

## SMART FARMING BUDIDAYA CACING TANAH BERBASIS ESP32 YANG TERINTEGRASI DENGAN WEBSITE

**Anggi Meidia Rianto, Nur Khafidhoh Primaadi Airlangga, Mohammad Anshori Aris Widya**  
Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi Universitas KH. A. Wahab Hasbullah Jombang  
Jl. Garuda No.9, Tambak Rejo, Jombang, Jawa Timur, Indonesia  
*anggimeidiarianto87@gmail.com*

### ABSTRAK

Budidaya cacing merupakan kegiatan budidaya yang sudah tidak dianggap baru dan memiliki banyak peminat, hal ini karena budidaya cacing memiliki segudang manfaat di bidang bisnis lainnya. Akan tetapi, petani sering mengalami gagal panen karena proses monitoring tanah masih dilakukan secara manual dan minimnya pengetahuan petani cacing tentang media tanah yang digunakan sebagai budidaya cacing. Tujuan dari penelitian ini adalah membangun sistem alat monitoring suhu, kelembaban, dan pH tanah serta membangun sistem penyiraman otomatis dengan judul “smart farming budidaya cacing tanah berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan website”. Penelitian ini juga bertujuan untuk mempermudah petani cacing dalam memonitoring kondisi media tanah dan menjadwalkan penyiraman media tanah menggunakan produk smart farming. Metode penelitian yang digunakan adalah model waterfall, yang terdiri dari empat tahapan yaitu: analisis, desain, pengkodean, dan pengujian. Berdasarkan hasil pengembangan penelitian, didapatkan hasil bahwa proyek smart farming mampu menampilkan data kondisi media tanah secara real time dan mampu melakukan penyiraman secara otomatis.

**Kata kunci :** *Budidaya cacing tanah, ESP32, monitoring, penyiraman otomatis, smart farming*

### 1. PENDAHULUAN

Budidaya cacing tanah masih dianggap sebagai hal baru di Indonesia, akan tetapi saat ini budidaya cacing tanah banyak diminati oleh para petani, hal ini karena pembudidayaan cacing tanah memberikan banyak manfaat seperti digunakan sebagai bahan pembenahan tanah, pengobatan, peternakan ikan dan sebagainya[1]. Budidaya cacing tanah memiliki prospek yang bagus karena mudah dalam mempelajari proses budidaya cacing tanah sehingga semua kalangan dapat membudidayakannya[2].

Meskipun budidaya cacing tanah banyak diminati, tetapi banyak petani cacing yang terus mengalami gagal panen[3]. Umumnya petani sering mengalami beberapa kesulitan utama dalam budidaya cacing tanah yaitu:

- a. Tanah yang terlalu kering sehingga tidak cocok dengan kondisi cacing tanah
- b. Tanah yang terlalu lembap sehingga cacing akan hidup menggumpal dalam tanah dan menyebabkan perkembangannya semakin sulit.

Dalam budidaya cacing tanah perlu diperhatikan kondisi media tanah yang digunakan. Umumnya kondisi media tanah yang baik bagi cacing tanah harus memiliki suhu antara 15 – 25 °C, kelembaban tanah berkisar 15 – 30% keasaman tanah atau pH tanah

berkisar 6,0 – 7,2[4]. Pada umumnya, petani cacing biasanya melakukan pengecekan suhu tanah secara manual atau dengan metode perkiraan dan pengalaman memakai tangan yang menyebabkan ketidakakuratan dan kadang tidak presisi seperti yang dibutuhkan cacing dan biasanya ketika pengecekan secara manual tidak akurat maka jadwal penyiraman media tanah untuk cacing pun juga tidak tentu. Penyiraman air ke tanah sebagai media budidaya cacing yang telat dapat menyebabkan ketidakstabilan sifat fisika dan kimia tanah sehingga dampak yang dirasakan adalah terjadinya kekeringan dan pH tanah menjadi tinggi atau semakin asam dan membuat cacing naik ke permukaan tanah bahkan menyebabkan cacing mati.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka penulis menawarkan solusi untuk membuat alat monitoring suhu, kelembaban dan pH tanah yang memiliki fitur terintegrasi ke website yang bisa dicek secara realtime agar petani cacing dapat mengetahui bagaimana kondisi media tanah untuk cacing tersebut. Fitur lain dari alat ini adalah dapat melakukan penyiraman otomatis ketika sensor kelembaban mendeteksi bahwa kelembaban media tanah cacing tersebut dibawah standar optimal kelembaban yang dibutuhkan oleh cacing.

