

Pengujian Perangkat Keras pada Sistem Irigasi Tetes Otomatis Berbasis Integrasi IoT untuk Pertanian Brokoli

Dhesvira Nurseha Putri
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
dhesviranp@student.telkomuniversity.a
c.id

Faisal Candrasyah Hasibuan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
faicanhasfcb@telkomuniversity.ac.id

Rifqi Muhammad Fikri
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
rifmff@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Budidaya brokoli dengan sistem irigasi manual sering terkendala pada ketepatan waktu, distribusi air, dan keterbatasan pemantauan kondisi lahan secara langsung. Untuk mengatasi hal tersebut, dikembangkan sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan fokus pada integrasi perangkat keras dan perangkat lunak. Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang menghubungkan sensor kelembapan tanah (dua titik pengukuran), sensor pH tanah, sensor pH air, dan katup solenoid melalui antarmuka digital dan analog. Data yang diperoleh diproses oleh ESP32 menggunakan logika pengendalian berbasis ambang batas, kemudian dikirim secara nirkabel melalui protokol Wi-Fi menuju Firebase Realtime Database.

Aplikasi Android dikembangkan sebagai antarmuka pengguna yang menampilkan data sensor secara real-time dan menyediakan fungsi kontrol otomatis maupun manual. Pada mode otomatis, ESP32 mengatur aktivasi dan deaktivasi katup solenoid secara adaptif berdasarkan nilai kelembapan tanah yang terbaca. Berdasarkan hasil pengamatan, alur integrasi ini berfungsi sesuai rancangan dan menunjukkan potensi dalam mendukung pengelolaan penyiraman yang lebih efisien, sekaligus mengarah pada penerapan konsep pertanian presisi secara berkelanjutan

Kata kunci— Integrasi Perangkat Keras, ESP32, Sensor Kelembapan Tanah, IoT, Firebase, Irigasi Otomatis.

I. PENDAHULUAN

Tanaman brokoli (*Brassica oleracea L.*) termasuk keluarga Brassicaceae, dikenal dan dikonsumsi oleh masyarakat dunia [1]. Tanaman ini bagian yang konsumsi adalah kropnya (bunganya) [2]. Budidaya brokoli (*Brassica oleracea var. italica*) merupakan salah satu kegiatan pertanian yang membutuhkan pengelolaan air secara cermat untuk memastikan kualitas dan kuantitas hasil panen. Ketersediaan air yang tepat, baik dari segi volume maupun waktu pemberian, berperan penting dalam mendukung proses pertumbuhan, pembungaan, dan pembentukan kualitas produk. Namun, praktik irigasi manual yang umum digunakan petani sering kali menimbulkan permasalahan, di antaranya distribusi air yang tidak merata akibat kondisi topografi lahan, keterlambatan penyiraman karena keterbatasan tenaga kerja, serta ketiadaan pemantauan kondisi tanah secara langsung dan berkesinambungan.

Keadaan ini dapat mengakibatkan ketidakseimbangan kelembapan tanah, berpotensi memicu stres pada tanaman, dan meningkatkan risiko pemborosan sumber daya air.

Seiring kemajuan teknologi pertanian presisi, pemanfaatan konsep Internet of Things (IoT) memberikan potensi untuk membantu mengatasi permasalahan tersebut melalui integrasi sistem pemantauan dan pengendalian berbasis data. Dalam kerangka ini, penelitian difokuskan pada perancangan dan implementasi sistem irigasi tetes otomatis yang mengombinasikan sensor kelembapan tanah, sensor pH tanah, sensor pH air, dan aktuator katup solenoid dengan pengendali utama mikrokontroler ESP32. Rangkaian perangkat keras ini diintegrasikan dengan pemrosesan data secara *real-time* dan mekanisme pengendalian berbasis ambang batas, yang kemudian diakses melalui antarmuka aplikasi Android. Pendekatan tersebut dirancang untuk memberikan dukungan pada terciptanya sistem irigasi yang adaptif, efisien, dan berkesinambungan dalam budidaya brokoli.

II. KAJIAN TEORI

A. ESP32

Mikro-kontroler yang digunakan yaitu ESP-WROOM-32 karena sudah memiliki fungsionalitas lengkap seperti WiFi & Bluetooth [3]. Modul ini bertugas membaca data dari sensor kelembapan tanah dan pH, lalu mengirimkan data tersebut ke Firebase agar dapat dipantau melalui aplikasi Mobile Android. Selain itu, ESP32-WROOM-32 juga mengontrol kerja pompa air secara otomatis berdasarkan nilai sensor yang diterima, sehingga proses penyiraman dapat berjalan lebih efisien, tepat sasaran, dan sesuai dengan kondisi aktual lahan.

