

Rancang Bangun Alat Otomatisasi Pengomposan dari Sampah Organik Berbasis *Internet of Things*

Nurfadilah Rahman^a, Rita Purnamasari^b, Yulinda Eliskar^c

^aFakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, nurfadilahrahman@student.telkomuniversity.ac.id

^bFakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, ritapurnamasari@telkomuniversity.ac.id

^cFakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, yulindaeliskar@telkomuniversity.ac.id

Submitted: 13-07-2024, Reviewed: 20-07-2024, Accepted 20-09-2024

<https://doi.org/10.47233/jteksis.v6i4.1505>

Abstract

Organic waste management in Indonesia is currently suboptimal. Approximately 33.7% of waste is not properly managed, and 56% of the total waste consists of organic waste, most of which comes from households. Composting is an effective method for managing organic waste. However, many people are still reluctant to convert organic waste into compost due to the lengthy process, which typically takes 2 to 3 months. This study proposes an IoT-based composting automation system with the goal of accelerating the composting process without the use of additional microorganisms, producing both dry and liquid compost. The system method involves integrating Internet of Things (IoT) technology with sensors: DHT22 for temperature monitoring, soil moisture sensors for measuring soil moisture, MQ-4 sensors for detecting methane gas, pH sensors for measuring soil acidity, and water level sensors for detecting the height of liquid compost. Data collected from these sensors is used to automatically control the organic waste mixing process until all composting specifications are met. The results indicate that this system effectively accelerates the composting process to 24 days for dry compost and 19 days for liquid compost without the need for additional microorganisms, while producing compost of high quality according to the SNI-19-7030-2004 specifications.

Keywords: *automating, composting, internet of things, organic waste, sensor*

Abstrak

Pengelolaan sampah organik di Indonesia saat ini masih belum optimal. Sebanyak 33,7% sampah tidak dikelola dengan baik dan 56% dari total sampah merupakan sampah organik yang sebagian besar berasal dari rumah tangga. Pengomposan merupakan salah satu cara mengelola sampah organik dengan baik. Namun, sebagian masyarakat masih enggan untuk membuat kompos dari sampah organik karena membutuhkan waktu yang cukup lama sekitar 2 – 3 bulan untuk menjadi kompos. Penelitian ini mengusulkan sistem otomasi pengomposan berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan tujuan untuk mempercepat proses pengomposan tanpa menggunakan mikroorganisme tambahan dengan menghasilkan dua jenis kompos yakni kompos kering dan cair. Metode sistem yang digunakan melibatkan integrasi *Internet of Things* (IoT) dengan penggunaan sensor DHT22 untuk memantau suhu, *soil moisture* untuk mengukur kelembapan tanah, sensor MQ-4 untuk mendeteksi gas metana, sensor pH tanah untuk mengukur tingkat keasaman tanah, dan *water level sensor* untuk mendeteksi ketinggian air kompos cair. Data yang dikumpulkan dari sensor digunakan untuk mengontrol pengadukan sampah organik secara otomatis hingga semua spesifikasi pengomposan terpenuhi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ini dapat bekerja dengan baik dan mempercepat proses pengomposan tanpa penambahan mikroorganisme khusus menjadi 24 hari untuk kompos kering, 19 hari untuk kompos cair, dan menghasilkan kompos yang berkualitas sesuai dengan spesifikasi SNI-19-7030-2004.

Keywords: *internet of things, pengomposan, otomatis, sampah organik, sensor*

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license



PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah organik menjadi isu lingkungan yang mendesak, baik di daerah perkotaan maupun pedesaan. Pengelolaan sampah telah dilakukan saat ini masih belum optimal, terlihat pada data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional yang menunjukkan masih ada 33,7% sampah yang belum terkelola[1]. Sampah organik yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai masalah lingkungan seperti pencemaran udara, air, dan tanah. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional tahun 2023 menunjukkan bahwa sampah organik merupakan

jenis sampah yang paling mendominasi yakni sebesar 56% dari total sampah di Indonesia[1]. Sampah tersebut terdiri dari sisa makanan sebesar 41,6%, kayu, ranting, dan daun sebesar 11,7% serta kulit dan karet sebesar 2,7%. Penyumbang sampah tertinggi berasal dari kalangan rumah tangga yang mencapai 44,3%[1].

Pengomposan merupakan proses alami penguraian bahan organik oleh mikroorganisme untuk menghasilkan kompos yang bermanfaat[2]. Hal ini menjadi salah satu upaya yang dilakukan dengan mengolah sampah organik menjadi kompos yang bermanfaat. Kompos merupakan salah satu

jenis pupuk organik yang dihasilkan melalui proses pengomposan dan memiliki peran penting, terutama dalam sektor pertanian, karena mengandung unsur hara makro dan mikro[3].

Namun, metode pengomposan secara konvensional memerlukan banyak tenaga dan waktu yang cukup lama karena berlangsung secara alami[4]. Proses pengomposan umumnya berlangsung selama 2 – 3 bulan. Pengomposan berlangsung selama 2 bulan saat musim hujan dan berlangsung selama 3 bulan saat musim kemarau tiba. Dari permasalahan tersebut maka dibutuhkan sebuah teknologi untuk mengatasi masalah tersebut yakni dengan menerapkan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat mempercepat proses pengolahan sampah menjadi kompos. *Internet of Things* (IoT) adalah konsep piranti fisik yang saling terhubung dan dapat berkomunikasi satu sama lain melalui jaringan internet secara terus menerus[5]. Dengan penerapan *Internet of Things* (IoT), proses pengomposan diharapkan dapat menghasilkan kompos yang berkualitas dalam waktu yang singkat dan tidak ada lagi campur tangan manusia dalam proses tersebut.

