

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PROSES PEMBUATAN KOMPOS DARI SAMPAH RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)

(Monitoring System Design Based On Internet Of Things (Iot) For The Process Of Compost From Household Waste)

Sasmita Prawira Diharja*^[1], I Wayan Agus Arimbawa^[1], Ariyan Zubaidi^[1]

^[1]Dept Informatics Engineering, Mataram University

Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

Email: rajacola833@gmail.com, [arimbawa, zubaidi13]@unram.ac.id

Abstract

Household waste is one of the largest contributors to environmental waste, reaching 39.63% of the total 19.45 million tonnes of waste produced in Indonesia in 2022 from National Waste Management Information System (SIPSN) data. Waste is a very serious environmental problem that continues to be faced by the government and society. The waste produced every year increases along with the increase in population. Making compost from household organic waste is one solution at the household level to reduce the impact of waste and provide organic fertilizer for plants. However, the main problem is the lack of waste processing and public awareness. As an alternative solution, the use of the Internet of Things (IoT) can be utilized. This research utilizes the NodeMCU ESP8266 and DHT11, MQ4 sensors and incandescent lamps to monitor and control the compost making process. Through integration with the Telegram bot, this system allows users to monitor and manage the process remotely, which in turn contributes to reducing waste, environmental pollution and providing organic fertilizer. In this study, the results obtained during the 15 day compost making process had an average temperature of 40.63, humidity 67%, and methane gas produced was less than 700 ppm. The odor produced during composting smells earthy and fragrant, has a brownish black color, and has a crumbly texture, softens easily, and experiences weight loss. From the characteristics above, it can be interpreted that the compost made has good quality.

Keywords: Compost, DHT11, IoT, Monitoring System, NodeMCU ESP8266

*Correspondence Author

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampah merupakan masalah lingkungan yang sangat serius yang terus dihadapi pemerintah dan masyarakat. Jumlah sampah yang dihasilkan setiap tahunnya terus meningkat dengan bertambahnya jumlah penduduk^[1]. Sampah rumah tangga merupakan salah satu penyumbang sampah terbesar kepada lingkungan. Menurut data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), jumlah sampah yang dihasilkan di Indonesia sepanjang tahun 2022 sebanyak 19,45 juta ton. Berdasarkan jumlah tersebut, 39,63% merupakan sampah rumah tangga. Sampah rumah tangga seperti sayur dan buah atau makanan yang sudah membusuk dapat dimanfaatkan untuk diolah menjadi pupuk kompos. Hasil akhir yang diharapkan adalah selain akan memenuhi kebutuhan

unsur hara bagi tanaman, pembuatan pupuk organik ini juga menjadi upaya untuk mengurangi sampah-sampah yang sudah terlalu banyak^[2]. Walaupun dalam skala kecil, hal ini dapat memberikan dampak yang sangat signifikan yang dapat mengurangi masalah sampah.

Salah satu cara untuk menekan pertumbuhan sampah dilingkungan ialah dengan cara memanfaatkan sampah organik menjadi bahan pembuatan kompos, sehingga mengurangi penumpukan sampah pada dilingkungan.

Kompos merupakan salah satu bahan organik yang mengalami proses pelapukan, karena terjadinya interaksi antara mikroorganisme yang bekerja di dalamnya. Saat proses kompos berlangsung, sampah organik akan diuraikan oleh berbagai jenis mikroba atau jasa renik secara alami. Jenis mikroba dan jasad renik yang terlibat dalam proses pembentukan kompos antara lain yaitu bakteri dan jamur. Proses pembuatan

kompos pada sampah rumah tangga dimulai dengan menyiapkan sampah organik. Sampah organik kemudian dicampurkan dengan tanah pada wadah, kemudian diaduk hingga merata. Proses selanjutnya yaitu mendiampkannya selama 1-3 minggu dalam wadah tertutup, sehingga sampah organik tersebut mengalami proses pembusukan. Dalam proses mendiampkan sampah organik perlu dilakukan pengecekan suhu dan kelembaban, suhu optimal selama proses kompos berlangsung berkisar 35-45°C[3] dengan tingkat kelembaban 40-60%[4]. Selanjutnya dibuka hasil diaman, jika kompos terlihat masih basah maka dilakukan proses pengeringan, pengeringan biasa dilakukan pada panas terik matahari. Proses pengeringan berlangsung selama 2-7 hari hingga sampah dan tanah terlihat kering, hingga kompos bisa digunakan. Warna kompos yang sudah matang adalah coklat kehitaman (gelap) menyerupai tanah[5]. Kondisi yang optimal diperlukan dalam proses peruraian ini seperti ketersediaan nutrisi yang memadai, keberadaan udara yang cukup, serta kelembaban yang tepat. Untuk mengganti cara konvensional dalam pembuatan kompos, maka diperlukannya rancang bangun monitoring yang akan mempengaruhi kecepatan proses produksi serta kualitas kompos yang dihasilkan[6].

Berdasarkan permasalahan yang ada, terdapat solusi alternatif untuk menyelesaikan masalah tersebut, yaitu dengan membuat rancang bangun sistem monitoring proses pembuatan kompos berbasis NodeMCU ESP8266 dengan menghubungkan sensor DHT11, MQ4, dan Lampu pijar. Sistem ini menggunakan prinsip kerja Internet of Things, sehingga perangkat di dalamnya terhubung saling berkomunikasi dan bertukar data untuk memantau, mengontrol, dan memberikan informasi. Rancang Bangun Sistem monitoring proses pembuatan kompos ini bertujuan untuk memantau dan memungkinkan peneliti untuk mengontrol serta memantau sistem secara jarak jauh. Dengan adanya sistem ini diharapkan dapat membantu memudahkan dalam mengurangi jumlah sampah, pencemaran lingkungan, dan memberikan kesuburan pada tanaman.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Berikut merupakan tinjauan pustaka dari penelitian yang terkait yang telah dilakukan sebelumnya, sebagai bahan acuan untuk melakukan penelitian ini.

