran. In *Tahta Media Group*.

Herawati, E. S. B. (2021). Pengaruh Perilaku Konsumen Terhadap Keputusan Pembelian Pada Produk UMKM Kota Palopo. *Skripsi*, 2507(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.027> <https://www.golder.com/inights/block-caving-a-viable-alternative/>???

Ji Nan Kesheng Automation Technology. (n.d.). *LPD3806-600BM-G5-24C Encoder Putar Inkremental Baru dan Asli AB Dua Fase 600 Diameter 38Mm Poros 6Mm*. Retrieved January 10, 2024, from <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/New-and-original-Incremental-rotary-encoder-60781883725.html>

KAmeleon. (n.d.). *KAmeleon STM32L4 Library*. Retrieved January 10, 2024, from <https://kameleonboard.org/learn/>

Kipper, L. M., Iepsen, S., Dal Forno, A. J., Frozza, R., Furstenau, L., Agnes, J., & Cossul, D. (2021). Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0. *Technology in Society*, 64(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101454>

Kustandi, C., & Sutjipto, B. (2011). *Media Pembelajaran Manual dan Digital*. Ghalia Indonesia.

LC Technology. (n.d.). *LC Technology BTN7960B High Power Dual H-Bridge Module 43A BTS*. Retrieved January 10, 2024, from <https://www.amazon.co.uk/LC-Technology-BTN7960B-H-Bridge-Module/dp/B077K4XGWN>

Natsir, M., Rendra, D. B., & Anggara, A. D. Y. (2019). Implementasi IOT Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya. *Jurnal PROSISKO (Pengembangan Riset Dan Observasi Rekayasa Sistem Komputer)*, 6(1), 69–72.

Nugraha, G. K., Setiawan, I., & Afrisal, H. (2021). Perancangan Dan Pengendalian Differential Drive Robot Dengan Mengaplikasikan Metode a-Star. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 10(4), 559–565. <https://doi.org/10.14710/transient.v10i4.559-565>

Nulhaqim, S. A., Heryadi, R. D., Pancasilawan, R., & Fedryansyah, M. (2015). Peranan-Perguruan-Tinggi-Dalam-Meningkat. *Share: Social Work Jurnal*, 6(2), 154–272.

Nurfadhillah, S. (2021). Media Pembelajaran Pengertian Media Pembelajaran, Landasan, Fungsi, Manfaat, Jenis-Jenis Media Pembelajaran, Dan Cara Penggunaan Kedudukan Media Pembelajaran. In *CV Jejak*.

Palacín, J., Rubies, E., Clotet, E., & Martínez, D. (2021). Evaluation of the path-tracking accuracy of a three-wheeled omnidirectional mobile robot designed as a personal assistant. *Sensors*, 21(21). <https://doi.org/10.3390/s21217216>

Priambudi, R. A., & Mobed Bachtiar, M. (2018). Penentuan Posisi Menggunakan Odometry Omniwheel. *The Indonesian Symposium on Robotic Systems and Control*, August 2019, 1–3. <https://www.researchgate.net/publication/335311518>

Raharjo, B. (2021). *Pengembangan Four-wheel Omni Robot Dengan Sistem Inverse Kinematic Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Kuliah Robotika*. Universitas Negeri Yogyakarta.

Rakhman, E., Basjaruddin, N. C., & Susanto, V. E. P. (2019). Robot Mobile Otonom Menggunakan Metode Odometry. *Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 18(02), 105–116. <https://doi.org/10.31358/techne.v18i02.205>

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

- Sakila, D. (2021). *Pengembangan Media Pembelajaran Video Berbasis Youtube Untuk Pembelajaran Jarak Jauh Pada Tema 4 Subtema 3 Pembelajaran 1 Kelas IV Sekolah Dasar* [Universitas Jambi]. <https://repository.unja.ac.id/id/eprint/15741>
- Sihombing, H., Setiawan, E., & Akbar, S. R. (2022). Sistem Kendali Robot Beroda Wall-Follower pada Tembok Lurus dan Berbelok menggunakan Metode PID. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(11), 5129–5138. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Sudjana, N. (2017). *Penelitian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Remaja Rosdakarya.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian & Pengembangan: Research and Development*. Alfabeta.
- Sugiyono, D. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Tindakan*.
- Sukardi. (2016). *Metodologi Penelitian Pendidikan* (P. B. Aksara, Ed.).
- Sumarni, S. (2019). *Model Penelitian Dan Pengembangan (R&D) Lima Tahap (Mantap)*. <http://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/39153>
- Undang-Undang Republik Indonesia. (2012). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tentang Pendidikan Tinggi Pasal 59 Ayat 1*.
- Widiyoko, E. P. (2017). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Pustaka Pelajar.
- Wirawan, N. T. (2020). Smartphone Application Technology In Control Robot In Search Focal Point (Pengaplikasian Teknologi Smartphone Dalam Pengontrolan Robot Dalam Pencarian Titik Api). *Jurnal KomtekInfo*, 7(1), 47–57. <https://doi.org/10.35134/komtekinfo.v7i1.65>
- Wulandari, A. P., Salsabila, A. A., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya Media Pembelajaran dalam Proses Belajar Mengajar. *Journal on Education*, 5(2), 3928–3936. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.1074>
- Yam, K. C., Tang, P. M., Jackson, J. C., Su, R., & Gray, K. (2023). Supplemental Material for The Rise of Robots Increases Job Insecurity and Maladaptive

Workplace Behaviors: Multimethod Evidence. *Journal of Applied Psychology*. <https://doi.org/10.1037/apl0001045.supp>

Yudha, J. R. P. A., & Sundari, S. (2021). Manfaat Media Pembelajaran YouTube terhadap Capaian Kompetensi Mahasiswa. *Journal of Telenursing (JOTING)*, 3(2), 538–545. <https://doi.org/10.31539/joting.v3i2.2561>

Zaki. (2016). *LCD 20X4 Biru*. <https://www.jualarduinojogja.com/lcd-4x20-biru/>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Berkas Penelitian

Lampiran 1.1 SK Pembimbing

**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
NOMOR : B/175/PMEK/PB/XII/2023**

**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, dipandang perlu mengangkat dosen pembimbingnya;
b. bahwa untuk keperluan sebagaimana dimaksud pada huruf a perlu menetapkan Keputusan Dekan Tentang Pengangkatan Dosen Pembimbing Tugas Akhir Skripsi (TAS) Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta,
- Mengingat : 1. Undang-undang RI Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional (Lembaran Negara Tahun 2003 Nomor 78, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4301);
2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi (Lembaran Negara Tahun 2014 Nomor 16, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5500);
3. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 93 Tahun 1999 Tentang Perubahan Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan menjadi Universitas;
4. Peraturan Mendiknas RI Nomor 23 Tahun 2011 Tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Negeri Yogyakarta;
5. Peraturan Mendiknas RI Nomor 35 Tahun 2017 Tentang Statuta Universitas Negeri Yogyakarta;
6. Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI Nomor 5723/MPK/RHS/KP/2021 Tentang Pengangkatan Rektor Universitas Negeri Yogyakarta;
7. Peraturan Rektor Nomor 1 Tahun 2019 tentang Peraturan Akademik;
8. Keputusan Rektor Nomor B/1683/UN34/KP.08.01/2023 tahun 2023 tentang Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik 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	:	Alifia Putri Qabilah
NIM	:	20518244014
Prodi Studi	:	Pendidikan Teknik Mekatronika - SI
Judul Skripsi/TA	:	PENGEMBANGAN PATH TRACKING PADA ROBOT MENGGUNAKAN ODOMETRY SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN MATA KULIAH PRAKTIK ROBOTIKA PADA PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MEKATRONIKA

- 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 dimaksud dinyatakan lulus.
- KETIGA** : Biaya yang diperlukan dengan adanya Keputusan ini dibebankan pada Anggaran DIPA Universitas Negeri Yogyakarta Tahun 2023.
- KEEMPAT** : Keputusan ini berlaku sejak tanggal 4 Desember 2023.

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 : 4 Desember 2023

DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA,



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

Lampiran 1.2 Surat Izin Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Alamat : Kampus Karangmalang, Yogyakarta, 55281
Telp. (0274) 586168 psw, 276,289,292 (0274) 586734 Fax. (0274) 586734
Laman: f1.uny.ac.id E-mail: f1@uny.ac.id, teknik@uny.ac.id

Nomor : B/520/UN34.15/LT/2023

22 Desember 2023

Lamp. : 1 Bendel Proposal

Hal : Izin Penelitian

Yth . Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Kampus Karang Malang, Jl. Colombo, No. 1, Karang Gayam, Caturtunggal, Kec. Depok,
 Sleman, Yogyakarta 55281

Kami sampaikan dengan hormat, bahwa mahasiswa tersebut di bawah ini:

Nama : Alifia Putri Qabila
NIM : 20518244014
Program Studi : Pendidikan Teknik Mekatronika - S1
Tujuan : Memohon izin mencari data untuk penulisan Tugas Akhir Skripsi (TAS)
Judul Tugas Akhir : Pengembangan Path Tracking pada Robot Menggunakan Odometry Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika Pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika
Waktu Penelitian : 1 September - 30 November 2023

Untuk dapat terlaksananya maksud tersebut, kami mohon dengan hormat Bapak/Ibu berkenan memberi izin dan bantuan seperlunya.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya kami sampaikan terima kasih.

Dekan,



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

Tembusan :

1. Kepala Layanan Administrasi;
2. Mahasiswa yang bersangkutan.

Lampiran 2. Instrumen Penelitian

Lampiran 2.1 Instrumen Unjuk Kerja (Uji Blackbox)

LEMBAR UJI BLACKBOX

Mata Kuliah : Praktik Robotika

Sasaran : Mahasiswa Pendidikan Teknik Mekatronika

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

Peneliti : Alifia Putri Qabila

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon bantuan Saudara/I untuk menjadi penguji kinerja media pembelajaran Path Tracking Pada Robot Menggunakan Odometry sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika agar menjadi media inovatif yang layak digunakan oleh mahasiswa.

A. Petunjuk Pengisian Angket

1. Operasikan media pembelajaran dengan mengupload program pada setiap alat, lalu jalankan alat sesuai dengan petunjuk pada modul dan lasbsheet.
2. Jawaban diberikan atas kesesuaian antara pernyataan pada angket dengan kondisi nyata.
3. Mohon berikan tanda *Checklist* (✓) pada kolom penilaian sesuai pendapat saudara/i
4. Mohon berikanlah saran serta kritik pada kotak yang sudah disediakan.

B. Tabel Angket

No	Keterangan	Fungsi	
		Ya	Tidak
1	Tombol Emergency		
2	Saklar		
3	Voltmeter Baterai		
4	Modul Step Down 12V ke 5V		
5	LCD (Liquid Crystal Display)		
6	Pin PWM STM32F407		
7	USB Debugger STM32F407		
8	Pin RX TX ESP32		
9	Pin RX TX ESP8266		
10	Driver Motor BTN 7960B		
11	Motor PG45		
12	Sensor Rotary Encoder		
13	Struktur Kerangka Robot		

C. Saran dan Kritik

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

Yogyakarta, 16 Desember 2023

(.....)

Lampiran 2.2 Instrumen Angket Ahli Materi

ANGKET PENILAIAN AHLI MATERI

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, Saya memohon bantuan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi validator “**Pengembangan Path Tracking Pada Robot Menggunakan Odometry Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika**” agar layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Materi Pelajaran : Praktik Robotika

Pembuat : Alifia Putri Qabila

Tanggal :

A. Petunjuk Pengisian Instrumen Materi Pembelajaran

1. Dimohon kepada Bapak/Ibu Saudara untuk memberikan penilaian pada salah satu kolom di dalam angket ini berdasarkan kriteria berikut.
SS: Sangat Setuju
S: Setuju
TS: Tidak Setuju
STS: Sangat Tidak Setuju
2. Dimohon untuk memberikan tanda *check* (✓) pada salah satu pilihan dalam setiap 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 sebenarnya 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 Pelajaran yang diajarkan menggunakan media pembelajaran sesuai dengan silabus.				
2	Materi yang diajarkan dalam media pembelajaran relevan dengan kompetensi peserta didik pada bidang robotika.				
3	Materi Pelajaran disajikan dengan jelas.				
4	Petunjuk penggunaan media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dijelaskan di dalam modul dan labsheet.				
5	Cara membuat program yang digunakan dalam pemrograman Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dijelaskan di dalam modul dan labsheet.				
6	Alur pengoperasian media pembelajaran disajikan dengan jelas pada modul dan labsheet.				
7	Materi Pelajaran lebih mudah dipahami setelah menggunakan media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> .				
8	Materi yang terdapat pada modul dan labsheet didukung dengan adanya media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> .				
9	Materi disajikan secara runtut.				
10	Terdapat penjelasan/keterangan pada setiap fungsi yang digunakan dalam program.				

11	Materi yang disajikan dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik.				
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 *Path Tracking* Pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika dinyatakan:

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

Catatan:

Beri tanda *check* (✓)

Saran dan Perbaikan:

Yogyakarta, ... November 2023
Validator,

Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs.
NIP. 196508291999031001

Lampiran 2.3 Instrumen Angket Ahli Media

ANGKET PENILAIAN AHLI MEDIA

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, Saya memohon bantuan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi validator “**Pengembangan Path Tracking Pada Robot Menggunakan Odometry Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika**” agar layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Materi Pelajaran : Praktik Robotika

Pembuat : Alifia Putri Qabila

Tanggal :

A. Petunjuk Pengisian Instrumen Media Pembelajaran

1. Dimohon kepada Bapak/Ibu Saudara untuk memberikan penilaian pada salah satu kolom di dalam angket ini berdasarkan kriteria berikut.
SS: Sangat Setuju
S: Setuju
TS: Tidak Setuju
STS: Sangat Tidak Setuju
2. Dimohon untuk memberikan tanda *check* (✓) pada salah satu pilihan dalam setiap 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 sebenarnya 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 Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> sebagai media pembelajaran membantu pembelajaran praktik robotika.				
2	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat digunakan pengajar untuk menjelaskan materi dengan mudah.				
3	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat digunakan pengajar untuk menarik perhatian peserta didik.				
4	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat menambah variasi materi tentang robotika.				
5	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat meningkatkan keaktifan peserta didik dalam pembelajaran.				
6	Penggunaan media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> menumbuhkan semangat belajar peserta didik.				
7	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> memiliki keterkaitan dengan mata kuliah lain.				
8	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat				

	mendukung pembelajaran pada mata kuliah lain.				
9	Penggunaan mikrokontroler STM32F407 sebagai pusat kontroler menambah pengetahuan materi Praktik Robotika.				
10	Penggunaan Sistem Kinematik <i>Omni-Directional Wheel</i> , Sistem <i>Odometry</i> , dan Sistem <i>Path Tracking</i> robot pada media pembelajaran dapat menambah pengetahuan dalam materi Praktik Robotika.				
11	Bentuk media pembelajaran menarik.				
12	Peletakan komponen pada media pembelajaran tersusun dengan baik.				
13	STM32F407 pada media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> 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 menarik untuk digunakan.				
17	Media pembelajaran mudah untuk digunakan.				

Kesimpulan:

Menurut saya, media pembelajaran Pengembangan *Path Tracking* Pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika dinyatakan:

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

Catatan:

Beri tanda *check* (✓)

Saran dan Perbaikan:

Yogyakarta, ... November 2023

Validator,

Dr. Ilmawan Mustaqim, S.Pd.T., M.T.

NIP. 198012032005011003

Lampiran 2.4 Instrumen Angket Pengguna

The screenshot shows a Google Form titled "Angket Penelitian Tugas Akhir Skripsi". At the top, there is a blue header bar with a logo and a photo of a robotic arm. Below the header, the title "Angket Penelitian Tugas Akhir Skripsi" is displayed. The form contains several text input fields and dropdown menus. At the bottom, there is a progress bar indicating "Halaman 1 dari 2" and a "Kisaran angka" button.

Assalamualaikum Wr. Wb.

Perkenalkan saya,
Nama : Afifa Putri Qabilah
NIM : 205152044014
Program Studi : Pendidikan Teknik Mekatronika

Saat ini saya sedang melaksanakan penelitian Tugas Akhir Skripsi yang berjudul
"Pengembangan Path Tracking Pada Robot Menggunakan Odometry Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika".

Melalui formulir ini, saya memohon kehadiran saudara/saudari mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika yang sedang/sudah mengambil Mata Kuliah Praktik Robotika untuk mengisi angket ini.

Terima kasih atas kesedian saudara/saudari untuk mengisi angket ini. Semoga segala urusan urusan kita sama-sama dimudahkan. Amin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

* Video unjuk kerja, Buku Panduan dan Jobsheet dapat diakses melalui link dibawah ini:
Video Unjuk Kerja: <https://youtu.be/4fC-DemQHMo>
Buku Panduan dan Lainnya: <https://bit.ly/3rscameAfifa>

putriqabilah2008@gmail.com [Lihat akun](#)

* Memerlukan pertanyaan yang wajib diisi

Email *

Email Anda

Nama *

Jawaban Anda

NIM *

Jawaban Anda

Angkatan *

Pilih

Kelas *

E
 F
 J

Berikutnya Halaman 1 dari 2 Kisaran angka

Setiap pertanyaan menggunakan skala metrik Google Formular

Formular ini dibuat oleh Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

[Google Formular](#)



Angket Penelitian Tugas Akhir Skripsi

alifia40ft.2020@student.uny.ac.id Switch account 

* Indicates required question

Petunjuk Pengisian Angket

1. Angket ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat/penilaian anda sebagai pengguna media pembelajaran **Path Tracking Pada Robot Menggunakan Odometry Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika**
2. Anda diharapkan memilih salah satu pilihan jawaban pada setiap pernyataan yang tersedia dengan mengklik pada kolom jawaban.
3. Komentar atau saran anda mohon ditulis pada lembar yang telah disediakan.

Keterangan Jawaban:
1 = Sangat Tidak Setuju/Sangat Tidak Sesuai/Sangat Tidak Baik
2 = Tidak Setuju/Tidak Sesuai/ Tidak Baik
3 = Setuju/Sesuai/Baik
4 = Sangat Setuju/Sangat Sesuai/Sangat Baik

Atas kesediaaan anda untuk mengisi angket ini, saya ucapkan terimakasih.

1. Bentuk media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry menarik. *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

2. Penggunaan mikrokontroler STM32F407 sebagai pusat kontroler menambah pengetahuan peserta didik tentang robotika. *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

3. Materi pelajaran yang diajarkan menggunakan media pembelajaran sesuai dengan silabus *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

4. Materi pelajaran pada modul dan labsheet disajikan dengan jelas. *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

5. Petunjuk penggunaan media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan * Sistem Odometry dijelaskan dalam modul dan labsheet.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

6. Cara membuat program yang digunakan Robot Path Tracking Menggunakan * Sistem Odometry dijelaskan dalam modul dan labsheet.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

7. Materi yang terdapat pada modul dan labsheet didukung dengan adanya media * pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

8. Materi pelajaran lebih mudah dipahami setelah menggunakan media * pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

9. Penggunaan media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry menumbuhkan semangat belajar peserta didik.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

10. Penggunaan media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry membantu meningkatkan semangat dalam pembelajaran Praktik Robotika.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

11. Media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dapat digunakan pengajar untuk menjelaskan materi dengan mudah.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

12. Media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dapat digunakan pengajar untuk menarik perhatian peserta didik.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

13. Media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dapat menambah variasi materi tentang robotika.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

14. Media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dapat menambah variasi media pembelajaran tentang robotika.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

15. Media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dapat meningkatkan minat dalam proses pembelajaran.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

16. Alur pengoperasian media pembelajaran disajikan dengan jelas pada modul dan labsheet.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

17. Penggunaan modul dan labsheet dapat membantu pengoperasian media pembelajaran menjadi lebih jelas.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

18. Media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dapat meningkatkan keaktifan peserta didik dalam proses pembelajaran.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

Kritik dan Saran *

Your answer

Back

Submit

Page 2 of 2

Clear form

Lampiran 3. Uji Blackbox

Lampiran 3.1 Hasil Uji Blackbox

LEMBAR UJI BLACKBOX

Mata Kuliah : Praktik Robotika

Sasaran : Mahasiswa Pendidikan Teknik Mekatronika

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

Peneliti : Alifia Putri Qabila

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, saya mohon bantuan Saudara/I untuk menjadi penguji kinerja media pembelajaran Path Tracking Pada Robot Menggunakan Odometry sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika agar menjadi media inovatif yang layak digunakan oleh mahasiswa.

A. Petunjuk Pengisian Angket

1. Operasikan media pembelajaran dengan mengupload program pada setiap alat, lalu jalankan alat sesuai dengan petunjuk pada modul dan labsheet.
2. Jawaban diberikan atas kesesuaian antara pernyataan pada angket dengan kondisi nyata.
3. Mohon berikan tanda *Checklist* (✓) pada kolom penilaian sesuai pendapat saudara/i
4. Mohon berikanlah saran serta kritik pada kotak yang sudah disediakan.

B. Tabel Angket

No	Keterangan	Fungsi	
		Ya	Tidak
1	Tombol Emergency	✓	
2	Saklar	✓	
3	Voltmeter Baterai	✓	
4	Modul Step Down 12V ke 5V	✓	
5	LCD (Liquid Crystal Display)	✓	
6	Pin PWM STM32F407	✓	
7	USB Debugger STM32F407	✓	
8	Pin RX TX ESP32	✓	
9	Pin RX TX ESP8266	✓	
10	Driver Motor BTN 7960B	✓	
11	Motor PG45	✓	
12	Sensor Rotary Encoder	✓	
13	Struktur Kerangka Robot	✓	

C. Saran dan Kritik

Semua komponen sudah berfungsi dengan baik, sistem mekanisme dan wiring juga cukup baik dan rapi.

Yogyakarta, 17 Desember 2023



(Muhammad Ihsan Safi'i)

Lampiran 4. Hasil Validasi Produk

Lampiran 4.1 Validasi Ahli Materi 1

ANGKET PENILAIAN AHLI MATERI

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, Saya memohon bantuan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi validator “*Pengembangan Path Tracking Pada Robot Menggunakan Odometry Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika*” agar layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Materi Pelajaran : Praktik Robotika

Pembuat : Alifia Putri Qabila

Tanggal : 7 Desember 2023

A. Petunjuk Pengisian Instrumen Materi Pembelajaran

1. Dimohon kepada Bapak/Ibu Saudara untuk memberikan penilaian pada salah satu kolom di dalam angket ini berdasarkan kriteria berikut.
SS: Sangat Setuju
S: Setuju
TS: Tidak Setuju
STS: Sangat Tidak Setuju
2. Dimohon untuk memberikan tanda *check* (✓) pada salah satu pilihan dalam setiap 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 sebenarnya 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 Pelajaran yang diajarkan menggunakan media pembelajaran sesuai dengan silabus.	✓			
2	Materi yang diajarkan dalam media pembelajaran relevan dengan kompetensi peserta didik pada bidang robotika.	✓			
3	Materi Pelajaran disajikan dengan jelas.		✓		
4	Petunjuk penggunaan media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dijelaskan di dalam modul dan labsheet.		✓		
5	Cara membuat program yang digunakan dalam pemrograman Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dijelaskan di dalam modul dan labsheet.	✓			
6	Alur pengoperasian media pembelajaran disajikan dengan jelas pada modul dan labsheet.		✓		
7	Materi Pelajaran lebih mudah dipahami setelah menggunakan media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> .	✓			
8	Materi yang terdapat pada modul dan labsheet didukung dengan adanya media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> .	✓			
9	Materi disajikan secara runtut.	✓			
10	Terdapat penjelasan/keterangan pada setiap fungsi yang digunakan dalam program.	✓			

11	Materi yang disajikan dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik.		✓		
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 *Path Tracking* Pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika dinyatakan:

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

Catatan:

Beri tanda *check* (✓)

Saran dan Perbaikan:

Yogyakarta, 7 Desember 2023

Validator,

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

NIP. 196508291999031001

Lampiran 4.2 Validasi Ahli Materi 2

ANGKET PENILAIAN AHLI MATERI

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, Saya memohon bantuan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi validator “**Pengembangan Path Tracking Pada Robot Menggunakan Odometry Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika**” agar layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Materi Pelajaran : Praktik Robotika

Pembuat : Alifia Putri Qabilah

Tanggal : 29 November 2023

A. Petunjuk Pengisian Instrumen Materi Pembelajaran

1. Dimohon kepada Bapak/Ibu Saudara untuk memberikan penilaian pada salah satu kolom di dalam angket ini berdasarkan kriteria berikut.
SS: Sangat Setuju
S: Setuju
TS: Tidak Setuju
STS: Sangat Tidak Setuju
2. Dimohon untuk memberikan tanda *check* (✓) pada salah satu pilihan dalam setiap 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 sebenarnya 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 Pelajaran yang diajarkan menggunakan media pembelajaran sesuai dengan silabus.	✓			
2	Materi yang diajarkan dalam media pembelajaran relevan dengan kompetensi peserta didik pada bidang robotika.	✓			
3	Materi Pelajaran disajikan dengan jelas.	✓			
4	Petunjuk penggunaan media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dijelaskan di dalam modul dan labsheet.	✓			
5	Cara membuat program yang digunakan dalam pemrograman Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dijelaskan di dalam modul dan labsheet.		✓		
6	Alur pengoperasian media pembelajaran disajikan dengan jelas pada modul dan labsheet.	✓			
7	Materi Pelajaran lebih mudah dipahami setelah menggunakan media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> .	✓			
8	Materi yang terdapat pada modul dan labsheet didukung dengan adanya media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> .	✓			
9	Materi disajikan secara runtut.	✓			
10	Terdapat penjelasan/keterangan pada setiap fungsi yang digunakan dalam program.		✓		

11	Materi yang disajikan dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik.		✓			
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 *Path Tracking* Pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika dinyatakan:

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

Catatan:

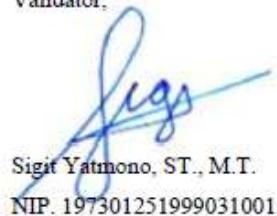
Beri tanda *check* (✓)

Saran dan Perbaikan:

Sebaiknya dalam modul diberi penjelasan sedikit mengenai hasil perhitungan tentang persamaan kinematika , dan akan lebih baik lagi jika bisa dihubungkan dengan besarnya nilai perubahan odometri berdasarkan hasil persamaan tsb.

Yogyakarta, 29 November 2023

Validator,



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

Lampiran 4.3 Validasi Ahli Media 1

ANGKET PENILAIAN AHLI MEDIA

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, Saya memohon bantuan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi validator “**Pengembangan Path Tracking Pada Robot Menggunakan Odometry Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika**” agar layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Materi Pelajaran : Praktik Robotika

Pembuat : Alifia Putri Qabila

Tanggal : 7 Desember 2023

A. Petunjuk Pengisian Instrumen Media Pembelajaran

1. Dimohon kepada Bapak/Ibu Saudara untuk memberikan penilaian pada salah satu kolom di dalam angket ini berdasarkan kriteria berikut.
SS: Sangat Setuju
S: Setuju
TS: Tidak Setuju
STS: Sangat Tidak Setuju
2. Dimohon untuk memberikan tanda *check* (✓) pada salah satu pilihan dalam setiap 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 sebenarnya 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 Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> sebagai media pembelajaran membantu pembelajaran praktik robotika.	✓			
2	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat digunakan pengajar untuk menjelaskan materi dengan mudah.		✓		
3	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat digunakan pengajar untuk menarik perhatian peserta didik.		✓		
4	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat menambah variasi materi tentang robotika.	✓			
5	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat meningkatkan keaktifan peserta didik dalam pembelajaran.		✓		
6	Penggunaan media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> menumbuhkan semangat belajar peserta didik.		✓		
7	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> memiliki keterkaitan dengan mata kuliah lain.	✓			
8	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat		✓		

	mendukung pembelajaran pada mata kuliah lain.			
9	Penggunaan mikrokontroler STM32F407 sebagai pusat kontroler menambah pengetahuan materi Praktik Robotika.	✓		
10	Penggunaan Sistem Kinematik <i>Omni-Directional Wheel</i> , Sistem <i>Odometry</i> , dan Sistem <i>Path Tracking</i> robot pada media pembelajaran dapat menambah pengetahuan dalam materi Praktik Robotika.	✓		
11	Bentuk media pembelajaran menarik.		✓	
12	Peletakan komponen pada media pembelajaran tersusun dengan baik.		✓	
13	STM32F407 pada media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> 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 menarik untuk digunakan.		✓	
17	Media pembelajaran mudah untuk digunakan.		✓	

Kesimpulan:

Menurut saya, media pembelajaran Pengembangan *Path Tracking* Pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika dinyatakan:

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

Catatan:

Beri tanda *check* (✓)

Saran dan Perbaikan:

Yogyakarta, 7 Desember 2023

Validator,



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

NIP. 196508291999031001

Lampiran 4.4 Validasi Ahli Media 2

ANGKET PENILAIAN AHLI MEDIA

Dalam rangka penelitian Tugas Akhir Skripsi, Saya memohon bantuan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi validator “**Pengembangan Path Tracking Pada Robot Menggunakan Odometry Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika**” agar layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Materi Pelajaran : Praktik Robotika

Pembuat : Alifia Putri Qabilah

Tanggal : 11 Desember 2023

A. Petunjuk Pengisian Instrumen Media Pembelajaran

1. Dimohon kepada Bapak/Ibu Saudara untuk memberikan penilaian pada salah satu kolom di dalam angket ini berdasarkan kriteria berikut.
SS: Sangat Setuju
S: Setuju
TS: Tidak Setuju
STS: Sangat Tidak Setuju
2. Dimohon untuk memberikan tanda *check* (✓) pada salah satu pilihan dalam setiap 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 sebenarnya 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 Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> sebagai media pembelajaran membantu pembelajaran praktik robotika.	✓			
2	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat digunakan pengajar untuk menjelaskan materi dengan mudah.		✓		
3	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat digunakan pengajar untuk menarik perhatian peserta didik.		✓		
4	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat menambah variasi materi tentang robotika.	✓			
5	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat meningkatkan keaktifan peserta didik dalam pembelajaran.		✓		
6	Penggunaan media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> menumbuhkan semangat belajar peserta didik.		✓		
7	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> memiliki keterkaitan dengan mata kuliah lain.	✓			
8	Media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> dapat				

	mendukung pembelajaran pada mata kuliah lain.	✓			
9	Penggunaan mikrokontroler STM32F407 sebagai pusat kontroler menambah pengetahuan materi Praktik Robotika.	✓			
10	Penggunaan Sistem Kinematik <i>Omni-Directional Wheel</i> , Sistem <i>Odometry</i> , dan Sistem <i>Path Tracking</i> robot pada media pembelajaran dapat menambah pengetahuan dalam materi Praktik Robotika.	✓			
11	Bentuk media pembelajaran menarik.		✓		
12	Peletakan komponen pada media pembelajaran tersusun dengan baik.		✓		
13	STM32F407 pada media pembelajaran Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Sistem <i>Odometry</i> 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 menarik untuk digunakan.		✓		
17	Media pembelajaran mudah untuk digunakan.		✓		

Kesimpulan:

Menurut saya, media pembelajaran Pengembangan *Path Tracking* Pada Robot Menggunakan *Odometry* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika dinyatakan:

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

Catatan:

Beri tanda *check* (✓)

Saran dan Perbaikan:

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

Yogyakarta, 11. Desember 2023

Validator,



Dr. Ilmawan Mustaqim, S.Pd.T., M.T.
NIP. 198012032005011003

Lampiran 5. Hasil Uji Pengguna

Lampiran 5.1 Angket Penelitian Uji Pengguna

Responses cannot be edited.