Adapun penelitian sebelumnya mengenai penerapan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam pembuatan kompos berjudul “Alat Pengolah Limbah Rumah Tangga Menjadi Kompos Berbasis Mikrokontroler” telah mengusulkan pendekatan untuk mempercepat pengomposan[6]. Sistem yang digunakan pada penelitian tersebut menggunakan arduino nano sebagai mikrokontroler, motor *stepper* nema 17 untuk memotong dan mengaduk sampah beserta tanah, ember sebagai wadah penampungan sampah dan tanah, sensor YL-69 untuk mendeteksi kelembapan tanah, sensor DS18B20 untuk mendeteksi suhu tanah dan dua pompa mini untuk menyuplai air dan EM4. Hasil pengujian tersebut menunjukkan penambahan cairan mikroorganisme EM4 dapat mempercepat proses pengomposan menjadi 14 hari dan sensor yang digunakan dapat berfungsi dengan baik.

Namun, penelitian tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan. Penambahan mikroorganisme khusus seperti EM4 membutuhkan biaya tambahan yang cukup tinggi jika dilakukan secara terus menerus. Selain itu, alat tersebut hanya berfokus untuk menghasilkan kompos kering saja, padahal pengolahan tersebut juga dapat dimanfaatkan untuk kompos cair. Kompos yang dihasilkan dari proses pengomposan juga belum tentu memenuhi kriteria SNI-19-7030-2004.

Berdasarkan permasalahan dan penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian sebagai pembaruan dengan mengusulkan “Rancang Bangun Otomatisasi Pengomposan dari Sampah Organik Berbasis *Internet of Things* (IoT)” untuk mempercepat proses penguraian sampah organik

tanpa menggunakan mikroorganisme khusus sehingga lebih ekonomis. Alat yang akan dirancang akan menghasilkan dua jenis kompos yakni kompos kering dan kompos cair. Dengan penerapan *Internet of Things* (IoT), sistem ini menggunakan NodeMCU sebagai mikrokontroler, DC motor dan *driver* L298N sebagai pengaduk, sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu, *soil moisture* untuk mendeteksi kelembapan tanah, pH tanah sensor untuk mendeteksi tingkat keasaman tanah, serta penambahan sensor MQ-4 untuk mendeteksi gas metana dan *water level* untuk mendeteksi tingkat ketinggian air dari kompos cair. Data dari sensor digunakan untuk mengontrol pengadukan sampah organik secara otomatis, mempercepat proses penguraian. Data yang diperoleh dari sensor akan disesuaikan dengan kualitas kompos dengan standar SNI-19-7030-2004. Kriteria yang digunakan sebagai acuan adalah SNI-19-7030-2004 yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik[7]. Adapun beberapa parameter kualitas kompos yang menjadi fokus penulis, sebagai berikut:

Tabel 1. Kriteria Kualitas Kompos

Parameter	Satuan	Minimum	Maximum
Suhu	°C	35	45
Kelembapan	%	40	60
Bau	%	50	70
pH Tanah	-	6.8	7.49

Berdasarkan Tabel 1. diatas, suhu yang baik pada kompos berada dikisaran 35°C - 45°C. Kelembapan dengan rentang 40% – 60%. Bau atau gas metana (CH₄) yang terkandung berkisar dari 50% - 70% dan pH tanah atau tingkat keasaman tanah yang bernilai 6.8 – 7.49. Tingkat keasaman kompos yang baik ketika berada dalam kondisi netral yaitu sedikit asam mendekati netral dan tidak basah[8].

Dengan menghadirkan beberapa pembaruan utama, seperti integrasi sistem otomatisasi pengadukan dengan berbagai sensor untuk pemantauan kondisi kompos, kemampuan untuk memproduksi dua jenis kompos yakni kompos kering dan cair, serta tidak adanya penggunaan mikroorganisme khusus seperti EM4. Alat ini diharapkan dapat menjadi lebih praktis dari segi waktu dan lebih ekonomis dari segi biaya serta dapat memastikan kualitas kompos sesuai standar SNI-19-7030-2004. Penerapan alat ini juga diharapkan dapat meningkatkan pengelolaan sampah organik, khususnya di skala rumah tangga, yang merupakan penyumbang utama sampah organik di Indonesia.

METODE PENELITIAN

2.1. Instrumen Perancangan

Perancangan ini dilakukan dengan menggunakan beberapa *hardware* dan *software* yang terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT). Berikut beberapa instrument yang digunakan dalam perancangan alat, meliputi:

a. Mikrokontroler - NodeMCU ESP32

Mikrokontroler NodeMCU ESP32 adalah mikrokontroler dari *Espressif System* yang merupakan evolusi yang signifikan dari mikrokontroler sebelumnya yaitu mikrokontroler ESP8266[9]. NodeMCU ESP32 menawarkan peningkatan yang mencolok dalam hal kinerja komputasi, kapabilitas konektivitas yang lebih luas, serta keandalan yang ditingkatkan, menjadikannya pilihan utama bagi para pengembang dalam berbagai aplikasi *Internet of Things* (IoT) dan sistem *embedded* yang memerlukan integrasi yang canggih dan efisien.

