

# JURITIKA

Jenis Artikel: *orginal research*

## Rancang Bangun Sistem IoT untuk Monitoring dan Pengendalian Budidaya Cacing Tanah Berbasis NodeMCU

Muhammad Rizal Fachri<sup>1</sup>, Mursyidin<sup>1</sup>, Syukri Hardiko<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Arraniry Banda Aceh, Indonesia, 23111

\*Corresponding e-mail: 160211056@student.arraniry.ac.id

### KATA KUNCI:

*Internet of Things* (IoT); NodeMCU; Budidaya Cacing Tanah; Sensor Kelembapan Tanah; Sistem Pemantauan Lingkungan

**ABSTRAK.** Budidaya cacing tanah semakin berkembang sebagai salah satu praktik pertanian berkelanjutan karena kontribusinya dalam meningkatkan kualitas tanah dan mendukung produktivitas pertanian. Untuk mencapai efisiensi dan kualitas produksi yang optimal, diperlukan sistem pemantauan kondisi lingkungan yang mampu mendeteksi parameter penting bagi keberlangsungan hidup cacing. Penelitian ini mengembangkan sebuah prototipe alat pemantau budidaya cacing tanah berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU. Sistem ini dirancang untuk memantau tingkat kelembapan tanah sebagai parameter utama serta suhu permukaan sebagai parameter pendukung untuk memastikan kondisi lingkungan tetap sesuai. Berdasarkan literatur, kelembapan ideal untuk budidaya cacing berada pada kisaran 20–30%. Sensor kelembapan tanah dan sensor suhu digunakan untuk mengumpulkan data secara real-time, yang kemudian dikirimkan ke platform IoT untuk ditampilkan dan dianalisis oleh pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat bekerja secara stabil, dengan waktu deteksi kelembapan kurang dari 7 detik dan akurasi pembacaan yang konsisten. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu memberikan dukungan pemantauan lingkungan budidaya cacing secara lebih efisien, praktis, dan mudah diakses oleh petani.

Diterima : 26 November 2025  
Direvisi : 17 Desember 2025  
Diterbitkan : 31 Desember 2025

## 1. Pendahuluan

Budidaya cacing tanah (*vermiculture*) telah menarik perhatian sebagai salah satu praktik agribisnis ramah lingkungan yang menjanjikan karena kemampuannya dalam memperbaiki struktur tanah, siklus hara, serta memberikan nilai ekonomis tambahan bagi industri umpan pancing. Sebagai umpan hidup, cacing tanah sangat efektif menarik ikan melalui kombinasi gerakan aktif dan aroma alami yang dilepaskannya. Selain itu, budidaya mandiri menjamin ketersediaan umpan yang berkelanjutan dan lebih ekonomis dibandingkan pembelian eksternal (Pambudi, 2021). Secara ekologis, penggunaan cacing tanah jauh lebih unggul daripada umpan sintetis karena bersifat biodegradabel, dapat diperbanyak secara kontinu, dan tidak menghasilkan limbah kimia berbahaya bagi ekosistem perairan. Kemampuan cacing dalam mengonversi limbah organik menjadi kascing (bekas cacing) juga menambah nilai keberlanjutan dari praktik ini (Edwards dkk., 2011).

Efektivitas penangkapan ikan sangat bergantung pada kesegaran dan kesehatan cacing, yang mana kualitasnya dapat dikendalikan sepenuhnya melalui sistem budidaya mandiri. Namun, produktivitas budidaya sangat bergantung pada kestabilan lingkungan mikro media hidupnya. Cacing tanah bersifat sangat sensitif terhadap fluktuasi fisik; suhu optimal untuk pertumbuhan dan kokon berada pada kisaran 22–28 °C dengan tingkat kelembapan media ideal antara 60–80% (Pambudi, 2021). Jika kondisi lingkungan keluar dari ambang batas tersebut, metabolisme cacing akan terganggu, yang menghambat laju reproduksi serta regenerasi populasi (Sinha dkk., 2010). Oleh karena itu, integrasi teknologi pemantauan lingkungan secara akurat dan *real-time* menjadi krusial untuk memastikan kondisi media tetap stabil dan mendukung optimalisasi hasil budidaya.

