

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kurangnya perhatian dari sebagian anggota masyarakat terhadap kebersihan lingkungan di sekitarnya menyebabkan masalah sampah tetap menjadi tantangan serius bagi pemerintah. Ketika sampah dibiarkan berserakan dan pengelolaan tidak dilakukan dengan baik, dampaknya akan dirasakan oleh lingkungan sekitar. Bau tidak sedap yang muncul dari tumpukan sampah dan metode pengelolaan yang tidak sesuai dapat menyebabkan penyebaran penyakit, serta akan mengakibatkan saluran pembuangan dan sungai tersumbat, yang merupakan beberapa konsekuensi dari rendahnya kesadaran masyarakat tentang kebersihan lingkungan. Oleh karena itu, partisipasi masyarakat sangat diperlukan untuk menciptakan lingkungan yang bersih dan sehat[1].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diciptakanlah Robot Bergerak Pemungut Sampah sebagai salah satu inovasi untuk membantu mengatasi permasalahan sampah yang sering kali diabaikan oleh masyarakat. Inovasi ini dirancang untuk dapat membantu petugas kebersihan atau pihak terkait dalam mengumpulkan sampah secara lebih efisien. Namun, dalam perancangannya, diperlukan sistem komunikasi yang baik agar robot dapat beroperasi dengan efektif dan terkoordinasi. Oleh karena itu, dibutuhkan perancangan sebuah stasiun pengendali yang dikenal sebagai Ground Control Station (GCS) untuk mempermudah proses pengoperasian robot. Dengan adanya GCS, robot dapat diakses dan dikendalikan dari jarak jauh melalui internet sehingga meningkatkan fleksibilitas penggunaannya di lapangan.

Di penelitian lain lebih berfokus pada implementasi sistem IoT berbasis MQTT dan Node-RED untuk melakukan pemantauan dan pengendalian perangkat secara umum. Arsitektur komunikasi yang digunakan sepenuhnya mengandalkan protokol MQTT melalui koneksi Wi-Fi [2]. Berbeda dari penelitian sebelumnya tugas akhir ini menggabungkan dua jalur komunikasi, yaitu Visible Light Communication (VLC) sebagai media pengiriman perintah ke FPGA dan Wi-Fi dengan broker HiveMQ MQTT serta menggunakan RaspberryPi untuk menjalankan Node-Red. Dari sisi pengendalian perangkat keras, penelitian terdahulu menggunakan ESP32 secara langsung untuk mengatur sensor dan aktuator yang relatif sederhana. Sementara itu, tugas akhir ini memanfaatkan FPGA untuk mengelola logika penggerak empat motor DC, driver motor, serta aktuator lengan robot.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara merancang *dashboard* sistem kendali robot dan status sensor agar dapat di tampilkan?

2. Bagaimana sistem pengendali dapat mengintegrasikan komunikasi RS485 untuk menghubungkan perintah dari Node-RED ke pemancar VLC secara efektif?
3. Apakah robot akan menerima perintah dan bergerak sesuai dengan perintah yang dikirim oleh *ground control station*?
4. Bagaimana mengintegrasikan *Ground control station* dengan sensor jarak dan mpu serta mengetahui posisi robot lewat komunikasi mqtt?

1.3 Tujuan

1. Merancang dan membangun dashboard sistem kendali robot yang mampu menampilkan status sensor secara real time sehingga memudahkan pemantauan dan pengoperasian robot.
2. Mengimplementasikan integrasi komunikasi RS485 dari Node-RED ke pemancar VLC secara efektif guna memastikan perintah dapat dikirim dan diterima dengan cepat dan akurat.
3. Memastikan robot dapat menerima perintah dari Ground Control Station (GCS) dan bergerak sesuai instruksi yang diberikan.
4. Mengintegrasikan Ground Control Station dengan sensor jarak dan sensor MPU6050 melalui komunikasi MQTT, sehingga posisi, orientasi, dan jarak robot dapat dipantau secara real time.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian dan agar sistem yang dirancang dapat terimplementasi sesuai tujuan, maka penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Kendali robot hanya dilakukan di dalam satu ruangan yang telah dipasang lampu VLC Transmitter.
2. Pengiriman perintah dari Ground Control Station ke robot hanya menggunakan komunikasi Visible Light Communication (VLC).
3. Penerimaan data sensor dari robot ke Ground Control Station hanya dilakukan melalui komunikasi WiFi.
4. Sistem monitoring robot hanya ditampilkan dalam bentuk grafik pada dashboard tanpa dilengkapi visualisasi lokasi atau peta pergerakan robot.