b. Sensor Suhu – DHT22

DHT22 adalah sensor suhu dan kelembaban digital yang menghasilkan *output* berupa sinyal digital yang telah dikalibrasi[10]. Pada perancangan ini, sensor DHT22 digunakan untuk membaca suhu yang terkandung selama proses pengomposan berlangsung. DHT22 mampu memberikan data yang dapat diandalkan dengan presisi tinggi, membuatnya sangat berguna dalam aplikasi-aplikasi seperti pemantauan lingkungan, sistem pengaturan iklim, serta pengembangan berbagai proyek elektronika dan *Internet of Things* (IoT) yang memerlukan pengukuran dan kontrol kondisi udara secara tepat dan efisien.

c. Sensor Kelembaban Tanah – *Soil Moisture*

Soil Moisture merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur kadar air di dalam tanah[11]. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah selama proses pengomposan berlangsung. Sensor ini menggunakan dua *probe* untuk mengalirkan arus listrik melalui tanah dan mengukur resistansinya, sehingga dapat menentukan tingkat kelembaban.

d. Sensor Gas Metana – MQ-4

Sensor MQ-4 merupakan sensor gas yang dikenal karena sensitivitas tinggi terhadap gas metana dan natural gas (hidrokarbon)[12]. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi kadar gas metana yang terkandung selama proses pengomposan. Sensor ini menggunakan prinsip kimia sensorik untuk mengubah reaksi kimia gas menjadi sinyal listrik, yang kemudian dapat diinterpretasikan untuk memberikan informasi yang berguna bagi pengguna.

e. Sensor pH Tanah

Sensor pH tanah merupakan perangkat sensor yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur tingkat keasaman (aciditas) atau kebasaa-

(alkalinitas) tanah[13]. Sensor ini beroperasi dengan prinsip elektrokimia atau *optic* yang dapat menangkap dan mengubah perubahan konsentrasi ion hidrogen dalam larutan tanah menjadi sinyal listrik atau optik yang dapat diukur. Sensor pH tanah membantu membaca tingkat keasaman tanah yang terkandung selama proses pengomposan berlangsung.

f. DC Motor & *Driver* L298N

Prinsip ini mengacu pada interaksi antara medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik dalam kumparan penghantar dan medan magnet permanen, yang menghasilkan gaya yang mendorong rotor berputar[14]. Dalam perancangan ini, DC motor digunakan sebagai motor pengaduk yang akan dihubungkan dengan *driver* L298N.

Driver motor L298N merupakan salah satu *module* pengendali motor DC yang paling umum digunakan di dunia elektronika[15]. Modul ini dirancang khusus untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC dengan efisiensi tinggi dan keandalan yang baik. L298N menggunakan prinsip *H-bridge*, yang memungkinkan kontrol yang presisi terhadap arah putaran motor dan juga mengatur besarnya arus yang mengalir ke motor. Dalam perancangan ini, *driver* L298N digunakan untuk mengendalikan putaran pengaduk atau DC motor.

g. Sensor Ketinggian Air – *Water Level Sensor*

Water Level Sensor merupakan alat elektronik yang berfungsi untuk mendeteksi dan memberikan sinyal kepada alarm atau panel otomatisasi ketika permukaan air mencapai level tertentu[16]. *Water Level Sensor* juga dapat diartikan sebagai sensor yang digunakan untuk mengetahui tingkat ketinggian air untuk memperoleh suatu data perbandingan[17]. Sensor ini digunakan untuk mengukur tingkat ketinggian air dari kompos cair.

h. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sketsa pemrograman dan juga berfungsi sebagai media pemrograman untuk *board* yang akan diprogram[18].

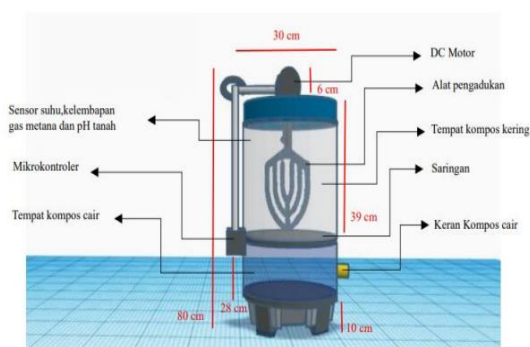
i. Fritzing

Fritzing adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat desain perangkat keras yang akan diterapkan sebelum dirangkai menggunakan komponen asli[19].

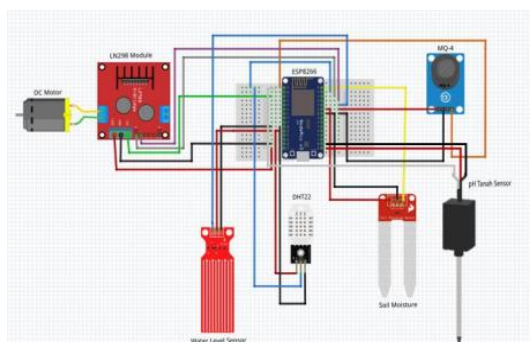
2.2. Desain Perancangan Alat

Desain alat pembuatan kompos ini memiliki pemisahan wadah kompos kering dan cair dalam satu alat seperti yang terlihat pada Gambar 1. Sistem produk ini memanfaatkan *Internet of Things* (IoT) yang dapat mempermudah dalam pembuatan kompos serta proses awal pengadukan hingga menjadi kompos kering maupun cair yang dilakukan

dalam satu alat yang sama. Penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengendalian proses pengomposan secara otomatis. Selain itu, produk ini menggunakan keran air yang berfungsi untuk memudahkan pengambilan kompos cair. Kompos cair yang dihasilkan dari alat ini diperoleh dari proses pengadukan sampah organik pada wadah utama kompos kering dan kandungan air yang terkandung pada kompos kering akan merembes ke wadah bagian bawah melalui penyaringan yang ada di bagian tengah alat. Penyaringan ini dirancang untuk memastikan bahwa hanya cairan yang dapat merembes ke wadah kompos cair sehingga kompos cair yang dihasilkan bersih dan bebas dari partikel – partikel besar.



