



Pengaturan Kestabilan Robot *Humanoid* pada Jalan Tidak Rata Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Robotika

Zakif Fatkul Irsad¹, Herlambang Sigit Pramono¹

¹ Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Merancang sistem pengaturan kestabilan robot humanoid pada jalan tidak rata sebagai media pembelajaran mata kuliah Robotika; (2) Mengetahui unjuk kerja sistem tersebut; dan (3) Mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran berdasarkan penilaian ahli dan pengguna. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Penelitian dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta dengan subjek mahasiswa, ahli media, dan ahli materi. Teknik pengumpulan data menggunakan angket skala Likert empat tingkat, dengan validasi konstruk oleh ahli dan reliabilitas diuji menggunakan rumus alpha. Hasil penelitian menunjukkan: (1) Media pembelajaran berupa robot humanoid dengan sistem pengaturan kestabilan menggunakan sensor MPU6050, Arduino Nano, CM-700, serta motor servo Dynamixel MX-28 dan AX-12; (2) Robot mampu menjaga keseimbangan di jalan tidak rata dengan metode Zero Moment Point (ZMP), menggunakan pembacaan sudut pitch dan roll dari sensor; (3) Penilaian kelayakan memperoleh skor rata-rata 81,5 dari ahli media dan materi, serta 82,9 dari pengguna, dengan kategori “sangat layak”.

Kata Kunci: ADDIE, kestabilan, media pembelajaran, robot *humanoid*, ZMP.

Abstract— This study aims to: (1) Design a stability control system for a humanoid robot on uneven terrain as a learning media for Robotics courses; (2) Evaluate the performance of the robot's stability control while walking on uneven surfaces; and (3) Assess the feasibility of the learning media based on evaluations from media experts, material experts, and users. The research method used is Research and Development (R&D) with the ADDIE model, consisting of Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation stages. The study was conducted in the Electrical Engineering Education Study Program at Yogyakarta State University involving students, media experts, and material experts. Data were collected using a four-level Likert scale questionnaire, with construct validity tested by experts and reliability tested using the alpha formula. The results show: (1) The learning media is a humanoid robot equipped with a stability control system using an MPU6050 sensor, Arduino Nano and CM-700 microcontrollers, and Dynamixel MX-28 and AX-12 servo motors; (2) The system allows the robot to maintain balance on uneven terrain using the Zero Moment Point (ZMP) method with pitch and roll angles as references; (3) Feasibility scores were 81.5 (media experts), 81.5 (material experts), and 82.9 (users), categorized as “highly feasible.”

Keywords: ADDIE, stability, learning media, humanoid robot, ZMP.

Article submitted 2025-06-20.

Resubmitted 2025-06-22.

Final acceptance 2025-06-28.

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:

Zakif Fatkul Irsad,

Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta,
Kampus Karangmalang, Jalan Colombo No. 1, Yogyakarta 55281, Indonesia.

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

1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi robotika berdampak besar di berbagai bidang, termasuk pendidikan. Robot humanoid, yang meniru struktur dan gerakan manusia [1], menjadi salah satu jenis robot yang

terus dikembangkan. Keunggulannya adalah kemampuannya beroperasi di lingkungan manusia, menjadikannya media pembelajaran interaktif yang potensial, khususnya dalam mata kuliah robotika.

Tantangan utama robot humanoid adalah menjaga kestabilan saat berjalan di permukaan tidak rata. Saat bergerak di medan seperti ini, telapak kaki robot menerima tumbukan tak terduga yang memengaruhi keseimbangannya. Gaya reaksi antara tanah dan kaki robot sangat penting untuk menjaga kestabilan. Tanpa mempertimbangkan kondisi kontak tanah, robot bisa kehilangan stabilitas [1]. Oleh karena itu, pengembangan metode pengaturan kestabilan sangat penting agar robot dapat berfungsi optimal di berbagai kondisi medan.

Dalam pendidikan, robot humanoid dapat membantu mahasiswa memahami konsep kinematika, dinamika, dan kontrol. Namun, agar pembelajaran efektif, robot harus mampu beroperasi stabil di medan tidak rata. Hal ini memberikan pengalaman praktis dan pemahaman mendalam bagi mahasiswa dalam mengatasi masalah stabilitas robot di dunia nyata.

Pembaruan bahan ajar juga ditekankan dalam Undang-Undang No. 20 Tahun 2013 tentang Sistem Pendidikan Nasional, yang menekankan pentingnya lulusan yang kompeten dan siap menghadapi tantangan teknologi dan rekayasa [2]. Universitas Negeri Yogyakarta (UNY), khususnya Fakultas Teknik, mendukung hal ini melalui pengembangan ilmu dan teknologi, termasuk robotika [3].

Program studi Pendidikan Teknik Elektro UNY mencakup bidang otomasi dan robotika serta membekali mahasiswa dengan keterampilan menghadapi tantangan industri dan pendidikan. Mata kuliah Robotika memberikan kesempatan untuk merakit dan memprogram robot seperti Parallax, Line Follower, dan LEGO Mindstorm NXT. Namun, sebagian besar masih berupa robot beroda, membatasi eksplorasi robot humanoid. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran berbasis robot humanoid untuk meningkatkan kompetensi dan pemahaman mahasiswa terkait kestabilan robot di berbagai medan.

Penelitian ini mengembangkan sistem pengaturan kestabilan pada robot humanoid saat berjalan di medan tidak rata. Sistem ini diharapkan menjadikan robot sebagai alat bantu pembelajaran yang efektif, memperkaya pengalaman praktis mahasiswa, serta mempersiapkan mereka menghadapi tantangan pengembangan robotika di masa depan. Hasil penelitian ini diharapkan berkontribusi pada pengembangan pendidikan teknik elektro melalui pemanfaatan robotika sebagai media pembelajaran interaktif dan aplikatif.

2 Metode

Pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata merupakan penelitian yang dilakukan dengan menggunakan metode penelitian R&D (*Research and Development*) [4]. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh hasil dari pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata sebagai media pembelajaran yang dapat mendukung proses belajar mengajar dalam mata kuliah robotika. Peneliti dalam tahap pengembangan media memilih model ADDIE yang dikemukakan oleh Branch [5]. Model ini terdiri dari lima tahap utama, yaitu: (1) Analisis (*Analyze*); (2) Desain (*Design*); (3) Pengembangan (*Development*); (4) Implementasi (*Implementation*); dan (5) Evaluasi (*Evaluation*). Melalui beberapa tahapan tersebut, hasil yang diharapkan adalah terciptanya media pembelajaran pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata. Media pembelajaran tersebut berupa perangkat keras pengaturan kestabilan robot *humanoid*, modul pembelajaran, dan labsheet praktik, yang dapat membantu proses pembelajaran robotika secara lebih efektif.

