

PENGEMBANGAN *MIRROR* GERAKAN PADA ROBOT *HUMANOID* DENGAN BANTUAN APLIKASI *INVERS MOTION* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN ROBOTIKA

Romi Efendi¹, Herlambang Sigit Pramono¹

¹ Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

Abstrak— Tujuan penelitian ini adalah untuk: (1) merancang sistem pengembangan mirror gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *invers motion* sebagai media pembelajaran mata kuliah Robotika; (2) mengetahui unjuk kerja pengembangan mirror gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *invers motion*; (3) mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran pengembangan mirror gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *invers motion* berdasarkan penilaian ahli media dan ahli materi; dan (4) mengetahui respon pengguna. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan *R&D* dengan model *ADDIE*. Penelitian dilaksanakan di Program Studi DPTE FT UNY dengan subjek mahasiswa, ahli media, dan ahli materi. Teknik pengumpulan data menggunakan angket skala *Likert* empat tingkat, dengan uji validitas konstruk oleh ahli dan uji reliabilitas menggunakan rumus alpha. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk menilai unjuk kerja dan kelayakan media. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh: (1) media pembelajaran berupa robot *humanoid* yang dilengkapi mikrokontroler *OpenCM 9.04*, serta motor servo *Dynamixel XL-320*; (2) unjuk kerja sistem menunjukkan keberhasilan implementasi metode pemrograman mirror dalam pengendalian sudut servo dengan sudut servo sebenarnya diperoleh rata-rata error kurang dari 1% ; (3) Tingkat kelayakan media berdasarkan penilaian ahli media dengan skor 76, ahli materi 81, dan pengguna 81,6, dengan kriteria penilaian “Sangat Layak”.

Kata kunci: *ADDIE*, mirror gerakan, media pembelajaran, robot *humanoid*, *invers motion*

Abstract— The objectives of this research are to: (1) Design a system for developing mirror movements on humanoid robots with the help of inverse motion applications as learning media for Robotics courses; (2) Know the performance of developing mirror movements on humanoid robots with the help of inverse motion applications; (3) Know the level of feasibility of learning media for developing mirror movements on humanoid robots with the help of inverse motion applications based on the assessment of media experts, material experts, and users. The research method used is development *R&D* with the *ADDIE*. The research was conducted at the DPTE FT UNY with the subjects of students, media experts, and material experts. The data collection technique used a four-level *Likert* scale questionnaire, with construct validity testing by experts and reliability testing using the alpha formula. The data were analyzed descriptively quantitatively to assess the performance and feasibility of the media. Based on the research results obtained: (1) Learning media in the form of a humanoid robot equipped with an *OpenCM 9.04* microcontroller, as well as a *Dynamixel XL-320* servo motor; (2) System performance shows the successful implementation of the mirror programming method in controlling servo angles as evidenced by data analysis from 3 trials comparing the servo angle of the mirror program results with the actual servo angle obtained an average error of less than 1%; (3) The level of media feasibility based on the assessment of media experts of 76, material experts 81, and users 81,6, with the assessment criteria “Very Feasible”.

Keywords: *ADDIE*, motion mirror, learning media, humanoid robot, inverse motion

Article submitted 2025-06-15.

Resubmitted 2025-06-18.

Final acceptance 2025-06-24.

Final version published as submitted by the authors.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution Share Alike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Corresponding Author:

Romi Efendi

Universitas Negeri Yogyakarta

Yogyakarta, Indonesia

Email: romiefendi.2021@student.uny.ac.id

1. Pendahuluan

Pesatnya perkembangan teknologi, terutama di sektor industri, dikembangkanlah robot-robot otomatis yang dikendalikan melalui teknologi komputer nirkabel (*wireless*). Robot berfungsi sebagai alat bantu yang memiliki peran penting dalam berbagai kondisi di dunia industri. Penelitian dalam bidang ini pun semakin meluas, menunjukkan adanya motivasi yang jelas. Salah satu fokus penelitian yang menonjol adalah pengembangan robot *humanoid*, yang mampu menjalankan beragam tugas mulai dari aktivitas olahraga hingga keterlibatan dalam seni dan manajemen bencana. Robot *humanoid* dapat diartikan sebagai robot yang memiliki bentuk serta beberapa karakteristik yang menyerupai manusia, baik dari segi struktur keseluruhan maupun pola pergerakannya [11].

Robot secara garis besar tersusun atas tiga komponen utama yaitu sensor, aktuator, dan mikrokontroler. Fungsi dari aktuator itu sendiri adalah suatu komponen yang berfungsi sebagai penggerak robot, sensor adalah suatu perangkat yang dapat mendeteksi kondisi tertentu yang dikehendaki, sedangkan mikrokontroler adalah perangkat yang dapat mengontrol piranti elektronik. Susunan komponen tersebut kini juga telah dikombinasikan dengan berbagai teknologi yang mampu lebih dekat dengan manusia, sehingga teknologi ini mulai merambah diberbagai sektor kehidupan manusia. Hal ini berdampak pada tingkat kemakmuran suatu bangsa, karena secara langsung bangsa tersebut dituntut untuk mampu dalam menghadapi persaingan teknologi dengan bangsa-bangsa lainnya.

Pengembangan sumber daya manusia hanya dapat tercapai jika didukung oleh berbagai faktor, salah satunya adalah pendidikan. Pendidikan berperan penting dalam meningkatkan keterampilan dan mengembangkan kreativitas kerja yang berlandaskan nilai-nilai moral. Sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Pasal 1 tentang Sistem Pendidikan Nasional, pendidikan nasional merupakan proses pembelajaran yang berlandaskan Pancasila dan Undang-Undang Dasar 1945. Pendidikan dirancang untuk mengoptimalkan potensi setiap individu melalui berbagai jenjang pembelajaran yang tersedia, sehingga mampu mencetak peserta didik yang kompetitif dan berdaya saing tinggi di dunia kerja serta kehidupan bermasyarakat. Dengan sistem pendidikan yang berkualitas, sumber daya manusia dapat berkembang secara maksimal dan memberikan kontribusi positif bagi kemajuan bangsa.