Gambar 1. Desain Perancangan Alat



Gambar 2. Perancangan Perangkat Keras

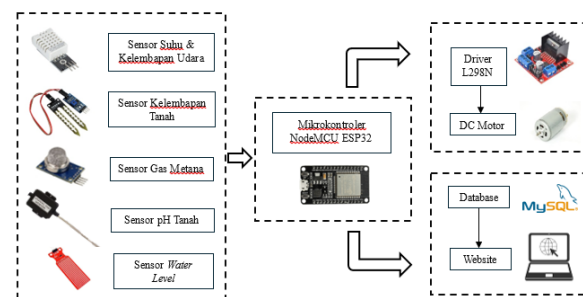
Alat ini menggunakan beberapa sensor yang ditunjukkan pada Gambar 2 yakni, DHT22 untuk memonitoring suhu dan kelembapan udara, *Soil Moisture* untuk memonitoring kelembapan tanah, MQ-4 untuk memonitoring gas metana, *water level sensor* untuk mendeteksi ketinggian air dari kompos cair, pH sensor untuk mendeteksi kadar pH dalam kompos kering, dan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32. NodeMCU ESP32 adalah modul mikrokontroler yang di desain dengan ESP32 untuk konektivitas ke jaringan internet[20]. Selain itu, terdapat DC Motor yang berperan sebagai alat pengaduk dan LN298 Module yang berperan sebagai *driver* yang mengendalikan DC Motor.

Alat pengaduk akan aktif beroperasi saat kompos belum memenuhi parameter yang telah

ditetapkan seperti suhu dengan rentang 35°C - 45°C dan kelembapan udara dengan rentang 40% - 60%, gas metana dengan rentang 50% - 70%, dan kadar pH kompos kering yang berkisar antara 6.80 – 7.49. Jika semua parameter telah terpenuhi, alat pengaduk akan berhenti beroperasi secara otomatis yang menunjukkan bahwa kompos telah mencapai tingkat kematangan yang diinginkan. Selain itu, alat ini juga dapat menghasilkan kompos cair dari hasil rembesan pengadukan sampah organik. Jika air dari kompos cair telah mencapai ketinggian 10 cm, maka kompos cair sudah dapat dipanen.

2.3. Blok Diagram Sistem

Blok diagram pada Gambar 3 menggambarkan sistem monitoring dan kontrol otomatisasi pengadukan berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang terintegrasi dengan berbagai sensor. Pada saat alat dijalankan, alat akan mengirimkan data sensor. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor akan dikirim ke mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang bertindak sebagai pusat pengendali sistem. Mikrokontroler akan memproses data yang diterima dan kemudian mengirimkan perintah ke *driver* L298N yang mengontrol motor DC untuk menggerakkan alat pengaduk hingga proses pengomposan mencapai spesifikasi yang diinginkan berdasarkan data yang diterima dari sensor.



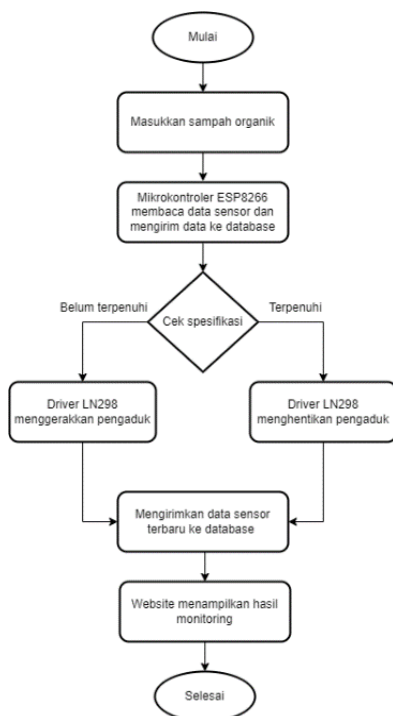
Gambar 3. Blok Diagram Sistem

2.4. Diagram Alir Sistem

Gambar 4 di bawah menunjukkan alur kerja sistem, mulai dari proses awal pengomposan hingga menjadi kompos. Proses tersebut dimulai dengan memasukkan sampah organik berupa sisa makanan dan dedaunan ke dalam alat. Selanjutnya, mikrokontroler NodeMCU ESP32 akan melakukan proses pembacaan data dari beberapa sensor yang telah terhubung ke sistem. Sensor-sensor ini mencakup sensor suhu, kelembapan tanah, gas metana, dan pH tanah yang akan memberikan data yang diperlukan untuk mengendalikan proses pengomposan.

