

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah masih menjadi salah satu persoalan lingkungan yang belum terselesaikan di banyak daerah. Setiap hari, berbagai jenis sampah dihasilkan oleh aktivitas manusia, baik di lingkungan rumah tangga, sekolah, perkantoran, maupun tempat umum. Sayangnya, kesadaran masyarakat untuk membuang sampah pada tempatnya masih sangat rendah. Tidak jarang kita melihat sampah dibuang sembarangan di jalan, sungai, atau taman. Kebiasaan buruk ini dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, mulai dari pencemaran lingkungan, bau tidak sedap akibat tumpukan sampah yang membusuk, hingga penyumbatan saluran air yang bisa menyebabkan banjir. Selain itu, sampah juga bisa menjadi tempat berkembang biaknya berbagai vektor penyakit seperti lalat, nyamuk, dan tikus yang dapat mengganggu kesehatan masyarakat [1]. Selama ini, upaya penanganan sampah sudah dilakukan melalui berbagai pendekatan, salah satunya adalah edukasi kepada masyarakat untuk meningkatkan kesadaran tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan. Namun, pendekatan ini seringkali membutuhkan waktu yang lama dan hasilnya tidak selalu terlihat secara langsung.

Oleh karena itu, dibutuhkan solusi alternatif yang bersifat praktis dan dapat bekerja secara langsung untuk membantu mengatasi permasalahan sampah, terutama di area-area publik yang luas dan sulit dijangkau secara manual. Salah satu solusi yang dapat dikembangkan adalah penggunaan teknologi robotik, khususnya robot pemungut sampah yang dapat bergerak secara otomatis untuk membersihkan area tertentu. Robot ini dirancang agar dapat mendeteksi sampah, mengambilnya, lalu memindahkannya ke tempat penampungan yang telah disediakan. Dengan adanya robot ini, proses pembersihan lingkungan dapat dilakukan secara lebih efisien dan terjadwal, tanpa terlalu bergantung pada intervensi manusia. Hal ini juga dapat mengurangi risiko paparan manusia terhadap lingkungan yang tercemar sampah.

Penelitian lain merancang dan membangun robot lengan berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan empat derajat kebebasan yang dikendalikan menggunakan potensiometer. Fokus utama penelitian tersebut adalah menganalisis kemampuan aktuator setelah melalui reduksi roda gigi untuk meningkatkan torsi, sehingga lengan robot mampu mengangkat beban tertentu. Sistem kendali bersifat manual dan tidak dilengkapi dengan sistem komunikasi jarak jauh [2]. Berbeda dari penelitian tersebut, tugas akhir ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem lengan robot pemungut sampah berbasis kombinasi FPGA dan ESP32 yang dikendalikan melalui sistem komunikasi berbasis *Visible Light Communication* (VLC). Perintah gerakan dikirim dari *Ground Control station* (GCS) melalui media cahaya dan diterima oleh modul VLC pada robot. FPGA berperan menerima dan meneruskan perintah ke ESP32 melalui komunikasi UART, sedangkan ESP32 memprosesnya menjadi sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM)

untuk menggerakkan empat motor servo pada lengan robot. Dengan pendekatan ini, sistem memadukan kecepatan respon FPGA, fleksibilitas pengendalian ESP32, serta metode komunikasi berbasis cahaya yang bebas interferensi elektromagnetik, sehingga memungkinkan pengendalian jarak jauh secara real-time dan lebih sesuai untuk aplikasi di area publik yang luas.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara merancang sistem robot lengan pada robot bergerak pemungut sampah berbasis FPGA?
2. Bagaimana mengimplementasi sistem robot lengan pada robot bergerak pemungut sampah berbasis FPGA?
3. Bagaimana menguji performa lengan robot pemungut sampah berbasis FPGA di lingkungan nyata untuk memastikan akurasi pemungutan sampah?

1.3 Tujuan

1. Merancang dan membangun sistem robot lengan pada robot bergerak pemungut sampah berbasis FPGA.
2. Mengimplementasikan sistem penggerak robot lengan pada robot bergerak pemungut sampah berbasis FPGA pada di lingkungan nyata.
3. Menguji performa sistem di lingkungan nyata untuk memastikan ketepatan robot dalam mengambil sampah.

1.4 Batasan Masalah

1. Perancangan dan implementasi sistem robot lengan pemungut sampah hanya dilakukan di dalam ruangan tertutup.
2. Perancangan Sistem robot lengan pemungut sampah hanya menggunakan perangkat keras berbasis FPGA De0 Nano dan ESP32.
3. Robot lengan hanya memiliki 4 *Degree of Freedom* (DoF).
4. Robot hanya difokuskan untuk mengambil sampah – sampah kecil dan ringan yang dapat dengan mudah diangkat.
5. Fungsi robot sebatas pada mengambil sampah tanpa kemampuan membawa ke lokasi tujuan akhir.