Universitas Negeri Yogyakarta (UNY), salah satu Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum (PTN-BH) di Indonesia, telah menetapkan statusnya melalui Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2022. Berdiri sejak 21 Mei 1964, UNY telah menunjukkan dedikasi dalam menghasilkan lulusan unggul di berbagai bidang, baik dalam ranah pendidikan maupun di luar pendidikan. Awalnya dikenal sebagai Fakultas Teknik (FT) pada tahun 2006, UNY telah berkembang menjadi sebuah universitas yang menawarkan beragam program studi di delapan fakultas dan satu program pascasarjana. Selain itu, UNY juga dikenal sebagai institusi yang berfokus pada pengembangan sumber daya manusia di bidang pendidikan, dengan kehadiran tujuh fakultas serta program pascasarjana yang terkait.

Salah satu dari banyak jurusan di Universitas Negeri Yogyakarta yang terus berkembang adalah Jurusan Pendidikan Teknik Elektro (JPTE) yang kini berganti nama menjadi Departemen Pendidikan Teknik Elektro (DPTE). DPTE menawarkan dua program studi berbasis LPTK Pendidikan Teknik Elektro dan Pendidikan Teknik Mekatronika. Yang dimana pada prodi Pendidikan Teknik Elektro ini kita dapat mempelajari berbagai kombinasi ilmu pengetahuan diantaranya ilmu pengetahuan mengenai bidang dasar-dasar elektro, elektronika, pemrograman dan otomasi industri. Pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, terdapat mata kuliah praktik robotika yang mencakup berbagai jenis robot, seperti robot *line follower*, robot darwin, *BoE Shield*, dan *LEGO Mindstorm*. Namun, terbatasnya jumlah dan variasi robot yang digunakan dalam mata kuliah ini mengakibatkan kurangnya motivasi belajar siswa serta terbatasnya kreativitas praktik. Selain itu, dalam pembelajaran mata kuliah robotika, mahasiswa sering dihadapkan pada konsep-konsep kompleks seperti *inverse kinematics*, yang berperan penting dalam pergerakan robot *humanoid*. Namun,

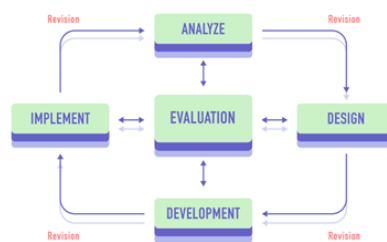
pemahaman terhadap konsep ini sering kali menjadi tantangan karena keterbatasan media pembelajaran yang interaktif dan aplikatif. Oleh karena itu, diperlukan adanya variasi media pembelajaran dalam mata kuliah robotika untuk mengembangkan potensi, serta menumbuhkan motivasi dan kreativitas belajar para siswa. Pengembangan sistem *mirror* gerakan berbasis *invers motion* ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam pembelajaran robotika, khususnya untuk robot *humanoid* sistem ini bisa menjadi solusi untuk menghemat waktu dalam proses pembuatan gerakan dan dapat memperbanyak variasi serta memperindah gerakan. Dengan adanya media pembelajaran interaktif ini, mahasiswa dapat memperoleh pengalaman langsung dalam mengimplementasikan teori *inverse kinematics*, sehingga meningkatkan pemahaman mereka terhadap konsep dasar pergerakan robot *humanoid*.

Melihat permasalahan yang telah dipaparkan di atas guna mengembangkan potensi, menumbuhkan motivasi dan kreatifitas belajar, peneliti bermaksud melakukan penelitian mengenai media pembelajaran pada mata kuliah robotika yang berupa pengembangan *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *invers motion*. Peneliti berharap dengan adanya media pembelajaran ini, praktikan dapat mengembangkan kompetensi, menumbuhkan kreatifitas belajar serta memotivasi belajar praktikan khususnya pada bidang pemrograman.

2. Metode

Penelitian yang digunakan dalam penelitian pengembangan *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *invers motion* ini adalah jenis penelitian dan pengembangan atau yang biasa disebut dengan (research and development (R&D) pada bidang kependidikan. Proses perancangan, pengujian, penelitian, dan pengembangan produk secara ilmiah merupakan inti dari metode penelitian dan pengembangan [15]. Melalui pendekatan ini, dihasilkan media pembelajaran yang dirancang khusus untuk mendukung mata kuliah praktik robotika. Pendekatan tersebut tidak hanya mengintegrasikan aspek inovasi dan teknis, tetapi juga bertujuan meningkatkan efektivitas proses belajar mengajar, sehingga mahasiswa dapat memperoleh pengalaman praktis dan pemahaman mendalam dalam bidang robotika. Dalam penelitian pengembangan *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *invers motion* ini peneliti memilih model penelitian ADDIE yang dicetuskan oleh Branch (2009) [4]. Menurut Robert Branch Model penelitian ADDIE, yang merupakan singkatan dari Analysis (Analisis), Design (Desain), Development (Pengembangan), Implementation (Penerapan), dan Evaluation (Evaluasi), dapat dimanfaatkan sebagai salah satu pendekatan dalam penelitian pembelajaran. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap tahap mulai dari analisis kebutuhan hingga evaluasi hasil dilaksanakan secara sistematis, sehingga proses perancangan dan implementasi media pembelajaran menjadi lebih terstruktur dan efektif [15]. Salah satu tujuan adanya penelitian ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja dari pengembangan *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *invers motion*.

