

Rancang Bangun *Smart Agriculture* Untuk Tanaman Hortikultura Menggunakan Mikrokontroler

Nemisius Pebriwanto¹, Nurul Fadillah^{2*}, Yohannes C.H.Y³, Medi Yuwono Tharam⁴, Nanda Rusyda⁵

^{1,2}Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Pontianak

Jalan jendral Ahmad Yani – Pontianak 78124, Kalimantan Barat, Telepon : (0561)736180

³ Teknik Elektronika, Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika, Fakultas, Politeknik Negeri Pontianak

www.polnep.ac.id

ABSTRACT

Soil is a primary factor in agriculture that must be carefully considered to achieve optimal results. Irrigation, fertilization, and soil acidity monitoring are crucial for plant growth. Soil moisture influences plant growth, and the type and composition of the soil also play an important role. Automated drip irrigation and soil pH monitoring methods are essential for horticultural plants to grow well and efficiently. An automatic drip irrigation system, scheduled fertilization, and soil pH monitoring aid in plant growth and monitoring efficiency. This device uses capacitive sensors to detect soil moisture and pH levels. If the soil moisture is below 45%, the water pump will activate until the moisture reaches 75%. The detected moisture and pH levels are displayed on an LCD. The Arduino Uno controls the moisture using a soil moisture sensor, displaying wet or dry conditions. The pH sensor displays the soil acidity level ranging from 2 to 14 on the LCD.

Keywords: Soil, Horticulture, Drip Irrigation, Arduino Uno. Soil Moisture.

ABSTRAK

Tanah merupakan faktor utama dalam pertanian yang harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil optimal. Penyiraman, pemberian pupuk, dan pemantauan keasaman tanah sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Kelembapan tanah mempengaruhi pertumbuhan tanaman, dan jenis serta campuran tanah juga berperan penting. Metode irigasi tetes otomatis dan pemantauan pH tanah sangat penting untuk tanaman hortikultura agar tumbuh dengan baik dan efisien. Sistem irigasi tetes otomatis, pemberian pupuk terjadwal, dan pemantauan pH tanah membantu pertumbuhan tanaman dan efisiensi pemantauan. Alat ini menggunakan sensor kapasitif untuk mendeteksi kelembapan dan pH tanah. Jika kelembapan tanah kurang dari 45%, pompa air akan menyala hingga kelembapan mencapai 75%. Hasil kelembapan dan pH yang terdeteksi ditampilkan pada LCD. Arduino Uno mengontrol kelembapan dengan sensor soil moisture, menampilkan kondisi basah atau kering. Sensor pH menampilkan nilai keasaman tanah dari 2 hingga 14 pada LCD.

Kata kunci : Tanah, Hortikultura, Irigasi Tetes, Arduino Uno, Soil Moisture.

1. PENDAHULUAN

Smart agriculture adalah bentuk pertanian modern yang memanfaatkan inovasi teknologi dari era industri 4.0 dan segala aspek sumber daya untuk menjamin kontinuitas. *Smart agriculture* adalah solusi untuk mencapai keberhasilan pembangunan pertanian. Banyak petani masih menggunakan metode tradisional, seperti menyiram tanaman satu per satu dan memeriksa kondisi tanah secara manual. *Smart agriculture* dapat membantu memudahkan petani

dalam mengawasi tanaman dan melakukan penyiraman dari jarak jauh. Selain itu, petani sering menggunakan berbagai jenis tanah yang dicampur menjadi satu media tanam dengan perbandingan 1:1:1:1:1. Jenis tanah yang digunakan meliputi tanah humus daun, tanah bakar, arang sekam, sekam padi, dan cocopeat. Contoh tanaman yang digunakan dalam percobaan ini adalah cabai, sawi, kentang, dan bawang untuk mengukur efektivitas media tanam yang telah dicampur. Tujuannya adalah untuk melihat apakah media tanam tersebut dapat

memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman dengan sistem smart agriculture yang meningkatkan tingkat keberhasilan dalam menjaga kesuburan tanaman. Komponen utama dalam smart agriculture meliputi beberapa sensor, seperti sensor kelembapan yang memberikan data tingkat kelembapan tanah kepada mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian mengaktifkan pompa air untuk irigasi. Setelah irigasi, pupuk diberikan secara bertahap dengan jarak waktu seminggu sekali untuk menghindari kerusakan tanaman. Sensor pH memberikan data tingkat keasaman tanah kepada mikrokontroler, yang kemudian menampilkan kondisi media tanam. Monitoring dilakukan untuk menjaga kelembapan dan keasaman tanah agar tanaman dapat tumbuh dengan baik. Di era teknologi maju ini, banyak komponen elektronik yang berguna untuk memantau dan menjaga kondisi kelembapan dan keasaman pada media tanam.

