# Sistem Monitoring Proses Pengomposan untuk Optimalisasi Kualitas Kompos berbasis Internet of Things

*Hairul[1], Rasyid[2], Ashadi Amir[3*], A. Abd. Jabbar[4], Alauddin Y[5], Muhammad Basri[6]*

*[1,2,3,4,5,6] Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare*

*Coprespondent Author : ashadiamir09@gmail.com, ashadiamir@umpar.ac.id*

***Abstract* — The composting process requires regular monitoring of temperature and moisture; however, composting sites without internet access limit real-time and remote monitoring capabilities. This study aims to design an Internet of Things (IoT)-based monitoring and control system capable of transmitting data from the composting site to a gateway, storing the data in a database, and displaying composting conditions in real time. The method involved the design and implementation of hardware and software using an ESP32, DS18B20 temperature sensor, moisture sensor, NRF24L01 as a transmitter-receiver communication module, 20×4 LCD, MySQL server, and web application. Testing was conducted to evaluate communication range and pump control responses based on temperature and moisture conditions. The results showed that communication was successfully maintained over a distance of up to 100 m in open areas and up to 65 m indoors. The nitrogen pump was activated at a temperature of 28.3 °C and deactivated at 43.9 °C and 52.5 °C. The water pump was activated at a moisture level of 36% and deactivated at 57% and 66%. The developed system successfully integrated automatic monitoring and control functions, enabling real-time monitoring and automated control of the composting process.**

***Keyword* — Internet of Things, composting, ESP32, NRF24L01, monitoring.**

*Abstrak* — Proses pengomposan memerlukan pemantauan suhu dan kelembaban secara berkala, tetapi lokasi pengomposan yang tidak memiliki akses internet membatasi pemantauan secara langsung dan jarak jauh. Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring dan pengendalian berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mengirimkan data dari lokasi pengomposan ke receiver, menyimpan data pada database, dan menampilkan kondisi secara real-time. Metode yang digunakan meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak dengan ESP32, sensor suhu DS18B20, sensor kelembaban, NRF24L01 sebagai komunikasi transmitter-receiver, LCD 20×4, server MySQL, dan aplikasi web. Pengujian dilakukan terhadap jangkauan komunikasi dan respons kendali pompa berdasarkan suhu dan kelembaban. Hasil menunjukkan komunikasi berhasil hingga 100 m pada area terbuka dan hingga 65 m di dalam ruangan. Pompa nitrogen aktif pada suhu 28,3 °C dan nonaktif pada 43,9 °C serta 52,5 °C. Pompa air aktif pada kelembaban 36% dan nonaktif pada 57% serta 66%. Sistem mampu melakukan monitoring dan pengendalian secara terintegrasi secara otomatis

*Kata kunci* — Internet of Things, pengomposan, ESP32, NRF24L01, monitoring.

## I. PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah organik merupakan salah satu upaya penting dalam menjaga kelestarian lingkungan dan mendukung pertanian berkelanjutan. Sisa makanan, daun kering, dan limbah pertanian dapat diolah menjadi kompos yang bermanfaat untuk meningkatkan kesuburan tanah. Namun, proses pengomposan secara konvensional masih menghadapi kendala berupa keterbatasan pengawasan kondisi lingkungan dan ketidakteraturan proses, sehingga kualitas kompos yang dihasilkan belum selalu optimal [1].

Keberhasilan proses pengomposan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama suhu, kelembaban, dan aerasi. Parameter tersebut berhubungan dengan aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik. Kondisi yang tidak terjaga dapat menyebabkan proses dekomposisi berlangsung lebih lambat, tidak merata, atau mengalami gangguan [2]. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan yang mampu memberikan informasi kondisi kompos secara berkelanjutan.