2.1 Diagram Penelitian



Gambar 1. Model Penelitian ADDIE

Penelitian ini menggunakan model ADDIE yang dikemukakan oleh Branch [4]. Maka sesuai dengan model penelitian yang dipilih penelitian ini harus melewati beberapa tahapan sebagai berikut:

Analisis

Pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap kebutuhan dan masalah yang ada dalam mata kuliah Robotika di Prodi Pendidikan Teknik Elektro UNY. Analisis ini meliputi:

1. Berdasarkan hasil pengamatan, terdapat kekurangan dalam variasi media pembelajaran robotika yang digunakan di laboratorium, yang mayoritas menggunakan robot berbasis roda. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan media yang menggunakan robot *humanoid* untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap sistem robotika yang lebih kompleks.
2. Menentukan tujuan pengembangan media, yakni untuk memperkenalkan konsep *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dengan aplikasi *invers motion*.

Desain

Setelah memperoleh hasil dari tahap analisis, langkah selanjutnya adalah merancang desain penelitian. Proses perancangan ini meliputi langkah-langkah untuk mencapai hasil penelitian yang diinginkan, antara lain:

1. Mendesain mekanik pada media pembelajaran *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *inevers motion*.
2. Mendesain elektronik pada media pembelajaran pembelajaran *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *inevers motion*.
3. Merancang kebutuhan perangkat lunak yang diperlukan untuk pembelajaran *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *inevers motion*.
4. Merancang cara kerja media pembelajaran *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *inevers motion*.

Pengembangan

Tahap pengembangan adalah langkah ketiga dalam model ADDIE. Pada tahap ini, dilakukan pembuatan dan validasi media pembelajaran. Dalam penelitian ini, tahap pengembangan dilakukan dengan membuat media pembelajaran pembelajaran *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *inevers motion*. Media ini dikembangkan berdasarkan desain yang telah disusun sebelumnya dan disesuaikan dengan kompetensi dasar yang ditetapkan dalam mata kuliah robotika. Untuk mendukung penggunaan media pembelajaran ini, disediakan modul pembelajaran dan jobsheet yang dapat memandu peserta didik dalam mengoperasikan media tersebut. Mengevaluasi relevansi media dan materi pembelajaran oleh ahli media dan ahli materi. Selain itu, relevansi media dan materi pembelajaran juga dievaluasi oleh ahli media dan ahli materi untuk memastikan kesesuaian dan efektivitasnya, sehingga dapat dilakukan perbaikan dan peningkatan pada media dan materi yang ada.

Pelaksanaan

Setelah media pembelajaran selesai dan diuji kelayakannya oleh ahli media dan materi, tahap selanjutnya adalah implementasi. Implementasi dilakukan di lingkungan Fakultas Teknik UNY, khususnya pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro yang mengikuti mata kuliah robotika. Langkah-langkah implementasi ini meliputi:

1. Persiapan Pengajar: Pengajar harus disiapkan untuk mengajarkan dan menjelaskan penggunaan media pembelajaran pembelajaran *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *inevers motion* kepada mahasiswa.
2. Pengajar perlu memahami cara pengaturan, pemrograman, penggunaan, dan materi dari media pembelajaran yang digunakan.
3. Persiapan Peserta Didik: Untuk memastikan penggunaan media pembelajaran berjalan optimal, peserta didik perlu dipersiapkan agar tertarik dan termotivasi. Persiapan ini meliputi pemberian buku panduan dan *labsheet* kepada mahasiswa.

Evaluasi

Tahap terakhir adalah evaluasi. Setelah implementasi selesai, evaluasi dilakukan untuk memperbaiki dan menyempurnakan produk atau media pembelajaran. Langkah-langkah evaluasi ini antara lain:

1. Memberikan angket atau kuesioner dengan *skala Likert* kepada mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro yang telah mengikuti mata kuliah robotika.
2. Menggunakan hasil angket atau kuesioner sebagai bahan pertimbangan untuk memperbaiki kekurangan media pembelajaran.
3. Melakukan evaluasi media pembelajaran berdasarkan masukan dari ahli media dan materi.

2.2 Analisis Data

Teknik analisis data digunakan untuk mengevaluasi efektivitas media pembelajaran yang dikembangkan. Penelitian ini menerapkan analisis data deskriptif dengan menggunakan kuesioner persepsi berbasis skala Likert. Skala Likert yang digunakan terdiri dari empat pilihan, yaitu sangat setuju (4), setuju (3), kurang setuju (2), dan tidak setuju (1). Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis data adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan lima kelas interval dengan kategori sebagai berikut:
sangat layak, layak, cukup layak, kurang layak, dan tidak layak.
- 2) Menentukan skor maksimal dan skor minimal dengan rumus dibawah ini:

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

$$S_{min} = 1 \times \text{jumlah butir}$$
- 3) Menentukan rerata atau *mean* ($\bar{X}_i$) dan simpangan baku sb_i dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{X}_i = \frac{S_{max} + S_{min}}{2}$$

$$sb_i = \frac{S_{max} - S_{min}}{6}$$
- 4) Mencari kategori kelayakan media pembelajaran berdasarkan skor empiris (X) yang diperoleh dari pengumpulan data menggunakan klasifikasi penilaian menurut Widyoko, 2017: 238 [17] yang dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Penilaian

Rumus	Klasifikasi
$X > \bar{X}_i + 1,8 \times sb_i$	Sangat Layak
$\bar{X}_i + 0,6 \times sb_i < X \leq \bar{X}_i + 1,8 \times sb_i$	Layak
$\bar{X}_i - 0,6 \times sb_i < X \leq \bar{X}_i + 0,6 \times sb_i$	Cukup layak
$\bar{X}_i - 1,8 \times sb_i < X \leq \bar{X}_i - 0,6 \times sb_i$	Kurang Layak
$X \leq \bar{X}_i - 1,8 \times sb_i$	Sangat Kurang Layak

Klasifikasi dalam tabel digunakan sebagai acuan untuk menilai hasil evaluasi dari ahli media, ahli materi, dan peserta didik. Skor yang diperoleh melalui kuesioner menunjukkan tingkat kelayakan media pembelajaran pengembangan *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dengan bantuan aplikasi *invers motion*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Mirror* Gerakan Pada Robot *Humanoid*. Dengan Bantuan Aplikasi *Invers motion*, sebagai bagian dari mata kuliah Praktik Robotika di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Dalam pengembangan sistem ini, penelitian menggunakan model pembelajaran *ADDIE* (*Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation*) yang dikembangkan oleh Robert Maribe Branch. Model ini dimanfaatkan untuk merancang, membangun, serta menilai efektivitas penggunaan robot dalam menunjang kegiatan praktikum robotika. Berikut adalah uraian mengenai penerapan

metode penelitian *Research and Development (RnD)* dengan pendekatan model ADDIE dalam penelitian ini.

