

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN KOMPOSTER RUMAH TANGGA BERBASIS IOT

Aiman, Anton Brea

Teknik Informatika, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur
aiman31c@gmail.com

ABSTRAK

Pengelolaan sampah organik rumah tangga masih menjadi permasalahan lingkungan yang membutuhkan solusi efektif dan berkelanjutan. Salah satu metode yang banyak diterapkan adalah pengomposan, namun proses ini sering mengalami kendala akibat sulitnya pemantauan kondisi lingkungan kompos secara konsisten, seperti suhu, kelembapan, dan emisi gas metana. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pemantauan komposter rumah tangga berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu melakukan monitoring dan pengendalian proses pengomposan secara real-time. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang terintegrasi dengan sensor DHT22 untuk suhu dan kelembapan udara, sensor Soil Moisture untuk kelembapan media kompos, serta sensor MQ-4 untuk mendeteksi gas metana. Data sensor dikirimkan melalui protokol MQTT dan divisualisasikan menggunakan Node-RED Dashboard yang juga menyediakan fitur kontrol manual terhadap motor pengaduk dan katup udara berbasis servo. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara stabil dengan waktu respons komunikasi kurang dari satu detik serta mampu menampilkan data kondisi kompos secara akurat. Parameter hasil pemantauan menunjukkan kondisi pengomposan aerobik yang optimal, ditandai dengan suhu yang stabil, kelembapan dalam rentang ideal, dan penurunan konsentrasi gas metana pada fase akhir. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efektivitas pemantauan, keamanan, dan efisiensi proses pengomposan rumah tangga.

Kata kunci : *Internet of Things, Komposter Rumah Tangga, ESP32, MQTT, Node-RED, Pengomposan*

1. PENDAHULUAN

Sampah merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang masih menjadi perhatian utama di berbagai daerah. Peningkatan aktivitas manusia, baik dari sektor rumah tangga, perdagangan, maupun industri skala kecil, menyebabkan volume limbah yang dihasilkan terus meningkat setiap harinya. Kondisi ini tidak hanya berdampak pada bertambahnya jumlah sampah, tetapi juga pada kompleksitas pengelolaannya. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti pencemaran tanah dan air, menurunnya kualitas lingkungan, meningkatnya potensi penyebaran penyakit, serta bertambahnya beban pengelolaan sampah bagi pemerintah daerah. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pengelolaan sampah yang lebih efektif, khususnya pada tingkat rumah tangga, karena pada skala ini pemilahan dan pengolahan awal sampah masih sangat memungkinkan dilakukan. Pengelolaan yang tepat tidak hanya mampu mengurangi beban tempat pembuangan akhir, tetapi juga menghasilkan produk bernilai guna seperti pupuk kompos yang bermanfaat bagi pertanian dan perkebunan skala kecil [1].

Pengomposan merupakan salah satu metode pengolahan sampah organik yang ramah lingkungan dan memiliki nilai tambah secara ekonomi maupun ekologis. Namun, proses pengomposan secara konvensional sering menghadapi kendala dalam menjaga kondisi lingkungan yang optimal, seperti fluktuasi suhu, ketidakseimbangan kelembapan, keterbatasan aerasi, serta terbentuknya gas hasil

fermentasi. Kondisi tersebut dapat memperlambat aktivitas mikroorganisme pengurai, memperpanjang waktu pematangan kompos, dan menimbulkan bau tidak sedap serta emisi gas metana (CH_4) yang berpotensi membahayakan kesehatan dan keselamatan lingkungan. Pada skala rumah tangga, keterbatasan pemantauan manual menyebabkan parameter-parameter penting tersebut sulit dikendalikan secara konsisten sepanjang proses pengomposan.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang baru dalam penerapan sistem pemantauan dan pengendalian lingkungan secara otomatis dan real-time. IoT memungkinkan integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator yang saling terhubung melalui jaringan internet, sehingga proses pengambilan data dan pengendalian dapat dilakukan secara berkelanjutan. Dalam konteks pengomposan, penerapan IoT memungkinkan pemantauan parameter penting seperti suhu, kelembapan, dan kadar gas dilakukan secara kontinu serta ditampilkan pada platform monitoring yang mudah diakses oleh pengguna. Penggunaan mikrokontroler yang memiliki kemampuan konektivitas jaringan, seperti NodeMCU ESP32, memberikan fleksibilitas dalam pengolahan data, pengiriman informasi, serta penerapan logika kendali otomatis yang dapat meningkatkan stabilitas proses pengomposan [2].