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian terdahulu

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Peneliti	Tahun	Judul	Hasil
Heri Purwantara	2018	Rancangan Bangun Smart Farming Pada Budidaya Cacing Tanah Lumbricus Rubellus Menggunakan Arduino Uno	Penelitian ini menghasilkan sebuah rancangan smart farming yang menggunakan sensor DHT11 dan RF 28 yang digunakan untuk mengukur kelembaban dan suhu tanah.

Peneliti	Tahun	Judul	Hasil
Ghifari	2019	Implementasi Internet Of Things (Iot) Untuk Pengawasan Dan Penyiraman Otomatis Pada Budidaya Cacing Tanah Dengan Protokol MQTT	Penelitian menghasilkan sebuah rancangan penyiraman otomatis berbasis IoT menggunakan sensor YL-100 untuk mengukur kelembaban tanah
Musyafa'	2022	Sistem Pengaturan Kelembapan Pada Prototype Budidaya Cacing Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Wemos D1 R2	Penelitian ini menghasilkan sebuah rancangan pengatur kelembaban tanah menggunakan sensor DS18B20 dan sensor YL-100

**2.2. Smart Farming**

Smart farming adalah metode penerapan suatu teknologi informasi ke dalam sistem pertanian yang berfungsi sebagai proses optimasi untuk mendukung para petani dalam pengambilan suatu keputusan berdasarkan data rill. Smart farming harus terus dikembangkan dan dikenalkan kepada para petani karena dengan menggunakan metode pertanian cerdas berbasis teknologi akan membantu dan mempermudah petani dalam melakukan pekerjaan. Smart farming pada era saat ini memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan pendapatan masyarakat petani sehingga mampu berkontribusi pada keberlanjutan pertanian [5].

**2.3. Internet of Thing (IoT)**

Internet of Thing merupakan suatu fenomena dimana benda di dunia nyata mampu berkomunikasi dengan lainnya menggunakan sistem terpadu dengan memanfaatkan jaringan internet sebagai penghubung. IoT dapat menggambarkan masa depan objek fisik sehingga dapat terhubung dengan internet dan mampu mengidentifikasi antar perangkat lainnya [6]. Internet of Things memungkinkan jaringan kompleks dapat menyesuaikan diri serta adaptif terhadap perubahan dan dapat menghubungkan "Things" ke internet melalui pemanfaatan protokol komunikasi standar.

**2.4. ESP32**

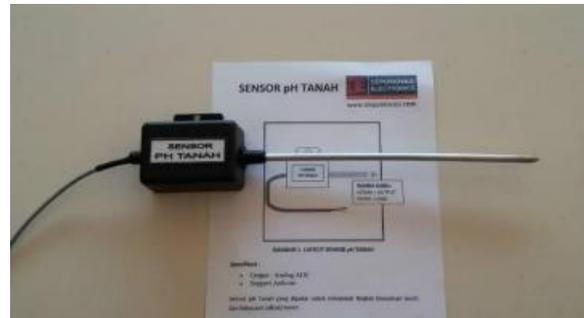
Mikrokontroler ESP32 adalah mikrokontroler SoC atau System on Chip yang dilengkapi dengan Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai peripheral. ESP32 merupakan chip yang cukup lengkap dengan spesifikasi terdapat prosesor, penyimpanan dan akses pada GPIO (General Purpose Input Output). ESP32 dapat digunakan sebagai rangkaian pengganti pada Arduino dan memiliki kemampuan untuk mendukung terkoneksi ke Wi-Fi secara langsung[7].