2.1 Diagram Penelitian

Penelitian ini menggunakan model ADDIE yang dikemukakan oleh Branch [5]. 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 kestabilan robot *humanoid* di permukaan yang tidak rata dan memberikan pengalaman praktis kepada mahasiswa dalam pemrograman robot *humanoid*.
3. Adanya ketidakstabilan robot *humanoid* pada medan yang tidak rata, serta kurangnya media pembelajaran berbasis robot *humanoid* dalam mata kuliah tersebut.

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 pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata.
2. Mendesain elektronik pada media pembelajaran pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata.
3. Merancang algoritma dan diagram blok untuk pengembangan sistem kendali robot tersebut.
4. Merancang kebutuhan perangkat lunak yang diperlukan untuk pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata.
5. Merancang cara kerja media pembelajaran pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata.

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 pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata. 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 pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata kepada mahasiswa. Pengajar perlu memahami cara pengaturan, pemrograman, penggunaan, dan materi dari media pembelajaran yang digunakan.
2. 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 Pengumpulan Data

Pengambilan data dalam penelitian ini diperoleh melalui distribusi angket yang berisi serangkaian pertanyaan untuk dijawab secara bebas berdasarkan pandangan pribadi mengenai pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata sebagai media pembelajaran. Angket ini diberikan kepada responden sebagai alat untuk mengukur atau menilai kelayakan pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata sebagai media pembelajaran mata kuliah robotika. Responden dalam penelitian ini terdiri dari dosen ahli di bidang media, ahli materi, serta mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro yang sedang mengikuti mata kuliah praktik robotika.

Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, teknik analisis data dilakukan dengan menggunakan pendekatan deskriptif. Pendekatan ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana kelayakan media dan materi pembelajaran yang digunakan dalam proses pembelajaran. Data yang diperoleh dari angket penelitian yang dibagikan kepada responden kemudian dianalisis. Angket yang digunakan menerapkan *skala Likert* dengan empat pilihan jawaban yang mencerminkan tingkat persetujuan, yakni: "Sangat Setuju" dengan nilai 4, "Setuju" diberi nilai 3, "Kurang Setuju" dengan nilai 2, dan "Tidak Setuju" yang bernilai 1. Dengan menggunakan skala ini, analisis dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang persepsi responden terhadap kelayakan media dan materi tersebut. Persentase respons pengguna yang diperoleh selanjutnya dikonversi ke dalam pernyataan predikat dengan acuan *rating scale*. Kategori respons pengguna dengan acuan skala *rating scale* ditunjukkan pada Tabel 1 [6].

Tabel 1. Kriteria Kelayakan Media Pembelajaran

Interval Skor	Kategori
$X_i + 1,8 \times S_{bi} < X \leq \text{Skor Max}$	. Sangat Layak
$X_i + 0,6 \times S_{bi} < X \leq X_i + 1,8 \times S_{bi}$	Layak
$X_i - 0,6 \times S_{bi} < X \leq X_i + 0,6 \times S_{bi}$	Cukup layak
$X_i - 1,8 \times S_{bi} < X \leq X_i - 0,6 \times S_{bi}$	Tidak layak
$\text{Skor Min} < X \leq X_i - 1,8 \times S_{bi}$	Sangat Tidak layak

3 Hasil dan Pembahasan

Pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata sebagai media pembelajaran mata kuliah Robotika, proses pengembangan media ini mengacu pada model pengembangan instruksional *ADDIE* yang terdiri atas lima tahap utama, yaitu analisis (*analysis*), perancangan (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*implementation*), dan evaluasi (*evaluation*). Setiap tahap dilaksanakan secara sistematis dan berurutan guna memastikan bahwa media pembelajaran yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik serta relevan dengan kebutuhan pembelajaran.

3.1 Hasil Tahap Analisis

Tahap awal dalam proses pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata diawali dengan kegiatan observasi terhadap pelaksanaan pembelajaran pada mata kuliah Robotika. Kegiatan observasi ini dilaksanakan di lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, tepatnya pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro. Adapun data hasil observasi yang diperoleh oleh peneliti disajikan sebagai berikut:

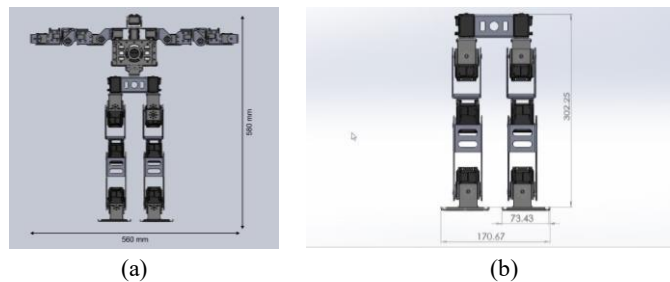
1. Pengetahuan mahasiswa mengenai robot *humanoid* masih terbatas, sehingga diperlukan media pembelajaran yang aplikatif untuk meningkatkan pemahaman konseptual dan praktis secara seimbang.
2. Media pembelajaran didominasi robot beroda seperti *BoE Shield-Bot*, dengan keterbatasan robot *bipedal humanoid*, yang menghambat eksplorasi dan praktik pemrograman robot *humanoid* secara optimal.
3. Fokus penggunaan mikrokontroler pada Arduino membatasi pemahaman mahasiswa terhadap berbagai arsitektur sistem kontrol, sehingga diperlukan pengenalan mikrokontroler alternatif untuk peningkatan kompetensi teknis.
4. *Software* pemrograman yang tersedia umumnya mendukung robot beroda, bukan *humanoid*, sehingga membatasi pembelajaran pemrograman robot yang lebih kompleks dan sesuai kebutuhan industri.
5. Motivasi mahasiswa dalam praktikum robotika rendah akibat kurangnya variasi robot, sehingga penambahan media berbasis robot *humanoid* diharapkan dapat meningkatkan minat dan partisipasi belajar.

Perancangan Mekanik Robot

Robot ini dirancang dengan motor servo seri Dynamixel dan rangka aluminium. Motor servo XL-320 digunakan pada lengan karena bobotnya ringan dan ukuran ringkas, sementara motor AX-18 dipasang di pinggang, dan motor MX-28 pada kaki. Penggunaan MX-28 pada kaki dipilih karena memiliki daya dan torsi tinggi yang mendukung penopang berat dan kestabilan robot [7]. Spesifikasi mekanik terperinci terdapat pada Tabel 2, sedangkan desain mekanik untuk media pembelajaran pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada permukaan tidak rata ditampilkan pada Gambar 1.