1. Analisis

Langkah awal dalam pengembangan *Mirror Gerakan Pada Robot Humanoid Dengan Bantuan Aplikasi Invers motion* diawali dengan melakukan observasi terhadap proses pembelajaran pada mata kuliah praktikum robotika. Kegiatan observasi ini dilaksanakan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, tepatnya pada Departemen Pendidikan Teknik Elektro. Berikut ini merupakan temuan yang diperoleh peneliti dari hasil observasi tersebut:

- Mahasiswa yang mengikuti mata kuliah praktikum robotika masih memiliki pengetahuan yang terbatas mengenai robot *humanoid*.
- Dalam mata kuliah praktikum robotika, mikrokontroler yang digunakan masih didominasi oleh Arduino.
- Software yang digunakan dalam pemrograman pada mata kuliah praktikum robotika umumnya berfokus pada pemrograman robot beroda.
- Rendahnya motivasi mahasiswa dalam mengikuti mata kuliah praktik robotika karena variasi robot yang digunakan cenderung pada robot beroda.

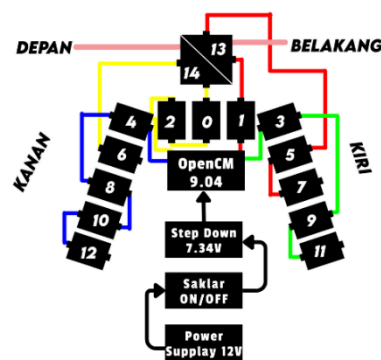
2. Perancangan

Setelah menganalisis dan mengidentifikasi berbagai permasalahan dalam proses pembelajaran, langkah selanjutnya adalah tahap perancangan. Pada tahap ini, seluruh temuan dari hasil analisis dijadikan acuan dalam menyusun media pembelajaran yang lebih optimal. Proses perancangan ini melibatkan beberapa tahapan berikut:

- Perancangan Desain Media Pembelajaran

1) Perancangan Elektronik

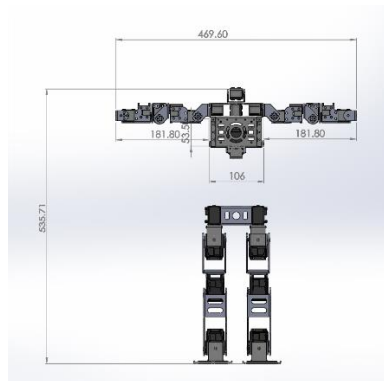
Tahap perancangan elektronik merupakan salah satu bagian penting dalam pengembangan sistem robot yang akan digunakan sebagai media pembelajaran. Pada tahap ini, fokus utama adalah merancang komponen-komponen elektronik yang diperlukan untuk mendukung kinerja robot dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Elektronik

2) Perancangan Mekanik

Tahap perancangan mekanik adalah salah satu langkah penting dalam proses pengembangan media pembelajaran. Pada tahap ini, dilakukan perancangan terhadap struktur fisik robot, termasuk rangka dan penataan komponen, guna memastikan robot mampu bergerak secara stabil dan akurat. Untuk gambar perancangan mekanik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Mekanik

b. Perancangan Buku Panduan dan *Labsheet* Pembelajaran

Tahap perancangan buku panduan dan *labsheet* merupakan bagian penting dalam mendukung efektivitas proses belajar mengajar, khususnya dalam buku panduan Pengembangan *Mirror* Gerakan Pada Robot *Humanoid*. Di tahap ini, buku panduan disusun untuk menyajikan panduan yang terstruktur dan mudah dipahami terkait konsep-konsep dasar tentang pemrograman motion robot *humanoid*, serta penggunaan *software* yang digunakan untuk pemrograman robot. Sementara itu, *labsheet* pembelajaran dirancang guna memudahkan mahasiswa dalam melaksanakan praktik, menguji, serta mendalami penerapan teknis dari teori yang telah dipelajari.



Gambar 4. Cover Buku Panduan dan *Labsheet*



3. Pengembangan

Tahap pengembangan merupakan fase akhir setelah proses perancangan media pembelajaran, di mana hasil rancangan diimplementasikan menjadi bentuk yang siap digunakan.

a. Perakitan Robot

Langkah awal dalam pembuatan media pengembangan *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dimulai dengan proses pembuatan kerangka. Hasil perakitan robot dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 5. Hasil perakitan Robot

b. Pengaturan ID Servo

Langkah berikutnya yang perlu dilakukan adalah mengatur ID pada servo Dynamixel XL-320 menggunakan perangkat lunak RoboPlus Manager 2.0.

c. Pemrograman Motion Lengan Robot Humanoid

Proses pemrograman lengan robot *humanoid* dapat dilakukan menggunakan software roboPlus motion 2.0.

d. Pemrograman Mirror Gerakan

Proses pemrograman *mirror* gerakan pada robot *humanoid* dilakukan menggunakan software *invers motion*.

e. Pembacaan dan Perbandingan Nilai Sudut Servo

Dalam proses pemrograman lengan robot humanoid, khususnya pada saat menerapkan metode *mirror*, pembacaan dan perbandingan nilai sudut sangat penting untuk memastikan bahwa pergerakan yang dihasilkan telah sesuai dengan yang diharapkan.