Selain aspek pemantauan, arsitektur komunikasi yang andal juga menjadi faktor penting dalam keberhasilan sistem IoT. Kombinasi Node-RED dan protokol MQTT menawarkan solusi komunikasi yang

ringan, cepat, dan responsif untuk sistem monitoring dan kontrol jarak jauh. Node-RED menyediakan antarmuka visual berupa dashboard yang menampilkan data sensor dan kontrol aktuator secara interaktif, sedangkan MQTT memungkinkan pertukaran data yang efisien antara perangkat dan server dengan latensi rendah. Pendekatan ini mendukung sistem pemantauan yang stabil, mudah dikembangkan, serta mampu beroperasi secara berkelanjutan meskipun terjadi gangguan koneksi sementara [3].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan dan pembangunan sistem pemantauan komposter rumah tangga berbasis Internet of Things (IoT) yang mengintegrasikan sensor multi-parameter, sistem komunikasi MQTT, serta dashboard monitoring berbasis Node-RED. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas dan keamanan proses pengomposan dengan menjaga kondisi lingkungan kompos tetap optimal, mempercepat waktu pematangan, serta memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan dan pengendalian secara real-time. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat menjadi solusi praktis dan aplikatif dalam mendukung pengelolaan sampah organik rumah tangga yang berkelanjutan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet. Dalam sistem pengomposan, IoT berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan ketepatan proses dengan memungkinkan pemantauan parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan kadar gas secara real-time. Data yang diperoleh dari sensor dapat diproses dan dianalisis secara otomatis sehingga kondisi pengomposan dapat dijaga tetap optimal tanpa ketergantungan pada pemantauan manual. Penerapan IoT pada pengelolaan sampah rumah tangga terbukti mampu mempercepat proses pengomposan serta menghasilkan kompos dengan kualitas yang lebih stabil. Selain itu, penerapan Internet of Things dalam sistem pengelolaan limbah organik memungkinkan pemantauan kondisi kompos secara real-time melalui integrasi sensor dan jaringan komunikasi. Sistem monitoring berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi proses pengomposan karena pengguna dapat memantau perubahan parameter lingkungan secara kontinu dan melakukan pengendalian secara otomatis [1].

2.2. NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 merupakan mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT karena telah dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth dalam satu modul. ESP32 mampu mengelola berbagai sensor secara bersamaan serta mengirimkan data ke sistem monitoring secara real-

time. Dalam sistem pengomposan berbasis IoT, ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang mengintegrasikan pembacaan data sensor suhu, kelembapan, dan gas metana, serta mengendalikan aktuator seperti motor pengaduk dan katup servo. Kemampuan pemrosesan yang cepat serta dukungan berbagai protokol komunikasi menjadikan ESP32 sebagai perangkat yang andal untuk sistem pemantauan yang bekerja secara kontinu [2].

2.3. Base Board ESP32 30-Pin

Base Board ESP32 30-Pin atau IO Expansion Board merupakan papan ekspansi yang dirancang untuk mempermudah integrasi modul ESP32 dengan sensor dan aktuator. Papan ini menyediakan jalur pin input-output yang lebih terorganisir, sehingga mengurangi risiko kesalahan koneksi dan meningkatkan kerapian rangkaian. Dalam sistem pengomposan berbasis IoT, penggunaan expansion board memudahkan penghubungan sensor suhu, kelembapan, gas, serta aktuator tanpa perlu penyolderan langsung pada pin mikrokontroler. Pendekatan ini meningkatkan efisiensi pengembangan sistem serta memudahkan proses perawatan dan pengujian perangkat [4].

2.4. Real Time Clock (RTC)

Real Time Clock (RTC) merupakan modul pencatat waktu yang mampu menyimpan informasi waktu secara akurat meskipun sistem utama kehilangan daya. RTC sangat penting dalam sistem otomatisasi yang memerlukan penjadwalan operasi berbasis waktu. Dalam sistem pengomposan, RTC digunakan untuk mengatur jadwal pengaktifan motor pengaduk serta mencatat waktu pembacaan sensor. Dengan adanya RTC, sistem dapat bekerja secara konsisten dan terjadwal, sehingga proses pengomposan berlangsung lebih terkontrol dan efisien [5].

2.5. Sensor DHT22

Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara dengan tingkat akurasi yang tinggi. Parameter suhu dan kelembapan memiliki peran penting dalam proses pengomposan karena berkaitan langsung dengan aktivitas mikroorganisme pengurai. Suhu yang terlalu tinggi atau kelembapan yang tidak seimbang dapat menghambat proses dekomposisi. Integrasi sensor DHT22 dengan ESP32 memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan kompos secara real-time, sehingga sistem dapat mendeteksi penyimpangan kondisi dan melakukan tindakan korektif secara otomatis [2].

2.6. Sensor Kelembapan Tanah (Soil Moisture)

Sensor kelembapan tanah digunakan untuk mengukur kadar air dalam media kompos. Kelembapan yang ideal sangat penting untuk menjaga aktivitas mikroorganisme tetap optimal. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan resistansi listrik akibat

kadar air dalam media. Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar pengendalian sistem penyiraman atau ventilasi secara otomatis, sehingga keseimbangan kelembapan dapat terjaga sepanjang proses pengomposan [2]. Kelembapan media kompos perlu dijaga pada rentang ideal sekitar 50–60% untuk memastikan aktivitas mikroorganisme tetap optimal. Kelembapan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kondisi anaerobik, sedangkan kelembapan rendah dapat menghambat proses dekomposisi [2].

2.7. Sensor Gas Metana (MQ-4)

Sensor MQ-4 berfungsi untuk mendeteksi gas metana (CH_4) yang dihasilkan selama proses pengomposan, khususnya pada kondisi anaerobik. Pemantauan gas metana penting untuk menjaga keselamatan sistem serta menghindari akumulasi gas yang berbahaya. Dalam sistem pengomposan berbasis IoT, sensor MQ-4 digunakan sebagai indikator kondisi fermentasi dan sebagai dasar pengendalian katup udara secara otomatis. Penurunan konsentrasi gas metana menandakan proses pengomposan telah memasuki tahap yang lebih stabil [2].

2.8. Sistem Pengadukan

Sistem pengadukan berfungsi untuk mencampur bahan organik secara merata dan menjaga distribusi oksigen, suhu, serta kelembapan di dalam media kompos. Pengadukan yang teratur dapat mempercepat proses dekomposisi dan mencegah terbentuknya zona anaerobik. Dalam penelitian ini, sistem pengadukan diimplementasikan menggunakan motor DC yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32, baik secara otomatis maupun manual melalui dashboard. Pendekatan ini meningkatkan efisiensi proses serta kualitas hasil kompos [2].

2.9. Katup Otomatis Berbasis Servo Motor

Katup otomatis berbasis servo motor digunakan untuk mengatur aliran udara di dalam wadah kompos. Servo motor memungkinkan pengendalian bukaan katup secara presisi berdasarkan pembacaan sensor gas. Ketika konsentrasi gas metana meningkat, sistem dapat membuka katup secara otomatis untuk menurunkan kadar gas. Mekanisme ini membantu menjaga kondisi pengomposan tetap aman dan stabil, sekaligus mendukung proses pengomposan aerobik yang lebih efisien.

2.10. Node-RED Dashboard dan Protokol MQTT

Node-RED merupakan platform pemrograman berbasis flow yang digunakan untuk memvisualisasikan data sensor dan mengendalikan perangkat IoT melalui dashboard interaktif. Protokol MQTT digunakan sebagai media komunikasi karena bersifat ringan dan efisien. Dalam sistem pengomposan ini, ESP32 berperan sebagai publisher yang mengirimkan data sensor, sedangkan Node-RED sebagai subscriber yang menampilkan data serta mengirimkan perintah kendali. Kombinasi Node-RED

dan MQTT memungkinkan sistem monitoring dan kontrol bekerja secara real-time dengan tingkat keandalan komunikasi yang tinggi.

2.11. Proses Pengomposan Aerob dan Anaerob

Proses pengomposan dapat berlangsung secara aerobik maupun anaerobik, tergantung pada ketersediaan oksigen. Pengomposan aerobik berlangsung lebih cepat dan menghasilkan kompos dengan kualitas lebih baik serta bau yang minimal, sedangkan pengomposan anaerobik cenderung menghasilkan gas metana dan membutuhkan waktu lebih lama. Oleh karena itu, sistem pengomposan berbasis IoT diarahkan untuk mempertahankan kondisi aerobik melalui pengendalian suhu, kelembapan, dan aerasi secara otomatis [6]. Suhu merupakan salah satu indikator utama dalam proses pengomposan karena berkaitan langsung dengan aktivitas mikroorganisme. Suhu optimal pada fase termofilik berkisar antara 45–65°C yang menunjukkan proses dekomposisi berlangsung secara aktif dan efektif [2].

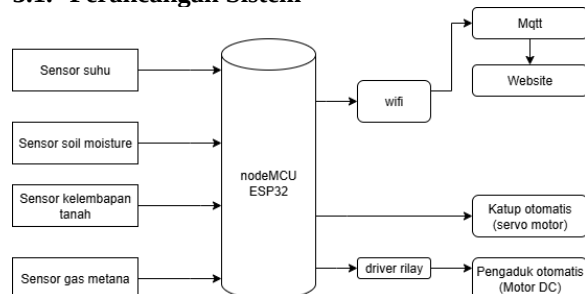
2.12. Bioaktivator EM4

EM4 mengandung mikroorganisme efektif yang berfungsi mempercepat proses dekomposisi bahan organik. Penggunaan EM4 dapat memperpendek waktu pengomposan serta meningkatkan kualitas kompos yang dihasilkan. Integrasi Bioaktivator penggunaan EM4 dengan sistem pemantauan berbasis IoT memungkinkan evaluasi pengaruh bioaktivator terhadap perubahan parameter suhu, kelembapan, dan gas secara terukur dan sistematis [7].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun (Research and Development) yang bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem pemantauan komposter rumah tangga berbasis Internet of Things (IoT). Metode ini dipilih karena mampu menghasilkan sistem yang dapat diuji secara fungsional baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak.

3.1. Perancangan Sistem



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Perancangan sistem dilakukan dengan menyusun alur kerja sistem pengomposan yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sistem diawali dengan proses inisialisasi

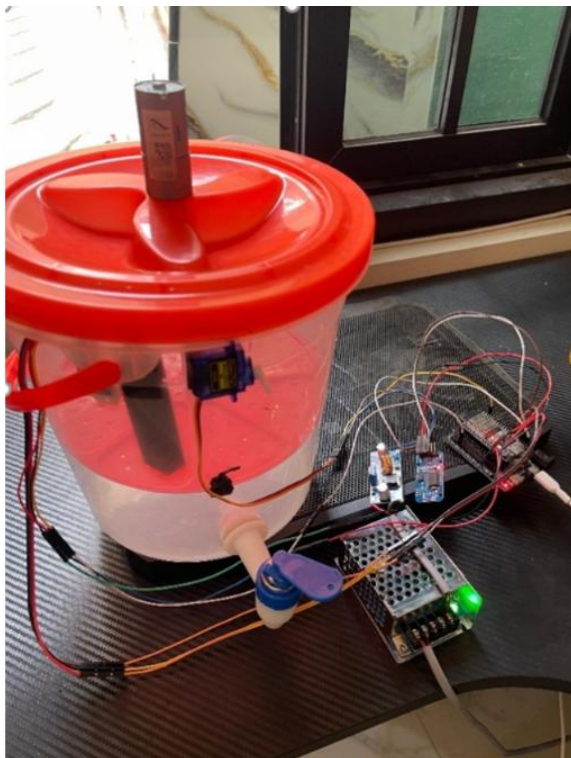
dan koneksi NodeMCU ESP32 ke jaringan Wi-Fi serta broker MQTT. Setelah koneksi berhasil, sistem melakukan pembacaan data dari sensor suhu dan kelembapan udara (DHT22), sensor kelembapan tanah (Soil Moisture), sensor gas metana (MQ-4), serta modul Real Time Clock (RTC).

Data hasil pembacaan sensor dikirimkan oleh ESP32 ke broker MQTT dan diteruskan ke Node-RED untuk ditampilkan pada dashboard monitoring. Selain pengiriman data, sistem juga menerima perintah kendali dari Node-RED untuk mengoperasikan motor pengaduk dan servo katup udara baik secara otomatis maupun manual.

3.2. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras sistem terdiri dari NodeMCU ESP32 sebagai pusat kendali, sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor Soil Moisture V2 untuk mengukur kadar air media kompos, dan sensor MQ-4 untuk mendeteksi gas metana. Modul RTC digunakan untuk pengaturan waktu pengadukan otomatis.

Aktuator yang digunakan adalah motor DC JGA25 sebagai pengaduk kompos dan servo motor MG996 untuk mengatur katup udara. Motor DC dikendalikan menggunakan driver BTS7960, sedangkan servo motor dikendalikan langsung oleh sinyal PWM dari ESP32. Sistem catu daya menggunakan modul step-down untuk menyesuaikan tegangan kerja komponen. Rangkaian keseluruhan sistem ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian keseluruhan sistem komposter

3.3. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak sistem dikembangkan menggunakan Arduino IDE untuk pemrograman NodeMCU ESP32. Program ESP32 bertugas membaca data sensor, mengolah data, serta mengirimkan data ke broker MQTT secara periodik. Selain itu, ESP32 juga menerima perintah dari Node-RED melalui topik MQTT untuk mengendalikan aktuator.

Node-RED digunakan sebagai platform monitoring dan kontrol berbasis web. Dashboard Node-RED dirancang untuk menampilkan nilai suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan kadar gas metana secara real-time, serta menyediakan tombol kontrol manual untuk motor DC dan servo motor.

3.4. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sensor, aktuator, serta sistem komunikasi data. Pengujian sensor dilakukan dengan mengamati perubahan nilai suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan gas metana selama proses pengomposan berlangsung selama 20 hari. Data hasil pengujian dicatat dan dianalisis untuk mengetahui karakteristik perubahan setiap parameter.

Pengujian aktuator dilakukan pada dua mode, yaitu mode otomatis dan mode manual. Motor DC diuji berdasarkan jadwal pengadukan yang diatur oleh sistem RTC serta perintah manual melalui dashboard. Servo motor diuji berdasarkan kondisi kadar gas metana dan perintah manual dari Node-RED. Selain itu, pengujian komunikasi dilakukan dengan mengamati keberhasilan pengiriman data dan perintah melalui protokol MQTT secara real-time.

Hasil pengujian digunakan untuk menilai apakah sistem pemantauan komposter rumah tangga berbasis IoT telah berfungsi sesuai dengan perancangan dan tujuan penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Implementasi

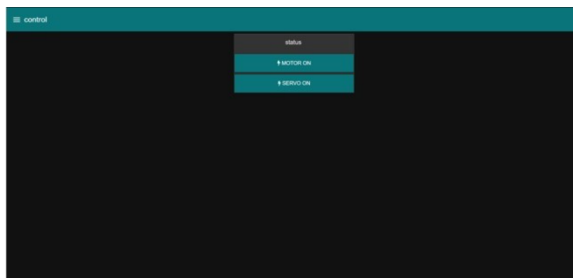
Sistem komposter rumah tangga berbasis Internet of Things (IoT) berhasil direalisasikan dengan mengintegrasikan beberapa sensor, aktuator, serta platform monitoring berbasis web. Rangkaian keseluruhan sistem komposter ditunjukkan pada Gambar 1, yang memperlihatkan integrasi antara wadah komposter, sensor, aktuator, serta modul pengendali dan catu daya. Sistem ini dirancang untuk memantau kondisi proses pengomposan secara real-time dan melakukan pengendalian otomatis maupun manual melalui dashboard Node-RED.

Tampilan antarmuka monitoring pada Node-RED dashboard ditunjukkan pada gambar 3 yang menampilkan informasi suhu, kelembapan udara, kelembapan media kompos, serta kadar gas metana dalam satu tampilan terintegrasi. Selain itu, sistem juga menyediakan dashboard kontrol manual seperti ditunjukkan pada gambar 4 yang memungkinkan

pengguna mengaktifkan motor pengaduk dan servo katup secara langsung melalui web.



Gambar 3. Tampilan monitoring dashboard Node-RED



Gambar 3. Tampilan Node-RED Dashboard untuk kontrol manual servo dan motor

4.2. Hasil Pengujian Sensor Suhu dan Kelembapan Udara (DHT22)D

Pengujian sensor suhu dan kelembapan udara dilakukan selama 20 hari proses pengomposan. Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan suhu secara bertahap pada fase awal hingga mencapai suhu puncak pada hari ke-7 sebesar 38 °C, yang menandakan meningkatnya aktivitas mikroorganisme pengurai. Setelah fase aktif, suhu mulai menurun secara perlahan hingga mencapai suhu stabil pada hari ke-20, yang mengindikasikan kompos telah memasuki fase pematangan.

Kelembapan udara menunjukkan tren penurunan dari 68% pada awal pengomposan menjadi 50% pada akhir proses. Penurunan ini terjadi seiring dengan meningkatnya suhu dan berkurangnya kandungan air akibat proses dekomposisi. Perubahan suhu dan kelembapan udara ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 mampu memantau dinamika kondisi lingkungan komposter secara konsisten selama proses pengomposan berlangsung.

4.3. Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Tanah (Soil Moisture V2)

Hasil pengujian sensor kelembapan tanah menunjukkan bahwa kadar air dalam media kompos berada pada kondisi basah hingga lembap pada fase awal dan fase aktif pengomposan. Nilai kelembapan tanah tercatat sebesar 65% pada hari pertama dan secara bertahap menurun hingga 40% pada hari ke-20. Penurunan kadar air ini menunjukkan berkurangnya kandungan air seiring dengan berakhirnya proses dekomposisi.

Kondisi kelembapan tanah yang terpantau oleh sensor Soil Moisture V2 memberikan informasi penting bagi sistem untuk menjaga keseimbangan kadar air dalam media kompos. Data ini dapat digunakan sebagai dasar pengendalian sistem penyiraman atau ventilasi agar proses pengomposan tetap optimal hingga kompos dinyatakan matang. Indikator kematangan kompos dapat ditandai dengan penurunan suhu mendekati suhu lingkungan, perubahan warna menjadi coklat gelap, serta berkurangnya bau menyengat yang menunjukkan stabilisasi bahan organik [4]

4.4. Hasil Pengujian Sensor Gas Metana (MQ-4)

Pengujian sensor gas metana MQ-4 menunjukkan bahwa kadar gas metana mengalami peningkatan signifikan pada fase aktif pengomposan. Konsentrasi gas metana meningkat dari 900 ppm pada hari pertama hingga mencapai nilai maksimum sebesar 2700 ppm pada hari ke-7. Peningkatan ini menunjukkan aktivitas mikroorganisme anaerob yang intensif pada fase aktif.

Setelah mencapai puncak, kadar gas metana mulai menurun secara bertahap hingga mencapai 1000 ppm pada hari ke-20, yang menandakan proses pengomposan telah memasuki fase pematangan. Penurunan kadar gas ini menunjukkan efektivitas sistem aerasi dan pengadukan dalam menjaga kondisi pengomposan agar tidak terlalu anaerob. Sensor MQ-4 terbukti mampu mendeteksi perubahan kadar gas metana secara responsif dan menjadi parameter penting dalam sistem pengendalian katup udara otomatis.

4.5. Hasil Pengujian Motor DC pada Mode Otomatis dan Manual

Pengujian motor DC JGA25 dilakukan pada dua mode pengoperasian, yaitu mode otomatis dan mode manual. Pada mode otomatis, motor berhasil beroperasi sesuai jadwal yang telah ditentukan sistem, yaitu pada pukul 08.00, dan tidak aktif di luar jadwal tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa modul RTC dan logika kontrol waktu pada sistem berjalan dengan baik.

Pada mode manual, motor DC dapat diaktifkan melalui tombol kontrol pada Node-RED dashboard tanpa bergantung pada jadwal sistem. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem pengadukan dapat dikendalikan secara fleksibel sesuai kebutuhan pengguna, baik secara otomatis maupun manual.

4.6. Hasil Pengujian Servo Motor pada Mode Otomatis dan Manual

Pengujian servo motor MG996 dilakukan untuk mengatur katup udara berdasarkan kondisi gas metana. Pada mode otomatis, servo berada pada posisi tertutup (0°) ketika kadar gas berada dalam kondisi normal. Ketika kadar gas metana meningkat hingga melewati ambang batas, servo bergerak membuka katup hingga sudut 110° untuk meningkatkan sirkulasi udara.

Pada mode manual, servo juga dapat dikendalikan melalui dashboard Node-RED untuk membuka katup secara langsung. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa mekanisme pengendalian katup udara berbasis servo motor bekerja dengan baik dan mampu merespons kondisi gas serta perintah pengguna secara real-time

4.7. Pemhasan Kinerja Sistem Secara Keseluruhan

Berdasarkan hasil pengujian seluruh komponen, sistem pemantauan komposter rumah tangga berbasis IoT mampu bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Integrasi sensor, aktuator, protokol MQTT, dan Node-RED dashboard memungkinkan pemantauan dan pengendalian proses pengomposan secara real-time. Sistem ini mampu mendeteksi perubahan kondisi lingkungan, mengendalikan pengadukan dan aerasi secara otomatis, serta memberikan fleksibilitas kontrol manual kepada pengguna.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai sistem kontrol yang mendukung proses pengomposan agar berjalan lebih efisien, aman, dan terkontrol hingga menghasilkan kompos yang matang.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pemantauan komposter rumah tangga berbasis Internet of Things (IoT) berhasil direalisasikan dan berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu memantau parameter penting dalam proses pengomposan, yaitu suhu, kelembapan udara, kelembapan media kompos, dan kadar gas metana secara real-time melalui Node-RED dashboard.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22, Soil Moisture V2, dan MQ-4 mampu mendeteksi perubahan kondisi lingkungan komposter selama 20 hari proses pengomposan, mulai dari fase awal, fase aktif, hingga fase pematangan kompos. Sistem pengendalian aktuator berupa motor DC pengaduk dan servo katup udara dapat bekerja dengan baik pada mode otomatis berdasarkan jadwal dan kondisi sensor, serta pada mode manual melalui dashboard web. Integrasi ESP32, protokol MQTT, dan Node-RED terbukti menghasilkan sistem monitoring dan kontrol yang responsif, stabil, dan mudah digunakan.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan fitur pencatatan data secara otomatis ke basis data untuk analisis jangka panjang. Selain itu, penggunaan sensor

dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi serta penambahan notifikasi peringatan melalui aplikasi mobile dapat meningkatkan keandalan dan kemudahan pemantauan. Pengujian sistem dalam skala yang lebih besar dan dengan variasi jenis limbah organik juga disarankan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara lebih komprehensif

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. R. Kristiyanti, A. Wijayanto, and A. Aziz, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Internet of Things Menggunakan MQTT dan Telegram BOT," *Adopsi Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 61–73, 2022, doi: 10.30872/atasi.v1i1.60.
- [2] M. H. Prasajo, R. Purnamasari, and Y. Eliskar, "Perancangan Alat Pemrosesan Sampah Organik Berbasis Internet Of Things (IoT) Untuk Pembuatan Kompos," vol. 11, no. 6, pp. 6080–6085, 2024.
- [3] W. He, M. J. A. Baig, and M. T. Iqbal, "An Open-Source Supervisory Control and Data Acquisition Architecture for Photovoltaic System Monitoring Using ESP32, Banana Pi M4, and Node-RED," *Energies*, vol. 17, no. 10, 2024, doi: 10.3390/en17102295.
- [4] H. Jamaludin, "Designing ESP32 Base Shield Board for IoT Application," vol. 5, no. 1, pp. 130–137, 2020.
- [5] R. P. Dalimunthe, A. Pranata, and F. Sonata, "Implementasi Real Time Clock (RTC) Pada Perangkat Ikan Otomatis Dengan Teknik Counter Berbasis Mikrokontroler," *J. Sist. Komput. Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, vol. 1, no. 2, pp. 71–80, 2022, doi: 10.53513/jursik.v1i2.5145.
- [6] H. Vegetable and F. Waste, "Article Assessing the Potentiality of Aerobic Rolling Composter to Hasten Vegetable and Fruit Waste," vol. 24, no. 01, pp. 92–98, 2023.
- [7] D. Amalia and P. Widiyaningrum, "Penggunaan EM4 dan MOL Limbah Tomat sebagai Bioaktivator pada Pembuatan Kompos," *Life Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 18–24, 2016.
- [8] A. e. a. Kumar, "IoT-Based Smart Compost Monitoring System.," p. 8, 2019
- [9] M. A. J. M. R. Bernal, *Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment.*, 2021
- [10] L. & S. X. Zhang, *Effect of temperature on composting process.*, 2020
- [11] R. Haug, *The Practical Handbook of Compost Engineering.*, 2022