Angket Penelitian Tugas Akhir Skripsi

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Perkenalkan saya,
Nama : Alifia Putri Qabila
NIM : 20518244014
Program Studi : Pendidikan Teknik Mekatronika

Saat ini saya sedang melakukan penelitian Tugas Akhir Skripsi yang berjudul "**Pengembangan Path Tracking Pada Robot Menggunakan Odometry Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika**".

Melalui formulir ini, saya memohon kesediaan saudara/i selaku mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika yang sedang/sudah mengambil Mata Kuliah Praktik Robotika untuk mengisi angket instrumen penelitian ini.

Terima kasih atas kesediaan saudara/i untuk mengisi angket ini. Semoga segala urusan-urusan kita sama-sama dimudahkan. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

* Video unjuk kerja, Buku Panduan dan Jobsheet dapat diakses melalui link dibawah ini :
Video Unjuk Kerja: <https://youtu.be/4fC-DemOMMO>
Buku Panduan dan Labhseet: <https://bit.ly/InstrumenAlifia>

* Indicates required question

Email *

vincentkenutama.2021@student.uny.ac.id

Nama *

Vincent Kenutama Prasetyo

NIM *

21518241007

Angkatan *

2021

Kelas *

E
 F
 J

Petunjuk Pengisian Angket

- Angket ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat/pemilaian anda sebagai pengguna media pembelajaran **Path Tracking Pada Robot Menggunakan Odometry Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika**
- Anda diharapkan memilih salah satu pilihan jawaban pada setiap pernyataan yang tersedia dengan mengklik pada kolom jawaban.
- Komentar atau saran anda mohon ditulis pada lembar yang telah disediakan.

Keterangan Jawaban:

1 = Sangat Tidak Setuju/Sangat Tidak Sesuai/Sangat Tidak Baik
2 = Tidak Setuju/Tidak Sesuai/ Tidak Baik
3 = Setuju/Sesuai/Baik
4 = Sangat Setuju/Sangat Sesuai/Sangat Baik

Atas kesediaan anda untuk mengisi angket ini, saya ucapkan terimakasih.

1. Bentuk media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry menarik. *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju Sangat Setuju

2. Penggunaan mikrokontroler STM32F407 sebagai pusat kontroler menambah pengetahuan peserta didik tentang robotika. *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

3. Materi pelajaran yang diajarkan menggunakan media pembelajaran sesuai dengan silabus *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

4. Materi pelajaran pada modul dan labsheet disajikan dengan jelas. *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

5. Petunjuk penggunaan media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dijelaskan dalam modul dan labsheet. *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

6. Cara membuat program yang digunakan Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dijelaskan dalam modul dan labsheet. *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

7. Materi yang terdapat pada modul dan labsheet didukung dengan adanya media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

8. Materi pelajaran lebih mudah dipahami setelah menggunakan media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

9. Penggunaan media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry menumbuhkan semangat belajar peserta didik.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

10. Penggunaan media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry membantu meningkatkan semangat dalam pembelajaran Praktik Robotika.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

11. Media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dapat digunakan pengajar untuk menjelaskan materi dengan mudah.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

12. Media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dapat digunakan pengajar untuk menarik perhatian peserta didik. *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

13. Media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dapat menambah variasi materi tentang robotika. *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

14. Media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dapat menambah variasi media pembelajaran tentang robotika. *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

15. Media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dapat meningkatkan minat dalam proses pembelajaran. *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

16. Alur pengoperasian media pembelajaran disajikan dengan jelas pada modul dan labsheet. *

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

17. Penggunaan modul dan labsheet dapat membantu pengoperasian media pembelajaran menjadi * lebih jelas.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

18. Media pembelajaran Robot Path Tracking Menggunakan Sistem Odometry dapat meningkatkan * keaktifan peserta didik dalam proses pembelajaran.

1 2 3 4

Sangat Tidak Setuju

Sangat Setuju

Kritik dan Saran *

Pada akhir labsheet, disediakan tugas yang menuntut peserta didik untuk melakukan pemrograman atau aktivitas lain secara mandiri yang alangkah baiknya tidak hanya mengikuti panduan dari labsheet saja, hal ini dapat meningkatkan pemahaman bagi peserta didik dan juga menumbuhkan jiwa eksplorasi mereka terhadap materi yang diterima.

Submitted: 11/20/23, 4:20 PM

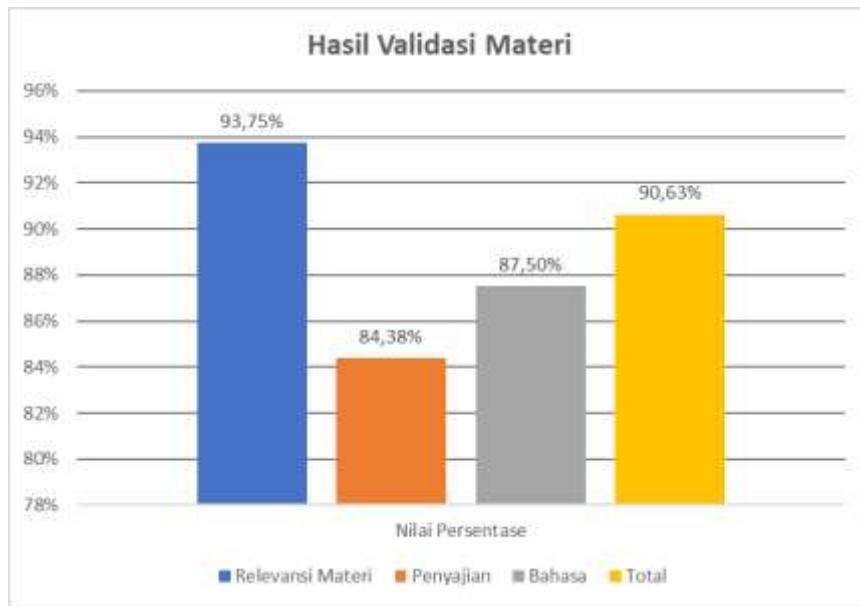
Lampiran 6.
Hasil Analisis Data

Lampiran 6.1 Analisis Data Ahli Materi

No	Aspek Penilaian	Butir	Nilai Ahli 1	Nilai Ahli 2	
1	Relevansi Materi dengan Tujuan Pembelajaran	1	4	4	
		2	4	4	
		3	3	4	
		4	3	4	
		5	4	3	
		6	3	4	
		7	4	4	
		8	4	4	
		9	4	4	
		10	4	3	
2	Penyajian	11	3	3	
		12	4	4	
		13	4	3	
		14	3	3	
3	Bahasa	15	3	4	
		16	3	4	
Total			57	59	
Percentase (%)			89,06	92,18	

Relevansi Materi				
Skor Maksimal	Skor Minimal	Xi	Sbi	X
40	10	25	5	37,5
Interval Kualitas Relevansi Materi				
	X >	34	Sangat Layak	
28	< X ≤	34	Layak	
22	< X ≤	28	Cukup	
16	< X ≤	22	Kurang Layak	
	X ≤	16	Tidak Layak	
Penyajian				
Skor Maksimal	Skor Minimal	Xi	Sbi	X
16	4	10	2	13,5
Interval Kualitas Penyajian				
	X >	13,6	Sangat Layak	
11,2	< X ≤	13,6	Layak	
8,8	< X ≤	11,2	Cukup	
6,4	< X ≤	8,8	Kurang Layak	
	X ≤	6,4	Tidak Layak	

Bahasa				
Skor Maksimal	Skor Minimal	X_i	Sbi	X
8	2	5	1	7
Interval Kualitas Bahasa			Kategori	
$X >$		6,8	Sangat Layak	
5,6	$< X \leq$	6,8	Layak	
4,4	$< X \leq$	5,6	Cukup	
3,2	$< X \leq$	4,4	Kurang Layak	
$X \leq$		3,2	Tidak Layak	
Total				
Skor Maksimal	Skor Minimal	X_i	Sbi	X
64	16	40	8	58
Interval Kualitas Total			Kategori	
$X >$		54,4	Sangat Layak	
44,8	$< X \leq$	54,4	Layak	
35,2	$< X \leq$	44,8	Cukup	
25,6	$< X \leq$	35,2	Kurang Layak	
$X \leq$		25,6	Tidak Layak	

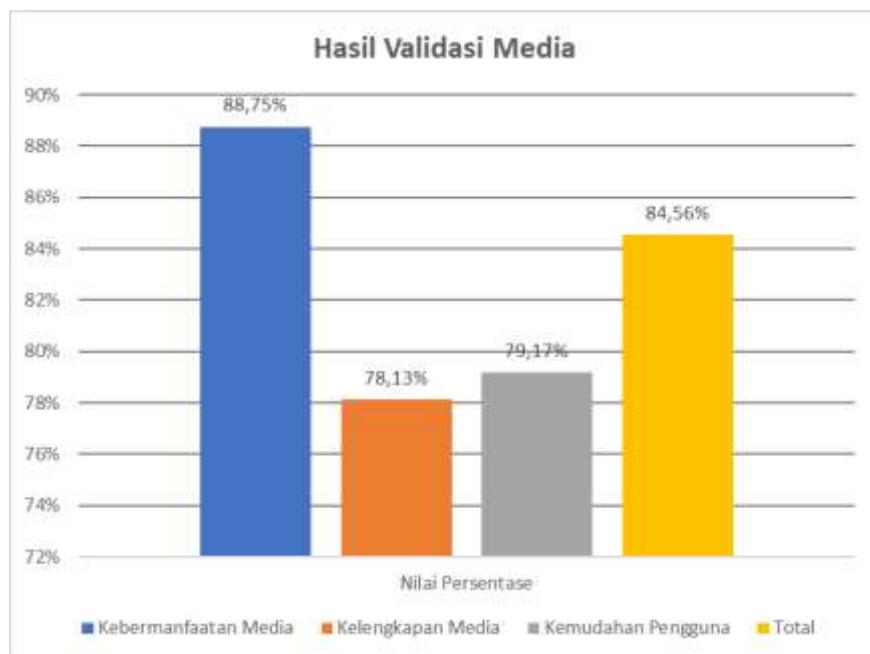


Lampiran 6.2 Analisis Data Ahli Media

No	Aspek Penilaian	Butir	Nilai Ahli 1	Nilai Ahli 2	
1	Kebermanfaatan Media	1	4	4	
		2	3	3	
		3	3	3	
		4	4	4	
		5	3	3	
		6	3	3	
		7	4	4	
		8	3	4	
		9	4	4	
		10	4	4	
2	Kelengkapan Media	11	3	3	
		12	3	3	
		13	3	3	
		14	4	3	
3	Kemudahan Pengguna	15	4	3	
		16	3	3	
		17	3	3	
Total			58	57	
Persentase (%)			85,29	83,82	

Kebermanfaatan Media				
Skor Maksimal	Skor Minimal	X_i	Sbi	X
40	10	25	5	35,5
Interval Kualitas Kebermanfaatan Media				
	$X >$	34	Sangat Layak	
28	$< X \leq$	34	Layak	
22	$< X \leq$	28	Cukup	
16	$< X \leq$	22	Kurang Layak	
	$X \leq$	16	Tidak Layak	
Kelengkapan Media				
Skor Maksimal	Skor Minimal	X_i	Sbi	X
16	4	10	2	12,5
Interval Kualitas Kelengkapan Media				
	$X >$	13,6	Sangat Layak	
11,2	$< X \leq$	13,6	Layak	
8,8	$< X \leq$	11,2	Cukup	
6,4	$< X \leq$	8,8	Kurang Layak	
	$X \leq$	6,4	Tidak Layak	

Kemudahan Pengguna				
Skor Maksimal	Skor Minimal	\bar{x}_i	Sbi	X
12	3	7,5	1,5	9,5
Interval Kualitas Kemudahan Pengguna				
	$X >$	10,2	Sangat Layak	
8,4	$< X \leq$	10,2	Layak	
6,6	$< X \leq$	8,4	Cukup	
4,8	$< X \leq$	6,6	Kurang Layak	
	$X \leq$	4,8	Tidak Layak	
Total				
Skor Maksimal	Skor Minimal	\bar{x}_i	Sbi	X
68	17	42,5	8,5	57,5
Interval Kualitas Total				
	$X >$	57,8	Sangat Layak	
47,6	$< X \leq$	57,8	Layak	
37,4	$< X \leq$	47,6	Cukup	
27,2	$< X \leq$	37,4	Kurang Layak	
	$X \leq$	27,2	Tidak Layak	



Lampiran 6.3 Analisis Data Pengguna

No	Nama	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Butir 7	Butir 8	Butir 9
1	Durrotun Beriliana	4	4	4	4	3	4	3	3	3
2	Yuki Nur Aini	4	4	3	4	4	4	4	4	4
3	Faishal Aziz Rahmat	4	4	3	4	3	4	3	4	3
4	Destiana Nur Anissa	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	Razaan Nibras Majid	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	Imam Hadi Razak	4	4	4	4	4	4	4	3	3
7	Vincent Kenutama Pra	4	4	3	4	4	4	4	4	3
8	Naufan Alifandi	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	Muhammad Subarkat	3	4	4	3	4	4	4	4	3
10	Muhammad Ihsan Saif	4	4	4	4	4	4	4	3	4
11	Sheva Novia Darmaw	4	4	4	4	3	4	4	4	4
12	Fikrian Reza Pratama	4	4	3	4	4	3	4	4	4
13	Husain Abdul fattah	4	4	3	3	4	3	3	3	4
14	Nastiti Shaffa	3	3	3	4	3	3	4	4	3
15	Fatan Arrashif	4	4	4	4	4	4	4	4	4
16	Diksfa achmad advasy	4	4	4	4	4	4	4	4	4
17	Salsabila	3	3	3	3	3	3	3	3	4
18	Haliza Umami Fajrin	4	4	3	4	4	4	3	4	4
19	Hafid Maulana Rizky A	3	4	4	3	4	3	4	3	3
20	muhammad farris afa	4	4	3	4	4	4	4	4	4
21	Gheafni Fatiikhah T	4	3	4	4	4	4	4	4	4
22	Dianissa Salsabila Dia	4	3	3	4	3	4	4	4	3
23	Sulistyowati	3	3	3	3	3	3	3	3	3
24	Risang Danarsantiko	3	3	3	4	3	4	3	4	3
25	Edra Jayeng Katon	3	2	3	4	3	3	4	2	3
26	Alif Muhammad Farra	3	4	3	3	3	3	3	2	3
27	Danang Prasetyo	4	4	3	3	4	4	3	3	4
28	Roni Kristianto	3	4	4	3	3	3	3	3	4
29	Muhammad Faiz Abd	4	4	4	3	4	4	4	4	3
30	Ahmad Shufyan	4	4	4	4	3	4	3	4	4
31	Raihan Thariq Aziz	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Jumlah		114	116	110	114	114	114	114	110	111
Rata-rata		3,677419	3,741935	3,548387	3,677419	3,677419355	3,677419355	3,677419355	3,548387	3,580645

Butir 9	Butir 10	Butir 11	Butir 12	Butir 13	Butir 14	Butir 15	Butir 16	Butir 17	Butir 18	Keseluruhan Aspek
3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	62
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	71
3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	67
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	72
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	72
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	70
3	4	3	4	4	3	4	3	3	4	66
4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	71
3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	68
4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	68
4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	68
4	4	4	4	3	3	4	4	3	3	62
3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	60
4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	70
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	72
4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	55
4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	69
3	3	4	3	4	4	3	3	3	3	61
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	71
4	4	4	4	3	4	3	3	3	3	65
3	4	3	4	4	3	4	4	4	3	65
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	54
3	4	3	4	3	3	4	3	3	2	59
3	3	4	3	3	2	4	4	3	2	55
3	2	3	3	4	4	2	3	3	3	54
4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	66
4	3	4	3	3	4	4	3	4	4	62
3	4	4	3	4	4	3	3	4	3	67
4	3	3	4	4	3	3	4	4	4	66
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	71
111	110	113	111	117	113	114	110	114	109	2028
3,580645	3,548387	3,645161	3,580645	3,774194	3,645161	3,677419	3,548387	3,677419	3,516129	65,41935484

Kualitas Isi dan Tujuan				
Skor Maksimal	Skor Minimal	X_i	Sbi	X
24	6	15	3	22

Interval Kualitas Isi dan Tujuan			Kategori
	$X >$	20,4	Sangat Layak
16,8	$< X \leq$	20,4	Layak
13,2	$< X \leq$	16,8	Cukup
9,6	$< X \leq$	13,2	Kurang Layak
	$X \leq$	9,6	Tidak Layak

Kualitas Pembelajaran				
Skor Maksimal	Skor Minimal	X_i	Sbi	X
32	8	20	4	29,09677

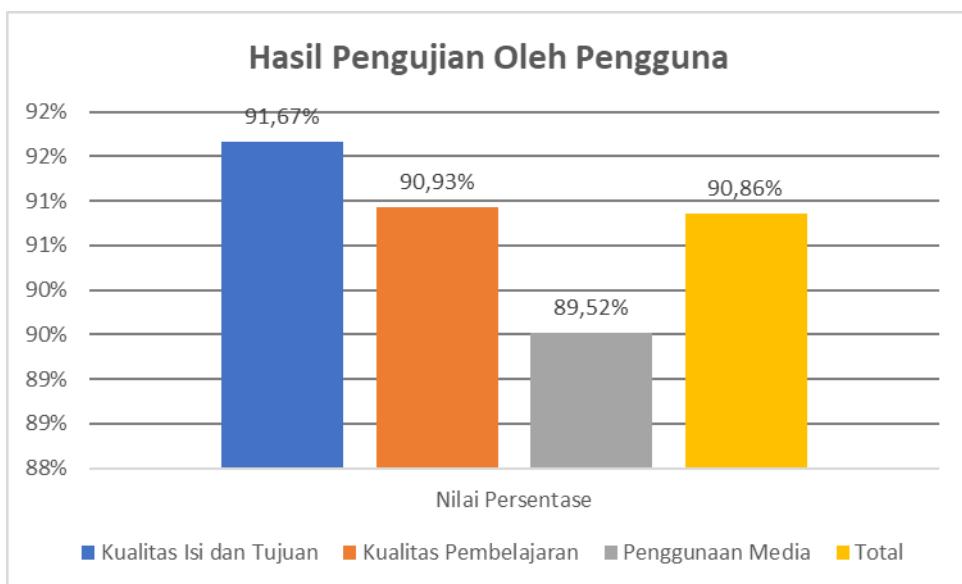
Interval Kualitas Pembelajaran			Kategori
	$X >$	27,2	Sangat Layak
22,4	$< X \leq$	27,2	Layak
17,6	$< X \leq$	22,4	Cukup
12,8	$< X \leq$	17,6	Kurang Layak
	$X \leq$	12,8	Tidak Layak

Penggunaan Media				
Skor Maksimal	Skor Minimal	X_i	Sbi	X
16	4	10	2	14,32258

Interval Kualitas Penggunaan Media			Kategori
	$X >$	13,6	Sangat Layak
11,2	$< X \leq$	13,6	Layak
8,8	$< X \leq$	11,2	Cukup
6,4	$< X \leq$	8,8	Kurang Layak
	$X \leq$	6,4	Tidak Layak

Total				
Skor Maksimal	Skor Minimal	X_i	Sbi	X
72	18	45	9	65,41935

Interval Kualitas Total			Kategori
	$X >$	61,2	Sangat Layak
50,4	$< X \leq$	61,2	Layak
39,6	$< X \leq$	50,4	Cukup
28,8	$< X \leq$	39,6	Kurang Layak
	$X \leq$	28,8	Tidak Layak



Lampiran 6.4 Analisis Data Reabilitas Instrumen

No	Nama	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Butir 7	Butir 8	Butir 9	Butir 10
1	Durrotun Berlina	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3
2	Yuki Nur Aini	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
3	Faishal Aziz Rahmat	4	4	3	4	3	4	3	4	3	4
4	Destiana Nur Anissa	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	Razaan Nibas Majid	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	Imam Hadi Razak	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4
7	Vincent Kentutama Prasetyo	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4
8	Naufan Alifandi	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	Muhammad Subarkah	3	4	4	3	4	4	4	4	3	4
10	Muhammad Ihsan Safi'i	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3
11	Sheva Novia Darmawan Sutopo	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3
12	Ifkrian Reza Pratama	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4
13	Husain Abdulifattah	4	4	3	3	4	3	3	3	4	4
14	Nastiti Shaffa	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3
15	Fatan Arrashif	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
16	Diksfa achmad adyasyandi	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
17	Salsabila	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3
18	Haliza Umami Fajrin	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3
19	Hafid Maulana Rizky Aljawary	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3
20	muhhammad farris afandi goma	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
21	Gheefni Fatikha T	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
22	Dianissa Salsabila Dianty	4	3	3	4	3	4	4	4	3	4
23	Sulistiyowati	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
24	Risang Danarsantiko	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4
25	Edra Javeng Katon	3	2	3	4	3	3	4	2	3	3
26	Alif Muhammad Farras	3	4	3	3	3	3	2	3	2	2
27	Danang Prasetyo	4	4	3	3	4	4	3	3	4	3
28	Roni Kristianto	3	4	4	3	3	3	3	4	3	3
29	Muhammad Faiz Abdurrahman	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3
30	Ahmad Shufyan	4	4	4	4	4	3	4	3	4	3
31	Raihan Thariq Aziz	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Varians Butir Soal		0,225806	0,264516	0,255914	0,225806	0,225806	0,225806	0,389247	0,251613	0,322581	

Butir 11	Butir 12	Butir 13	Butir 14	Butir 15	Butir 16	Butir 17	Butir 18	Skor rata-rata	Skor standar deviasi	Skor korelasi	Skor reliabilitas
3	3	3	3	3	3	4	4	62	71	0,236559	0,251613
4	4	4	4	4	4	4	4	67	72	0,180645	0,303226
3	4	4	4	4	4	4	4	68	68	0,292473	0,255914
4	4	4	4	4	4	4	4	69	69	0,391398	31,71828
4	4	4	4	4	4	4	4	70	70	0,4750538	< Varians total (St)
3	4	4	3	4	3	3	4	66	71		
4	4	4	4	4	3	4	4	60	68		
3	3	4	4	4	4	4	4	55	68		
4	4	4	4	4	4	4	4	62	68		
4	3	4	4	3	4	4	4	61	68		
4	3	3	3	4	3	4	3	62	68		
3	3	4	4	3	3	3	4	60	68		
4	4	4	4	4	4	3	4	70	72		
3	3	3	3	3	3	3	3	55	55		
4	4	4	4	4	4	4	4	69	69		
4	3	4	4	3	3	3	3	61	61		
4	4	4	4	4	4	4	4	71	71		
4	3	4	3	3	3	3	3	65	65		
3	4	4	3	4	4	4	3	65	65		
3	3	3	3	3	3	3	3	54	54		
3	4	3	3	3	4	3	3	59	59		
4	3	3	2	4	4	3	2	55	55		
3	3	4	4	2	3	3	3	54	54		
4	4	4	4	4	3	4	4	66	66		
4	3	3	4	4	3	4	4	62	62		
4	3	4	4	4	3	4	3	67	67		
3	4	4	3	3	4	4	4	66	66		
4	4	4	4	4	4	4	4	71	71		

$$r_i = \frac{k}{(k-1)} \left\{ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right\}$$

Jumlah butir soal (k)	18
$\frac{k}{k-1}$	1,05882
$\frac{\sum s_i^2}{s_t^2}$	0,14977
$1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2}$	0,85023
Signifikansi	
Ri	0,90024

**Lampiran 7.
Modul dan *Labsheet***

Lampiran 7.1 Modul Praktik Robotika

DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

**MODUL
PRAKTIK
ROBOTIKA**

Materi:

- **ODOMETRY SYSTEM**
- **PATH TRACKING**

Penyusun:
ALIFIA PUTRI QABILA
20518244014

Pembimbing:
Dr. HERLAMBANG SIGIT P., S.T., M.Cs
196508291999031001

**MODUL
PRAKTIK ROBOTIKA**

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



Disusun oleh :

Alifia Putri Qabila

NIM 20518244014

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2023**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Modul Pengembangan *Path Tracking* pada Robot Menggunakan *Odometry* 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 kritikan yang membangun dari pembaca sangat berarti untuk pengembangan buku ini selanjutnya. Penulis berharap buku ini dapat bermanfaat untuk menunjang pembelajaran Praktik Robotika, dan dapat dijadikan referensi untuk pengembangan sejenis.

Yogyakarta, 15 November 2023

Alifia Putri Qabila
NIM. 20518244014

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Mata Kuliah Praktik Robotika	1
B. Desain Pengembangan Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Metode <i>Odometry</i> ...	4
C. Robot <i>Path Tracking</i> Menggunakan Metode <i>Odometry</i>	5
BAB II MATERI.....	8
A. Dasar Teori.....	8
1. Robot <i>Path Tracking</i>	8
2. Robot <i>Omni-Directional</i>	9
3. Sistem <i>Odometry</i>	11
B. Komponen Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	13
1. Baterai Li-Po (Lithium Polymer).....	13
2. <i>Driver Motor</i> BTN7960B	13
3. Motor PG45	14
4. Sensor <i>Rotary Encoder</i>	15
5. LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	17
6. Mikrokontroler STM32F407.....	18
7. <i>Omni-Directional Wheel</i>	20
C. Komponen Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	21
1. STM32 CubeMX	21
2. Keil uVision IDE	22
D. Diagram Rangkaian Sistem Robot.....	23
E. Langkah-Langkah Pembuatan <i>Path Tracking Robot</i> Menggunakan <i>Odometry</i> Bagian <i>Software</i>	24
F. Langkah-Langkah dalam Pengoperasian <i>Path Tracking Robot</i> Menggunakan <i>Odometry</i>	43
G. Pemrograman <i>Path Tracking Robot</i> Menggunakan <i>Odometry</i>	46
1. Program Keil uVision	46
2. Program Arduino	56
3. Program Visual Studio Code (Python).	63
DAFTAR PUSTAKA	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Desain Base Robot	4
Gambar 2. Desain Rotary Encoder	5
Gambar 3. Robot Path Tracking Menggunakan Metode Odometry	7
Gambar 4. Contoh Path Tracking pada Robot	8
Gambar 5. Representasi Kinematik dari Sistem Three Wheel Omni-Directional	9
Gambar 6. Kinematik dari Sebuah Penggerak Omni-Directional	10
Gambar 7. Baterai Li-Po	13
Gambar 8. Driver Motor BTN7960B	14
Gambar 9. Motor PG45	15
Gambar 10. Sensor Rotary Encoder LPD3806	16
Gambar 11. Blok Penyusunan Rotary Encoder	17
Gambar 12. LCD 20x4	18
Gambar 13. Mikrokontroler STM32F407	19
Gambar 14. Pinout Mikrokontroler STM32F407	20
Gambar 15. Omni Wheels	20
Gambar 16. Tata Letak Omni-Directional Wheel	21
Gambar 17. Tampilan Utama Software STM32 CubeMX	22
Gambar 18. Tampilan Utama Keil µVision IDE	23

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Media Pembelajaran	7
Tabel 2. Spesifikasi Sensor Rotary Encoder	17
Tabel 3. Spesifikasi LCD	18

BAB I PENDAHULUAN

A. Mata Kuliah Praktik Robotika

Pendidikan Teknik Mekatronika memiliki beberapa mata kuliah yang wajib ditempuh oleh mahasiswa, salah satunya adalah mata kuliah Praktik Robotika. Melalui mata kuliah ini, mahasiswa diharapkan memperoleh pengalaman dalam merancang dan membuat robot yang mencakup proses pemahaman prinsip-prinsip robot, pemilihan komponen, desain, mekanik, elektronik, dan pemrograman. Komponen utama penyusun robot umumnya terdiri dari tiga bagian yaitu mekanik, elektronik, dan program. Mekanik dari suatu robot meliputi *body* robot, *base* robot, atau mekanisme lainnya. Elektronik dari suatu robot meliputi komponen-komponen yang berhubungan dengan kelistrikan seperti sensor, mikrokontroller, *circuit*, dan lain-lain. Program merupakan metode yang digunakan untuk mengatur atau mengendalikan robot agar dapat bekerja sesuai dengan tugasnya. Pada mata kuliah Praktik Robotika, terdapat beberapa robot yang dapat dirakit oleh mahasiswa diantaranya LEGO Mindstorms, BoE *shield* Robot, Humanoid Robot, Parallax Robot, dan beberapa robot lainnya.

Mobilitas robot memiliki peranan krusial dalam memastikan kinerja optimal suatu robot. Kemampuan pergerakan yang efisien dan presisi tidak hanya meningkatkan kinerja robot dalam menyelesaikan tugas-tugasnya, tetapi juga memberikan dampak positif pada berbagai aspek dalam aplikasinya. Kecepatan, akurasi, dan fleksibilitas pergerakan merupakan faktor kunci yang memengaruhi produktivitas dan efektivitas robot dalam

berbagai lingkungan, salah satu contohnya di sektor industri. Robot yang dapat bergerak dengan cepat dan tepat memungkinkan peningkatan efisiensi produksi. Mereka dapat menyelesaikan tugas-tugas repetitif dengan kecepatan yang konsisten, mengurangi waktu produksi dan biaya operasional. Selain itu, kemampuan untuk bergerak dengan presisi memungkinkan robot bekerja secara bersamaan dengan manusia dalam lingkungan kerja yang terintegrasi. Di sektor industri, robot membutuhkan sistem algoritma navigasi yang sangat akurat untuk menyelesaikan tugas dengan efisiensi maksimal. Umumnya, navigasi robot mengandalkan deteksi garis dan dinding sebagai panduan (Djahí *et al.*, 2019).

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

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

diperlukan suatu konstanta pengubah yang dapat mengubah jumlah *counter* yang dihasilkan oleh *rotary encoder* menjadi panjang lintasan yang telah ditempuh oleh robot.

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

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

Pentingnya pemahaman terhadap pergerakan robot telah mendorong pengembangan lebih lanjut dalam mata kuliah Praktik Robotika, khususnya melalui modul berjudul "Pengembangan Path Tracking pada Robot menggunakan Odometry." Modul ini dirancang untuk memberikan

pemahaman mendalam mengenai *path tracking* oleh robot melalui penerapan konsep *odometry*.