Setelah data terbaca, sistem akan melakukan pengecekan terhadap data yang diterima. Apabila data yang dihasilkan belum memenuhi parameter yang telah ditetapkan, maka *driver* LN298 akan menggerakkan dc motor untuk melakukan

pengadukan. Pengadukan ini bertujuan untuk memastikan proses penguraian merata. Pengadukan dilakukan secara terus-menerus hingga data yang diterima oleh sistem menunjukkan bahwa parameter yang ditetapkan telah terpenuhi. Setelah parameter yang diinginkan tercapai, driver motor akan menghentikan operasi dc motor, menghentikan proses pengomposan. Sensor yang digunakan akan secara otomatis mengirimkan data terbaru ke mikrokontroler untuk memastikan data yang tersimpan selalu *up-to-date*. Setelah proses selesai dan sampah organik tersebut menjadi kompos, maka alat tersebut siap mengolah sampah organik baru untuk pembuatan kompos berikutnya.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

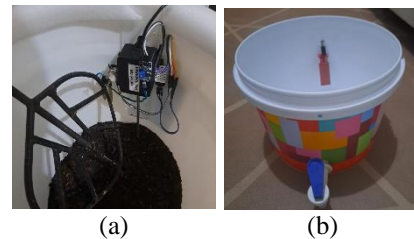
3.1 Implementasi Perancangan Alat

Gambar 5 merupakan implementasi perancangan alat yang telah di desain sebelumnya pada Gambar 1. Perancangan ini telah mengikuti ukuran yang ditentukan dengan rinci, yaitu untuk wadah kompos kering memiliki tinggi 38,5 cm, diameter 30 cm, alas berukuran antara 26,5 hingga 27 cm, dan kapasitas mencapai 25 kg, dengan kapasitas efektif untuk menampung kompos antara 5 kg hingga 10 kg. Bahan yang digunakan untuk wadah kompos kering ini adalah plastik. Sementara itu, wadah kompos cair dirancang dengan tinggi antara 27,5 hingga 28 cm, diameter 26 cm, alas 22 cm, dan kapasitas sebesar 10 liter, juga menggunakan bahan plastik. Implementasi ini memastikan bahwa alat tersebut sesuai dengan spesifikasi dan ukuran yang telah direncanakan,

sehingga dapat berfungsi secara optimal untuk kebutuhan pengolahan kompos kering dan cair.



Gambar 5. Tampak Depan Alat



Gambar 6. (a) Wadah Kompos Kering, (b) Wadah Kompos Cair

Tampak dalam wadah kompos kering dan kompos cair dapat dilihat pada Gambar 6. Pada wadah kompos kering terdapat beberapa sensor yang tertempel pada dinding wadah yakni, sensor DHT22, MQ-4, dan pH tanah sensor, serta terdapat pula pengaduk yang berbahan dasar besi yang pemutarannya akan dikontrol oleh DC motor. Sedangkan untuk wadah kompos cair hanya terdapat satu sensor yaitu *water level sensor* untuk mendeteksi tingkat ketinggian air yang dilengkapi dengan keran untuk mengambil kompos cair. Berikut merupakan beberapa implementasi sensor dalam perancangan alat ini, sebagai berikut:

a. Implementasi DHT22

Pada Gambar 7 diatas merupakan implementasi penyambungan antara NodeMCU ESP32 dan DHT22 untuk pembacaan suhu dan kelembapan. Pin yang digunakan yaitu VCC, GND, dan pin *output* DHT22 disambungkan ke pin D26 pada NodeMCUESP32.

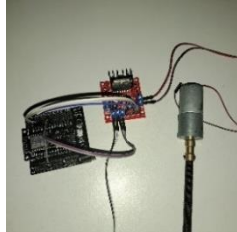


Gambar 7. Integrasi DHT22

b. Implementasi *Driver* L298N dan DC Motor

Pada Gambar 8 dibawah merupakan implementasi penyambungan motor DC ke *driver* L298N dan diintegrasikan pada NodeMCU ESP32. Kabel positif dan negatif pada motor dc

dihubungkan pada pin OUT3 dan OUT4 pada *driver* L298N. Adapun pin ENA pada *driver* dihubungkan pada pin D13, pin IN3 pada *driver* dihubungkan ke pin D14, pin IN4 pada *driver* dihubungkan ke pin D27. Adapun penggunaan pin 12V dan GND pada *driver* yang dimanfaatkan untuk penyambungan *jack* adaptor, dan pin 5V pada *driver* dihubungkan pin 5V pada NodeMCU ESP32. Pin ENA digunakan untuk mengontrol kecepatan sedangkan pin IN3 dan IN4 digunakan untuk mengontrol arah putaran motor.



Gambar 8. Implementasi L298N dan DC Motor

c. Implementasi *Soil Moisture*

Pada Gambar 9 dibawah merupakan implementasi penyambungan NodeMCU ESP32 dan *soil moisture* untuk mengetahui kelembapan yang terkandung pada tanah. Pin yang digunakan yaitu pin analog yang diintegrasikan ke pin D34 pada ESP32.



Gambar 9. Integrasi *Soil Moisture*

d. Implementasi MQ-4

Pada Gambar 10 dibawah merupakan implementasi penyambungan NodeMCU ESP32 dan MQ-4 sensor untuk mengetahui tingkat gas metana yang terkandung. Pin yang digunakan yaitu pin analog yang diintegrasikan ke pin D32 pada ESP32.



Gambar 10. Integrasi MQ-4

e. Implementasi pH Tanah Sensor

Pada Gambar 11 dibawah merupakan implementasi penyambungan NodeMCU ESP32 dan pH tanah sensor untuk mendeteksi tingkat keasaman tanah. Dalam penyambungan tersebut,

kabel GND dihubungkan ke pin GND dan kabel positif dihubungkan ke pin D33 pada NodeMCU ESP32.



Gambar 11. Integrasi pH Tanah Sensor

f. Implementasi *Water Level Sensor*

Pada Gambar 12 dibawah merupakan implementasi penyambungan NodeMCU ESP32 dan *water level sensor* untuk mengetahui ketinggian air dalam wadah kompos cair. Adapun pin yang digunakan yaitu pin signal diintegrasikan ke pin D35 pada NodeMCU ESP32.



Gambar 12. Integrasi *Water Level Sensor*

3.2 Pengujian Fungsionalitas

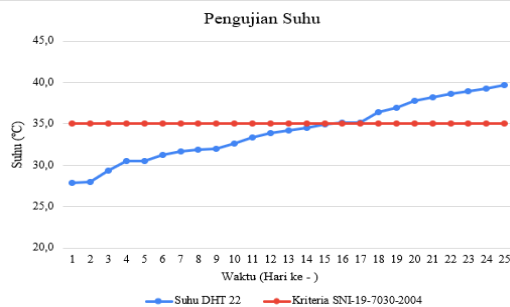
Pada Tabel 2 dibawah ini merupakan pengujian fungsionalitas alat yang dilakukan untuk mengecek mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan komponen yang digunakan berjalan dengan baik. Selain itu, sensor – sensor juga di uji untuk memastikan sensor berfungsi dengan optimal. Alat ini juga terintegrasi dengan sensor DHT22, *soil moisture*, MQ-4, pH tanah sensor, dan *water level sensor*. Adapun pengadukan alat menggunakan *driver* L298N untuk mengendalikan DC motors.

Tabel 2. Pengujian Fungsionalitas

No.	Alat	Keterangan
1.	NodeMCU ESP32	Berhasil
2.	DHT22	Berhasil
3.	<i>Soil Moisture</i>	Berhasil
4.	DC Motor	Berhasil
5.	Driver L298N	Berhasil
6.	MQ-4	Berhasil
7.	pH Tanah Sensor	Berhasil
8.	<i>Water Level Sensor</i>	Berhasil
9.	Pengkodean pemrograman Arduino IDE	Berhasil

3.3 Pengujian Pembacaan Suhu

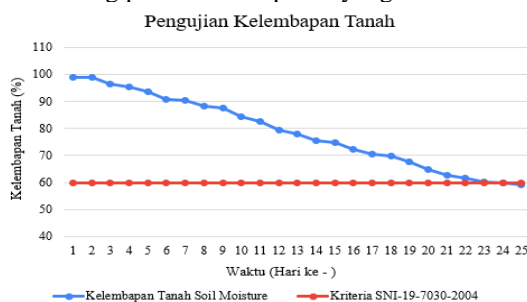
Dalam pengujian Gambar 13, sensor DHT22 berfungsi untuk membaca suhu selama proses pengomposan. Garis biru merupakan suhu yang diukur oleh sensor DHT22 terlihat terus meningkat dari hari ke hari, mulai dari sekitar 28°C hingga mencapai mendekati 39,7°C pada akhir pengujian. Suhu yang diukur oleh sensor DHT22 pada awalnya berada di bawah kriteria SNI-19-7030-2004, tetapi secara bertahap mendekati dan melampaui kriteria tersebut. Garis merah menunjukkan standar suhu yang tetap sebagai standar yang digunakan untuk menilai apakah suhu yang diukur sudah sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan. Data yang dihasilkan sensor memenuhi nilai yang telah ditentukan, pada pengujian hari ke - 16 yakni 35,2°C. Hal ini menandakan bahwa DHT22 dapat berfungsi dengan akurat untuk memastikan suhu kompos tetap dalam batas optimal selama proses pengomposan berlangsung.



Gambar 13. Pengujian Suhu

3.4 Pengujian Pembacaan Kelembapan Tanah

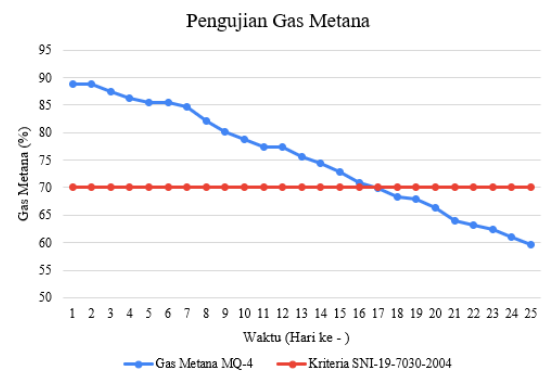
Kelembapan yang ideal untuk pengomposan adalah antara 40% hingga 60%. Pengujian Gambar 14 diatas memperlihatkan bahwa kelembapan tanah turun secara konsisten hingga mendekati kriteria SNI-19-7030-2004 yang telah ditentukan. Garis biru pengujian menunjukkan nilai terpenuhi tepatnya pada hari ke - 24 pengujian yakni sebesar 60%. Hal ini memastikan sensor bekerja dengan baik dan kelembapan kompos tetap dalam rentang yang sesuai untuk mendukung proses dekomposisi yang efektif.



Gambar 14. Pengujian Kelembapan Tanah

3.5 Pengujian Pembacaan Gas Metana

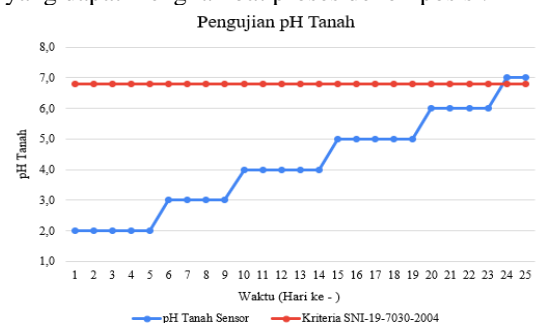
Pengujian Gambar 15 diatas memperlihatkan hasil pengujian sensor MQ-4 yang digunakan untuk mendeteksi kadar gas metana (CH₄) selama proses pengomposan. Kadar gas metana yang ideal berkisar antara 50% hingga 70%. Pengujian diatas menunjukkan penurunan kadar gas metana dan pada hari ke - 16 gas metana telah mencapai nilai yang diinginkan dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Pengujian ini bertujuan untuk memantau dan mengontrol produksi gas metana selama proses pengomposan, memastikan bahwa proses berjalan dengan baik tanpa akumulasi gas yang berlebihan.