Perkembangan dalam pertanian sangat penting untuk kemajuan pertanian moderen atau *smart farming* [1] Majunya perkembangan zaman di era sekarang dapat memudahkan untuk mengembangkan pertanian secara otomatis[2] Dalam dunia pertanian pengairan ataupun irigasi memiliki peranan penting dalam dunia pertanian dan perkebunan[3]. Kecemasan yang perlu kita hadapi dalam dunia pertanian adalah kurangnya pengolahan air untuk tumbuha. Oleh karena itu, dibutuhkan pengelolaan air yang tepat, khususnya dalam irigasi tetes[4]. Dalam penyiraman manual sering kali tidak efisien karena air yang digunakan untuk irigasi sering kali melebihi atau punkekurangan dalam kebutuhan. Air yang diperlukan untuk lahan dalam sebuah pertanian sangat berbeda, tergantung pada jenis lahan yang ditempati tumbuhan yaitu kering, lembab, atau basah[5]. Selain itu, penyiraman tanaman secara manual menghabiskan banyak waktu hanya untuk mengairi tanaman, sehingga tidak efektif di lahan yang luas. Petani tidak dapat menggunakan lahan yang lebih besar jika mereka menunggu untuk mematikan pompa air atau menyiram tanaman satu per satu. Oleh karena itu, teknologi yang secara otomatis melakukan pengairan dengan efektif dan efisien dengan memperhatikan waktu, jumlah, sasaran, dan jangkauan area yang luas untuk meningkatkan produktivitas dan memperluas area tanaman diperlukan [6].

Untuk Mengontrol menggunakan arduino uno sebagai pusat kendali dan relay sebagai perangkat untuk mengontrol pompa air[7].

Penelitian ini juga menggunakan sensor pH dan sensor kelembaban tanah untuk mengukur pH tanah dan kelembaban tanah[8]. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem penyiraman tanaman secara otomatis. Sistem ini menggunakan sensor soil moisture, sensor suhu, dan Arduino Uno sebagai pengendali utama. Alat ini menyiram tanaman secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor soil moisture dan sensor suhu, yang ditampilkan dalam bentuk nilai pada LCD (Liquid Crystal Display) [9]

1.1 Arduino Uno

Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor yang terintegrasi dengan memori, input/output (I/O), dan perangkat tambahan lainnya. Mikrokontroler digunakan sebagai pengendali utama dalam sistem rancang bangun smart agriculture berbasis mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno, yang merupakan komponen yang penting dalam pengontrolan alat, terutama dalam bidang kendali. Arduino menggunakan perangkat keras Atmel Atmega 328 sebagai prosesor [10].

1.2 Sensor pH

Sensor pH tanah adalah jenis sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau alkalinitas (pH) dari tanah. Informasi tentang pH tanah sangat penting dalam pertanian, kehutanan, dan ilmu tanah karena pH tanah mempengaruhi ketersediaan nutrisi tanaman serta aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Tanah dengan pH yang sesuai dapat mendukung pertumbuhan tanaman yang sehat dan produktif. Sensor pH tanah umumnya terdiri dari elektroda pH yang dapat dicelupkan ke dalam tanah untuk mengukur potensial listrik yang dihasilkan oleh ion-ion dalam tanah. Hasil pengukuran ini kemudian dikonversi menjadi nilai pH yang dapat dibaca oleh pengguna [11].

1.3 Soil Moisture

Sensor YL adalah jenis sensor yang mengukur kelembaban tanah dengan mendeteksi resistansi tanah menggunakan dua konduktor. Semakin banyak air di dalam tanah, semakin rendah nilai hambatannya; sebaliknya, semakin sedikit air, semakin tinggi nilai hambatannya. Sensor ini membutuhkan catu daya 5V dan tegangan output 4.2V.

Sensor YL terdiri dari dua bagian: satu papan elektronik dan satu probe dengan dua potensio untuk mendeteksi kadar air. Sensor ini termasuk sensor analog (A0) dan mengirimkan nilai kelembaban tanah dalam bentuk persentase.