B. Desain Pengembangan Robot *Path Tracking* Menggunakan Metode *Odometry*

Media pembelajaran pengembangan *path tracking* pada robot menggunakan *odometry* ini didesain menggunakan aplikasi inventor dengan ukuran yang sama dengan bentuk fisik dari produk yang di desain. Bentuk desain dari robot dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

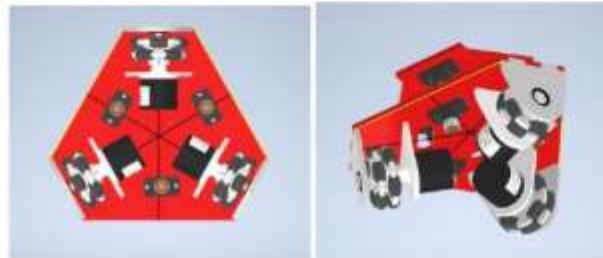
1. Desain *Base Robot*

Gambar 1. Desain *Base Robot*



2. Desain *Rotary Encoder*

Gambar 2. Desain *Rotary Encoder*



C. Robot *Path Tracking* Menggunakan Metode *Odometry*

Path tracking adalah kemampuan robot untuk mengikuti atau melacak jalur atau lintasan tertentu dengan presisi. Hal ini mirip dengan mengemudi mobil di jalan atau mengikuti garis yang telah ditentukan. Robot yang memiliki kemampuan path tracking dapat menggunakan sensor dan kontrol yang tepat untuk mengikuti jalur dengan akurasi yang tinggi dan tetap berada di jalur yang telah ditetapkan. Tujuan dari *path tracking* adalah untuk memperkecil kesalahan posisi dari robot terhadap titik referensi pada lintasan dan memandu robot untuk mengikuti lintasan yang sudah direncanakan.

Path tracking merupakan teknik yang erat kaitannya dengan metode *odometry*. Dengan metode *odometry* robot secara terus-menerus memantau perubahan *path* atau posisinya dari waktu ke waktu. Hal ini memungkinkan pengukuran *error* atau kesalahan arah robot terhadap jalur yang dituju. Metode ini digunakan untuk memastikan bahwa robot tetap berada pada jalur yang telah ditentukan dan mengikuti rute yang telah direncanakan.

Media pembelajaran robot *path tracking* ini menggunakan sistem kinematika *Omni-Directional*. *Omni-Directional* adalah jenis robot yang dapat bergerak ke semua arah tanpa perlu mengubah posisinya. Hal ini memungkinkan robot bergerak maju, mundur, ke kanan, ke kiri, dan bahkan berputar dalam tempat dengan mudah. Robot *Omni-Directional* sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti robot pengiriman, pemrosesan otomatis, bahkan lomba permainan robotika. Mekanisme penggerak yang sudah dikembangkan menggunakan motor DC PG45 dan *Omni-Directional wheels* sebagai penggerak utamanya.

Mikrokontroler utama dari media pembelajaran robot *path tracking* ini adalah STM32F407. STM32F407 dipilih untuk dijadikan sebagai mikrokontroler utama dikarenakan STM32F407 itu sendiri memiliki clock yang cukup tinggi dan sudah menggunakan ARM Cortex M4 sehingga dalam pembacaan sensor yang digunakan dapat lebih cepat. STM32F407 juga memiliki pin I/O (Input Output) yang cukup banyak sehingga melalui kondisi tersebut dapat memungkinkan untuk robot dipasangi bermacam sensor sehingga membuat robot dalam lebih akurat dalam melakukan gerakan di saat melakukan pertandingan di lapangan. Rancang bangun dari media pembelajaran robot *path tracking* menggunakan metode *odometry* ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Robot Path Tracking Menggunakan Metode Odometry



Media pembelajaran yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi yang dibutuhkan agar dapat bekerja secara optimal, komponen-komponen yang digunakan pada media pembelajaran ini ditunjukkan pada tabel 1:

Tabel 1. Spesifikasi Media Pembelajaran

Item	Keterangan
Dimensi (P×L×T)	88,6cm x 65cm x 53,2cm
Berat	27 kg
Driver Motor	BTN7960B
LCD	Karakter LCD 20*4
Microcontroller	STM32 F407
Motor	PG45 500 Rpm
Roda	<i>Omni-Directional</i>
Sensor	<i>Rotary encoder 400ppr</i>
Sumber Daya	12V (<i>Microcontroller</i>) 24V (Motor)

BAB II MATERI

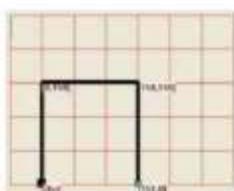
A. Dasar Teori

1. Robot *Path Tracking*

Path tracking adalah kemampuan robot untuk mengikuti atau melacak jalur atau lintasan tertentu dengan presisi (Nugraha *et al.*, 2021). Hal ini mirip dengan mengemudi mobil di jalan atau mengikuti garis yang telah ditentukan. Robot yang memiliki kemampuan *path tracking* dapat menggunakan sensor dan kontrol yang tepat untuk mengikuti jalur dengan akurasi yang tinggi dan tetap berada di jalur yang telah ditetapkan. Tujuan dari *path tracking* adalah untuk memperkecil kesalahan posisi dari robot terhadap titik referensi pada lintasan dan memandu robot untuk mengikuti lintasan yang sudah direncanakan.

Gambar 4. Contoh Path Tracking pada Robot

(Sumber: Ardilla *et al.*, 2011)



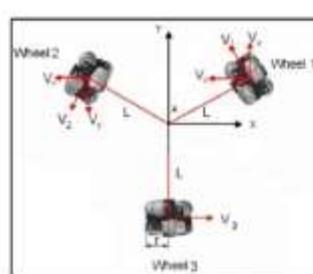
Path tracking merupakan teknik yang erat kaitannya dengan metode *odometry*. Dengan metode *odometry* robot secara terus-menerus memantau perubahan *path* atau posisinya dari waktu ke waktu. Hal ini memungkinkan pengukuran *error* atau kesalahan arah robot terhadap jalur yang dituju. Metode ini digunakan untuk memastikan bahwa robot

tetap berada pada jalur yang telah ditentukan dan mengikuti rute yang telah direncanakan

2. Robot *Omni-Directional*

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

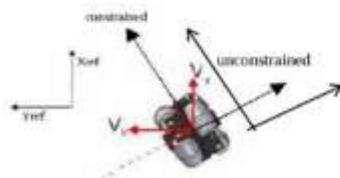
Gambar 5. Representasi Kinematik dari Sistem Three Wheel Omni-Directional
(Sumber: Priambudi & Mobed Bachtiar, 2018)



Untuk arah gerak masing-masing roda seperti gambar 16. berikut:

Gambar 6. Kinematik dari sebuah Penggerak Omni-Directional

(Sumber: Priambudi & Mober Bachtiar, 2018)



Keterangan :

X_B, Y_B = Sistem koordinat kartesian.

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

L = Jarak pusat robot dengan titik center roda.

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

Dari gambar 5 dan 6 persamaan kinematik dari sistem bisa didapatkan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

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

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

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

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

Dimana,

r = Radius roda omni (cm)

w = Kecepatan angular roda (rad/sec)

mendapatkan kecepatan dari masing-masing roda *omni* adalah dengan cara mengalikan kecepatan dari motor dengan jari-jari dari roda *omni*.

Dalam hal ini roda *omni* dirangkai secara simetris dengan perbedaan

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

3. Sistem *Odometry*

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

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

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

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

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

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

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

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

Dimana,

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

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

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

B. Komponen Perangkat Keras (*Hardware*)

1. Baterai Li-Po (Lithium Polymer)

Media pembelajaran Robot *Path Tracking* Menggunakan Metode *Odometry* ini menggunakan *Battery Lipo* sebagai penyuplai sumber tegangannya. Baterai *Lithium Polymer* (Li-Po) merupakan salah satu jenis baterai sekunder yang memungkinkan pengisian ulang setelah dayanya habis digunakan. Baterai Li-Po tidak memanfaatkan cairan sebagai elektrolit, melainkan menggunakan polimer kering yang berbentuk lembaran plastik tipis. Salah satu kelemahannya adalah aliran ion yang lemah saat melewati elektrolit polimer kering. Ini dapat menyebabkan baterai mengembung dan mengalami penurunan kinerja saat diisi ulang.

Gambar 7. Baterai Li-Po

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



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

2. Driver Motor BTN7960B

Driver motor BTN7960B merupakan komponen elektronik *dual bridge* yang berguna untuk mengendalikan tegangan dengan

memanfaatkan IC7960 yang memiliki konfigurasi *dual H bridge* yang mengendalikan polaritas tegangan keluaran. Fungsi dari driver motor ini yaitu agar mikrokontroler dapat mengendalikan laju kecepatan dan arah dari motor DC. Adapun kelebihan yang dimiliki oleh *driver* ini adalah mampu menahan arus hingga 60 A dan dapat bekerja pada tegangan *logic input* 5Vdc dan *power input* 6 – 27 Vdc serta *Pulse Width Modulator* (PWM) 10 Khz.

Gambar 8. *Driver Motor* BTN7960B

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



3. Motor PG45

Motor DC adalah tipe aktuator yang berperan sebagai motor listrik dan membutuhkan aliran arus searah pada kumparan medannya agar dapat mengubahnya menjadi energi gerak mekanik. Pada penelitian ini *actuator* yang digunakan adalah Motor PG 45 yang biasa digunakan sebagai *actuator* yang terpasang pada robot. Motor DC diatur dengan mengontrol arah dan kecepatan putarannya. Arah putaran Motor DC dapat menjadi searah jarum jam (*Clock Wise/CW*) atau berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock Wise/CCW*) tergantung pada polaritas yang dihubungkan. Kecepatan putaran motor dipengaruhi oleh besar atau

kecilnya arus yang mengalir melalui motor. Dalam penelitian ini, digunakan Motor DC tipe PG45. Motor DC PG45 memiliki *planetary gear* dengan panjang 45mm, memiliki kecepatan putar 2400 RPM, dan torsi hingga 10Kg/cm. Arus yang dibutuhkan oleh motor ini berkisar antara 2.5A hingga 5A, tergantung pada beban kerja motor. Sumber tegangan yang digunakan untuk menjalankan motor ini membutuhkan daya tegangan sebesar 24V.

Gambar 9. Motor PG45

(Sumber: <https://www.foneacc-motion.com>)



4. Sensor *Rotary Encoder*

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

Gambar 10. Sensor Rotary Encoder LPD3806

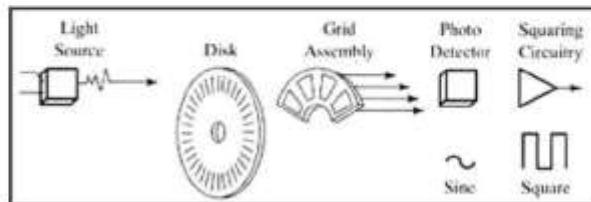
(Sumber: <https://indonesian.alibaba.com>)



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

Gambar 11. Blok Penyusunan Rotary Encoder

(Sumber: Fikri & Endryansyah, 2019)



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

Tabel 2. Spesifikasi Sensor *Rotary Encoder*

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

5. LCD (*Liquid Crystal Display*)

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

yang dilengkapi dengan *pin* data, catu daya, *control*, serta pengatur kontras tampilan.

Gambar 12. LCD 20×4

(Sumber: <https://www.jualarduinojogja.com/lcd-4x20-biru/>)



Untuk spesifikasi *Module* LCD dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi LCD

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

6. Mikrokontroler STM32F407

Mikrokontroler STM32F407 merupakan sebuah sistem minimum yang dikembangkan dan produksi oleh STMicroelectronics dari Italia. STM32F407 dirancang menggunakan 32-Bit *Reduced Instruction Set Computer* (RISC). Arsitektur *processor* dari RISC sendiri sudah menggunakan *Advanced RISC Machine* atau biasa disingkat ARM, kelebihan dari penggunaan ARM sendiri mengurangi konsumsi daya,

menghemat *size memory* sehingga kinerja dari *device* yang menggunakan ARM menjadi lebih tinggi, beberapa seri ARM yang sudah sering digunakan pada *smartphone* serta perangkat cerdasnya yaitu: ARM *Cortex-M*, ARM *Cortex-R*, dan ARM-*Core* (Raharjo, 2021).

Gambar 13. Mikrokontroler STM32F407

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

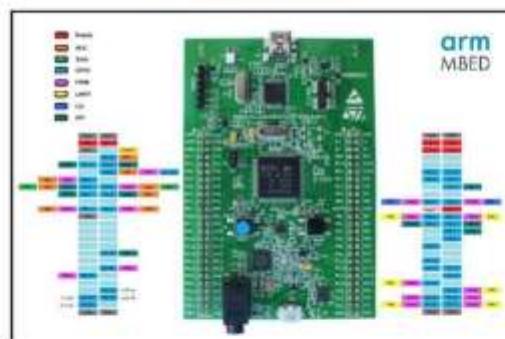


STM32F407 menggunakan ARM *Cortex-M* dengan 1Mb *Flash Memory* serta dibekali 192 Kb RAM dan merupakan sistem minimum yang langsung dapat ditulis ulang programnya tanpa perlu menggunakan ST-Link karena pada STM32F407 sudah terdapat internal ST-Link, memiliki 100 Port I/O otomatis memberikan banyak fitur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

Timer, Analog To Digital Converter, dan Interrupt. Adapun STM32F407 memiliki pinout sebagai berikut.

Gambar 14. Pinout Mikrokontroler STM32F407

(Sumber: <http://www.hackster.io>)



7. *Omni-Directional Wheel*

Omni-Directional wheel merupakan suatu roda yang memiliki kemampuan untuk bergerak bebas secara dua arah. Roda ini berputar seperti roda pada umumnya. *Omni wheel* memiliki kemampuan bergerak kesamping karena design roda disepanjang lingkarnya yang sangat memungkinkan *omni wheel* untuk bergerak ke arah samping.

Gambar 15. Omni Wheels

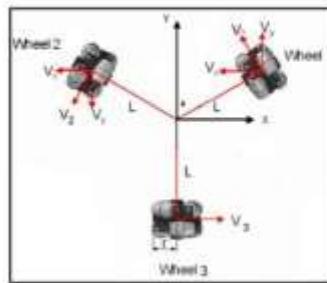
(Sumber: <https://www.rotacaster.com.au/>)



Pemanfaatan sebuah penggerak pada suatu mobile robot dengan memanfaatkan teknologi roda omni secara pergerakan bisa dapat lebih efisien karena robot mampu menghasilkan manuver atau gerakan ke segala arah tanpa harus mengubah arah rodanya terlebih dahulu. Roda *omni* dapat dimanfaatkan pada sebuah *mobile robot* minimal dengan memasangkan dengan tiga buah roda omni dengan beda sudut sebesar 120° antar masing-masing rodanya. Tata letak roda robot dapat dilihat pada gambar berikut:

Gambar 16. Tata Letak Omni-Directional Wheel

(Sumber: Priambudi & Mobed Bachtiar, 2018)



C. Komponen Perangkat Lunak (*Software*)

1. STM32 CubeMX

STM32 CubeMX merupakan software yang dibuat oleh STMicroelectronics yang berfungsi sebagai alat konfigurasi mikrokontroler dengan arsitektur ARM Cortex-M. Rani & Kumar (2016) menjelaskan bahwa software ini memiliki fasilitas seperti pemilihan unit mikrokontroler, software ini memiliki banyak pilihan mikrokontroler dengan arsitektur ARM-Cortex-M dan juga

menyarankan pemilihan pin yang akan kita gunakan serta memeriksa konsistensi pin yang telah kita pilih yang nantinya akan menghasilkan file konfigurasi berupa program STM32 untuk dibuka ke middleware. Dari konfigursi tersebut maka akan dihasilkan kode sesuai peripheral dan board STM32 yang telah kita pilih. Sofware STM32 CubeMX ini juga dapat kita unduh secara gratis melalui web resmi STM32, yaitu www.st.com/stm32cubemx. Tampilan utama dari software STM32 CubeMX dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini.

Gambar 17. Tampilan Utama Software STM32 CubeMX



2. Keil µVision IDE

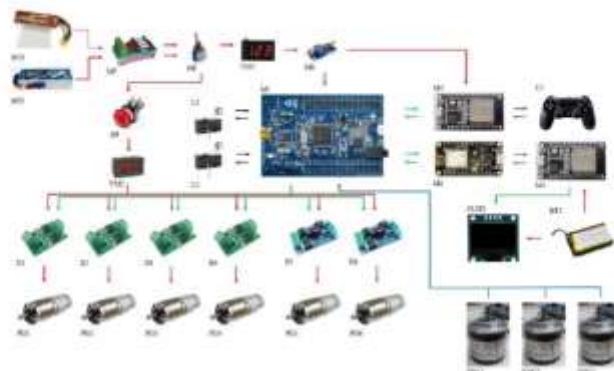
Keil µVision adalah bagian dari Keil *Development Toolchain*. Keil µVision merupakan *window-based* platform pengembangan perangkat lunak yang mengintegrasikan semua alat yang dibutuhkan untuk mengembangkan *embedded-application* termasuk *compiler C/C++*, *assembler makro*, *linker/locator*, dan *generator file HEX*. Software Keil µVision IDE menggunakan basis bahasa pemrograman berupa

C/C++ sehingga pada dasarnya bahasa pemrogramannya hampir sama dengan bahasa pemrograman pada *software* Arduino IDE.

Gambar 18. Tampilan Utama Keil µVision IDE



D. Diagram Rangkaian Sistem Robot

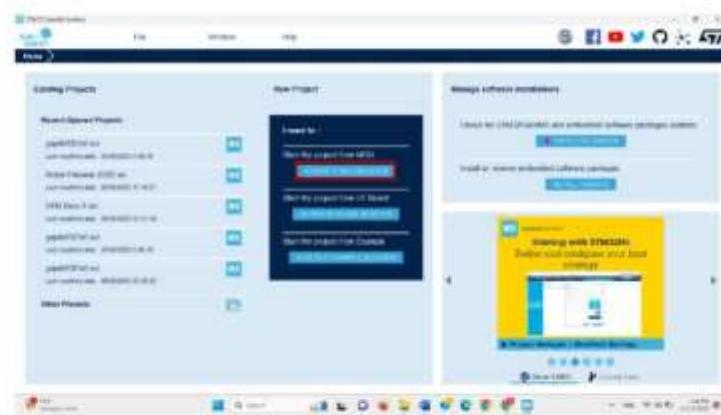


Keterangan:

BT	= Baterai	M2, M4 = Mikrokontroler ESP32
C	= Controller	M3 = Mikrokontroler ESP8266
D	= Driver Motor BTN7960B	MF = Modul Stepdown
EB	= Emergency Button	MS = Modul Stepdown
ENC	= Sensor Rotary Encoder	PG = Motor PG-45
L	= Sensor Limit Switch	SW = Switch/Saklar
M1	= Mikrokontroler STM32F407	VM = Voltmeter

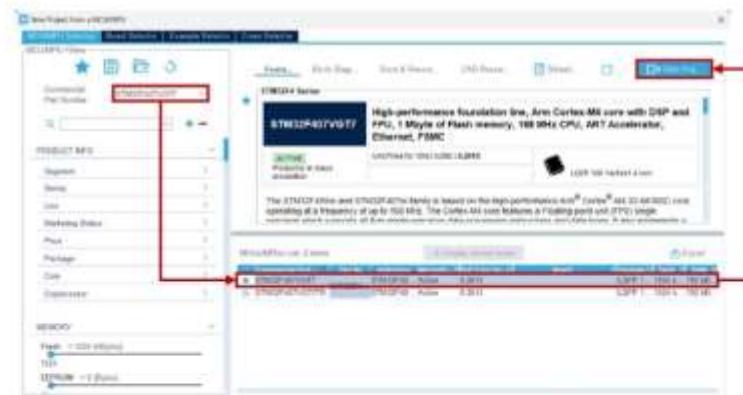
E. Langkah-Langkah Pembuatan *Path Tracking Robot* Menggunakan *Odometry* Bagian *Software*

1. Siapkan peralatan praktikum.
2. Buka aplikasi STM CUBE MX lalu klik *Access to MCU Selector*.



3. Pada kolom *Commercial Part Number*, ketik "STM32F407VGT7".

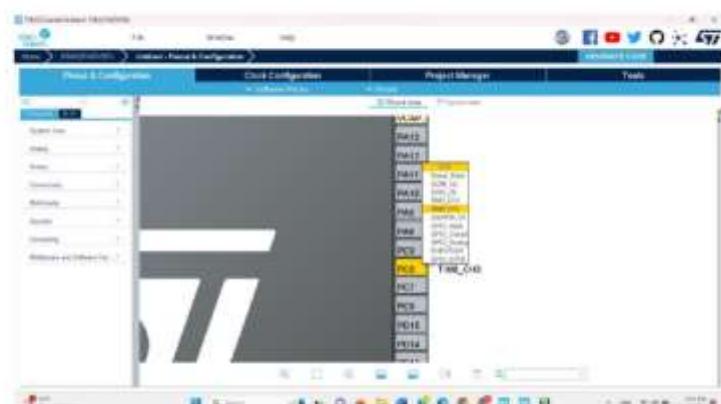
Klik kolom yang ditunjukkan pada gambar di bawah lalu klik *Start Project*.



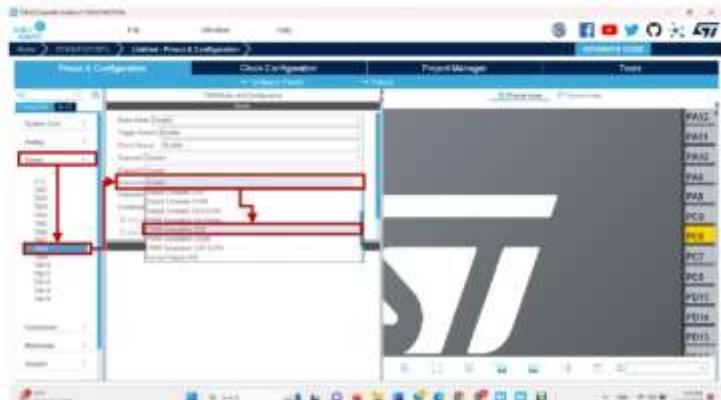
4. Tunggu hingga aplikasi selesai dimuat, sampai muncul tampilan yang mirip dengan gambar di bawah ini.



5. Klik pin C8 lalu pilih TIM8_CH3.



6. Klik Timers > TIM8 > Channel 3 > PWM Generation CH3



7. Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



8. Klik pin B8 lalu pilih TIM10_CH1



9. Klik Timers > TIM10 > Activated > Channel 1 > PWM Generation CH1.

Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



10. Klik pin B9 lalu pilih TIM11_CH1



11. Klik Timers > TIM11 > Activated > Channel 1 > PWM Generation CH1.

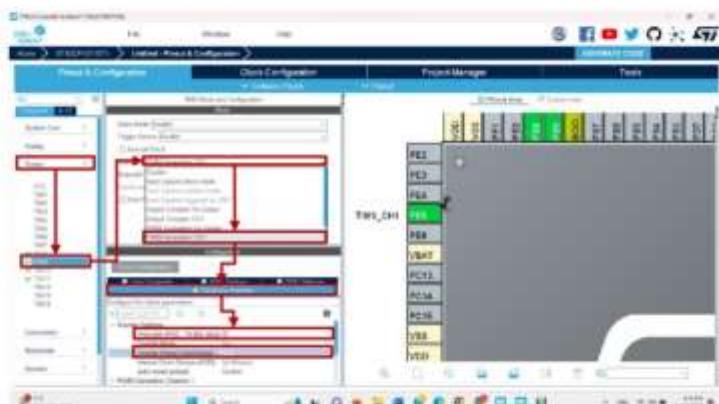
Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



12. Klik pin E5 lalu pilih TIM9_CH1



13. Klik *Timers* > *TIM9* > *Channel 1* > *PWM Generation CH1*. Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



14. Klik pin D1 lalu pilih GPIO_Output



15. Ulangi langkah 14 pada pin D2, B6, B7, E1, E2, E3, dan E4.

16. Klik pin D5 lalu pilih USART2_TX



17. Klik pin D6 lalu pilih USART2_RX



18. Klik *Connectivity* > *USART2* > *Mode* > pilih *Asynchronous*. Pada *Parameters Setting*, ganti *Baud Rate* menjadi 115200 Bits/s.



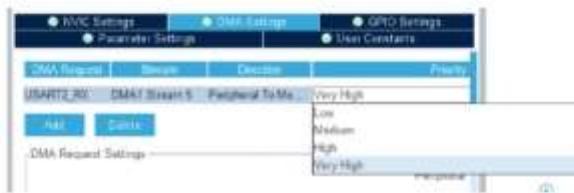
19. Klik *NVIC Settings*, lalu klik enabled pada USART2 *global interrupt* hingga muncul tanda centang.



20. Klik *DMA Settings* lalu klik tombol *Add*. Setelah itu, pilih USART2_RX.



21. Pada bagian *Priority* pilih *Very High*.



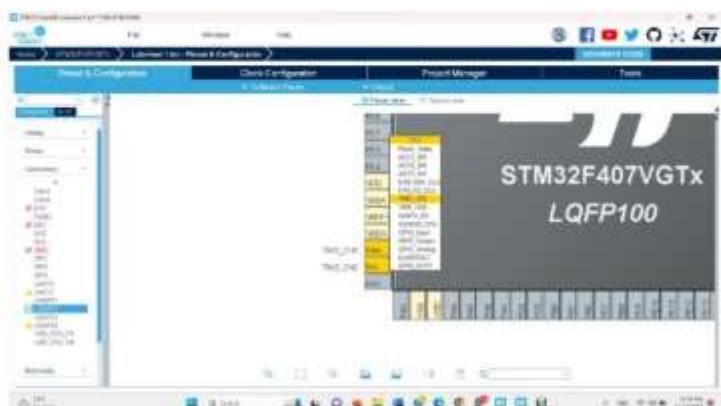
22. Ubah pin B10 menjadi USART3_TX dan pin B11 menjadi USART3_RX.

23. Ulangi langkah 18 – 20 untuk USART3.

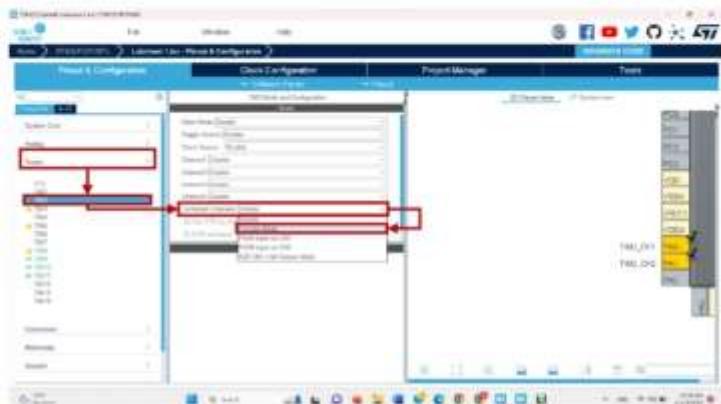
24. Klik pin A0 lalu pilih TIM2_CH1



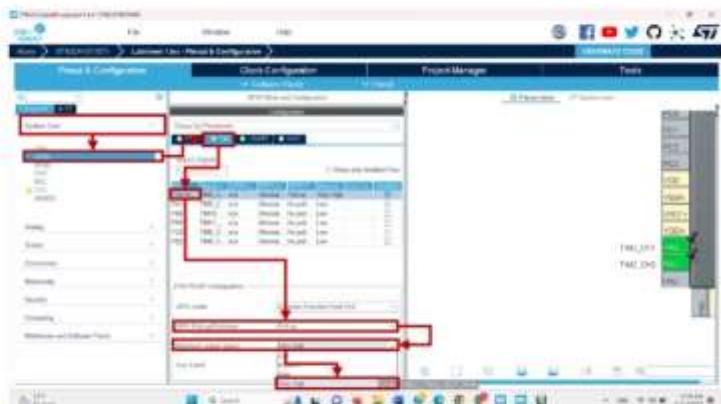
25. Klik pin A1 lalu pilih TIM2_CH2



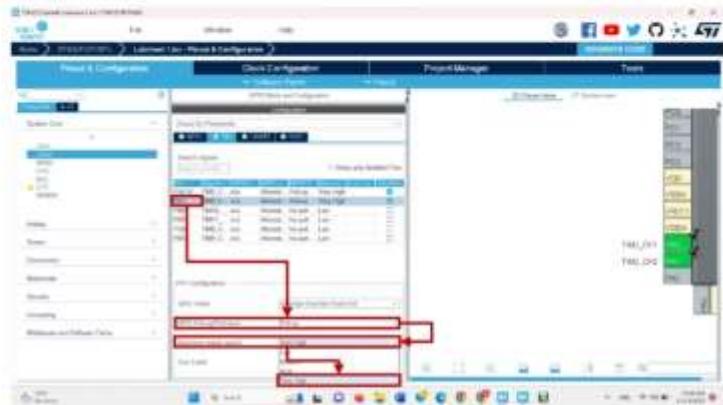
26. Klik *Timers* > *TIM2* > *Combined Channel* > pilih *Encoder Mode*.



27. Klik *System Core* > *GPIO* > *TIM* > klik pin A0. Lalu ganti *GPIO Pull-up/Pull-down* menjadi *Pull-up* dan ganti *Maximum Output Speed* menjadi *Very High*.



28. Ulangi langkah 25 pada pin A1.



29. Setting *timer* pin A6 menjadi TIM3_CH1, pin A7 menjadi TIM3_CH2, pin E9 menjadi TIM1_CH1, dan pin E11 menjadi TIM1_CH2.

30. Ulangi langkah 24 – 25 untuk pin TIM1 dan TIM3.

31. Klik pin D0 lalu pilih GPIO_OUTPUT.



32. Ulangi langkah 29 pada pin C12, C11, C10, A15, A14, dan A13.

33. Klik kanan pada pin D0 lalu klik *Enter User Label*.



34. Beri nama dengan RS.



35. Ulangi langkah 31 pada pin C12, C11, C10, A15, A14, dan A13 dengan penamaan pin seperti gambar di bawah.



36. Klik *Clock Configuration* lalu ubah HCLK menjadi 168 dan klik *enter*.



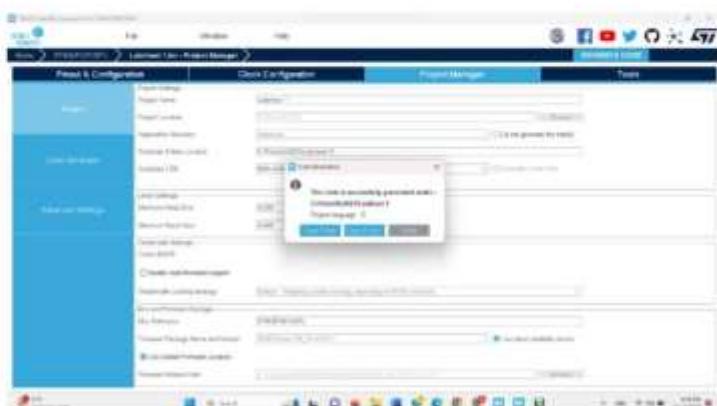
37. Akan muncul kotak dialog seperti gambar di bawah. Klik OK.



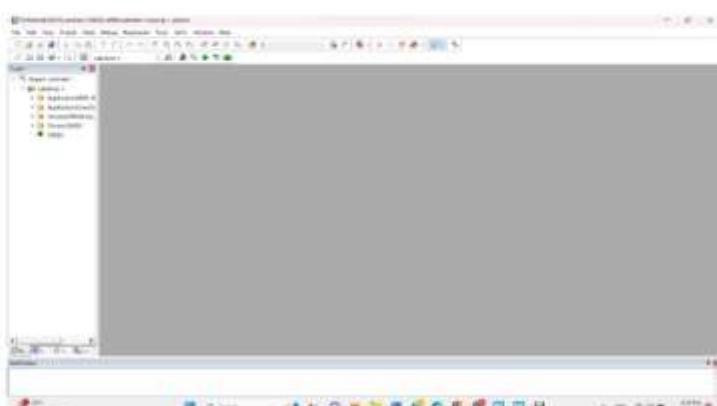
38. Klik *Project Manager*, lalu beri nama file sesuai keinginan. Setelah itu, pada *Toolchain / IDE* pilih MDK-ARM lalu *Generate Code*.



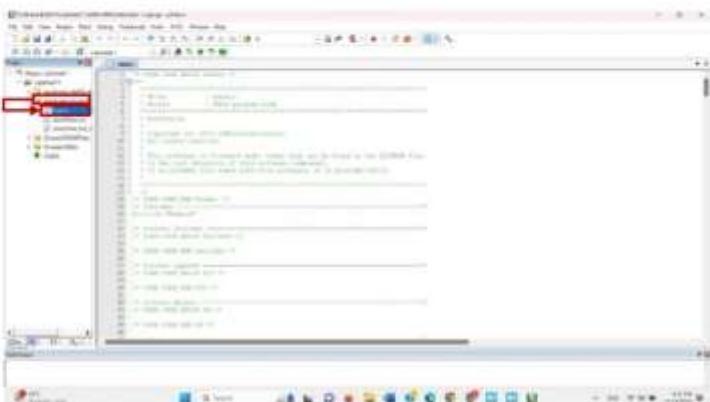
39. Klik *Open Project*.



40. Tunggu hingga aplikasi selesai dimuat sampai muncul tampilan yang mirip dengan gambar di bawah ini.



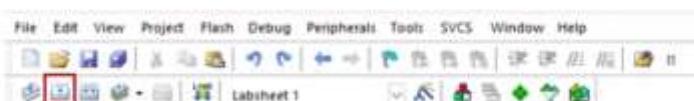
41. Pada sidebar, klik *Application/User/...* lalu klik dua kali pada main.c



42. Masukkan program Keil uVision yang ada di sub bab G (Pemrograman

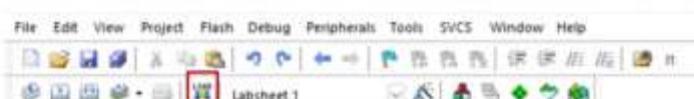
Path Tracking Robot Menggunakan Odomeery) pada *main.c*

43. Klik ikon *Build* atau klik tombol F7 pada *keyboard*.



44. Hubungkan kabel downloader ke port mikrokontroler.

45. Klik ikon *Download* atau klik tombol F8 pada *keyboard*.



46. Setelah program terupload langkah selanjutnya adalah membuat program untuk ESP8266. Untuk memprogram ESP8266 gunakan aplikasi Arduino IDE.

47. Buka aplikasi Arduino IDE, pilih 'file' lalu pilih 'New' untuk membuat projek baru



48. Lalu pilih board ESP8266 dengan menu *Tools > Board > ESP8266 >* pilih *Generic ESP8266 Module*



49. Masukkan program Arduino *Transmitter* yang ada di sub bab G (Pemrograman Path Tracking Robot Menggunakan Odometry).

50. Pastikan semua *library* sudah terinstal.

51. Setelah semua *library* terinstal dan program selesai dituliskan, Langkah berikutnya adalah mem-debug program dengan menekan tombol "verify" sebelah kiri atas berlambang tanda centang.



52. Setelah program sudah benar, langkah berikutnya adalah upload program pada ESP8266 dengan kabel uploader dengan cara Pilih *Tools* > pilih COM > pilih COM yang terhubung dengan ESP8266 > tekan tombol *upload* yang berada disamping tombol *verify*



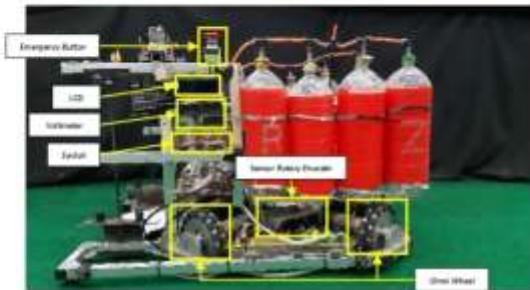
53. Setelah program ESP8266 (*Transmitter*) sudah berhasil diupload, selanjutnya adalah membuat program untuk ESP32 (*Receiver*).
 54. Ulangi Langkah 34 untuk membuat program baru.
 55. Lalu pilih board ESP32 dengan menu *Tools* > *Board* > *ESP32* > pilih *ESP32 Dev Module*



56. Masukkan program Arduino *Receiver* yang ada di sub bab G (Pemrograman Path Tracking Robot Menggunakan Odometry)
 57. Setelah program selesai dibuat, ulangi langkah 51-53 untuk mengupload hasil program ke ESP32.

F. Langkah-Langkah dalam Pengoperasian Path Tracking Robot

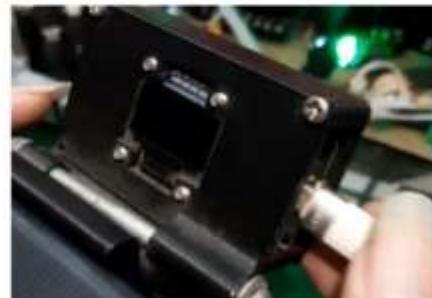
Menggunakan Odometry



1. Pasang baterai Li-Po pada robot untuk sumber tegangan.



2. Kemudian pasang Baterai Li-ion pada sistem monitoring untuk sumber tegangan.



3. Setelah seluruh baterai terpasang, sambungkan semua kabel saklar supaya tegangan bisa mengalir menuju rangkaian.



4. Pastikan *Emergency Button* dalam keadaan *release*.



5. Nyalakan *controller* dan tunggu hingga *controller* terhubung pada robot.



6. Klik tombol pada *controller* untuk mengoperasikan robot sesuai dengan program yang telah dibuat.
7. Amati LCD untuk melihat data keluaran dari koordinat robot.

G. Pemrograman Path Tracking Robot Menggunakan Odometry

1. Program Keil uVision
 - a. Menyalakan Motor PG-45

```
void drive_motor_base(int pwm1, int pwm2, int pwm3, int pwm4){  
    // depan kiri, depan kanan, belakang kanan, belakang kiri  
    HAL_TIM_PWM_Start(&htim8, TIM_CHANNEL_3); //base A  
    HAL_TIM_PWM_Start(&htim10, TIM_CHANNEL_1); //base B  
    HAL_TIM_PWM_Start(&htim11, TIM_CHANNEL_1); //base C  
    HAL_TIM_PWM_Start(&htim9, TIM_CHANNEL_1); //base D  
  
    //SET PWM MOTOR BASE A  
    if(pwm1 < 0){  
        TIM8->CCR3 = -pwm1;  
        HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_A_DIR1_GPIO_Port,  
                         BASE_MOTOR_A_DIR1_Pin, 1);  
        HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_A_DIR2_GPIO_Port,  
                         BASE_MOTOR_A_DIR2_Pin, 0);  
    } else if(pwm1 == 0){  
        TIM8->CCR3 = 0;  
        HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_A_DIR1_GPIO_Port,  
                         BASE_MOTOR_A_DIR1_Pin, 0);  
        HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_A_DIR2_GPIO_Port,  
                         BASE_MOTOR_A_DIR2_Pin, 0);  
    } else if(pwm1 > 0){  
        TIM8->CCR3 = pwm1;  
        HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_A_DIR1_GPIO_Port,  
                         BASE_MOTOR_A_DIR1_Pin, 0);  
        HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_A_DIR2_GPIO_Port,  
                         BASE_MOTOR_A_DIR2_Pin, 1);  
    }  
  
    //SET PWM MOTOR BASE B  
    if(pwm2 > 0){  
        TIM10->CCRL = pwm2;  
        HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_B_DIR1_GPIO_Port,  
                         BASE_MOTOR_B_DIR1_Pin, 1);  
        HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_B_DIR2_GPIO_Port,  
                         BASE_MOTOR_B_DIR2_Pin, 0);  
    }  
}
```

```

else if(pwm2 == 0){
    TIM10 -> CCR1 = 0;
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_B_DIR1_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_B_DIR1_Pin, 0);
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_B_DIR2_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_B_DIR2_Pin, 0);
}

else if(pwm2 < 0){
    TIM10 -> CCR1 = -pwm2;
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_B_DIR1_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_B_DIR1_Pin, 0);
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_B_DIR2_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_B_DIR2_Pin, 1);
}

//SET PWM MOTOR BASE C
if(pwm3 >= 0){
    TIM11 -> CCR1 = pwm3;
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_C_DIR1_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_C_DIR1_Pin, 1);
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_C_DIR2_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_C_DIR2_Pin, 0);
}

else if(pwm3 == 0){
    TIM11 -> CCR1 = 0;
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_C_DIR1_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_C_DIR1_Pin, 0);
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_C_DIR2_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_C_DIR2_Pin, 0);
}

else if(pwm3 < 0){
    TIM11 -> CCR1 = -pwm3;
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_C_DIR1_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_C_DIR1_Pin, 0);
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_C_DIR2_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_C_DIR2_Pin, 1);
}

```

```

//SET PWM MOTOR BASE D
if(pwm4 >= 0){
    TIM9 -> CCRL = pwm4;
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR1_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_D_DIR1_Pin, 1);
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR2_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_D_DIR2_Pin, 0);
}
else if(pwm4 == 0){
    TIM9 -> CCRL = 0;
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR1_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_D_DIR1_Pin, 0);
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR2_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_D_DIR2_Pin, 0);
}
else if(pwm4 < 0){
    TIM9 -> CCRL = -pwm4;
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR1_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_D_DIR1_Pin, 0);
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR2_GPIO_Port,
    BASE_MOTOR_D_DIR2_Pin, 1);
}
}

```

Penjelasan program:

➤ Parameter Fungsi

```
void drive_motor_base(int pwm1, int pwm2, int
pwm3, int pwm4);
```

Ini adalah deklarasi fungsi **drive_motor_base** yang menerima empat parameter, yaitu **pwm1**, **pwm2**, **pwm3**, dan **pwm4**, yang mungkin mewakili kecepatan PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk empat motor.

➤ Menyalakan PWM untuk Masing-Masing Motor

```
HAL_TIM_PWM_Start(shtim8, TIM_CHANNEL_3);  
HAL_TIM_PWM_Start(shtim10, TIM_CHANNEL_1);  
HAL_TIM_PWM_Start(shtim11, TIM_CHANNEL_1);  
HAL_TIM_PWM_Start(shtim9, TIM_CHANNEL_1);
```

Mengaktifkan sinyal PWM untuk masing-masing motor menggunakan fungsi dari HAL (*Hardware Abstraction Layer*)

➤ Mengatur PWM

```
if(pwm4 >= 0){  
    TIM9->CCR1 = pwm4;  
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR1_GPIO_Port,  
    BASE_MOTOR_D_DIR1_Pin, 1);  
    HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR2_GPIO_Port,  
    BASE_MOTOR_D_DIR2_Pin, 0);  
}  
else if(pwm4 == 0){...}  
else if(pwm4 < 0){...}
```

- Mengatur kecepatan PWM untuk motor (TIM9->CCR1) sesuai dengan nilai pwm1.
- Mengendalikan arah putaran motor berdasarkan tanda dari nilai pwm1. Jika pwm1 kurang dari 0, maka motor berputar ke belakang; jika sama dengan 0, maka motor berhenti; jika lebih dari 0, maka motor berputar ke depan.

b. Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder*

```
int Enc_sampling3, Enc_Count2, enkoder2, v3_encoder,
last_v3_encoder, EncoderC, enc3;

void Encoder_Init() {
    HAL_TIM_Encoder_Start_IT(shtim2,TIM_CHANNEL_1);
    HAL_TIM_Encoder_Start_IT(shtim2,TIM_CHANNEL_2);
    Enc_sampling3=0;
    TIM2->CNT=65535;
}

int16_t Get_Enc2() {
    Enc_sampling3=TIM2->CNT - 65535;
    TIM2->CNT=65535;
    Enc_Count2+= (Enc_sampling3);
    Enc_sampling3=0;
    return Enc_Count2;
}

void BacaEncoder_fix() {
    enkoder2= (float) Get_Enc2() *-1; //VI
    v3_encoder=(enkoder2-last_v3_encoder);
    last_v3_encoder=enkoder2;
    if(enkoder2 > 30000){
        enkoder2 -= 30000;
        last_v3_encoder -= 30000;
        Enc_Count2 = enkoder2;
    }
    if(enkoder2 < -30000){
        enkoder2 += 30000;
        last_v3_encoder += 30000;
        Enc_Count2 = enkoder2;
    }
    EncoderC = EncoderC + v3_encoder;
}
```

Penjelasan program:

➤ Deklarasi Variabel

Enc_sampling3, Enc_Count2, enkoder2, v3_encoder, last_v3_encoder, EncoderC, dan enc3 adalah variabel global yang digunakan dalam fungsi-fungsi di bawahnya.

➤ Fungsi “Encoder_init”

Menginisialisasi encoder. Mengaktifkan interrupt pada encoder menggunakan fungsi HAL. Mengatur Enc_sampling3 menjadi 0 dan CNT dari Timer 2 menjadi 65535.

➤ Fungsi “Get_enc”

Mendapatkan nilai encoder dan menghitung jumlah putaran (counter). Fungsi ini mengembalikan nilai Enc_Count2.

➤ Fungsi “BacaEncoder_fix”

Membaca nilai encoder, menghitung perubahan (delta) nilai encoder (**v3_encoder**). Menangani kondisi ketika nilai encoder melampaui batas 30000 atau -30000, dan kemudian mengakumulasi nilai encoder (**EncoderC**).

c. Pemetaan Odometry

```
-----variabel sin dan cos odometry-----
Float cos_encoder, degcos_encoder, hasil_cos_encoder;
Float sin_encoder, degsin_encoder, hasil_sin_encoder;
Float cos_odometry, degcos_odometry, hasil_cos_odometry;
Float sin_odometry, degsin_odometry, hasil_sin_odometry;
-----variabel persamaan vx dan vy-----
Float tipe, tipel, tipe2, tipe3, tipe4, tipe5, vx, vy;
Float encoder_x, encoder_y, encoder_z;
Float value, roda1, roda2, roda3;
Float x1, x2, x3, x4, YD, XD, sudut_theta, y_global, x_global;
-----variabel input sudut navigasi-----
Float error_y, error_x, data_kompas, yaw_shadow, A, B, Cr;
Float spx1, spyl, epx1, epy1, spx2, spy2, epx2, epy2;
Float jarak_gerak, sudut_gerak, HH, heading_yaw;
Int step;
void odometry()
{
    //-----program mengubah sudut ke radian-----
    cos_encoder=60; //input cos
    degcos_encoder=(cos_encoder/57.325); //konversi
    hasil_cos_encoder=cos(degcos_encoder); //hasil cos

    sin_encoder=60; //input sin
    degsin_encoder=(sin_encoder/57.325); //konversi
    hasil_sin_encoder=sin(degsin_encoder); //hasil sin

    //-----persamaan mencari nilai vx linear--
    tipe=(-{vl_encoder*hasil_cos_encoder});
    tipel=(tipe-(v2_encoder*hasil_cos_encoder));
    tipeee=(tipel+v3_encoder);
    vx=(tipeee*(-15));
}
```

```

//-----persamaan mencari nilai vy linear---
tipe2=(v1_encoder*hasil_sin_encoder);
tipe3=(v2_encoder*hasil_sin_encoder);
tipe4=((tipe2-tipe3));
vy=(tipe4*15);

//-----perhitungan mencari nilai theta-----
encoder_x+= v1_encoder;
encoder_y+= v2_encoder;
encoder_z+= v3_encoder;
value=(5.0/57.0);
rodal=(encoder_x*value);
roda2=(encoder_y*value);
roda3=(encoder_z*value);
sudut_theta=((rodal+roda2+roda3)/1.02777778);

//program mengubah nilai theta menjadi bentuk radian
cos_odometri=data_kompas; //sudut cos
degsin_odometri=(cos_odometri/57.325);
hasil_cos_odometri=cos(degsin_odometri); //hasil cos
sin_odometri=data_kompas; //sudut sin
degsin_odometri=(sin_odometri/57.325);
hasil_sin_odometri=sin(degsin_odometri); //hasil sin
//-----persamaan nilai vx-----
x1=(vx*hasil_cos_odometri);
x2=(vy*hasil_sin_odometri);
XD+=(x1-x2); //

```

```

//-----persamaan nilai vx-----
x3=(vx*hasil_sin_odometri);
x4=(vy*hasil_cos_odometri);
YD+=(x4+x5);

//-----hasil odometry-----
y_global=(YD/(-460));
x_global=(XD/460);
sudut_theta=((roda2+roda3+roda4)/1.02777778);
}

void gerak(int tx, int ty,int yaw_shadow,int set_kecepatan)
{
error_y=ty-vy; //tujuan koordinat-real time koordinat
error_x=tx-vx; //tujuan koordinat-real time koordinat
data_kompas=sudut_theta;//Heading robot
//-----perhitungan menuju ke tujuan koordinat-----
spx1 = y_global;
spyl = x_global;
epx1 = y_global + (cos(data_kompas * (3.14 / 180.0)) * 26);
epy1 = x_global + (sin(data_kompas * (3.14 / 180.0)) * 26);
spx2 = y_global;
spy2 = x_global;
epx2 = ty;
epy2 = tx;
jarak_gerak = sqrt(pow(spx1 - epx2, 2) + pow(spy1 - epy2, 2));
sudut_gerak = (atan2(epyl - spyl, epx1 - spx1) -
atan2(epy2 - spy2, epx2 - spx2)) * (180.0 / 3.14);
//-----perhitungan menuju heading tujuan-----
if(data_kompas<yaw_shadow)
{
A=yaw_shadow-data_kompas;
B=360-A;
C=B;
}
}

```

```

//-----perhitungan menuju heading tujuan-----
else( B=data_kompas-yaw_shadow;C=B;)
if(C>180) (HH=(-360)+C;)
else (HH=C;)

if(sudut_gerak < 0) (sudut_gerak = (sudut_gerak*-1););
else (sudut_gerak = 360 - sudut_gerak;)

if(sudut_gerak > 360) (sudut_gerak = sudut_gerak - 360;)

heading_yaw=HH; sudut_gerak = sudut_gerak + 90;
//----program ketika tujuan koordinat sudah terpenuhi----
if((y_global < ty + 4 && y_global > ty- 4) &&
(x_global < tx+ 4 && x_global > tx - 4)) stop();step++;;
else (set_sudut(sudut_gerak,Dtheta,heading_yaw););

```

Penjelasan Program:

➤ Fungsi “odometry”

Fungsi ini mengimplementasikan perhitungan *odometry* dan transformasi koordinat dari nilai *encoder*.

➤ Program Mengubah Sudut ke Radian

```

cos_encoder = 60;
degcos_encoder = (cos_encoder / 37.325);
hasil_cos_encoder = cos(degcos_encoder);
sin_encoder = 60;
degsin_encoder = (sin_encoder / 37.325);
hasil_sin_encoder = sin(degsin_encoder);

```

Mengubah nilai cos dan sin dari sudut (di sini, nilai tetap 60 derajat)

➤ Persamaan Mencari Nilai vx dan vy Linear

```

tipe = (-v1_encoder * hasil_cos_encoder);
time1 = (time - (x2_encoder * hasil_cos_encoder));
tipee = (tipe1 + x2_encoder);
vx = (tipee * (.00));
time2 = (v2_encoder * hasil_sin_encoder);
time3 = (v2_encoder * hasil_sin_encoder);
time4 = ((time2 - time3));
vy = (time4 * (.00));

```

Menghitung nilai vx dan vy berdasarkan nilai *encoder*.

- Hasil Odometry

```
y_global = (YD / (-460));
x_global = (XD / 460);
```

Menghitung hasil odometri dan mengupdate posisi robot.

- Fungsi "gerak"

Fungsi ini mengimplementasikan kendali gerakan berdasarkan perhitungan *odometry* dan *input*.

2. Program Arduino

a. Transmitter

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESPAAsyncWebServer.h>

//WiFi
const char* ssid = "Maestro-Gajah";
const char* password = "123456789";
char data;
int count = 0;
int timer, timerlast = 0;
AsyncWebServer server(80);
String respon;

const unsigned int MAX_MESSAGE_LENGTH = 80;
String pesan;

String kirim(){
    return String(pesan);
}

String cobakirim(){
    return String(1);
}
```

```

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    WiFi.softAP(ssid, password);
    IPAddress IP = WiFi.softAPIP();
    Serial.print("Setting AP (Access Point)..");
    Serial.print("AP IP address: ");
    Serial.println(IP);
    server.on("/kirimdata", HTTP_GET, [](){AsyncWebServerRequest
    * request) {
        respon = kirim();
        if(respon.indexOf('G') != -1){
            count++;
        }
        request->send_200("text/plain", kirim().c_str());
    });
    server.begin();
}

void loop() {
    if (Serial.available() > 0){
        static char message[MAX_MESSAGE_LENGTH];
        static unsigned int message_pos = 0;
        char inByte = Serial.read();
        if (inByte != '\n' && (message_pos < MAX_MESSAGE_LENGTH
- 1)){
            message[message_pos] = inByte;
            message_pos++;
        }
        else{
            message[message_pos] = '\0';
            pesan = message;
            message_pos = 0;
        }
    }
    timer = millis();
    if(timer - timerlast > 1000){
        Serial.println(count);
        timerlast = timer;
        count = 0;
    }
}

```

Penjelasan program:

- Pada bagian awal terdapat Dua library utama yang diperlukan untuk menggunakan ESP8266 : ESP8266WiFi.h untuk koneksi WiFi dan ESPAsyncWebServer.h untuk membuat server web asinkron.
- Kemudian pada baris berikutnya terdapat Nama dan kata sandi dari jaringan WiFi access point yang akan dibuat oleh ESP8266.
- Fungsi integer count; Sebuah variabel untuk menghitung kemunculan karakter 'G' dalam respon dari server.
- Fungsi timer dan timerlast: Variabel untuk mengukur waktu.
- Fungsi server: Objek dari kelas AsyncWebServer untuk menangani permintaan HTTP.
- Fungsi kirim(): Mengembalikan isi dari variabel pesan.
- Fungsi cobakirim(): Selalu mengembalikan string "1"
- Pada bagian setup()
 - ❖ Serial diinisialisasi dengan kecepatan 115200.
 - ❖ Access Point (AP) WiFi dibuat dengan menggunakan WiFi.softAP(ssid, password).
 - ❖ IP dari AP dicetak di Serial Monitor.
 - ❖ Route "/kirimdata" ditetapkan untuk menanggapi permintaan HTTP GET. Jika terdapat karakter 'G' dalam respon, maka count akan bertambah.

Kemudian, respons dikirim kembali dengan kode status 200 dan tipe konten "text/plain".

- Pada bagian loop
 - ❖ Serial diinisialisasi dengan kecepatan 115200.
 - ❖ Access Point (AP) WiFi dibuat dengan menggunakan WiFi.softAP(ssid, password).
 - ❖ IP dari AP dicetak di Serial Monitor.
 - ❖ Route "/kirimdata" ditetapkan untuk menanggapi permintaan HTTP GET. Jika terdapat karakter 'G' dalam respon, maka count akan bertambah.
- Kemudian, respons dikirim kembali dengan kode status 200 dan tipe konten "text/plain".

b. Receiver

```
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>

char data;
int count = 0;
int timer, timerlast = 0;
const char* ssid = "Maestro-Gajah";
const char* password = "123456789";
const char* serverName = "http://192.168.4.1/kirimdata";

WiFiServer server(80);
String terimedata = "";
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET 4
#define SCREEN_ADDRESS 0x3C
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire,
OLED_RESET);
#define NUMFLAKES 18
#define LOGO_HEIGHT 16
#define LOGO_WIDTH 16

unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long milisakhir = 0;
unsigned long sendDataCount = 0;
unsigned long receivedDataCount = 0;
unsigned long lastSecond = 0;
unsigned long bytesReceived = 0;
unsigned long lastTime = 0;
unsigned long totalBytesReceived = 0;

const long interval = 100;
const int downloadInterval = 1000;
```

```

String datatampil;
String tegangan;
String serong;
String pwm;
String delayy;
String modee;
String modex, tiang, grippercount, posgrip;
String enc1, enc2, enc3;
String posx, posy;

void setup() {
    Serial.begin(115200);

    if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, SCREEN_ADDRESS))
    {
        Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
        for (;;);
    }
    display.clearDisplay();
    WiFi.begin(ssid, password);
    Serial.println("Connecting");
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
        display.setTextSize(1);
        display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
        display.setCursor(0, 0);
        display.println("Menyambungkan...");
        display.display();
    }
    Serial.println("");
    Serial.print("Connected to WiFi network with IP Address:");
    Serial.println(WiFi.localIP());
}

```

Penjelasan program:

- Pada bagian awal program terdapat berbagai library untuk berbagai tugas. Adafruit_GFX.h dan Adafruit_SSD1306.h digunakan untuk mengendalikan layar OLED. WiFi.h dan

HTTPClient.h digunakan untuk koneksi WiFi dan mengirimkan permintaan HTTP

- Kemudian selanjutnya terdapat Beberapa variabel digunakan untuk menyimpan data dan menghitung waktu. 'ssid' dan 'password' adalah nama dan kata sandi jaringan WiFi. 'serverName' adalah alamat URL dari server web yang akan diakses. 'WiFiServer' digunakan untuk menangani koneksi pada port 80.
- Kemudian selanjutnya Inisialisasi layar OLED dengan menggunakan parameter seperti lebar, tinggi, alamat reset, dan alamat I2C.
- Pada bagian fungsi setup()
 - ❖ Inisialisasi komunikasi Serial dan layar OLED.
 - ❖ Menghubungkan ke jaringan WiFi menggunakan WiFi.begin(ssid, password).
 - ❖ Menampilkan pesan "Menyambungkan.." di layar OLED selama proses koneksi
- Pada bagian fungsi loop()
 - ❖ Program berada dalam loop utama.
 - ❖ Setiap 100 milidetik, program akan mencoba untuk membaca data dari server web menggunakan fungsi httpGETRequest().
 - ❖ Jika koneksi WiFi terputus, pesan "Terputus.." akan ditampilkan di layar OLED.

- Pada bagian fungsi `tampilkan()`, digunakan untuk menampilkan teks pada layar OLED pada koordinat (x, y).
- Kemudian pada fungsi `'httpGETRequest'`, mengirimkan permintaan GET ke server web dengan alamat yang diberikan. Fungsi akan mengembalikan respons dari server.
- Kemudian fungsi terakhir `'aktivasi'`, digunakan untuk menampilkan status aktivasi berbagai komponen seperti grip, base, dan shot pada layar OLED tergantung dari data yang diterima dari server web.

3. Program Visual Studio Code (Python)

```

import json
import matplotlib.pyplot as plt

# Load data from JSON file
with open('data.json', 'r') as file:
    data = json.load(file)

# Parse the timestamp and coordinates from the data
timestamps = []
coordinates = []

for timestamp, coordinate in data.items():
    x, y = map(int, coordinate.strip('{}').split(','))
    timestamps.append(timestamp)
    coordinates.append((x, y))

# Extract x and y coordinates for plotting
x_values, y_values = zip(*coordinates)

# Plot the line
plt.plot(x_values, y_values, marker='o', linestyle='--')
plt.title('Path of the Robot')

plt.xlabel('X-axis')
plt.ylabel('Y-axis')
plt.show()

```

Penjelasan program:

➤ Mengimpor Library:

```
import json
import matplotlib.pyplot as plt
```

- **json**: library ini digunakan untuk bekerja dengan data JSON (*JavaScript Object Notation*). Ini menyediakan metode untuk membaca data JSON dari file atau string dan mengonversinya menjadi objek Python.
- **matplotlib.pyplot**: Library ini digunakan untuk membuat visualisasi statis, animasi, dan interaktif di Python. Pada program ini, digunakan untuk memplot jalur robot.

➤ Memuat Data dari File JSON:

```
with open('data.json', 'r') as file:
    data = json.load(file)
```

- **open('data.json', 'r')**: Membuka file bernama 'data.json' dalam mode baca saja.
- **json.load(file)**: Membaca data JSON dari file dan memparsenya menjadi kamus Python. Data disimpan dalam variabel data.

➤ Mengurai Timestamp dan Koordinat:

```
timestamps = []
coordinates = []

for timestamp, coordinate in data.items():
    x, y = map(int, coordinate.strip('{}').split(','))
    timestamps.append(timestamp)
    coordinates.append((x, y))
```

- Loop ini melalui item kamus **data**.
- **coordinate.strip(')').split(','):** Menghapus tanda kurung dari string koordinat dan membaginya menjadi daftar string.
- **map(int, ...):** Mengonversi string menjadi bilangan bulat.
- List **timestamps** dan **coordinates** diisi dengan nilai timestamp dan tupel koordinat (x, y).

➤ **Mengekstrak Koordinat x dan y:**

- **x_values, y_values = zip(*coordinates)**
zip(*coordinates): Mentransposisi daftar koordinat, memisahkan nilai x dan y ke dalam dua daftar (**x_values** dan **y_values**).

➤ **Memplot Garis:**

- ```
plt.plot(x_values, y_values, marker='o', linestyle='-')
plt.title('Path of the Robot')
plt.xlabel('X-axis')
plt.ylabel('Y-axis')
plt.show()
```
- **plt.plot(x\_values, y\_values, marker='o', linestyle='-' ):** Memplot nilai x dan y pada grafik dengan penanda ('o') dan garis lurus ('-').
  - **plt.title('Jalur Robot'):** Menetapkan judul plot.
  - **plt.xlabel('Sumbu X'):** Menetapkan label untuk sumbu x.
  - **plt.ylabel('Sumbu Y'):** Menetapkan label untuk sumbu y.
  - **plt.show():** Menampilkan plot.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustino, D. (2022). Perancangan Robot Line Follower Pada Sadetec Sebagai Jaga Jarak Aman. *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, 11(2), 198. <https://doi.org/10.30591/polektro.v12i1.3795>
- Ardilla, F., Rachmat, A., & Besari, A. (2011). Path Tracking Pada Mobile Robot Dengan Umpam Balik Odometry. *The 13th Industrial Electronics Seminar 2011 (IES 2011)*, 2011(Ies), 1–8. <https://www.researchgate.net/publication/277179097>
- Djahi, H. J., Doo, S. Y., & Nuga, A. M. P. (2019). Rancang Bangun Robot Mobil Dengan Sistem Navigasi Berbasis Odometry Menggunakan Rotary Encoder. *Jurnal Media Elektro*, VIII(1), 59–65. <https://doi.org/10.35508/jme.v8i1.1082>
- Fikri, A. A., & Endriyansyah. (2019). Sistem Pengaturan PID Motor DC Sebagai Penggerak Mini Conveyor Berbasis Matlab. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(2), 293–301.
- Natsir, M., Rendra, D. B., & Anggara, A. D. Y. (2019). Implementasi IOT Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya. *Jurnal PROSISKO (Pengembangan Riset Dan Observasi Rekayasa Sistem Komputer)*, 6(1), 69–72.
- Nugraha, G. K., Setiawan, L., & Afrisal, H. (2021). Perancangan Dan Pengendalian Differential Drive Robot Dengan Mengaplikasikan Metode a-Star. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 10(4), 559–565. <https://doi.org/10.14710/transient.v10i4.559-565>
- Priambudi, R. A., & Mobed Bachtiar, M. (2018). Penentuan Posisi Menggunakan Odometry Omnidrive. *The Indonesian Symposium on Robotic Systems and Control, August 2019*, 1–3. <https://www.researchgate.net/publication/335311518>
- Raharjo, B. (2021). *PENGEMBANGAN FOUR-WHEEL OMNI ROBOT DENGAN SISTEM INVERSE KINEMATIC SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PADA MATA KULIAH ROBOTIKA*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rakhman, E., Basjiruddin, N. C., & Susanto, V. E. P. (2019). Robot Mobile Otonom Menggunakan Metode Odometry. *Technē : Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 18(02), 105–116. <https://doi.org/10.31358/technē.v18i02.205>
- Sihombing, H., Setiawan, E., & Akbar, S. R. (2022). Sistem Kendali Robot Beroda Wall-Follower pada Tembok Lurus dan Berbelok menggunakan Metode PID. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(11), 5129–5138. <http://j-ptik.ub.ac.id>

Lampiran 7.2 Labhseet Praktik Robotika

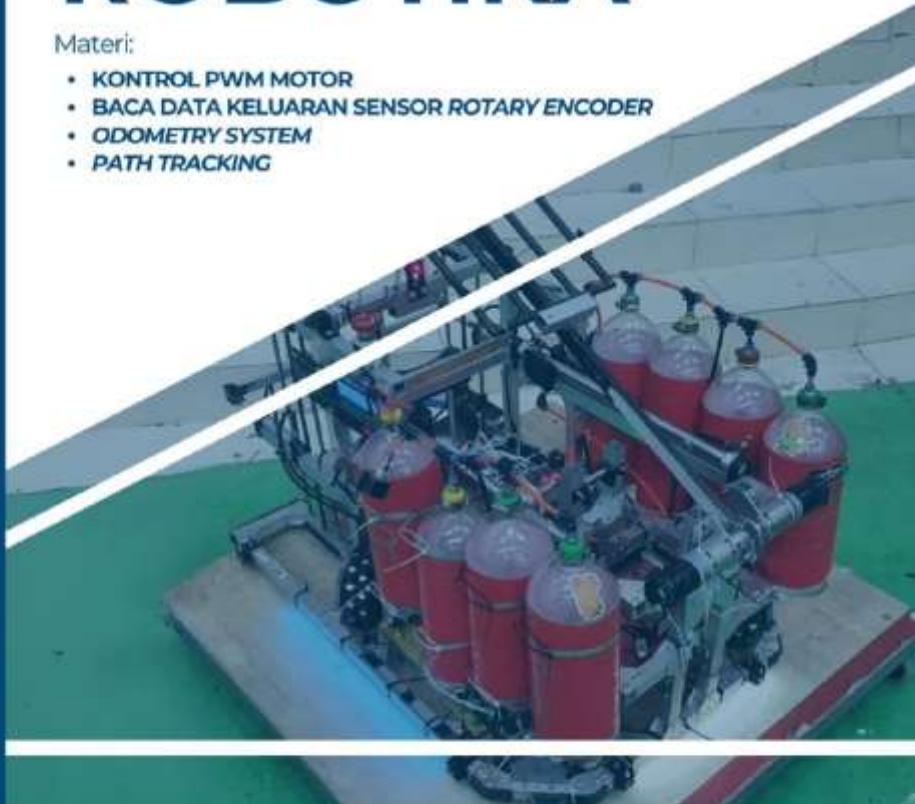
● DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO



# LABSHEET PRAKTIK ROBOTIKA

Materi:

- KONTROL PWM MOTOR
- BACA DATA KELUARAN SENSOR ROTARY ENCODER
- ODOMETRY SYSTEM
- PATH TRACKING



Penyusun:

**ALIFIA PUTRI QABILA**  
20518244014

Pembimbing:

**Dr. HERLAMBANG SIGIT P., S.T., M.Cs**  
196508291999031001

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 2 dari 27

**A. Kompetensi**

Mahasiswa mampu mengimplementasikan dan memahami kontrol PWM (Pulse Width Modulation) pada Motor PG-45.

**B. Sub Kompetensi**

Setelah melakukan praktik, mahasiswa diharapkan:

1. Dapat mengidentifikasi pin-pin yang terkait dengan kontrol PWM pada Motor PG-45.
2. Dapat membuat program dasar akses PWM motor PG-45
3. Dapat menulis kode program untuk mengontrol PWM dan arah putar Motor PG-45 dengan PWM.

**C. Dasar Teori****1. Pulse Width Modulation (PWM)**

PWM adalah teknik pengaturan daya di mana sinyal digital digunakan untuk mengontrol daya yang disampaikan ke perangkat. PWM mengubah pulsa ON/OFF secara cepat dengan *duty cycle* tertentu untuk mengatur kecepatan atau posisi perangkat. Pada praktik ini, PWM digunakan untuk mengontrol kecepatan Motor PG-45. Terdapat dua parameter penting yang terkait dengannya yaitu Siklus Kerja PWM (*PWM Duty Cycle*) dan Frekuensi PWM (*PWM Frequency*).

**a. Siklus Kerja PWM (*PWM Duty Cycle*)**

Sinyal PWM akan tetap ON untuk waktu tertentu dan kemudian terhenti atau OFF selama sisa periodenya. Yang membuat PWM ini istimewa dan lebih

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

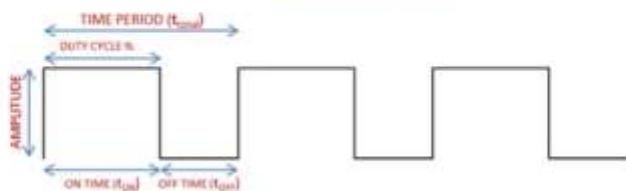
Halaman 3 dari 27

bermanfaat adalah kita dapat menetapkan berapa lama kondisi ON harus bertahan dengan cara mengendalikan siklus kerja atau *PWM Duty Cycle*.

Percentase waktu di mana sinyal PWM tetap pada kondisi TINGGI (ON Time) disebut dengan siklus kerja atau *Duty Cycle*. Kondisi yang sinyalnya selalu dalam kondisi ON disebut sebagai 100% *Duty Cycle* (Siklus Kerja 100%), sedangkan kondisi yang sinyalnya selalu dalam kondisi OFF (mati) disebut dengan 0% *Duty Cycle* (Siklus Kerja 0%).

Gambar 1. Sinyal Pulse Width Modulation (PWM)

(Sumber: [teknikelektronika.com](http://teknikelektronika.com))



Rumus untuk menghitung siklus kerja atau *duty cycle* dapat ditunjukkan seperti persamaan di bawah ini.

$$\text{Duty Cycle} = \frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}} \text{ atau } \text{Duty Cycle} = \frac{t_{on}}{t_{total}}$$

Keterangan:

$t_{on}$  = Waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi *high* atau 1

$t_{off}$  = Waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi *low* atau 0

$t_{total}$  = Waktu satu siklus atau penjumlahan antara  $t_{on}$  dengan  $t_{off}$  atau disebut juga dengan periode satu gelombang.

|                                      |                                                  |                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Disusun oleh:<br>Alifia Putri Qabila | Fakultas Teknik<br>Universitas Negeri Yogyakarta | Diperiksa oleh: |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 4 dari 27

**b. Frekuensi PWM (*PWM Frequency*)**

Frekuensi sinyal PWM menentukan seberapa cepat PWM menyelesaikan satu periode seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Satu Periode adalah waktu ON dan OFF penuh dari sinyal PWM.

Biasanya sinyal PWM yang dihasilkan oleh mikrokontroler akan sekitar 500 Hz, frekuensi tinggi tersebut akan digunakan dalam perangkat *switching* yang berkecepatan tinggi seperti *inverter* atau *konverter*. Namun tidak semua aplikasi membutuhkan frekuensi tinggi. Sebagai contoh, untuk mengendalikan motor servo kita hanya perlu menghasilkan sinyal PWM dengan frekuensi 50Hz, frekuensi sinyal PWM ini juga dapat dikendalikan oleh program untuk semua mikrokontroler.

Berikut ini adalah rumus untuk menghitung Frekuensi :

$$\text{Frequency} = \frac{1}{\text{Time Period}}$$

Keterangan :

*Time Period* atau Periode Waktu = Waktu ON + Waktu OFF

**2. Motor PG-45**

Motor DC adalah tipe aktuator yang berperan sebagai motor listrik dan membutuhkan aliran arus searah pada kumparan medannya agar dapat mengubahnya menjadi energi gerak mekanik. Pada penelitian ini *actuator* yang digunakan adalah Motor PG 45 yang biasa digunakan sebagai *actuator* yang terpasang pada robot. Motor DC diatur dengan mengontrol arah dan kecepatan

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 5 dari 27

putarannya. Arah putaran Motor DC dapat menjadi searah jarum jam (*Clock Wise/CW*) atau berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock Wise/CCW*) tergantung pada polaritas yang dihubungkan. Kecepatan putaran motor dipengaruhi oleh besar atau kecilnya arus yang mengalir melalui motor. Dalam penelitian ini, digunakan Motor DC tipe PG45. Motor DC PG45 memiliki *planetary gear* dengan panjang 45mm, memiliki kecepatan putar 2400 RPM, dan torsi hingga 10Kg/cm. Arus yang dibutuhkan oleh motor ini berkisar antara 2.5A hingga 5A, tergantung pada beban kerja motor. Sumber tegangan yang digunakan untuk menjalankan motor ini membutuhkan daya tegangan sebesar 24V.

Gambar 2. Motor PG-45  
(Sumber: <https://www.foneacc-motion.com>)

**3. Driver Motor BTN7960B**

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

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 6 dari 27

dimiliki oleh *driver* ini adalah mampu menahan arus hingga 60 A dan dapat bekerja pada tegangan *logic input* 5V DC dan *power input* 6 – 27 V DC serta *Pulse Width Modulator* (PWM) 10 KHz.

Gambar 3. *Driver Motor*BTN7960B  
(Sumber: <https://www.bukalapak.com>)

**4. Konfigurasi Pin Mikrokontroler**

Setiap mikrokontroler memiliki pin-pin yang dapat dikonfigurasi untuk berbagai fungsi, termasuk pengaturan PWM. Berikut konfigurasi pin yang digunakan untuk mengontrol PWM motor PG-45:

**a. Driver Motor 1**

| Driver Motor | Pin           |
|--------------|---------------|
| PWM          | C8 (TIM8_CH3) |
| Direction    | D1            |
| Direction    | D2            |

**b. Driver Motor 2**

| Driver Motor | Pin            |
|--------------|----------------|
| PWM          | B8 (TIM10_CH1) |
| Direction    | B6             |
| Direction    | B7             |

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 7 dari 27

c. *Driver Motor 3*

| <b>Driver Motor</b> | <b>Pin</b>     |
|---------------------|----------------|
| PWM                 | B9 (TIM11 CH1) |
| Direction           | E1             |
| Direction           | E2             |

d. *Driver Motor 4*

| <b>Driver Motor</b> | <b>Pin</b> |
|---------------------|------------|
| PWM                 | E5         |
| Direction           | E4         |
| Direction           | E3         |

e. *Controller*

| <b>Controller</b> | <b>Pin</b> |
|-------------------|------------|
| Receiver          | D6         |
| Transmitter       | D5         |

**D. Alat dan Bahan**

1. Media Pembelajaran *Path Tracking* Robot Menggunakan Metode *Odometry*
2. Laptop atau PC
3. *Battery* Li-Po 12V
4. *Battery* Li-Po 24V
5. Mikrokontroller STM32F4
6. *Driver Motor* BTN7960B
7. Motor PG-45
8. Kabel *Uploader* (USB Type-B)
9. Aplikasi STM32CUBEMX
10. Aplikasi Keil  $\mu$ Vision IDE

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 8 dari 27

**E. Keselamatan Kerja**

1. Jagalah kebersihan lingkungan praktik
2. Perhatikan tata tertib di Lab Robotika
3. Pastikan peralatan sudah dicek dan siap digunakan
4. Gunakan sarung tangan, *safety shoes*, *wearpack* saat praktikum
5. Membaca dan mengikuti semua prosedur praktikum dengan cermat
6. Penggunaan alat dan bahan bagaimana semestinya
7. Mengembalikan semua alat dan bahan ke tempat semua jika sudah selesai digunakan

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

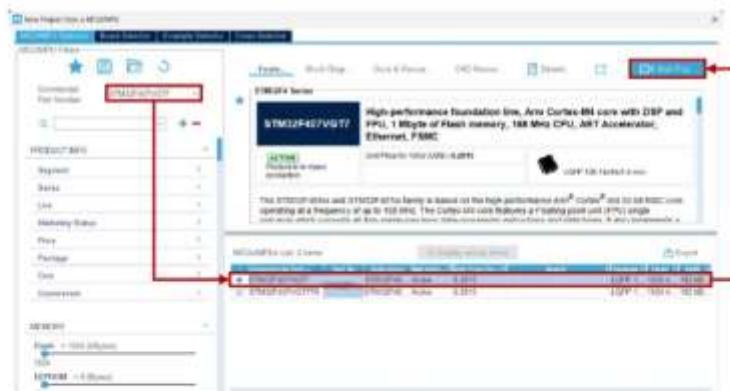
|                                                                                   |                                                                                            |              |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM</b> |              |                   |
| Labsheet 1<br>Revisi: 00                                                          | Tanggal: 09 – 11 – 2023                                                                    | 4 × 50 Menit | Halaman 9 dari 27 |

#### F. Langkah Kerja

1. Siapkan perlengkapan praktikum.
2. Buka aplikasi STM CUBE MX lalu klik *Access to MCU Selector*.



3. Pada kolom *Commercial Part Number*, ketik "STM32F407VGT7". Klik kolom yang ditunjukkan pada gambar di bawah lalu klik *Start Project*.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 10 dari 27

4. Tunggu hingga aplikasi selesai dimuat, sampai muncul tampilan yang mirip dengan gambar di bawah ini.



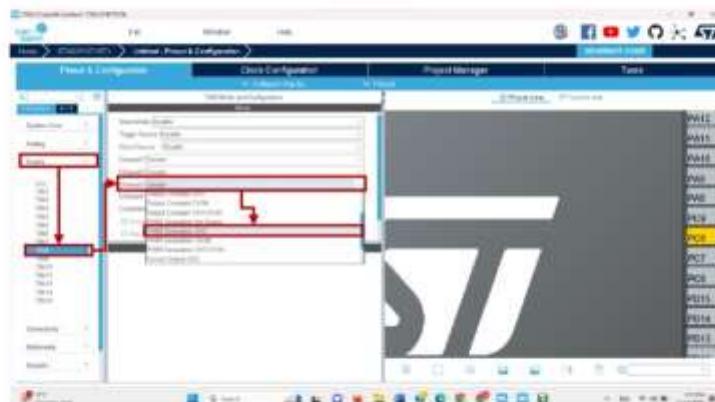
5. Klik pin C8 lalu pilih TIM8\_CH3.

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                            |                    |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM</b> |                    |  |
| Labsheet 1                                                                        | Tanggal: 09 – 11 – 2023                                                                    | 4 × 50 Menit       |  |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                            | Halaman 11 dari 27 |  |

6. Klik *Timers* > *TIM8* > *Channel 3* > *PWM Generation CH3*



7. Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

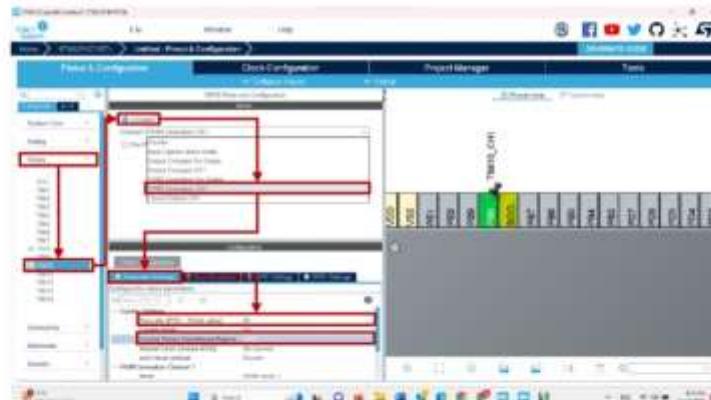
Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                            |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM</b> |              |                    |
| Labsheet 1<br>Revisi: 00                                                          | Tanggal: 09 – 11 – 2023                                                                    | 4 × 50 Menit | Halaman 12 dari 27 |

8. Klik pin B8 lalu pilih TIM10\_CH1



9. Klik *Timers* > *TIM10* > *Activated* > *Channel 1* > *PWM Generation CH1*. Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                            |                    |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM</b> |                    |  |
| Labsheet 1                                                                        | Tanggal: 09 – 11 – 2023                                                                    | 4 × 50 Menit       |  |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                            | Halaman 13 dari 27 |  |

10. Klik pin B9 lalu pilih TIM11\_CH1



11. Klik *Timers* > *TIM11* > *Activated* > *Channel 1* > *PWM Generation CH1*. Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                            |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM</b> |              |                    |
| Labsheet 1<br>Revisi: 00                                                          | Tanggal: 09 – 11 – 2023                                                                    | 4 × 50 Menit | Halaman 14 dari 27 |

12. Klik pin E5 lalu pilih TIM9\_CH1



13. Klik *Timers* > *TIM9* > *Channel 1* > *PWM Generation CH1*. Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                            |                    |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM</b> |                    |  |
| Labsheet 1                                                                        | Tanggal: 09 – 11 – 2023                                                                    | 4 × 50 Menit       |  |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                            | Halaman 15 dari 27 |  |

14. Klik pin D1 lalu pilih GPIO\_Output



15. Ulangi langkah 14 pada pin D2, B6, B7, E1, E2, E3, dan E4.

16. Klik pin D5 lalu pilih USART2\_TX



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                            |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM</b> |              |                    |
| Labsheet 1<br>Revisi: 00                                                          | Tanggal: 09 – 11 – 2023                                                                    | 4 × 50 Menit | Halaman 16 dari 27 |

17. Klik pin D6 lalu pilih USART2\_RX



18. Klik *Connectivity* > *USART2* > *Mode* > pilih *Asynchronous*. Pada *Parameters* *Setting*, ganti *Baud Rate* menjadi 115200 Bits/s.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 17 dari 27

19. Klik *NVIC Settings*, lalu klik enabled pada USART2 *global interrupt* hingga muncul tanda centang.



20. Klik *DMA Settings* lalu klik tombol *Add*. Setelah itu, pilih USART2\_RX.



21. Pada bagian *Priority* pilih *Very High*.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 18 dari 27

22. Klik *Clock Configuration* lalu ubah HCLK menjadi 168 dan klik *enter*.



23. Akan muncul kotak dialog seperti gambar di bawah. Klik OK.

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                            |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM</b> |              |                    |
| Labsheet 1<br>Revisi: 00                                                          | Tanggal: 09 – 11 – 2023                                                                    | 4 x 50 Menit | Halaman 19 dari 27 |

24. Klik *Project Manager*, lalu beri nama file sesuai keinginan. Setelah itu, pada *Toolchain / IDE* pilih MDK-ARM lalu *Generate Code*.



25. Klik *Open Project*.



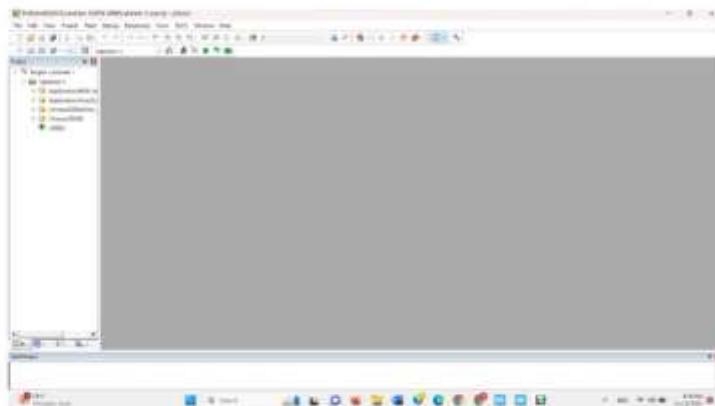
Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

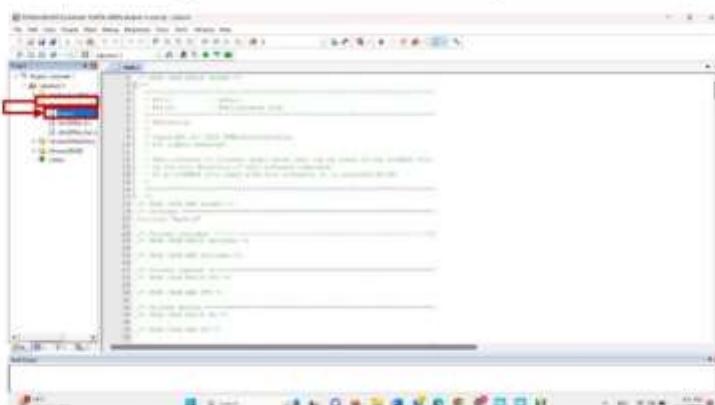
Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                            |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM</b> |              |                    |
| Labsheet 1<br>Revisi: 00                                                          | Tanggal: 09 – 11 – 2023                                                                    | 4 × 50 Menit | Halaman 20 dari 27 |

26. Tunggu hingga aplikasi selesai dimuat sampai muncul tampilan yang mirip dengan gambar di bawah ini.



27. Pada sidebar, klik *Application/User/...* lalu klik dua kali pada main.c



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 21 dari 27

28. Masukkan kode program berikut ke *main.c*

```
int timersgtg, timershare, timeroptions, timerR2, timerL2,
timerbulat, timerkanan, timerkiri, timerkotak, timeratas,
timerbawah, timersilang, timerR3, timerL3;

int atas, kanan, kiri, bawah, segitiga, bulat, kotak, silang;
int lnsik, lturun, lnkanan, lnkiri, ltkanan, ltkiri, lkanan,
lkiri, rnaik, rturun, rnkanan, rkiri, rtkanan, rkiri, rkanan,
rkiri;

int L1,L2,R2,R3,L3,select,start,options, share;
char stick[9];
bool stickVerified = false;
int stickIdle = 0;

void Serial_stick(){
 stickVerified = false;
 HAL_UART_Receive_DMA(&huart2,(uint8_t*)stick,9);
 //WAJIB PAKAI DMA DI RECEIVE nya
 if(stick[0] == '*' && stick[8] == '#'){
 stickVerified = true;
 }
}

void baca_stick(){
 Serial_stick();
 if(stickVerified){
 stickTerpenuhi = 1;
 bool indikator;
 int timerIndikator;
 if (stick[1] == '1'){ segitiga = 1; }
 else if (stick[1] == '2'){ bulat = 1; }
 else if (stick[1] == '3'){ silang = 1; }
 else if (stick[1] == '4'){ kotak = 1; }
 else if (stick[1] == '9'){ segitiga = 0; bulat = 0;
 silang = 0; kotak = 0; }
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 22 dari 27

```
if (stick[2] == '1'){ atas = 1; }
else if (stick[2] == '2'){ kanan = 1; }
else if (stick[2] == '3'){ kiri = 1; }
else if (stick[2] == '4'){ bawah = 1; }
else if (stick[2] == '9'){ atas = 0; kanan = 0; kiri = 0; bawah = 0; }

if (stick[3] == '1'){ L1 = 1; }
else if (stick[3] == '2'){ L2 = 1; }
else if (stick[3] == '9'){ L1 = 0; L2 = 0; L3 = 0; }
else if (stick[3] == '5'){ L3 = 1; L2 = 0; L1 = 0; }

if (stick[4] == '1'){ R1 = 1; stickTerpenuhi = 5; }
else if(stick[4] == '5'){R3 = 1; R1 = 0; R2 = 0; }
else if (stick[4] == '2'){ R2 = 1; }
else if (stick[4] == '9'){ R1 = 0; R2 = 0; R3 = 0; }

if (stick[5] == '1'){ options = 1; }
else if (stick[5] == '2'){ share = 1; }
else if (stick[5] == '9'){ share = 0; options = 0; }
else{
 stickTerpenuhi = 0;
}

void drive_motor_base(int pwm1, int pwm2, int pwm3, int pwm4){
 // depan kiri, depan kanan, belakang kanan, belakang kiri
 HAL_TIM_PWM_Start(&htim8, TIM_CHANNEL_3); //base A
 HAL_TIM_PWM_Start(&htim10, TIM_CHANNEL_1); //base B
 HAL_TIM_PWM_Start(&htim11, TIM_CHANNEL_1); //base C
 HAL_TIM_PWM_Start(&htim9, TIM_CHANNEL_1); //base D
}
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 23 dari 27

```
//SET PWM MOTOR BASE A
if(pwm1 < 0){
 TIM8 -> CCR3 = -pwm1;
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_A_DIR1_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_A_DIR1_Pin, 1);
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_A_DIR2_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_A_DIR2_Pin, 0);
}
else if(pwm1 == 0){
 TIM8 -> CCR3 = 0;
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_A_DIR1_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_A_DIR1_Pin, 0);
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_A_DIR2_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_A_DIR2_Pin, 0);
}
else if(pwm1 > 0){
 TIM8 -> CCR3 = pwm1;
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_A_DIR1_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_A_DIR1_Pin, 0);
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_A_DIR2_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_A_DIR2_Pin, 1);
}

//SET PWM MOTOR BASE B
if(pwm2 > 0){
 TIM10 -> CCR1 = pwm2;
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_B_DIR1_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_B_DIR1_Pin, 1);
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_B_DIR2_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_B_DIR2_Pin, 0);
}
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 24 dari 27

```
else if(pwm2 == 0){
 TIM10 -> CCRL = 0;
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_B_DIR1_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_B_DIR1_Pin, 0);
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_B_DIR2_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_B_DIR2_Pin, 0);
}
else if(pwm2 < 0){
 TIM10 -> CCRL = -pwm2;
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_B_DIR1_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_B_DIR1_Pin, 0);
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_B_DIR2_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_B_DIR2_Pin, 1);
}
//SET PWM MOTOR BASE C
if(pwm3 >= 0){
 TIM11 -> CCRL = pwm3;
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_C_DIR1_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_C_DIR1_Pin, 1);
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_C_DIR2_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_C_DIR2_Pin, 0);
}
else if(pwm3 == 0){
 TIM11 -> CCRL = 0;
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_C_DIR1_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_C_DIR1_Pin, 0);
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_C_DIR2_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_C_DIR2_Pin, 0);
}
else if(pwm3 < 0){
 TIM11 -> CCRL = -pwm3;
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_C_DIR1_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_C_DIR1_Pin, 0);
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_C_DIR2_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_C_DIR2_Pin, 1);
}
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 25 dari 27

```
//SET PWM MOTOR BASE D
if(pwm4 >= 0){
 TIM9 -> CCR1 = pwm4;
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR1_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_D_DIR1_Pin, 1);
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR2_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_D_DIR2_Pin, 0);
}
else if(pwm4 == 0){
 TIM9 -> CCR1 = 0;
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR1_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_D_DIR1_Pin, 0);
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR2_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_D_DIR2_Pin, 0);
}
else if(pwm4 < 0){
 TIM9 -> CCR1 = -pwm4;
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR1_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_D_DIR1_Pin, 0);
 HAL_GPIO_WritePin(BASE_MOTOR_D_DIR2_GPIO_Port,
 BASE_MOTOR_D_DIR2_Pin, 1);
}

while (1){
 baca_stick();
 if(silang){
 drive_motor_base(150,150,150,150);
 }
 else{
 drive_motor_base(0,0,0,0);
 }
}
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                            |                    |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM</b> |                    |  |
| Labsheet 1                                                                        | Tanggal: 09 – 11 – 2023                                                                    | 4 × 50 Menit       |  |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                            | Halaman 26 dari 27 |  |

29. Klik ikon *Build* atau klik tombol F7 pada *keyboard*.



30. Hubungkan kabel *downloader* ke port mikrokontroler..

31. Klik ikon *Download* atau klik tombol F8 pada *keyboard*.



32. Pasang baterai Li-Po pada robot untuk sumber tegangan.



33. Setelah seluruh baterai terpasang, sambungkan semua kabel saklar supaya tegangan bisa mengalir menuju rangkaian.



|                                      |                                                  |                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Disusun oleh:<br>Alifia Putri Qabila | Fakultas Teknik<br>Universitas Negeri Yogyakarta | Diperiksa oleh: |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 1: Kontrol Motor PG-45 dengan PWM**

Labsheet 1

Tanggal: 09 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 27 dari 27

34. Pastikan *Emergency Button* dalam keadaan *release*.



35. Nyalakan *controller* dan tunggu hingga *controller* terhubung pada robot.



36. Klik tombol silang pada *controller* untuk mengoperasikan robot.

**G. Tugas**

Buatlah program untuk menggerakkan arah kanan, kiri, maju, dan mundur lalu amati kemudian catat nilai PWM yang dibutuhkan setiap roda untuk dapat bergerak.

| No | Arah Robot | PWM     |         |         |         |
|----|------------|---------|---------|---------|---------|
|    |            | Motor 1 | Motor 2 | Motor 3 | Motor 4 |
| 1  | Maju       |         |         |         |         |
| 2  | Mundur     |         |         |         |         |
| 3  | Kanan      |         |         |         |         |
| 4  | Kiri       |         |         |         |         |

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder***

Labsheet 2

Tanggal: 12 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 1 dari 18

**A. Kompetensi**

Mahasiswa mampu memahami cara kerja dan membaca data keluaran dari sensor *rotary encoder*.

**B. Sub Kompetensi**

Setelah melakukan praktik, mahasiswa diharapkan:

1. Dapat memahami karakteristik sinyal keluaran dari *rotary encoder*.
2. Dapat memanfaatkan *rotary encoder* untuk membedakan putaran roda *clock wise* (CW) atau *counter clockwise* (CCW).
3. Dapat mengetahui besarnya resolusi dari pembacaan data keluaran *rotary encoder*.

**C. Dasar teori****1. *Rotary Encoder***

Menurut Fikri & Endryansyah (2019:294), *rotary encoder* adalah perangkat elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. *Rotary encoder* digunakan untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh *rotary encoder* untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. *Rotary encoder* umumnya digunakan pada pengendalian robot dan penggerak motor.

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder***

Labsheet 2

Tanggal: 12 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 2 dari 18

Gambar 1. Sensor *Rotary Encoder* LPD3806  
(Sumber: <https://indonesian.alibaba.com>)



Susunan *rotary encoder* berupa suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Disisi yang lain suatu phototransistor diletakkan sehingga phototransistor ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. Piringan tipis tadi dikopel dengan poros motor, atau perangkat berputar lainnya yang ingin kita ketahui posisinya, sehingga ketika motor berputar piringan juga akan ikut berputar. Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai phototransistor melalui lubang-lubang yang ada, maka phototransistor akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi. Gambar 2. menunjukkan bagan skematis sederhana dari *rotary encoder*. Semakin banyak deretan pulsa yang dihasilkan pada satu putaran menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut, akibatnya semakin banyak jumlah lubang yang dapat dibuat pada piringan menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut.

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilahFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder*

Labsheet 2

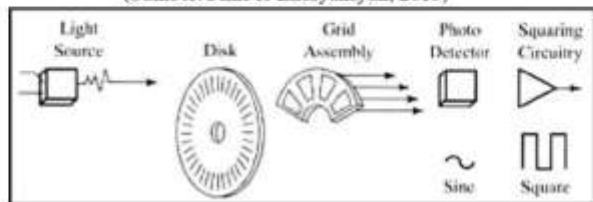
Tanggal: 12 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

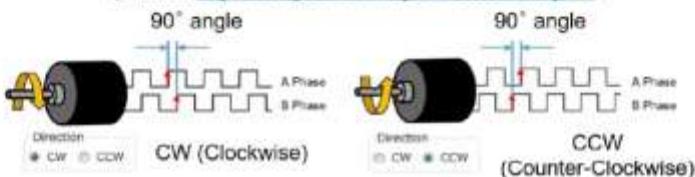
Halaman 3 dari 18

Gambar 2. Blok Penyusunan *Rotary Encoder*  
(Sumber: Fikri & Endryansyah, 2019)



*Rotary encoder* yang digunakan memiliki 2 keluaran data yang dapat diproses oleh mikrokontroler. Ch A dan Ch B memiliki beda sudut sebesar  $90^\circ$ . Pola ini yang dapat dimanfaatkan untuk membedakan arah putaran shaft motor. Pada Gambar 3. ditunjukkan perbedaan data keluaran Ch A dan Ch B ketika shaft motor diputar secara *Forward* dan *Backward*.

Gambar 3. Perbedaan Data Keluaran *Rotary Encoder*  
(Sumber: <http://aval-global.com/?p=6940&ckattempt=1>)



Determine the direction of rotation comparing A and B phase

#### 2. External Interrupt

Salah satu fitur yang terdapat pada mikrokontroler adalah *External IRQ* (*external interrupt*). Fitur ini biasa digunakan untuk pembacaan data *rotary encoder*, terutama untuk membedakan arah putarannya.

Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder*

Labsheet 2

Tanggal: 12 – 11 – 2023

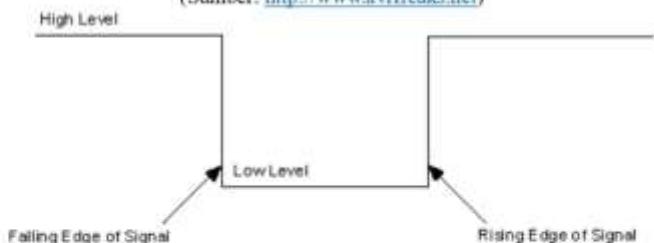
4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 4 dari 18

Program yang terdapat di dalam void *external interrupt* hanya akan dieksekusi saat kondisi yang diminta terpenuhi. Pilihan kondisi yang dapat digunakan adalah *Falling Edge*, *Rising Edge*, dan *Any Change*. Salah satu *output* data dari *rotary encoder* disambungkan ke *port* mikrokontroler yang terdapat fitur *external interrupt*.

Gambar 4. Sinyal *Rotary Encoder*  
(Sumber: <http://www.avrfreaks.net>)



Kondisi *falling edge* terpenuhi jika port *external interrupt* mendeteksi perubahan data dari logika 1 menjadi 0. *Rising edge* kebalikan dari *Falling edge* yaitu terpenuhi jika mendeteksi perubahan data dari logika 0 menjadi 1. Kondisi *Any change* merupakan kombinasi dari *Falling edge* dan *Rising edge*. Kondisi ini memiliki kelebihan dengan resolusi yang semakin besar, baik untuk digunakan ketelitian tinggi.

### 3. Konfigurasi Pin Mikrokontroler

Setiap mikrokontroler memiliki pin-pin yang dapat dikonfigurasi untuk berbagai fungsi. Berikut konfigurasi pin yang digunakan untuk membaca data keluaran sensor *rotary encoder*:

Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder***

Labsheet 2

Tanggal: 12 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 5 dari 18

*a. Rotary Encoder*

| <b>Rotary Encoder</b> | <b>Pin</b>    |
|-----------------------|---------------|
| Channel A             | A0 (TIM2_CH1) |
| Channel B             | A1 (TIM2_CH2) |

*b. LCD*

| <b>LCD</b> | <b>Pin</b> |
|------------|------------|
| RS         | D0         |
| RW         | A13        |
| E          | C12        |
| D4         | A14        |
| D5         | C11        |
| D6         | A15        |
| D7         | C10        |

**D. Alat dan Bahan**

1. Media Pembelajaran *Path Tracking* Robot Menggunakan Metode *Odometry*
2. Laptop atau PC
3. *Battery* Li-Po 12V
4. *Battery* Li-Po 24V
5. Mikrokontroler STM32F4
6. *Driver Motor* BTN7960B
7. Motor PG-45
8. *Rotary Encoder*
9. Kabel *Uploader* (USB Type-B)
10. Aplikasi STM32CUBEMX
11. Aplikasi Keil µVision IDE

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder*

Labsheet 2

Tanggal: 12 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

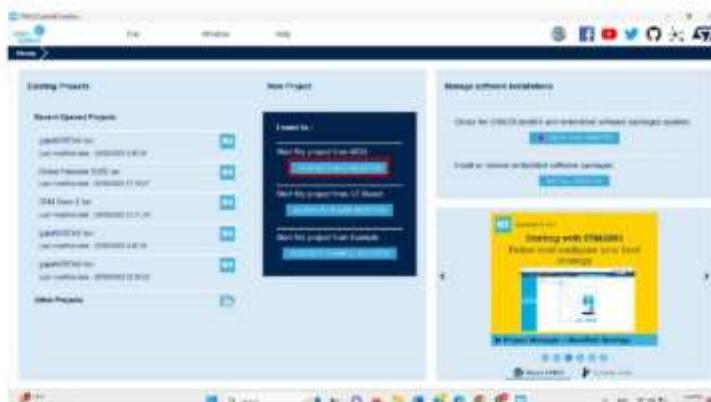
Halaman 6 dari 18

#### E. Keselamatan Kerja

1. Jagalah kebersihan lingkungan praktik
2. Perhatikan tata tertib di Lab Robotika
3. Pastikan peralatan sudah dicek dan siap digunakan
4. Gunakan sarung tangan, *safety shoes*, dan *wearpack* saat praktikum
5. Membaca dan mengikuti semua prosedur praktikum dengan cermat
6. Penggunaan alat dan bahan bagaimana semestinya
7. Mengembalikan semua alat dan bahan ke tempat semua jika sudah selesai digunakan

#### F. Langkah Kerja

1. Siapkan perlengkapan praktikum.
2. Buka aplikasi STM CUBE MX lalu klik *Access to MCU Selector*.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                                                |                     |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor <i>Rotary Encoder</i></b> |                     |                   |
| Labsheet 2                                                                        | Tanggal: 12 – 11 – 2023                                                                                        | $4 \times 50$ Menit | Halaman 7 dari 18 |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                                                |                     |                   |

3. Pada kolom *Commercial Part Number*, ketik “STM32F407VGT7”. Klik kolom yang ditunjukkan pada gambar di bawah lalu klik *Start Project*.



4. Tunggu hingga aplikasi selesai dimuat, sampai muncul tampilan yang mirip dengan gambar di bawah ini.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|            |                                                          |                   |            |
|------------|----------------------------------------------------------|-------------------|------------|
|            | DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO                     |                   |            |
|            | LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor <i>Rotary Encoder</i> |                   |            |
| Labsheet 2 | Tanggal: 12 – 11 – 2023                                  | 4 × 50 Menit      | Revisi: 00 |
|            |                                                          | Halaman 8 dari 18 |            |

5. Klik pin A0 lalu pilih TIM2\_CH1



6. Klik pin A1 lalu pilih TIM2\_CH2



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder*

Labsheet 2

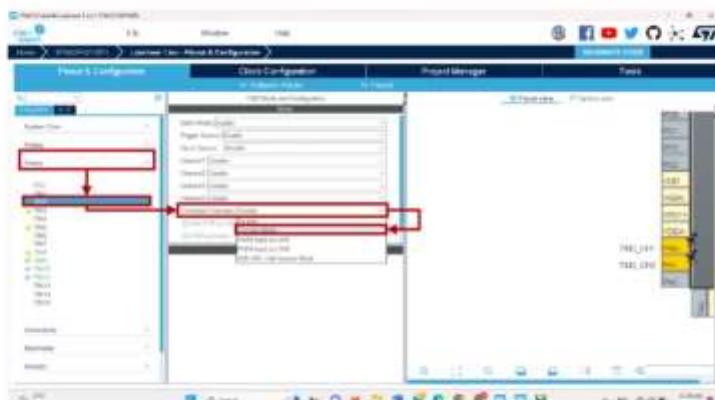
Tanggal: 12 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 9 dari 18

7. Klik *Timers* > *TIM2* > *Combined Channel* > pilih *Encoder Mode*.



8. Klik *System Core* > *GPIO* > *TIM* > klik pin A0. Lalu ganti *GPIO Pull-up/Pull-down* menjadi *Pull-up* dan ganti *Maximum Output Speed* menjadi *Very High*.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder*

Labsheet 2

Tanggal: 12 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 10 dari 18

9. Ulangi langkah 8 pada pin A1.



10. Klik pin D0 lalu pilih GPIO\_OUTPUT.



11. Ulangi langkah 10 pada pin C12, C11, C10, A15, A14, dan A13.

Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder*

Labsheet 2

Tanggal: 12 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 11 dari 18

12. Klik kanan pada pin D0 lalu klik *Enter User Label*.



13. Beri nama dengan RS.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder*

Labsheet 2

Tanggal: 12 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 12 dari 18

14. Ulangi langkah 13 pada pin C12, C11, C10, A15, A14, dan A13 dengan penamaan pin seperti gambar di bawah.



15. Klik *Clock Configuration* lalu ubah HCLK menjadi 168 dan klik *enter*.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder*

Labsheet 2

Tanggal: 12 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 13 dari 18

16. Akan muncul kotak dialog seperti gambar di bawah. Klik OK.



17. Klik *Project Manager*, lalu beri nama file sesuai keinginan. Setelah itu, pada *Toolchain / IDE* pilih MDK-ARM lalu *Generate Code*.



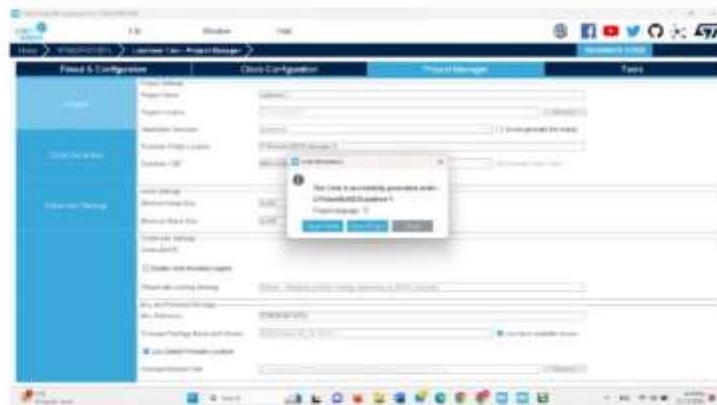
Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

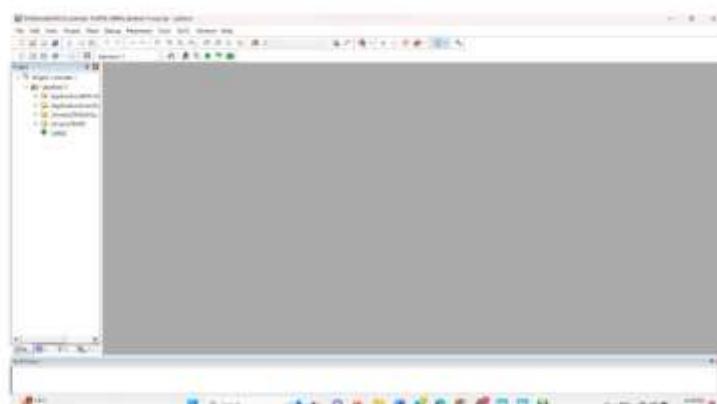
Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                                                |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor <i>Rotary Encoder</i></b> |              |                    |
| Labsheet 2                                                                        | Tanggal: 12 – 11 – 2023                                                                                        | 4 × 50 Menit | Halaman 14 dari 18 |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                                                |              |                    |

18. Klik *Open Project*.



19. Tunggu hingga aplikasi selesai dimuat sampai muncul tampilan yang mirip dengan gambar di bawah ini.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder***

Labsheet 2

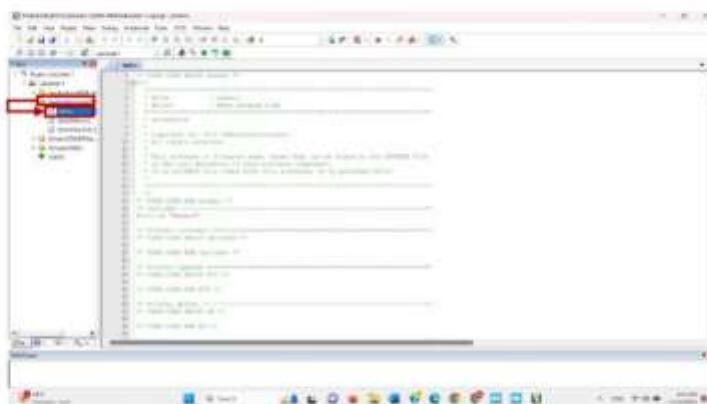
Tanggal: 12 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 15 dari 18

20. Pada sidebar, klik *Application/User/...* lalu klik dua kali pada *main.c*



21. Masukkan program berikut pada *main.c*

```
#include "lcd_txt.h"

int Enc_sampling3, Enc_Count2, enkoder2, v3_encoder,
last_v3_encoder, EncoderC, enc3;

void Encoder_Init(){
 HAL_TIM_Encoder_Start_IT(shtim2,TIM_CHANNEL_1);
 HAL_TIM_Encoder_Start_IT(shtim2,TIM_CHANNEL_2);
 Enc_sampling3=0;
 TIM2->CNT=65535;
}

int16_t Get_Enc2(){
 Enc_sampling3=TIM2->CNT - 65535;
 TIM2->CNT=65535;
 Enc_Count2+=(Enc_sampling3);
 Enc_sampling3=0;
 return Enc_Count2;
}
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder***

Labsheet 2

Tanggal: 12 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 16 dari 18

```
void BacaEncoder_fix(){
 enkoder2= (float) Get_Enc2() * -1; //VI
 v3_encoder=(enkoder2-last_v3_encoder);
 last_v3_encoder=enkoder2;
 if(enkoder2 > 30000)
 {
 enkoder2 -= 30000;
 last_v3_encoder -= 30000;
 Enc_Count2 = enkoder2;
 }
 if(enkoder2 < -30000)
 {
 enkoder2 += 30000;
 last_v3_encoder += 30000;
 Enc_Count2 = enkoder2;
 }
 EncoderC = EncoderC + v3_encoder;
}

while (1){
 Encoder_Init();
 BacaEncoder_fix();
 enc3 = Get_Enc2();
 sprintf(text, "Hasil Enc3: %d", enc3); lcd_puts(0, 0,
(int8_t*) text);
}
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                   |                         |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor <i>Rotary Encoder</i></b><br>Labsheet 2      Tanggal: 12 – 11 – 2023      4 × 50 Menit<br>Revisi: 00      Halaman 17 dari 18 |                         |              |
|                                                                                   | Labsheet 2                                                                                                                                                                                                        | Tanggal: 12 – 11 – 2023 | 4 × 50 Menit |

22. Klik ikon *Build* atau klik tombol F7 pada *keyboard*.



23. Hubungkan kabel downloader ke port mikrokontroler.

24. Klik ikon *Download* atau klik tombol F8 pada *keyboard*.



25. Pasang baterai Li-Po pada robot untuk sumber tegangan.



26. Setelah seluruh baterai terpasang, sambungkan semua kabel saklar supaya tegangan bisa mengalir menuju rangkaian.



|                                      |                                                  |                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Disusun oleh:<br>Alifia Putri Qabila | Fakultas Teknik<br>Universitas Negeri Yogyakarta | Diperiksa oleh: |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 2: Membaca Data Keluaran Sensor *Rotary Encoder***

Labsheet 2

Tanggal: 12 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 18 dari 18

27. Pastikan *Emergency Button* dalam keadaan *release*.



28. Nyalakan *controller* dan tunggu hingga *controller* terhubung pada robot.



29. Operasikan robot dan lihat data yang ada pada LCD.

**G. Tugas**

Putar roda yang ada pada *rotary encoder* dengan menggunakan tangan tepat 1 putaran penuh. Perhatikan hasil pembacaan data *rotary encoder* untuk mengisi tabel di bawah ini:

| <i>Rotary Encoder</i> | Data 1 Putaran Penuh (ppr) |     |
|-----------------------|----------------------------|-----|
|                       | CW                         | CCW |
| Enc3                  |                            |     |

Setelah mengisi data di atas, didapatkan nilai pulsa yang diperlukan dalam 1 putaran atau *pulse per revolution* (ppr). Bila diketahui diameter roda pada *rotary encoder* adalah 58 mm, berapa pulse yang diperlukan untuk mencapai jarak 20 cm?

Jawab: .....

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilahFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan *Odometry***

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 1 dari 32

**A. Kompetensi**

Mahasiswa mampu memahami dan mengimplementasikan metode *odometry* pada robot.

**B. Sub Kompetensi**

Setelah melakukan praktik, mahasiswa diharapkan:

1. Dapat memahami cara menghitung perubahan posisi dan orientasi menggunakan data *odometry*.
2. Dapat menulis kode program untuk memproses data *odometry*.
3. Dapat memvalidasi akurasi jarak yang ditempuh oleh robot berdasarkan data *odometry*.

**C. Dasar Teori****1. Persamaan Pemetaan Robot**

Kinematika *three omni-directional wheels robot* adalah studi tentang karakteristik konfigurasi mekanik untuk mendapatkan analisis pengendalian navigasinya. Analisis kinematika diperlukan untuk mengetahui variabel-variabel yang berkaitan satu dengan yang lainnya yang dapat kita kontrol seperti posisi gerak dari robot dan kecepatan pada masing-masing roda. Perhitungan kinematik pada robot digunakan untuk menentukan perubahan posisi antar koordinat global dan posisi koordinat internal dari robot itu sendiri. Persepsi dalam proses dapat berbeda-beda, sehingga diperlukan dasar ilmu matematika yang cukup baik dalam menyelesaikan operasi kinematika. Dasar ilmu matematika yang diperlukan antara

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan Odometry**

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

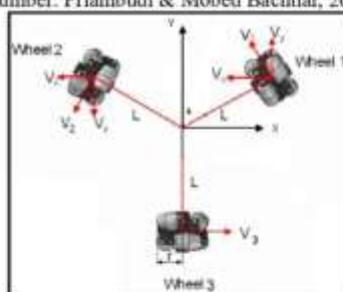
4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 2 dari 32

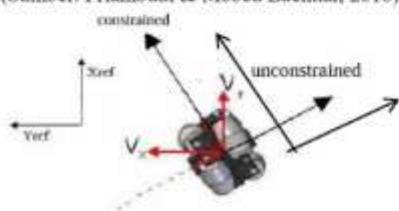
lain Trigonometri, Vektor, dan Matriks. Proses pertama yang harus dilakukan adalah menganalisis arah vektor dari setiap roda.

Gambar 1. Representasi Kinematik dari Sistem *Three Wheel Omni-Directional*  
(Sumber: Priambudi & Mobed Bachtiar, 2018)



Untuk arah gerak masing-masing roda seperti gambar 2. berikut:

Gambar 2. Kinematik dari Sebuah Penggerak Omni-Directional  
(Sumber: Priambudi & Mobed Bachtiar, 2018)



Keterangan :

X<sub>B</sub>, Y<sub>B</sub> = Sistem koordinat kartesian.

V<sub>i</sub> (1,2,3) = Arah putar roda omni.

L = Jarak pusat robot dengan titik center roda.

δ = Sudut roda omni terhadap sumbu Y = 30°.

|                                      |                                                  |                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Disusun oleh:<br>Alifia Putri Qabila | Fakultas Teknik<br>Universitas Negeri Yogyakarta | Diperiksa oleh: |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan *Odometry***

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 3 dari 32

Dari gambar 1 dan 2 persamaan kinematik dari sistem bisa didapatkan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

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

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

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

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

Dimana,

$r$  = Radius roda *omni* (cm)

$w$  = Kecepatan *angular* roda (rad/sec)

Kecepatan dari masing-masing roda *omni* didapatkan dengan cara mengalikan kecepatan dari motor dengan jari-jari dari roda *omni*. Dalam hal ini roda *omni* dirangkai secara simetris dengan perbedaan sudut antar roda sebesar  $120^\circ$  dan masing-masing roda memiliki sudut  $\delta$  sebesar  $30^\circ$ .

**2. Metode *Odometry***

*Odometry* terdiri dari kata Yunani yaitu *odos* yang berarti rute dan *metron* yang berarti ukuran. *Odometry* adalah penggunaan data dari sensor gerak yang digunakan untuk memperkirakan perubahan posisi dari waktu ke waktu. Sistem ini digunakan pada beberapa robot berkaki maupun beroda untuk memperkirakan posisi mereka yang relatif terhadap posisi awal. Metode ini sangat peka terhadap kesalahan karena terintegrasi terhadap variabel kecepatan dari waktu ke waktu untuk memberikan perkiraan posisi.

|                                      |                                                  |                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Disusun oleh:<br>Alifia Putri Qabila | Fakultas Teknik<br>Universitas Negeri Yogyakarta | Diperiksa oleh: |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan *Odometry***

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 4 dari 32

Data *encoder* harus dikonversi, karena *encoder* memiliki pulsa pada setiap putarannya. Perhitungan jumlah pulsa yang dihasilkan oleh sensor *rotary encoder* setiap satuan ukuran yang kemudian dikonversi menjadi satuan milimeter. Dengan persamaan sebagai berikut:

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

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

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

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

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

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

Dimana,

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

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

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

|                                      |                                                  |                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Disusun oleh:<br>Alifia Putri Qabila | Fakultas Teknik<br>Universitas Negeri Yogyakarta | Diperiksa oleh: |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan *Odometry***

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 5 dari 32

**3. Rotary Encoder**

Menurut Fikri & Endryansyah (2019:294), *rotary encoder* adalah perangkat elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. *Rotary encoder* digunakan untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh *rotary encoder* untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. *Rotary encoder* umumnya digunakan pada pengendalian robot dan penggerak motor.

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



Susunan *rotary encoder* berupa suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Disisi yang lain suatu phototransistor diletakkan sehingga photo-transistor ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. Piringan tipis tadi dikopel dengan poros motor, atau perangkat berputar lainnya yang ingin kita ketahui posisinya, sehingga ketika motor berputar piringan juga akan ikut berputar. Apabila posisi piringan

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan Odometry**

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

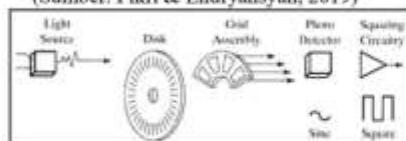
4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 6 dari 32

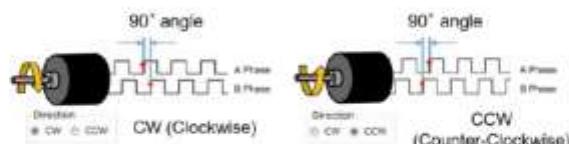
mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai photo-transistor melalui lubang-lubang yang ada, maka photo-transistor akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi. Gambar 4. menunjukkan bagan skematik sederhana dari *rotary encoder*. Semakin banyak deretan pulsa yang dihasilkan pada satu putaran menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut, akibatnya semakin banyak jumlah lubang yang dapat dibuat pada piringan menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut.

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



*Rotary encoder* yang digunakan memiliki 2 keluaran data yang dapat diproses oleh mikrokontroler. Ch A dan Ch B memiliki beda sudut sebesar  $90^\circ$ . Pola ini yang dapat dimanfaatkan untuk membedakan arah putaran shaft motor. Pada Gambar 5. ditunjukkan perbedaan data keluaran Ch A dan Ch B ketika shaft motor diputar secara *Forward* dan *Backward*.

Gambar 5. Perbedaan Data Keluaran Rotary Encoder  
(Sumber: <http://aval-global.com/?p=6940&ckattempt=1>)



Determine the direction of rotation comparing A and B phase.

|                                      |                                                  |                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Disusun oleh:<br>Alifia Putri Qabila | Fakultas Teknik<br>Universitas Negeri Yogyakarta | Diperiksa oleh: |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan *Odometry***

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 7 dari 32

**4. Konfigurasi Pin**

Setiap mikrokontroler memiliki pin-pin yang dapat dikonfigurasi untuk berbagai fungsi. Berikut konfigurasi pin yang digunakan untuk menerapkan metode *odometry* pada praktik kali ini:

**a. *Rotary Encoder* 1**

| <b>Rotary Encoder</b> | <b>Pin</b>     |
|-----------------------|----------------|
| Channel A             | E9 (TIM1_CH1)  |
| Channel B             | E11 (TIM1_CH2) |

**b. *Rotary Encoder* 2**

| <b>Rotary Encoder</b> | <b>Pin</b>    |
|-----------------------|---------------|
| Channel A             | A6 (TIM3_CH1) |
| Channel B             | A7 (TIM3_CH2) |

**c. *Rotary Encoder* 3**

| <b>Rotary Encoder</b> | <b>Pin</b>    |
|-----------------------|---------------|
| Channel A             | A0 (TIM2_CH1) |
| Channel B             | A1 (TIM2_CH2) |

**d. LCD**

| <b>LCD</b> | <b>Pin</b> |
|------------|------------|
| RS         | D0         |
| RW         | A13        |
| E          | C12        |
| D4         | A14        |
| D5         | C11        |
| D6         | A15        |
| D7         | C10        |

**e. *Driver Motor* 1**

| <b>Driver Motor</b> | <b>Pin</b>    |
|---------------------|---------------|
| PWM                 | C8 (TIM8_CH3) |
| Direction           | D1            |
| Direction           | D2            |

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan *Odometry***

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 8 dari 32

**f. Driver Motor 2**

| <b>Driver Motor</b> | <b>Pin</b>     |
|---------------------|----------------|
| PWM                 | B8 (TIM10_CH1) |
| Direction           | B6             |
| Direction           | B7             |

**g. Driver Motor 3**

| <b>Driver Motor</b> | <b>Pin</b>     |
|---------------------|----------------|
| PWM                 | B9 (TIM11_CH1) |
| Direction           | E1             |
| Direction           | E2             |

**h. Driver Motor 4**

| <b>Driver Motor</b> | <b>Pin</b> |
|---------------------|------------|
| PWM                 | E5         |
| Direction           | E4         |
| Direction           | E3         |

**i. Controller**

| <b>Controller</b> | <b>Pin</b> |
|-------------------|------------|
| Receiver          | D6         |
| Transmitter       | D5         |

**D. Alat dan Bahan**

1. Media Pembelajaran *Path Tracking* Robot Menggunakan Metode *Odometry*
2. Laptop atau PC
3. *Battery* Li-Po 12V
4. *Battery* Li-Po 24V
5. Mikrokontroller STM32F4
6. *Driver Motor* BTN7960B

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan *Odometry***

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 9 dari 32

7. Motor PG-45
8. *Rotary Encoder*
9. Kabel *Uploader* (USB Type-B)
10. Aplikasi STM32CUBEMX
11. Aplikasi Keil  $\mu$ Vision IDE

**E. Keselamatan Kerja**

1. Jagalah kebersihan lingkungan praktik
2. Perhatikan tata tertib di Lab Robotika
3. Pastikan peralatan sudah dicek dan siap digunakan
4. Gunakan sarung tangan, *safety shoes*, dan *wearpack* saat praktikum
5. Membaca dan mengikuti semua prosedur praktikum dengan cermat
6. Penggunaan alat dan bahan bagaimana semestinya
7. Mengembalikan semua alat dan bahan ke tempat semua jika sudah selesai digunakan

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 3: Pemetaan Odometry

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

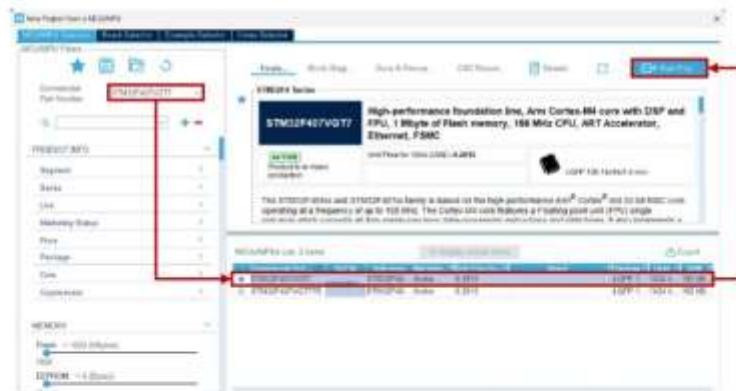
Halaman 10 dari 32

#### F. Langkah Kerja

- Siapkan perlengkapan praktikum.
- Buka aplikasi STM CUBE MX lalu klik *Access to MCU Selector*.