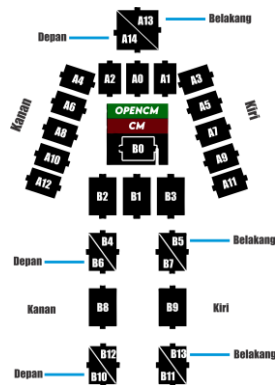
Tabel 2. Spesifikasi Mekanik Robot

No	Deskripsi	Ukuran
1	Tinggi robot	57 cm
2	Rentang tangan	58 cm
3	Luas telapak kaki	135,78 cm ²
4	Berat robot	2,9 kg
5	Derajat kebebasan	29 DoF



Gambar 1. (a) Desain Keseluruhan Robot, (b) Desain Kaki Robot

Setelah tahap desain mekanik selesai, langkah berikutnya adalah menyusun tata letak motor servo di seluruh bagian tubuh robot. Urutan penempatan motor servo dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Urutan Servo

Pada bagian kepala, terdapat tiga motor servo yang masing-masing berfungsi untuk pergerakan *yaw* (A0), *roll* (A13), dan *pitch* (A14). Sistem penomoran dibuat berbeda antara sisi kiri dan kanan lengan, dengan nomor ganjil untuk lengan kiri dan nomor genap untuk lengan kanan. Penjelasan lebih lanjut mengenai arah gerak serta penomoran motor servo di bagian pinggang dan kaki dijelaskan pada Tabel 3.

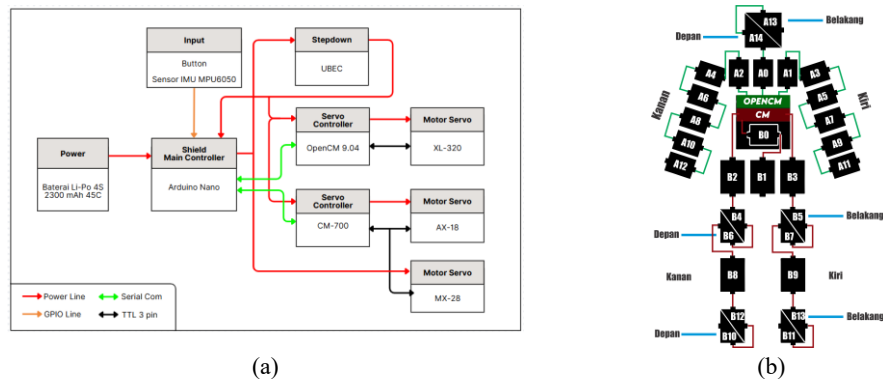
Tabel 3. Penomoran dan Arah Gerak Servo Pinggang dan Kaki

Nomor Motor Servo	Posisi	Arah Gerak
B0	Pinggang	<i>roll</i>
B1	Pinggang	<i>yaw</i>
B2	Kaki kanan	<i>yaw</i>
B3	Kaki kiri	<i>yaw</i>
B4	Kaki kanan	<i>roll atas</i>
B5	Kaki kiri	<i>roll atas</i>
B6	Kaki kanan	<i>pitch</i>
B7	Kaki kiri	<i>pitch</i>
B8	Kaki kanan	<i>pitch</i>
B9	Kaki kiri	<i>pitch</i>
B10	Kaki kanan	<i>pitch</i>
B11	Kaki kiri	<i>pitch</i>
B12	Kaki kanan	<i>roll telapak</i>
B13	Kaki kiri	<i>roll telapak</i>

Desain ini fokus pada sistem gerak bagian kaki, mengingat peran vital kaki sebagai penopang utama serta pengatur kestabilan robot saat berjalan di permukaan yang tidak rata. Oleh karena itu, desain struktur dan pemilihan aktuator di bagian kaki menjadi fokus utama untuk menjamin performa robot dalam menjaga keseimbangan dinamis saat bergerak.

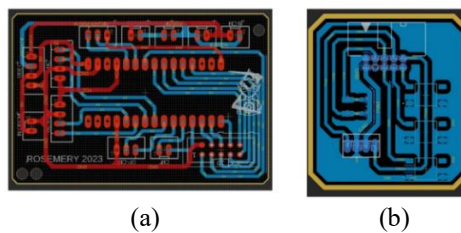
Perancangan Sistem Elektronik

Perancangan robot memerlukan integrasi sistem elektronik untuk mengoptimalkan operasi dan pergerakan. Sistem ini menghubungkan mikrokontroler, motor servo sebagai aktuator, dan perangkat pendukung lainnya guna menghasilkan gerakan berjalan yang terkoordinasi. Skema elektronik dan diagram *wiring* motor servo ditampilkan pada Gambar 3. Komponen utama seperti *Shield Main Controller*, *servo controller*, dan modul *step-down UBEC* ditempatkan pada tubuh utama robot untuk efisiensi ruang dan kemudahan kontrol, sedangkan baterai diletakkan di bagian belakang pinggang untuk menjaga keseimbangan distribusi beban dan kestabilan gerak.



Gambar 3. (a) Desain Sistem Elektronik, (b) Wiring Keseluruhan Motor Servo

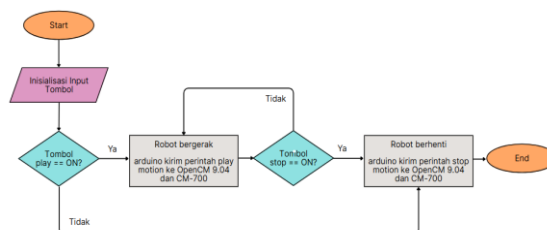
Shield Main Controller terdiri atas Arduino Nano, soket pembagi tegangan, dan soket tombol. Arduino Nano berfungsi sebagai pusat komunikasi serial dengan dua *sub-controller*, yaitu OpenCM 9.04 dan CM-700, yang mengendalikan gerakan robot. Sumber daya utama berasal dari baterai Li-po 4S (16,8 V DC), yang kemudian diturunkan menjadi 8,4 V untuk Arduino Nano dan OpenCM 9.04, serta 12,6 V untuk CM-700. OpenCM 9.04 menyuplai daya ke motor servo XL-320 melalui TTL 3 pin, sementara CM-700 menyuplai motor servo AX-18, dan MX-28 menerima tegangan langsung 16,8 V dari *Shield* melalui kabel TTL paralel. Robot dikendalikan melalui tiga tombol yang dilengkapi LED indikator dan pin koneksi sensor MPU6050. Desain jalur PCB ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Jalur PCB (a) Shield Main Controller, (b) Button

Perancangan Pemrograman Robot

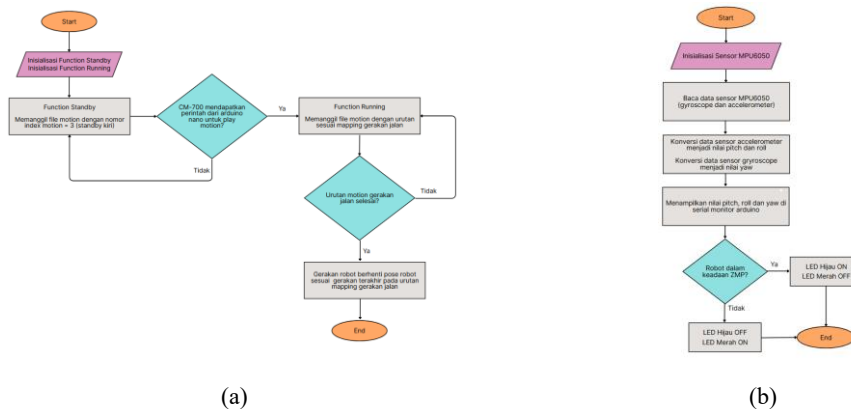
Dalam perancangan media pengaturan kestabilan robot *humanoid*, dibutuhkan pembuatan program untuk mengatur gerakan robot. Pemrograman dilakukan menggunakan Arduino Programming Language untuk memprogram *Main Controller*, serta R+ Task Script untuk mengatur *Sub Controller*. Alur kerja program robot digambarkan dalam *flowchart* pada Gambar 5.



Gambar 5. Flowchart Program Media Pengaturan Kestabilan Robot Humanoid

Bagian kaki robot dapat bergerak dan berjalan berdasarkan *motion file* yang dijalankan oleh sub-controller CM-700 melalui program R+ Task. Selain program utama, dikembangkan pula program tambahan untuk mendukung gerakan berjalan menggunakan metode *Zero Moment Point* (ZMP) [8].

Sensor MPU6050 digunakan untuk membaca data akselerometer dan giroskop, yang diolah menjadi nilai *roll*, *pitch*, dan *yaw*. Program ditulis dalam *Arduino Programming Language* dan diunggah ke *Main Controller* Arduino Nano. Alur kerja program *R+ Task* dan sensor MPU6050 ditampilkan pada Gambar 6..



Gambar 6. (a) Flowchart Program sub controller CM-700, (b) Flowchart Program MPU6050

3.2 Hasil Tahap Pengembangan

Perakitan Media Pembelajaran

Pada tahap perakitan, proses ini melibatkan pengumpulan dan penyusunan seluruh komponen fisik robot *humanoid* yang telah dirancang sebelumnya. Pada tahapan ini, motor servo, mikrokontroler, dan komponen lainnya dipasang secara sistematis untuk memastikan robot dapat bergerak sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Proses ini termasuk memasang motor servo pada bagian tubuh robot sesuai dengan desain urutan motor servo, menghubungkan seluruh sistem elektronik dan *wiring* motor servo dengan baik dan benar untuk memastikan kelancaran pengoperasian, dan penyusunan dan penempatan komponen seperti Arduino Nano, *Shield Main Controller*, dan modul lainnya untuk mendukung pengoperasian robot.

Pembuatan Program Media Pembelajaran

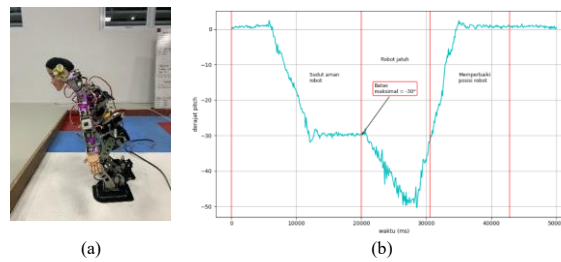
Setelah perakitan perangkat keras, tahap berikutnya adalah pengembangan program pengendali pergerakan robot. Proses ini menggunakan Arduino IDE untuk memprogram Arduino Nano, mengelola input-output, dan memantau data secara *real-time*. Sementara itu, RoboPlus v1.0 dan RoboPlus *Task* v2.0 digunakan untuk memprogram gerakan servo Dynamixel dan mengatur komunikasi antara sub-kontroler dan kontroler utama. Pemrograman juga mencakup penerapan metode *Zero Moment Point* (ZMP) guna menjaga kestabilan robot selama pergerakan.

Pengujian Unjuk Kerja Media Pembelajaran

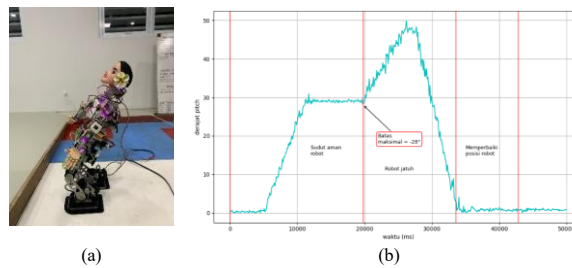
Pada tahap ini, dilakukan serangkaian pengujian untuk memastikan bahwa robot dapat berfungsi sesuai dengan perancangan dan mencapai tujuan media pembelajaran, yaitu mengatur kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata. Pengujian dilakukan dengan memperhatikan beberapa aspek, antara lain:

1. Pencarian Titik Batas Maksimal ZMP Robot

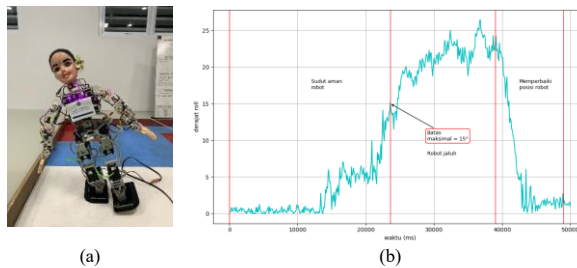
Penentuan batas maksimum titik ZMP pada robot dilakukan untuk mengetahui sudut atau posisi tertinggi yang masih memungkinkan sebelum robot kehilangan keseimbangan dan terjatuh ke arah depan, belakang, kanan, atau kiri. Informasi mengenai batas ZMP ini digunakan sebagai acuan dalam perancangan gerakan berjalan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 7 hingga Gambar 10.



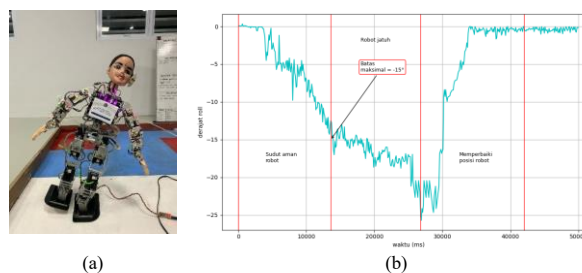
Gambar 7. Pengujian Maksimal ZMP Robot Arah Depan (a) Posisi Maksimal Robot, (b) Grafik Sudut *Pitch* Robot



Gambar 8. Pengujian Maksimal ZMP Robot Arah Belakang (a) Posisi Maksimal Robot, (b) Grafik Sudut *Pitch* Robot



Gambar 9. Pengujian Maksimal ZMP Robot Arah Samping Kanan (a) Posisi Maksimal Robot, (b) Grafik Sudut *Roll* Robot



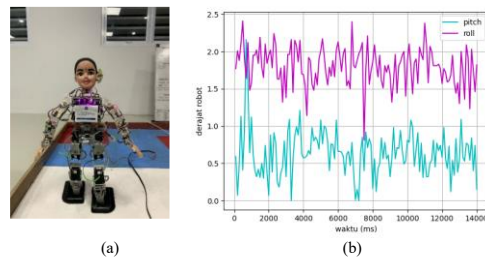
Gambar 10. Pengujian Maksimal ZMP Robot Arah Samping Kiri (a) Posisi Maksimal Robot, (b) Grafik Sudut *Roll* Robot

Hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 7 hingga 10 menunjukkan bahwa sudut maksimum ZMP robot adalah *pitch* depan -30° , *pitch* belakang 18° , *roll* depan 15° , dan *roll* belakang -15° . Dengan mengetahui batas tersebut, gerakan kaki dalam sistem kestabilan robot

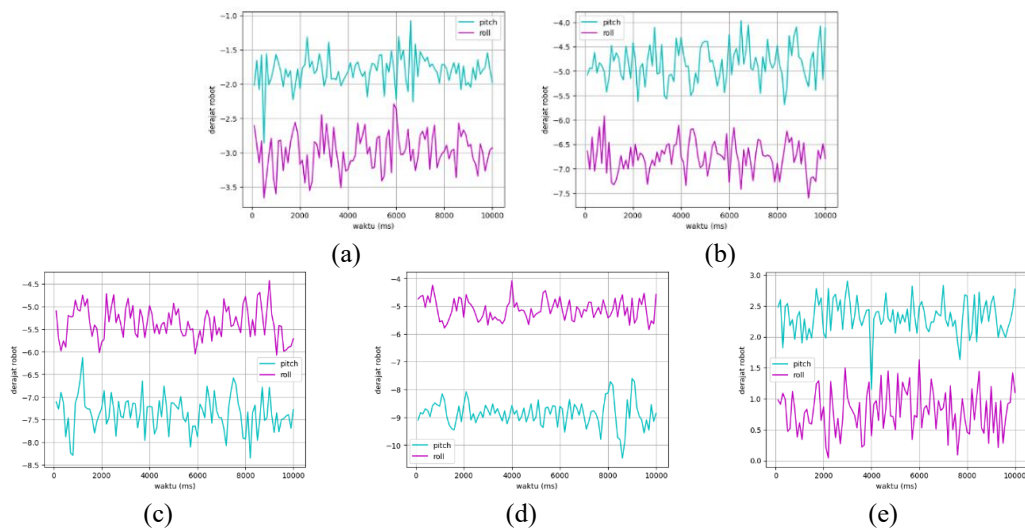
humanoid di permukaan tidak rata harus dirancang agar posisi ZMP tetap berada di bawah batas aman setiap arahnya.

2. Pengujian *Motion Standby Kiri*, *Motion Langkah Kanan* dan *Motion Langkah Kiri*

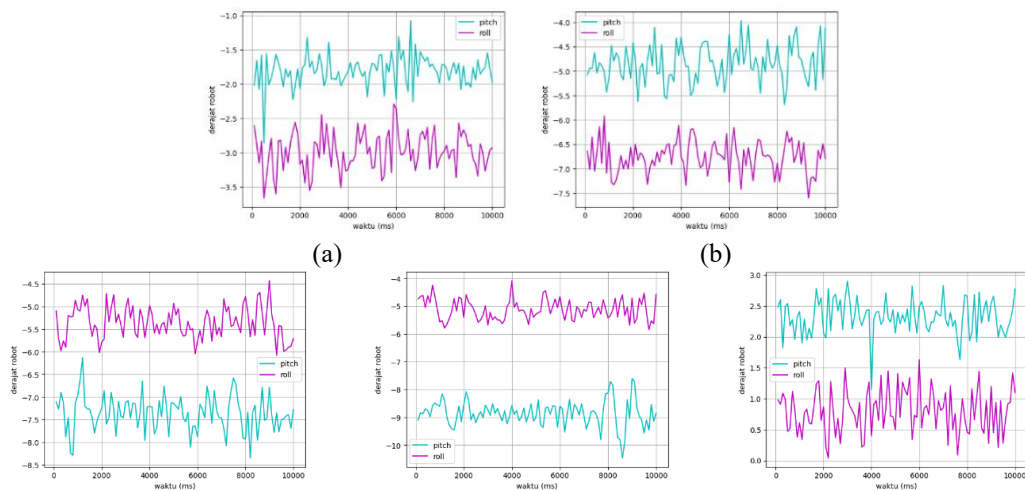
Pengujian motion standby kiri, langkah kanan, dan langkah kiri bertujuan untuk memastikan bahwa setiap gerakan yang dihasilkan berada dalam zona aman ZMP, sehingga robot tetap stabil di setiap langkahnya. Grafik hasil *motion standby* kiri dapat dilihat pada Gambar 11, *motion* langkah kanan pada Gambar 12, dan *motion* langkah kiri pada Gambar 13.



Gambar 11. Pengujian *Motion Stand By Kiri* (a) Posisi Stand By Kiri Robot, (b) Grafik Sudut *Pitch* dan *Roll* Robot



Gambar 12. Grafik Pengujian *Motion* Langkah Kanan (a) Step0, (b) Step1, (c) Step2, (d) Step3, (e) Step4



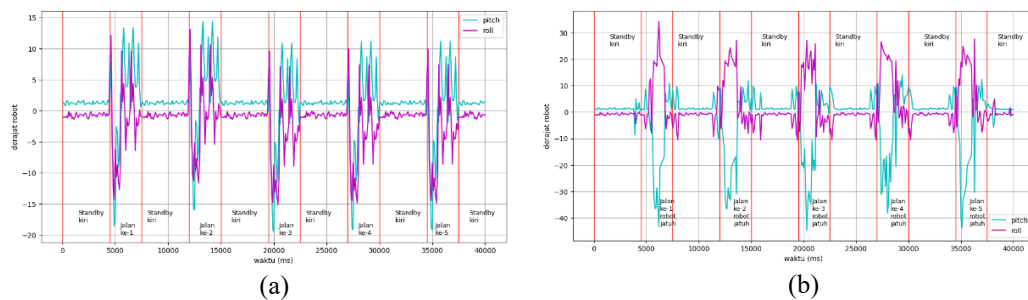
(c) (d) (e)

Gambar 13. Grafik Pengujian *Motion* Langkah Kiri (a) Step0, (b) Step1, (c) Step2, (d) Step3, (e) Step4

Hasil pengujian pada Gambar 11 hingga 13 menunjukkan bahwa sudut pitch dan roll untuk motion standby kiri, langkah kanan, dan langkah kiri berada dalam batas aman ZMP. Satu siklus gerakan langkah kanan dan kiri memerlukan waktu 1360 ms (1,36 detik), dengan rincian durasi: step0 = 240 ms, step1 = 200 ms, step2 = 200 ms, step3 = 200 ms, dan step4 = 520 ms.