Kebutuhan air tanaman dapat diklasifikasikan menjadi tiga tingkatan: Basah, Lembab, dan Kering [12]

1.4 Tanaman Hortikultura Sayuran

Hortikultura merumapakan cara budidaya tanaman yang terdapat pada ilmu pertanian. Biasanya cara ini digunakan untuk menanam tumbuhan dengan lahan yang sempit seperti pekarangan rumah. Terdapat tumbuhan yang biasa dibudidayakan dengan cara ini seperti Sawi, Bayam, cabai dan daun bawang. Kebanyakan orang menggunakan metodi ini untuk menanam sayur selain mudah lahan yang dipelukan juga tidak terlalu luas untuk melakukan budidaya dengan cara hortikultura [13].

1.5 Drip Tetes

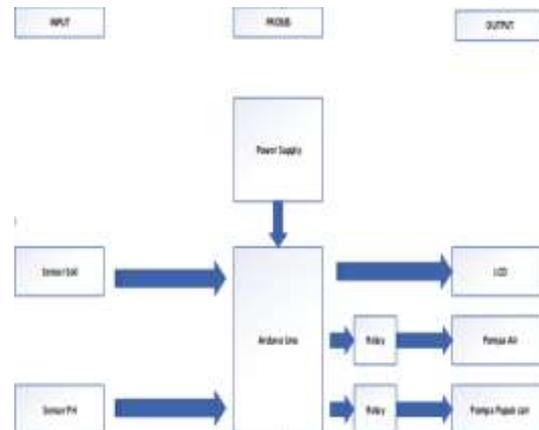
Irigasi tetes adalah metode yang digunakan untuk meneteskan air ke dalam media tanam secara terkontrol, sehingga kelembaban tanah tetap terjaga dan penggunaan air lebih efisien. Meskipun teknologi irigasi tetes lebih mahal dibandingkan irigasi manual, investasi ini akan terbayar dengan efisiensi waktu dan biaya, serta kepraktisan dan efektivitas irigasi. Dalam sistem irigasi tetes, pompa air akan menyala otomatis jika kondisi tanah kering, sesuai dengan batas ambang kelembaban tanah yang telah diatur [14].

2. METODE

Untuk menyelesaikan penelitian ini, diperlukan beberapa tahapan yang melibatkan perencanaan, pembuatan, pengujian, dan analisis data. Berikut adalah langkah-langkah yang akan dilakukan:

2.1 Rancangan Sistem

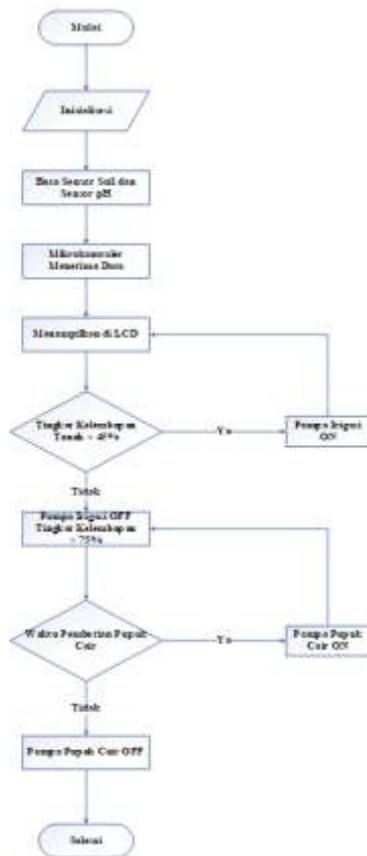
Rancangan sistem dibuat untuk mempermudah penggambaran dalam perancangan agar tidak terjadinya banyak hal yang tidak diinginkan. Rancangan sangat penting untuk pembuatan suatu alat yang memiliki beberapa komponen yang akan dijadikan satu. Ini juga mempermudah kita melihat gambaran alat yang akan kita buat menjadi sebuah alat yang bisa bekerja dengan baik maka dari itu dibuatlah rancangan seperti gambar di bawah



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Alat ini berfungsi untuk mendeteksi kelembaban tanah dan mengetahui tingkat pH tanah dengan menggunakan jenis sensor kapasitif. Jika kondisi kelembaban media tanam kurang dari 45%, maka pompa akan mengaliri air sampai kelembaban tanah mencapai 75%. Hasil kelembaban yang terdeteksi oleh sensor akan ditampilkan pada LCD, begitu juga dengan tingkat pH media tanam yang sudah terdeteksi oleh sensor pH. Dalam proses tersebut, Arduino Uno akan mengontrol kelembaban media tanam dengan sensor *soil moisture*, membaca kelembaban media tanam dalam keadaan basah maupun kering. Jika tingkat kebasahan tanah kurang dari 45%, pompa air akan menyala dan air akan mengalir membasahi tanah hingga kelembaban media tanam mencapai 75%. Setelah kelembaban media tanah sudah cukup, pompa akan berhenti. Sedangkan pembacaan sensor pH akan menampilkan nilai asam dan basa dengan nilai 2 sampai 14 yang akan ditampilkan pada LCD.

2.2 Rancang Perangkat Lunak



Gambar 2. Diagram Alir

Penjelasan setiap tahap pada gambar di atas program dimulai dengan inialisasi port yang digunakan sebagai input/output pada bagian void setup. Setelah itu, sensor mulai bekerja dan memberikan sinyal yang diproses oleh Arduino Uno, kemudian data yang telah diproses dikirimkan ke display (LCD). Mikrokontroler kemudian mengirimkan data sensor tentang kelembaban tanah ke aktuator. Jika sensor soil moisture mendeteksi kelembaban tanah kurang dari 45%, irigasi tetes akan menyala otomatis. Jika kelembaban tanah lebih dari 75%, irigasi tetes akan mati. Sensor *capacitive* Pompa air akan menyala jika kelembaban tanah kurang dari 45% dan mengalirkan air ke media tanam melalui drip tetes sampai kelembaban tanah mencapai 80%. Setelah mencapai tingkat kelembaban yang cukup, pompa akan mati. Mikrokontroler juga mengontrol waktu pemberian pupuk cair, mengaktifkan pompa untuk penyiraman pupuk,

pH	Adc	Keasaman
7	90	Basa
6	115	Normal
4	235	Asam

dan mematikannya kembali setelah pemberian pupuk selesai. Pada diagram alir di atas menunjukkan cara kerja mikrokontroler yang sesuai dengan perangkat lunak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sensor kelembaban tanah digunakan untuk membaca kondisi kelembaban tanah, sementara Arduino Uno berfungsi sebagai mikrokontroler yang memproses data tersebut dan relay sebagai anak kontak otomatis untuk menggerakkan pompa. Sensor pH diperlukan untuk mengetahui pH tanah, yang mempermudah dalam menentukan tanaman yang cocok untuk ditanam, karena setiap tanaman memiliki karakteristik yang berbeda. Dengan sistem ini, tanaman dapat dipantau dan dirawat secara otomatis, tanpa perlu dilakukan secara manual. Terdapat pengukuran yang perlu dilakukan untuk mengukur tingkat keberhasilan dalam penelitian ini. Pengukuran akurasi alat ini menggunakan sensor kelembaban tanah yang terhubung ke Arduino. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah prototipe dapat mengukur tingkat kelembaban pada tanah kering, lembap, dan basah dalam berbagai kondisi.

Nilai Sensor	Keterangan
< 220	tanah basah 100% - 96%
305 - 395	tanah lembab 87% - 63%
441 >	tanah kering < 30%

Tabel 1. Data Pengujian sensor *Soil Moisture*

Pengujian sensor perlu dilakukan untuk menentukan apakah alat berfungsi dengan baik. Untuk melakukan pengujian ini perlu dilakukannya dengan memprogram Arduino Uno untuk melakukan percobaan yang dimana hasil dari keluaran komponen. Pengujian dilakukan sesuai dengan prinsip kerja smart agriculture untuk tanaman hortikultura berbasis mikrokontroler, dan hasil pengujian ini dievaluasi. Pada tabel 1 di atas menunjukkan percobaan dimana sensor mendeteksi nilai kelembaban tanah basah < 200 kemudian sensor mengirim informasi ke arduino uno untuk ditampilkan ke LCD pada saat ditampilkan nilai yang keluar sekitar 100% sampai 96%. Untuk nilai kelembaban lembab sensor mendeteksi 305 sampai 395 kemudian nilai yang akan ditampilkan 63% sampai 87%. Untuk nilai tanah kering > 441 kemudian menampilkan nilai 30% pada LCD.

Tabel 2. Data Hasil Dari Kalibrasi pH Tanah

Hasil yang didapat sensor pH secara bertahap dilakukan untuk memastikan bahwa sensor memberikan pembacaan yang akurat dan konsisten dalam berbagai kondisi pH tanah. Evaluasi dilakukan untuk menentukan apakah sensor pH memberikan hasil yang akurat dan konsisten dalam seluruh rentang pH yang diuji.