1.5 Cakupan Pengerjaan

Pengerjaan proyek ini difokuskan pada pengembangan sistem penggerak robot lengan berbasis FPGA yang dapat merespons perintah arah yang dikirim melalui sistem komunikasi. Lingkup pekerjaan meliputi berbagai aspek teknis, antara lain:

1. Perancangan sistem kendali pada ESP32 untuk menerima data ASCII dari *Ground Control station* (GCS) yang diteruskan oleh FPGA melalui komunikasi

UART. Setiap perintah yang diterima diproses oleh ESP32 menjadi sinyal kontrol untuk menggerakkan lengan robot.

2. Implementasi kendali motor servo menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama. Setiap perintah yang diterima diubah menjadi sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk menggerakkan empat motor servo pada lengan robot.
3. Penggunaan komunikasi UART antara FPGA dan ESP32, di mana FPGA berfungsi sebagai penerima data dari sistem komunikasi dan meneruskannya ke ESP32 untuk dieksekusi.
4. Pemrograman logika kontrol pada ESP32 menggunakan bahasa C++ dengan dukungan pustaka ESP32Servo, yang mencakup pemetaan perintah ASCII seperti "A", "D", "X", dan lainnya untuk mengatur pergerakan *base*, *shoulder*, *elbow*, dan *gripper*.
5. Integrasi sistem daya, di mana motor servo mendapatkan pasokan tegangan melalui output daya dari ESP32, sementara ESP32 dan FPGA menggunakan sumber daya utama robot yang sama, dengan pembagian daya yang diatur sesuai kebutuhan operasional masing-masing komponen.
6. Perancangan, perakitan, pengujian, dan dokumentasi sistem dilakukan untuk membangun mekanisme kendali lengan robot, sehingga mampu bergerak sesuai perintah yang dikirim melalui sistem komunikasi secara real-time.

1.6 Tahapan Pengerjaan

1. Analisis dan Studi Awal
Tahap ini diawali dengan pengumpulan informasi serta kajian literatur yang berkaitan dengan sistem pengendalian motor servo menggunakan ESP32, komunikasi data melalui protokol UART antara FPGA dan ESP32, serta pemanfaatan *Visible Light Communication* (VLC) sebagai media pengiriman perintah dari *Ground Control station* (GCS). Selain itu, dipelajari pula dasar-dasar pemrograman C++ untuk ESP32 dan pengoperasian perangkat FPGA DE0-Nano sebagai penerima perintah.
2. Perancangan Sistem Kendali Lengan Robot
Tahap ini mencakup perancangan sistem kendali lengan robot secara menyeluruh, mulai dari pemetaan perintah ASCII yang diterima FPGA hingga proses pengiriman data ke ESP32, pengaturan logika kontrol pada ESP32 untuk setiap motor servo, serta konfigurasi sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) yang digunakan untuk menggerakkan *base*, *shoulder*, *elbow*, dan *gripper*.
3. Pemrograman dan Simulasi
Pemrograman pada ESP32 dilakukan menggunakan bahasa C++ dengan pustaka ESP32Servo untuk menghasilkan sinyal PWM sesuai perintah ASCII yang diterima. Pada FPGA, dibuat program sederhana untuk mengatur penerimaan dan penerusan data melalui UART. Simulasi dan pengujian awal dilakukan untuk

memastikan komunikasi antara FPGA dan ESP32 berjalan dengan baik sebelum diintegrasikan dengan perangkat keras lengan robot.

4. Implementasi dan Pengujian Sistem

Setelah tahap simulasi berhasil, sistem diimplementasikan secara penuh dengan menghubungkan FPGA, ESP32, dan motor servo. Pengujian dilakukan untuk memastikan lengan robot dapat bergerak sesuai perintah dari GCS yang dikirim melalui VLC, sekaligus memverifikasi akurasi gerakan, kestabilan sinyal PWM, dan keandalan sistem dalam kondisi operasional nyata.

5. Evaluasi dan Dokumentasi

Tahap akhir mencakup evaluasi terhadap hasil pengujian dan analisis performa sistem kendali lengan robot, termasuk ketepatan gerakan dan respons terhadap perintah. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar untuk perbaikan dan penyempurnaan sistem. Seluruh proses dan hasil yang diperoleh kemudian didokumentasikan dalam bentuk laporan sebagai bagian dari pertanggungjawaban akademik dan pengarsipan proyek.