Gambar 1. Mikrokontroler ESP32  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

**2.5. Sensor pH Tanah**

Sensor pH tanah adalah sebuah sensor yang dapat mendeteksi kadar keasaman atau kebasaan pada tanah. Skala pH yang dapat diukur oleh sensor ini adalah range 1.0 hingga 14.00[8]. Tanah dapat dikatakan asam jika memiliki tingkat lebih rendah dari 6 dan dikatakan basa apabila pH lebih tinggi dari 8. Sensor ini dapat langsung disambung ke pin analog dari mikrokontroler.



Gambar 2. Sensor pH Tanah  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

**2.6. Sensor DS18B20**

Sensor DS18B20 adalah sensor yang digunakan untuk pengukuran suhu menggunakan output digital. Sensor DS18B20 memiliki tingkat akurasi sebesar 0,5°C pada rentang suhu -10°C sampai +85°C [9]. Sensor DS18B20 membutuhkan modul penguat tambahan agar dapat digunakan.

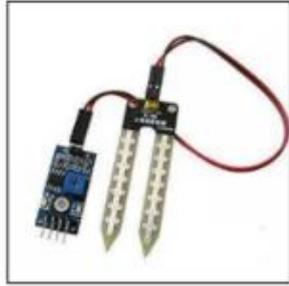


Gambar 3. Sensor DS18B20  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

**2.7. Sensor YL-100**

Sensor YL-100 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur kelembaban tanah dengan rentang 0% sampai 100% yang memiliki ketelitian sebesar ±3%. Sensor ini harus mendapatkan input daya 3,3V sampai 5V, dimana sensor ini memiliki pin digital dan analog yang dapat mengeluarkan 2 tipe data. Sensor kelembaban ini terdiri atas dua lempeng konduktor yang sensitif terhadap muatan listrik. Kedua

lempengan yang terdapat pada ujung sensor dapat menghantarkan tegangan analog berupa listrik berkisar 3,3 – 5 volt [10]. Tegangan tersebut kemudian akan diproses lebih lanjut oleh sistem.



Gambar 4. Sensor YL-100  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

### 2.8. Relay

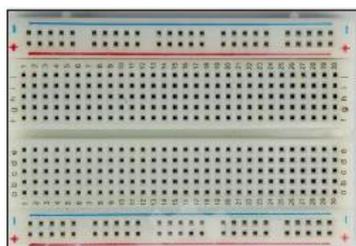
Relay adalah modul yang digunakan sebagai output yang biasanya berupa saklar dan dapat secara otomatis On dan OFF sesuai dengan perintah yang diolah oleh mikrokontroler. Relay memiliki 2 bagian utama yakni Elektromagnet (coil) dan mekanikal (sebuah kotak switch), umumnya kondisi relay dibagi menjadi dua yakni Normally Close dimana kondisi awal relay dalam posisi tertutup karena tidak dapat menerima arus listrik.



Gambar 5. Relay  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

### 2.9. Breadboard

Breadboard merupakan papan sirkuit untuk merangkai sebuah prototype, breadboard digunakan untuk mempermudah pengguna karena tidak perlu melakukan solder, sebagai media penghantar (konduktor listrik) dan tempat menancapkan kabel jumper. Dalam membuat projek sedang hingga besar memerlukan banyak sensor dan modul, sedangkan pin VCC dan GND dalam mikrokontroler hanya 2 – 3, jika menggunakan breadboard dapat membagi VCC dan GND untuk dipakai banyak sensor dan modul.



Gambar 6. Breadboard  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

### 2.10. Pompa Air

Mini submersible Water Pump merupakan pompa air submersible kecil yang biasa digunakan untuk proyek dalam pembuatan aplikasi berbasis mikrokontroler. Pompa air mini ini menggunakan motor DC brushless dan bekerja dengan tegangan DC 5V 120 liter/jam.



Gambar 7. Pompa Air  
Sumber: (Moch. Bakhrul Ulum et al., 2022)

### 2.11. Website dan Database

Website merupakan sebuah halaman yang memuat mengenai informasi yang disediakan melalui akses internet sehingga seluruh dunia dapat mengaksesnya. Halaman dari situs website biasanya terangkum dalam domain atau subdomain yang tempatnya ada di *World Wide Web* (WWW). Halaman Web terdiri atas dokumen yang ditulis dengan menggunakan HTML (*Hyper Text Markup Language*) dan bahasa-bahasa lain. Website dapat diakses menggunakan HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*).

## 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan model pengembangan waterfall, yang terdiri dari tahapan analisis, desain, pengkodean, dan pengujian[11].

a. Analisis, pada tahap ini dilakukan tahapan pengumpulan kebutuhan perangkat lunak, analisis kebutuhan hidup cacing, dan identifikasi masalah pengembangan proyek. Dalam tahap analisis kebutuhan perangkat lunak bertujuan untuk menspesifikasikan kebutuhan perangkat lunak yang dibutuhkan oleh pengembang. Adapun perangkat yang dibutuhkan dalam projek ada dua jenis yaitu hardware dan software yang dijabarkan sebagai berikut:

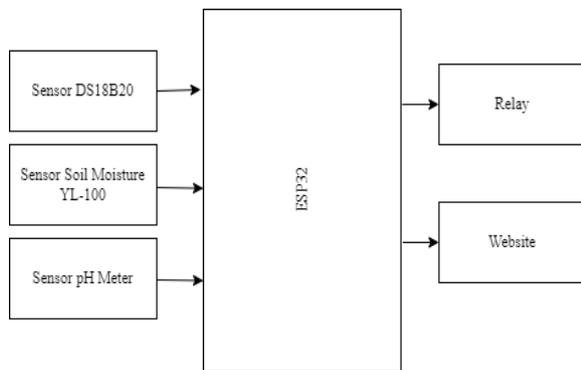
1. Hardware yang dibutuhkan meliputi:
  - Mikrokontroler ESP32
  - Breadboard
  - Sensor DS18B20
  - Sensor soil moisture LY-100
  - Sensor pH tanah
  - Relay
  - Pompa air
2. Software yang dibutuhkan meliputi:
  - Website sebagai penampil data sensor
  - Database untuk menyimpan data sensor
  - Aplikasi Sublime Text untuk menulis script koding
  - Aplikasi Arduino IDE untuk menulis script program mikrokontroler

Selanjutnya adalah analisis kebutuhan hidup cacing yang bertujuan untuk mengetahui media yang optimal bagi cacing sehingga kelangsungan hidup cacing akan berjalan dengan baik. Adapun sifat fisika dan kimia tanah yang dimaksud adalah kelembaban tanah, suhu tanah, dan pH tanah. Kelembaban tanah yang optimal bagi cacing berkisar 15% - 30%, sedangkan suhu tanah yang optimal bagi cacing berkisar 15°C - 25°C, selanjutnya pH tanah yang optimal bagi cacing berkisar antara 6,0 - 7,2.

b. Desain, desain sistem menggunakan sistem model hardware yang meliputi diagram blok, flowchart dan perancangan alat. Berikut penjabarannya :

1. Perancangan Diagram Blok

Blog diagram ini merupakan suatu gambaran dasar mengenai sistem yang akan dirancang. Rancangan ini diperlukan untuk memahami struktur dari alur input, alur proses, dan alur output. Adapun diagram blok yang akan dirancang seperti dicantumkan pada Gambar 8:



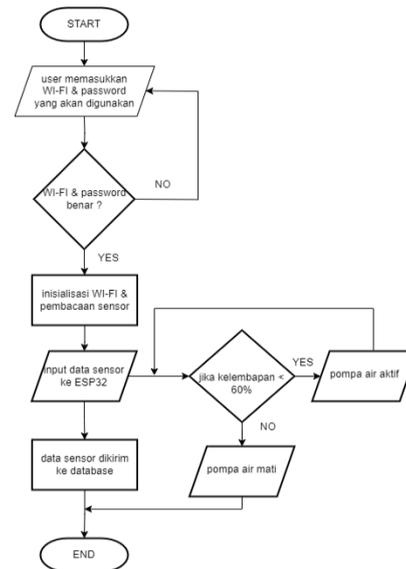
Gambar 8. Diagram Blok

Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

Berdasarkan gambar diatas, terdapat 3 blok yaitu blok input yang ditempati oleh sensor DS18B20, Sensor Soil Moisture LY-100, dan Sensor pH Meter. Blok proses ditempati oleh ESP32 sebagai pusat pengendali lalu blok output ditempati oleh Relay sebagai saklar otomatis untuk pompa air dan aplikasi website untuk menampilkan data dari sensor.

2. Flowchart

Dalam penelitian ini dibuatkan flowchart untuk memperlihatkan alur proses jalannya proyek. Flowchart pada Gambar 9 menjelaskan mengenai alur sistem mulai awal hingga akhir. Fungsi dari flowchart ini adalah untuk memberikan alur kerja dari sistem yang dirancang sehingga pengguna dapat mengoreksi tahapan sistem.



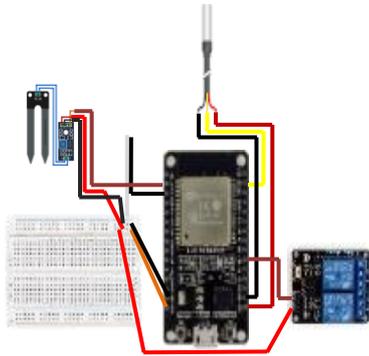
Gambar 9. Flowchart Smart Farming

Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

Flowchart dimulai dari posisi start, kemudian sensor suhu tanah, sensor kelembaban tanah dan sensor pH tanah melakukan proses deteksi. Setelah melakukan proses deteksi, ketiga sensor mengirim data menuju ESP32. ESP32 menerima data yang kemudian mengirimkan data menuju database melalui perantara WI-FI agar data dapat muncul atau tampil pada website. Setelah menampilkan data pada website, dapat dilihat data yang tertera pada website. Apabila hasil deteksi kelembaban tanah di bawah 60% maka ESP32 dapat melakukan kontrol untuk menghidupkan relay. Setelah relay aktif, maka akan menghidupkan pompa secara otomatis dan mengalirkan air ke tanah sebagai media budidaya cacing. Sebaliknya, apabila hasil deteksi kelembaban tanah di atas 60% maka ESP32 dapat melakukan kontrol untuk mematikan relay sehingga pompa secara otomatis akan mati dan berhenti mengalirkan air ke tanah sebagai media budidaya cacing.

3. Perancangan Alat

Rancangan ini dibuat menggunakan Microsoft Word agar lebih mudah mencari gambar dari sensor, rancangan ini dibentuk dengan menggabungkan ESP32 dengan sensor suhu tanah, kelembaban tanah, dan pH tanah, lalu ada Relay yang berfungsi sebagai kontrol pompa air otomatis. Gambar 10 menunjukkan rancangan alat yang dibuat secara keseluruhan.



Gambar 10. Rangkaian Skematik Smart Farming  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

Dalam rancangan alat ini setiap sensor dan modul membutuhkan VCC dan GND, untuk mensiasati hal tersebut maka peneliti melakukan jumper VCC dan GND dari ESP32 ke breadboard. Untuk lebih detail dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 2. Pengkabelan prototype

Sensor/modul	Pin VCC	Pin GND	Pin DATA
DS18B20	Pin 3v3 (esp32)	Pin GND (esp32)	Pin D22 (esp32)
YL-100	VCC breadboard	GND breadboard	Pin VP (esp32)
Sensor pH	-	Kabel putih sensor ke GND breadboard	Kabel hitam ke pin VN ESP32
Relay	VCC breadboard	GND breadboard	Pin RX2(ESP32)

- c. Pengkodean, dilakukan tahapan proses translasi desain ke dalam program perangkat lunak, penghubungan modul ESP32, sensor-sensor dan modul menggunakan bahasa C++ yang di buat dan diupload melalui aplikasi Arduino IDE, dan tahap koding untuk membuat program website yang menggunakan beberapa bahasa yaitu HTML, CSS, JavaScript, JQuery, API.
- d. Pengujian, tahap ini dilakukan pengujian terhadap fungsi alat yang meliputi pembacaan sensor, pengujian penyiraman dan website untuk menampilkan data sensor.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Rangkaian alat

Alat yang telah selesai dipasang akan berupa prototype, agar alat dapat terlihat lebih rapi maka di lakukan pengemasan ke dalam box hitam, berikut gambar rangkaian alat :



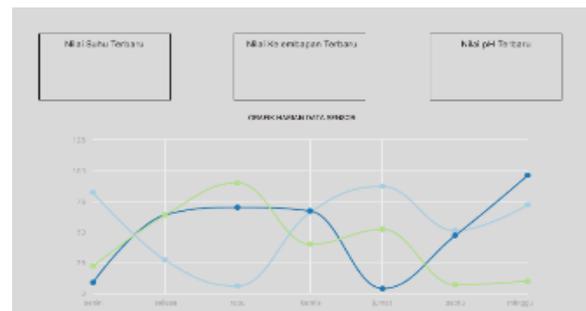
Gambar 11. Rangkaian alat pada box  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)



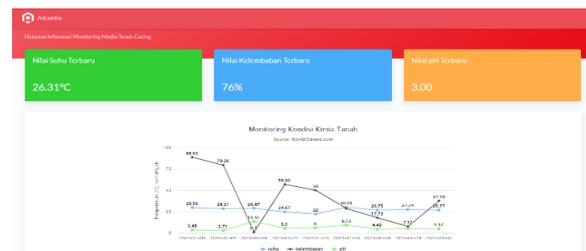
Gambar 12. Rangkaian tertutup dari box  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

##### 4.2. Perancangan Website

Desain website dibuat menggunakan figma sebagai landasan awal dalam pembuatan tampilan website yang sebenarnya. Pada Gambar 13 menunjukkan desain website yang akan dibuat, dalam desain website tersebut, terdapat 3 kotak yang akan menampilkan nilai dari sensor suhu, sensor kelembapan tanah, dan sensor pH.



Gambar 13. Desain Mokeup Website  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)



Gambar 14. Tampilan Website  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

Setelah membuat desain mokeup maka selanjutnya dibuat tampilan website. Berikut hasil pembuatan website :

**4.3. Pengujian alat**

Pengujian alat memakai media tanah yang di taruh dalam wadah box lalu box alat di pasang menggunakan baut. Berikut gambar box sekaligus gambar pengujian menggunakan tanah kering dan lembab :

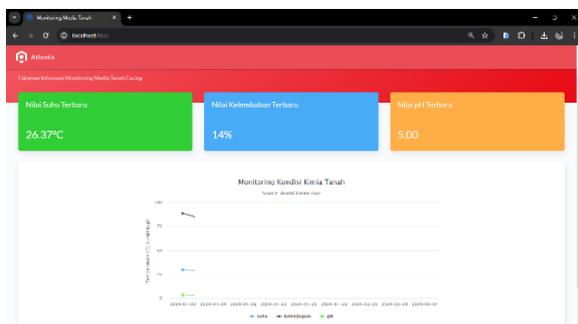


Gambar 15. Pengujian pada tanah kering  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

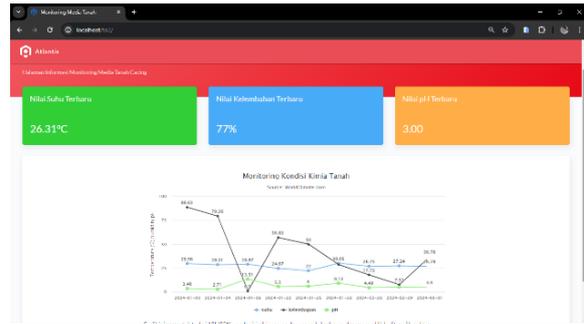


Gambar 16. Pengujian pada tanah basah  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

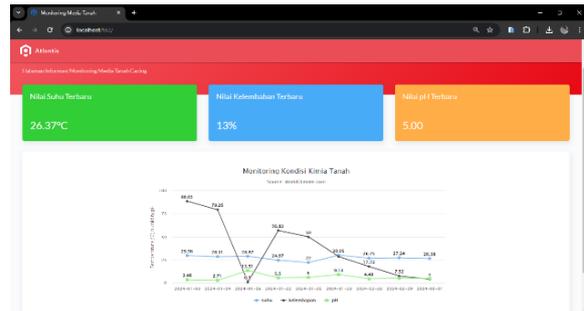
Setelah alat bekerja lalu sensor membaca nilai dari tanah tersebut dan ESP32 mengirimkan data sensor ke database kemudian ditampilkan ke website. Berikut hasil tampilan website :



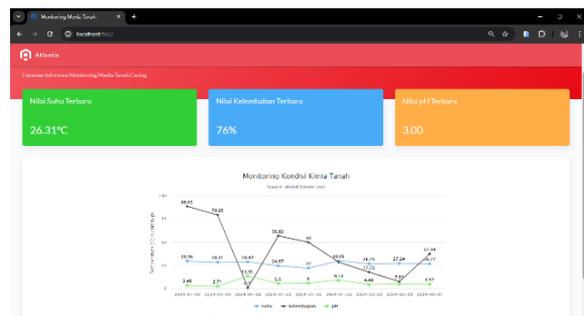
Gambar 17. Website hasil pengujian alat ke 1  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)



Gambar 18. Website hasil pengujian ke 2  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)



Gambar 19. Website hasil pengujian ke 3  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)



Gambar 20. Website hasil pengujian ke 4  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

Berikut tabel 2. Adalah hasil dari pengujian alat :

Tabel 2. Pengujian Sensor

No. Pengujian	Kondisi Tanah	Suhu Tanah	Kelembapan Tanah	pH Tanah
Ke-1	Kering	26.37°C	14%	5.00
Ke-2	Basah	26.31°C	77%	3.00
Ke-3	Kering	26.37°C	13%	5.00
Ke-4	Basah	26.31°C	76%	3.00

Dalam tahap pengujian alat, dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat sensitivitas alat atau sensor yang digunakan. Sehingga peneliti dapat mengetahui kelayakan dari sebuah alat atau sensor. Berdasarkan hasil pengujian dari tabel diatas dipastikan bahwa alat atau sensor dari ketiga indikator yang meliputi sensor suhu, kelembapan, dan pH tanah dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Sehingga alat atau sensor dikatakan layak untuk dapat digunakan.

**4.4. Pengujian Penyiraman**

Penyiraman dilakukan menggunakan dua sampel tanah yaitu tanah kering dan tanah basah, mekanisme penyiraman ini adalah ketika kelembapan tanah kurang dari 60% maka penyiraman akan aktif, jika lebih dari 60% maka penyiraman berhenti. Berikut gambar penyiraman :



Gambar 21. Pengujian penyiraman pada tanah kering  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)



Gambar 22. Pengujian penyiraman pada tanah basah  
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2024)

Berikut adalah tabel 3. Hasil dari pengujian penyiraman :

Tabel 3. Pengujian Penyiraman

No. Pengujian	Kondisi Tanah	Status Relay	Status Pompa
Ke-1	Kering	LOW	Hidup
Ke-2	Basah	HIGH	Mati
Ke-3	Kering	LOW	Hidup
Ke-4	Basah	HIGH	Mati

Dalam tahap penyiraman dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kinerja kondisi alat penyiraman. Sehingga peneliti dapat mengetahui berfungsi atau tidaknya alat penyiraman yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian penyiraman dari table di atas dipastikan bahwa relay dan pompa penyiraman dapat bekerja sesuai dengan kondisi yang ditetapkan. Sehingga relay dan pompa penyiraman dapat dikatakan berfungsi sebagai alat penyiraman.