Gambar 1. Pertumbuhan Sawi

Tanaman sawi akan tumbuh dengan baik jika mendapatkan cahaya matahari yang maksimal dan tanah yang tidak terlalu kering. Dengan alat yang telah dibuat, pengendalian kelembapan tanah dapat dimaksimalkan, sehingga tanaman sawi tidak mengalami kekeringan. Ini memastikan tanaman sawi dapat tumbuh dengan optimal tanpa ada daun yang layu atau mati akibat kurangnya pemberian air.



Gambar 2. Pertumbuhan Bayam

Pertumbuhan bayam dari bibit hingga menjadi tunas dan berdaun membutuhkan waktu 2 hingga 3 hari, dengan kondisi kelembapan lebih dari 65%. Pada kondisi tersebut, bayam tumbuh subur. Namun, pertumbuhan bayam bisa menjadi tidak stabil pada media tanam yang sudah dibuat, sehingga memakan waktu lebih lama dari perkiraan. Ketika bayam sudah tumbuh dari tunas dan mulai menghasilkan daun,

pertumbuhannya menjadi lebih cepat dan sudah dapat dipindahkan ke media tanam yang lebih luas.



Gambar 3. Pertumbuhan Daun Bawang

Pertumbuhan daun bawang dari hari pertama hingga hari kelima hanya menghasilkan tunas tanpa adanya daun. Pada hari keenam hingga ketujuh, tanaman mulai menumbuhkan daun dan tinggi tanaman bertambah kurang dari 1 mm. Tanaman daun bawang memerlukan waktu yang cukup lama, lebih dari satu minggu, untuk tumbuh dari bibit hingga tunas. Pada minggu kedua, tunas yang sudah tumbuh tidak berkembang dengan baik karena kelembapan yang terlalu tinggi. Tanaman daun bawang membutuhkan tanah yang lembab tetapi tidak terlalu basah untuk tumbuh dengan subur.



Gambar 4. Pertumbuhan Tanaman Cabai

Tanaman cabai membutuhkan waktu 7 hari untuk tumbuh dari bibit hingga tunas. Setelah hari ke-8, atau minggu pertama, tunas tanaman cabai mulai menumbuhkan dua daun kecil. Pertumbuhan tanaman cabai cukup memakan

waktu. Dengan komposisi media tanam yang tepat, cabai bisa tumbuh dari bibit hingga tunas dalam waktu sekitar satu minggu. Memasuki minggu kedua, tanaman cabai mulai menghasilkan satu hingga dua helai daun dan mengalami pertumbuhan tinggi yang baik dalam waktu dua minggu.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut Pertama, telah dibuat sistem alat monitoring berbasis Arduino Uno yang menggunakan sensor tanah untuk mengukur kelembapan dan pH tanah. Alat ini berfungsi untuk membaca pH tanah yang hasilnya dapat dilihat pada layar LCD.

Kedua, sistem ini telah diuji dengan berbagai media tanam yang berbeda-beda dan kemudian dicampur menjadi satu. Media tanam yang digunakan memiliki kondisi yang berbeda, yaitu basah, lembab, dan kering, untuk menyesuaikan dengan berbagai jenis tanaman yang memerlukan tingkat kelembapan tertentu. Ketiga, tanaman yang ditanam dari bibit tidak dapat tumbuh dengan baik jika kelembapan tanah kurang dari 45%. Oleh karena itu, dilakukan pengaturan untuk mempertahankan kelembapan pada 75% agar berbagai jenis tanaman dapat tumbuh dengan optimal. Hasilnya menunjukkan perbedaan pertumbuhan antar jenis tanaman. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam pengembangan dunia pertanian, sehingga dapat memajukan sumber pangan dan memenuhi kebutuhan pangan secara lebih baik. Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis yang dilakukan selama pengujian dan pengumpulan data, pendapat pertama adalah bahwa sensor pH dapat berfungsi dengan cukup baik karena memiliki rentang pengukuran pH dari 3,5 hingga 7, yang menunjukkan bahwa alat ini dapat berfungsi dengan baik. Namun, ketika pH naik di atas 8, sensor mengalami tingkat kesalahan yang cukup besar, sehingga output yang dihasilkannya berbeda secara signifikan. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan sensor pH dapat ditingkatkan ke rentang pH yang lebih rendah. Kedua, terdapat masalah dalam pemerataan pemberian air pada tanaman karena adanya kebocoran pada sambungan pipa, sehingga air yang keluar tidak maksimal. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memaksimalkan penggunaan pipa dalam penyaluran air ke tanaman agar distribusi air lebih merata untuk