B. Sensor Kelembapan Tanah

Capacitive soil moisture sensor adalah jenis sensor kelembaban tanah yang mampu mengukur tingkat kelembaban dalam tanah [4]. Sinyal analog dan digital yang mencerminkan kondisi kelembaban tanah dan dibaca oleh mikrokontroler seperti ESP32 sebagai acuan dalam mengatur sistem irigasi. Saat kelembaban tanah menurun (tanah menjadi kering), resistansi antara kedua probe meningkat, lalu sensor akan memberikan sinyal kepada ESP32 untuk mengaktifkan pompa air, dan akan berhenti saat kelembaban kembali normal.

C. Sensor Ph Tanah

pH didefinisikan sebagai keasaman atau kebasaan relatif suatu bahan [5]. Sensor pH tanah merupakan komponen penting dalam sistem otomatisasi irigasi karena berfungsi untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan tanah, yang sangat berpengaruh terhadap daya serap nutrisi oleh tanaman brokoli. Namun, pembacaan sinyal dari sensor pH sering kali tidak stabil apabila langsung dihubungkan ke mikrokontroler, karena sifat sinyalnya yang sangat sensitif terhadap gangguan listrik dan fluktuasi lingkungan. Untuk mengatasi hal ini, digunakan modul tambahan bernama Data Measurement System (DMS). DMS berfungsi sebagai pengkondisi sinyal, yaitu menstabilkan tegangan output dari sensor pH, menghilang

D. Sensor pH Air

Sensor pH air digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air yang dipakai dalam penyiraman tanaman. Sensor ini menghasilkan sinyal analog yang dibaca oleh ESP32 untuk mengetahui nilai pH secara real-time. Nilai pH tersebut digunakan untuk memastikan bahwa air yang digunakan sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman brokoli.

E. Pompa Otomatis

Pompa otomatis dalam sistem irigasi berfungsi memindahkan air ke media tanam sesuai kebutuhan tanaman. Sistem kontrol yang ada saat ini mulai bergeser pada otomatisasi sistem kontrol, sehingga campur tangan manusia dalam pengontrolan sangat kecil [6]. Pengoperasian pompa dikontrol oleh relay, yaitu saklar elektromagnetik yang memungkinkan ESP32 mengaktifkan atau mematikan pompa berdasarkan ambang kelembapan tanah. Selenoid valve digunakan untuk mengatur aliran air pada titik distribusi tertentu, bekerja dengan prinsip elektromagnetik yang membuka atau menutup katup sesuai sinyal digital dari mikrokontroler. Integrasi pompa, relay, dan selenoid valve memungkinkan irigasi berjalan adaptif, hanya menyuplai air saat tanah kering, sehingga distribusi air lebih efisien dan mendukung pertanian presisi. Penelitian sebelumnya menunjukkan kombinasi komponen ini meningkatkan kontrol aliran air dan menjaga kondisi media tanam tetap optimal

III. METODE

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem transmisi yang dikembangkan [7]. Pengujian dilakukan untuk memastikan kinerja dan kompatibilitas seluruh komponen perangkat keras sistem irigasi tetes otomatis berbasis IoT pada budidaya brokoli, meliputi sensor kelembapan tanah, sensor pH tanah, sensor pH air, pompa otomatis, dan selenoid valve, dengan fokus pada akurasi pembacaan, stabilitas respons, serta kesesuaian logika kendali di kondisi lapangan.

A. Pengujian Sensor Kelembapan Tanah

Sensor Kelembapan Tanah adalah sensor yang memiliki fungsi untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah dan juga dapat digunakan untuk menentukan apakah ada kandungan air di tanah/sekitar sensor [8]. Sensor kelembapan tanah diuji dengan dipasang pada media tanam brokoli, kemudian dilakukan pembacaan kadar air tanah secara berkala setiap 15

menit selama 60 menit. Data hasil pembacaan dikirimkan oleh ESP32 melalui komunikasi serial dan direkam pada aplikasi mobile. Tujuan pengujian ini adalah menilai stabilitas pembacaan, sensitivitas terhadap perubahan kadar air, serta akurasi rata-rata nilai kelembapan.

B. Pengujian Sensor pH Tanah

Sensor pH tanah diuji dengan diletakkan langsung pada lahan tanam, kemudian dilakukan pembacaan bersamaan dengan sensor kelembapan tanah setiap 15 menit selama 60 menit. Pengujian bertujuan untuk memantau fluktuasi tingkat keasaman tanah dan menganalisis keterkaitannya dengan perubahan kelembapan. Semua data direkam melalui ESP32 untuk kemudian diolah dan dianalisis.

