

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi robotika *humanoid* saat ini semakin banyak diterapkan pada berbagai bidang, salah satunya dalam bidang seni dan budaya. Robot *humanoid* merupakan robot yang dirancang menyerupai bentuk tubuh manusia sehingga memiliki kemampuan untuk menirukan gerakan manusia melalui sistem mekanik, aktuator, sensor, serta pemrograman [1] [2]. Dalam konteks seni tari, robot *humanoid* dapat dikembangkan sebagai media teknologi yang mampu menampilkan gerakan tubuh secara ekspresif, khususnya pada bagian lengan, kepala, badan, dan kaki [3].

Salah satu penerapan robot *humanoid* dalam bidang seni di Indonesia adalah melalui Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) [4]. Pada kompetisi tersebut, robot *humanoid* dirancang untuk dapat menampilkan gerakan tari tradisional Indonesia secara otomatis dan sesuai dengan ketentuan perlombaan. Robot tidak hanya dituntut untuk dapat bergerak, tetapi juga harus memiliki struktur mekanik yang mendukung keluwesan gerakan serta sistem pemrograman yang mampu mengatur aktuator secara terkoordinasi.

Robot *humanoid* yang dikembangkan pada proyek ini merupakan robot seni tari dengan total 25 derajat kebebasan atau *degree of freedom* (DOF). Derajat kebebasan tersebut tersebar pada beberapa bagian tubuh robot, seperti kaki, badan, kepala, dan lengan. Jumlah DOF yang besar bertujuan agar robot memiliki kemampuan gerak yang lebih fleksibel dan mendekati gerakan manusia [1]. Namun, semakin banyak jumlah derajat kebebasan yang digunakan, semakin kompleks pula proses perancangan struktur mekanik, pemetaan *input-output*, dan pemrograman kontrol yang dibutuhkan.

Pada laporan ini, fokus utama pembahasan diarahkan pada rancang bangun struktur lengan dan pemrograman awal robot *humanoid* 25 derajat kebebasan untuk seni tari [3]. Fokus tersebut disesuaikan dengan ruang lingkup pengerjaan yang telah dilakukan, yaitu perancangan struktur lengan robot, pembuatan *bracket* pendukung, penentuan konfigurasi derajat kebebasan pada lengan, perencanaan *input-output* program, serta pengujian awal komunikasi sistem kontrol. Dengan demikian, laporan ini tidak membahas implementasi keseluruhan koreografi tari maupun pengujian robot hingga berdiri secara penuh, melainkan menitikberatkan pada pengembangan struktur lengan dan validasi awal komunikasi antarperangkat pada sistem kontrol.

Struktur lengan robot dirancang dengan 6 derajat kebebasan pada masing-masing lengan [5]. Konfigurasi tersebut terdiri dari gerakan *pitch* pada bagian dalam pundak, *roll* pada bagian luar pundak, *yaw* yang terhubung dengan mekanisme *roll*, kemudian gerakan *pitch* dan *yaw* pada bagian siku, serta satu

gerakan *pitch* terakhir pada bagian lengan. Desain ini dibuat agar lengan robot dapat bergerak lebih menyerupai gerakan lengan manusia. Dalam seni tari, gerakan lengan memiliki peran penting karena dapat membentuk ekspresi, arah gerak, dan karakter dari tarian yang ditampilkan.

Perancangan struktur lengan juga membutuhkan *bracket* yang sesuai agar setiap servo dapat terpasang pada posisi yang tepat. *Bracket* berfungsi sebagai penghubung antara servo dengan bagian mekanik lengan robot. Selain itu, *bracket* juga menentukan arah sumbu putar, menjaga posisi aktuator, serta memastikan setiap *joint* dapat bergerak sesuai rancangan. Oleh karena itu, *bracket* harus dirancang dengan mempertimbangkan kekuatan, bobot, presisi, dan batas ruang gerak agar tidak terjadi benturan antarbagian mekanik saat servo digerakkan.

