

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Sampah merupakan permasalahan umum yang dihadapi oleh masyarakat di Indonesia. Sampah di Indonesia didominasi oleh sampah yang berasal dari rumah tangga. Sampah di area perumahan umumnya dapat dikelompokkan menjadi dua, yakni sampah organik dan sampah non organik. Sampah organik adalah jenis sampah yang mengandung karbon (C) seperti sampah yang berasal dari makhluk hidup meliputi kotoran hewan dan kotoran manusia serta sisa makanan. Sedangkan sampah non organik adalah jenis sampah yang tidak mengandung karbon sehingga tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme seperti plastik, logam, dan kaca [1]. Sampah yang tidak dikelola dengan baik, terutama sampah organik, mengakibatkan penimbunan sampah yang berlebihan dan mengganggu kenyamanan serta kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, penting untuk menerapkan pengelolaan sampah yang tidak hanya fokus pada pembuangan, tetapi juga memberikan manfaat dari proses tersebut. Pengomposan dianggap sebagai salah satu solusi yang efektif untuk mengatasi masalah sampah, karena tidak menyebabkan pencemaran dan menghasilkan produk yang bermanfaat, yaitu kompos [2].

Proses pengomposan sampah organik dapat dilakukan dengan metode aerobik dan metode anaerobik. Pengomposan aerobik melibatkan memerlukan oksigen untuk mengurai bahan organik, sedangkan pengomposan anaerobik tidak memerlukan oksigen untuk mengurai bahan organik [3]. Metode pengomposan anaerobik lebih cepat dibandingkan dengan pengomposan aerobik [4]. Proses pembuatan kompos dengan komposter anaerob, penguraian bahan organik berlangsung tanpa bantuan udara atau oksigen secara maksimal, sehingga proses ini berlangsung secara dingin dan tidak terjadi fluktuasi suhu yang dapat memperlambat penguraian [5]. Mikroorganisme dalam lingkungan anaerobik cenderung memecah bahan organik lebih cepat karena proses dekomposisi terjadi tanpa adanya oksigen.

Pengomposan anaerobik memiliki mikroorganisme pengurai, yaitu *metanogen*. *Metanogen* sendiri merupakan mikroorganisme penghasil gas metana

(CH₄) dalam proses metabolismenya [6]. Penurunan kadar gas metana selama proses pengomposan menandakan bahwa kompos sedang mengalami pematangan [7]. Hal ini disebabkan karena gas metana biasanya dihasilkan pada tahap awal penguraian bahan organik oleh mikroorganisme anaerob. Seiring berjalannya waktu, ketika proses pengomposan mendekati tahap akhir atau pematangan, aktivitas mikroorganisme anaerob menurun, sehingga produksi gas metana juga berkurang. Penurunan gas metana menunjukkan bahwa bahan organik telah terurai dengan baik, dan hasil akhir dari kompos tidak berbau melainkan memiliki bau tanah yang menandakan pematangan kompos [8]. Oleh karena itu, penurunan kadar gas metana dapat menjadi indikator bahwa kompos telah mencapai tahap pematangan yang diinginkan.

Banyak rumah terutama di daerah perkotaan yang memiliki ruang terbatas untuk melakukan metode pengomposan secara manual. Kondisi ini menyulitkan pengguna yang dimana melakukan pengomposan secara manual memerlukan tempat atau wadah yang besar. Penelitian Lew *et al.* mengembangkan alat pengomposan minimalis agar bisa digunakan di ruang terbatas dan dilengkapi sistem IoT yang memungkinkan pengomposan berjalan dengan efisien tanpa memerlukan ruang yang luas [9]. Peran teknologi IoT dapat membantu pengelolaan secara teratur dalam proses pengomposan. IoT merupakan sebuah struktur yang terdiri dari komponen *hardware*, sistem perangkat lunak, serta protokol yang bekerja sama untuk membuat lingkungan yang terintegrasi di mana perangkat-perangkat pintar tertanam dapat terhubung ke internet [10]. Teknologi IoT memungkinkan akses terhadap data sensor dan pengendalian sistem melalui jaringan internet, yang akan membantu dalam proses pengomposan.

Penelitian Widyowanti *et al.* mengembangkan sistem pengomposan sampah rumah tangga berbasis IoT yang dapat memantau suhu, kelembapan, dan pH secara *real-time* serta menambahkan bioaktivator otomatis. Teknologi ini membantu mengubah sampah rumah tangga menjadi pupuk organik. [11]. Penelitian Sandi dan Hartono mengembangkan sistem kendali pengomposan berbasis logika *fuzzy* dan IoT untuk memantau kelembapan, suhu, dan *potential of Hydrogen* (pH). Hasil menunjukkan bahwa setelah 30 hari, kompos yang dihasilkan memenuhi Standar

Nasional Indonesia (SNI) 19-7030-2004 dengan karakteristik matang yang baik [12].

Sementara, pada penelitian Hardyanti dan Utomo mengembangkan sistem pemantauan suhu dan kelembapan berbasis IoT untuk mempercepat pembuatan pupuk kompos. Sistem ini mempercepat proses pengomposan 2 hingga 4 minggu lebih cepat dibandingkan metode manual dengan fitur pengendalian otomatis untuk suhu [13].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka pada sistem lebih lanjut difokuskan pada pengembangan alat pengomposan dibuat dengan minimalis agar bisa digunakan di ruang terbatas dengan menambahkan fitur pemantauan kadar gas metana untuk memantau kematangan kompos. Selain itu, dengan menggunakan metode pengomposan anaerobik lebih cepat dibandingkan dengan pengomposan aerobik. Hal ini akan menjadi kelebihan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang mana pada penelitian sebelumnya belum diterapkan fitur pemantauan gas metana. Sistem ini akan terintegrasi dengan teknologi IoT yang dapat memantau suhu, kelembapan, pH, dan gas metana secara *real-time*, serta dilengkapi dengan sistem otomatis untuk penambahan bioaktivator, kontrol suhu dan kelembapan. Data pemantauan akan disimpan melalui teknologi *database online*, dan proses pengomposan dapat dipantau melalui aplikasi yang dikembangkan secara *real-time*. Sistem diharapkan mampu menghasilkan kompos dalam waktu yang lebih singkat untuk mendukung pengelolaan sampah organik secara lebih efisien.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang dapat diambil dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengembangkan alat pengomposan yang secara otomatis dapat memantau dan mengendalikan parameter suhu, kelembapan, dan pH untuk mempercepat dekomposisi bahan organik?
2. Bagaimana menganalisis akurasi sensor dan hasil QoS yang digunakan dalam sistem pemantauan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh mengenai suhu, kelembapan, dan pH sesuai dengan nilai sebenarnya?

3. Bagaimana mengetahui kadar gas metana yang dihasilkan selama proses pengomposan sebagai indikator utama untuk menilai tingkat kematangan kompos.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat tiga tujuan utama yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini. Pertama, mengembangkan alat pengomposan yang secara otomatis dapat memantau serta mengendalikan suhu, kelembapan, dan pH untuk mempercepat dekomposisi bahan organik. Selanjutnya, menganalisis akurasi sensor dan hasil QoS yang digunakan dalam sistem pemantauan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh mengenai suhu, kelembapan, dan pH sesuai dengan nilai sebenarnya. Terakhir, yaitu mengetahui kadar gas metana yang dihasilkan selama proses pengomposan sebagai indikator utama untuk menilai tingkat kematangan kompos. Untuk keterkaitan antara tujuan, pengujian, dan kesimpulan dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1 Keterkaitan antara Tujuan, Pengujian dan Kesimpulan

No.	Tujuan	Pengujian	Kesimpulan
1.	Mengembangkan alat pengomposan yang secara otomatis dapat memantau dan mengendalikan suhu, kelembapan, dan pH untuk mempercepat dekomposisi bahan organik.	Pengujian <i>EcoComposter</i> untuk pengomposan.	Alat <i>EcoComposter</i> membuat kompos matang dalam 14 hari dengan hasil akhir parameter suhu 31°C, kelembapan 82%, dan pH 7,3 sedangkan metode manual membutuhkan waktu hingga 30 hari.
2.	Menganalisis akurasi sensor dan hasil QoS yang digunakan dalam sistem pemantauan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh mengenai	Pengujian <i>Quality of Service</i> (QoS) dan Pengujian sensor DHT22, pengujian sensor pH tanah.	Pengiriman data dari alat pengomposan ke <i>database</i> memiliki kualitas layanan yang sangat baik dengan nilai <i>throughput</i> sebesar 61,5 kbps kategori bagus,

No.	Tujuan	Pengujian	Kesimpulan
	suhu, kelembapan, dan pH sesuai dengan nilai sebenarnya.		<p><i>packet loss</i> 0,1% kategori sangat bagus, <i>delay</i> 54,30 ms kategori sangat bagus, dan <i>jitter</i> 13,58 ms kategori bagus. Sensor DHT22 untuk mengukur suhu tingkat akurasi 97,52%, untuk mengukur kelembapan tingkat akurasi 96,54%. Sedangkan, sensor pH tanah untuk mengukur nilai pH pada kompos tingkat akurasi sebesar 93,97%. Hal tersebut menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang tinggi.</p>
3.	Mengetahui kadar gas metana yang dihasilkan selama proses pengomposan sebagai indikator utama untuk menilai tingkat kematangan kompos.	Pengujian <i>EcoComposter</i> untuk pengomposan.	Ketika kadar gas metana tinggi berarti mikroorganisme sedang aktif bekerja. Sedangkan, penurunan kadar gas metana menunjukkan bahwa proses pengomposan telah memasuki tahap pematangan karena aktivitas mikroorganisme menurun. Pada

No.	Tujuan	Pengujian	Kesimpulan
			pengomposan yang telah dilakukan, kadar gas metana ketika kompos matang sebesar 1046 ppm.

Tabel 1.1 menunjukkan keterkaitan antara tujuan, pengujian, dan kesimpulan pada tugas akhir ini. Untuk manfaat dari tugas akhir ini terdapat dua manfaat, yaitu meningkatkan efisiensi dalam proses pengomposan melalui pemantauan dan pengendalian parameter secara otomatis, serta mendukung pengelolaan sampah organik di lingkungan rumah tangga secara efektif.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Alat pengomposan yang dikembangkan digunakan untuk membuat kompos metode anaerob dari limbah organik rumah tangga seperti sisa sayuran dan sisa makanan.
2. Sistem pemantauan yang dikembangkan untuk mengukur parameter suhu, kelembapan, pH, dan gas metana.
3. Sistem pengendalian yang dikembangkan untuk mengendalikan parameter suhu, kelembapan, dan pH.
4. Analisis akurasi sensor dilakukan pada sensor yang digunakan untuk mengukur suhu, kelembapan, dan pH

1.5. Metode Penelitian

Metode penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan studi literatur. Studi literatur digunakan untuk mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan sistem pengomposan dan teknologi IoT dari sumber jurnal dan artikel ilmiah. Informasi yang didapatkan dari studi literatur digunakan sebagai dasar dalam perancangan sistem yang akan dikembangkan. Sementara itu, metode kuantitatif digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap parameter dalam proses pengomposan, yaitu suhu, kelembapan, pH, dan gas metana. Data yang diperoleh dari pengukuran suhu, kelembapan, dan pH kemudian dibandingkan untuk mengetahui tingkat akurasi dan kesalahan (*error*).

1.6. Jadwal Pelaksanaan

Jadwal pelaksanaan merupakan tahapan kegiatan dalam membuat alat pengomposan berbasis IoT untuk mengoptimalkan proses pengomposan. Jadwal pelaksanaan dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.2 Jadwal Pelaksanaan

No	Deskripsi Tahapan	Durasi	Tanggal Selesai	Milestone
1.	Studi Literatur	5 Minggu	12 Oktober 2024	Metode pengomposan yang akan digunakan, penentuan parameter yang akan dipantau selama proses pengomposan, dan referensi terkait sistem IoT yang digunakan dalam sistem pengomposan berbasis IoT.
2.	Desain Sistem	5 Minggu	19 November 2024	Diagram blok dan <i>flowchart</i> cara kerja perangkat keras dan perangkat lunak.
3.	Pemilihan Komponen	2 Minggu	24 Desember 2024	Spesifikasi komponen sistem yang akan digunakan.
4.	Pemilihan <i>Database online</i>	3 Minggu	24 Desember 2024	Daftar <i>database online</i> yang akan digunakan.
5.	Perancangan Alat	9 Minggu	21 April 2025	<i>Layout</i> dan skematik dari alat <i>EcoComposter</i> yang akan dibuat.
6.	Perancangan Aplikasi	6 Minggu	12 Februari 2025	Desain UI/UX dari aplikasi <i>EcoComposter</i> yang akan dibuat.

No	Deskripsi Tahapan	Durasi	Tanggal Selesai	Milestone
7.	Pengujian Sistem	1 Minggu	28 April 2025	Memastikan fungsi semua sistem berkerja dengan baik.
8.	Implementasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	2 Minggu	13 Mei 2025	Alat dan aplikasi <i>EcoComposter</i> yang telah dibuat dapat digunakan dengan baik dan dapat mengoptimalisasi proses pengomposan.
9.	Pengumpulan Data	2 Minggu	13 Mei 2025	Hasil data pemantauan suhu, kelembapan, pH, dan gas metana pada sistem <i>EcoComposter</i> .
10.	Penyusunan Dokumen Tugas Akhir	12 Minggu	28 Mei 2025	Dokumen Tugas Akhir selesai.

Tabel 1.2 menunjukkan jadwal pelaksanaan tugas akhir. Untuk tahapan dari tugas akhir ini meliputi studi literatur, desain sistem, pemilihan komponen, pemilihan *database online*, perancangan alat, perancangan aplikasi, pengujian sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat luna, pengumpulan data, dan penyusunan dokumen tugas akhir.