Perkembangan teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), khususnya Internet of Things (IoT), memberikan peluang besar dalam aplikasi smart farming. IoT memungkinkan integrasi perangkat keras (sensor) dan perangkat lunak yang saling terhubung melalui jaringan internet, sehingga memungkinkan pemantauan serta kontrol kondisi budidaya dalam waktu nyata. Sistem berbasis IoT telah banyak diterapkan dalam pertanian untuk mengukur kelembapan tanah, suhu, dan parameter lain, serta untuk mengotomasi proses irigasi guna meningkatkan efisiensi sumber daya (Mishra et al., 2022; Chavan et al., 2025).

Dalam konteks budidaya cacing tanah, penggunaan NodeMCU (berbasis ESP8266) sebagai kontroler utama sangat relevan. Modul ini cukup ekonomis, memiliki konektivitas Wi-Fi, dan dapat diprogram untuk membaca data sensor (kelembapan tanah, suhu) serta mengendalikan aktuator (misalnya pompa penyiraman). Sistem semacam ini dapat membantu peternak cacing dalam menjaga kondisi media secara otomatis, mengurangi beban kerja manual, dan meningkatkan produktivitas budidaya.

Salah satu contoh sistem serupa adalah pengembangan sistem irigasi otomatis berbasis IoT menggunakan NodeMCU, sensor kelembapan tanah, dan platform cloud seperti ThingSpeak atau Blynk, yang memungkinkan kontrol pompa secara real-time berdasarkan nilai ambang kelembapan (Pramartaningthyas, 2025). Selain itu, arsitektur smart farming modern juga menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT dapat lebih hemat energi dan hemat air dengan pengaturan otomatis dan monitoring berkelanjutan (Quy, Dkk., 2022).

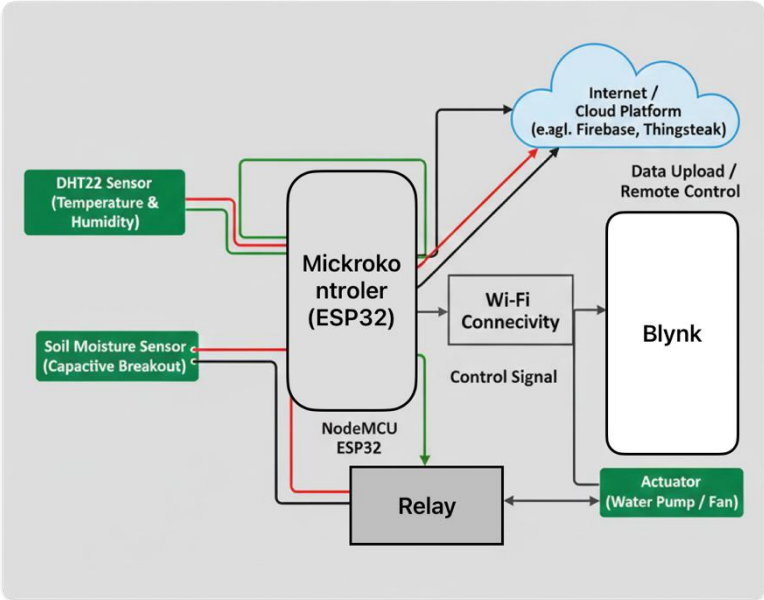
Di Indonesia, peternakan cacing tanah masih banyak dilakukan secara tradisional. Sebagai contoh, peternak cacing di Kabupaten Aceh Barat Daya masih mengandalkan penilaian kelembapan media secara manual — merasakan tanah dengan tangan dan melakukan penyiraman berdasarkan persepsi subjektif. Metode ini kurang presisi dan rentan menyebabkan kondisi suboptimal bagi pertumbuhan cacing (Pambudi, 2021).

Maka dari itu, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem IoT berbasis NodeMCU untuk memantau dan mengendalikan kelembapan serta suhu media budidaya cacing tanah secara real-time. Dengan sistem ini, diharapkan peternak dapat menjaga kondisi ideal untuk pertumbuhan dan regenerasi cacing, menurunkan ketergantungan tenaga kerja manual, dan meningkatkan efisiensi serta produktivitas budidaya.