Selain struktur lengan, aspek pemrograman juga menjadi bagian penting dalam pengembangan robot *humanoid* ini. Pada rancangan awal, sistem robot direncanakan hanya menggunakan satu ESP sebagai pusat kendali. Namun, karena robot memiliki 25 derajat kebebasan dan pada konsep awal dirancang untuk dapat menari berpasangan dengan robot lain, kebutuhan sistem menjadi lebih kompleks. ESP tidak hanya perlu mengendalikan servo, tetapi juga dirancang untuk menerima *input* lagu, mengatur perintah gerakan, serta mendukung komunikasi sistem dengan bagian kontrol lainnya.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, sistem kontrol kemudian dikembangkan menggunakan dua ESP, yaitu ESP Main dan ESP Sub. ESP Main berfungsi sebagai pengendali utama yang menerima *input* lagu dari *Bluetooth*, mengatur logika perintah gerakan, serta dirancang untuk mengendalikan servo kaki kiri dan kanan melalui PCA 1. Sementara itu, ESP Sub berfungsi sebagai pengendali bagian atas robot atau *upper body*, yaitu servo pada bagian lengan dan kepala melalui PCA 2. Kedua ESP dihubungkan menggunakan komunikasi RX-TX sehingga ESP Main dapat mengirimkan perintah gerakan kepada ESP Sub.

Robot *humanoid* yang memiliki banyak aktuator tidak hanya membutuhkan komunikasi yang baik, tetapi juga memerlukan sinkronisasi gerakan antarservo. Perbedaan waktu pencapaian posisi antarservo dapat menyebabkan gerakan terlihat tidak alami dan berpotensi mengganggu keseimbangan robot. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diterapkan metode interpolasi PWM dan *velocity profiling* yang memungkinkan beberapa servo bergerak dengan kecepatan berbeda tetapi mencapai posisi target pada waktu yang hampir bersamaan [6]. Selain itu, sistem juga memanfaatkan arsitektur *dual-core* ESP32 dan FreeRTOS untuk memisahkan proses komunikasi dan pengendalian servo sehingga ketepatan waktu gerakan dapat ditingkatkan.

Penelitian ini berfokus pada rancang bangun struktur lengan dan pengembangan sistem kendali Robot Purwara yang meliputi perancangan mekanik lengan, pembuatan *bracket*, perencanaan *input-output*, implementasi komunikasi antara ESP32 Main dan ESP32 Sub, serta penerapan metode sinkronisasi servo. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan robot

humanoid seni tari yang mampu menghasilkan gerakan yang lebih stabil, terkoordinasi, dan menyerupai gerakan manusia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan ruang lingkup proyek “Rancang Bangun Struktur Lengan dan Pemrograman Robot *Humanoid* 25 Derajat Kebebasan untuk Seni Tari: Purwara”, maka rumusan masalah dalam laporan ini adalah sebagai berikut:

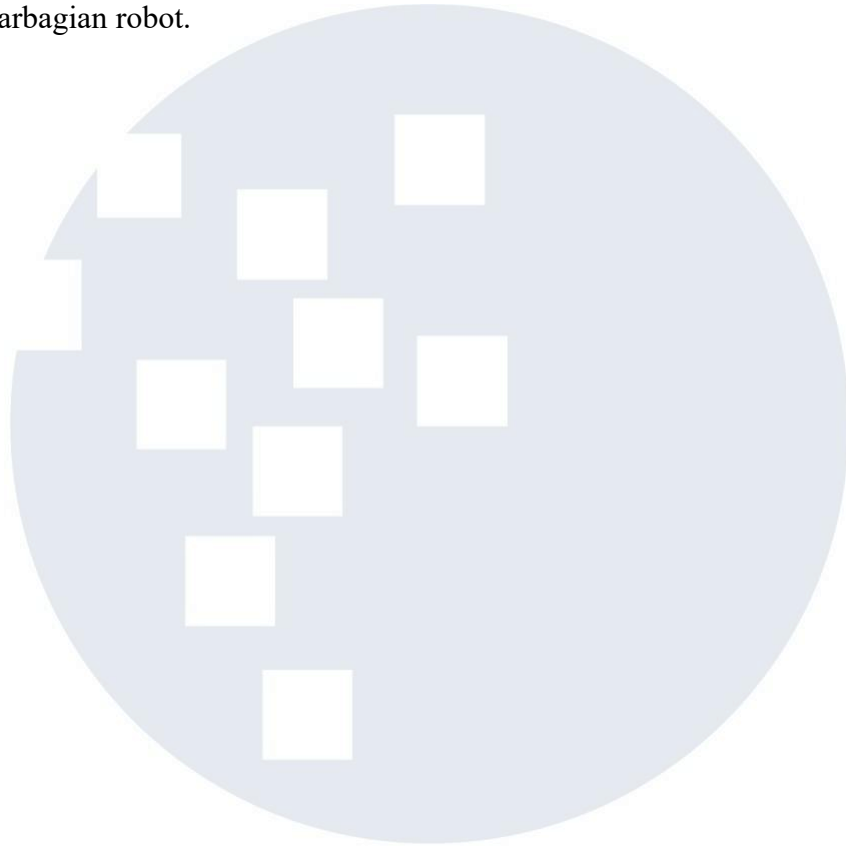
- Bagaimana merancang struktur lengan robot *humanoid* 25 derajat kebebasan yang mampu mendukung gerakan seni tari?
- Bagaimana merancang *bracket* lengan yang sesuai dengan konfigurasi 6 DOF pada masing-masing lengan?
- Bagaimana merancang pemetaan *input* dan *output* program pada sistem kontrol robot *humanoid* 25 derajat kebebasan?
- Bagaimana menerapkan komunikasi antara ESP Main dan ESP Sub untuk mengirimkan perintah gerakan servo?
- Bagaimana cara untuk menghasilkan gerakan servo yang lebih halus dan tersinkronisasi?
- Bagaimana cara untuk meningkatkan ketepatan waktu pengendalian servo robot *humanoid*?

1.3 Maksud dan Tujuan

Pelaksanaan kegiatan MBKM ini dimaksudkan untuk memberikan pengalaman langsung kepada mahasiswa dalam menerapkan ilmu yang telah diperoleh selama perkuliahan ke dalam proyek robotika nyata. Pada proyek ini, ruang lingkup kegiatan meliputi perancangan struktur lengan, pembuatan *bracket*, perencanaan sistem *input-output*, komunikasi antar-ESP32, serta implementasi metode sinkronisasi gerakan servo menggunakan *velocity profiling* dan PWM. Tujuan dari pelaksanaan proyek ini adalah sebagai berikut:

- Merancang struktur lengan robot *humanoid* dengan 6 derajat kebebasan pada masing-masing lengan.
- Merancang dan membuat *bracket* lengan yang sesuai dengan konfigurasi 6 derajat kebebasan pada masing-masing lengan serta mampu menopang aktuator yang digunakan.
- Menyusun perencanaan *input* dan *output* sistem kendali robot yang melibatkan ESP32, PCA9685, dan servo.
- Mengimplementasikan komunikasi antara ESP Main dan ESP Sub menggunakan UART untuk mendukung pertukaran data dan koordinasi perintah gerakan robot. Menguji komunikasi antara ESP Main dan ESP Sub menggunakan jalur komunikasi RX-TX.
- Mengembangkan metode pengendalian servo menggunakan interpolasi PWM dan *velocity profiling* untuk menghasilkan gerakan yang lebih halus dan tersinkronisasi.

- Merencanakan arsitektur *dual-core* ESP32 dan FreeRTOS untuk meningkatkan ketepatan waktu pengendalian servo serta mendukung koordinasi gerakan antarbagian robot.



UMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA