

Perancangan Sistem Otomatisasi Pengomposan Pupuk Organik Cair dengan Sensor Suhu Berbasis *Internet of Things*

Design of Liquid Organic Fertilizer Composting Automation System with Internet of Things – Based Temperature Sensor

¹Widya Rohmatusfaida*)

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, 55281, Yogyakarta, Indonesia

*) *corresponding email: widya.rohmatusfaida@mail.ugm.ac.id*

Abstrak

Pengelolaan sampah organik merupakan tantangan lingkungan yang signifikan, namun berpotensi menghasilkan produk bernilai seperti pupuk organik cair. Proses pengomposan konvensional cenderung tidak efisien dan membutuhkan intervensi manual. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem otomatisasi pengomposan pupuk organik cair berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor suhu DS18B20, serta aktuator berupa pompa, exhaust fan, dan motor pengaduk. Sistem dirancang dengan logika kontrol berbasis set point suhu, di mana aktuator diaktifkan secara otomatis ketika suhu berada di bawah 25 °C atau di atas 50 °C. Pengujian dilakukan pada dua tahap, yaitu tanpa beban dan dengan beban bahan organik. Hasil kalibrasi sensor suhu menunjukkan akurasi tinggi dengan galat rata-rata 0,08 °C dan presisi dengan standar deviasi 0,2 °C. Sistem terbukti mampu bekerja secara mandiri, memberikan respons cepat terhadap perubahan suhu, serta terintegrasi dengan platform Ubidots dan Telegram untuk pemantauan serta notifikasi real-time. Kontribusi utama penelitian ini adalah penerapan sistem kontrol otomatis berbasis suhu yang terintegrasi dengan IoT, berbeda dari penelitian terdahulu yang sebagian besar hanya berfokus pada fungsi pemantauan.

Kata kunci: pengomposan, pupuk organik cair, otomatisasi, *Internet of Things*, ESP32, sensor suhu

Abstract

Organic waste management is a significant environmental challenge, yet it has the potential to produce valuable products such as liquid organic fertilizer. Conventional composting processes tend to be inefficient and require manual intervention. This study aims to design and implement an automated composting system for liquid organic fertilizer based on the Internet of Things (IoT) using the ESP32 microcontroller, DS18B20 temperature sensor, and actuators including a pump, exhaust fan, and stirring motor. The system is designed with temperature set-point-based control logic, where actuators are automatically activated when the temperature falls below 25 °C or rises above 50 °C. Testing was conducted in two stages: without load and with organic material load. Temperature sensor calibration results showed high accuracy with an average error of 0.08 °C and precision with a standard deviation of 0.2 °C. The system proved capable of operating independently, responding quickly to temperature changes, and integrating with the Ubidots and Telegram platforms for real-time monitoring and notifications. The main contribution of this research is the implementation of a temperature-based automatic control system integrated with IoT, which differs from previous studies that mostly focused only on monitoring functions.

Keywords: *composting, liquid organic fertilizer, automation, Internet of Things, ESP32, temperature sensor.*

Makalah diterima 26 Juli 2025– makalah direvisi 9 September 2025– disetujui 12 September 2025

Karya ini adalah naskah akses terbuka dengan lisensi [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



1 Pendahuluan

Peningkatan jumlah sampah organik menjadi permasalahan lingkungan di berbagai daerah, salah satunya adalah Yogyakarta. Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menunjukkan bahwa sekitar 60% dari total sampah yang dihasilkan merupakan sampah organik [1][2]. Pengelolaan sampah yang dilakukan dengan tidak tepat dapat menimbulkan bau tidak sedap, meningkatkan emisi gas rumah kaca, dan menjadi tempat berkembang biaknya vektor penyakit. Apabila tidak dikelola dengan benar dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan [3][4]. Salah satu strategi mengelola sampah organik adalah mendaur ulang atau memanfaatkan kembali untuk produksi barang berharga seperti pupuk cair organik melalui metode pengomposan yang dapat digunakan sebagai alternatif pupuk kimia dalam

pertanian [5][6]. Pupuk organik cair mengandung unsur hara esensial dan mikroorganisme yang dapat memperbaiki struktur tanah serta menurunkan risiko pencemaran lingkungan [7].

Salah satu solusi untuk mengatasi masalah sampah organik adalah dengan mendaur ulang menjadi pupuk melalui proses pengomposan konvensional. Metode ini dapat menjadi alternatif pengganti pupuk kimia dalam bidang pertanian [7]. Penggunaan pupuk tidak hanya mengurangi volume sampah yang terbuang ke TPA tetapi juga meningkatkan kualitas tanah secara berkelanjutan. Pupuk ini mengandung bahan organik terurai seperti nitrogen, fosfor, potasium, dan metabolisme mikroorganisme yang mampu memperbaiki struktur tanah, menjaga keseimbangan mikroorganisme, dan menurunkan risiko pencemaran tanah [8][9]. Metode ini sering digunakan karena penggunaan alat yang sederhana, mudah diterapkan pada skala rumah tangga, serta biaya yang relatif murah [10]. Namun metode pengomposan manual memerlukan waktu yang lama bahkan hingga berbulan-bulan, serta memerlukan pemeliharaan yang intensif seperti pengadukan berkala, dan pemantauan suhu dan kelembaban [11]. Ketergantungan terhadap tenaga manusia, waktu, dan konsisten membuat metode ini sulit dilakukan oleh masyarakat umum [12].

Seiring berkembangnya teknologi, berbagai inovasi dalam pengomposan otomatis mulai diperkenalkan. Teknologi berbasis sensor telah digunakan untuk memantau kondisi suhu, kelembaban, dan pH dalam proses pengomposan [13]. Namun demikian, sebagian besar sistem yang tersedia saat ini masih terbatas pada fungsi pemantauan saja dan belum mampu melakukan eksekusi otomatis berdasarkan data sensor [14][15]. Selain itu, teknologi ini seringkali tidak adaptif terhadap dinamika fase pengomposan [16][17].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan perancangan sistem pengomposan pupuk organik cair berbasis IoT yang tidak hanya memantau, tetapi juga mengendalikan proses secara otomatis. Sistem ini menggunakan logika kontrol berbasis suhu untuk mengaktifkan aktuator berupa pengaduk, pompa, dan *exhaust fan*, serta terintegrasi dengan Ubidots dan Telegram untuk pemantauan *real-time* dan notifikasi otomatis. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan menghasilkan sistem pengomposan yang lebih efisien, andal, dan mudah diterapkan.

2 Metode

Penelitian dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi, Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol, Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada, pada Maret–April 2025. Penelitian difokuskan pada implementasi dan pengujian sistem otomatisasi pengomposan cair dengan integrasi IoT.

2.1 Perangkat Keras

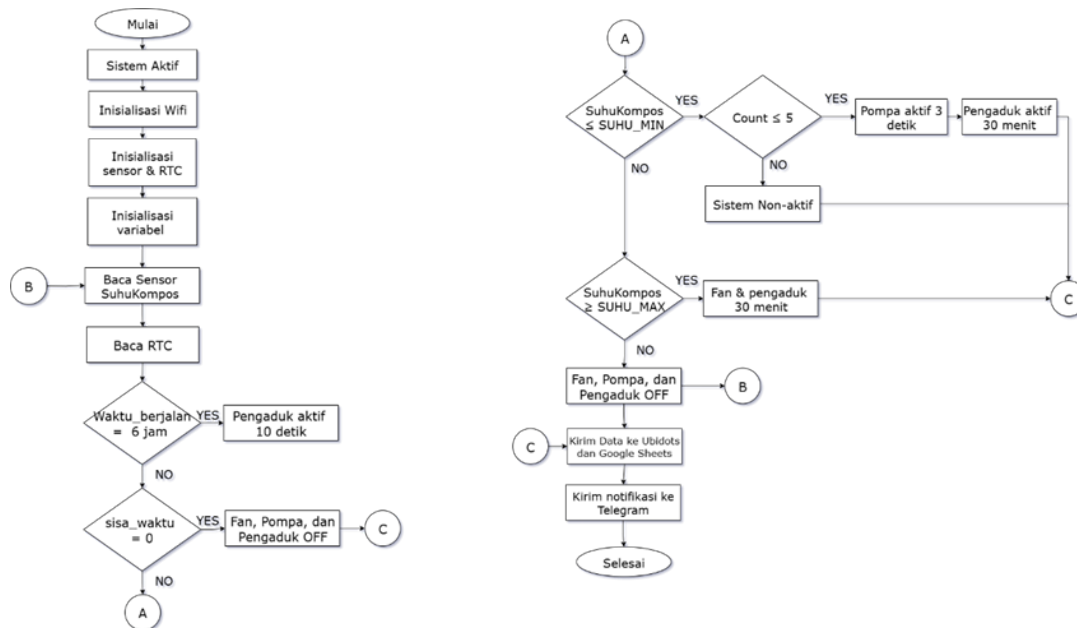
Komponen utama meliputi mikrokontroler ESP32, sensor suhu DS18B20, motor DC pengaduk, *exhaust fan*, dan pompa. Desain wadah menggunakan metode ember tumpuk yang memisahkan pupuk padat dan cair. Motor pengaduk ditempatkan di bagian atas untuk homogenisasi suhu dan nutrisi, *exhaust fan* dipasang di dinding ember untuk membuang gas berlebih, sedangkan pompa berfungsi mensuplai larutan bioaktivator dari tangki eksternal.



Gambar 1. Desain sistem pengomposan otomatis.

Selain itu, metode ember tumpuk juga digunakan untuk memisahkan pupuk padat dan pupuk cair yang terbentuk pada proses pengomposan. Selanjutnya di dalam ember tumpuk tersebut dilengkapi dengan sistem blade pengaduk yang tersambung dengan motor DC diletakkan pada bagian atas ember untuk melakukan pemerataan suhu dan nutrisi bagi mikroorganisme selama proses pengomposan, sementara *exhaust fan* di bagian atas dinding ember digunakan untuk mengeluarkan gas metana yang terbentuk akibat aktivitas mikroorganisme. Pompa air berada pada wadah bioaktivator yang diletakkan pada ember eksternal dari ember tumpuk yang berfungsi untuk mensuplai nutrisi bagi mikroorganisme untuk menaikkan suhu secara alami. Semua komponen tersebut dikendalikan melalui mikrokontroler ESP32 untuk memaksimalkan efisiensi dan kenyamanan pengguna dalam mengelola pupuk organik cair.

2.2 Alur Kerja Sistem Pengomposan



Gambar 2. Flowchart sistem pengomposan otomatis.

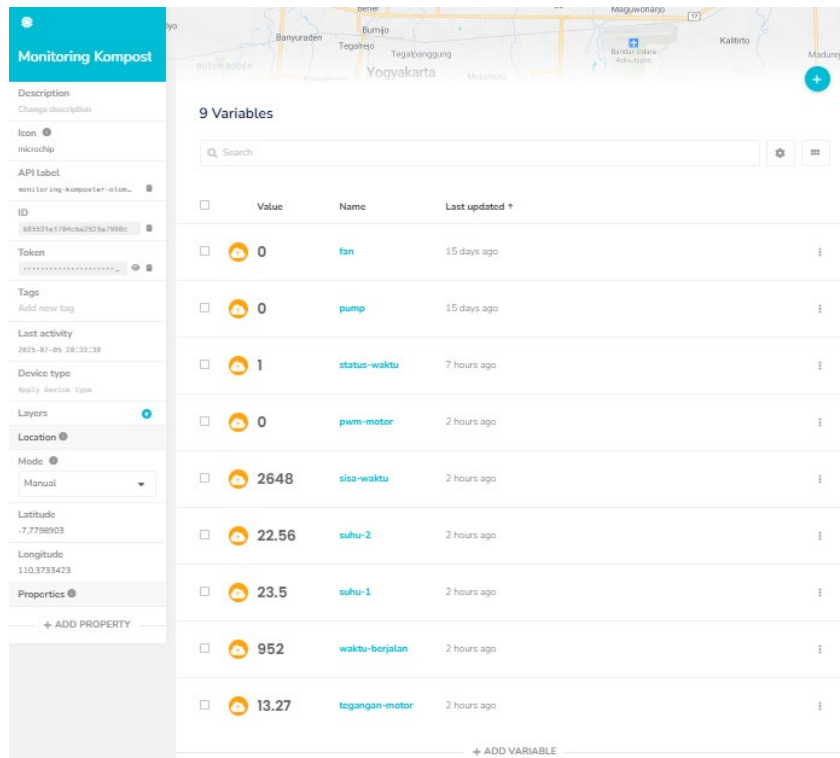
Gambar 2 menggambarkan alur kerja sistem pengomposan otomatis berbasis suhu yang terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT). Proses dimulai ketika sistem diaktifkan, setelah aktif sistem melakukan inisialisasi terhadap WiFi, sensor, RTC, dan variabel lain yang dibutuhkan. Selanjutnya, sistem membaca sensor suhu kompos dan waktu dari RTC, jika waktu berjalan mencapai 6 jam maka pengaduk akan diaktifkan selama 10 detik guna mendistribusikan suhu, lalu sistem akan kembali membaca sensor suhu dan waktu secara berulang. Selanjutnya RTC akan memeriksa apakah waktu sisa pengomposan telah habis ($sisa_waktu=0$). Apabila belum habis atau nol, sistem akan melanjutkan ke tahap pemeriksaan suhu.

Pemantauan suhu dimulai dari percabangan. Jika suhu kompos lebih rendah dari batas minimumnya yang dideklarasikan pada variabel $SUHU_MIN$ maka sistem akan memeriksa variabel $count$ (jumlah pembacaan suhu minimum) masih kurang dari atau sama dengan 5. Apabila ya, maka pompa akan diaktifkan selama 3 detik dan pengaduk selama 30 menit. Jika tidak maka sistem dinyatakan non-aktif. Namun jika suhu kompos tidak kurang dari $SUHU_MIN$, sistem akan melanjutkan memeriksa apakah suhu melebihi ambang maksimum yang diinisialisasikan dengan variabel $SUHU_MAX$. Apabila suhu melebihi $SUHU_MAX$ maka fan dan pengaduk akan diaktifkan 30 menit. Setelah itu, seluruh aktuator (pengaduk, fan, pompa) akan dimatikan dan sistem kembali ke proses awal untuk melanjutkan pemantauan.

Ketika sisa waktu pengomposan telah mencapai nol, semua aktuator dimatikan dan data hasil pengomposan dikirim ke platform Ubidots dan Google Sheets. Selain itu, sistem juga mengirimkan notifikasi ke Telegram sebagai bentuk laporan proses pengomposan dan informasi yang diminta oleh user. Setelah seluruh proses selesai, sistem akan berhenti. Alur ini menunjukkan bagaimana suhu digunakan sebagai trigger dan waktu sebagai pengontrol jalannya proses pengomposan pada komposter otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT).

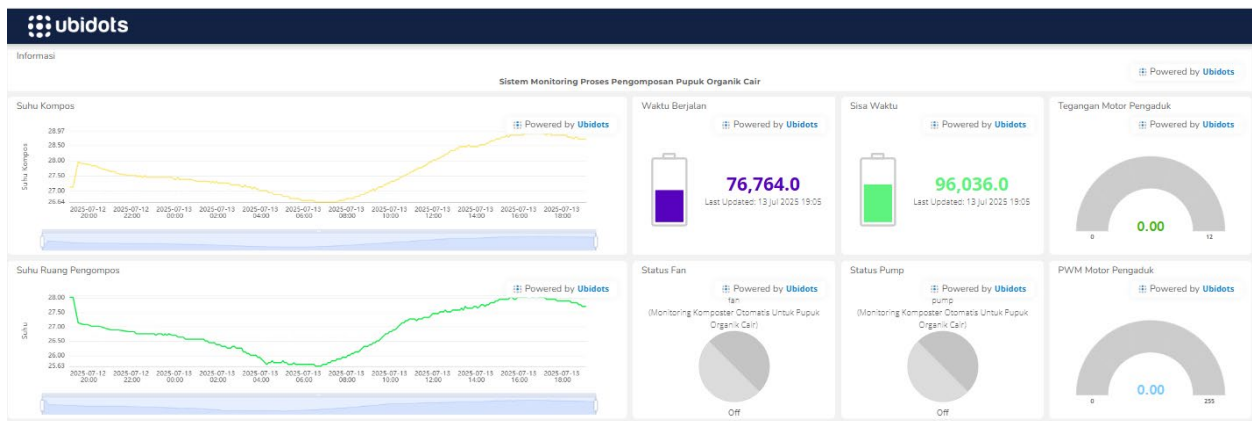
2.3 Perancangan Antarmuka Sistem

Dalam membuat sebuah desain antarmuka (*interface*) yang digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan dari sensor suhu, pwm dan tegangan motor, dan *exhaust fan* serta pompa bioaktivator menggunakan ubidots secara *real time*.



Gambar 3. Variabel device sistem monitoring pengomposan.

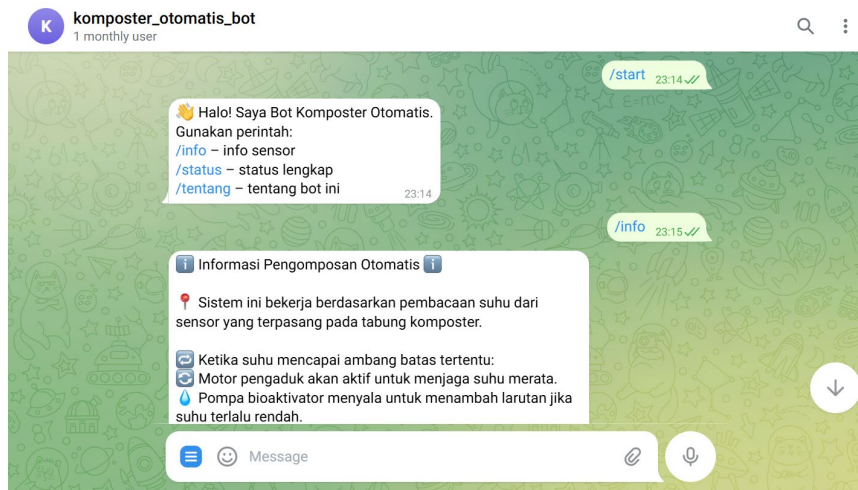
Setelah pembuatan variabel, langkah selanjutnya adalah merancang tampilan dashboard sesuai kebutuhan. Platform ubidots menyediakan berbagai widget seperti *metrics*, *charts*, *tables*, *maps*, *control*, dan *display* yang memungkinkan user menyesuaikan visualisasi data dengan fleksibel. Gambar 2.4 menunjukkan hasil implementasi web dashboard untuk sistem *monitoring* pengomposan pupuk organik cair yang telah dirancang melalui pemanfaatan fitur-fitur tersebut.



Gambar 4. Dashboard *real-time monitoring* proses pupuk organik cair.

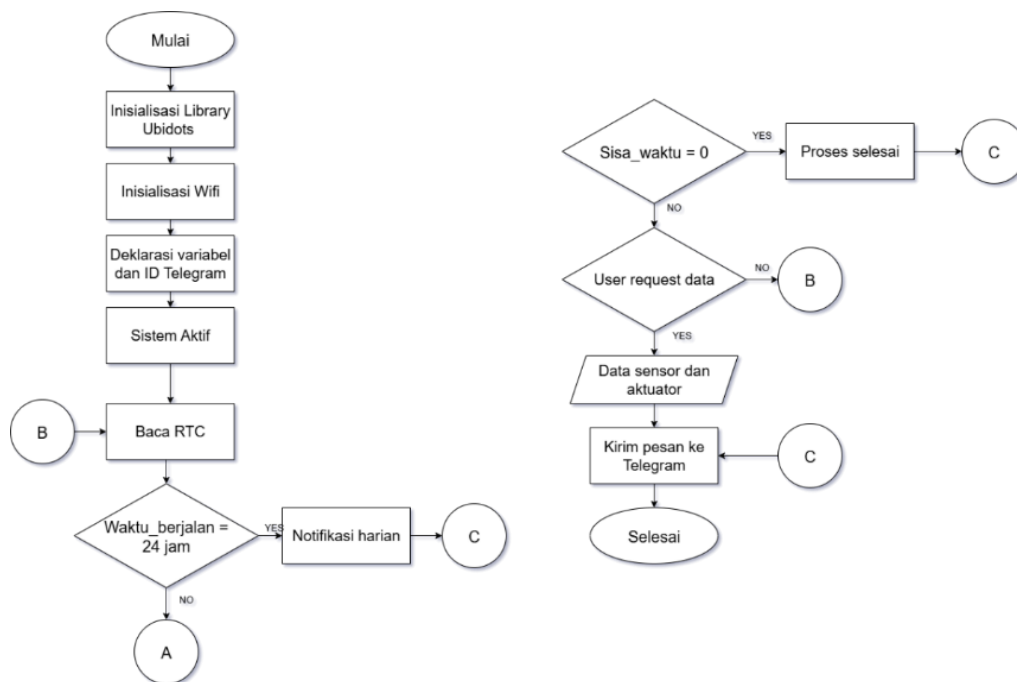
Platform berbasis web ini dapat diakses melalui laptop/PC, maupun smartphone tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan. Hal ini memudahkan user untuk memantau objek penelitian secara *real time* kapan saja dan dimana saja.

Selanjutnya Telegram digunakan sebagai media untuk memberikan notifikasi dalam sistem pengomposan pupuk organik cair berbasis *Internet of Things* (IoT). Bot ini dirancang untuk memberikan kemudahan kepada user dalam memantau kondisi sistem secara *real-time*, seperti status suhu, waktu berjalan, dan aktivitas aktuator.



Gambar 5. Tampilan interaksi bot Telegram oleh user.

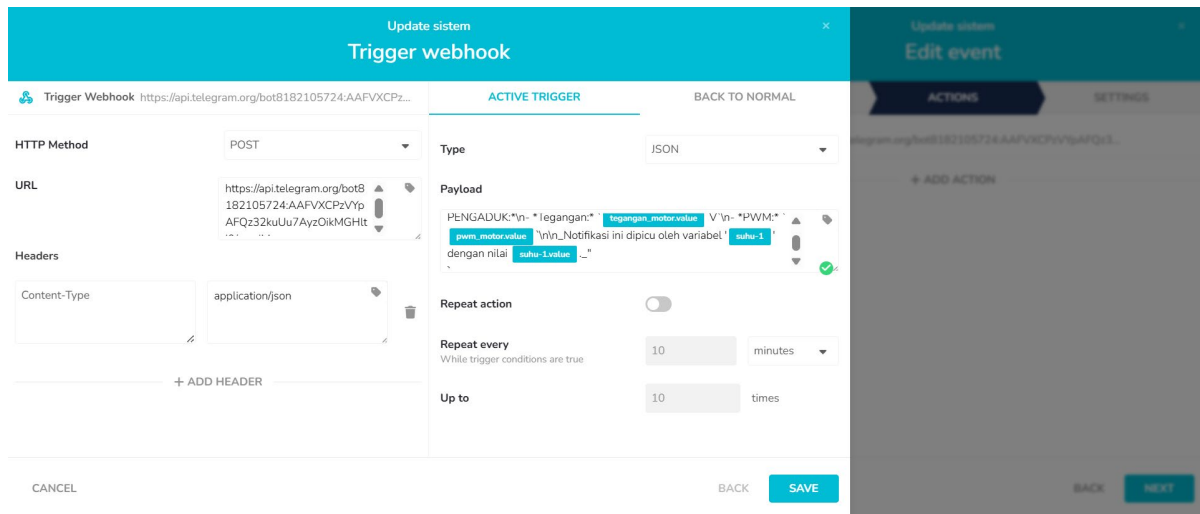
Berdasarkan Gambar 5 yang menunjukkan tampilan bot pada sistem komposter otomatis ini, dilengkapi dengan fitur bot yang memuat 3 perintah utama yaitu /status, digunakan untuk menampilkan status terkini proses pengomposan, waktu sistem berjalan, dan sisa waktu proses pengomposan. Perintah /info, digunakan untuk menampilkan informasi aktivitas aktuator berdasarkan pembacaan sensor suhu. Terakhir perintah /tentang, digunakan untuk memberikan informasi umum tentang sistem komposter, fungsi, serta fitur utamanya.



Gambar 6. Flowchart sistem notifikasi telegram.

Sistem integrasi IoT Ubidots dan Telegram untuk *monitoring* dan notifikasi. Berdasarkan Gambar 6 yang menunjukkan sistem notifikasi Telegram. Saat pertama kali diaktifkan perangkat akan melalui tahap inisialisasi meliputi library yang diperlukan, terhubung ke jaringan WiFi, dan mengkonfigurasi bot Telegram. Setelah persiapan selesai, sistem memasuki *loop* operasional utama yang berjalan terus menerus. Dalam *loop* ini, perangkat akan membaca data dari ESP32 dan secara bersamaan menjalankan dua fungsi utama yaitu mengirimkan notifikasi harian otomatis yang dipicu oleh RTC setiap 24 jam, dan merespons permintaan data spesifik dari user yang dikirim melalui Telegram. Semua informasi baik otomatis maupun yang diminta, kemudian dikirim sebagai pesan ke user. Siklus ini akan terus berulang, menjaga sistem tetap aktif memantau dan berinteraksi, hingga ada kondisi khusus yaitu ketika variabel waktu_sisa = 0 yang membuat sistem berhenti.

Integrasi bot dengan sistem dilakukan melalui dua mekanisme yaitu *command handler* dan notifikasi otomatis. *Command handler* dirancang untuk menangani perintah oleh *user* yang digunakan pemrograman seperti yang ditampilkan pada Gambar 6 bot dikonfigurasi agar dapat menerima dan membalas perintah dengan mengambil data dari Ubidots menggunakan *token* autentikasi.



Gambar 7. Konfigurasi *webhook trigger* pada Ubidots.

Untuk mendukung notifikasi otomatis, sistem ini menggunakan fitur Webhook dari Ubidots yang dikonfigurasi untuk mengirim data ke Telegram ketika variabel tertentu mencapai ambang batas. Webhook ini menggunakan metode POST dan tipe konten JSON yang dikirim langsung ke URL API Telegram Bot. *Payload* dikustomisasi agar dapat menyampaikan data seperti suhu dan status aktuator secara ringkas kepada *user*. Konfigurasi Webhook ini ditampilkan dalam Gambar 7 yang menampilkan pemacu notifikasi ketika motor pengaduk menyala dan suhu terdeteksi melebihi nilai tertentu. Dengan integrasi ini, *user* dapat menerima informasi data secara otomatis dan responsif melalui Telegram serta kenyamanan dalam memantau proses pengomposan pupuk organik cair.

3 Hasil dan Diskusi

Pengujian sistem komposter dilakukan untuk menilai kinerja integrasi seluruh komponen dalam sistem komposter otomatis, termasuk sensor suhu, motor pengaduk, pompa bioaktivator, *exhaust fan*, RTC, dan *display* LCD. Tujuan utama pengujian ini adalah memastikan pemrograman yang ditunjukkan pada lampiran dapat merespons kondisi yang diukur saat pengomposan. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi utama yaitu uji tanpa beban dan uji beban.

3.1 Pengujian sistem tanpa beban

Pengujian sistem komposter tanpa beban dilakukan untuk mengevaluasi fungsi dan integrasi antar komponen sistem sebelum benar-benar diuji menggunakan beban bahan organik. Dalam pengujian ini sistem dijalankan dalam durasi 1 jam dan tiap komponen diaktifkan berdasarkan sensor suhu. Hasil pengujian sistem dengan tanpa beban ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian sistem tanpa beban sesuai kondisi.

No	Kondisi pengujian	Hasil aktual	Status
1	Suhu Kompos < Suhu minimal <i>setpoint</i>	Pompa aktif 3 detik dan pengaduk aktif 10 detik	Berhasil
2	Suhu kompos > Suhu maksimal <i>setpoint</i>	Fan dan pengaduk aktif 10 detik	Berhasil
3	Pengiriman data IoT dan Notifikasi	Data terkirim ke Ubidots dan Telegram dengan normal	Berhasil

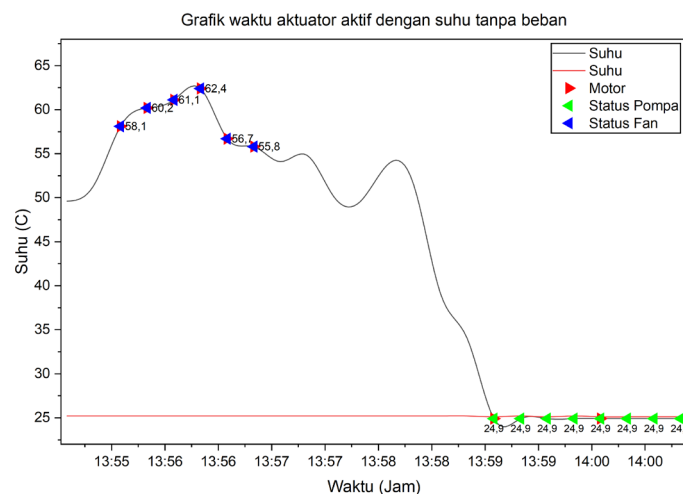
Pengujian sistem komposter otomatis pada kondisi tanpa beban dilakukan pada beberapa kondisi untuk memastikan bahwa tiap fungsi berjalan sesuai rancangan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 2, Data aktuator aktif berdasarkan trigger suhu kompos dalam kondisi tanpa beban.

Waktu	Suhu 1 (°C)	Suhu 2 (°C)	Status fan	Status pompa	Motor
13:55:05	49.6	25.2	OFF	OFF	OFF
13:55:20	51.4	25.2	OFF	OFF	OFF
13:55:35	58.1	25.2	ON	OFF	ON
13:55:50	60.2	25.2	ON	OFF	ON
13:56:05	61.1	25.2	ON	OFF	ON
13:56:20	62.4	25.2	ON	OFF	ON
13:56:35	56.7	25.2	ON	OFF	ON
13:56:50	55.8	25.2	ON	OFF	OFF
13:57:05	54.1	25.2	OFF	OFF	OFF
13:57:20	54.8	25.2	OFF	OFF	OFF
13:57:35	50.1	25.2	OFF	OFF	OFF
13:57:50	49.6	25.2	OFF	OFF	OFF
13:58:05	53.7	25.2	OFF	OFF	OFF
13:58:20	51.4	25.2	OFF	OFF	OFF
13:58:35	39.1	25.2	OFF	OFF	OFF
13:58:50	34.0	25.2	OFF	OFF	OFF
13:59:05	24.9	25.1	OFF	ON	ON
13:59:20	24.9	25.2	OFF	ON	OFF
13:59:35	24.9	25.1	OFF	ON	OFF
13:59:50	24.9	25.2	OFF	ON	OFF
14:00:05	24.9	25.1	OFF	ON	ON
14:00:20	24.9	25.1	OFF	ON	OFF
14:00:35	24.9	25.1	OFF	ON	OFF

Dari data Tabel 2 dapat diamati dua kondisi pengujian utama, yaitu respons terhadap suhu tinggi dan suhu rendah. Pada pengujian kondisi pertama, saat suhu sensor pada suhu 1 dinaikkan melewati ambang batas atas, sistem menunjukkan respons yang cepat dan sesuai tepat pada pukul 13:55:35 ketika suhu mencapai 58.1°C, sistem secara otomatis mengaktifkan fan dan motor. Kedua aktuator ini terus menyala selama suhu terdeteksi tinggi, yang merupakan simulasi dari proses pendinginan dan pengaduk untuk menurunkan panas berlebih. Sistem kemudian berhasil kembali ke kondisi siaga setelah suhu turun dibawah ambang batas yang ditentukan yang terlihat pada pukul 13:57:05.

Selanjutnya pada kondisi kedua, pengujian dilanjutkan dengan menurunkan suhu sensor hingga dibawah ambang batas rendah yaitu 25 °C. Hasilnya menunjukkan bahwa tepat pada 13:59:05 saat suhu menyentuh 24.9 °C sistem kembali menunjukkan logika kontrol yang berbeda untuk kondisi suhu rendah dimana tujuannya bukan mendinginkan, melainkan menjaga kelembaban dan melakukan pengadukan. Terlihat pula bahwa motor bekerja secara berkala sesaat setelah pompa menyala.



Gambar 8. Grafik waktu nyala fan dan motor dengan suhu tinggi.

Pengujian tanpa beban divisualisasikan juga dengan grafik ditunjukkan pada Gambar 8. Grafik tersebut merepresentasikan data yang tercatat pada tabel pengujian. Terlihat pada rentang 13:55 hingga 13:56, saat kurva suhu melonjak naik melampaui 58 °C, titik-titik biru yang merepresentasikan fan dan merah adalah motor muncul secara konsisten. Hal ini mengkonfirmasi data tabel dimana fan dan motor berstatus ON

sebagai respons terhadap suhu tinggi. Puncak tertinggi tercatat pada 62.4 °C dimana kedua aktuator tersebut masih aktif bekerja. Setelahnya kurva suhu mulai menurun dan tepat ketika suhu turun dibawah ambang batas atas, semua titik aktivasi aktuator menghilang sesuai dengan data tabel yang menunjukkan semua status kembali OFF.

Pengujian respons terhadap suhu rendah juga tergambar dengan jelas. Pada pukul 13:59 kurva suhu turun tajam dan menyentuh angka 24.9 °C tepat dibawah garis ambang batas 25 °C. Pada titik inilah grafik menampilkan aktivasi pompa dan motor pada titik hijau dan merah. Visualisasi ini efektif menunjukkan bagaimana sistem beralih ke mode kontrol yang berbeda saat suhu rendah. Dengan demikian, grafik berhasil memvalidasi data tabel dan membuktikan secara visual bahwa sistem berfungsi sesuai rancangan, baik dalam merespon suhu tinggi maupun suhu rendah dengan mengaktifkan aktuator yang tepat untuk tiap kondisi. Hasil menunjukkan sistem mampu merespons kondisi suhu tinggi (> 50 °C) dengan mengaktifkan *exhaust fan* dan motor pengaduk secara otomatis. Saat suhu turun < 25 °C, pompa aktif menyuplai bioaktivator dan motor menyala berkala. Respon sistem tercatat cepat (< 2 detik) setelah suhu melampaui ambang batas.

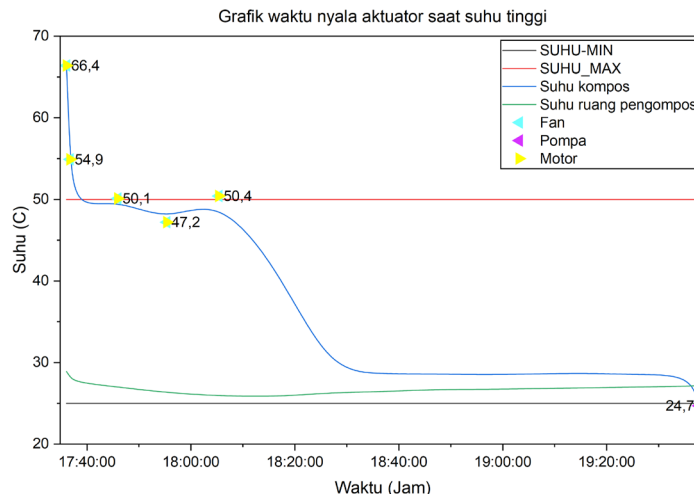
3.2 Pengujian Sistem dengan Beban

Data hasil pembacaan sensor suhu dan status aktivasi tiap aktuator selama pengujian 5 jam disajikan pada Tabel 3.3 Data ini diambil dari log yang tersimpan di Google Sheet. Dalam tabel menyajikan data dalam interval waktu ±10 menit pada kondisi fan dan pompa aktif untuk menunjukkan *trigger point* dari masing – masing aktuator.

Tabel 3. Data aktuator aktif berdasarkan *trigger* suhu kompos dalam kondisi dengan beban.

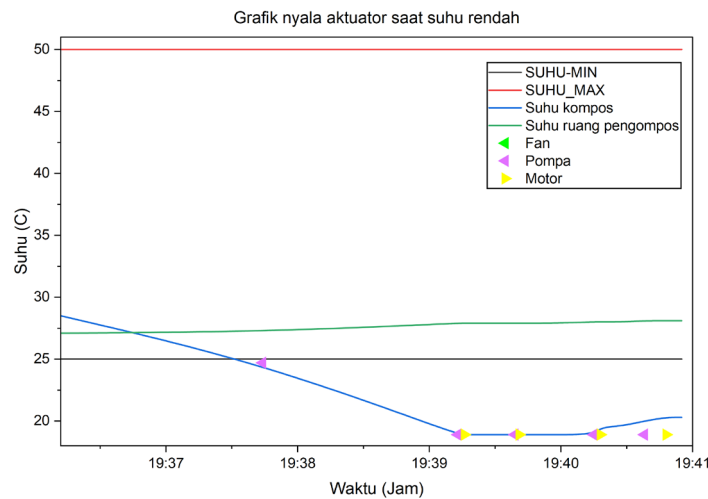
Waktu	Suhu 1 (°C)	Suhu 2 (°C)	Status fan	Status pompa	Motor
17:36:04	66.4	28.9	ON	OFF	ON
17:36:45	54.9	28.2	ON	OFF	ON
17:37:54	48.7	27.6	OFF	OFF	OFF
17:45:56	50.1	27.0	ON	OFF	ON
17:55:22	47.2	26.3	ON	OFF	ON
18:05:23	50.4	25.9	ON	OFF	ON
18:16:51	41.4	25.8	OFF	OFF	OFF
18:26:28	29.1	26.3	OFF	OFF	OFF
18:36:02	28.6	26.4	OFF	OFF	OFF
18:46:41	28.6	26.7	OFF	OFF	OFF
18:56:30	28.5	26.7	OFF	OFF	OFF
19:06:13	28.6	26.8	OFF	OFF	OFF
19:16:39	28.7	26.9	OFF	OFF	OFF
19:26:13	28.5	27.0	OFF	OFF	OFF
19:36:12	28.5	27.1	OFF	OFF	OFF
19:37:44	24.7	27.2	OFF	ON	OFF
19:39:13	18.9	27.9	OFF	ON	OFF
19:39:16	18.9	27.9	OFF	OFF	ON
19:39:25	18.9	27.9	OFF	OFF	OFF
19:39:39	18.9	27.9	OFF	ON	OFF
19:39:41	18.9	27.9	OFF	OFF	ON
19:39:56	18.9	27.9	OFF	OFF	OFF
19:40:15	18.9	28.0	OFF	ON	OFF
19:40:18	19.5	28.0	OFF	OFF	ON
19:40:28	19.6	28.0	OFF	OFF	OFF
19:40:38	20.0	28.1	OFF	ON	OFF
19:40:48	20.3	28.1	OFF	OFF	ON
19:40:55	20.3	28.1	OFF	OFF	OFF

Berdasarkan data pada Tabel 3, pompa secara aktif hanya ketika suhu kompos (suhu 1) turun hingga dibawah ambang batas kritis 25 °C . Momen aktivasi ini terekam jelas pada pukul 19:37:44 saat suhu anjlok ke 24.7 °C . Kondisi suhu serendah ini merupakan indikator kuat bahwa aktivitas metabolisme mikroorganisme yang bersifat menghasilkan panas telah berhenti atau hampir mati. Untuk mengatasi kegagalan proses ini, sistem secara otomatis memicu pompa untuk menyuplai larutan bioaktivator. Tindakan ini bukan sekedar untuk menambah kelembaban melainkan menginokulasi kembali bahan organik dengan populasi mikroorganisme baru atau merangsang mikroorganisme agar aktif kembali. Peran pompa dalam proses ini sebagai pemulih yang memastikan jika proses dekomposisi terhenti, sistem dapat memulai kembali dan menjaga keberlangsungan siklus pengomposan.



Gambar 9. Grafik waktu nyala aktuator dengan suhu tinggi.

Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 9 menggambarkan hubungan antara suhu kompos dengan waktu nyala fan, pompa, dan motor dalam rentang waktu dari pukul 17:40 hingga 19:40. Pada awal pengamatan pukul 17:40, suhu kompos berada pada titik tertingginya yaitu 66,4 °C . Pada saat bersamaan fan dan motor tercatat aktif yang mengindikasikan bahwa sistem merespons suhu tinggi dengan mengaktifkan mekanisme pendinginan dan pengadukan.

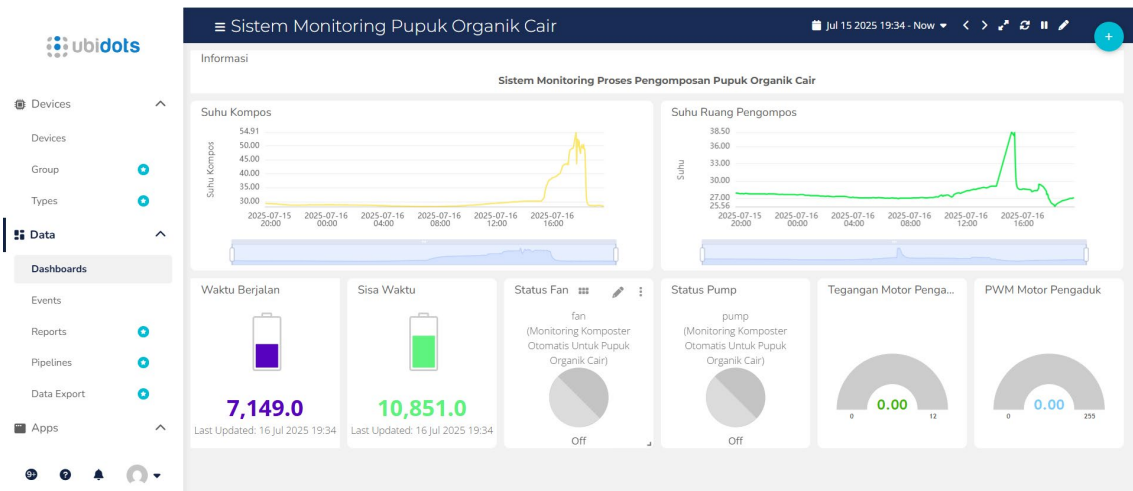


Gambar 10. Grafik waktu nyala aktuator pada suhu rendah.

Berdasarkan Gambar 10 yang menyajikan pengamatan yang lebih detail mengenai perilaku sistem pada kondisi suhu kompos yang rendah, dalam rentang waktu yang singkat dari pukul 19:36 hingga 19:41. Berbeda dengan grafik sebelumnya, fokus pada grafik ini adalah aktivasi saat suhu kompos yang berada dibawah suhu ruang pengompos. Pada awal pengamatan, suhu kompos mengalami tren penurunan, dari suhu 28 °C menuju 20 °C. Titik aktivasi pertama terjadi pada pukul 19:37 dimana pompa menyala saat suhu kompos berada di 24 °C. Selanjutnya pada pukul 19:39 dan 19:41 terjadi rangkaian aktivasi pompa dan motor yang berdekatan pada suhu yang rendah berkisar 18 – 20 °C . Hal ini membuktikan bahwa sistem merespons ketika suhu berada dibawah ambang batas yang telah diatur dalam pemrograman. Pada uji 5 jam dengan bahan organik, suhu awal kompos meningkat hingga 66,4 °C sebelum turun stabil pada kisaran 28–30°C. Fan bekerja efektif menurunkan suhu berlebih, sedangkan pompa aktif ketika suhu < 25 °C untuk menjaga aktivitas mikroorganismenya. Hal ini membuktikan sistem mampu mempertahankan proses dekomposisi sesuai kondisi optimal.

3.3 Integrasi dengan IoT

Integrasi data dengan platform Ubidots dilakukan setelah sistem berhasil menampilkan data pada LCD. ESP32 diprogram untuk mengirimkan data suhu, status motor pengaduk, pompa, dan kipas, serta waktu operasi sistem ke dashboard Ubidots tiap waktu yang telah ditentukan melalui koneksi WiFi.



Gambar 11. Dashboard untuk monitoring sistem komposter.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua variabel berhasil dikirim dan divisualisasikan dalam bentuk grafik dan indikator digital pada dashboard yang telah dikonfigurasi sebelumnya. Seperti yang ditunjukkan pada gambar Gambar 11 yang menampilkan dashboard untuk sistem monitoring komposter otomatis. Data suhu yang dikirim berasal dari sensor DS18B20, sedangkan status ON/OFF pompa dan fan divisualisasikan sebagai indikator. Waktu berjalan sistem juga dikirim sebagai parameter tambahan untuk memantau durasi proses pengomposan. Keberhasilan pengiriman data ditandai dengan aktifnya WiFi yang ditampilkan pada LCD.

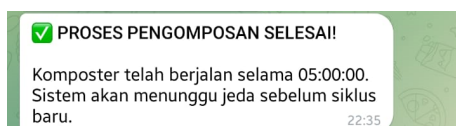
Dengan adanya integrasi ini, user dapat memantau kondisi pengomposan kapan saja dan dimana saja, sekaligus mendapatkan data historis yang berfungsi untuk evaluasi proses. Hal ini membuktikan bahwa sistem memiliki kemampuan Internet of Things (IoT) yang andal sesuai dengan tujuan awal perancangan sistem pengomposan berbasis IoT.



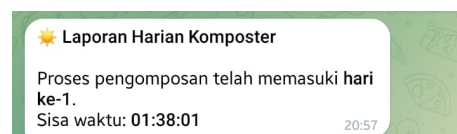
Gambar 12. Notifikasi status komposter oleh user.

Selain memberikan respons fisik oleh aktuator, sistem juga dirancang untuk memberikan laporan status kepada user melalui telegram. Fitur ini peringatan dini dan monitoring jarak jauh.

Sistem komposter otomatis ini juga dilengkapi dengan interface monitoring interaktif melalui bot Telegram. User dapat meminta laporan status terkini proses pengomposan untuk memantau kondisi komposter dari jarak jauh. Seperti pada Gambar 12 yang menunjukkan interaksi dimana user mengirimkan perintah untuk meminta status, lalu bot merespons dengan laporan lengkap yang meliputi suhu, status aktuator seperti pengaduk, pompa, dan fan, serta durasi operasi sistem yang meliputi waktu yang telah berlalu, sisa waktu pengomposan, serta hari keberapa proses pengomposan berjalan.



Gambar 13. Notifikasi Telegram pengomposan telah selesai.



Gambar 14.1 Notifikasi Telegram laporan harian komposter.

Selain sistem ini dapat mengirimkan data melalui perintah user, sistem ini juga mengirimkan laporan harian secara otomatis yang ditunjukkan pada Gambar 14 untuk melakukan pemantauan waktu dalam jangka waktu

panjang. Terakhir, sistem ini juga secara mandiri melaporkan proses pengomposan selesai seperti pada Gambar 13 untuk menginformasikan kepada *user* sehingga tidak perlu melakukan pemantauan secara terus-menerus untuk melihat berakhirnya proses pengomposan. Data berhasil dikirim ke Ubidots dan divisualisasikan pada dashboard. Selain itu, sistem mengirim notifikasi otomatis harian dan status akhir melalui Telegram, yang mempermudah pemantauan jarak jauh.

4 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem otomasi pengomposan pupuk organik cair berbasis IoT dengan sensor suhu DS18B20 dan mikrokontroler ESP32. Sistem terbukti mampu bekerja secara mandiri dengan logika kontrol berbasis suhu, respons cepat, serta integrasi dengan Ubidots dan Telegram untuk *monitoring* dan notifikasi *real-time*.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penerapan kontrol otomatis berbasis suhu yang dikombinasikan dengan notifikasi IoT, yang berbeda dari studi terdahulu yang terbatas pada pemantauan. Dengan demikian, sistem ini berkontribusi pada pengembangan teknologi pengelolaan sampah organik yang lebih efisien dan aplikatif.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dilakukan secara mandiri tanpa dibiayai oleh pihak lembaga atau institusi manapun.

Referensi

- [1] N. Tanti, N. Nurjannah, dan R. Kalla, "Pembuatan Pupuk Organik Cair Dengan Cara Aerob," *ILTEK J. Teknol.*, vol. 14, no. 2, hal. 2053–2058, 2020. doi: <https://doi.org/10.47398/iltek.v14i2.415>.
- [2] Sunarno, Triyono, K. T. Martono, dan A. W. B. Santosa, "Peningkatan Partisipasi Masyarakat Pada Budidaya Magot Berbasis Penyediaan Pakan Dari Pengolahan Limbah Organik Rumah Tangga Di Desa Gempol, Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Klaten," *J. Pengabd. Masy. dan Inov. Pengemb. Teknol.*, vol. 6, no. 2, hal. 2–8, 2024. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/pasopati/article/view/22176>
- [3] I. N. Santri, I. Istiqomah, dan W. Adikusuma, "Sosialisasi Dalam Pemilihan Tempat Sampah Organik Di Kelurahan Warungboto, Kecamatan Umbulharjo, Yogyakarta," *SELAPARANG J. Pengabd. Masy. Berkemajuan*, vol. 6, no. 4, hal. 1655, 2022, doi: <https://doi.org/10.31764/jpmb.v6i4.11023>.
- [4] S. W. Siagian, Y. Yuriandala, dan F. B. Maziya, "Analisis Suhu, Ph Dan Kuantitas Kompos Hasil Pengomposan Reaktor Aerob Termodifikasi Dari Sampah Sisa Makanan Dan Sampah Buah," *J. Sains & Teknologi Lingkungan*, vol. 13, no. 2, 2021, doi: <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss2.art7>.
- [5] R. Phiri, S. Mavinkere Rangappa, dan S. Siengchin, "Agro-waste for renewable and sustainable green production: A review," *J. Clean. Prod.*, vol. 434, no. July 2023, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139989>.
- [6] A. Destiasari, S. Sumiyati, dan T. Istirokhatun, "Review Metode Kompos Aerob: Windrow, Takakura dan Composter Bag," *J. Ilmu Lingkungan*, vol. 22, no. 2, hal. 355–364, 2024, doi: <https://doi.org/10.14710/jil.22.2.355-364>.
- [7] Rahmaniah, R. Oesman, N. Sibuea, Siti Aisyah, dan Sinta Diana, "Pembuatan Kompos Dari Sampah Rumah Tangga dan Sampah Kota," *J. Visi Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 5, no. 1, hal. 205–212, 2024, doi: <https://doi.org/10.51622/pengabdian.v5i1.2027>.
- [8] S. A. emna; H. M. E. B. J. Fougaira, "Innovation for recycling of organic matter through composter with automatic and sustainable temperature recording accessed via Bluetooth/mobile app," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 196, no. 11, hal. 1093, 2025, doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13285-8>.
- [9] L. E. Susilowati, Z. Arifin, I. P. Silawibawa, R. Sutriyono, dan Mahrup, "Edukasi Pengolahan Limbah Baglog Jamur Tiram Menjadi Pupuk Organik Diperkaya Bakteri Pelarut Fosfat Pada Petani Muda Milenial di Desa Narmada Kabupaten Lombok Barat," *J. Pengabd. Magister Pendidik. IPA*, vol. 5, no. 4, hal. 46–53, 2022, doi: <https://doi.org/10.29303/jpmppi.v5i4.2370>.
- [10] S. Rochayati, E. Santosa, Surono, E. Kosman, dan Y. Erny, *Teknologi Pengomposan*. Bogor: Balai Penelitian Tanah, 2016. <https://repository.pertanian.go.id/items/11afe038-7b79-4b55-8063-e18b3db8c4f0/full>
- [11] R. Nurrohmanysah, A. Indriyani, E. Ekaliana, dan M. Telaumbanua, "Alat Pembuat Pupuk Cair Otomatis dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Berbasis Mikrokontroler," *Agroteknika*, vol. 2, no. 2, hal. 51–58, 2019, doi: <https://doi.org/10.32530/agroteknika.v2i2.43>.
- [12] F. Z. Siti *et al.*, "Autonomous Solar Rotary Composter Equipped with a Remote Management System," *Proc. 2021 9th Int. Renew. Sustain. Energy Conf. IRSEC 2021*, hal. 1–5, 2021, doi: <https://doi.org/10.1109/IRSEC53969.2021.9741218>.

- [13]R. E. Putri, I. P. Maharani, dan I. Putri, "Real-time Monitoring System for Temperature , Humidity , and pH for Composting Process," *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, vol. 14, no. 2, hal. 380–390. 2025. doi: <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v14i2.380-390>
- [14]M. B. R. Huda dan W. D. Kurniawan, "Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor Ds18B20 Berbasis Mikrokontroler Arduino," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 2, hal. 18–23, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-rekayasa-mesin/article/view/47897/39982>
- [15]T. Nur, A. R. Noor, dan M. Elma, "Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Sampah Rumah Tangga Dengan Penambahan Bliaktivator EM 4 (Effective Microorganisms)," *Konversi*, vol. 5, no. 2, hal. 5–12, 2018. doi: <https://dx.doi.org/10.20527/k.v5i2.4766>
- [16]W. S. Witasari, K. Sa'diyah, dan M. Hidayatulloh, "Pengaruh Jenis Komposter dan Waktu Pengomposan terhadap Pembuatan Pupuk Kompos dari Activated Sludge Limbah Industri Bioetanol," *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 5, no. 1, hal. 31–40. 2021, doi: [10.33795/jtkl.v5i1.209](https://doi.org/10.33795/jtkl.v5i1.209).
- [17]A. L. Meena, M. Karwal, dan D. Dutta, "Composting: Phases and Factors Responsible for Efficient and Improved Composting Network Project on Organic Farming View project," *Agric. FoodE-newsletter*, vol. 3, no. 01, hal. 1–7, 2021, doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13546.95689>.