Perkembangan Internet of Things (IoT) memberikan pendekatan yang sesuai untuk kebutuhan tersebut. Sensor dapat dihubungkan dengan mikrokontroler untuk memperoleh data lingkungan, kemudian data dikirim melalui jaringan komunikasi dan disajikan pada antarmuka pemantauan. Penerapan IoT pada pengomposan dapat meningkatkan efisiensi monitoring karena pengguna memperoleh informasi kondisi proses secara langsung dan dapat mengambil tindakan berdasarkan data [3], [4], [5].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan Internet of Things (IoT) pada sistem pengomposan dapat mendukung pemantauan proses secara jarak jauh [6]. Penelitian ini mengembangkan sistem tersebut dengan mengintegrasikan ESP32 sebagai pengolah data, NRF24L01 sebagai komunikasi nirkabel, LCD 20×4 sebagai tampilan lokal, dan database dan web monitoring untuk pemantauan secara real-time.

Penelitian ini bertujuan merancang sistem pengiriman data dari lokasi pengomposan ke receiver menggunakan NRF24L01, menyimpan data monitoring pada database, serta mengembangkan aplikasi web berbasis IoT untuk pemantauan kondisi pengomposan secara real-time. Pengujian dilakukan terhadap jangkauan komunikasi dan respons kendali pompa berdasarkan suhu dan kelembaban.

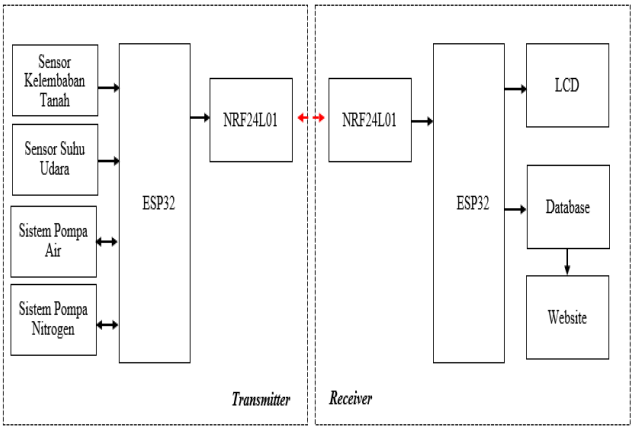
## II. METODOLOGI PENELITIAN

### *A. Arsitektur Sistem*

Sistem dibagi menjadi subsistem receiver, penyimpanan data, dan antarmuka monitoring. Pada sisi transmitter,

sensor DS18B20 dan sensor soil moisture digunakan untuk melakukan pembacaan parameter kompos. Hasil pembacaan data oleh sensor diproses dengan menggunakan perangkat mikrokontroler ESP32 dan mengirimkan data menggunakan NRF24L01 menuju receiver. Pada bagian ini juga terdapat sistem pompa air dan sistem pompa nitrogen. Pada sisi receiver, NRF24L01 akan menerima paket data dan meneruskannya ke ESP32 untuk dilakukan pemrosesan sehingga dapat ditampilkan pada LCD 20×4. Data kemudian dikirimkan ke server untuk disimpan pada database sehingga dapat ditampilkan pada web monitoring berbasis Internet of Things.

ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan data dan konektivitas yang sesuai untuk pengembangan perangkat IoT [7], [8]. NRF24L01 digunakan sebagai media komunikasi nirkabel pada frekuensi 2,4 GHz dengan protokol SPI. Kinerja modul dipengaruhi oleh jarak dan kondisi lingkungan; keberadaan penghalang dapat menurunkan kualitas komunikasi [9], [10].




Gambar 1. Blok Diagram Sistem

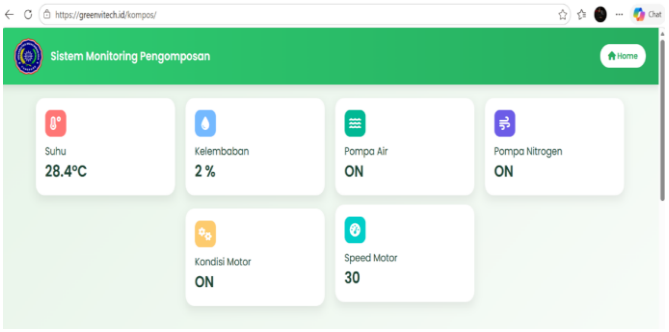
### *B. Perancangan Perangkat Keras dan Lunak*

Perancangan sistem terdiri atas perangkat transmitter dan receiver yang dihubungkan dengan menggunakan modul NRF24L01. Transmitter ditempatkan di lokasi pengomposan yang tidak memiliki akses internet dan terdiri atas ESP32, sensor DS18B20, sensor kelembaban, pompa air, pompa nitrogen dan modul NRF24L01 untuk membaca dan mengirimkan data kondisi pengomposan. Receiver ditempatkan pada lokasi yang memiliki akses jaringan dan terdiri atas ESP32, NRF24L01 dan LCD 20×4. Data yang dikirim meliputi suhu, kelembaban, status pompa air, status pompa nitrogen, kondisi motor, kecepatan motor, dan waktu pengiriman. NRF24L01 digunakan sebagai komunikasi nirkabel antar-mikrokontroler melalui antarmuka SPI dengan tegangan 3,3 V karena memiliki konsumsi daya rendah dan sesuai untuk komunikasi antar-mikrokontroler [8]. Arsitektur ini memungkinkan data dari lokasi pengomposan dikirim ke receiver tanpa memerlukan koneksi internet pada sisi transmitter.

Perangkat lunak dikembangkan menggunakan bahasa C/C++ pada Arduino IDE. Program transmitter melakukan pembacaan dan pengolahan data sensor, kemudian mengirimkan paket data melalui NRF24L01. Receiver menerima dan mengolah data tersebut, menampilkannya pada LCD, serta meneruskan data ke server melalui jaringan internet. Selanjutnya, aplikasi web menampilkan data dalam bentuk kartu informasi, grafik suhu dan kelembaban, dan status perangkat. Data diperbarui secara berkala sehingga kondisi pengomposan dapat dipantau dan dikendalikan dari lokasi yang terhubung dengan jaringan.



Gambar 2. Transmitter dan Receiver




Gambar 3. Tampilan Web Monitoring berbasis Internet of Things

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### *A. Pengujian Komunikasi NRF24L01*

Pengujian komunikasi NRF24L01 dilakukan pada dua kondisi lingkungan, yaitu area terbuka dan dalam ruangan, dengan variasi jarak 10–100 m. Pada setiap jarak, keberhasilan komunikasi diamati berdasarkan kemampuan receiver menerima data yang dikirimkan transmitter dan menampilkannya pada LCD serta aplikasi web. Hasil pengujian pada kedua kondisi tersebut disajikan pada Tabel I.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN KOMUNIKASI NRF24L01

| Kondisi Pengujian | Jarak Efektif |
|---|---|
| Area terbuka | 10–100 m |
| Dalam ruangan | 10–65 m |

Pada area terbuka, data berhasil dikirim dan diterima pada seluruh jarak 10–100 m. Pada jarak lebih dari 100 m, data tidak lagi dapat diterima oleh receiver. Kondisi ini menunjukkan bahwa komunikasi NRF24L01 pada lingkungan tanpa penghalang dapat mendukung kebutuhan monitoring dengan jarak hingga 100 m pada implementasi penelitian ini.

Pada kondisi dalam ruangan, data berhasil diterima pada jarak 10–65 m, sedangkan pada 70–100 m data tidak berhasil ditampilkan pada LCD maupun web. Penurunan jangkauan dibandingkan area terbuka menunjukkan pengaruh dinding dan benda padat terhadap kualitas sinyal. Hasil tersebut sejalan dengan karakteristik komunikasi NRF24L01 yang sensitif terhadap kondisi lingkungan dan penghalang

*B. Pengujian Pengiriman Data*

Pengujian sistem dilakukan pada jarak 5, 25, 50, 75, dan 100 m untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengirim, menerima, dan menampilkan data monitoring. Parameter yang diamati meliputi suhu, kelembaban, serta status komunikasi yang ditunjukkan melalui penerimaan data pada receiver. Pengujian setiap jarak dilakukan sebanyak 10 kali. Hasil pengujian pada setiap jarak ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL II
HASIL PENGUJIAN PENGIRIMAN DATA

| Jarak (m) | Rentang Suhu (°C) | Rentang Kelembaban (%) | Status komunikasi |
|---|---|---|---|
| 5 | 29,1–29,7 | 58–71% | Berhasil |
| 25 | 28,1–28,9 | 58–60% | Berhasil |
| 50 | 26,7–27,2 | 55–64% | Berhasil |
| 75 | 27,2 | 57–63% | Berhasil |
| 100 | 28,6–31,1 | 62–68% | Berhasil |

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengirim, menerima, dan menampilkan data monitoring pada seluruh jarak yang diuji, mulai dari 5 m hingga 100 m. Pada jarak 5, 25, 50, dan 75 m, komunikasi berlangsung dengan baik tanpa adanya kegagalan penerimaan data. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan jarak hingga 75 m belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keberhasilan komunikasi antara transmitter dan receiver pada area terbuka.

Pada jarak 100 m, data masih berhasil diterima dan ditampilkan oleh receiver, sehingga komunikasi tetap berlangsung dengan baik pada jarak maksimum pengujian. Hasil ini menunjukkan bahwa NRF24L01 pada konfigurasi yang digunakan mampu mendukung komunikasi data hingga 100 m pada area terbuka. Dengan demikian, jarak 100 m dapat ditetapkan sebagai batas jangkauan komunikasi yang berhasil dicapai dalam pengujian sistem ini, sedangkan jarak di atas 100 m belum dapat dipastikan karena tidak termasuk dalam batas keberhasilan pengujian.

*C. Pengujian Kendali Pompa Nitrogen*

Pengujian kendali pompa nitrogen dilakukan untuk mengetahui respons aktuator terhadap perubahan suhu. Sistem dirancang dengan aturan pompa nitrogen ON ketika suhu < 40 ºC dan OFF ketika suhu ≥ 40 ºC. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi suhu untuk memastikan respons pompa sesuai dengan aturan kendali yang diterapkan. Hasil pembacaan suhu dan informasi respon pompa data diamati pada web monitoring.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN KENDALI POMPA NITROGEN

| Kriteria Suhu (°C) | Hasil Pembacaan Suhu (°C) | Kondisi Pompa |
|---|---|---|
| < 40 | 28.3 | ON |
| 40 – 45 | 43.9 | OFF |
| > 45 | 52.5 | OFF |

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada suhu 28,3 °C, pompa nitrogen berada pada kondisi ON, sedangkan pada suhu 43,9 °C dan 52,5 °C pompa berada pada kondisi OFF. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pompa nitrogen merespons perubahan suhu sesuai dengan batas kendali yang ditetapkan. Dengan demikian, sistem mampu mengendalikan pompa nitrogen secara otomatis berdasarkan suhu yang terdeteksi sensor.

*D. Pengujian Kendali Pompa Air*

Pengujian kendali pompa air dilakukan untuk mengetahui respons aktuator terhadap perubahan kelembaban. Sistem dirancang dengan aturan pompa air ON ketika kelembaban < 50% dan OFF ketika kelembaban ≥ 50%. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi kelembaban untuk memastikan respons pompa sesuai dengan aturan kendali yang diterapkan. Hasil pembacaan kelembaban dan informasi respon pompa data diamati pada web monitoring.