Tabel 2. Percobaan 1

ID Servo	Sudut <i>mirror</i>	Sudut sebenarnya	Selisih
0	2.05	2.05	0.00
1	-62.99	-63.07	0.08
2	39.84	40.02	0.18
3	-44.24	-44.00	0.24
4	55.66	56.00	0.34
5	-67.97	-68.00	0.03
6	29.00	29.00	0.00
7	125.10	125.00	0.10
8	-102.25	-102.00	0.25
9	-12.89	-12.83	0.06
10	-1.76	-1.78	0.02
11	12.01	12.00	0.01
12	-4.39	-4.00	0.04
13	-2.93	-2.93	0.00
14	-0.59	-0.59	0.00

Tabel 2 menunjukkan perbandingan antara sudut yang terbaca oleh sistem (disebut *Sudut mirror*) dengan sudut sebenarnya yang terjadi (*Sudut sebenarnya*) pada beberapa ID servo, serta selisih antara keduanya. Dari data yang ditampilkan, terlihat bahwa sebagian besar nilai *Selisih* cukup kecil, berkisar antara 0.00 hingga 0.34 derajat. Ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dalam membaca sudut servo. Nilai selisih terbesar tercatat pada ID servo 4, dengan perbedaan 0.34 derajat, yang masih tergolong kecil dan kemungkinan tidak akan berdampak signifikan pada kinerja sistem secara keseluruhan. Terdapat juga beberapa ID servo yang menunjukkan tidak ada selisih sama sekali (nilai selisih 0.00), seperti pada ID 0, 7, dan 14. Secara keseluruhan, tabel ini mengindikasikan bahwa pembacaan sudut oleh sistem *mirror* cukup akurat dan konsisten terhadap sudut sebenarnya.

Tabel 3. Percobaan 2

ID Servo	Sudut <i>mirror</i>	Sudut sebenarnya	Selisih
0	0.88	0.88	0.00
1	-62.37	-63.20	0.83
2	52.01	52.13	0.12
3	-50.32	-50.38	0.06
4	32.89	32.97	0.08
5	-70.31	-70.39	0.08
6	19.64	19.71	0.07
7	124.63	124.73	0.10
8	-97.88	-97.91	0.03
9	29.54	29.48	0.06
10	-8.62	-8.69	0.07
11	12.01	12.07	0.06
12	-19.37	-19.43	0.06
13	-9.67	-9.71	0.04
14	4.69	4.64	0.05

Tabel 3 menunjukkan data perbandingan antara *Sudut mirror* dan *Sudut sebenarnya* dari 15 ID servo, lengkap dengan nilai *Selisih* untuk masing-masing. Secara umum, perbedaan antara pembacaan sudut oleh sistem *mirror* dan sudut aktual relatif kecil, dengan selisih terbesar sebesar 0.83 derajat pada ID servo 1, dan selisih terkecil 0.00 pada ID servo 0. Mayoritas selisih berkisar antara 0.04 hingga 0.12 derajat, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki performa pembacaan yang cukup presisi. Meskipun terdapat sedikit deviasi, tidak ditemukan kesalahan pembacaan yang signifikan yang dapat mengindikasikan kesalahan sistemik atau gangguan besar pada sistem sensor. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem *mirror* masih mampu merepresentasikan sudut servo dengan akurasi tinggi, dan selisih yang terjadi kemungkinan hanya merupakan deviasi kecil yang wajar dalam pengukuran mekanis atau elektronik..

Tabel 4. Percobaan 4

ID Servo	Sudut <i>mirror</i>	Sudut sebenarnya	Selisih
0	4.39	4.39	0.00
1	-76.76	-76.89	0.13
2	25.2	25.3	0.10
3	-31.93	-31.83	0.10
4	41.6	41.8	0.20
5	-97.27	-97.37	0.10
6	-32.52	-32.59	0.07
7	75.88	75.93	0.05
8	-5.86	-5.81	0.05
9	9.38	9.29	0.09
10	7.62	7.78	0.16
11	31.64	31.72	0.08
12	-44.24	-44.13	0.11
13	14.36	14.24	0.12
14	5.86	5.92	0.06

Tabel ketiga ini juga memperlihatkan perbandingan antara *Sudut mirror* dan *Sudut sebenarnya* pada 15 ID servo, beserta nilai *Selisih* antara keduanya. Berdasarkan data, terlihat bahwa nilai selisih masih berada dalam rentang kecil, yaitu antara 0.00 hingga 0.20 derajat. Selisih tertinggi terjadi pada ID servo 4 dengan perbedaan sebesar 0.20 derajat, sedangkan beberapa ID seperti ID 0 menunjukkan tidak ada perbedaan sama sekali (0.00). Nilai selisih yang kecil ini menandakan bahwa sistem pembacaan sudut oleh *mirror* cukup akurat dan dapat diandalkan. Perbedaan-perbedaan yang ada kemungkinan besar merupakan hasil dari toleransi pengukuran normal yang wajar terjadi dalam sistem mekanis dan elektronik. Secara keseluruhan, akurasi sistem masih tergolong tinggi dan tidak menunjukkan adanya kesalahan sistemik yang signifikan..

f. Pembuatan Materi Pembelajaran

Modul pembelajaran mencakup panduan penggunaan, materi ajar, dan *lab-sheet*. Panduan penggunaan menyajikan informasi tentang pengenalan serta langkah-langkah dalam mengoperasikan sistem pengembangan *mirror* gerakan. Selain itu, panduan ini juga mencakup pengenalan, konsep dasar, hingga percobaan yang berkaitan dengan penggunaan *software* Roboplus Motion 2.0, Roboplus Manager 2.0 dan *Invers motion*.