Penelitian dengan judul implementasi sensor MQ 4 dan sensor DHT 22 pada sistem kompos pintar berbasis IoT yang disusun oleh Kevin Diantoro, Reni Rahmadewi, dan Ibrahim. Pada penelitian ini,

melakukan monitoring pada alat pembuatan kompos dengan sistem IoT yang dengan mudah untuk memonitoring kondisi suhu, kelembaban, dan kandungan gas metana yang ada pada kompos. Hasil data yang dikeluarkan pada penelitian ini penggunaan sensor DHT 22 sebesar suhu 1.2°C dengan *error* 3.6% dan kelembaban sebesar 0.1%. *Error* yang terjadi sebesar 1%, MQ 4 kadar gas pada hari pertama sebesar 324 ppm dan sampai hari ke 10 sebesar 227 ppm dan Wemos D1 R1 sebagai pengolahan data dan komunikasi antara sensor dan aplikasi Blynk[3]. Penelitian yang diusulkan menggunakan sensor DHT11 sebagai pengecek suhu dan kelembaban dikarenakan penggunaan sensor memiliki *error* relatif lebih sedikit dan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler lebih cocok digunakan. NodeMCU ESP8266 akan mengirim data ke Telegram untuk mendapatkan pesan notifikasi secara *real-time* sekaligus sebagai pengontrol dan Lampu pijar sebagai pemanas kompos.

Penelitian dengan judul modifikasi alat pengomposan berbasis *internet of things* pada proses dekomposisi kompos yang disusun oleh Fahrul Rahman, Lahming, Fathahillah, Khaidir Rahman, dan Muhammad Rizal. Pada penelitian ini, melakukan modifikasi alat pengomposan berbasis *internet of things* diperoleh rata-rata tingkat kesalahan sensor DHT 11 9.67% dan untuk sensor soil moisture diperoleh rata-rata tingkat kesalahan sensor 60.66%. Penelitian ini menggunakan sensor DHT 11, sensor soil moisture, dan *Fun CPU* yang akan menghubungkan NodeMCU ESP8266 dengan aplikasi Blynk[7]. Penelitian yang diusulkan menggunakan aplikasi Telegram sebagai monitoring dikarenakan aplikasi Telegram sudah memiliki fitur *chatbot* yang dapat diperintahkan sesuai arahan dan notifikasi untuk memberikan informasi terkini kompos sehingga peneliti dapat lebih mudah mengontrol kompos yang akan dibuat. Selain itu peneliti juga menggunakan Lampu pijar sebagai pemanas saat pengomposan berlangsung jika kompos memiliki kondisi yang kurang optimal.

Pembeda Penelitian yang berjudul Rancang Bangun Sistem Monitoring Proses Pembuatan Kompos dari Sampah Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things (IoT) dengan penelitian sebelumnya adalah perbedaan pemakaian alat dan perbedaan terhadap hasil penelitian yang dituju. Penelitian ini memiliki fokus terhadap perancangan sistem IoT dan kelayakan terhadap hasil akhir dari pengomposan. Berdasarkan beberapa penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, keseluruhan penelitian tersebut hanya dilakukan perancangan sistem dengan pengujian kesalahan alat yang digunakan. Penelitian sebelumnya

masih belum menunjukkan kualitas *output* melalui proses pengomposan yang berbasis IoT, hingga penelitian yang berjudul Rancang Bangun Sistem Monitoring Proses Pembuatan Kompos Dari Sampah Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things (Iot) perlu dilakukan.

2.1. Pupuk Kompos

Pupuk kompos merupakan bahan yang berasal dari proses penguraian sampah organik[8]. Pupuk kompos merupakan hasil dari proses bagian-bagian dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial seperti penambahan air perasan beras yang akan merangsang pertumbuhan perkembangan mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik[9].

2.2. Internet Of Things (IoT)

Internet of things adalah singkatan dari IoT, merupakan gagasan yang memiliki konsep dengan tujuan memperluas kegunaan dari koneksi internet yang tersambung secara tidak berhenti yang dapat berkomunikasi satu dengan lainnya sebagai bagian dari satu kesatuan sistem yang terpadu dengan akses jaringan internet sebagai penghubung[10].

2.3. NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 adalah mikrokontroler seperti Arduino yang dilengkapi dengan *module WIFI ESP8266* di dalamnya. Mikrokontroler ini bagian dari platform IoT yang bersifat *open source*[11]. Dalam pengoperasiannya, NodeMCU ESP8266 dibutuhkan suatu program agar bekerja sesuai apa yang diinginkan. Aplikasi yang dapat hal tersebut adalah Arduino IDE.

Dalam pengoperasiannya, NodeMCU ESP8266 dibutuhkan suatu program agar bekerja sesuai apa yang diinginkan. Aplikasi yang dapat hal tersebut adalah Arduino IDE.

2.4. DHT11

DHT11 merupakan alat sensor suhu dan kelembapan yang digabungkan dalam satu modul. Sensor DHT11 akan memiliki *output* luaran berupa sinyal digital yang sudah memiliki tanda-tanda yang menyatakan skala[12].

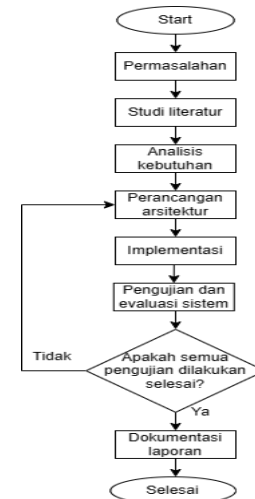
2.5. Telegram

Telegram merupakan sebuah aplikasi layanan pengirim pesan gratis dengan fokus pada kecepatan dan keamanan. Telegram memiliki *bot* yang dapat dibuat dengan gratis untuk mengirimkan pesan kepada *user* sesuai yang akan diperintahkan[13].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada proses penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berikut penjelasan terkait langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan untuk membangun sistem monitoring proses pembuatan kompos:

1. Pada tahap permasalahan dilakukannya pengumpulan informasi yang diperlukan untuk memahami masalah atau kebutuhan serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi masalah yang ada.
2. Pada tahap studi literatur, melakukan riset terhadap materi atau informasi yang terkait dengan masalah atau kebutuhan yang akan dipecahkan oleh sistem yang dibuat. Pada tahap ini mengumpulkan dan menganalisis informasi yang diperoleh dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, artikel, dan sumber penelitian lain yang berhubungan dengan penelitian ini.
3. Pada tahap analisis, kebutuhan sistem seperti alat dan bahan perlu dilakukannya analisis, yaitu menjelaskan fungsi yang diperlukan untuk merancang serta membangun sistem.
4. Pada tahap perancangan arsitektur, menentukan bagaimana sistem tersebut akan dirancang yang terdiri dari komponen-komponen yang saling terhubung, serta bagaimana komponen-komponen tersebut akan mencapai tujuan yang telah ditentukan.
5. Pada tahap implementasi, sistem yang telah direncanakan akan menjadikan sistem yang dapat

digunakan. Pada tahap ini, membuat perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat, serta menyiapkan fasilitas yang diperlukan untuk menjalankan sistem.

6. Pada tahap pengujian dan evaluasi sistem, melakukan uji coba terhadap sistem yang telah dibuat untuk memastikan bahwa sistem tersebut dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Jika tidak berjalan sesuai kebutuhan, maka akan dilakukan perbaikan pada tahap perancangan perangkat.
7. Pada tahap dokumentasi laporan, menyusun laporan yang menjelaskan secara detail tentang proses pembuatan sistem yang telah dilakukan. Laporan harus mencakup semua tahap-tahap yang telah dilakukan, mulai dari tahap studi literatur hingga tahap peluncuran sistem.

3.2. Analisa Kebutuhan Alat dan Bahan

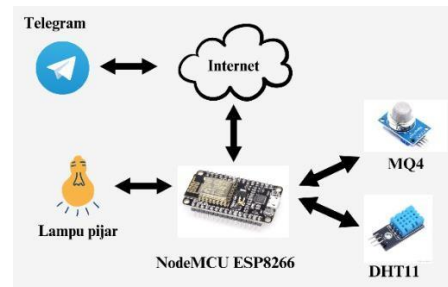
Analisis yang dilakukan meliputi analisis kebutuhan alat dan bahan. Adapun perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. 1 buah NodeMCU ESP8266 sebagai pusat pengendali dan kontrol alat.
2. 1 buah sensor DHT11 sebagai mendeteksi suhu dan kelembapan.
3. 1 buah sensor MQ4 sebagai mendeteksi gas.
4. 1 buah Relay 1 *channel* sebagai *switch*.
5. 1 buah lampu pijar 25 watt sebagai pemanas kompos.
6. 1 buah Breadboard sebagai alat bantu merangkai rangkaian dikarenakan mikrokontroler memiliki keterbatasan pin.
7. 1 buah *Box* EZ 82 dengan ukuran P 67 cm x L 47 cm x T 40 cm sebagai wadah kompos.
8. Laptop sebagai media pembangun sistem dan alat pengujian sistem.
9. Sistem operasi yang digunakan adalah *Windows* 11.
10. Aplikasi Arduino IDE sebagai aplikasi untuk membuat dan memasukkan *code* ke dalam mikrokontroler.

11. Aplikasi Telegram sebagai pembuat *chatbot* pada sistem yang digunakan untuk menampilkan notifikasi pesan.

3.3. Arsitektur Sistem

Perancangan arsitektur sistem dilakukan untuk merancang arsitektur dan alur kerja dari Sistem Monitoring Proses Pembuatan Kompos Dari Sampah Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things (IoT).

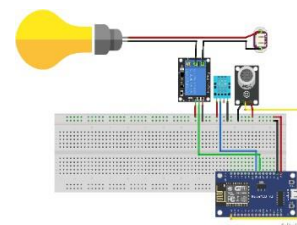


Gambar 2. Rancangan Arsitektur Sistem

Pada Gambar 2 merupakan rancangan arsitektur sistem. Dengan DHT11 dan MQ4 akan mengecek suhu, kelembapan, dan gas yang akan mengirim data ke NodeMCU ESP8266. NodeMCU ESP8266 akan mengirimkan proses data yang sudah dilakukan oleh DHT11 dan MQ4, kemudian sistem menampilkan notifikasi dari Telegram secara *real-time* yang terhubung dengan internet. Lampu pijar akan dinyalakan jika kompos memiliki suhu kurang dari 35-45°C dengan pesan notifikasi yang akan muncul di Telegram.

3.4. Rancangan Perangkat Keras

Pada tahap perancangan perangkat keras merupakan tahap untuk memulai penyusunan perangkat yang akan digunakan pada objek sistem. Terdapat rancangan perangkat keras pada NodeMCU ESP8266.



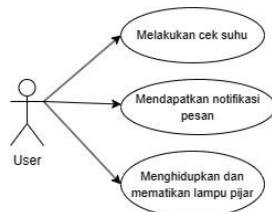
Gambar 3. Rancangan Perangkat Keras

Pada Gambar 3 merupakan rancangan perangkat keras untuk sistem yang dibuat, terdapat NodeMCU ESP8266 terhubung dengan DHT11, MQ4, Relay, dan Lampu pijar sehingga menjadi satu perangkat yang terhubung.

3.5. Rancangan Chatbot Telegram

Pada tahap rancangan ini, terdapat *chatbot* Telegram untuk mendapatkan notifikasi apabila kompos memiliki suhu kurang dari 35-45°C yang diperiksa pada sensor DHT11. Setelah itu sistem dapat menghidupkan atau mematikan lampu sesuai perintah yang sudah diberikan.

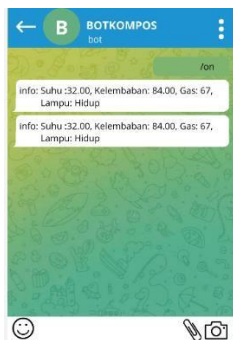
3.4.1 Use Case Diagram



Gambar 4. Use Case Diagram

Gambar 4 merupakan *use case* diagram dari sistem yang akan dibuat, terdapat *user* akan mengola sistem. *User* dapat melakukan perintah cek suhu untuk melihat keadaan suhu, kelembapan, dan gas terkini. *User* juga mendapatkan pesan notifikasi secara *real-time* dan *user* dapat menghidupkan atau mematikan lampu pijar sesuai perintah pada *chatbot* Telegram.

3.4.2 Prototype User Interface



Gambar 5. User Interface Notifikasi dan Perintah ON

Gambar 5 merupakan *user interface chatbot* Telegram. Perintah “/on” merupakan perintah untuk menjalankan sistem dan *chatbot* Telegram akan mengirimkan pesan notifikasi keadaan suhu, kelembapan, gas, dan lampu terkini.



Gambar 6. User Interface Notifikasi dan Perintah OFF

Gambar 6 merupakan *user interface chatbot* Telegram. Perintah “/off” merupakan perintah untuk mengakhiri sistem.

3.6. Pengujian dan Evaluasi Sistem

Pada tahap pengujian dan evaluasi sistem, dilakukan uji coba terhadap sistem yang dibuat. Pengujian ini dilakukan di dalam ruangan untuk memastikan sistem dapat bekerja dengan sesuai dengan yang diharapkan dan mengevaluasi sistem yang telah dibuat untuk menilai sistem berjalan atau tidak. Adapun beberapa pengujian yang akan dilakukan sebagai berikut.

3.5.1 Pengujian Perangkat Keras

Pada tahap pengujian perangkat keras, dilakukan pengujian apakah DHT11 dapat mengecek suhu dan kelembapan dan MQ4 dapat mengecek gas. Hasil akan dikirim dan diproses ke NodeMCU ESP8266. Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi sistem dapat mengidentifikasi, serta untuk mengevaluasi apakah pesan notifikasi berhasil dikirim sesuai kondisi terkini. Pengujian perangkat keras dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL I. PENGUJIAN PERANGKAT KERAS

Perangkat Keras	Pengujian
NodeMCU ESP8266	Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah sistem dapat melakukan proses deteksi kompos melalui menghubungkannya dengan NodeMCU ESP8266. NodeMCU ESP8266 menerima <i>input</i> dari <i>chatbot</i> Telegram dan memberikan <i>output</i> berupa perintah pada perangkat yang terhubung DHT11 dan MQ4 untuk mengecek suhu, kelembapan, dan gas.
DHT11	Pengujian ini dilakukan untuk melihat DHT11 apakah bisa mengecek suhu dan kelembapan pada kompos. Pengujian ini juga dilakukan untuk memeriksa DHT11 apakah dapat mengirim informasi ke NodeMCU ESP8266.
MQ4	Pengujian ini dilakukan untuk melihat MQ4 apakah bisa mengecek gas pada kompos. Pengujian ini juga dilakukan untuk memeriksa MQ4 apakah dapat mengirim informasi ke NodeMCU ESP8266.

Lampu pijar	Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah lampu bisa dinyalakan atau dimatikan apabila suhu kompos kurang optimal pada perintah yang sudah diberikan.
-------------	--

3.5.2 Pengujian Perintah *Chatbot* Telegram

Pengujian perintah *chatbot* Telegram untuk mengamati serta menganalisis kemampuan fungsional pada *chatbot* Telegram digunakan untuk menampilkan data terkini. Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah *chatbot* Telegram dapat memberikan informasi sesuai dengan yang diharapkan, dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL II. PENGUJIAN PERINTAH *CHATBOT* TELEGRAM

Perintah	Keterangan
/on	Perintah untuk menjalankan sistem
/info	Perintah untuk melihat kondisi terkini kompos
/off	Perintah untuk mematikan sistem

3.5.3 Skenario Pengujian

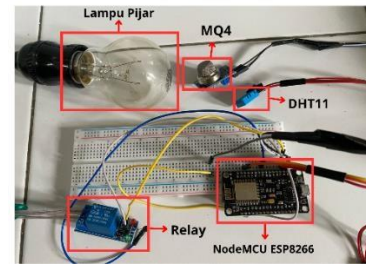
Dilakukan langkah-langkah dalam pengujian terhadap sistem. Adapun tahap skenario pengujiannya sebagai berikut:

1. Langkah pertama dimulai dengan menjalankan sistem dengan menggunakan perintah “/on” pada *chatbot* Telegram.
2. Langkah kedua dengan melakukan pengecekan suhu dengan perintah “/info” pada *chatbot* Telegram.
3. Langkah selanjutnya sistem akan mendeteksi suhu dan kelembapan kompos, jika kompos terdeteksi memiliki suhu kurang dari 35-45°C dan kelembapan melebihi 40-60% maka sistem akan mengirim pesan notifikasi ke *chatbot* Telegram dengan kondisi keadaan suhu, kelembapan, dan lampu terkini.
4. Untuk mematikan sistem dapat melakukan dengan perintah “/off” pada *chatbot* Telegram.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Rancangan Perangkat keras

Pada tahap implementasi rancangan perangkat keras ini menggunakan NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan DHT11, MQ4, Relay, dan Lampu pijar sebagai perangkat keras (*hardware*). Tampilan pada NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan DHT11, MQ4, Relay, dan Lampu pijar dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. NodeMCU ESP8266, DHT11, MQ4, Relay, dan Lampu pijar

Pada tahap implementasi ini, secara umum, ada beberapa komponen utama yang digunakan dan dipasangkan pada NodeMCU ESP8266 yaitu DHT11, MQ4, dan Relay. Komponen-komponen utama tersebut mengirim data ke NodeMCU ESP8266 untuk mendapatkan pesan notifikasi ke *chatbot* Telegram secara *realtime*.



Gambar 8. Sensor DHT11

Gambar 8 merupakan sensor DHT11 yang memiliki fungsi untuk mengecek suhu dan kelembapan.



Gambar 9. Sensor MQ4

Gambar 9 merupakan sensor MQ4 yang memiliki fungsi untuk mengecek gas metana yang dihasilkan.

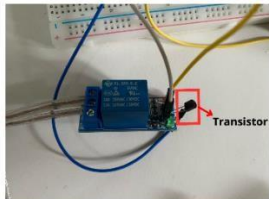


Gambar 10. Lampu Pijar

Gambar 10 merupakan Lampu pijar yang memiliki fungsi untuk memanaskan kompos. Dikarenakan Lampu pijar sebagai pengganti matahari, suhu pada Lampu pijar dapat dimanfaatkan untuk memanaskan kompos.

Relay memiliki fungsi sebagai switch penyambung dan pemutus arus. Terdapat kendala saat mengimplementasikan rancangan pada Relay yaitu

Relay tidak dapat berfungsi dengan cukup baik dikarenakan tegangan yang diterima Relay dari mikrokontroler tidak terlalu sesuai. Untuk menghindari hal yang tidak diinginkan, menambahkan komponen yaitu Transistor pada Relay dapat dimanfaatkan. Transistor memiliki fungsi sebagai proteksi ketika tegangan arus yang diterima lebih besar maka komponen seperti Relay terlindungi, sehingga Relay sudah berfungsi dengan baik dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Relay dan Transistor

4.2. Realisasi Rancangan Perangkat Keras

Bagian ini membahas tentang realisasi rancangan perangkat keras dari penelitian “Rancang Bangun Sistem Monitoring Proses Pembuatan Kompos dari Sampah Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things (Iot)” dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Realisasi Perangkat Keras Sistem Monitoring Proses Pembuatan Kompos

Gambar 12 merupakan bagian pelindung untuk melindungi perangkat (NodeMCU ESP8266) yang dibuat dari kardus.



Gambar 13. Realisasi Perangkat Keras Dalam Pelindung

Gambar 13 merupakan komponen utama pada mikrokontroler. Terdiri dari Breadboard, NodeMCU ESP8266, dan Relay yang terhubung dalam satu rangkaian.

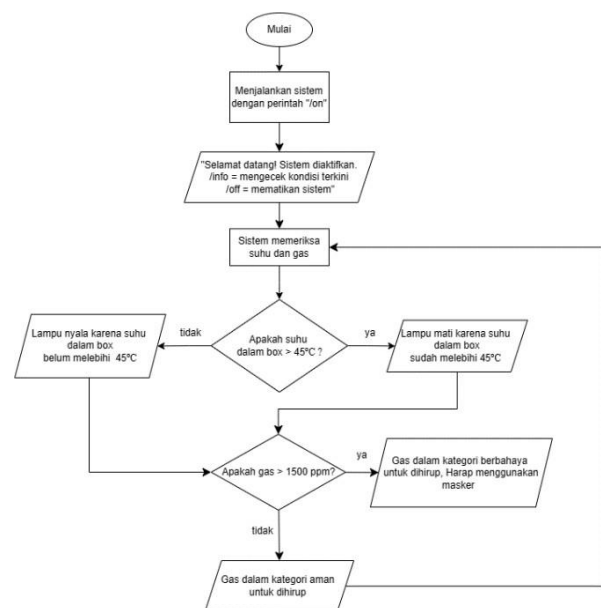


Gambar 14. Realisasi Perangkat Keras Dalam Box

Gambar 14 merupakan komponen perangkat yang berada dalam box yang terdiri dari lampu pijar, DHT11, dan MQ4.

4.3. Implementasi Pembuatan Control Application

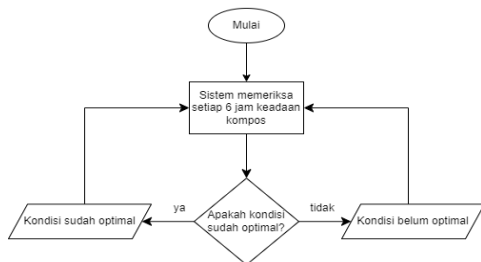
Untuk pengimplementasian *control application* digunakan bahasa pemrograman bahasa C dengan modul yang bisa digunakan untuk membantu pengembangan sistem ini. Dibuatlah *flowchart* program *control application* Telegram pada Gambar 15, 16, dan 17.



Gambar 15. Alur Struktur Pembangunan Control Application Kondisi Satu

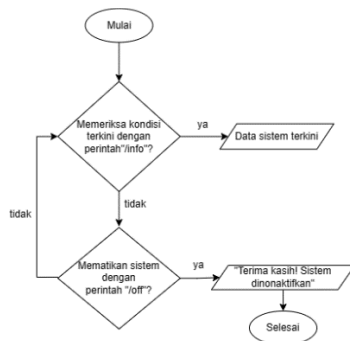
Berdasarkan *flowchart* pada Gambar 15, Pembangunan *control application* diawali dengan menjalankan sistem dengan perintah “/on”. Pada saat menjalankan sistem, proses inialisasi terjadi dengan meng-*import library* yang dibutuhkan untuk sensor. Selanjutnya pesan akan terkirim ke Telegram dengan output “Selamat datang! Sistem diaktifkan. /info = mengecek kondisi terkini. /off = mematikan sistem”. Setelah output dikeluarkan oleh sistem, sistem akan menjalankan tiga kondisi sekaligus. Kondisi pertama,

sistem akan secara otomatis mengecek suhu, kelembapan, dan gas untuk mengetahui apakah lampu dalam keadaan mati atau hidup. Notifikasi pesan akan terkirim secara *real-time* ke Telegram kondisi dari lampu, apakah lampu hidup atau mati. Lampu akan mati ketika suhu dalam *box* sudah melebihi 45°C dan lampu akan menyala ketika suhu dalam *box* belum melebihi 45°C. Gas dengan lebih dari 1500 ppm akan memberikan notifikasi “Gas dalam kategori berbahaya untuk dihirup, Harap menggunakan masker” dan gas kurang dari 1500 ppm memberikan notifikasi “Gas dalam kategori aman untuk dihirup”.



Gambar 16. Alur Struktur Pembangunan *Control Application* Kondisi Kedua

Kondisi kedua, sistem akan mengirim pesan ke Telegram secara *real-time* selama 6 jam sekali untuk mem-*backup* data kondisi kompos berlangsung apabila terjadi kendala seperti jaringan dan mati listrik yang akan menyebabkan sistem mati. Kondisi pertama dan kedua akan terus *looping* selama sistem masih dalam keadaan “on”.



Gambar 17. Alur Struktur Pembangunan *Control Application* Kondisi Ketiga

Kondisi ketiga, sistem akan menampilkan *output* “/info” untuk mengecek kondisi terkini dan “/off” untuk mematikan sistem. Jika *user* memilih perintah “/info” maka sistem akan mengirim data ke Telegram dengan kondisi kompos terkini. Jika *user* memilih perintah “/off” maka sistem akan dinonaktifkan.

4.4. Implementasi *Chatbot* telegram



Gambar 18. Tampilan *Chatbot* Telegram

Gambar 18 merupakan tampilan pada *chatbot* Telegram yang di mana *user* akan menerima pesan notifikasi kompos dan *user* dapat memasukkan perintah pada *chatbot* Telegram seperti melakukan perintah “/info” untuk mengecek kondisi terkini kompos, dan mematikan sistem dengan perintah “/off”.

4.5. Hasil Pengujian Alat

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah hasil yang diperoleh dengan sesuai dengan apa yang diharapkan berdasarkan pada Tabel 3.

TABEL III. HASIL PENGUJIAN HARDWARE

Pengujian	Hasil	Status
Mikrokontroler NodeMCU ESP8266	Penggunaan NodeMCU ESP8266 efektif sebagai mikrokontroler dengan menghubungkan DHT11 dan MQ4. <i>Input</i> yang diterima dari <i>chatbot</i> Telegram dan <i>output</i> berupa perintah.	Berhasil
DHT11	DHT11 dapat menerima <i>input</i> berupa data suhu dan kelembapan, dan mengirim <i>output</i> ke <i>chatbot</i> Telegram	Berhasil
MQ4	MQ4 dapat menerima <i>input</i> berupa gas metana dan mengirim <i>output</i> ke <i>chatbot</i> Telegram.	Berhasil
Lampu Pijar	Lampu pijar dapat dinyalakan apabila kondisi belum optimal dan dimatikan jika memiliki suhu optimal	Berhasil

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa hasil pengujian yang didapatkan sudah sesuai dengan apa yang diharapkan. Dilakukan pengujian terhadap 4 *hardware* yang dibuat. Seluruh pengujian yang dinyatakan berhasil atau lolos uji. Hal tersebut menandakan bahwa seluruh *hardware* yang dibuat dapat digunakan sesuai dengan ketentuan yang sudah dibuat.

TABEL IV. HASIL PENGUJIAN PADA PERANGKAT KERAS DAN SISTEM MONITORING

Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil	Status
Mati listrik	Lampu pijar tidak berfungsi	Alat (lampu pijar) tidak berfungsi karena tidak terhubung dengan aliran listrik	Berhasil
Nyala listrik	Lampu pijar dapat berfungsi	Alat (lampu pijar) berfungsi (mati/nyala) ketika alat dinyalakan karena terhubung dengan aliran listrik	Berhasil
Suhu <i>box</i> kurang dari 45°C	Lampu pijar akan menyala	Lampu pijar menyala selama suhu <i>box</i> kurang dari 45°C	Berhasil
Suhu <i>box</i> lebih dari 45°C	Lampu pijar akan mati	Lampu pijar mati selama suhu <i>box</i> masih diatas 45°C	Berhasil
Jaringan dengan konektivitas tidak terhubung internet	Sistem tidak dapat terkoneksi dengan perangkat (sensor) yang dibuat	Sistem tidak terkoneksi dengan perangkat (sensor yang dibuat) selama jaringan tidak terhubung dengan internet	Berhasil
Jaringan dengan konektivitas terhubung internet	Sistem dapat terkoneksi dengan perangkat (sensor) yang dibuat	Sistem terkoneksi dengan perangkat (sensor yang dibuat) selama jaringan terhubung dengan internet	Berhasil
Gas dalam <i>box</i> lebih dari 1500 ppm	Sistem dapat memberikan notifikasi pada chatbot Telegram gas dalam keadaan berbahaya untuk kesehatan	Sistem memberikan notifikasi pada chatbot Telegram dengan kondisi gas melebihi 1500 ppm	Berhasil
Gas dalam <i>box</i> kurang dari 1500 ppm	Sistem dapat memberikan notifikasi pada chatbot Telegram gas dalam keadaan aman untuk dihirup	Sistem memberikan notifikasi pada chatbot Telegram dengan kondisi gas kurang dari 1500 ppm	Berhasil

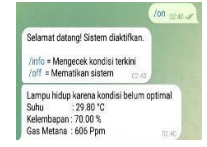
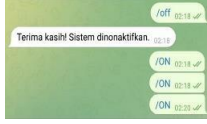

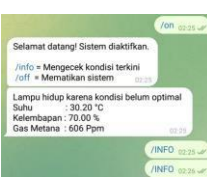
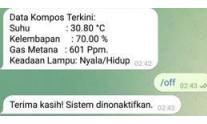

Pada Tabel 4 dilakukan 8 pengujian terhadap perangkat dan sistem monitoring yang dibuat. Seluruh pengujian dinyatakan lolos uji atau berhasil sesuai dengan hasil pengujian yang diharapkan. Dapat dilihat pada pengujian ke lima, alat tidak menunjukkan *output* yang diharapkan dikarenakan kurangnya sinyal jaringan yang digunakan. Hal ini bisa dilihat pada *setup* Arduino pada bagian Serial Monitor menunjukkan *output* "Connecting to WiFi...". Pada pengujian ke enam, alat sudah dapat merespon dan memproses data sesuai yang diinginkan. Hal ini menandakan bahwa alat sudah bisa digunakan. Pada pengujian ke tujuh, sistem memberikan notifikasi secara otomatis jika gas melebihi 1500 ppm dengan *output* yang

diberikan di Telegram "Gas dalam kategori berbahaya untuk dihirup, Harap menggunakan masker". Pada pengujian ke delapan, sistem juga memberikan notifikasi secara otomatis jika gas kurang dari 1500 ppm dengan *output* yang diberikan di Telegram "Gas dalam kategori aman untuk dihirup".

4.6. Hasil Pengujian Chatbot Telegram

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah hasil dari perintah yang sudah dirancang sesuai dengan apa yang diharapkan berdasarkan pada Tabel 6.

TABEL V. HASIL PENGUJIAN CHATBOT TELEGRAM

Perintah	Hasil	Hasil pada chatbot Telegram	Status
/on	Perintah "/on" dapat menjalankan sistem		Berhasil
/ON (kapital)	Perintah "/ON" dalam bentuk kapital tidak dapat digunakan		Berhasil
/info	Perintah "/info" dapat melihat kondisi terkini kompos		Berhasil
/INFO (kapital)	Perintah "/INFO" dalam bentuk kapital tidak dapat digunakan		Berhasil
/off	Perintah "/off" dapat mematikan sistem		Berhasil
/OFF (kapital)	Perintah "/OFF" dalam bentuk kapital tidak dapat digunakan		Berhasil

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa hasil pengujian perintah pada chatbot Telegram sudah sesuai dengan apa yang diharapkan. Pengujian pertama dilakukan dengan perintah "/on" dengan memastikan sistem apakah berjalan atau tidak. Sistem secara sukses merespon perintah tersebut dan mengaktifkan sistem chatbot Telegram. Pengujian kedua dilakukan dengan perintah "/info" untuk memastikan apakah sistem dapat menampilkan data terkini kompos atau tidak. Pengujian yang dilakukan sistem secara sukses

merespon namun terdapat delay pada saat melakukan perintah disebabkan oleh koneksi jaringan internet. Pengujian ketiga dilakukan dengan perintah “/off” untuk memastikan apakah sistem dapat dimatikan atau tidak. Pengujian yang dilakukan sistem secara sukses merespon perintah yang sudah diberikan user.

4.7. Karakteristik Kompos

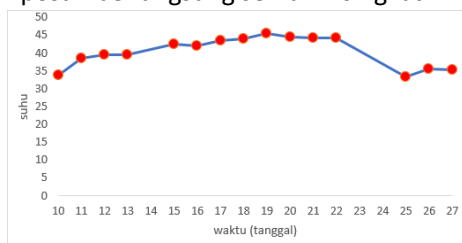
Adapun karakteristik dari hasil akhir kompos pada penelitian ini antara lain:

4.7.1 Bau

Kompos yang sudah matang berbau seperti tanah dan harum. Pada awal pengomposan tercium bau tidak sedap. Hal ini diduga terhambatnya aerasi sehingga terjadi proses anaerob yang menghasilkan bau tidak sedap. Kompos yang berbau tidak sedap menandakan bahwa kualitas kompos tersebut tidak baik, sedangkan kompos yang berbau tanah menandakan bahwa kompos tersebut kualitasnya baik

4.7.2 Suhu

Salah satu faktor utama yang penting dalam pengomposan yaitu suhu ruang pengomposan yang digunakan selama proses pengomposan. Semakin cepat suhu dalam ruang meningkat, waktu pengomposan berlangsung semakin singkat.



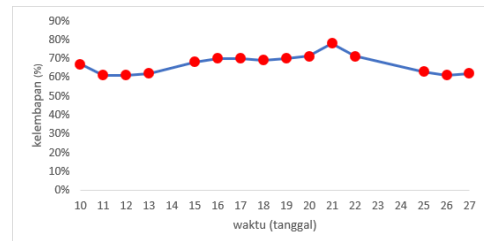
Gambar 19. Grafik Suhu Hasil Pengomposan Menggunakan Telegram bot

Berdasarkan grafik pada Gambar 19, suhu pada proses pengomposan memiliki rentang suhu 35°C-45°C, rentangan suhu tersebut memenuhi kriteria pengomposan yang optimal. Hasil yang didapatkan memiliki rata-rata nilai sebesar 40.36%. Menjaga kestabilan suhu pada suhu optimal 35°C-45°C sangat penting dalam pembuatan kompos agar proses penguraian oleh mikroorganisme ataupun makroorganisme berjalan dengan optimal[3].

4.7.3 Kelembapan

Kelembapan adalah jumlah air yang terkandung di dalam udara. Pada proses pengomposan, kelembapan relatif udara pada ruang pengomposan dapat mempengaruhi laju pengomposan, semakin rendah kelembapan udara pada ruang pengomposan, maka

semakin optimal proses pengomposan berlangsung. Kelembapan relatif dapat dipengaruhi oleh suhu yang digunakan selama proses pengomposan. Semakin tinggi suhu, maka nilai kelembapan relatif akan semakin kecil. Adapun grafik yang menunjukkan kelembapan pada kompos ditunjukkan pada Gambar 20.

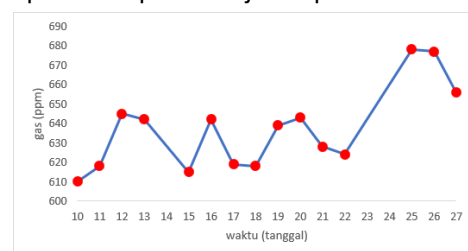


Gambar 20. Grafik Kelembapan Hasil Pengomposan Menggunakan Telegram bot

Berdasarkan grafik pada Gambar 20, kelembapan pada proses pengomposan memiliki rata-rata nilai 67% dapat diartikan kelembapan tersebut sesuai dengan kelembapan optimal yang digunakan terhadap pembuatan kompos. Kadar air atau kelembapan yang optimal adalah 40 - 60%[4].

4.7.4 Gas Metana

Gas metana adalah hidrokarbon yang bentuknya menyerupai gas dan gas metana biasanya ditulis dengan rumus kimia CH₄. Gas metana yang murni biasanya tak akan menimbulkan bau dan bila gas ini digunakan untuk keperluan komersil, maka biasanya ditambahkan bau belerang untuk mendeteksi suatu kebocoran yang bisa saja terjadi. Salah satu cara untuk menghasilkan gas metana adalah dengan dilakukan pengomposan. Adapun grafik yang menunjukkan Gas metana pada kompos ditunjukkan pada Gambar 21.



Gambar 21. Grafik Gas Metana Hasil Pengomposan Menggunakan Telegram bot

Grafik pada Gambar 21 menunjukkan kadar gas metana tidak sampai melebihi angka 700 ppm, hal tersebut menandakan jika gas metana tersebut terhirup oleh manusia masih dalam batas aman. Jika kadar gas metana mencapai 1500 ppm atau lebih sudah termasuk dalam kategori bahaya untuk kesehatan[3].

4.7.5 Warna

Warna merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menilai kualitas bahan kompos yang dihasilkan. Warna kompos yang sudah matang akan berwarna hitam kecoklatan, dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 22. Warna Sebelum Pengomposan



Gambar 23. Warna Akhir Hasil Kompos

Dilihat dari Gambar 22 terdapat perubahan warna dari sampah rumah tangga yang awalnya masih segar (kehijauan) pada awal pengomposan hingga coklat kehitaman pada akhir pengomposan disebabkan oleh terdekomposisinya bahan organik oleh aktivitas bermacam-macam mikroorganisme. Proses dekomposisi aerob ditunjukkan dengan terjadinya perubahan warna menjadi kehitaman[5].

4.8. Tekstur

Dalam penelitian waktu yang diperlukan hingga kompos matang atau jadi sekitar 15 hari dikarenakan bahan kompos berasal dari sampah rumah tangga yang terdiri dari beberapa jenis bahan organik dan relatif mudah lapuk sehingga proses pengomposan berjalan cepat. Kompos yang telah matang bersifat remah, terasa lunak ketika dihancurkan, ketika diremas-remas mudah hancur dan terjadi penyusutan volume/bobot kompos seiring dengan kematangan kompos. Bahan-bahan organik pada pembuatan kompos terjadi aneka perubahan hayati yang dilakukan oleh jasad-jasad renik, perubahan tersebut yaitu: (1) penguraian hidrat arang, selulos, hemiselulosa dan lain lain menjadi CO₂ dan air, (2) penguraian zat lemak dan lilin mejadi CO₂ dan air, (3) penguraian zat putih telur melalui amida amida dan asam-asam amino menjadi amoniak, CO₂ dan air, (4) terjadi pengikatan beberapa jenis unsur hara di dalam tubuh jasad-jasad renik terutama N, P dan K, unsur-unsur tersebut akan terlepas kembali bila jasad-jasad tersebut mati, dan (5) pembebasan unsur-

unsur hara dari senyawa senyawa organik menjadi senyawa anorganik yang berguna bagi tanaman[5].

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang didapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem monitoring kompos berbasis IoT digunakan untuk merancang sistem yang memungkinkan monitoring proses pembuatan kompos dari sampah rumah tangga secara otomatis menggunakan Internet of Things (IoT).
2. Implementasi sistem pemanasan otomatis untuk mengintegrasikan sistem yang dapat mengontrol pemanasan kompos secara otomatis. Dengan adanya fitur ini, kompos dapat dipanaskan jika suhu dan kelembapan tidak mencapai kondisi optimal. Sistem ini akan dikendalikan melalui perintah *chatbot* Telegram, menambahkan aspek konektivitas dan kontrol jarak jauh.
3. Sistem *chatbot* Telegram yang dibuat akan memberikan notifikasi kepada pengguna ketika suhu dan kelembapan kompos tidak optimal. Hal ini memberikan kesempatan kepada pengguna untuk mengambil tindakan yang diperlukan untuk memperbaiki kondisi kompos.
4. Pada penelitian ini hasil yang didapatkan selama 15 hari proses pembuatan kompos berlangsung memiliki rata-rata suhu 40.63, kelembapan 67%, dan gas metana yang dihasilkan kurang dari 700 ppm. Bau yang dihasilkan selama pengomposan berbau seperti tanah dan harum, berwarna hitam kecoklatan, dan teksturnya bersifat remah, mudah lunak, dan mengalami penyusutan bobot. Dari karakteristik diatas dapat diartikan bahwa kompos yang dibuat memiliki kuliatas yang baik.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk penelitian lanjutan terkait Rancang Bangun Sistem Monitoring Proses Pembuatan Kompos Dari Sampah Rumah Tangga dan diperlukan penambahan alat seperti mixer untuk mengaduk kompos dan juga penambahan alat colormeter untuk mengidentifikasi warna lebih efisien, pembukaan box yang secara otomatis untuk menghilangkan lembap pada dalam box, dan penambahan alat penyemprotan secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Linggi and I. Pawarangan, "Pengaruh Sampah Rumah Tangga Organik Dan Non Organik Terhadap Lingkungan," *Journal UKI Toraja*, 2018.
- [2] Ashlihah, M. Saputri, and A. Fauzan, "Pelatihan Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Organik Menjadi Pupuk Kompos," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 3, no. 1, pp. 19–26, 2023.
- [3] K. Diantoro, R. Rahmadewi, and Ibrahim, "Implementasi Sensor Mq 4 Dan Sensor Dht 22 Pada Sistem Kompos Pintar Berbasis Iot (Sikompi)," *Electrician - Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 14, no. 3, pp. 84–94, 2020.
- [4] R. Saraswati and R. H. P. Praptana, "Percepatan Proses Pengomposan Aerobik Menggunakan Biodekomposer," *Perspektif*, vol. 16, no. 1, pp. 44–57, 2017.
- [5] S. Ngapiyatun, A. Rahman, H. Aziza, B. Winarni, and Wartomo, "Pemanfaatan Limbah Sampah Kota Sebagai Kompos," *Buletin Loupe*, vol. 16, no. 02, pp. 1–6, 2020.
- [6] I. Syukhron, "Penggunaan Aplikasi Blynk untuk Sistem Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar berbasis IoT," *Electrician - Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 15, no. 1, pp. 1–11, 2021.
- [7] F. Rahman, Lahming, Fathahillah, K. Rahman, and M. Rizal, "Modifikasi Alat Pengomposan Berbasis Internet Of Things pada Proses Dekomposisi Kompos," *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, vol. 8, no. 2, pp. 225–234, 2022.
- [8] C. Anwar, H. R. Indro W., B. Triyantoro, and G. M. Wibowo, "Pembuatan Pupuk Kompos Dengan Komposter Dalam Pemanfaatan Sampah Di Desa Bringin Kecamatan Bringin Kabupaten Semarang," *Jurnal LINK*, vol. 15, no. 1, p. 46, 2019.
- [9] J. Abdikarya *et al.*, "Pemanfaatan Sampah Organik Menjadi Pupuk Kompos Cair Dengan Menggunakan Komposter Sederhana," *Jurnal Abdikarya*, vol. 3, no. 2, pp. 159–165, 2019.
- [10] Y. Efendi, "Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, pp. 19–26, 2018.
- [11] D. Ramdani, F. M. Wibowo, and Y. A. Setyoko, "Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Suhu Dan Monitoring pH Air Aquascape Berbasis Iot (Internet Of Thing) Menggunakan Nodemcu Esp8266 Pada Aplikasi Telegram," *Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications*, vol. 3, no. 1, pp. 59–068, 2020.
- [12] S. Hadi, R. P. M. D. Labib, and P. D. Widayaka, "Perbandingan Akurasi Pengukuran Sensor LM35 dan Sensor DHT11 untuk Monitoring Suhu Berbasis Internet of Things," *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, vol. 6, no. 3, p. 269, 2022.
- [13] G. A. Prasetya, B. Rahmat, and Kartini, "Penerapan IoT Pada Monitoring Suhu Dan Kelembapan Untuk Alat Penetas Telur Dengan Bot Telegram," *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 2, no. 3, pp. 612–617, 2021.