## 2. Metodologi Penelitian

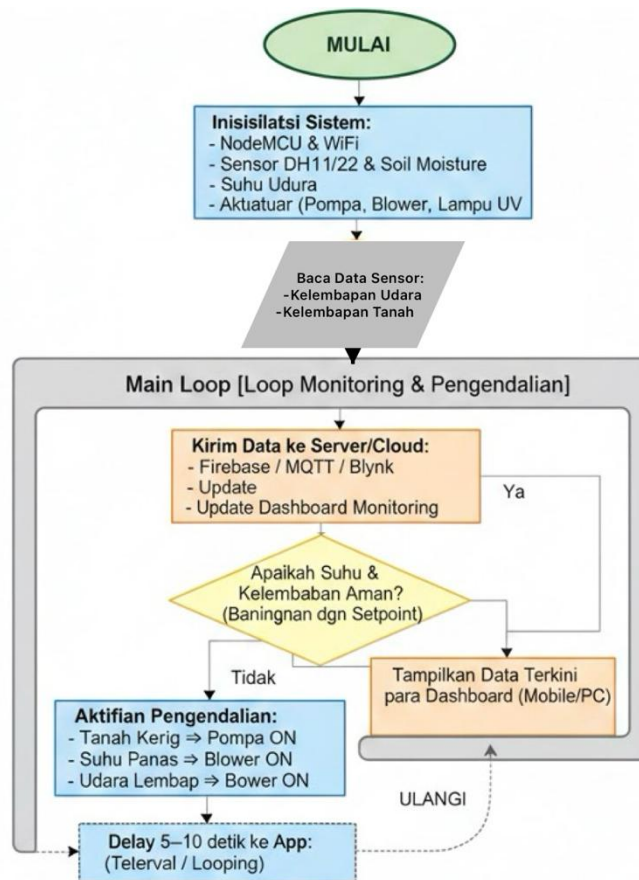
Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*) dengan metode prototipe. Metode ini dipilih karena mampu mendukung proses perancangan, pembuatan, serta pengujian sistem pemantau dan pengendali budidaya cacing tanah berbasis *Internet of Things* (IoT) secara bertahap dan berkelanjutan. Melalui pendekatan ini, desain sistem dapat direvisi, diperbaiki, dan dievaluasi hingga diperoleh prototipe yang berfungsi

secara optimal sesuai kebutuhan. Tahapan penelitian dimulai dari proses identifikasi masalah yang ditemukan pada praktik budidaya cacing tanah secara tradisional, yaitu pemantauan kelembaban tanah yang masih dilakukan secara manual sehingga nilai kelembaban tidak dapat diketahui secara pasti, pengambilan keputusan penyiraman yang tidak terukur, serta ketiadaan sistem otomatis untuk menjaga kondisi media. Identifikasi ini dilakukan melalui observasi langsung pada peternak cacing di Kecamatan Susoh, Aceh Barat Daya.



Gambar 1. Skematik Rancangan Sistem

Pada Tahapan rancangan seperti yang ditunjukkan pada gambar 1, pada awalnya yaitu: Input (Sensor), yang dimana Sensor DHT mendeteksi suhu dan kelembapan udara di area budidaya, sementara Soil Moisture Sensor mendeteksi kadar air di dalam media tanah (habitat cacing). Selanjutnya, Proses (NodeMCU): Data analog/digital dari sensor dikirim ke NodeMCU. Mikrokontroler ini memproses data berdasarkan ambang batas (threshold) yang telah ditentukan (misal: suhu 22–28°C dan kelembapan 60–80%). Kemudian, Output (Pengendalian): Jika kelembapan kurang dari 60%, NodeMCU mengirim sinyal ke Relay untuk menyalakan pompa air secara otomatis hingga kondisi ideal tercapai. Begitu juga dengan kipas jika suhu terlalu panas. Serta, Konektivitas (IoT): NodeMCU mengirimkan data secara real-time melalui Wi-Fi ke Platform Cloud. Monitoring: Pengguna dapat memantau kondisi kandang cacing melalui aplikasi di smartphone (seperti Blynk) dari mana saja selama terhubung ke internet.