g. Uji Kelayakan Media dan Materi oleh Ahli Media, Ahli Materi, dan Pengguna

1) Ahli Media

Tabel 5. Kategori Penilaian Kelayakan Media

Kriteria Penilaian	Interval Ke- manfaatn Me- dia	Interval Kelengkapan Perangkat	Interval Kemu- dahan Penggunaan	Keseluruhan
Sangat Layak	$X > 34$	$X > 20$	$X > 20$	$X > 75$
Layak	$28 < X \leq 34$	$17 < X \leq 20$	$17 < X \leq 20$	$62 < X \leq 75$
Cukup Layak	$22 < X \leq 28$	$13 < X \leq 17$	$13 < X \leq 17$	$48 < X \leq 62$
Kurang Layak	$16 < X \leq 22$	$10 < X \leq 13$	$10 < X \leq 13$	$35 < X \leq 48$
Sangat Kurang Layak	$X \leq 16$	$X \leq 10$	$X \leq 10$	$X \leq 35$

Tabel 6. Data Hasil Penilaian Media oleh Para Ahli

Keterangan	Aspek Kemanfaa- tan Media	Aspek Kelengka- pan Perangkat	Aspek Kemu- dahan Penggunaan	Total
Skor Maks	40	24	24	88
Skor Min	10	6	6	22
Skor Ahli 1	34	20	20	74
Skor Ahli 2	35	23	20	78
Rerata Skor	34,5	21,5	20	76

Berdasarkan hasil tersebut, rata-rata total skor uji kelayakan oleh ahli media memperoleh 76 dari skor maksimum 88 dan skor minimum 22, yang menunjukkan bahwa media pembelajaran termasuk dalam kategori sangat layak.

2) Ahli Materi

Tabel 7. Kategori Penilaian Kelayakan Materi

Kriteria Penilaian	Interval Ke- manfaatn Me- dia	Interval Kelengkapan Perangkat	Interval Kemu- dahan Penggunaan	Keseluruhan
Sangat Layak	$X > 17$	$X > 44$	$X > 14$	$X > 75$
Layak	$14 < X \leq 17$	$36 < X \leq 44$	$11 < X \leq 14$	$62 < X \leq 75$
Cukup Layak	$11 < X \leq 14$	$29 < X \leq 36$	$9 < X \leq 11$	$48 < X \leq 62$
Kurang Layak	$8 < X \leq 11$	$21 < X \leq 29$	$6 < X \leq 9$	$35 < X \leq 48$
Sangat Kurang Layak	$X \leq 8$	$X \leq 21$	$X \leq 6$	$X \leq 35$

Tabel 8. Data Hasil Penilaian Materi oleh Para Ahli

Keterangan	Aspek Ke-manfaatan Media	Aspek Kelengkapan Perangkat	Aspek Kemudahan Penggunaan	Total
Skor Maks	40	24	24	88
Skor Min	10	6	6	22
Skor Ahli 1	34	20	20	74
Skor Ahli 2	35	23	20	78

Berdasarkan hasil tersebut, rata-rata total skor uji kelayakan oleh ahli media memperoleh 81 dari skor maksimum 88 dan skor minimum 22, yang menunjukkan bahwa media pembelajaran termasuk dalam kategori sangat layak.

3) Uji Pengguna

Tabel 9. Kategori Penilaian Pengguna

Kategori Penilaian	Interval Kualitas Isi dan tujuan	Interval Pembelajaran	Interval Penggunaan	Keseluruhan
Sangat Layak	$X > 24$	$X > 37$	$X > 14$	$X > 75$
Layak	$20 < X \leq 24$	$31 < X \leq 37$	$11 < X \leq 14$	$62 < X \leq 75$
Cukup Layak	$15 < X \leq 20$	$24 < X \leq 31$	$9 < X \leq 11$	$48 < X \leq 62$
Kurang Layak	$11 < X \leq 15$	$18 < X \leq 24$	$6 < X \leq 9$	$35 < X \leq 48$
Sangat Kurang Layak	$X \leq 11$	$X \leq 18$	$X \leq 6$	$X \leq 35$

Tabel 10. Data Hasil Pengguna

	Aspek Kualitas isi & Tujuan	Aspek Pembelajaran	Aspek Penggunaan	Total
Skor Maks	28	44	16	88
Skor Min	7	11	4	22
Rerata Skor	26,1	40,7	14,7	81,6

Berdasarkan hasil tersebut, rata-rata total skor uji kelayakan oleh pengguna memperoleh 81,6 dari skor maksimum 88 dan skor minimum 22, yang menunjukkan bahwa media pembelajaran termasuk dalam kategori sangat layak.

4) Implementasi

a. Penyiapan Pengajar

Persiapan pengajar merupakan proses yang dilakukan oleh peneliti dalam penerapan media pembelajaran pada mata kuliah robotika.

b. Persiapan Peserta Didik

Persiapan bagi peserta didik dilakukan melalui pembagian angket kuesioner serta pemutaran video yang berisi penjelasan tentang penggunaan modul media pembelajaran dalam pelaksanaan mata kuliah praktik robotika.

5) Evaluasi

Hasil dari tahap evaluasi yang telah dilaksanakan, disertai dengan perbaikan berdasarkan penilaian dari dosen ahli materi dan dosen ahli media, menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan telah memenuhi kriteria. Nilai yang diperoleh diharapkan dapat menunjukkan bahwa media tersebut tergolong layak untuk digunakan dalam pelaksanaan mata kuliah praktik robotika.

3.2 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pengembangan, unjuk kerja, dan tingkat kelayakan media pembelajaran mirror gerakan pada robot humanoid dengan bantuan aplikasi invers motion sebagai sarana pembelajaran praktik robotika. Pengembangan media dilakukan dengan menggunakan model ADDIE yang terdiri dari tahapan analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa media pembelajaran mampu merefleksikan gerakan robot dengan akurat dan konsisten. Dari tiga kali percobaan dengan gerakan berbeda, selisih sudut antara hasil pemrograman dan sudut aktual yang terbaca di software R+Manager sangat kecil, yakni berkisar antara 0,01 hingga 0,2 derajat dengan persentase error umumnya di bawah 1%. Error tertinggi hanya mencapai 2,06% dan masih berada dalam batas toleransi sistem servo.

