

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan sampah organik di Indonesia masih menjadi tantangan besar dalam pengelolaan lingkungan, khususnya pada 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 timbulan 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 kontributor terbesar dengan persentase mencapai 44,37% dari total sampah nasional (Rahmat, 2024).

Meskipun 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) (Rahmat, 2024). Kondisi ini mengindikasikan bahwa sistem pengelolaan sampah yang ada belum mampu mengoptimalkan pemanfaatan sampah, terutama sampah organik yang jumlahnya paling dominan.

Apabila sampah organik tidak dikelola secara tepat, proses pembusukan yang berlangsung secara anaerob dapat menghasilkan gas metana (CH_4) yang memiliki potensi 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. Dampak lain yang ditimbulkan antara lain bau tidak sedap, berkembangnya hama, serta meningkatnya risiko gangguan kesehatan bagi masyarakat di sekitarnya. Di wilayah perkotaan, keterbatasan lahan serta jarak Tempat Pembuangan Akhir 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. Komposter rumah tangga umumnya terbagi menjadi tiga jenis, yaitu komposter anaerobik (misalnya komposter POC), semi-aerobik (komposter ember susun), dan aerobik (komposter Takakura). Namun, penggunaannya masih terbatas karena pengoperasiannya relatif rumit (Akbari & Khadijah, 2024). Pengguna masih harus mencacah sampah secara manual, melakukan pengadukan berkala, serta memantau kelembapan dan bau secara langsung. Kondisi tersebut membuat proses pengomposan memerlukan waktu, tenaga, dan konsistensi yang tinggi.

Salah satu faktor yang memengaruhi kecepatan pengomposan adalah ukuran partikel bahan organik. Semakin kecil ukuran partikel, semakin besar luas permukaan kontak antara mikroorganisme dan substrat sehingga proses dekomposisi berlangsung lebih cepat. Oleh karena itu, sistem pencacah menjadi komponen penting untuk memperkecil ukuran bahan dan meningkatkan efisiensi pengomposan.

Selain pencacahan, pengadukan berperan menjaga distribusi oksigen, suhu, dan kelembapan tetap merata di dalam komposter aerobik. Penelitian menunjukkan bahwa variasi kecepatan putaran pengaduk memengaruhi kestabilan suhu dan proses pengomposan, sehingga pengaturan kecepatan putar menjadi parameter penting dalam menjaga efisiensi proses (Vechera et al., 2020).

Pada komposter rumah tangga, bahan organik umumnya ditambahkan secara bertahap sehingga massa, kadar air, dan kepadatan kompos terus berubah.

Perubahan tersebut menyebabkan variasi beban pada motor pengaduk yang dapat mengakibatkan fluktuasi kecepatan putar apabila tidak dikendalikan, sehingga distribusi oksigen dan kestabilan suhu menjadi terganggu.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan sistem pengendalian kecepatan yang mampu mempertahankan putaran motor meskipun terjadi perubahan beban. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah kontrol Proportional-Integral-Derivative (PID), yang bekerja dengan meminimalkan selisih antara nilai referensi dan keluaran sistem sehingga kecepatan motor tetap mendekati nilai yang diinginkan.

Selain itu, kapasitas komposter perlu disesuaikan dengan rata-rata timbunan sampah organik rumah tangga, yaitu sekitar 1–2 kg per hari. Berdasarkan kondisi tersebut, komposter berkapasitas total 60 liter dengan volume efektif pengomposan sekitar 40 liter dinilai memadai, sekaligus menyediakan ruang untuk mekanisme pencacah, pengaduk, dan sistem sirkulasi udara.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada rancang bangun sistem pencacah dan pengaturan kecepatan pengaduk pada komposter aerobik tertutup berbasis Arduino Mega. Integrasi sistem pencacah dan pengendalian kecepatan motor menggunakan metode PID diharapkan mampu meningkatkan efisiensi proses pengomposan sekaligus menghasilkan komposter rumah tangga yang lebih praktis dan aplikatif.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang bangun sistem pencacah sampah organik yang mampu memperkecil ukuran material sebelum masuk ke ruang pengomposan pada komposter aerob tertutup skala rumah tangga?
2. Bagaimana merancang bangun mekanisme pengaduk pada komposter aerob tertutup agar mampu mencampur material kompos secara merata dan menjaga distribusi oksigen di dalam tabung komposter?
3. Bagaimana merancang sistem pengendalian kecepatan motor pengaduk berbasis mikrokontroler menggunakan metode kontrol PID sehingga

kecepatan putar dapat dipertahankan mendekati nilai *setpoint* meskipun terjadi perubahan beban?

1.3 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup penelitian tidak terlalu luas, batasan masalah yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada perancangan dan integrasi sistem pencacah, sistem pengaduk, serta sistem pengendalian kecepatan motor pengaduk pada komposter tertutup skala rumah tangga.
2. Jenis sampah organik yang digunakan dibatasi pada limbah sayuran, buah atau kulit buah, serta daun-daunan, dan tidak melibatkan sampah sisa makanan keras seperti tulang, daging, maupun bahan organik lain yang memerlukan proses penghancuran khusus.
3. Analisis kinerja sistem difokuskan pada fungsi kerja mekanisme pencacah, mekanisme pengaduk, serta kestabilan kecepatan motor pengaduk menggunakan kontrol PID tanpa melakukan analisis laboratorium terhadap kualitas kimia kompos yang dihasilkan.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem pencacah sampah organik untuk memperkecil ukuran material sebelum memasuki ruang pengomposan pada komposter aerobik tertutup skala rumah tangga.
2. Merancang dan mengimplementasikan mekanisme pengaduk pada komposter aerobik tertutup yang mampu mengaduk material kompos pada variasi beban yang digunakan dalam penelitian.
3. Merancang dan mengevaluasi sistem pengendalian kecepatan motor pengaduk berbasis PID agar mampu mempertahankan kecepatan putar mendekati *setpoint* 10 RPM terhadap perubahan beban.

1.4.2 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menghasilkan komposter aerob tertutup yang dilengkapi sistem pencacah dan pengaduk otomatis untuk membantu mempercepat proses pengomposan sampah organik skala rumah tangga.
2. Meningkatkan proses aerasi dan pemerataan material kompos melalui mekanisme pengadukan yang terkontrol sehingga proses pengomposan dapat berlangsung lebih stabil.
3. Membantu masyarakat dalam mengelola sampah organik secara mandiri sehingga dapat mengurangi jumlah sampah yang dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA).
4. Menyediakan alternatif komposter berbasis otomasi yang lebih praktis dan efisien dibandingkan metode pengomposan konvensional.