3. Pengujian 1 Siklus Jalan

Pengujian satu siklus jalan, yang terdiri dari langkah kanan dan kiri secara berurutan, dilakukan sebanyak lima kali. Grafik dengan sudut *pitch* dan *roll* dalam batas aman ZMP dan sudut di luar batas aman ZMP ditunjukkan pada Gambar 14.

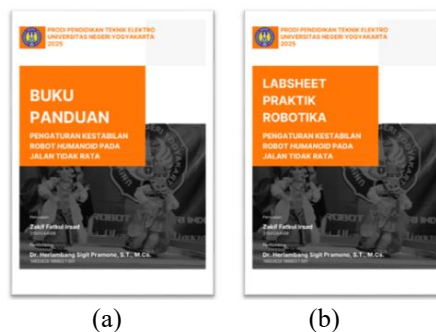


Gambar 14. (a) Grafik Pengujian 1 Siklus Jalan yang ada di Dalam Batas ZMP, (b) Grafik Pengujian 1 Siklus Jalan yang ada di Luar Batas ZMP

Gambar 14 (a) menunjukkan bahwa robot mampu berjalan stabil sebanyak lima kali karena sudut pitch dan roll berada dalam zona aman ZMP. Sebaliknya, Gambar 14 (b) memperlihatkan robot terjatuh di setiap siklus akibat sudut pitch dan roll melebihi batas aman ZMP. Durasi satu siklus jalan tercatat sebesar 2720 ms atau 2,72 detik.

Pembuatan Media Pembelajaran

Materi pembelajaran ini disusun untuk mendukung implementasi sistem kestabilan robot humanoid pada permukaan tidak rata dalam Praktik Robotika. Materi terdiri atas dua modul, yakni buku panduan pengoperasian yang memuat prosedur penggunaan, penjelasan program, dan deskripsi komponen, serta labhsheet praktik yang mencakup tiga topik utama: pengenalan robot dan pengaturan ID motor servo, penentuan batas sudut maksimal ZMP, dan pemrograman gerakan kaki berbasis metode ZMP.



Gambar 15. (a) Buku Panduan, (b) *Labsheet*

Gambar 15 (a) menunjukkan Buku Panduan yang memuat prosedur penggunaan robot, penjelasan program, dan deskripsi komponen. Gambar 15 (b) menampilkan Labsheet Praktik Robotika dengan tiga topik utama: pengenalan robot dan pengaturan ID motor servo, batas sudut maksimal ZMP, serta pemrograman gerakan kaki berbasis ZMP. Kedua modul ini saling melengkapi untuk memberikan pemahaman teori dan keterampilan praktik kepada mahasiswa.

3.3 Implementasi

Persiapan Pengajar

Persiapan pengajar adalah tahap yang dilakukan oleh peneliti dalam implementasi media pembelajaran pada mata kuliah robotika. Proses ini mencakup pemberian materi dan bahan ajar mengenai pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata.

Persiapan Peserta Didik

Persiapan peserta didik meliputi pembekalan tentang cara menggunakan modul media pembelajaran yang akan diterapkan dalam mata kuliah robotika. Selain itu, peserta didik juga diberikan buku panduan untuk pengoperasian serta labsheet yang terkait dengan modul pembelajaran pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata.

3.4 Evaluasi

Proses evaluasi dilakukan dengan melakukan perbaikan berdasarkan hasil penilaian dari dosen ahli materi, dosen ahli media, dan pengguna. Hasil evaluasi yang diperoleh diharapkan dapat menghasilkan media pembelajaran yang memenuhi kriteria kelayakan untuk digunakan dalam pelaksanaan mata kuliah robotika.

3.5 Analisis Data

Analisis Penilaian Ahli Media

Penilaian oleh ahli media bertujuan mengevaluasi kelayakan media pembelajaran. Dua dosen ahli menilai berbagai aspek media, lalu hasilnya dianalisis berdasarkan kriteria kelayakan yang ditampilkan pada Tabel 4, dan hasil penilaiannya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 4. Kriteria Kelayakan Media

Kriteria Penilaian	Interval Kemanfaatan Media	Interval Kelengkapan Perangkat	Interval Kemudahan 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 5. Hasil Penilaian Ahli Media

Keterangan	Aspek Kemanfaatan Media	Aspek Kelengkapan Perangkat	Aspek Kemudahan Penggunaan	Total
Skor Maks	40	24	24	88
Skor Min	10	6	6	22
Skor Ahli 1	37	24	22	79
Skor Ahli 2	35	23	22	84
Rerata Skor	36	23,5	22	81,5

Secara keseluruhan, penilaian media memperoleh skor rerata sebesar 81,5, dengan skor minimal 22 dan skor maksimal 88. Hal ini menunjukkan bahwa media yang dinilai memenuhi kriteria "Sangat Layak" secara keseluruhan, dengan hasil penilaian yang sangat positif pada setiap aspek yang diuji.

Analisis Penilaian Ahli Materi

Penilaian oleh ahli materi bertujuan mengevaluasi kelayakan materi dalam media pembelajaran. Dua dosen ahli menilai berbagai aspek, lalu hasilnya dianalisis berdasarkan kriteria kelayakan pada Tabel 6, dan hasil penilaiannya disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Kriteria Kelayakan Materi

Kriteria Penilaian	Interval Relevansi Materi	Interval Penyajian	Interval Bahasa	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 7. Hasil Penilaian Ahli Materi

Keterangan	Aspek Kemanfaatan Materi	Aspek Penyajian	Aspek Bahasa	Total
Skor Maks	20	52	16	88
Skor Min	5	13	4	22
Skor Ahli 1	19	46	14	79
Skor Ahli 2	20	48	16	84
Rerata Skor	19,5	47	15	81,5

Secara keseluruhan, penilaian materi memperoleh skor rerata sebesar 81,5, dengan skor minimal 22 dan skor maksimal 88. Hal ini menunjukkan bahwa materi yang dinilai memenuhi kriteria "Sangat Layak" secara keseluruhan, dengan hasil penilaian yang sangat positif pada setiap aspek yang diuji.