- Pada kolom *Commercial Part Number*, ketik "STM32F407VGT7". Klik kolom yang ditunjukkan pada gambar di bawah lalu klik *Start Project*.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 3: Pemetaan Odometry

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 11 dari 32

4. Tunggu hingga aplikasi selesai dimuat, sampai muncul tampilan yang mirip dengan gambar di bawah ini.



5. Klik pin C8 lalu pilih TIM8\_CH3.



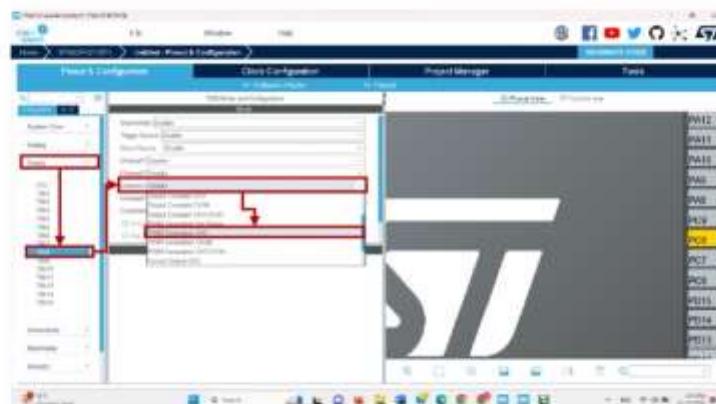
Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|            |                                      |                    |            |
|------------|--------------------------------------|--------------------|------------|
|            | DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO |                    |            |
|            | LS 3: Pemetaan <i>Odometry</i>       |                    |            |
| Labsheet 3 | Tanggal: 13 – 11 – 2023              | 4 × 50 Menit       | Revisi: 00 |
|            |                                      | Halaman 12 dari 32 |            |

6. Klik *Timers* > *TIM8* > *Channel 3* > *PWM Generation CH3*



7. Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

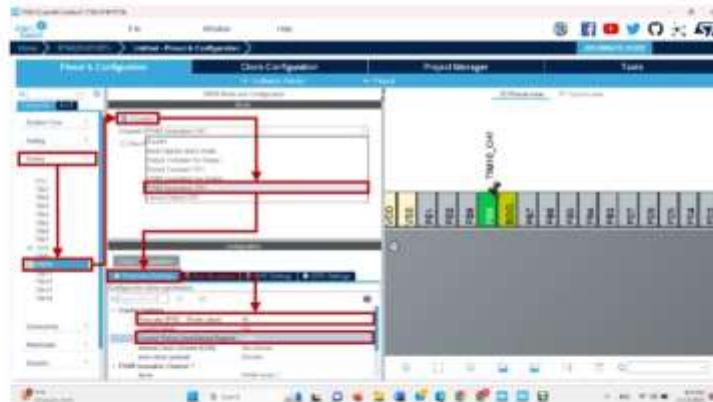
Diperiksa oleh:

|            |                                      |                    |            |
|------------|--------------------------------------|--------------------|------------|
|            | DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO |                    |            |
|            | LS 3: Pemetaan <i>Odometry</i>       |                    |            |
| Labsheet 3 | Tanggal: 13 – 11 – 2023              | 4 × 50 Menit       | Revisi: 00 |
|            |                                      | Halaman 13 dari 32 |            |

8. Klik pin B8 lalu pilih TIM10\_CH1



9. Klik *Timers* > *TIM10* > *Activated* > *Channel 1* > *PWM Generation CH1*. Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                               |                    |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 3: Pemetaan Odometry</b> |                    |  |
| Labsheet 3                                                                        | Tanggal: 13 – 11 – 2023                                                       | 4 × 50 Menit       |  |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                               | Halaman 14 dari 32 |  |

10. Klik pin B9 lalu pilih TIM11\_CH1



11. Klik *Timers* > *TIM11* > *Activated* > *Channel 1* > *PWM Generation CH1*. Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                               |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 3: Pemetaan Odometry</b> |              |                    |
| Labsheet 3                                                                        | Tanggal: 13 – 11 – 2023                                                       | 4 × 50 Menit | Halaman 15 dari 32 |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                               |              |                    |

12. Klik pin E5 lalu pilih TIM9\_CH1



13. Klik *Timers* > *TIM9* > *Channel 1* > *PWM Generation CH1*. Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|            |                                      |                    |            |
|------------|--------------------------------------|--------------------|------------|
|            | DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO |                    |            |
|            | LS 3: Pemetaan <i>Odometry</i>       |                    |            |
| Labsheet 3 | Tanggal: 13 – 11 – 2023              | 4 × 50 Menit       | Revisi: 00 |
|            |                                      | Halaman 16 dari 32 |            |

14. Klik pin D1 lalu pilih GPIO\_Output



15. Ulangi langkah 14 pada pin D2, B6, B7, E1, E2, E3, dan E4.

16. Klik pin D5 lalu pilih USART2\_TX



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                               |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 3: Pemetaan Odometry</b> |              |                    |
| Labsheet 3                                                                        | Tanggal: 13 – 11 – 2023                                                       | 4 × 50 Menit | Halaman 17 dari 32 |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                               |              |                    |

17. Klik pin D6 lalu pilih USART2\_RX



18. Klik *Connectivity* > USART2 > Mode > pilih *Asynchronous*. Pada *Parameters Setting*, ganti *Baud Rate* menjadi 115200 Bits/s.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 3: Pemetaan Odometry

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 18 dari 32

19. Klik *NVIC Settings*, lalu klik enabled pada USART2 *global interrupt* hingga muncul tanda centang.



20. Klik *DMA Settings* lalu klik tombol *Add*. Setelah itu, pilih USART2\_RX.



21. Pada bagian *Priority* pilih *Very High*.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|            |                                      |                    |            |
|------------|--------------------------------------|--------------------|------------|
|            | DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO |                    |            |
|            | LS 3: Pemetaan <i>Odometry</i>       |                    |            |
| Labsheet 3 | Tanggal: 13 – 11 – 2023              | 4 × 50 Menit       | Revisi: 00 |
|            |                                      | Halaman 19 dari 32 |            |

22. Klik pin A0 lalu pilih TIM2\_CH1



23. Klik pin A1 lalu pilih TIM2\_CH2



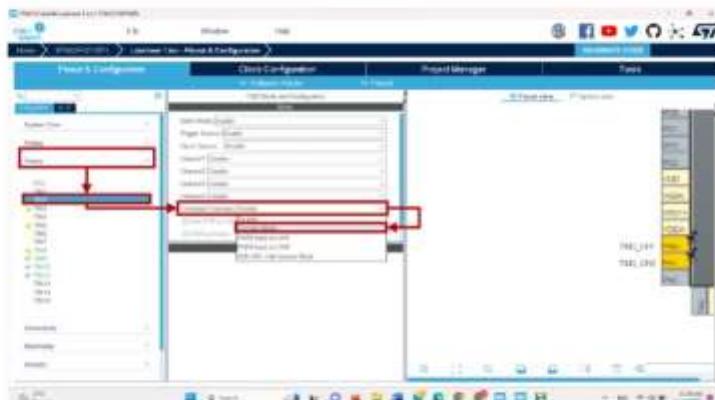
Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

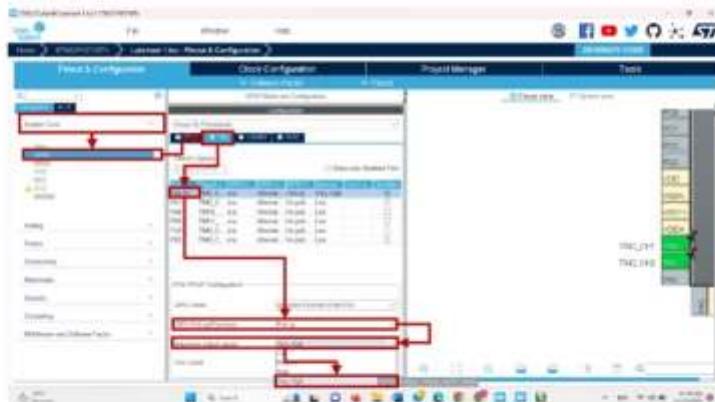
Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                               |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 3: Pemetaan Odometry</b> |              |                    |
| Labsheet 3                                                                        | Tanggal: 13 – 11 – 2023                                                       | 4 x 50 Menit | Halaman 20 dari 32 |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                               |              |                    |

24. Klik *Timers* > *TIM2* > *Combined Channel* > pilih *Encoder Mode*.



25. Klik *System Core* > *GPIO* > *TIM* > klik pin A0. Lalu ganti *GPIO Pull-up/Pull-down* menjadi *Pull-up* dan ganti *Maximum Output Speed* menjadi *Very High*.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 3: Pemetaan Odometry

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 21 dari 32

26. Ulangi langkah 25 pada pin A1.



27. Setting *timer* pin A6 menjadi TIM3\_CH1, pin A7 menjadi TIM3\_CH2, pin E9 menjadi TIM1\_CH1, dan pin E11 menjadi TIM1\_CH2.

28. Ulangi langkah 24 – 25 untuk pin TIM1 dan TIM3.

29. Klik pin D0 lalu pilih GPIO\_OUTPUT.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 3: Pemetaan Odometry

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 x 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 22 dari 32

30. Ulangi langkah 29 pada pin C12, C11, C10, A15, A14, dan A13.

31. Klik kanan pada pin D0 lalu klik *Enter User Label*.



32. Beri nama dengan RS.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 3: Pemetaan Odometry

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 x 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 23 dari 32

33. Ulangi langkah 31 pada pin C12, C11, C10, A15, A14, dan A13 dengan penamaan pin seperti gambar di bawah.



34. Klik *Clock Configuration* lalu ubah HCLK menjadi 168 dan klik *enter*.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                               |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 3: Pemetaan Odometry</b> |              |                    |
| Labsheet 3<br>Revisi: 00                                                          | Tanggal: 13 – 11 – 2023                                                       | 4 x 50 Menit | Halaman 24 dari 32 |

35. Akan muncul kotak dialog seperti gambar di bawah. Klik OK.



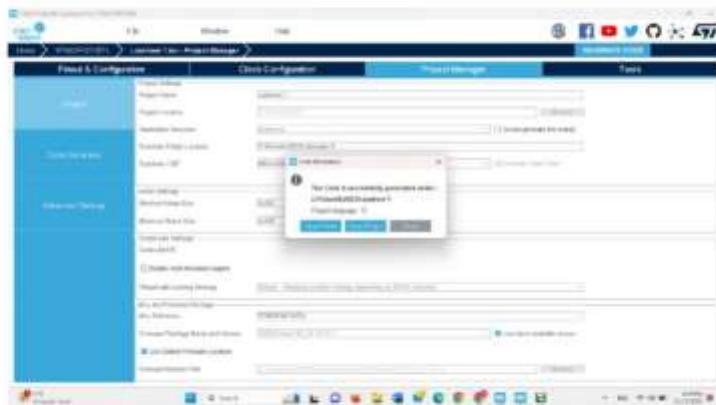
36. Klik *Project Manager*, lalu beri nama file sesuai keinginan. Setelah itu, pada *Toolchain / IDE* pilih MDK-ARM lalu *Generate Code*.



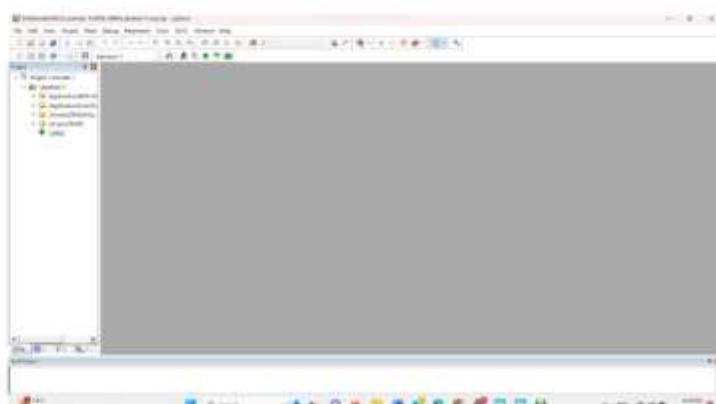
|                                      |                                                  |                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Disusun oleh:<br>Alifia Putri Qabila | Fakultas Teknik<br>Universitas Negeri Yogyakarta | Diperiksa oleh: |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|

|                                                                                   |                                                                               |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 3: Pemetaan Odometry</b> |              |                    |
| Labsheet 3                                                                        | Tanggal: 13 – 11 – 2023                                                       | 4 × 50 Menit |                    |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                               |              | Halaman 25 dari 32 |

37. Klik *Open Project*.



38. Tunggu hingga aplikasi selesai dimuat sampai muncul tampilan yang mirip dengan gambar di bawah ini.



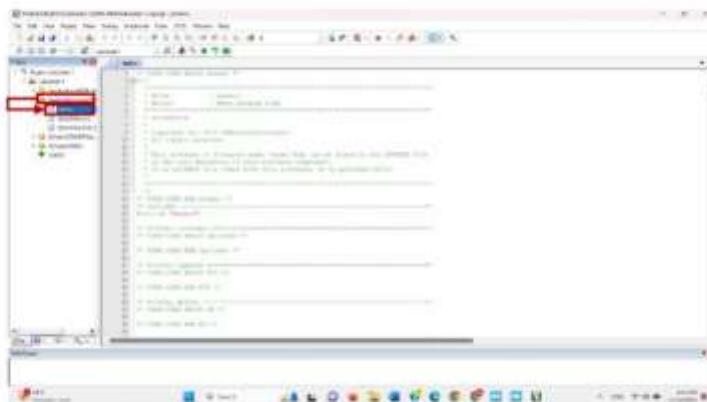
Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                               |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 3: Pemetaan Odometry</b> |              |                    |
| Labsheet 3                                                                        | Tanggal: 13 – 11 – 2023                                                       | 4 x 50 Menit | Halaman 26 dari 32 |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                               |              |                    |

39. Pada sidebar, klik *Application/User/...* lalu klik dua kali pada main.c



40. Masukkan program berikut pada *main.c*

```

//-----variabel sin dan cos odometry-----
Float cos_encoder, degcos_encoder, hasil_cos_encoder;
Float sin_encoder, degsin_encoder, hasil_sin_encoder;
Float cos_odometry, degcos_odometry, hasil_cos_odometry;
Float sin_odometry, degsin_odometry, hasil_sin_odometry;
//-----variabel persamaan vx dan vy-----
Float tipe, tipel, tipe2, tipe3, tipe4, tipe5, vx, vy;
Float encoder_x, encoder_y, encoder_z;
Float value, roda1, roda2, roda3;
Float xl, x2, x3, x4, YD, XD, sudut_theta, y_global, x_global;
//-----variabel input sudut navigasi-----
Float error_y, error_x, data_kompas, yaw_shadow, A, B, C;
Float spxl, spyl, epxl, epyl, spx2, spy2, epx2, epy2;
Float jarak_gerak, sudut_gersk, HM, heading_yaw;

```

Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan Odometry**

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 27 dari 32

```
void odometry()
{
 //-----program mengubah sudut ke radian-----
 cos_encoder=60; //input cos
 degcos_encoder=(cos_encoder/57.325); //konversi
 hasil_cos_encoder=cos(degcos_encoder); //hasil cos

 sin_encoder=60; //input sin
 degsin_encoder=(sin_encoder/57.325); //konversi
 hasil_sin_encoder=sin(degsin_encoder); //hasil sin

 //-----persamaan mencari nilai vx linear---
 tipe=-({v1_encoder*hasil_cos_encoder});
 tipel=(tipe-(v2_encoder*hasil_cos_encoder));
 tipeee=(tipel+v3_encoder);
 vx=(tipeee*(-15));

 //-----persamaan mencari nilai vy linear---
 tipe2=(v1_encoder*hasil_sin_encoder);
 tipe3=(v2_encoder*hasil_sin_encoder);
 tipe4=({tipe2-tipe3});
 vy=(tipe4*15);

 //-----perhitungan mencari nilai theta-----
 encoder_x+= v1_encoder;
 encoder_y+= v2_encoder;
 encoder_z+= v3_encoder;
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan Odometry**

Labsheet 3

Tanggal: 13 - 11 - 2023

4 x 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 28 dari 32

```
value=(5.0/57.0);
roda1=(encoder_x*value);
roda2=(encoder_y*value);
roda3=(encoder_z*value);
sudut_theta=((roda1+roda2+roda3)/1.02777778);

//program mengubah nilai theta menjadi bentuk radian
cos_odometri=data_kompas; //sudut cos
degcos_odometri=(cos_odometri/57.325);
hasil_cos_odometri=cos(degcos_odometri); //hasil cos
sin_odometri=data_kompas; //sudut sin
degxin_odometri=(sin_odometri/57.325);
hasil_sin_odometri=sin(degxin_odometri); //hasil sin

//-----persamaan nilai vx-----
x1=(vx*hasil_cos_odometri);
x2=(vy*hasil_sin_odometri);
XD+=(x1-x2); //

//-----persamaan nilai vx-----
X3=(vx*hasil_sin_odometri);
X4=(vy*hasil_cos_odometri);
YD+=(x4+x5); //

//-----hasil odometry-----
y_global=(YD/(-460));
x_global=(XD/460);
sudut_theta=((roda2+roda3+roda4)/1.02777778);
|
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan Odometry**

Labsheet 3

Tanggal: 13 - 11 - 2023

4 x 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 29 dari 32

```
void gerak(int tx, int ty, int yaw_shadow, int set_kecepatan)
{
 error_y=ty-vy; //tujuan koordinat-real time koordinat
 error_x=tx-vx; //tujuan koordinat-real time koordinat
 data_kompas=sudut_theta; //Heading robot

 //-----perhitungan menuju ke tujuan koordinat-----
 spx1 = y_global;
 spy1 = x_global;
 epk1 = y_global + (cos(data_kompas * (3.14 / 180.0)) * 26);
 epy1 = x_global + (sin(data_kompas * (3.14 / 180.0)) * 26);
 spx2 = y_global;
 spy2 = x_global;
 epx2 = ty;
 epy2 = tx;
 jarak_gerak = sqrt(pow(spx1 - epx2, 2) + pow(spy1 - epy2, 2));
 sudut_gerak = (atan2(epyl - spy1, epk1 - spx1) -
 atan2(epy2 - spy2, epx2 - spx2)) * (180.0 / 3.14);

 //-----perhitungan menuju heading tujuan-----
 if(data_kompas<yaw_shadow)
 {
 A=yaw_shadow-data_kompas;
 B=180-A;
 C=B;
 }
}
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan Odometry**

Labsheet 3

Tanggal: 13 - 11 - 2023

4 x 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 30 dari 32

```
//-----perhitungan menuju heading tujuan-----
else{
 B=data_kompas-yaw_shadow;
 C=B;
}
if(C>180) (HH=(-360)+C);
else (HH=C);

if(sudut Gerak < 0) {sudut Gerak = (sudut Gerak+1)};
else (sudut Gerak = 360 - sudut Gerak);

if(sudut Gerak > 360) (sudut Gerak = sudut Gerak - 360);

heading_yaw=HH;
sudut Gerak = sudut Gerak + 90;

//----program ketika tujuan koordinat sudah terpenuhi----
if((y_global < ty + 4 && y_global > ty- 4) &&
(x_global < tx+ 4 && x_global > tx - 4)){ stop();}
else (set_sudut(sudut Gerak,Dtheta,heading_yaw));
}
```

41. Pada program while masukkan program berikut:

```
while (1){
 BacaEncoder_fix(); //memanggil fungsi membaca encoder
 Odometry(); //memanggil fungsi pemetaan
 If(silang){
 gerak(600,0); //memanggil fungsi navigasi
 sprintf(text, "X: %d", x_global); lcd_puts(0, 0,
(int8_t*) text);
 sprintf(text, "Y: %d", y_global); lcd_puts(0, 0,
(int8_t*) text);
 }
}
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                               |              |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 3: Pemetaan Odometry</b> |              |            |
| Labsheet 3                                                                        | Tanggal: 13 – 11 – 2023                                                       | 4 × 50 Menit | Revisi: 00 |
| Halaman 31 dari 32                                                                |                                                                               |              |            |

42. Klik ikon *Build* atau klik tombol F7 pada *keyboard*.



43. Hubungkan kabel downloader ke port mikrokontroler.

44. Klik ikon *Download* atau klik tombol F8 pada *keyboard*.



45. Pasang baterai Li-Po pada robot untuk sumber tegangan.



46. Setelah seluruh baterai terpasang, sambungkan semua kabel saklar supaya tegangan bisa mengalir menuju rangkaian.



|                                      |                                                  |                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Disusun oleh:<br>Alifia Putri Qabila | Fakultas Teknik<br>Universitas Negeri Yogyakarta | Diperiksa oleh: |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 3: Pemetaan Odometry**

Labsheet 3

Tanggal: 13 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 32 dari 32

47. Pastikan *Emergency Button* dalam keadaan *release*.



48. Nyalakan *controller* dan tunggu hingga *controller* terhubung pada robot.



49. Klik tombol silang pada *controller* untuk mengoperasikan robot.

**G. Tugas**

Ubahlah program di atas lalu operasikan robot. Amati dan catat koordinat yang ditampilkan di LCD dalam tabel di bawah ini:

| Target Posisi |      | Hasil Praktik |   | Error (%) |   |
|---------------|------|---------------|---|-----------|---|
| X             | Y    | X             | Y | X         | Y |
| 600           | 0    |               |   |           |   |
| 0             | 600  |               |   |           |   |
| -600          | 0    |               |   |           |   |
| 0             | -600 |               |   |           |   |
| 600           | 600  |               |   |           |   |
| -600          | -600 |               |   |           |   |

$$\text{Error} = \frac{\text{Data Praktik}}{\text{Target}} \times 100 \%$$

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 1 dari 46

**A. Kompetensi**

Mahasiswa mampu mengimplementasikan *odometry* untuk melacak jalur (*path tracking*) pada robot

**B. Sub Kompetensi**

Setelah melakukan praktik, mahasiswa diharapkan:

1. Dapat memvalidasi keakuratan jalur yang ditempuh oleh robot berdasarkan data *odometry*.
2. Mengimplementasikan visualisasi untuk menampilkan jalur yang ditempuh oleh robot.

**C. Dasar Teori****1. Persamaan Pemetaan Robot**

Kinematika three omni-directional wheels robot adalah studi tentang karakteristik konfigurasi mekanik untuk mendapatkan analisis pengendalian navigasinya. Analisis kinematika diperlukan untuk mengetahui variabel-variabel yang berkaitan satu dengan yang lainnya yang dapat kita kontrol seperti posisi gerak dari robot dan kecepatan pada masing-masing roda. Perhitungan kinematik pada robot digunakan untuk menentukan perubahan posisi antar koordinat global dan posisi koordinat internal dari robot itu sendiri. Persepsi dalam proses dapat berbeda-beda, sehingga diperlukan dasar ilmu matematika yang cukup baik dalam menyelesaikan operasi kinematika. Dasar ilmu matematika yang diperlukan antara lain Trigonometri, Vektor, dan Matriks. Proses pertama yang harus dilakukan adalah menganalisis arah vektor dari setiap roda.

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

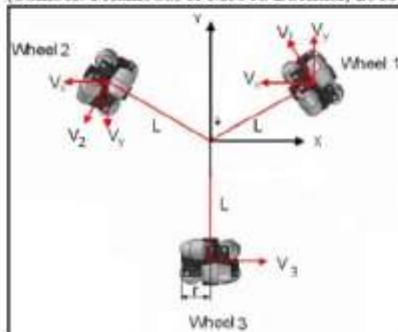
Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

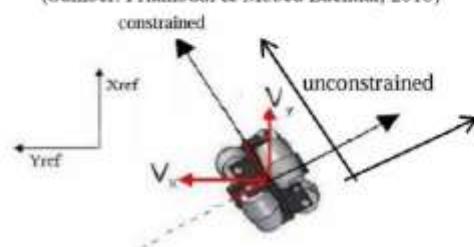
Halaman 2 dari 46

Gambar 1. Representasi Kinematik dari Sistem Three Wheel Omni-Directional  
(Sumber: Priambudi & Mobed Bachtiar, 2018)



Untuk arah gerak masing-masing roda seperti gambar 2. berikut:

Gambar 2. Kinematik dari Sebuah Penggerak Omni-Directional  
(Sumber: Priambudi & Mobed Bachtiar, 2018)



Keterangan :

X<sub>B</sub>, Y<sub>B</sub> = Sistem koordinat kartesian.

V<sub>i</sub> (1,2,3) = Arah putar roda omni.

L = Jarak pusat robot dengan titik center roda.

δ = Sudut roda omni terhadap sumbu Y = 30°.

Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 3 dari 46

Dari gambar 1 dan 2 persamaan kinematik dari sistem bisa didapatkan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

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

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

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

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

Dimana,

$r$  = Radius roda omni (cm)

$w$  = Kecepatan angular roda (rad/sec)

Kecepatan dari masing-masing roda *omni* didapatkan dengan cara mengalikan kecepatan dari motor dengan jari-jari dari roda *omni*. Dalam hal ini roda *omni* dirangkai secara simetris dengan perbedaan sudut antar roda sebesar  $120^\circ$  dan masing-masing roda memiliki sudut  $\delta$  sebesar  $30^\circ$ .

**2. Metode *Odometry***

*Odometry* terdiri dari kata Yunani yaitu *odos* yang berarti rute dan *metron* yang berarti ukuran. *Odometry* adalah penggunaan data dari sensor gerak yang digunakan untuk memperkirakan perubahan posisi dari waktu ke waktu. Sistem ini digunakan pada beberapa robot berkaki maupun beroda untuk memperkirakan posisi mereka yang relative terhadap posisi awal. Metode ini sangat peka terhadap kesalahan karena terintegrasi terhadap variabel kecepatan dari waktu ke waktu untuk memberikan perkiraan posisi.

|                                      |                                                  |                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Disusun oleh:<br>Alifia Putri Qabila | Fakultas Teknik<br>Universitas Negeri Yogyakarta | Diperiksa oleh: |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 4 dari 46

Data *encoder* harus dikonversi, karena *encoder* memiliki pulsa pada setiap putarannya. Perhitungan jumlah pulsa yang dihasilkan oleh sensor *rotary encoder* setiap satuan ukuran yang kemudian dikonversi menjadi satuan milimeter. Dengan persamaan sebagai berikut:

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

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

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

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

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

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

Dimana,

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

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

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

|                                      |                                                  |                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Disusun oleh:<br>Alifia Putri Qabila | Fakultas Teknik<br>Universitas Negeri Yogyakarta | Diperiksa oleh: |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 5 dari 46

**3. Rotary Encoder**

Menurut Fikri & Endryansyah (2019:294), *rotary encoder* adalah perangkat elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. *Rotary encoder* digunakan untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh *rotary encoder* untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. *Rotary encoder* umumnya digunakan pada pengendalian robot dan penggerak motor.

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



Susunan *rotary encoder* berupa suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Disisi yang lain suatu phototransistor diletakkan sehingga photo-transistor ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. Piringan tipis tadi dikopel dengan poros motor, atau perangkat berputar lainnya yang ingin kita ketahui posisinya, sehingga ketika motor berputar piringan juga akan ikut berputar. Apabila posisi piringan

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

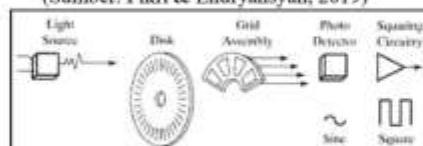
4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 6 dari 46

mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai photo-transistor melalui lubang-lubang yang ada, maka photo-transistor akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi. Gambar 4. menunjukkan bagan skematisederhana dari *rotary encoder*. Semakin banyak deretan pulsa yang dihasilkan pada satu putaran menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut, akibatnya semakin banyak jumlah lubang yang dapat dibuat pada piringan menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut.

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



*Rotary encoder* yang digunakan memiliki 2 keluaran data yang dapat diproses oleh mikrokontroler. Ch A dan Ch B memiliki beda sudut sebesar 90°. Pola ini yang dapat dimanfaatkan untuk membedakan arah putaran shaft motor. Pada Gambar 5. ditunjukkan perbedaan data keluaran Ch A dan Ch B ketika shaft motor diputar secara *Forward* dan *Backward*.

Gambar 5. Perbedaan Data Keluaran *Rotary Encoder*  
(Sumber: <http://aval-global.com/?p=6940&ckattempt=1>)



Determine the direction of rotation comparing A and B phase

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

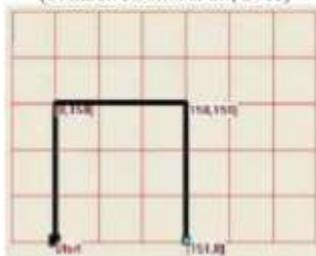
Revisi: 00

Halaman 7 dari 46

#### 4. Path Tracking

*Path tracking* adalah kemampuan robot untuk mengikuti atau melacak jalur atau lintasan tertentu dengan presisi (Nugraha *et al.*, 2021). Hal ini mirip dengan mengemudi mobil di jalan atau mengikuti garis yang telah ditentukan. Robot yang memiliki kemampuan *path tracking* dapat menggunakan sensor dan kontrol yang tepat untuk mengikuti jalur dengan akurasi yang tinggi dan tetap berada di jalur yang telah ditetapkan. Tujuan dari *path tracking* adalah untuk memperkecil kesalahan posisi dari robot terhadap titik referensi pada lintasan dan memandu robot untuk mengikuti lintasan yang sudah direncanakan.

Gambar 6. Contoh *Path Tracking* pada Robot  
(Sumber: Ardilla *et al.*, 2011)



*Path tracking* merupakan teknik yang erat kaitannya dengan metode *odometry*. Dengan metode *odometry* robot secara terus-menerus memantau perubahan *path* atau posisinya dari waktu ke waktu. Hal ini memungkinkan pengukuran *error* atau kesalahan arah robot terhadap jalur yang dituju. Metode ini digunakan untuk memastikan bahwa robot tetap berada pada jalur yang telah ditentukan dan mengikuti rute yang telah direncanakan.

Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 8 dari 46

**5. Konfigurasi Pin**

Setiap mikrokontroler memiliki pin-pin yang dapat dikonfigurasi untuk berbagai fungsi. Berikut konfigurasi pin yang digunakan untuk menerapkan metode *odometry* pada praktik kali ini:

**a. Rotary Encoder 1**

| <b>Rotary Encoder</b> | <b>Pin</b>     |
|-----------------------|----------------|
| Channel A             | E9 (TIM1_CH1)  |
| Channel B             | E11 (TIM1_CH2) |

**b. Rotary Encoder 2**

| <b>Rotary Encoder</b> | <b>Pin</b>    |
|-----------------------|---------------|
| Channel A             | A6 (TIM3_CH1) |
| Channel B             | A7 (TIM3_CH2) |

**c. Rotary Encoder 3**

| <b>Rotary Encoder</b> | <b>Pin</b>    |
|-----------------------|---------------|
| Channel A             | A0 (TIM2_CH1) |
| Channel B             | A1 (TIM2_CH2) |

**d. LCD**

| <b>LCD</b> | <b>Pin</b> |
|------------|------------|
| RS         | D0         |
| RW         | A13        |
| E          | C12        |
| D4         | A14        |
| D5         | C11        |
| D6         | A15        |
| D7         | C10        |

**e. Driver Motor 1**

| <b>Driver Motor</b> | <b>Pin</b>    |
|---------------------|---------------|
| PWM                 | C8 (TIM8_CH3) |
| Direction           | D1            |
| Direction           | D2            |

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 9 dari 46

**f. Driver Motor 2**

| <b>Driver Motor</b> | <b>Pin</b>     |
|---------------------|----------------|
| PWM                 | B8 (TIM10_CH1) |
| Direction           | B6             |
| Direction           | B7             |

**g. Driver Motor 3**

| <b>Driver Motor</b> | <b>Pin</b>     |
|---------------------|----------------|
| PWM                 | B9 (TIM11_CH1) |
| Direction           | E1             |
| Direction           | E2             |

**h. Driver Motor 4**

| <b>Driver Motor</b> | <b>Pin</b> |
|---------------------|------------|
| PWM                 | E5         |
| Direction           | E4         |
| Direction           | E3         |

**i. Controller**

| <b>Controller</b> | <b>Pin</b> |
|-------------------|------------|
| Receiver          | D6         |
| Transmitter       | D5         |

**D. Alat dan Bahan**

1. Media Pembelajaran Path Tracking Robot Menggunakan Metode Odometry
2. Laptop atau PC
3. Battery Li-Po 12V
4. Battery Li-Po 24V
5. Mikrokontroller STM32F4
6. Mikrokontroller ESP32

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 10 dari 46

7. Driver Motor BTN7960B
8. Motor PG-45
9. *Rotary Encoder*
10. Kabel *Uploader* USB Type-A
11. Kabel *Uploader* USB Type-B
12. Aplikasi STM32CUBEMX
13. Aplikasi Keil µVision IDE
14. Aplikasi Arduino
15. Aplikasi Visual Studio Code

**E. Keselamatan Kerja**

1. Jagalah kebersihan lingkungan praktik
2. Perhatikan tata tertib di Lab Robotika
3. Pastikan peralatan sudah dicek dan siap digunakan
4. Gunakan sarung tangan, *safety shoes*, dan *wearpack* saat praktikum
5. Membaca dan mengikuti semua prosedur praktikum dengan cermat
6. Penggunaan alat dan bahan bagaimana semestinya
7. Mengembalikan semua alat dan bahan ke tempat semua jika sudah selesai digunakan

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

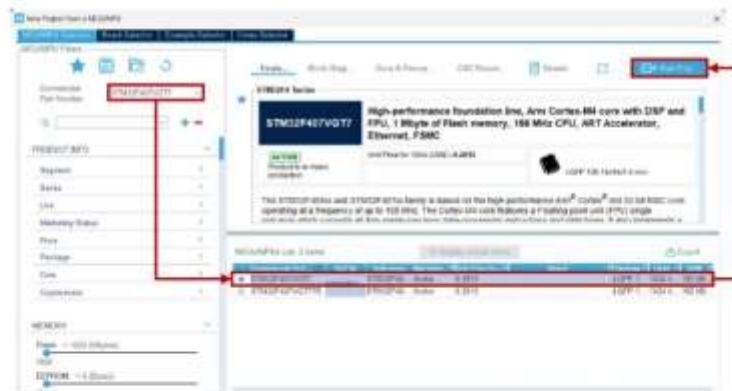
|                                                                                   |                                                                                                |                     |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry</b> |                     |                    |
| Labsheet 4                                                                        | Tanggal: 14 – 11 – 2023                                                                        | $4 \times 50$ Menit | Halaman 11 dari 46 |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                                |                     |                    |

#### F. Langkah Kerja

1. Siapkan perlengkapan praktikum.
2. Buka aplikasi STM CUBE MX lalu klik *Access to MCU Selector*.



3. Pada kolom *Commercial Part Number*, ketik "STM32F407VGT7". Klik kolom yang ditunjukkan pada gambar di bawah lalu klik *Start Project*.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 12 dari 46

4. Tunggu hingga aplikasi selesai dimuat, sampai muncul tampilan yang mirip dengan gambar di bawah ini.



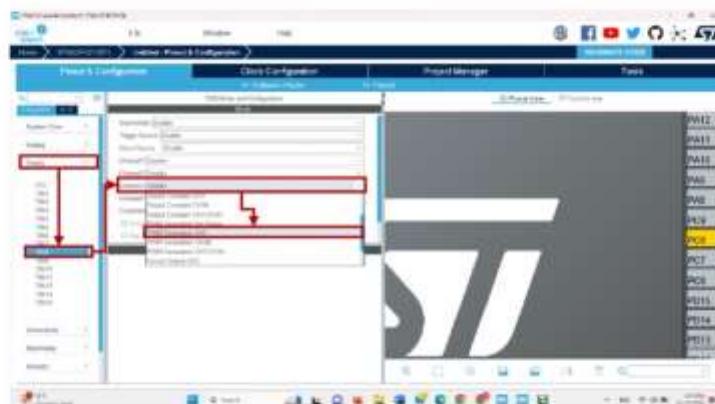
5. Klik pin C8 lalu pilih TIM8\_CH3.

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                                |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry</b> |              |                    |
| Labsheet 4                                                                        | Tanggal: 14 – 11 – 2023                                                                        | 4 × 50 Menit | Halaman 13 dari 46 |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                                |              |                    |

6. Klik *Timers > TIM8 > Channel 3 > PWM Generation CH3*



7. Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                                |                    |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry</b> |                    |  |
| Labsheet 4                                                                        | Tanggal: 14 – 11 – 2023                                                                        | 4 × 50 Menit       |  |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                                | Halaman 14 dari 46 |  |

8. Klik pin B8 lalu pilih TIM10\_CH1



9. Klik *Timers > TIM10 > Activated > Channel 1 > PWM Generation CH1*. Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                                |                    |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry</b> |                    |  |
| Labsheet 4                                                                        | Tanggal: 14 – 11 – 2023                                                                        | 4 × 50 Menit       |  |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                                | Halaman 15 dari 46 |  |

10. Klik pin B9 lalu pilih TIM11\_CH1



11. Klik *Timers* > *TIM11* > *Activated* > *Channel 1* > *PWM Generation CH1*. Pada *Parameter Settings*, ubah *Prescaler* menjadi 80. Lalu ubah *Counter Period* menjadi 1024.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                                |                     |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry</b> |                     |                    |
| Labsheet 4                                                                        | Tanggal: 14 – 11 – 2023                                                                        | $4 \times 50$ Menit | Halaman 16 dari 46 |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                                |                     |                    |

12. Klik pin E5 lalu pilih TIM9\_CH1



13. Klik Timers > TIM9 > Channel 1 > PWM Generation CH1. Pada Parameter Settings, ubah Prescaler menjadi 80. Lalu ubah Counter Period menjadi 1024.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                                |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry</b> |              |                    |
| Labsheet 4                                                                        | Tanggal: 14 – 11 – 2023                                                                        | 4 × 50 Menit | Halaman 17 dari 46 |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                                |              |                    |

14. Klik pin D1 lalu pilih GPIO\_Output



15. Ulangi langkah 14 pada pin D2, B6, B7, E1, E2, E3, dan E4.

16. Klik pin D5 lalu pilih USART2\_TX



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                                |                     |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry</b> |                     |                    |
| Labsheet 4                                                                        | Tanggal: 14 – 11 – 2023                                                                        | $4 \times 50$ Menit | Halaman 18 dari 46 |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                                |                     |                    |

17. Klik pin D6 lalu pilih USART2\_RX



18. Klik *Connectivity* > USART2 > Mode > pilih *Asynchronous*. Pada *Parameters Setting*, ganti *Baud Rate* menjadi 115200 Bits/s.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 19 dari 46

19. Klik *NVIC Settings*, lalu klik enabled pada USART2 *global interrupt* hingga muncul tanda centang.



20. Klik *DMA Settings* lalu klik tombol *Add*. Setelah itu, pilih USART2\_RX.



21. Pada bagian *Priority* pilih *Very High*.



22. Ubah pin B10 menjadi USART3\_TX dan pin B11 menjadi USART3\_RX.

23. Ulangi langkah 18 – 20 untuk USART3.

Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                                |                    |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry</b> |                    |            |
| Labsheet 4                                                                        | Tanggal: 14 – 11 – 2023                                                                        | 4 × 50 Menit       | Revisi: 00 |
|                                                                                   |                                                                                                | Halaman 20 dari 46 |            |

24. Klik pin A0 lalu pilih TIM2\_CH1



25. Klik pin A1 lalu pilih TIM2\_CH2



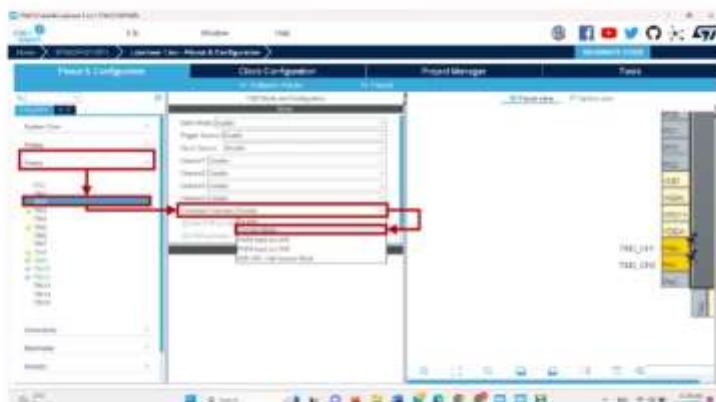
Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

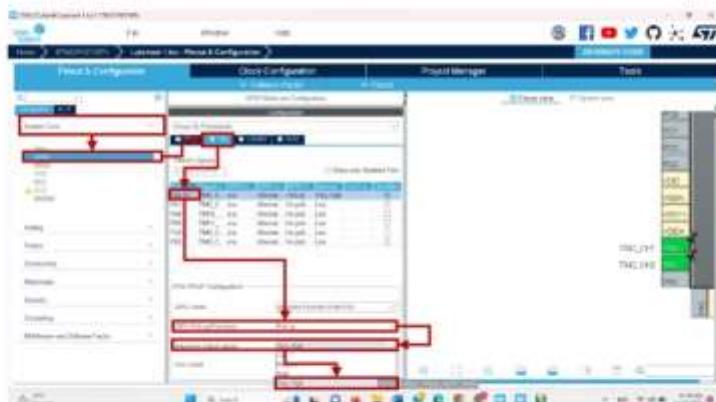
Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                                |                    |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry</b> |                    |            |
| Labsheet 4                                                                        | Tanggal: 14 – 11 – 2023                                                                        | 4 × 50 Menit       | Revisi: 00 |
|                                                                                   |                                                                                                | Halaman 21 dari 46 |            |

26. Klik *Timers* > *TIM2* > *Combined Channel* > pilih *Encoder Mode*.



27. Klik *System Core* > *GPIO* > *TIM* > klik pin A0. Lalu ganti *GPIO Pull-up/Pull-down* menjadi *Pull-up* dan ganti *Maximum Output Speed* menjadi *Very High*.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 22 dari 46

28. Ulangi langkah 25 pada pin A1.



29. Setting *timer* pin A6 menjadi TIM3\_CH1, pin A7 menjadi TIM3\_CH2, pin E9  
menjadi TIM1\_CH1, dan pin E11 menjadi TIM1\_CH2.

30. Ulangi langkah 24 – 25 untuk pin TIM1 dan TIM3.

31. Klik pin D0 lalu pilih GPIO\_OUTPUT.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 23 dari 46

32. Ulangi langkah 29 pada pin C12, C11, C10, A15, A14, dan A13.

33. Klik kanan pada pin D0 lalu klik *Enter User Label*.



34. Beri nama dengan RS.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 24 dari 46

35. Ulangi langkah 31 pada pin C12, C11, C10, A15, A14, dan A13 dengan penamaan pin seperti gambar di bawah.



36. Klik *Clock Configuration* lalu ubah HCLK menjadi 168 dan klik *enter*.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                                |                    |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry</b> |                    |  |
| Labsheet 4                                                                        | Tanggal: 14 – 11 – 2023                                                                        | 4 × 50 Menit       |  |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                                | Halaman 25 dari 46 |  |

37. Akan muncul kotak dialog seperti gambar di bawah. Klik OK.



38. Klik *Project Manager*, lalu beri nama file sesuai keinginan. Setelah itu, pada *Toolchain / IDE* pilih MDK-ARM lalu *Generate Code*.



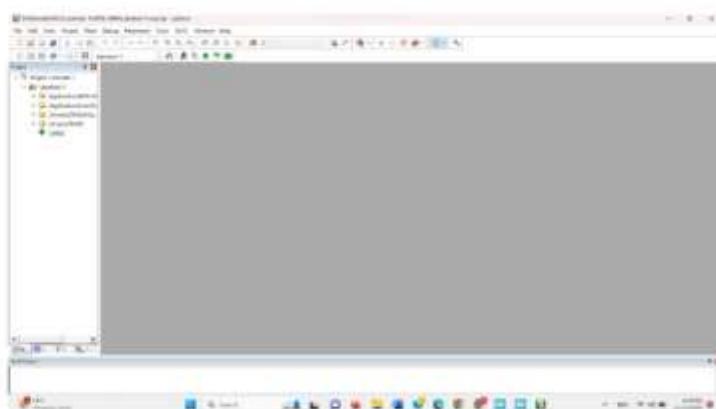
|                                      |                                                  |                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Disusun oleh:<br>Alifia Putri Qabila | Fakultas Teknik<br>Universitas Negeri Yogyakarta | Diperiksa oleh: |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|

|                                                                                   |                                                                                                |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry</b> |              |                    |
| Labsheet 4                                                                        | Tanggal: 14 – 11 – 2023                                                                        | 4 × 50 Menit | Halaman 26 dari 46 |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                                |              |                    |

39. Klik *Open Project*.



40. Tunggu hingga aplikasi selesai dimuat sampai muncul tampilan yang mirip dengan gambar di bawah ini.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

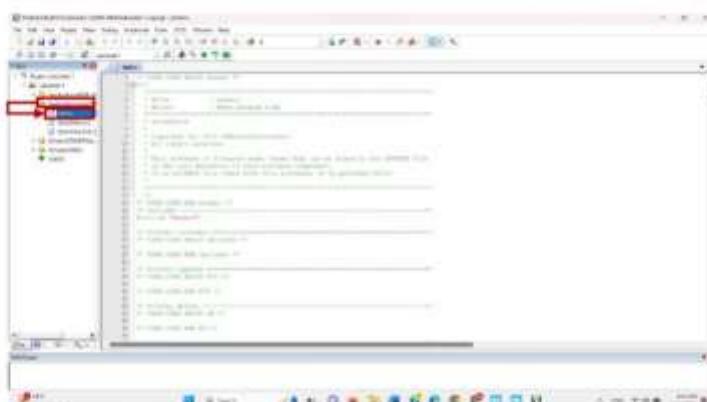
Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 x 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 27 dari 46

41. Pada sidebar, klik *Application/User/...* lalu klik dua kali pada main.c



42. Masukkan program berikut pada *main.c*

```
-----variabel sin dan cos odometry-----
Float cos_encoder, degcos_encoder, hasil_cos_encoder;
Float sin_encoder, degsin_encoder, hasil_sin_encoder;
Float cos_odometry, degcos_odometry, hasil_cos_odometry;
Float sin_odometry, degsin_odometry, hasil_sin_odometry;
-----variabel persamaan vx dan vy-----
Float tipe, tipel, tipe2, tipe3, tipe4, tipe5, vx, vy;
Float encoder_x, encoder_y, encoder_z;
Float value, roda1, roda2, roda3;
Float xl, x2, x3, x4, YD, XD, sudut_theta, y_global, x_global;
-----variabel input sudut navigasi-----
Float error_y, error_x, data_kompas, yaw_shadow, A, B, C;
Float spxl, spyl, epxl, epyl, spx2, spy2, epx2, epy2;
Float jarak gerak, sudut_gersk, HM, heading_yaw;
Int step;
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 - 11 - 2023

4 x 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 28 dari 46

```
void odometry()\n{\n //-----program mengubah sudut ke radian-----\n cos_encoder=60; //input cos\n degcos_encoder=(cos_encoder/57.325); //konversi\n hasil_cos_encoder=cos(degcos_encoder); //hasil cos\n\n sin_encoder=60; //input sin\n degsin_encoder=(sin_encoder/57.325); //konversi\n hasil_sin_encoder=sin(degsin_encoder); //hasil sin\n\n //-----persamaan mencari nilai vx linear--\n tipe=-({v1_encoder*hasil_cos_encoder});\n tipel=(tipe-(v2_encoder*hasil_cos_encoder));\n tipeem=(tipel+v3_encoder);\n vx=(tipeem*(-15));\n\n //-----persamaan mencari nilai vy linear--\n tipe2=(v1_encoder*hasil_sin_encoder);\n tipe3=(v2_encoder*hasil_sin_encoder);\n tipe4=({tipe2-tipe3});\n vy=(tipe4*15);\n\n //-----perhitungan mencari nilai theta-----\n encoder_x+= v1_encoder;\n encoder_y+= v2_encoder;\n encoder_z+= v3_encoder;
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 - 11 - 2023

4 x 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 29 dari 46

```
value=(5.0/57.0);
roda1=(encoder_x*value);
roda2=(encoder_y*value);
roda3=(encoder_z*value);
sudut_theta=((roda1+roda2+roda3)/1.02777778);

//program mengubah nilai theta menjadi bentuk radian
cos_odometri=data_kompas; //sudut cos
degcos_odometri=(cos_odometri/57.325);
hasil_cos_odometri=cos(degcos_odometri); //hasil cos
sin_odometri=data_kompas; //sudut sin
degxin_odometri=(sin_odometri/57.325);
hasil_sin_odometri=sin(degxin_odometri); //hasil sin

//-----persamaan nilai vx-----
x1=(vx*hasil_cos_odometri);
x2=(vy*hasil_sin_odometri);
XD+=(x1-x2); //

//-----persamaan nilai vx-----
X3=(vx*hasil_sin_odometri);
X4=(vy*hasil_cos_odometri);
YD+=(x4+x5); //

//-----hasil odometry-----
y_global=(YD/(-460));
x_global=(XD/460);
sudut_theta=((roda2+roda3+roda4)/1.02777778);
|
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 - 11 - 2023

4 x 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 30 dari 46

```
void gerak(int tx, int ty,int yaw_shadow,int set_kecepatan)
{
 error_y=ty-vy; //tujuan koordinat-real time koordinat
 error_x=tx-vx; //tujuan koordinat-real time koordinat
 data_kompas=sudut_theta; //Heading robot

 //-----perhitungan menuju ke tujuan koordinat-----
 spx1 = y_global;
 spy1 = x_global;
 epk1 = y_global + (cos(data_kompas * (3.14 / 180.0)) * 26);
 epy1 = x_global + (sin(data_kompas * (3.14 / 180.0)) * 26);
 spx2 = y_global;
 spy2 = x_global;
 epx2 = ty;
 epy2 = tx;
 jarak_gerak = sqrt(pow(spx1 - epx2, 2) + pow(spy1 - epy2, 2));
 sudut_gerak = (atan2(epyl - spy1, epk1 - spx1) -
 atan2(epy2 - spy2, epx2 - spx2)) * (180.0 / 3.14);

 //-----perhitungan menuju heading tujuan-----
 if(data_kompas<yaw_shadow)
 {
 A=yaw_shadow-data_kompas;
 B=180-A;
 C=B;
 }
}
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 - 11 - 2023

4 x 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 31 dari 46

```
-----perhitungan menuju heading tujuan-----
else{ B=data_kompas-yaw_shadow;C=B;
if(C>180) (HH=(-360)+C);
else (HH=C);

if(sudut_gerak < 0) {sudut_gerak = (sudut_gerak*-1);}
else (sudut_gerak = 360 - sudut_gerak);

if(sudut_gerak > 360) (sudut_gerak = sudut_gerak - 360);
heading_yaw=HH; sudut_gerak = sudut_gerak + 90;
-----program ketika tujuan koordinat sudah terpenuhi-----
if((y_global < ty + 4 && y_global > ty- 4) &&
(x_global < tx+ 4 && x_global > tx - 4)){ stop();step++;}
else (set_sudut(sudut_gerak,Dtheta,heading_yaw));}
```

43. Pada program while masukkan program berikut:

```
while (1){
 BacaEncoder_fix(); //memanggil fungsi membaca encoder
 Odometry(); //memanggil fungsi pemetaan
 If(silang){
 If (step == 0){gerak(600,0);}
 If (step == 1){gerak(600,600);}
 }
 sprintf(text, "X: %d", x_global); lcd_puts(0, 0,
(int8_t*) text);
 sprintf(text, "Y: %d", y_global); lcd_puts(0, 0,
(int8_t*) text);
 char kirimesp[50];
 sprintf(kirimesp, "X%5d", x_global);
 HAL_UART_Transmit(shuart3, (uint8_t*) kirimesp,
strlen(kirimesp), 1000);
 sprintf(kirimesp, "Y%5d\r\n", y_global);
 HAL_UART_Transmit(shuart3, (uint8_t*) kirimesp,
strlen(kirimesp), 1000);}
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

|                                                                                   |                                                                                                |                    |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--|
|  | <b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO</b><br><b>LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry</b> |                    |  |
| Labsheet 4                                                                        | Tanggal: 14 – 11 – 2023                                                                        | 4 × 50 Menit       |  |
| Revisi: 00                                                                        |                                                                                                | Halaman 32 dari 46 |  |

44. Klik ikon *Build* atau klik tombol F7 pada *keyboard*.



45. Hubungkan kabel *downloader* ke port mikrokontroler.

46. Klik ikon *Download* atau klik tombol F8 pada *keyboard*.



47. Setelah program terunggah, langkah selanjutnya adalah membuat program untuk ESP8266. Untuk memprogram ESP8266 gunakan aplikasi Arduino IDE.

48. Buka aplikasi Arduino IDE, pilih 'file' lalu pilih 'New' untuk membuka projek baru



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 33 dari 46

49. Lalu pilih board ESP8266 dengan menu *Tools > Board > ESP8266 >* pilih *Generic ESP8266 Module*



50. Tulis program sesuai dengan contoh dibawah

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESPAsyncWebServer.h>

//WIFI
const char* ssid = "Maestro-Gajah";
const char* password = "123456789";
char data;
int count = 0;
int timer, timerlast = 0;
AsyncWebServer server(80);
String respon;

const unsigned int MAX_MESSAGE_LENGTH = 80;
String pesan;

String kirim(){
 return String(pesan);
}

String cobakirim(){
 return String(1);
}
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 34 dari 46

```
void setup() {
 Serial.begin(115200);
 WiFi.softAP(ssid, password);
 IPAddress IP = WiFi.softAPIP();
 Serial.print("Setting AP (Access Point)-");
 Serial.print("AP IP address: ");
 Serial.println(IP);
 server.on("/kirimdata", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest
* request) {
 respon = kirim();
 if(respon.indexOf('G') != -1){
 count++;
 }
 request->send_200("text/plain", kirim().c_str());
 });
 server.begin();
}

void loop() {
 if (Serial.available() > 0){
 static char message[MAX_MESSAGE_LENGTH];
 static unsigned int message_pos = 0;
 char inByte = Serial.read();
 if (inByte != '\n' && (message_pos < MAX_MESSAGE_LENGTH
- 1)){
 message[message_pos] = inByte;
 message_pos++;
 }
 else{
 message[message_pos] = '\0';
 pesan = message;
 message_pos = 0;
 }
 }
 timer = millis();
 if(timer - timerlast > 1000){
 Serial.println(count);
 timerlast = timer;
 count = 0;
 }
}
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



## DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

### LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 35 dari 46

51. Pastikan semua *library* sudah terinstal.

52. Setelah semua *library* terinstal dan program selesai dituliskan, Langkah berikutnya adalah mem-*debug* program dengan menekan tombol "verify" sebelah kiri atas berlambang tanda centang.



53. Setelah program sudah benar, langkah berikutnya adalah upload program pada ESP8266 dengan kabel *uploader* dengan cara Pilih *Tools* > pilih COM > pilih COM yang terhubung dengan ESP8266 > tekan tombol *upload* yang berada di samping tombol verify



54. Setelah program ESP8266 (*Transmitter*) sudah berhasil *diupload*, selanjutnya adalah membuat program untuk ESP32 (*Receiver*).

55. Ulangi Langkah 34 untuk membuat program baru.

56. Lalu pilih board ESP32 dengan menu *Tools* > *Board* > *ESP32* > pilih *ESP32 Dev Module*



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 36 dari 46

57. Tulis program sesuai dengan contoh di bawah:

```
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>

char data;
int count = 0;
int timer, timerlast = 0;
const char* ssid = "Maestro-Gajah";
const char* password = "123456789";
const char* serverName = "http://192.168.4.1/kirimdata";

WiFiServer server(80);
String terimedata = "";
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET 4
#define SCREEN_ADDRESS 0x3C
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire,
OLED_RESET);
#define NUMFLAKES 18
#define LOGO_HEIGHT 16
#define LOGO_WIDTH 16

unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long milisakhir = 0;
unsigned long sendDataCount = 0;
unsigned long receivedDataCount = 0;
unsigned long lastSecond = 0;
unsigned long bytesReceived = 0;
unsigned long lastTime = 0;
unsigned long totalBytesReceived = 0;

const long interval = 100;
const int downloadInterval = 1000;
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 37 dari 46

```
String datatampil;
String tegangan;
String serong;
String pwm;
String delay;
String modeee;
String modeX, tiang, grippercount, posgrip;
String enc1, enc2, enc3;
String posx, posy;

void setup() {

 Serial.begin(115200);

 if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, SCREEN_ADDRESS))
 {
 Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
 for (;;)
 }
 display.clearDisplay();
 WiFi.begin(ssid, password);
 Serial.println("Connecting");
 while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
 delay(500);
 Serial.print(".");
 display.setTextSize(1);
 display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
 display.setCursor(0, 0);
 display.println("Menyambungkan...");
 display.display();
 }
 Serial.println("");
 Serial.print("Connected to WiFi network with IP Address:");
 Serial.println(WiFi.localIP());
}
```

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 38 dari 46

```
void loop() {
 unsigned long currentMillis = millis();
 if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
 display.clearDisplay();
 if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
 terimadata = httpGETRequest(serverName);
 if(terimadata.indexOf('G') != -1){
 count++;
 }
 previousMillis = currentMillis;

 modee = terimadata.substring(0,2);
 serong = terimadata.substring(2,4);
 modex = terimadata.substring(4,6);
 tiang = terimadata.substring(6,8);
 grippercount = terimadata.substring(8,11);
 enc1 = terimadata.substring(11,19);
 enc2 = terimadata.substring(19,27);
 enc3 = terimadata.substring(27,35);
 posx = terimadata.substring(35,42);
 posy = terimadata.substring(42,50);

 Serial.print(": (" + posx + ",");
 Serial.println(posy) + ")";
 display.clearDisplay();
 display.setTextSize(1);
 display.setTextColor(SSD1306_WHITE);

 tampilkan(enc1, 0, 30);
 tampilkan(enc2, 0, 40);
 tampilkan(enc3, 0, 50);
 tampilkan(posx + " mm", 60, 30);
 tampilkan(posy + " mm", 60, 40);
 aktivasikan();
 display.display();
 }
 }
}
```

58. Setelah program selesai dibuat, ulangi langkah 51-53 untuk mengupload hasil program ke ESP32.

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

LS 4: *Path Tracking Menggunakan Odometry*

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 39 dari 46

59. Pasang baterai Li-Po pada robot untuk sumber tegangan.



60. Kemudian pasang Baterai Li-ion pada sistem monitoring untuk sumber tegangan.



61. Setelah seluruh baterai terpasang, sambungkan semua kabel saklar supaya tegangan bisa mengalir menuju rangkaian.



Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:



DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 40 dari 46

62. Pastikan *Emergency Button* dalam keadaan *release*.



63. Nyalakan *controller* dan tunggu hingga *controller* terhubung pada robot.



64. Klik tombol silang pada *controller* untuk mengoperasikan robot.

65. Amati jalur yang dilewati pada robot melalui *serial monitor* yang ada pada aplikasi arduino.

66. Setelah robot mencapai koordinat yang ditargetkan, salin data yang ada di *serial monitor*.

67. Buka Notepad atau editor teks biasa lainnya di komputer.

68. Klik *paste* lalu simpan file dengan nama “data.json”

Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 41 dari 46

69. Buka Visual Studio Code lalu masukkan program berikut

```
import json
import matplotlib.pyplot as plt

Load data from JSON file
with open('data.json', 'r') as file:
 data = json.load(file)

Parse the timestamp and coordinates from the data
timestamps = []
coordinates = []

for timestamp, coordinate in data.items():
 x, y = map(int, coordinate.strip('{}').split(','))
 timestamps.append(timestamp)
 coordinates.append((x, y))

Extract x and y coordinates for plotting
x_values, y_values = zip(*coordinates)

Plot the line
plt.plot(x_values, y_values, marker='o', linestyle='--')
plt.title('Path of the Robot')

plt.xlabel('X-axis')
plt.ylabel('Y-axis')
plt.show()
```

70. Simpan program tersebut dalam folder yang sama dengan file "data.json" yang telah dibuat pada langkah 53

71. Klik run atau klik tombol F5 pada *keyboard*.

Disusun oleh:  
Alifia Putri Qabila

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

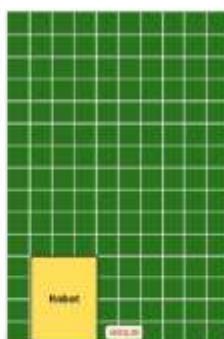
Halaman 42 dari 46

**G. Tugas**

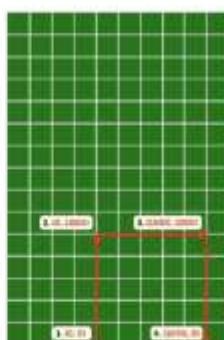
Modifikasi program di atas agar robot dapat mengikuti jalur dengan bentuk kotak, segitiga, dan trapesium. Selanjutnya, isilah tabel-tabel data sesuai dengan pergerakan robot pada masing-masing jalur tersebut.

## 1. Jalur Kotak

- a. Posisikan robot pada titik koordinat (800, 0) seperti pada gambar di bawah.



- b. Modifikasi program di atas agar robot bisa mengikuti jalur kotak seperti gambar di bawah.

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 43 dari 46

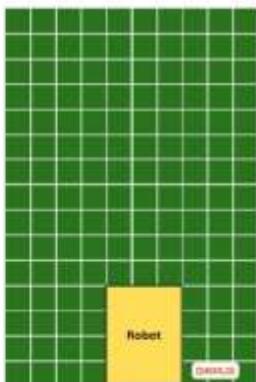
- c. Amati LCD atau *Serial Monitor* lalu catat koordinat tiap titik pada tabel di bawah.

| Target Posisi |      | Hasil Praktik |   | Error (%) |   |
|---------------|------|---------------|---|-----------|---|
| X             | Y    | X             | Y | X         | Y |
| 0             | 1000 |               |   |           |   |
| 1000          | 1000 |               |   |           |   |
| 1000          | 0    |               |   |           |   |

- d. Ulangi langkah 50 – 56 dan *screenshoot* jalur yang dibuat oleh robot lalu *paste* pada kolom yang telah disediakan di bawah ini.

## 2. Jalur Segitiga

- a. Posisikan robot pada titik koordinat (1400, 0) seperti pada gambar di bawah.

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 44 dari 46

- b. Modifikasi program di atas agar robot bisa mengikuti jalur segitiga seperti gambar di bawah.



- c. Amati LCD atau *Serial Monitor* lalu catat koordinat tiap titik pada tabel di bawah.

| Target Posisi |     | Hasil Praktik |   | Error (%) |   |
|---------------|-----|---------------|---|-----------|---|
| X             | Y   | X             | Y | X         | Y |
| 0             | 500 |               |   |           |   |
| 400           | 500 |               |   |           |   |
| 0             | 0   |               |   |           |   |

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

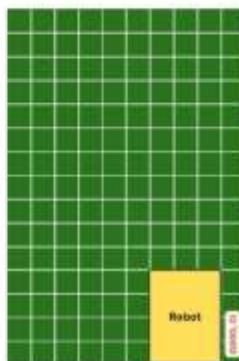
Revisi: 00

Halaman 45 dari 46

- d. Ulangi langkah 50 – 56 dan *screenshoot* jalur yang dibuat oleh robot lalu *paste* pada kolom yang telah disediakan di bawah ini.

**3. Jalur Trapesium**

- a. Posisikan robot pada titik koordinat (1600, 0) seperti pada gambar di bawah.

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh:

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO****LS 4: Path Tracking Menggunakan Odometry**

Labsheet 4

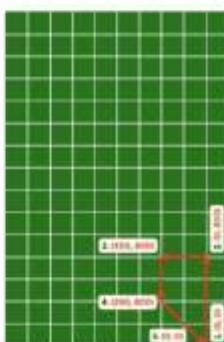
Tanggal: 14 – 11 – 2023

4 × 50 Menit

Revisi: 00

Halaman 46 dari 46

- b. Modifikasi program di atas agar robot bisa mengikuti jalur trapesium seperti gambar di bawah.



- c. Amati LCD atau *Serial Monitor* lalu catat koordinat tiap titik pada tabel dibawah.

| Target Posisi |     | Hasil Praktik |   | Error (%) |   |
|---------------|-----|---------------|---|-----------|---|
| X             | Y   | X             | Y | X         | Y |
| 0             | 800 |               |   |           |   |
| 400           | 800 |               |   |           |   |
| 200           | 800 |               |   |           |   |
| 0             | 0   |               |   |           |   |

- d. Ulangi langkah 50 – 56 dan *screenshoot* jalur yang dibuat oleh robot lalu *paste* pada kolom yang telah disediakan di bawah ini.

Disusun oleh:  
Alifia Putri QabilaFakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

Diperiksa oleh: