

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Robotika merupakan bidang ilmu yang menggabungkan prinsip mekanika, elektronika, dan pemrograman untuk membangun sistem yang mampu bekerja secara otomatis. Penerapan robotika tidak hanya terbatas pada industri, tetapi juga dimanfaatkan dalam pendidikan teknik sebagai media pembelajaran berbasis praktik. Dalam pembelajaran mekatronika, sistem kendali berbasis gestur tangan dapat digunakan untuk mempelajari integrasi antara sensor visual, algoritma kecerdasan buatan, dan sistem kendali robotik secara langsung. Sistem ini mendukung penerapan konsep *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) yang menekankan pemahaman terhadap integrasi mekanika, elektronika, pemrosesan data, dan sistem kendali (Darmawansah dkk., 2023).

Salah satu jenis robot yang banyak digunakan dalam pembelajaran adalah robot lengan (robot *Arm*). Robot ini memiliki struktur menyerupai lengan manusia dan mampu melakukan berbagai gerakan seperti mengangkat, memutar, dan memindahkan objek. Dalam pendidikan, robot *Arm* membantu mahasiswa memahami konsep kinematika, sistem kendali, serta hubungan antara aktuator dan sensor. Namun, sebagian besar sistem kendali robot *Arm* di lingkungan akademik masih bersifat konvensional menggunakan tombol atau *joystick*, sehingga interaksi pengguna menjadi terbatas. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem kendali yang lebih interaktif dan intuitif, salah satunya dengan menggunakan gestur tangan sebagai media pengendali robot. Pendekatan ini memungkinkan pengguna berinteraksi langsung dengan robot tanpa perangkat tambahan dan memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik (Fahim dkk., 2020).

Sistem kendali pada penelitian ini menggunakan framework MediaPipe untuk mendeteksi dan melacak titik-titik *landmark* tangan secara *real-time* melalui kamera. Framework ini mengenali 21 titik koordinat (x, y, z) pada tangan pengguna yang merepresentasikan posisi dan orientasi jari (Putri dkk., 2025). Hasil deteksi diolah menjadi fitur numerik seperti jarak antar jari dan sudut antar titik yang menggambarkan pola gerakan tangan (*gesture pattern*) (Wameed & Alkamachi, 2023). Data tersebut menjadi *input* bagi algoritma Random Forest, yang berfungsi

mengklasifikasikan pola gestur tangan menjadi beberapa kategori perintah seperti membuka *gripper*, menutup *gripper*, atau memutar lengan robot (Lee dkk., 2022). Dengan demikian, sistem ini mampu menerjemahkan gestur tangan manusia menjadi perintah gerakan robot secara otomatis .

Sistem kendali berbasis gestur tangan ini tidak hanya menjadi penerapan teknologi kecerdasan buatan dalam robotika, tetapi juga memiliki nilai edukatif dalam mendukung pembelajaran mekatronika. Mahasiswa dapat mempelajari bagaimana data citra digital diubah menjadi informasi numerik, diklasifikasikan dengan algoritma pembelajaran mesin, dan diterjemahkan menjadi gerakan fisik pada robot melalui perhitungan kinematika (Olikkal dkk., 2024). Implementasi sistem ini dapat diterapkan dalam praktikum seperti simulasi *pick and place* atau pemilahan objek sederhana yang melatih pemahaman peserta didik terhadap integrasi sensor, prosesor, dan aktuator dalam satu sistem kendali. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem kendali robot *arm* lima derajat kebebasan (5-DoF) berbasis gestur tangan menggunakan framework MediaPipe dan algoritma Random Forest sebagai media pembelajaran interaktif di bidang mekatronika dan robotika.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas terdapat beberapa permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana mendeteksi dan melacak bentuk tangan secara *real-time* untuk mengendalikan robot *arm*?
2. Bagaimana mengolah data *landmark* hasil deteksi dari MediaPipe *hands detection* agar dapat diklasifikasikan untuk mengontrol pergerakan robot *arm*?
3. Bagaimana merancang metode kontrol berbasis gestur (*gesture-based control*) yang mampu mengubah gestur terdeteksi menjadi perintah gerak pada setiap *joint* robot *arm* (*joint control*)?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Dalam perancangan penelitian ini terdapat beberapa tujuan yang menjadi fokus utama yaitu:

1. Mengimplementasikan framework MediaPipe untuk mendeteksi dan melacak gerakan tangan secara *real-time*.
2. Menerapkan algoritma Random Forest sebagai metode klasifikasi gestur tangan berdasarkan hasil deteksi *landmark* dari MediaPipe, untuk meningkatkan akurasi klasifikasi lebih dari 90%.
3. Merancang dan mengimplementasikan metode kontrol berbasis gestur (*gesture-based robot arm control*) yang menerjemahkan gestur ke dalam perintah gerakan joint robot *arm* (*joint control*).

Manfaat dari penelitian sistem kendali robot *arm* berbasis gestur tangan menggunakan algoritma random forest adalah sebagai berikut:

1. Menjadi media pembelajaran interaktif bagi mahasiswa mekatronika untuk memahami integrasi sensor visual, algoritma kecerdasan buatan, dan sistem kendali robot berbasis gestur tangan.
2. Menjadi referensi dalam pengembangan sistem kendali robot berbasis *computer vision* dan *machine learning* melalui penerapan MediaPipe dan algoritma Random Forest.
3. Sistem yang dikembangkan dapat menjadi prototipe untuk pengembangan sistem kendali yang lebih kompleks di masa depan.

1.4. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa batasan masalah yang ditetapkan agar pembahasan tetap terarah dan sesuai dengan tujuan penelitian. Batasan ini diperlukan untuk memperjelas ruang lingkup serta menghindari pembahasan yang terlalu luas. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian sistem dilakukan pada lingkungan nyata di sekitar lokasi penelitian dengan kondisi pencahayaan yang stabil, tanpa menggunakan latar belakang tambahan.
2. Sistem hanya fokus pada pendeteksian *landmark* tangan, tidak mencakup pendeteksian *landmark* wajah maupun tubuh.
3. Pengujian sistem dilakukan pada area uji berukuran 80×80 centimeter. Berat objek yang bisa di angkat maksimal 50 gram.
4. Penelitian ini dibatasi pada pengujian sistem kendali robot *arm* berbasis gestur tangan dengan jangkauan maksimal *end-effector* sejauh 37 cm dari titik *base*, guna memastikan pergerakan robot tetap stabil, akurat.

5. Sistem hanya difokuskan pada perancangan kendali gestur tanpa mengimplementasikan fungsi *pick and place* secara menyeluruh. Pengujian dilakukan sebatas pada pergerakan tiap *joint* yang merespons gestur yang diberikan.

1.5. Metodologi Penulisan Skripsi

Untuk mempermudah penulisan laporan tugas akhir ini, penulis menggunakan lima tahapan utama:

1. Tahap Persiapan

Melakukan studi literatur terkait robot *arm*, algoritma random forest, MediaPipe, dan kinematika model robot berdasarkan sumber dari jurnal, buku, dan sumber daring. Menentukan spesifikasi sistem termasuk pemilihan mikrokontroler, aktuator dan modul kamera. Menyusun rancangan awal proposal penelitian untuk mendapatkan persetujuan pembimbing

2. Tahap Perancangan Sistem

Merancang perangkat keras meliputi desain mekanik robot *arm*, instalasi sensor dan rangkaian kontrol berbasis mikrokontroler. Pada perangkat lunak dilakukan melatih algoritma random forest untuk mengklasifikasikan data *landmark* tangan yang diperoleh dari Mediapipe. Diagram alir dan skema sistem dibuat untuk memandu implementasi.

3. Tahap Pengujian Sistem

Melakukan uji coba fungsional terhadap setiap modul (kamera, aktuator, kontrol) serta uji integrasi sistem secara keseluruhan. Pengujian dilakukan di lingkungan terkendali untuk mengukur ketepatan deteksi gesture untuk sistem kendali robot *arm*. Data dikumpulkan dalam bentuk numerik dan foto untuk analisis.

4. Tahap Analisis Data dan Validasi

Data hasil pengujian dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk mendapatkan nilai akurasi, presisi dan waktu respon. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian dengan spesifikasi desain dan target performa yang telah ditetapkan.

5. Tahap Evaluasi dan Penyusunan Laporan

Menyusun laporan akhir yang berisi latar belakang, metode, hasil

pengujian, analisis serta kesimpulan. Evaluasi dilakukan untuk mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan sistem serta memberikan rekomendasi untuk pengembangan selanjutnya

1.6. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Bagian ini menjelaskan jadwal yang akan dilakukan selama pelaksanaan penelitian dengan judul “Sistem Kendali Robot *Arm* Berbasis Gestur Tangan Menggunakan Algoritma Random Forest”. Jadwal pelaksanaan penelitian ini juga membantu memberikan gambaran yang jelas kepada pembaca proposal mengenai bagaimana penelitian ini akan dilaksanakan dan berapa lama waktu yang diperlukan untuk menyelesaikannya. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini dijadwalkan secara terperinci pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Rencana Kegiatan Penelitian

No	Nama Kegiatan	Bulan					
		I	II	III	IV	V	VI
1	Studi Literatur						
2	Desain Keseluruhan Robot dan Tempat pengujian						
3	Pembuatan Rangkaian Elektronika dan Mekanika Robot <i>Arm</i>						
4	Perancangan dan Percobaan Algoritma Random Forest dengan mediapipe						
5	Pembuatan Tempat Pengujian						
6	Pengujian Sistem dan Pengambilan Data						
7	Menyusun Laporan Penelitian						