1.5 Cakupan Pengerjaan

Pengerjaan proyek ini difokuskan pada perancangan dan implementasi *dashboard* Ground Control Station (GCS) berbasis Node-RED yang mampu mengintegrasikan kendali dan pemantauan robot bergerak pemungut sampah secara real time melalui komunikasi Visible Light Communication (VLC) dan MQTT. Cakupan pekerjaan mencakup berbagai aspek teknis yaitu:

1. Perancangan *dashboard* interaktif pada Node-RED yang menampilkan sistem kendali arah pergerakan robot (maju, mundur, kiri, kanan, berhenti) dan sistem kendali lengan robot, termasuk *base*, *shoulder*, *elbow*, dan *gripper*.
2. Implementasi fitur pemilihan kanal komunikasi (TX1–TX4) pada *dashboard* untuk mengatur perangkat pemancar VLC yang digunakan sebagai jalur pengiriman perintah dari GCS ke FPGA.
3. Integrasi data sensor ke *dashboard*, termasuk sensor ultrasonik untuk membaca jarak di sisi kiri, depan, dan kanan robot, serta sensor MPU6050 untuk menampilkan data percepatan (accel X, Y, Z) dan orientasi robot.
4. Konfigurasi komunikasi RS485 pada Raspberry Pi untuk mengirim perintah dari *dashboard* Node-RED ke pemancar VLC, serta integrasi broker MQTT HiveMQ untuk menerima data sensor dari robot melalui koneksi Wi-Fi.
5. Pemrograman alur kendali (*flow*) pada Node-RED yang menggabungkan fungsi kendali manual dengan pembacaan sensor, menggunakan mekanisme *drag-and-drop*, penghubungan *node* virtual, serta penambahan *widget* melalui kode JavaScript untuk memperluas fungsionalitas *dashboard*.
6. Perancangan, pengujian, hingga dokumentasi *dashboard* dilakukan secara menyeluruh untuk memastikan setiap fitur dapat bekerja sesuai perintah dan menampilkan data secara akurat, sehingga memudahkan operator dalam mengendalikan robot pemungut sampah secara efektif dan efisien.

1.6 Tahapan Pengerjaan

Tahapan pengerjaan Tugas Akhir mulai dari analisis kebutuhan hingga pengujian sistem. Tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Analisis Kebutuhan
Mengidentifikasi kebutuhan fitur *dashboard* GCS, meliputi modul kendali pergerakan robot, kendali lengan robot, pemilihan kanal VLC, dan pemantauan data sensor. Analisis juga dilakukan terhadap kebutuhan perangkat keras (Raspberry Pi, FPGA, sensor, driver motor) dan perangkat lunak (Node-RED, Mosquitto broker, JavaScript untuk *widget* tambahan).
2. Perancangan Dashboard
Mendesain tampilan *dashboard* pada Node-RED yang memuat elemen kontrol, indikator status, dan visualisasi data sensor. Perancangan dilakukan dengan mempertimbangkan kemudahan penggunaan (*user-friendly*), efisiensi navigasi, dan kejelasan informasi.
3. Implementasi Sistem
Membangun *dashboard* pada Node-RED dan mengintegrasikannya dengan komunikasi RS485 untuk mengirim perintah ke pemancar VLC, serta konfigurasi koneksi MQTT untuk menerima data sensor dari robot. Pada tahap ini juga dilakukan pembuatan alur *flow* Node-RED dan penyesuaian kode JavaScript untuk mendukung *widget* khusus
4. Pengujian Dashboard
Melakukan uji coba fungsi setiap modul *dashboard*, termasuk kendali gerak,

kendali lengan, pemilihan kanal, serta visualisasi data sensor. Pengujian dilakukan secara bertahap, mulai dari simulasi *offline* hingga pengujian langsung dengan robot di lapangan.

5. Evaluasi dan Dokumentasi

Mengevaluasi performa *dashboard* dari segi kecepatan respon, akurasi data sensor, dan kenyamanan pengguna. Hasil evaluasi digunakan untuk memberikan saran pengembangan *dashboard* di masa mendatang, termasuk potensi integrasi kecerdasan buatan untuk otomatisasi perintah. Seluruh proses dicatat dalam laporan Tugas Akhir.