Analisis Penilaian Pengguna

Data pengguna diperoleh melalui angket yang dibagikan kepada mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro yang telah menempuh mata kuliah robotika. Angket disertai buku panduan, labsheet praktik, dan video unjuk kerja sebagai bahan pertimbangan. Hasil penilaian dianalisis berdasarkan kriteria kelayakan pada Tabel 8, dan hasilnya disajikan pada Tabel 9.

Tabel 8. Kriteria Kelayakan Pengguna

Kriteria Penilaian	Interval Kualitas Isi dan Tujuan	Interval Pembelajaran	Interval Kualitas 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 9. Hasil Penilaian Pengguna

Keterangan	Aspek Kualitas Isi dan Tujuan	Aspek Pembelajaran	Aspek Kualitas Penggunaan	Total
Skor Maks	28	44	16	88
Skor Min	7	11	4	22
Rerata Skor	26,1	41,7	15,1	82,9

Secara keseluruhan, penilaian pengguna memperoleh skor rerata sebesar 82,9, dengan skor minimal 22 dan skor maksimal 88. Hal ini menunjukkan bahwa penilaian pengguna secara keseluruhan memenuhi kriteria "Sangat Baik," dengan hasil penilaian yang sangat positif pada setiap aspek yang diuji.

3.6 Kajian Produk

Penelitian ini mengembangkan sistem pengaturan kestabilan robot humanoid pada jalan tidak rata sebagai media pembelajaran interaktif bagi mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro UNY. Tujuannya adalah meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap robot humanoid dan kinematika gerak di permukaan tidak rata. Pengembangan dilakukan dengan metode R&D menggunakan model ADDIE.

Tahap analisis mengungkap kebutuhan media pembelajaran robotika yang lebih aplikatif, karena sebelumnya hanya menggunakan robot beroda. Pada tahap desain, dirancang sistem robot mencakup aspek mekanik, elektronik, dan pemrograman, menggunakan komponen seperti CM-700, Arduino Nano, motor servo Dynamixel AX-18 dan MX-28, serta perangkat lunak Arduino IDE dan RoboPlus. Dalam tahap pengembangan, robot diprogram menggunakan metode ZMP untuk menjaga keseimbangan saat berjalan, dilengkapi modul pembelajaran dan labsheet praktik agar mahasiswa dapat lebih memahami sistem. Tahap implementasi melibatkan pengujian gerakan seperti langkah kanan dan kiri, membuktikan kestabilan robot baik dalam fase *Single Support Phase* (SSP) maupun *Double Support Phase* (DSP) [9].

Hasil uji kelayakan dari ahli media, ahli materi, dan mahasiswa menunjukkan media ini sangat layak digunakan, dengan rata-rata skor di atas 80, membuktikan efektivitas teknis dan kesesuaiannya dengan kebutuhan pembelajaran.

3.7 Pembahasan

Penelitian Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengembangan, performa, dan kelayakan sistem pengaturan kestabilan robot humanoid sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Robotika, dengan menggunakan model ADDIE. Media ini mencakup pengaturan kestabilan robot di permukaan tidak rata, buku panduan, dan labsheet praktik.

Sistem kestabilan dikembangkan dengan metode *Zero Moment Point* (ZMP) menggunakan sensor MPU6050 untuk mendeteksi sudut *pitch* dan *roll*. Batas aman sudut ZMP adalah -30° (depan), 18° (belakang), 15° (kanan), dan -15° (kiri). Gerakan langkah kanan dan kiri dirancang agar tetap dalam batas aman ZMP sehingga robot berjalan stabil. Sebaliknya, gerakan di luar batas ZMP menyebabkan robot jatuh. Waktu optimal untuk satu siklus jalan (langkah kanan dan kiri) adalah 2,72 detik, terbagi rata menjadi 1,36 detik per langkah dengan rincian tiap step: step0 = 240 ms, step1 = 200 ms, step2 = 200 ms, step3 = 200 ms, dan step4 = 520 ms.

Hasil uji kelayakan menunjukkan media ini sangat layak. Penilaian ahli media memperoleh skor rerata 81,5, materi juga 81,5, dan pengguna 82,9, semuanya tergolong sangat baik di tiap aspek. Media ini terbukti efektif dalam meningkatkan variasi praktik, motivasi belajar, serta keterampilan mahasiswa dalam memprogram dan mengendalikan robot *humanoid*. Pengembangan ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas pembelajaran dan menyiapkan mahasiswa menghadapi tantangan di bidang teknologi robotika.

4 Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan mengenai Pengaturan Kestabilan Robot *Humanoid* pada Jalan Tidak Rata sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Robotika, dapat disimpulkan bahwa: Media pembelajaran *Pengaturan Kestabilan Robot Humanoid pada Jalan Tidak Rata* dikembangkan untuk mendukung pembelajaran mata kuliah Robotika di Prodi Pendidikan Teknik Elektro UNY, yang sebelumnya masih didominasi oleh robot beroda. Media ini dirancang menggunakan komponen utama seperti CM-700 dan Arduino Nano sebagai kontroler, Dynamixel MX-28 dan AX-18 sebagai aktuator, serta sensor MPU6050 untuk deteksi kestabilan. Proses pengembangan meliputi perancangan mekanik, elektronik, pemrograman dengan Arduino IDE dan RoboPlus, serta penyusunan buku panduan dan labsheet, dilanjutkan dengan pengujian kinerja dan uji kelayakan media.

Sistem pengaturan kestabilan robot menggunakan metode *Zero Moment Point* (ZMP), dengan sensor MPU6050 untuk membaca sudut *pitch* dan *roll* agar robot tetap stabil pada permukaan tidak rata. Batas maksimal ZMP yang ditemukan yaitu *pitch* depan -30° , *pitch* belakang 18° , *roll* kanan 15° , dan *roll* kiri -15° . Gerakan langkah kanan dan kiri yang berada dalam rentang aman ZMP menghasilkan pergerakan stabil, sementara di luar rentang tersebut menyebabkan robot jatuh. Durasi

satu siklus gerak berjalan adalah 2,72 detik, terdiri dari 1360 ms untuk masing-masing langkah kanan dan kiri.

Hasil uji kelayakan menunjukkan bahwa media ini sangat layak digunakan. Penilaian ahli media memperoleh skor rerata 81,5, dengan skor tinggi pada aspek kelengkapan, kemudahan penggunaan, dan kemanfaatan. Penilaian ahli materi juga menunjukkan skor rerata 81,5, dengan penekanan pada relevansi isi, penyajian, dan bahasa. Penilaian dari pengguna mencatat skor rerata 82,9, yang mencerminkan kualitas isi, efektivitas pembelajaran, dan kemudahan penggunaan. Dengan demikian, media ini terbukti efektif dan sesuai untuk mendukung proses pembelajaran robotika.