Gambar 15. Pengujian Gas Metana

3.6 Pengujian Pembacaan Tingkat pH Tanah

Pengujian pH tanah pada Gambar 16 dilakukan untuk memastikan bahwa pH kompos berada dalam rentang 6,8 hingga 7,49, yang merupakan kondisi netral dan ideal untuk kompos. Garis biru merupakan tingkat keasaman tanah yang diukur oleh pH tanah sensor. Tingkat keasaman tanah terlihat terus meningkat mendekati kondisi netral. Garis merah merupakan standar pH tanah sesuai dengan ketetapan SNI-19-7030-2004. Dalam pengujian ini, sensor pH mencapai nilai yang diinginkan tepat pada hari ke - 24. Hal ini dapat dikatakan akurat untuk memantau tingkat keasaman kompos dan memastikan bahwa tidak terlalu asam atau basah, yang dapat menghambat proses dekomposisi.



Gambar 16. Pengujian pH Tanah

3.7 Pengujian Kontrol Pemutaran Pengaduk

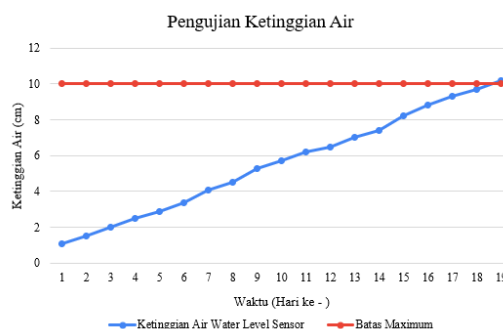
Tabel 3 dibawah menunjukkan pengujian kontrol DC motor yang dilakukan untuk memastikan agar DC motor dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Dalam pengujian ini, jika semua nilai spesifikasi belum mencapai batas yang ditentukan maka DC motor berada dalam kondisi *on* dan akan terus berputar. Ketika dua spesifikasi telah terpenuhi dan dua spesifikasi lainnya belum terpenuhi, maka DC motor tetap berputar. Apabila tiga spesifikasi telah terpenuhi dan satu spesifikasi lainnya belum terpenuhi, maka DC motor akan tetap berputar. Pada pengujian ini, terlihat bahwa DC motor berada pada kondisi *off* atau berhenti berputar ketika semua nilai spesifikasi telah terpenuhi. Proses pengomposan berakhir pada pengujian hari ke dua puluh empat, dikarenakan semua spesifikasi parameter telah terpenuhi. Hal ini menunjukkan bahwa DC motor dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsinya.

Tabel 3. Kontrol Pengaduk

Hari ke -	Parameter				Ket.
	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Gas Metana (%)	pH Tanah	
1	27,9	98,9	88,9	2,0	Berputar
2	28,0	98,7	88,9	2,0	Berputar
3	29,3	96,5	87,4	2,0	Berputar
4	30,5	95,3	86,3	2,0	Berputar
5	30,5	93,7	85,5	2,0	Berputar
6	31,3	90,8	85,5	3,0	Berputar
7	31,7	90,3	84,7	3,0	Berputar
8	31,9	88,3	82,1	3,0	Berputar
9	32,0	87,6	80,2	3,0	Berputar
10	32,6	84,2	78,7	4,0	Berputar
11	33,4	82,5	77,4	4,0	Berputar
12	33,9	79,5	77,4	4,0	Berputar
13	34,2	77,8	75,6	4,0	Berputar
14	34,5	75,4	74,5	4,0	Berputar
15	34,9	74,8	72,8	5,0	Berputar
16	35,2	72,4	70,9	5,0	Berputar
17	35,2	70,6	69,8	5,0	Berputar
18	36,4	69,7	68,3	5,0	Berputar
19	37,0	67,8	67,9	5,0	Berputar
20	37,8	64,9	66,4	6,0	Berputar
21	38,2	62,8	63,9	6,0	Berputar
22	38,6	61,6	63,1	6,0	Berputar
23	38,9	60,3	62,5	6,0	Berputar
24	39,3	60,0	61,0	7,0	Berhenti
25	39,7	59,3	59,7	7,0	Berhenti

3.8 Pengujian Pembacaan Ketinggian Air

Batas maksimum ketinggian air kompos cair yang telah ditetapkan yakni setinggi 10 cm. Penentuan batas tersebut ditetapkan untuk menghindari meluapnya kompos cair dan akan meresbes ke wadah kompos kering. Jika ketinggian air mencapai 10 cm, maka kompos cair dapat dipanen sehingga dapat langsung digunakan untuk menyiram atau menyemprot tanaman.



Gambar 17. Pengujian Ketinggian Air

Ketinggian air yang telah diuji pada Gambar 17 menunjukkan bahwa ketinggian air mencapai batas maksimal pada hari ke – 19 yakni setinggi 10,3 cm. Pengujian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *water level sensor* dalam mendeteksi ketinggian air cukup akurat.

