

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesoalan mengenai sampah organik di Indonesia masih menjadi tantangan yang signifikan dalam upaya pengelolaan lingkungan, khususnya di sektor rumah tangga. Aktivitas domestik sehari-hari menghasilkan sampah dalam jumlah yang terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, urbanisasi, serta perubahan gaya hidup masyarakat. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), total timbunan sampah di Indonesia pada tahun 2023 mencapai sekitar 69,9 juta ton per tahun. Komposisi sampah tersebut didominasi oleh sampah sisa makanan sebesar 41,60%, disusul oleh sampah plastik sebesar 18,71%. Dari sisi sumber, rumah tangga menjadi penyumbang terbesar dengan persentase mencapai 44,37% dari total sampah nasional KLHK U. Mamat Rahmat (2024)

Walaupun sebagian besar sampah tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan kembali, tingkat pengelolaannya masih tergolong rendah. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menunjukkan bahwa hanya sekitar 39% sampah yang berhasil dikelola dengan baik, sedangkan sisanya masih berakhir di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem pengelolaan sampah yang ada belum mampu mengoptimalkan pemanfaatan sampah, terutama sampah organik yang jumlahnya paling dominan.

Apabila pengolahan sampah organik tidak dilakukan secara tepat maka pada proses pembusukan yang terjadi secara anaerob dapat menghasilkan gas metana (CH_4) yang menimbulkan dampak pemanasan global jauh lebih besar dibandingkan karbon dioksida (CO_2). Selain itu, timbunan sampah organik juga menghasilkan cairan lindi yang berpotensi mencemari tanah dan air tanah apabila tidak ditangani dengan baik. Kemudian, dampak yang ditimbulkan antara lain merupakan bau tidak sedap, berkembangnya hama, serta meningkatnya risiko gangguan kesehatan bagi masyarakat di sekitarnya. Di wilayah perkotaan, keterbatasan lahan dan jarak TPA yang semakin jauh turut menyebabkan biaya pengangkutan sampah menjadi tinggi dan kurang efisien.

Pengolahan sampah organik sejak dari sumbernya, khususnya di tingkat rumah tangga, merupakan langkah strategis untuk mengurangi beban pengelolaan sampah secara

keseluruhan. Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah pengomposan sampah organik menjadi pupuk kompos. Namun, rendahnya tingkat penerapan pengomposan secara mandiri di masyarakat tidak sepenuhnya disebabkan oleh kompleksitas teknis proses pengomposan, melainkan lebih dipengaruhi oleh aspek perilaku, tingkat pemahaman, serta ketersediaan sistem pendukung yang memadai. Keterbatasan edukasi mengenai pengelolaan sampah organik menyebabkan masyarakat belum memiliki pengetahuan dan kebiasaan yang cukup untuk melakukan pengomposan secara konsisten. Di sisi lain, sarana pengomposan yang tersedia di pasaran belum sepenuhnya dirancang dengan mempertimbangkan kepraktisan dan kenyamanan pengguna. Pada umumnya, penggunaan komposter masih mengharuskan sampah organik dicacah secara manual, dilakukan pengadukan secara berkala, serta pemantauan kondisi kompos seperti kelembapan dan bau secara langsung oleh pengguna. Proses ini menuntut waktu, tenaga, dan konsistensi yang relatif tinggi. Selain itu, waktu yang dibutuhkan hingga kompos siap digunakan tergolong cukup lama, sehingga menurunkan minat dan keberlanjutan penggunaan komposter di tingkat rumah tangga. Akibatnya, meskipun berbagai jenis komposter telah tersedia secara komersial, tingkat pemanfaatannya masih relatif rendah dan belum optimal.

Seiring dengan perkembangan teknologi, pemanfaatan sistem otomasi dan elektronika menawarkan solusi untuk meningkatkan efektivitas proses pengomposan. Penerapan sensor, mikrokontroler, dan aktuator memungkinkan proses pengomposan dikendalikan secara otomatis sehingga kondisi lingkungan tetap berada pada rentang optimal. Penelitian terdahulu telah mengembangkan konsep tempat sampah pintar (*smart trash bin*) yang dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi volume dan berat sampah. Penelitian terdahulu telah membahas pengelolaan sampah organik melalui proses pengomposan dengan berbagai pendekatan. Akbari dan Khadijah mengembangkan komposter aerobik terpadu yang mengintegrasikan proses pencacahan, pengomposan, dan penampungan lindi, serta menghasilkan kompos yang memenuhi standar nasional. Akbari & Khadijah (2024)

Pendekatan berbeda ditunjukkan oleh Nadia Regita Pramesti et al., (2023). melalui metode Takakura berbasis partisipasi masyarakat dengan bioaktivator lokal, yang terbukti efektif di tingkat komunitas namun kurang sesuai untuk lingkungan rumah tinggal tertutup. Penelitian lain oleh Citra Kurnia et al., (2017) menekankan pentingnya pengendalian parameter lingkungan, seperti kadar air dan suhu, terhadap kualitas dan waktu pengomposan, baik melalui metode terbuka maupun sistem kendali otomatis berbasis sensor. Selain itu,

studi internasional juga menunjukkan bahwa optimasi kondisi fisik bahan baku serta mekanisasi pengadukan berpengaruh signifikan terhadap percepatan dekomposisi dan mutu kompos yang dihasilkan. Secara umum, penelitian-penelitian tersebut menegaskan bahwa aspek desain alat, pengendalian parameter proses, dan tingkat keterlibatan pengguna merupakan faktor kunci dalam keberhasilan pengomposan sampah organik.

Berdasarkan temuan-temuan tersebut, dapat dipahami bahwa pengelolaan sampah yang efektif tidak hanya bergantung pada metode pengomposan, tetapi juga pada sistem pendukung yang mampu membantu pengguna dalam memantau dan mengendalikan prosesnya. Seiring dengan perkembangan teknologi elektronika dan sistem tertanam, konsep *smart trash* atau tempat sampah pintar mulai dikembangkan sebagai solusi untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah rumah tangga. *Smart trash* memanfaatkan sensor dan mikrokontroler untuk memantau kondisi tempat sampah serta menyajikan informasi yang dibutuhkan pengguna secara *real-time*. Informasi tersebut dapat berupa tingkat kepenuhan sampah, waktu penggunaan, serta status operasional sistem, sehingga pengguna dapat mengambil keputusan yang lebih tepat terkait pengelolaan sampah.

Dalam perancangan komposter aerobik tertutup, aspek kapasitas tempat sampah menjadi salah satu pertimbangan penting. Pemilihan tong sampah dengan kapasitas 60 liter dinilai sesuai untuk skala rumah tangga karena mampu menampung sampah harian dalam jumlah yang cukup tanpa memerlukan pengosongan terlalu sering, namun tetap praktis dan tidak memakan banyak ruang. Untuk mendukung fungsi pemantauan, digunakan sensor *level* yang berfungsi mendeteksi ketinggian sampah secara akurat sehingga sistem dapat memberikan informasi kapan tempat sampah telah mendekati atau mencapai kapasitas maksimum.

Selain memantau tingkat kepenuhan, informasi waktu juga diperlukan dalam sistem komposter aerobik tertutup. Untuk itu digunakan *Real Time Clock* (RTC) yang berfungsi mencatat dan menampilkan waktu secara akurat, misalnya untuk mengetahui fase yang terjadi pada saat melakukan pengomposan. Informasi tersebut ditampilkan pada LCD sehingga pengguna dapat melihat kondisi dan status komposter secara langsung. Dengan adanya informasi mengenai tingkat kepenuhan dan lama penggunaan, pengguna diharapkan lebih mudah mengetahui kapan komposter perlu dikosongkan.

Agar penggunaannya lebih fleksibel, sistem komposter ini dirancang memiliki dua mode operasi, yaitu mode otomatis dan mode manual. Pada mode otomatis, sistem bekerja

berdasarkan nilai batas tertentu, misalnya saat tingkat kepenruhan yang terbaca oleh sensor sudah mencapai batas yang ditentukan. Sementara itu, mode manual memungkinkan pengguna mengendalikan sistem secara langsung melalui tombol *ON/OFF*, misalnya ketika melakukan perawatan alat atau saat terjadi gangguan pada sensor.