Penelitian yang dilakukan oleh Durrotun Berliana pada tahun 2023 [7] tentang Pengembangan Aktivasi 2 Buah Robot Menggunakan Suara Musik Yang Tersambung Dengan Komunikasi *Bluetooth* Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika. Studi ini dilakukan di Jurusan Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika Fakultas Teknik UNY, dan subjek tersebut mengikuti mata kuliah praktik robotika. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan unjuk kerja, dan dan hasil uji kelayakan media. Peneliti mengumpulkan data dari angket yang dibagikan kepada responden untuk menggunakan model ADDIE. Peneliti menemukan skor kelayakan media sebesar 92%, materi sebesar 86,4%, dan pengguna sebesar 91,2% dari data yang mereka kumpulkan dan analisis. Skor ini menunjukkan bahwa dari segi media, materi, dan pengguna, penelitian ini dapat diklasifikasikan sebagai sangat layak.

Penelitian yang dilakukan oleh Devi Nur Latifah pada tahun 2021 [5] tentang Pemrograman Motion Tangan Robot Humanoid Berbasis OpenCM 9.04 Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika. Studi ini dilakukan di Jurusan Prodi Pendidikan Teknik Mekatronika Fakultas Teknik UNY, dan subjek tersebut mengikuti mata kuliah praktik robotika. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan unjuk kerja, dan dan hasil uji kelayakan media. Peneliti mengumpulkan data dari angket yang dibagikan kepada responden untuk menggunakan model ADDIE. Penelitian ini dilakukan menggunakan instrumen kuesioner. Teknik analisis data yang dilakukan menggunakan Teknik analisis deskriptif. Hasil penelitian diperoleh kelayakan media dengan skor rerata 81,5 dengan presentase 92,6% sehingga dapat dikategorikan dalam kategori sangat layak. Ditinjau dari segi materi diperoleh skor rerata 89,2% atau dapat dikategorikan layak. Sedangkan dari uji pengguna diperoleh skor rerata 81,7 dengan presentase 92,8% dengan demikian masuk dalam kategori layak.

Dari penelitian ini dari segi kelayakan, penilaian oleh ahli media menunjukkan bahwa media ini tergolong sangat layak dalam aspek kemanfaatan (skor rata-rata 34,5 dari maksimal 40) dan perangkat (21,5 dari maksimal 24), serta layak dalam aspek kemudahan penggunaan (20 dari maksimal 24). Penilaian oleh ahli materi juga menunjukkan kategori sangat layak dalam aspek relevansi (19 dari maksimal 20) dan penyajian (48,5 dari maksimal 52), serta layak dalam aspek penggunaan bahasa (13,5 dari maksimal 16). Sementara itu, penilaian dari pengguna menunjukkan bahwa media tergolong sangat layak pada semua aspek, yaitu kualitas isi dan tujuan (26,1 dari maksimal 28), pembelajaran (40,7 dari maksimal 44), dan penggunaan (14,7 dari maksimal 16).

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran mirror gerakan pada robot humanoid dengan aplikasi *invers motion* yang telah dikembangkan dinilai sangat layak dan cocok digunakan dalam mata kuliah praktik robotika. Kehadiran media ini tidak hanya memperkaya variasi jenis robot yang digunakan dalam praktikum, tetapi juga meningkatkan motivasi serta pengetahuan mahasiswa selama proses pembelajaran praktik.

4. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran *Mirror Gerakan pada Robot Humanoid dengan Bantuan Aplikasi Invers Motion* berhasil dikembangkan melalui tahapan identifikasi masalah, perancangan, perakitan, pemrograman, dan uji kelayakan. Sistem mirror gerakan menunjukkan akurasi tinggi dengan rata-rata error di bawah 1%, menandakan keberhasilan implementasi dalam mengendalikan sudut servo. Hasil uji kelayakan menunjukkan media tergolong sangat layak dari segi tampilan dan materi, serta mendapat respons positif dari pengguna dengan skor rata-rata tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan efektif dan relevan untuk mendukung praktik robotika.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada sistem mirror gerakan pada bagian kaki robot humanoid, guna memperluas cakupan gerakan yang dapat direpresentasikan. Selain itu, media pembelajaran ini juga dapat dijadikan objek penelitian eksperimen dengan membandingkan efektivitas penggunaan lengan robot humanoid dengan media pembelajaran lainnya dalam konteks praktik pembelajaran robotika.

C. Pengembangan Produk Lebih Lanjut

Pengembangan media pembelajaran *Mirror Gerakan pada Robot Humanoid dengan Bantuan Aplikasi Invers Motion* masih dapat ditingkatkan lebih lanjut, antara lain melalui penambahan sistem mirror pada gerakan kaki untuk memperluas variasi gerak, pengembangan software *Invers Motion* agar dapat langsung digunakan tanpa perlu membuka file *Roboplus Motion 2.0* di *Notepad++*, serta implementasi pemrograman berbasis wireless agar proses pengendalian dan pemrograman dapat dilakukan dari jarak jauh secara lebih fleksibel dan efisien.

D. Keterbatasan Produk

Pengembangan media pembelajaran *Mirror Gerakan pada Robot Humanoid dengan Bantuan Aplikasi Invers Motion* masih memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, sistem mirror gerakan yang dikembangkan hanya terbatas pada bagian tubuh atas seperti tangan, lengan, dan kepala, tanpa mencakup gerakan kaki. Kedua, proses pemrograman masih cukup rumit karena memerlukan bantuan software *Notepad++* untuk membuka file *Roboplus Motion 2.0*, sehingga tidak dapat langsung diakses melalui *Invers Motion*. Ketiga, sistem masih menggunakan koneksi USB to TTL, sehingga belum mendukung pemrograman secara wireless dan membatasi fleksibilitas jarak pengoperasian.

