

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi robotika telah mendorong perkembangan robot humanoid, yaitu robot yang dirancang menyerupai bentuk fisik serta perilaku manusia. Robot jenis ini memiliki potensi besar untuk digunakan dalam berbagai bidang, termasuk interaksi sosial, industri, kesehatan, hingga pendidikan (Isrofi et al., 2021). Salah satu tantangan utama dalam pengembangan robot humanoid adalah menciptakan sistem yang mampu mengenali dan merespons gerakan tubuh manusia secara efektif dan real-time. Mengingat bahwa komunikasi non-verbal seperti gestur atau gerakan tubuh merupakan bagian penting dari interaksi manusia, maka kemampuan ini menjadi kunci agar robot dapat berfungsi sebagai mitra interaktif yang intuitif dan responsif (Andtfolk et al., 2022).

Dalam beberapa tahun terakhir, metode *deep learning*, khususnya *Convolutional Neural Networks* (CNN), telah menunjukkan potensi besar dalam pengenalan gestur tubuh berbasis citra. CNN dikenal karena kemampuannya dalam mengekstraksi dan mengenali pola visual yang kompleks, termasuk fitur-fitur pada wajah, tangan, dan postur tubuh manusia (Widhiyasana et al., 2021). Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa CNN mampu mengklasifikasikan gestur dengan tingkat akurasi tinggi serta kinerja secara langsung yang memadai, menjadikannya pendekatan yang menjanjikan dalam sistem pengenalan gestur modern (Yanto et al., 2021).

Meskipun CNN telah diterapkan dalam berbagai studi, sebagian besar aplikasi masih terbatas pada pengenalan bagian tubuh tertentu. Misalnya, penelitian oleh Al Rivan dan Setiawan (2022) menggunakan arsitektur AlexNet dan LeNet un-

tuk mengenali gestur angka pada tangan dengan akurasi tinggi sebesar 99,45% dan 99,49%, menggunakan konfigurasi *Average Pooling* dan *optimizer* RMSprop (Rivan & Setiawan, 2022). Penelitian lain oleh Pratama dkk. (2023) menunjukkan keberhasilan sistem pembelajaran berhitung menggunakan gestur jari dengan framework MediaPipe, yang menghasilkan akurasi deteksi sebesar 89,9% pada kecepatan 20-25 FPS. Namun, pada studi yang sama, CNN hanya memperoleh akurasi sebesar 20% dengan kecepatan pemrosesan yang lebih rendah, yaitu 10-12 FPS (Pratino et al., 2023). Sementara itu, penelitian oleh Aldiani dkk. (2024) menunjukkan akurasi hingga 91% dalam pengenalan wajah berbasis CNN untuk sistem absensi, bahkan pada kondisi pencahayaan dan sudut pandang yang bervariasi (Aldiani et al., 2024).

Berdasarkan studi-studi tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan CNN dalam pengenalan gestur tubuh manusia secara komprehensif, terutama untuk interaksi dengan robot humanoid, masih belum optimal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pengenalan gesture tubuh menggunakan CNN yang mampu mengenali pola-pola gerakan secara menyeluruh dan secara langsung. CNN memberikan keunggulan dalam hal kecepatan pemrosesan dan akurasi klasifikasi, sehingga mampu meningkatkan kapabilitas robot humanoid dalam merespons komunikasi non-verbal secara alami dan efektif (Yanto et al., 2021).

Dengan pendekatan ini, robot humanoid diharapkan dapat berperan lebih dari sekadar alat bantu, melainkan sebagai mitra interaktif yang mampu memahami dan merespons isyarat tubuh manusia secara kontekstual. Potensi aplikasinya sangat luas, mulai dari bidang pendidikan dan pelayanan publik hingga perawatan kesehatan dan interaksi sosial. Kemampuan untuk mengenali gestur tubuh secara tepat akan menjadikan robot ini lebih adaptif terhadap kebutuhan manusia, terutama dalam situasi yang menuntut respons cepat dan intuitif.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pengenalan gestur tubuh berbasis citra visual yang mampu mengubah hasil pengenalannya menjadi perintah kontrol untuk robot humanoid?

2. Bagaimana mengembangkan model *deep learning* menggunakan metode *Convolutional Neural Networks* (CNN) untuk mengklasifikasikan gestur tubuh secara akurat?
3. Bagaimana mengintegrasikan komunikasi data antara mikrokontroler Arduino dan program *deep learning* yang dijalankan pada *Python*?
4. Bagaimana merancang dan membangun sistem mekanik serta elektronik robot humanoid yang mampu mengeksekusi perintah kontrol berdasarkan hasil analisis gestur tubuh?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian tetap fokus dan sesuai dengan ruang lingkup yang ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data gestur tubuh diperoleh dalam bentuk citra hasil tangkapan kamera yang telah diproses menggunakan MediaPipe untuk menampilkan landmark tubuh, termasuk tangan, kepala, dan postur tubuh secara visual.
2. Sistem pengenalan gesture dikembangkan menggunakan metode *Convolutional Neural Networks* (CNN), dengan input berupa gambar citra visualisasi *landmark*, bukan berupa koordinat numerik. Dengan menggunakan 17 kelas gesture dengan total 1700 citra gambar.
3. Komunikasi antara sistem pengenalan gesture dan mikrokontroler dilakukan secara serial, di mana perintah kontrol dikirim dari program *deep learning* berbasis *Python* ke papan mikrokontroler Arduino.
4. Robot humanoid yang digunakan dirancang dengan struktur mekanik dan rangkaian elektronika sederhana, yang dapat merespons perintah gerakan dasar seperti mengangkat tangan, bergerak maju, mundur, ke kanan, dan ke kiri sesuai hasil pengenalan gestur.
5. Perangkat kamera yang digunakan adalah webcam DNMR dengan spesifikasi resolusi 1920×1080 piksel, frame rate 30 FPS, dan jangkauan fokus 20 mm. Sementara itu, perangkat yang digunakan untuk pengolahan data adalah laptop Lenovo 64-bit dengan prosesor Intel(R) Celeron(R) N4020 CPU @ 1.10 GHz, RAM 4 GB, dan ruang penyimpanan sebesar 128 GB.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem pengolahan citra gestur tubuh yang diambil melalui kamera dan divisualisasikan menggunakan landmark tubuh hasil pemrosesan MediaPipe, untuk kemudian dikonversi menjadi kode kontrol dalam bentuk data serial.
2. Mengembangkan dan melatih model *deep learning* berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasikan gestur tubuh dan mengubahnya menjadi perintah kontrol untuk robot humanoid.
3. Mengembangkan dan mengintegrasikan sistem komunikasi data serial antara mikrokontroler Arduino dan program *deep learning* berbasis Python untuk memastikan transfer perintah yang efisien dan andal.
4. Merancang dan membangun robot humanoid berbasis Arduino yang dapat menerima dan mengeksekusi perintah gerakan melalui komunikasi serial, sebagai solusi interaktif untuk penerjemahan gestur tubuh manusia.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sejumlah manfaat, antara lain:

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi pengolahan citra dan sistem pengenalan gestur tubuh manusia menggunakan metode *deep learning* berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN).
2. Menghasilkan sistem interaktif berbasis visual gestur yang mampu mengonversi gerakan tubuh menjadi simbol atau perintah kontrol bagi robot humanoid, sebagai alternatif media komunikasi berbasis isyarat.
3. Meningkatkan efisiensi komunikasi antara sistem pengenalan gestur dan mikrokontroler melalui integrasi komunikasi data serial, serta memperkuat konektivitas antara perangkat lunak berbasis *Python* dan perangkat keras Arduino.

4. Mengembangkan prototipe robot humanoid yang adaptif terhadap input visual berbasis gestur tubuh manusia, yang berpotensi diterapkan pada bidang pendidikan, layanan publik, serta interaksi sosial berbasis teknologi.

1.6 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa pendekatan sebagai berikut:

1. **Studi Literatur:** Melakukan kajian pustaka dari berbagai jurnal, buku, dan artikel ilmiah yang berkaitan dengan pengolahan citra digital, ekstraksi landmark tubuh, serta metode *deep learning*, khususnya *Convolutional Neural Networks* (CNN).
2. **Observasi Lapangan:** Mengamati proses dan prinsip kerja sistem penerjemah gestur tubuh yang telah dikembangkan oleh pihak lain melalui dokumentasi video pada platform daring, guna memperoleh wawasan awal dalam perancangan sistem.
3. **Pembuatan dan Akuisisi Data:** Merancang sistem kendali gestur tubuh pada robot humanoid dan melakukan proses pengambilan data citra tubuh manusia melalui kamera. Data citra tersebut kemudian diproses untuk menghasilkan visualisasi landmark tubuh yang digunakan sebagai dataset pelatihan model CNN.
4. **Uji Coba Sistem:** Melakukan pengujian sistem secara langsung menggunakan data dari subjek uji, baik yang termasuk maupun tidak termasuk dalam dataset pelatihan, untuk mengevaluasi akurasi dan kemampuan generalisasi sistem.
5. **Diskusi dan Evaluasi:** Melakukan diskusi dengan pembimbing serta pihak terkait mengenai hasil pengujian dan efektivitas sistem, sebagai dasar evaluasi serta perbaikan terhadap sistem yang dikembangkan.

1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan Skripsi ini disusun ke dalam lima buah bab dengan sistematika sebagai berikut.

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta metode pengumpulan data. Bagian ini memberikan gambaran umum mengenai konteks dan arah dari penelitian yang dilakukan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang mendasari penelitian, termasuk konsep pengolahan citra, gestur tubuh manusia, jaringan saraf tiruan, serta prinsip kerja dan fungsi komponen yang digunakan. Tinjauan ini menjadi landasan teoritis dalam pengembangan sistem.

BAB III - METODOLOGI PENELITIAN DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan alat dan bahan yang digunakan, serta tahapan-tahapan perancangan sistem, mulai dari desain mekanik robot, rangkaian elektronika, perancangan program, hingga proses akuisisi data dan pelatihan model CNN.

BAB IV - HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil implementasi sistem, proses pengujian, dan analisis performa model, termasuk evaluasi efektivitas sistem pengenalan gestur dalam memberikan perintah kendali kepada robot humanoid. Aspek akurasi dan respons sistem terhadap input secara langsung turut dianalisis untuk menilai kinerja keseluruhan sistem.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian serta saran atau rekomendasi untuk pengembangan sistem di masa depan.