SIMPULAN

Berdasarkan perancangan alat dan pengujian yang telah dilakukan, alat otomatisasi pengomposan yang dirancang mampu mempercepat proses penguraian sampah organik menjadi kompos dalam waktu 24 hari tanpa menggunakan mikroorganisme tambahan seperti EM4. Hal ini menunjukkan penggunaan alat ini lebih praktis dan efektif dibandingkan metode konvensional yang memerlukan 2 hingga 3 bulan. Alat ini juga mampu menghasilkan kompos cair dalam waktu 19 hari untuk mencapai batas 10 cm, di mana kompos cair yang dihasilkan dapat langsung digunakan untuk menyiram tanaman. Selain itu, pengujian menunjukkan bahwa alat dapat menghasilkan kompos yang berkualitas sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan, mencakup suhu, kelembapan tanah, bau atau gas metana yang terkandung, dan tingkat pH tanah pada kompos yang sesuai dengan SNI-19-7030-2004 dari Badan Standarisasi Nasional (BSN) tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) – Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, “Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah.” Accessed: Jul. 08, 2024. [Online]. Available: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- [2] Wahyudin and Nurhidayatullah, “Pengomposan Sampah Organik Rumah Tangga Menggunakan Mikroorganisme Lokal Bonggol Pisang sebagai Bioaktivator,” *Jurnal Agriovet*, vol. 1, no. 1, 2018.
- [3] N. Herlina, A. Nurlaila, I. Karyaningsih, and D. Kosasih, “Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pembuatan Kompos Sebagai Solusi Di Masa Pandemi Covid-19,” *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 4, no. 2, pp. 1559–1565, 2023, doi: 10.31949/jb.v4i2.4481.

- [4] H. Hettiarachchi, S. Caucci, and K. Schwärzel, "Organic Waste Composting through Nexus Thinking," Dresden, Sachsen, Germany, Nov. 2020.
- [5] M. Lombardi, F. Pascale, and D. Santaniello, "Internet of things: A general overview between architectures, protocols and applications," *Information (Switzerland)*, vol. 12, no. 2, pp. 1–21, Feb. 2021, doi: 10.3390/info12020087.
- [6] L. Khakim and E. Budihartono, "Alat Pengolah Limbah Rumah Tangga Menjadi Kompos Berbasis Mikrokontroler," *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, vol. 12, no. 2, pp. 29–36, Sep. 2023, doi: 10.34010/komputika.v12i2.10616.
- [7] "Standar Nasional Indonesia Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik Badan Standardisasi Nasional."
- [8] L. Khasanah and A. Budiono, "Pengaruh Penambahan Faba Terhadap Sifat Fisik dan Derajat Keasaman (pH) Kompos," *Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 3, pp. 460–468, 2022.
- [9] I. Wayan Suriana, I. Gede Adi Setiawan, and I. Made Satya Graha, "Rancang Bangun Sistem Pengaman Kotak Dana Punia berbasis Mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan Aplikasi Telegram," Sep. 2021.
- [10] F. Puspasari, T. Prima Satya, U. Yusmaniar Oktiaiwati, I. Fahrurrozi, and H. Prisyanti, "Analisis Akurasi Sistem Sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar," *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 16, no. 1, pp. 40–45, Feb. 2020, doi: 10.12962/j24604682.v16i1.5717.
- [11] L. Yu *et al.*, "Review of research progress on soil moisture sensor technology," *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 14, no. 4, pp. 32–42, Jul. 2021, doi: 10.25165/ijabe.20211404.6404.
- [12] A. Harjanto, F. H. Rumawan, D. Suprihanto, and B. B. Nurdianto, "A Characteristics Of Linearity And Sensitivity In Measuring The MQ-4 Sensor On Gas Line Leakage," *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, vol. 3, no. 2, pp. 287–294, 2022, doi: 10.20884/1.jutif.2022.3.2.229.
- [13] A. Mujahid, M. Jannah, Salahuddin, and Taufiq, "Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor pH Tanah dan Sensor Kelembaban," *Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI)*, vol. 9, no. 2, 2023.
- [14] A. Sardashti and J. Nazari, "A learning-based approach to fault detection and fault-tolerant control of permanent magnet DC motors," *Journal of Engineering and Applied Science*, vol. 70, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1186/s44147-023-00279-5.
- [15] "Rekayasa Pintu Geser Otomatis Dengan Menggunakan Sensor Passive Infrared (PIR)," *Jurnal Qua Teknika*, vol. 10, no. 1, pp. 47–61, Mar. 2020.
- [16] I. Gunawan, T. Akbar, and M. G. Ilham, "Prototipe Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Blynk," *Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [17] F. Hendajani, A. Pranata, I. Puspa Wardhani, and S. Widayati, "Purwarupa Pengiriman Informasi Ketinggian Air Sungai Melalui Short Message Service(SMS) Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 4, no. 1, pp. 224–236, Jan. 2022, doi: 10.47233/jteksis.v4i1.406.
- [18] Hartini, S. Primaini, Nurharyani, and D. Dibya Hartanto, "Aplikasi Mikrokontroler Arduino Uno Dalam Rancang Bangun Kunci Pintu Menggunakan E-KTP," Palembang, Jun. 2022.
- [19] O. Kryvonos, O. Strutynska, and M. Kryvonos, "The Use Of Visual Electronic Circuits Modelling And Designing Software Fritzing In The Educational Process," *Zhytomyr Ivan Franko state university journal. Pedagogical sciences*, no. 1(108), pp. 198–208, Jun. 2022, doi: 10.35433/pedagogy.1(108).2022.198-208.
- [20] A. D. Pangestu, F. Ardianto, and B. Alfaresi, "Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino NodeMCU ESP8266," *Jurnal Ampere*, vol. 4, no. 1, Jun. 2019, doi: https://doi.org/10.31851/ampere.v4i1.2745.