**Gambar 2.** Diagram Alur Program Sistem

Berdasarkan masalah sebelumnya, maka dilakukan penentuan batasan penelitian untuk memastikan fokus pengembangan lebih terarah. Penelitian ini hanya memantau dua parameter lingkungan, yaitu kelembaban tanah dan suhu permukaan, sementara aktuator yang dikendalikan adalah pompa air untuk penyiraman otomatis. Sistem IoT dirancang menggunakan NodeMCU/ESP32, sensor kelembaban tanah, sensor suhu, serta integrasi notifikasi otomatis melalui Telegram. Tahap berikutnya adalah perancangan prototipe yang meliputi pembuatan diagram alur sistem (flowchart) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, yang dimulai dari proses pembacaan sensor, pengiriman data ke web server, pengolahan data IoT, hingga aktivasi pompa air dan pengiriman notifikasi. Selain itu, disusun pula skematik rangkaian yang mengintegrasikan NodeMCU/ESP32 dengan sensor, relay, pompa air, dan catu daya, serta perancangan konfigurasi sistem IoT termasuk web server dan bot Telegram sebagai media pemantauan.

Setelah tahap perancangan selesai, sistem direalisasikan melalui proses implementasi prototipe. Pada tahap ini, sensor kelembaban dipasang pada media tanah budidaya cacing, seluruh komponen elektronik dirangkai sesuai skema, dan NodeMCU/ESP32 diprogram untuk membaca data sensor, mengirimkan data ke server IoT, mengirim notifikasi Telegram, dan mengaktifkan relay untuk menyalakan pompa berdasarkan nilai ambang kelembaban yang telah ditentukan. Prototipe yang sudah dirakit kemudian menjadi satu perangkat siap uji. Pengujian prototipe dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah pengujian sensor kelembaban tanah pada tiga kondisi media—kering, lembab, dan basah—untuk menilai akurasi sensor serta mengukur kecepatan deteksi. Tahap kedua adalah pengujian sistem secara keseluruhan yang mencakup evaluasi integrasi antara pembacaan sensor, pengiriman data ke server, notifikasi Telegram, serta aktivasi pompa air otomatis. Parameter yang diuji meliputi nilai kelembaban tanah, respons aktuator, ketepatan notifikasi dalam tiga kategori (aman, siaga, dan darurat), serta sinkronisasi data IoT.

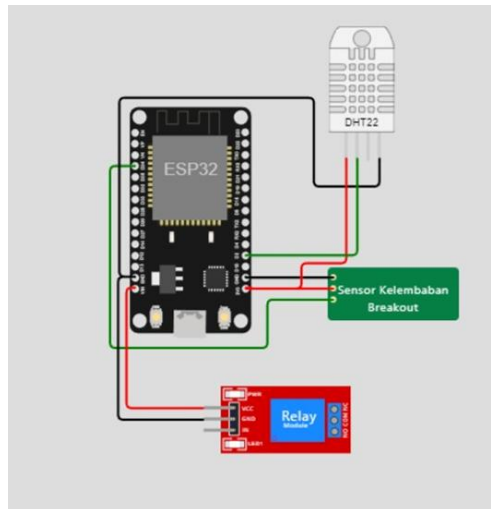
Data penelitian diperoleh melalui pengukuran langsung pembacaan sensor, observasi respons pompa air, pencatatan notifikasi Telegram, serta dokumentasi prototipe dan hasil percobaan. Data tersebut dianalisis secara deskriptif

kuantitatif dengan membandingkan hasil pembacaan sensor pada berbagai kondisi media tanah, menganalisis waktu respon sensor, mengevaluasi ketepatan notifikasi IoT, serta menilai kesesuaian kerja pompa air terhadap ambang batas kelembaban yang telah ditentukan. Secara keseluruhan, metodologi penelitian ini menggambarkan proses R&D yang meliputi identifikasi masalah, penentuan batasan, perancangan dan implementasi prototipe, pengujian sensor, pengujian sistem secara integratif, serta analisis kinerja alat.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Perancangan dan Implementasi Sistem

Penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe sistem pemantauan dan pengendalian budidaya cacing tanah berbasis Internet of Things (IoT) yang memanfaatkan modul mikrokontroler NodeMCU/ESP32 sebagai pengendali utama, sensor kelembaban tanah dan sensor suhu sebagai perangkat akuisisi data, serta pompa air sebagai aktuator yang dikendalikan melalui modul relay. Prototipe ini dirancang untuk memonitor kondisi kelembaban media budidaya secara real-time dan melakukan penyiraman otomatis ketika nilai kelembaban berada di bawah ambang batas yang telah ditetapkan. Desain akhir alat meliputi integrasi antara NodeMCU/ESP32 dengan sensor kelembaban dan sensor suhu, sistem penyiraman otomatis berbasis pompa air, konektivitas real-time ke web server, serta fitur notifikasi melalui aplikasi Telegram. Seluruh komponen dirakit dalam satu modul fisik yang siap digunakan pada lingkungan budidaya cacing tanah. Hasil perancangan tersebut divisualisasikan melalui skema rangkaian pada Gambar 3 serta tampilan fisik prototipe pada Gambar 4, yang menunjukkan integrasi keseluruhan komponen secara fungsional dan struktural.



**Gambar 3.** Skema Rangkaian Prototipe



**Gambar 4.** Tampilan Fisik Prototipe

Tahapan kerja prototipe dimulai dari proses akuisisi data lingkungan menggunakan sensor kelembaban tanah dan sensor suhu yang ditempatkan pada media budidaya cacing. Nilai yang terbaca kemudian dikirimkan ke modul mikrokontroler ESP32 untuk diolah dan diteruskan ke web server sebagai bagian dari sistem Internet of Things (IoT). Melalui konektivitas ini, data dapat dipantau secara real-time oleh pengguna. Ketika sistem mendeteksi bahwa nilai kelembaban tanah berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan—baik pada kategori siaga maupun darurat—ESP32 akan mengirimkan notifikasi otomatis melalui aplikasi Telegram untuk memberi peringatan kepada pengguna. Pada saat yang sama, modul relay akan mengaktifkan pompa air secara otomatis untuk melakukan penyiraman sehingga kondisi media dapat segera kembali ke tingkat kelembaban yang optimal. Seluruh aliran data antara sensor, ESP32, server, hingga aktuator berlangsung secara berkelanjutan dan simultan, sehingga keseluruhan sistem mampu bekerja secara real-time dalam memantau dan mengendalikan kondisi lingkungan budidaya cacing tanah.

3.2. Hasil Pengujian Kinerja Sensor

Pengujian dilakukan untuk mengetahui keandalan dan akurasi sensor suhu DHT22 dalam mendeteksi perubahan temperatur lingkungan. Sensor DHT22 berfungsi sebagai komponen utama dalam mendeteksi suhu udara di sekitar sistem. Data hasil pengukuran sensor dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan termometer digital sebagai acuan untuk menilai tingkat kesalahan (*error*) pengukuran, seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor suhu dengan membandingkannya dengan termometer digital

| No | Bacaan Sensor (°C) | Termometer (°C) | Error (%) |
|----|--------------------|-----------------|-----------|
| 1  | 32                 | 31.6            | 0.12      |
| 2  | 33                 | 32.7            | 0.91      |
| 3  | 34                 | 33.7            | 0.89      |
| 4  | 35                 | 34.7            | 0.86      |
| 5  | 36                 | 35.5            | 0.14      |
| 6  | 37                 | 36.7            | 0.81      |
| 7  | 38                 | 37.7            | 0.79      |
| 8  | 39                 | 38.8            | 0.51      |
| 9  | 40                 | 39.8            | 0.50      |

Kemudian, Pengujian dilakukan pada tiga variasi kondisi media tanah, yaitu kering, lembab, dan basah, dengan enam kali percobaan. Hasilnya ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian sensor kelembapan tanah dengan kondisi tiga variasi media tanah

| No | Alat Pemantau Dan Pengontrol Budidaya Cacing Tanah Berbasis Internet Of Things (IOT) |                    |                |                            |                           |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|----------------------------|---------------------------|
|    | Pengujian                                                                            | Keadaan Lingkungan | Keadaan Sensor | Nilai Kelembaban Tanah (%) | Kecepatan Deteksi (Detik) |
| 1  | Pengujian ke-1                                                                       | Kering             | Aktif          | 3 %                        | 6 detik                   |
| 2  | Pengujian ke-2                                                                       | Basah              | Aktif          | 90 %                       | 4 Detik                   |
| 3  | Pengujian ke-3                                                                       | Lembab             | Aktif          | 71 %                       | 4 Detik                   |
| 4  | Pengujian ke-4                                                                       | Kering             | Aktif          | 2%                         | 8 Detik                   |



|   |                |        |       |     |         |
|---|----------------|--------|-------|-----|---------|
| 5 | Pengujian ke-5 | Basah  | Aktif | 97% | 3 Detik |
| 6 | Pengujian ke-6 | Lembab | Aktif | 66% | 2Detik  |

Hasil pengujian sensor kelembaban tanah pada tabel 1, menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi kelembaban pada rentang yang sangat luas, yaitu antara 2% hingga 97%. Rentang ini mengindikasikan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik pada berbagai kondisi media tanah, mulai dari kondisi sangat kering hingga kondisi sangat basah. Selain itu, waktu deteksi sensor tergolong sangat cepat, yaitu antara 2 hingga 8 detik, dengan rata-rata waktu respon tidak lebih dari 7 detik. Kecepatan ini menunjukkan performa sensor yang responsif dalam memberikan data secara real-time. Sensor juga menunjukkan konsistensi hasil pembacaan pada berbagai kondisi media, sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat sensitivitas dan stabilitas sensor cukup baik untuk digunakan dalam sistem pemantauan budidaya cacing tanah. Secara keseluruhan, temuan ini membuktikan bahwa sensor kelembaban yang digunakan sudah memadai untuk mendukung sistem IoT dan mampu menyediakan informasi waktu nyata yang diperlukan untuk pengambilan keputusan otomatis dalam menjaga kondisi optimal media cacing tanah.

3.3. Hasil Pengujian Kinerja Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem dilakukan dengan memastikan integrasi antara sensor, mikrokontroler, web server, sistem notifikasi, dan pompa air. Data hasil pengujian tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian kinerja alat secara menyeluruh

| No                  | Pengujian Alat Pemantau Dan Pengontrol Budidaya Cacing Tanah Berbasis Internet Of Things (IOT) |                                                |                            |                        |                     |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------|
|                     | Pengujian                                                                                      | Keadaan Lingkungan                             | Nilai Kelembaban Tanah (%) | Notifikasi Pesan Masuk | Keadaan Mesin Pompa |
| 1                   | Pengujian ke-1                                                                                 | Kering                                         | 8 %                        | Darurat                | Hidup               |
| 2                   | Pengujian ke-2                                                                                 | Basah                                          | 92 %                       | -                      | Mati                |
| 3                   | Pengujian ke-3                                                                                 | Lembab                                         | 51 %                       | Aman                   | Mati                |
| 4                   | Pengujian ke-4                                                                                 | Kering                                         | 9 %                        | Darurat                | Hidup               |
| 5                   | Pengujian ke-5                                                                                 | Basah                                          | 72 %                       | Aman                   | Mati                |
| 6                   | Pengujian Ke-6                                                                                 | Lembab                                         | 44 %                       | Aman                   | Mati                |
| Keadaan Siaga       |                                                                                                | Nilai Kelembaban Tanah < 30%                   |                            |                        |                     |
| Keadaan Darurat     |                                                                                                | Nilai Kelembaban Tanah < 15%                   |                            |                        |                     |
| Keadaan Mesin Pompa |                                                                                                | Akan Hidup dan Menyiram Ketika Keadaan Darurat |                            |                        |                     |

Hasil pengujian kinerja sistem secara keseluruhan menunjukkan bahwa alat mampu bekerja dengan baik dalam memantau serta mengendalikan kelembaban media budidaya cacing tanah. Pada kondisi media yang sangat kering dengan tingkat kelembaban kurang dari 15%, sistem merespons secara tepat dengan mengaktifkan pompa air dan mengirimkan notifikasi kategori darurat kepada pengguna. Hal ini menunjukkan bahwa logika pengendalian telah berfungsi sesuai rancangan untuk mencegah kondisi lingkungan yang dapat mengganggu kelangsungan hidup cacing. Pada kondisi media lembab dengan rentang kelembaban 40–70%, sistem memberikan notifikasi aman dan pompa tetap dalam keadaan mati, menandakan bahwa nilai kelembaban media masih ideal bagi pertumbuhan cacing. Sementara itu, pada kondisi media basah, sistem mempertahankan pompa dalam keadaan tidak aktif dan umumnya tidak mengirimkan notifikasi, karena kondisi tersebut masih berada dalam kategori aman. Berikut hasil tampilan notifikasi via telgram seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 berikut.



**Gambar 3.** Tampilan Notifikasi Via telegram

Meskipun demikian, ditemukan satu anomali pada pengujian dengan tingkat kelembaban 92%, di mana notifikasi aman tidak muncul. Namun, ketidakhadiran notifikasi tersebut tidak berpengaruh terhadap keputusan aktuasi pompa, yang tetap bekerja sesuai logika pengendalian. Secara keseluruhan, integrasi antara sensor, server, sistem notifikasi, dan aktuator menunjukkan performa yang baik. Sensor dan server bekerja secara sinkron dalam mengirim dan menerima data, notifikasi muncul secara akurat pada sebagian besar percobaan, dan pompa air memberikan respons sesuai perubahan kondisi kelembaban. Dengan demikian, sistem dapat dinyatakan telah memenuhi fungsi utamanya sebagai alat monitoring dan pengendalian otomatis berbasis IoT pada budidaya cacing tanah.

### 3.4. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, prototipe sistem IoT untuk monitoring dan pengendalian budidaya cacing tanah menunjukkan kinerja yang cukup unggul dan sesuai dengan tujuan perancangannya. Salah satu keunggulan utama terletak pada kemampuan sensor dalam memberikan respons pembacaan yang cepat, yaitu tidak lebih dari 7 detik, sehingga informasi kondisi media dapat diperoleh secara real-time. Sistem juga mampu mengirimkan notifikasi otomatis melalui Telegram dalam tiga kategori kondisi—aman, siaga, dan darurat—yang memudahkan peternak dalam melakukan pemantauan tanpa harus berada dekat dengan lokasi budidaya. Selain itu, mekanisme penyiraman otomatis bekerja dengan baik mengikuti nilai ambang kelembaban yang telah ditetapkan, sehingga proses pengairan dapat berlangsung lebih efisien dan terukur. Desain prototipe yang kompak dan sederhana turut mendukung kemudahan penggunaan bagi peternak, terutama bagi mereka yang belum terbiasa dengan teknologi IoT. Pemanfaatan IoT dalam sistem ini juga menjadi nilai tambah karena memungkinkan pemantauan dilakukan dari jarak jauh melalui perangkat mobile. Meskipun demikian, evaluasi terhadap prototipe juga menunjukkan adanya satu keterbatasan, yaitu ketidakkonsistenan munculnya notifikasi pada kondisi kelembaban tertentu. Walaupun tidak memengaruhi keputusan aktuasi pompa, ketidakkonsistenan ini menunjukkan bahwa masih diperlukan optimasi logika pada program server atau proses sinkronisasi data. Perbaikan pada aspek ini di masa depan diharapkan dapat meningkatkan stabilitas sistem notifikasi sehingga prototipe dapat bekerja lebih andal dalam berbagai kondisi lingkungan. Secara keseluruhan, hasil pembahasan menunjukkan bahwa prototipe telah berhasil memenuhi fungsi utama sebagai alat monitoring dan pengendalian otomatis berbasis IoT, namun masih memiliki ruang untuk penyempurnaan agar lebih optimal dalam implementasi lapangan.

