

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah organik merupakan komponen terbesar dari timbunan sampah rumah tangga di Indonesia, dengan persentase mencapai sekitar 50–60 % dari total timbunan sampah nasional [1]. Jika tidak dikelola dengan baik, sampah organik akan membusuk dan menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti metana (CH_4) yang berkontribusi terhadap perubahan iklim serta menimbulkan bau tidak sedap yang mengganggu kesehatan lingkungan [2].

Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengolah sampah organik adalah pengomposan, yang memanfaatkan proses dekomposisi alami oleh mikroorganisme. Namun, metode konvensional pengomposan sering kali membutuhkan waktu lama, sulit dikontrol, dan hasilnya tidak konsisten, terutama karena kurangnya pemantauan parameter penting seperti suhu, kelembapan, dan kadar gas selama proses berlangsung [3].

Penelitian yang dilakukan di Telkom University menghasilkan sistem komposter pintar bernama Dicompos yang menggunakan sensor suhu, kelembapan, dan pH berbasis Internet of Things (IoT) untuk mengontrol proses pengomposan aerobik [4]. Sistem ini mampu menjaga suhu mesofilik sekitar 35 °C dengan stabilitas meningkat 17,8 %, mempercepat pencapaian fase termofilik hanya dalam 5 hari, serta memiliki akurasi sensor suhu dan kelembapan ± 98 % dan pH $\pm 97,6$ %. Koneksi data menggunakan LoRa mampu menjangkau hingga 400 meter [4].

Meskipun demikian, sistem Dicompos masih memiliki keterbatasan, seperti hanya memantau tiga parameter utama (suhu, kelembapan, dan pH) serta memerlukan infrastruktur LoRa yang relatif kompleks dan mahal untuk skala rumah tangga. Hal ini membuka peluang untuk mengembangkan sistem yang lebih sederhana, terjangkau, dan sesuai kebutuhan rumah tangga.

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini mengembangkan Komposter Pintar Rumah Tangga Berbasis IoT yang dirancang untuk skala penggunaan domestik. Sistem ini memantau empat parameter penting, yaitu suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, serta kadar gas amonia dan metana, menggunakan sensor DHT22, Soil Moisture, dan MQ-135. Data dikirim secara real-time ke aplikasi Blynk di smartphone, sehingga pengguna dapat memantau proses pengomposan tanpa harus melakukan pengecekan manual. Dengan desain yang ringkas, biaya rendah, dan kemudahan penggunaan, diharapkan sistem ini dapat membantu rumah tangga mengelola sampah organik secara efektif serta mendukung pengurangan emisi gas rumah kaca.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pemantauan parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan tanah, dan kadar gas ammonia pada proses pengomposan dengan menggunakan mikrokontroler ESP32?
2. Bagaimana mengintegrasikan berbagai sensor lingkungan (DHT22, Soil Moisture Sensor, dan MQ-135) ke dalam satu sistem komposter rumah tangga yang efisien dan dapat dikontrol secara otomatis melalui platform Internet of Things (IoT)?
3. Bagaimana mengimplementasikan aktuator seperti pompa air dan motor pengaduk yang dapat bekerja otomatis berdasarkan nilai ambang parameter yang terdeteksi oleh sensor selama proses dekomposisi kompos?
4. Bagaimana menguji efektivitas sistem Smart Composter berbasis IoT dalam mempercepat proses pengomposan dan mencegah kegagalan fermentasi, dibandingkan dengan metode pengomposan konvensional?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini, sebagai berikut:

1. Merancang sistem pemantauan parameter lingkungan dalam proses pengomposan yang mampu mengukur suhu, kelembapan tanah, dan kadar gas ammonia secara real-time menggunakan mikrokontroler ESP32.
2. Mengintegrasikan seluruh sensor lingkungan (DHT22, Soil Moisture Sensor, dan MQ-135) ke dalam satu sistem komposter rumah tangga yang efisien dan mudah digunakan.
3. Menguji sistem Smart Composter dalam kondisi nyata untuk mengevaluasi efektivitas pemantauan, keandalan kontrol otomatis pengaduk, serta dampaknya terhadap waktu dan kualitas hasil dekomposisi limbah organik.

1.4 Cakupan Pengerjaan

Adapun cakupan pengerjaan dari Tugas Akhir ini, sebagai berikut:

1. Ruang lingkup pekerjaan: mencakup perancangan sistem sensor berbasis mikrokontroler ESP32 untuk memantau suhu, kelembapan tanah, dan gas ammonia dalam proses pengomposan. Lingkup pekerjaan juga mencakup perakitan perangkat keras komposter skala rumah tangga, pemrograman ESP32

untuk membaca data sensor, mengontrol aktuator, serta mengirimkan data ke platform IoT (Blynk/ThingSpeak) dalam format visual yang mudah dipantau.

2. Penyediaan dataset dan batasan produk: data diperoleh langsung dari sensor yang diintegrasikan ke dalam sistem komposter dan diuji secara real-time dalam kondisi lingkungan rumah tangga. Sistem dirancang agar efisien, hemat energi, dan dapat bekerja secara otomatis tanpa intervensi manual yang intensif. Pemantauan dan pengendalian dilakukan melalui koneksi Wi-Fi.
3. Pemisahan tugas proyek: penulis bertanggung jawab penuh terhadap perancangan, integrasi, dan pengujian sistem sensor serta pengendalian aktuator pada Smart Composter. Desain wadah kompos, sirkulasi aerasi, dan pengujian kualitas kompos secara kimia bukan menjadi fokus utama, namun tetap dilakukan koordinasi teknis dengan pembimbing dan referensi teknis terkait.

1.5 Tahapan Pengerjaan

1. Analisis Permasalahan
Mengidentifikasi permasalahan dalam proses pengomposan rumah tangga, khususnya ketidakefisienan metode konvensional akibat ketiadaan sistem pemantauan suhu, kelembapan, dan gas secara real-time.
2. Studi Literatur
Mempelajari prinsip dasar pengomposan biologis, parameter lingkungan yang memengaruhi dekomposisi (seperti suhu, kelembapan, dan kadar ammonia), serta teknologi pendukung seperti sensor DHT22, Soil Moisture Sensor, MQ-135, dan mikrokontroler ESP32 dalam pengembangan sistem IoT.
3. Perakitan dan Penyusunan Rangkaian Sensor
Merangkai seluruh komponen sensor dan aktuator pada breadboard untuk membentuk prototipe awal sistem. Sensor akan diuji untuk membaca data lingkungan, sedangkan aktuator seperti pompa dan motor servo disiapkan untuk kontrol otomatis.
4. Pengujian Awal Rangkaian Sensor dan Aktuator
Melakukan pengujian fungsi sensor (DHT22, Soil Moisture, MQ-135) dan aktuator (pompa air dan motor pengaduk) menggunakan mikrokontroler ESP32 guna memastikan fungsionalitas awal bekerja dengan baik sesuai logika sistem.
5. Integrasi IoT dan Pengiriman Data ke Platform Cloud

Menghubungkan ESP32 ke platform IoT (seperti Blynk atau ThingSpeak) untuk mengirim dan menampilkan data suhu, kelembapan, dan kadar gas secara real-time. Jika data tidak tampil atau terjadi delay, dilakukan analisis penyebab dan perbaikan sistem konektivitas.

6. Pembuatan dan Perakitan Wadah Kompos
Menentukan desain wadah kompos skala rumah tangga (± 30 liter) dengan sistem aerasi pasif. Pemasangan sensor, aktuator, dan kabel dilakukan dengan mempertimbangkan ketahanan terhadap kelembapan dan suhu tinggi.
7. Pengujian Sistem Komposter IoT Secara Menyeluruh
Melakukan pengujian penuh terhadap sistem yang telah dirakit, termasuk pembacaan data sensor, reaksi aktuator otomatis, konektivitas ke dashboard IoT, serta kemampuan sistem dalam menjaga parameter lingkungan kompos tetap optimal.
8. Analisis Efektivitas Pengomposan
Membandingkan hasil pengomposan antara komposter konvensional dengan sistem komposter IoT dari sisi waktu dekomposisi, suhu rata-rata, kelembapan tanah, serta deteksi gas. Data dianalisis untuk mengukur peningkatan efisiensi dan keberhasilan sistem.
9. Selesai
Jika seluruh pengujian berhasil dan sistem berjalan sesuai harapan, maka proses perancangan dan implementasi Smart Composter Rumah Tangga berbasis IoT dinyatakan selesai dan siap dilaporkan sebagai Tugas Akhir.