setiap tanaman. Ketiga, terdapat masalah ketika pompa berjalan yang menyebabkan gangguan pada LCD dan sensor membaca data secara tidak normal. Untuk penelitian berikutnya, disarankan menggunakan pompa yang lebih baik agar kinerja alat lebih maksimal dan memastikan perhitungan daya yang digunakan agar tidak terjadi kekurangan daya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Novta Dany'el Irawan, Shafiq Nurdin, Muhammad Athoillah, dan Riski Nur Istiqomah Dinnullah, "Desain Alat Smart Farming Penyiram Bawang Merah Menggunakan Arduino Uno Berbasis Android," *Infotekmesin*, vol. 13, no. 2, hlm. 272–277, Jul 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i2.1539.
- [2] H. M. Jumasa dan W. T. Saputro, "Prototipe Penyiram Tanaman Dan Pengukur Kelembaban Tanah Berbasis Arduino Uno," 2019.
- [3] S. Samsugi, Z. Mardiyansyah, dan A. Nurkholis, "SISTEM PENGONTROL IRIGASI OTOMATIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO," 2020.
- [4] S. Nora, M. Yahya, M. Mariana, E. Ramadhani Politeknik Pembangunan Pertanian Medan, dan I. Ji Binjai, "TEKNIK BUDIDAYA MELON HIDROPONIK DENGAN SISTEM IRIGASI TETES (Drip Irrigation)," *Paya Geli, Kec. Sunggal, Kabupaten Deli Serdang*, vol. 23, no. 1, 2020, doi: 10.30596/agrium.v21i3.2456.
- [5] N. Latif, "Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Sensor Suhu," *JURNAL ILMIAH ILMU KOMPUTER*, vol. 7, no. 1, hlm. 16–20, Apr 2021, doi: 10.35329/jiik.v7i1.180.
- [6] R. R. Rachmawati, "SMART FARMING 4.0 UNTUK MEWUJUDKAN PERTANIAN INDONESIA MAJU, MANDIRI, DAN MODERN," *Forum penelitian Agro Ekonomi*, vol. 38, no. 2, hlm. 137, Jun 2021, doi: 10.21082/fae.v38n2.2020.137-154.
- [7] N. Latif, "Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Sensor Suhu," *JURNAL ILMIAH ILMU KOMPUTER*, vol. 7, no. 1, hlm. 16–20, Apr 2021, doi: 10.35329/jiik.v7i1.180.
- [8] G. Yakin, I. Made, S. Wibawa, dan I. K. Putra, "Rancang Bangun Alat Pengukur pH

- Tanah Menggunakan Sensor pH Meter Modul V1.1 SEN0161 Berbasis Arduino Uno Design of Soil pH Measuring Instruments Using pH Meter Sensor Module V1.1 SEN0161 Based on Arduino Uno,” 2021.
- [9] I. Islam, K. Muhammad, dan A. Al Banjarii, “SISTEM ALAT MONITORING UNTUK PENGENDALI SUHU DAN KELEMBABAN GREENHOUSE BERBASIS INTERNET OF THINGS Arafat dan Ibrahim,” 2020.
- [10] R. H. Sudhan, M. G. Kumar, A. U. Prakash, S. A. R. Devi, dan S. P., “ARDUINO ATMEGA-328 MICROCONTROLLER,” *IJIREEICE*, vol. 3, no. 4, hlm. 27–29, Apr 2015, doi: 10.17148/ijireeice.2015.3406.
- [11] Spesifikasi, “DATASHEET SENSOR pH
- [12] I. M. Kulmány *dkk.*, “Calibration of an Arduino-based low-cost capacitive soil moisture sensor for smart agriculture,” *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, vol. 70, no. 3, hlm. 330–340, Sep 2022, doi: 10.2478/johh-2022-0014.
- [13] T. Prakoso, S. E. Ariyanto, W. Widyastuti, dan E. D. Murrinie, “Pemberdayaan Ketahanan Pangan Masyarakat Desa Ternadi Kabupaten Kudus Melalui Edukasi Pembibitan Tanaman Hortikultura,” *Madaniya*, vol. 5, no. 2, hlm. 563–571, Mei 2024, doi: 10.53696/27214834.804.
- [14] H. Halil, “A Technological Innovation Drip Irrigation for Dry Land Chile Farming in Rural Salut, Kayangan Sub-District, North Lombok Regency, West Nusa Tenggara, Indonesia,” *AJARCDE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*, hlm. 208–214, Jun 2024, doi: 10.29165/ajarcde.v8i2.422.