**5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil perancangan dan pengembangan smart farming budidaya cacing, penulis menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Proyek smart farming budidaya cacing dapat menampilkan data kondisi tanah secara real time karena proyek ini dirancang dan dibangun agar dapat terintegrasi menggunakan web.
2. Proyek smart farming budidaya cacing dapat berjalan sesuai rancangan integrasi yang dapat membantu petani budidaya cacing untuk memonitoring kondisi tanah dan penjadwalan penyiraman otomatis.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] L. Hakim, "Volume 13 Nomor 1, Juni 2019," *J. Krtha Bhayangkara*, vol. 13, pp. 27–47, 2019, [Online]. Available: <https://ejurnal.ubharajaya.ac.id/index.php/KRT HA/article/view/12>

[2] R. R. A. Qonita and E. W. Riptanti, "Peningkatan Usaha Budidaya Cacing Tanah di Kecamatan Teras Kabupaten Boyolali," *PRIMA J. Community Empower. Serv.*, vol. 5, no. 2, p. 135, 2021, doi: 10.20961/prima.v5i2.46714.

[3] J. Ghifari, "Implementasi Internet of Things ( Iot ) Untuk Pengawasan Dan Penyiraman Otomatis Pada Budidaya Cacing Tanah Dengan Protokol MQTT," 2019.

[4] D. Anugrah and T. Alamsyah, "Pemanfaatan Kotoran Sapi Sebagai Pakan dalam Budidaya Cacing Lumbricus Rubellus di Kampung Cikoneng Desa Cibiru Wetan Kabupaten Bandung," *Proc. UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, vol. 1, no. 38, pp. 157–169, 2021.

[5] R. R. Rachmawati, "SMART FARMING 4.0 UNTUK MEWUJUDKAN PERTANIAN INDONESIA MAJU, MANDIRI, DAN MODERN Smart Farming 4.0 to Build Advanced, Independent, and Modern Indonesian Agriculture Rika Reviza Rachmawati," *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 38, no. 2, pp. 137–154, 2020, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.21082/fae.v38n2.2020.137-154>

[6] D. Y. S. Desi *et al.*, "Pelatihan Dan Implementasi Iot Smart Farming Pada Kelompok Tani Desa Cintamulya Kecamatan Candipuro Kabupaten Lampung Selatan," *J-ABDI J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 43–50, 2023, doi: 10.53625/jabdi.v3i1.5731.

[7] A. Wagya, "Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT)," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 8, no. 2, p. 238, 2019, doi: 10.36055/setrum.v8i2.6561.

[8] S. Kementerian, P. Berbasis, F. Fajryn, H. Setiawan, and D. Sartika, "Digitalisasi Sistem Monitoring pH Air Pada Instalasi Pengelolaan Air Limbah Laboratorium BSPJI Palembang,"

- vol. 5, no. 2, 2024.
- [9] M. A. Pratama, U. Usman, S. Saifuddin, A. Ariefin, and N. Juhan, "Perancangan Alat Pengering Padi Kapasitas 9Kg/Menit," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 5, no. 1, p. 16, 2021, doi: 10.30811/jmst.v5i1.2138.
- [10] R. H. S. Pamungkas and C. Bella, "Sistem Prototipe Penyiraman Tanaman Sayur Berbasis Arduino Dengan Sensor Kelembaban Tanah," *Portal Data*, vol. 1, no. 3, pp. 1–16, 2021.
- [11] Sukamto and Shalahuddin, "Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek," *Inform. Bandung*, vol. 53, no. February, p. 2021, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1595750>  
<https://doi.org/10.1080/17518423.2017.1368728>  
<http://dx.doi.org/10.1080/17518423.2017.1368728>  
<https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103766>  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1689076>