Selain komponen utama, perancangan sistem juga melibatkan beberapa komponen pendukung seperti catu daya, modul sensor, modul tampilan, tombol kendali, serta rangka mekanik. Seluruh komponen tersebut perlu dirancang dan diintegrasikan dengan baik agar sistem dapat bekerja dengan stabil, mudah digunakan, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem komposter pintar berbasis mikrokontroler yang dilengkapi dengan sensor *level*, RTC, LCD, serta mode operasi manual dan otomatis. Sistem yang dirancang diharapkan dapat memberikan informasi kondisi komposter secara lebih akurat dan membantu pengelolaan sampah rumah tangga menjadi lebih teratur.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang diangkat dalam Proyek Akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengimplementasikan sensor untuk mengukur tingkat keterisian sampah pada komposter aerobik tertutup berkapasitas 60 liter serta mendeteksi kondisi *level* lindi secara akurat?
2. Bagaimana merancang antarmuka pengguna berbasis LCD TFT yang mampu menampilkan informasi tingkat keterisian sampah, status level lindi, informasi waktu, serta menyediakan fungsi pemilihan dan pemantauan mode operasi Manual dan Otomatis secara langsung?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam Proyek Akhir ini lebih terarah dan sesuai dengan ruang lingkup perancangan, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem monitoring diterapkan pada komposter aerobik tertutup skala rumah tangga dengan kapasitas wadah utama 60 liter.

2. Tingkat keterisian sampah diukur menggunakan sensor ultrasonik dan dinyatakan dalam bentuk persentase berdasarkan konversi jarak terhadap dimensi efektif komposter.
3. Kondisi lindi dideteksi menggunakan *water floating* sensor sebagai sensor diskrit untuk menunjukkan kondisi batas level tertentu dan tidak digunakan untuk mengukur volume lindi secara kontinu.
4. Sistem menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler utama dan tidak terintegrasi dengan sistem IoT, aplikasi *mobile*, atau monitoring berbasis internet.
5. Informasi utama yang menjadi fokus monitoring penelitian ini adalah tingkat keterisian sampah dan kondisi *level* lindi. Informasi suhu, kelembapan, dan status aktuator yang ditampilkan pada LCD merupakan informasi tambahan dari subsistem komposter.
6. Antarmuka pengguna menggunakan LCD TFT lokal untuk menampilkan informasi sistem serta menyediakan fungsi pemilihan mode Manual dan Otomatis.
7. Evaluasi mode operasi pada penelitian ini dibatasi pada fungsi antarmuka dalam memberikan perintah dan menampilkan status Manual/Otomatis, sedangkan algoritma pengendalian suhu, kelembapan, pencacahan, dan pengadukan tidak menjadi fokus evaluasi penelitian.
8. Sistem tidak mencakup fungsi penyimpanan data historis atau data logging.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring tingkat keterisian sampah pada komposter aerobik tertutup berkapasitas 60 liter serta pendeteksian kondisi level lindi menggunakan sensor yang sesuai.
2. Merancang dan mengimplementasikan antarmuka pengguna berbasis LCD TFT yang mampu menampilkan informasi tingkat keterisian sampah, status level lindi, informasi waktu, serta menyediakan fungsi pemilihan dan pemantauan mode operasi Manual dan Otomatis.

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari proyek ini, antara lain:

1. Memberikan informasi tingkat keterisian sampah dan kondisi *level* lindi pada komposter aerobik tertutup tanpa pengguna harus melakukan pemeriksaan langsung ke dalam wadah.
2. Menyediakan antarmuka lokal berbasis LCD TFT untuk menampilkan kondisi komposter, informasi waktu, serta status operasi sistem secara langsung.
3. Memberikan kemudahan dalam pemilihan dan pemantauan mode operasi Manual dan Otomatis melalui antarmuka pengguna yang terintegrasi dengan sistem komposter.
4. Menjadi referensi pengembangan sistem monitoring lokal dan antarmuka pengguna pada komposter rumah tangga berbasis mikrokontroler.