C. Pengujian Sensor Ph Air

Sensor pH air dipasang pada jalur utama aliran irigasi. Nilai pH diukur setiap 15 menit selama 60 menit untuk memantau kestabilan kualitas air yang digunakan dalam penyiraman. Data dicatat oleh ESP32 dan digunakan untuk mendeteksi potensi perubahan pH yang dapat berdampak pada pertumbuhan tanaman.

D. Pengujian Pompa Otomatis

Pengujian pompa dilakukan dengan memantau status relay dan pompa setiap 15 menit. Sistem diprogram agar pompa tetap mati ketika kelembapan tanah berada di atas batas ambang, dan menyala ketika kelembapan turun signifikan. Pengujian ini dilakukan hingga menit ke-75 untuk menangkap respon sistem pada saat nilai kelembapan turun drastis.

E. Pengujian Selenoid Valve

Selenoid valve diuji secara bersamaan dengan pompa otomatis. Status bukaan katup dicatat setiap 15 menit dan diperintahkan oleh ESP32 untuk terbuka hanya ketika kelembapan tanah berada di bawah ambang batas. Pengujian berlangsung hingga menit ke-75, menyesuaikan dengan kondisi di mana pompa menyala.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor kelembapan Tanah

Berikut hasil pengujian sensor kelembapan tanah, yang dilakukan untuk menilai kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan kadar air di media tanam brokoli:

TABEL 1
(Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Tanah)

Waktu (Menit)	Nilai (%)
0	66
15	65
30	64
45	63
60	62

Nilai kelembapan tanah tercatat menurun dari 66% menjadi 62% selama periode 60 menit, yang mengikuti pola

pengujian dan penyerapan air oleh media tanam. Pembacaan sensor relatif stabil dengan variasi yang kecil, sehingga dapat diamati bahwa sensor mampu menangkap perubahan kadar air tanah secara kontinu. Data ini relevan untuk mengatur pompa dan selenoid valve agar irigasi dapat dilakukan sesuai kondisi tanah.

B. Pengujian Sensor pH Tanah

Berikut hasil pengujian sensor pH tanah, yang dilakukan bersamaan dengan pengukuran kelembaban tanah untuk memantau perubahan keasaman pada pertumbuhan brokoli:

TABEL
(Hasil Pengujian Sensor pH Tanah)

Waktu (Menit)	Nilai Kelembaban Tanah (%)	Nilai pH Tanah
0	66	7.2
15	65	7.1
30	64	7
45	63	6.9
60	62	6.9

Nilai pH tanah menurun dari 7,2 menjadi 6,9 paralel dengan penurunan kelembaban tanah. Data ini dapat diamati untuk menunjukkan kondisi keasaman tanah tetap berada pada level netral hingga sedikit asam, yang relevan terhadap pertumbuhan tanaman brokoli. Sensor pH tanah mencatat fluktuasi yang sesuai dengan perubahan lingkungan media tanam.

C. Pengujian pH Air

Berikut hasil pengujian sensor pH air, yang dipasang pada saluran utama irigasi untuk memantau kualitas air yang dialirkan ke tanaman:

TABEL 3
(Hasil Pengujian Sensor Ph Air)

Waktu (Menit)	Nilai pH Air
0	6.9
15	6.9
30	6.8
45	6.8
60	6.9
Rata - Rata	6.86

Nilai pH air tercatat stabil antara 6,8–6,9 selama pengujian. Hal ini menunjukkan kualitas air irigasi relatif konstan, sehingga perubahan pH yang signifikan tidak terjadi. Data ini dapat digunakan untuk memantau kondisi air yang dialirkan ke tanaman secara real-time.

D. Pengujian Pompa Otomatis

Berikut hasil pengujian pompa otomatis, yang dilakukan untuk mengevaluasi respons sistem terhadap kondisi kelembaban tanah:

TABEL 4
(Hasil Pengujian Pompa Otomatis)

Waktu (Menit)	Kelembaban Tanah (%)	Status Relay	Status Pompa
0	66	Mati	Mati
15	65	Mati	Mati
30	64	Mati	Mati
24	63	Mati	Mati
60	62	Mati	Mati
75	38	Menyala	Menyala

Pompa tercatat tetap mati saat kelembaban tanah berada di atas ambang batas ($\geq 62\%$) dan mulai menyala pada menit ke-75 ketika kelembaban turun menjadi 38%. Data ini dapat diamati untuk menunjukkan respons pompa terhadap kondisi kelembaban tanah, sehingga distribusi air irigasi hanya dilakukan saat dibutuhkan.

E. Pengujian Selenoid Valve

Berikut hasil pengujian selenoid valve, yang diuji bersamaan dengan pompa untuk memverifikasi respon pembukaan dan penutupan katup secara otomatis:

TABEL 5
(Hasil Pengujian Selenoid Valve)

Waktu (Menit)	Kelembaban Tanah (%)	Status Relay	Status Selenoid Valve
0	66	Mati	Tertutup
15	65	Mati	Tertutup
30	64	Mati	Tertutup
24	63	Mati	Tertutup
60	62	Mati	Tertutup
75	38	Menyala	Terbuka

Selenoid valve tetap tertutup saat kelembaban tinggi dan terbuka bersamaan dengan pompa saat kelembaban rendah tercatat pada menit ke-75. Observasi ini menunjukkan pengaturan distribusi air berjalan sesuai kondisi tanah, sehingga irigasi dilakukan secara otomatis sesuai kebutuhan tanaman.

V. KESIMPULAN

Pengujian perangkat keras pada sistem irigasi tetes otomatis berbasis IoT untuk budidaya brokoli menunjukkan bahwa sensor kelembaban tanah menurun dari 66% menjadi 62% selama 60 menit, sementara sensor pH tanah mengalami penurunan dari 7,2 menjadi 6,9 seiring perubahan kelembaban. Sensor pH air tetap stabil pada kisaran 6,8–6,9, menunjukkan kualitas air yang konstan. Pompa otomatis dan selenoid valve beroperasi sesuai logika kendali ESP32, tetapi tidak aktif saat kelembaban tanah tinggi dan mulai bekerja pada menit ke-75 ketika kelembaban turun menjadi 38%.

Hasil pengujian kuantitatif ini memperlihatkan bahwa sistem mampu menyesuaikan distribusi air secara

adaptif, memantau kondisi tanah dan air secara real-time, serta mendukung penerapan irigasi presisi yang efisien dan berkelanjutan pada budidaya brokoli.

REFERENSI

- [1] Yani, M., Widjajanto, D. W., & Fuskahah, E. (2020, Oktober). "PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI BROKOLI (*Brassica oleracea L. var. Italica*) AKIBAT PENGGUNAAN JENIS MULSA DAN BERBAGAI DOSIS NITROGEN." PROSIDING SEMINAR NASIONAL PERAGI 2020. [Online]. hlm. 144-152.
- [2] Puspawati, C., Wirianata, H., & Sutejo. (2019, Februari). "Optimalisasi Konsentrasi dan Frekuensi Pemberian Pupuk Organik Cair dari Urine Kelinci pada Budidaya Tanaman Brokoli (*Brassica Oleracea L. Var. Italica.*) di Balai Besar Pelatihan Pertanian." *Jurnal Agroteknologi*. [Online]. Vol. 11 (1), hlm. 1-8.
- [3] Rivai, A. R., & Wardijono, B. A. (2021, April). "Purwarupa Sistem Kendali Kemudi Kendaraan Roda Empat menggunakan Giroskop pada Realitas Virtual Berbasis Mikrokontroler ESP-WROOM-32." *Jurnal Teknoinfo*. [Online]. Vol. 15 (2), hlm. 127-136.
- [4] Maghuna, K. T. J., Wibawa, I. M. S., Suardana, P., Widagda, I. G. A., Trisnawati, N. L. P., & Kasmawan, I. G. A. (2024, Juli). "Perancangan Alat Ukur Kelembaban Tanah Menggunakan Capacitive Soil Moisture Sensor Berbasis Android." *KAPPA JURNAL*. [Online]. Vol. 8 (2), hlm. 165-173.
- [5] Ginting, A. S. B., Sebayang, P., & Sani, M. (2020, April). "DESAIN BANGUN PH TANAH DIGITAL BERBASIS ARDUINO UNO." *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. [Online]. Vol. 8 (1), hlm. 35-40.
- [6] Rajagukguk, A., Simamora, J. F., & Ervianto, E. (2021, September). "Rancang Bangun Pengendali Sistem Pompa Otomatis Pada Penyiraman Tanaman Berbasis Sensor Kelembaban dengan Kendali Arduino." *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*. [Online]. Vol. 8 (2), hlm. 76-82.
- [7] Sari, D. M., Jumardi, & Rasyid, N. (2022, Juli). "Protoptype Pengairan Sawah dan Monitoring Kualitas PH Tanah Berbasis IOT." *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*. [Online]. Vol. 5 (2), hlm. 240-251.
- [8] Marcos, H., & Muzaki, H. (2022). "MONITORING SUHU UDARA DAN KELEMBABAN TANAH PADA BUDIDAYA TANAMAN PEPAYA." *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*. [Online]. Vol. 3 (2), hlm. 32-43.