### 4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menghasilkan rancang bangun sistem monitoring dan pengendalian budidaya cacing tanah berbasis IoT menggunakan NodeMCU/ESP32, sensor kelembaban, sensor suhu, dan pompa air otomatis. Sistem mampu



memantau kelembaban tanah secara real-time, memberikan notifikasi melalui Telegram, dan mengaktifkan penyiraman otomatis ketika kelembaban berada di bawah ambang batas. Pengujian menunjukkan bahwa sensor bekerja akurat pada rentang 2%–97% dengan waktu respons cepat 2–8 detik, sedangkan integrasi antara sensor, mikrokontroler, server IoT, dan aktuator menunjukkan kinerja yang stabil. Meskipun terdapat satu ketidakkonsistenan notifikasi pada kondisi tertentu, hal ini tidak memengaruhi fungsi penyiraman otomatis. Secara keseluruhan, prototipe ini efektif sebagai sistem otomatis untuk mendukung budidaya cacing tanah dan berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk penerapan dalam skala lebih besar.

### Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada para asisten Laboratorium Energi Listrik di UIN Ar-Raniry Banda Aceh, yang telah support atas bantuan dan menguji keberhasilan alat dalam menyelesaikan penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- Adafruit Industries. (n.d.). DHT22/AM2302 Temperature and Humidity Sensor Datasheet. <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/DHT22.pdf>
- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing. RFID Journal. <https://www.rfidjournal.com/expert-views/that-internet-of-things-thing/73881>
- Chavan, M. D., Solankar, A., Mulla, I., Jadhav, V., & Pandhare, S. (2025). IoT Based Smart Agriculture Monitoring System. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 13(5). <https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.70526>.
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., & Sherman, R. L. (2011). Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10453>.
- J. D. Gavilanes, D. A. Pulla, A. Tierra-Llana, F. Reyes and R. Isa-Jara, "An IoT System for Monitoring and Controlling Microclimates using Fuzzy Logic Applied to a Vermicompost Culture," *2024 IEEE Eighth Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*, Cuenca, Ecuador, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/ETCM63562.2024.10746061.
- Kuindra, I., et al. (2023). IoT-Based Soil Moisture Monitoring and Soil Moisture Prediction Using Linear Regression (Case Study of Vinca Plants). *Journal of Intelligent Software Systems*, 2(1), 1–5. <https://doi.org/10.26798/jiss.v2i1.929>.
- Mishra, A., Majumdar, A., Roy, A., Ghosal, A., Dhar, P., Biswas, S., & Roy, S. (2022). Smart Agriculture Monitoring & Auto Irrigation System using IoT with ESP8266. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 10(6). <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.44382>.
- Pambudi, T. A. (2021). Mengenal Lebih Dekat Budidaya Cacing Tanah sebagai Alternatif Peluang Usaha. Dinas Peternakan dan Perikanan.
- Pramartaningthyas, E. K., Ma'shumah, S., & Al Hannan, A. (2025). Design and implementation of an IoT-based automatic irrigation and monitoring system for bird's eye chili plants with Telegram and Blynk platform integration. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 9(3), 1248–1257. <https://doi.org/10.70609/g-tech.v9i3.7160>.
- Sinha, R.K., Valani, D., Chauhan, K. and Agarwal S. (2010) Embarking on a Second Green Revolution for Sustainable Agriculture by Vermiculture Biotechnology Using Earthworms: Reviving the Dreams of Sir Charles Darwin. *Journal Agriculture Technology Sustainable Development*, 2, 113-128. <https://doi.org/10.5897/JABSD.9000017>.
- Quy, V. K., Hau, N. V., Anh, D. V., Quy, N. M., Ban, N. T., Lanza, S., Randazzo, G., & Muzirafuti, A. (2022). IoT-enabled smart agriculture: Architecture, applications, and challenges. *Applied Sciences*, 12(7), 3396. <https://doi.org/10.3390/app12073396>.