5. REFERENSI

- [1] Andriani, A., Ayu Saputri, D., Hopipah, R., & Puspa Dewi, T. (2024). Pentingnya Media Pembelajaran untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa SDN 63/X Nibung Putih. *Journal on Teacher Education*, 5(3), 215–222. <https://doi.org/10.31004/jote.v5i3.23657>
- [2] Arikunto, S. (2015). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan* (2 ed.). Jakarta: Bumi Aksara.
- [3] Chamdani, M. N. (2022). *Kinematika Terbalik*. October, 2–4.
- [4] R. M. Branch, *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer, 2009

- [5] Devi, Nur.L. (2021). *Pemrograman Motion Tangan Robot Humanoid Berbasis Openmc 9.04 Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika. Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- [6] Dr.Hasnul Fikri, M., & Ade Sri Madona, S. M. (2018). *Pengembangan Media Pembelajaran berbasis Multimedia Interaktif*. (S. M. Hendrizal, Ed.) Yogyakarta: Penerbit Samudra Biru (Anggota IKAPI).
- [7] Durrotun, B. (2023). *Pengembangan Aktivasi 2 Buah Robot Menggunakan Suara Musik Yang Tersambung Dengan Komunikasi Bluetooth Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Robotika. Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- [8] Fakhurrazi. (2018). HAKIKAT PEMBELAJARAN YANG EFEKTIF Oleh : Fakhurrazi * ABSTRAK. *At-Ta'fikir*, XI(1), 85–99.
- [9] Indriani, N., & Hasanah, T. F. (2023). Konsep Manajemen Kelas Dan Implikasinya Dalam Pembelajaran. *Journal Educational Management Reviews and Research*, 2(01), 57–70. <https://doi.org/10.56406/emrr.v2i01.386>
- [10] Lammer, L., Lepuschitz, W., Kynigos, C., Giuliano, A., & Girvan, C. (2017). *ER4STEM Educational Robotics for Science, technology, Engineering and Mathematics*. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland 2017.
- [11] Jalil Pascasarjana Magister Sistem Komputer STMIK Handayani Makassar Jl Adhyaksa Baru No, A. (2016). *Konsep dan Implementasi Robot Humanoid* (KONIK) 2016 RANCANG BANGUN ROBOT HUMANOID.
- [12] ROBOTIS.(2010).ROBOTISe-Manual.Diakses dari <http://emanual.robotis.com> pada tanggal 12 Januari 2025, pukul 10.30 WIB.
- [13] Sanjaya. (2015). *Penelitian Pendidikan: Jenis, Metode dan Prosedur*.
- [14] Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- [15] Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- [16] Sukmadinata. ((2016). *Metode Penelitian Pendidikan*. PT Remaja Rosdakarya.
- [17] Panulisan, B. S., Akmal, R. F., Suzanti, W., Handayani, Y. S., Rahmatullah, A., Hamdan, H., & Santosa, W. A. S. (2023). Pengendali Robot dengan Mikrokontroler Arduino Berbasis Smartphone Android. *Jurnal Kridatama Sains Dan Teknologi*, 5(02), 421–432. <https://doi.org/10.53863/kst.v5i02.937>
- [18] Widyoko, S. (2017). *Evaluasi Program Pembelajaran: Panduan Praktis bagi Pendidik dan Calon Pendidik*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- [19] Iskandar, R. (2020). Penggunaan Grup Whatsapp Sebagai Media Pembelajaran Terhadap Peserta Didik Dta At-Tawakal Kota Bandung. *Comm-Edu (Community Education Journal)*, 3(2), 97. <https://doi.org/10.22460/comm-edu.v3i2.3778>
- [20] Magdalena, I., Nadya, R., Prahastiwi, W., Sutriyani, & Khoirunnisa. (2021). Analisis Penggunaan Jenis-Jenis Media Pembelajaran Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Di SD Negeri Bunder III. *BINTANG : Jurnal Pendidikan Dan Sains*, 3(2), 377–386. <https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/bintang>
- [21] Novikasari, I. (2017). Uji Validitas Instrumen. *Seminar Nasional Riset Inovatif 2017*, I(1), 530–535. <https://e proceeding.undiksha.ac.id/index.php/senari/article/download/1075/799>

6. BIOGRAFI PENULIS

1st Romi Efendi adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro angkatan 2021 di Universitas Negeri Yogyakarta. Ia aktif sebagai anggota tim ROSEMERY Robotika UNY serta memiliki pengalaman sebagai Motion Programmer dan Mekanik. Ia telah meraih berbagai prestasi di ajang Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) tingkat regional dan nasional. Pengalaman profesionalnya mencakup magang di TechnoGIS serta menjadi instruktur praktik

instalasi motor listrik di SMK N 1 Pundong. Minat dan keahliannya meliputi robotika, elektronika, sistem kendali, dan pendidikan teknik. (email: romiefendi.2021@student.uny.ac.id)

2nd Dr. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs. adalah dosen tetap di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Ia menyelesaikan pendidikan sarjana di bidang Teknik Mekatronika dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 1995 dan meraih gelar Magister Ilmu Komputer dari Universitas Gadjah Mada pada tahun 2010. Saat ini, beliau menjabat sebagai Lektor dan aktif mengajar mata kuliah seperti Teknik Digital, Logika Fuzzy, dan Sistem Mikroprosesor.

Dr. Herlambang memiliki minat penelitian di bidang pendidikan teknik mekatronika, sistem mikroprosesor, teknik robotika, sensor dan transduser, serta pendidikan teknologi kejuruan. Ia telah terlibat dalam berbagai proyek penelitian dan pengembangan, termasuk pengembangan sistem navigasi robot dengan roda omni-directional sebagai media pembelajaran, serta pengembangan modul pembelajaran elektro pneumatik untuk program keahlian mekatronika di SMK. Selain aktivitas akademik, Dr. Herlambang juga aktif membimbing tim robotika Universitas Negeri Yogyakarta dalam berbagai kompetisi nasional, seperti Kontes Robot Indonesia (KRI) dan Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI). Di bawah bimbingannya, tim-tim tersebut telah meraih berbagai prestasi, termasuk juara di tingkat regional dan nasional. (email: herlambang@uny.ac.id)