1.1 Keterbatasan Produk

Media pembelajaran pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata terdapat beberapa keterbatasan produk yang perlu diperhatikan untuk pengembangan lebih lanjut, yaitu:

- 1 Pengaturan kestabilan robot *humanoid* hanya mengandalkan deteksi sudut pitch dan roll dengan sensor MPU6050 tanpa sistem kontrol lanjutan seperti PID atau LQR, sehingga belum ada koreksi otomatis berbasis umpan balik penuh untuk menyesuaikan gerakan secara real-time terhadap perubahan kondisi jalan yang tidak terduga.
- 2 Pemrograman kestabilan masih menggunakan *USB to TTL*, tanpa teknologi *wireless*, sehingga pemrograman jarak jauh tidak memungkinkan.
- 3 Penggunaan dua mikrokontroler (Arduino Nano dan CM-700) serta dua platform pemrograman (Arduino IDE dan RoboPlus) meningkatkan kompleksitas operasional.

1.1 Saran

Berdasarkan hasil dalam penelitian ini, berikut beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut terkait media pembelajaran pengaturan kestabilan robot *humanoid* pada jalan tidak rata:

- 1 Penambahan sensor sudut (seperti *IMU* atau *force-sensitive resistors*) di bagian telapak kaki dapat memberikan data tambahan untuk memperkirakan batas *Zero Moment Point (ZMP)* secara lebih akurat.
- 2 Integrasi sensor jarak atau *encoder* pada kaki ayun dapat digunakan untuk memantau level ketinggian saat robot melakukan gerakan melangkah.
- 3 Implementasi sistem kontrol canggih seperti *PID* atau *LQR* untuk koreksi gerakan secara *real-time* berdasarkan umpan balik sensor.
- 4 Integrasi teknologi *wireless (Wi-Fi atau Bluetooth)* untuk memudahkan pemrograman jarak jauh dan fleksibilitas penggunaan.
- 5 Penyederhanaan sistem dengan menggunakan satu mikrokontroler dan satu *platform* pemrograman untuk mengurangi kompleksitas.

5 Referensi

- [1] C. Habiba and A. Dharmawan, "Sistem Kendali Jalan Robot Humanoid Pada Bidang Tidak Rata Menggunakan Lqr," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 13, no. 2, p. 135, 2023, doi: 10.22146/ijeis.81570.
- [2] Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2013 tentang Sistem Pendidikan Nasional*, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2013 Nomor 134. [Online]. Tersedia: <https://www.dpr.go.id>. [Diakses: 4 Juni 2025].
- [3] Universitas Negeri Yogyakarta, *Sejarah dan perkembangan UNY*, 2023. [Online]. Tersedia: <https://www.uny.ac.id>. [Diakses: 4 Juni 2025].
- [4] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2015.
- [5] R. M. Branch, *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer, 2009.
- [6] S. E. P. Widoyoko, *Evaluasi Program Pembelajaran: Panduan Praktis bagi Pendidik dan Calon Pendidik*. Yogyakarta: Pustaka Belajar, 2017.

- [7] ROBOTIS, "ROBOTIS e-Manual," *Robotis*. <http://emanual.robotis.com/> (accessed Feb. 12, 2025).
- [8] M. H. P. Dekker, "Zero-Moment Point Method for Stable Biped Walking," *Report*, no. July, p. 62, 2009, [Online]. Available: <http://www.mate.tue.nl/mate/pdfs/10796.pdf>
- [9] K. Harada, S. Kajita, K. Kaneko, and H. Hirukawa, "An analytical method for real-time gait planning for humanoid robots," *Int. J. Humanoid Robot.*, vol. 3, no. 01, pp. 1–19, 2006.
- [10] I. Ardiansyah, I. Ardy, S. Priambodo, and M. Eng, "Desain dan Implementasi Zero Moment Point pada Gerak Jalan Lurus Robot Tari Humanoid Rosemery," *x*, vol. x, pp. 1–15, 2019.
- [11] Arduino, "Arduino," *Arduino*. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/hardware>. [Accessed: Feb. 12, 2025].
- [12] S. Arikunto, *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara, 2013.
- [13] A. Arsyad, *Media Pembelajaran*. Jakarta: Rajawali Pers, 2014.
- [14] S. Azwar, *Reliabilitas dan Validitas*. Yogyakarta: Pustaka Belajar, 2016.
- [15] Bostondynamics, "An Electric New Era for Atlas," *Bostondynamics*. [Online]. Available: <https://bostondynamics.com/blog/electric-new-era-for-atlas/>. [Accessed: Feb. 11, 2025].
- [16] E. Ericson, *Principles of Media Development in Education*. New York: Harper & Row, 1978.
- [17] V. G. A. Hakim, "Pengembangan Trainer Kit Lengan Robot Berbasis OpenCM 9.04 Menggunakan Sensor Jarak Inframerah Sharp GPY0A41SK0F sebagai Media Pembelajaran Praktik Robotika," Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, 2018.
- [18] A. Hamid and M. Arif, *Media Pembelajaran dalam Perspektif Pendidikan Kontemporer*. Bandung: Alfabeta, 2017.
- [20] J. Y. Kim, I. W. Park, and J.-H. Oh, "Experimental realization of dynamic walking of the biped humanoid robot KHR-2 using zero moment point feedback and inertial measurement," *Adv. Robotics*, vol. 20, no. 6, pp. 707–736, 2006. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1163/156855306777361622>
- [21] A. Kurniawan, "Penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi dalam pendidikan," *J. Pendidikan Teknologi*, vol. 9, no. 2, pp. 123–135, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1234/jpt.2020.98765>

6 Biografi Penulis

Zakif Fatkul Irsad 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 Hardware Programmer. Ia telah meraih berbagai prestasi di ajang Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) tingkat regional dan nasional. Ia juga meraih prestasi dalam kompetisi PLC tingkat nasional. Pengalaman profesionalnya mencakup magang sebagai CNSD Engineer di AirNav Indonesia Cabang Yogyakarta serta menjadi instruktur praktik instalasi motor listrik di SMK N 1 Pleret. Minat dan keahliannya meliputi robotika, pemrograman, sistem kendali, dan pendidikan teknik. (email: zakif.2021@student.uny.ac.id)

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 aktif mengajar mata kuliah seperti Teknik Digital, Logika Fuzzy, dan Sistem Mikroprosesor. (email: herlambang@uny.ac.id)