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN KENDALI POMPA AIR

| Kriteria Kelembaban (%) | Hasil Pembacaan Kelembaban (%) | Kondisi Pompa |
|---|---|---|
| < 50% | 36% | ON |
| 50–60% | 57% | OFF |
| > 60% | 66% | OFF |

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kelembaban 36%, pompa air berada pada kondisi ON, sedangkan pada kelembaban 57% dan 66% pompa berada pada kondisi OFF. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pompa air merespons kondisi kelembaban sesuai dengan batas kendali yang ditetapkan. Dengan demikian, sistem mampu mengendalikan pompa air secara otomatis berdasarkan kelembaban yang terdeteksi sensor.

## IV. KESIMPULAN

Sistem monitoring dan pengendalian pengomposan berbasis Internet of Things berhasil dirancang dengan menerapkan komunikasi NRF24L01 antara transmitter dan receiver untuk mengatasi keterbatasan akses internet pada lokasi pengomposan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi data pada area terbuka berhasil hingga jarak 100 m, sehingga data kondisi pengomposan dapat diterima dan ditampilkan pada sistem monitoring. Data hasil pengukuran juga berhasil diteruskan ke server, disimpan dalam database, dan ditampilkan melalui aplikasi web secara real-time. Sistem kendali pompa nitrogen berhasil merespons suhu 28,3 °C dengan kondisi ON, serta 43,9 °C dan 52,5 °C dengan kondisi OFF, sedangkan pompa air merespons kelembaban 36% dengan kondisi ON, serta 57% dan 66% dengan kondisi OFF. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengintegrasikan fungsi pengukuran, komunikasi data, penyimpanan, pemantauan, dan pengendalian kondisi pengomposan secara terintegrasi.

## DAFTAR ACUAN


[1] A. E. Putra, A. S. P. Husada, W. P. Saputra, T. F. Putri, F. B. T. P. Ardhiawangsa, M. A. R. Erbyandhana, *et al*., "Pemanfaatan limbah organik sebagai pupuk kompos dan pupuk kandang untuk pertanian berkelanjutan," in *Prosiding Seminar Nasional Program Pengabdian Masyarakat*, vol. 8, no. 1, May 2025.

[2] R. Saraswati and R. H. Praptana, "Percepatan proses pengomposan aerobik menggunakan biodekomposer," *Jurnal Perspektif*, vol. 16, no. 1, pp. 44–56, 2017.

[3] M. Aprizal and A. Wagyana, "Implementasi dan pengujian sistem otomatisasi pengomposan pupuk kompos berbasis Internet of Things," *Spektral*, vol. 6, no. 2, pp. 345–351, 2025.

[4] K. Diantoro, "Implementasi sensor MQ-4 dan sensor DHT22 pada sistem kompos pintar berbasis IoT (SIKOMPI)," *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 14, no. 3, pp. 84–94, 2020.

[5] A. Amir, U. Suwardoyo, and I. N. P. Irwan, "Measurement and monitoring system for agricultural soil environmental parameters based on the Internet of Things," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 18–23, 2025.

[6] N. Rahman, R. Purnamasari, and Y. Eliskar, "Rancang bangun alat otomatisasi pengomposan dari sampah organik berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 6, no. 4, pp. 674–682, 2024.

[7] D. Hercog, T. Lerher, M. Truntič, and O. Težak, "Design and implementation of ESP32-based IoT devices," *Sensors*, vol. 23, no. 15, p. 6739, 2023

[8] I. M. I. W. C. Sujana, R. S. Rahmany, and Y. C. Batubara, "Pengembangan sistem monitoring IoT microbubble generator berbasis ESP32 untuk mendukung akuakultur," *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 6, no. 2, pp. 99–108, 2025.

[9] F. A. J. Vaz, T. Sangeetha, S. U. S. Leksmi, and A. Dhanusha, "Performance analysis of nRF24L01 wireless module," in *2024 5th International Conference on Data Intelligence and Cognitive Informatics (ICDICI)*, Nov. 2024, pp. 216–222. IEEE.

[10] I. G. M. N. Desnanjaya and M. D. Alfian, "Pengiriman data NRF24L01+ dengan kondisi line of sight dan non line of sight," *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, vol. 3, no. 2, pp. 128–139, 2020.