

Monitoring Manajemen Irigasi Pada Budidaya Melon Berbasis IoT

Monitoring Irrigation Management in Melon Cultivation Using IoT

Fadli Irsyad¹, Khairil Agustoria^{1*}

¹Department of Agricultural and Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Technology, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

Email*): khairilagustoria@ae.unand.ac.id

Received:
19 Januari 2026

Revised:
3 Maret 2026

Accepted:
10 Maret 2026

Published:
29 Maret 2026

DOI:
10.29303/jrpb.v14i1.1231

ISSN 2301-8119, e-ISSN 2443-1354

Available at:
<http://jrpb.unram.ac.id/>

Abstract: Uncertainty in irrigation water supply in agricultural land is often one of the main factors causing a decline in crop production capacity. Manual irrigation not only requires additional labor but also consumes considerable time, thereby reducing farmers' work efficiency. Therefore, innovations are needed in the form of a more modern, efficient irrigation system capable of adjusting to crop requirements in real time. The main objective of this study is to develop a drip irrigation monitoring and control system based on the Internet of Things (IoT) to meet the water and nutrient needs of melon plants. The designed system utilizes a capacitive soil moisture sensor, a soil pH sensor, and a DHT-22 temperature and humidity sensor. All sensors are connected to an ESP32 microcontroller, which processes the data and automatically transmits it to a spreadsheet application for recording and monitoring purposes. The fertigation system has dimensions of 510 × 150 cm and applies drip irrigation technology controlled automatically based on soil moisture and soil acidity (pH) values. The results of the correlation analysis showed that the average coefficients of determination (R^2) for the soil moisture sensor, soil pH sensor, and DHT-22 sensor were 0.8395, 0.9896, and 0.984, respectively. Plant observations indicated that the average plant height in the automated system was 48.19 cm, which was higher than the control plants at 43.69 cm. Thus, the IoT-based fertigation system proved to operate effectively, more efficiently, and with better performance compared to conventional methods.

Keywords: Drip irrigation; Fertigation system; Melon cultivation; Microcontroller; Sensor monitoring.

Abstrak: Ketidakpastian dalam pemberian air irigasi pada lahan pertanian seringkali menjadi salah satu faktor utama penyebab penurunan kapasitas produksi tanaman. Pengairan yang masih dilakukan secara manual tidak hanya memerlukan tenaga ekstra, tetapi juga menyita banyak waktu sehingga menurunkan efisiensi kerja petani. Oleh sebab itu, diperlukan inovasi berupa sistem pengairan yang lebih modern, efisien, dan mampu menyesuaikan kebutuhan tanaman secara real time. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem monitoring serta kontrol irigasi tetes berbasis Internet of Things (IoT) untuk memenuhi kebutuhan air sekaligus nutrisi tanaman melon. Sistem yang dirancang menggunakan capacitive soil moisture sensor, sensor pH tanah, dan sensor suhu serta kelembaban udara tipe DHT-22. Semua sensor terhubung dengan mikrokontroler ESP32 yang berfungsi mengolah data yang kemudian mengirimkannya secara otomatis ke aplikasi spreadsheet sebagai media pencatatan dan monitoring. Sistem fertigasi memiliki dimensi 510 x 150 cm dan menerapkan teknik irigasi tetes yang dikontrol otomatis berdasarkan nilai kelembaban tanah dan tingkat keasaman (pH) tanah. Hasil uji korelasi menunjukkan nilai rata-rata koefisien determinasi (R^2) sensor kelembaban tanah 0,8395, sensor pH tanah 0,9896, dan sensor DHT-22 0,9841. Pengamatan pada tanaman memperlihatkan bahwa rata-rata tinggi tanaman pada sistem otomatis adalah 48,19 cm, lebih tinggi dibandingkan kontrol manual yaitu 43,69 cm. Dengan demikian, sistem fertigasi berbasis IoT terbukti bekerja dengan baik, lebih efisien, dan lebih efektif daripada sistem konvensional.

Kata kunci: Budidaya melon; irigasi tetes; mikrokontroler; monitoring sensor; sistem fertigasi.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pemberian air irigasi yang efektif dan efisien dan secara berkesinambungan dapat menjamin ketersediaan air dalam pemenuhan kebutuhan air tanaman. Sistem irigasi tetes merupakan salah satu cara penggunaan air yang efisien dan efektif, karena pemberian air dapat diatur secara tepat baik volume maupun arah sasaran (Sumarsono, 2015). Namun pada praktiknya pemberian air dan nutrisi pada tanaman melon melalui irigasi tetes masih banyak dilakukan secara manual yang sering kali menyebabkan ketidakakuratan dan pemborosan dari perpompaan sehingga menghabiskan banyak waktu, pengeluaran energi cukup besar dan penggunaan air menjadi boros. Sekitar 65% petani masih mengandalkan pemantauan manual, yang seringkali menyebabkan ketidakakuratan dalam pengelolaan nutrisi dan faktor lingkungan. Kegagalan sistem irigasi tetes sering disebabkan oleh ketidakmampuan petani dalam memantau dan mengontrol parameter kunci secara terus-menerus (Handayani & Irawati, 2022).

Internet of Things (IoT) telah membuka paradigma baru dalam pengelolaan pertanian presisi. Teknologi ini memungkinkan perangkat untuk saling terhubung, mengumpulkan data, dan memberikan informasi real-time yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan (Farooq et al., 2020). Penerapan IoT dalam pertanian telah menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan produktivitas tanaman (K & Maria John, 2024). Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem irigasi otomatis berbasis IoT yang mengandalkan sensor kelembapan tanah untuk mengoptimalkan penggunaan air. Penelitian terdahulu membuktikan bahwa sistem irigasi cerdas berbasis IoT lebih efisien dibandingkan metode konvensional, tetapi masih terbatas pada penggunaan sensor kelembapan tanah tanpa mempertimbangkan parameter pendukung lainnya dalam pengambilan keputusan irigasi (Sharma & Shurbi, 2025).

Pada beberapa studi lain juga telah memanfaatkan teknologi IoT untuk pemantauan pH tanah dan kelembapan secara *real-time* guna mendukung praktik pertanian presisi (Sutomo et al., 2025). Namun penelitian-penelitian tersebut umumnya belum mengintegrasikan pemantauan pH dan kelembapan tanah secara bersamaan dalam satu sistem yang terhubung langsung dengan pengendalian irigasi tetes, serta belum diaplikasikan secara spesifik pada tanaman melon (*Cucumis melo* L.). Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan dengan mengembangkan sistem monitoring dan pengendalian irigasi tetes berbasis IoT yang mengintegrasikan sensor kelembapan tanah dan pH secara *real-time*, serta menerapkannya pada budidaya tanaman melon untuk mendukung penerapan pertanian presisi secara lebih aplikatif.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan sistem monitoring manajemen irigasi tetes berbasis *Internet of Things (IoT)* pada budidaya tanaman melon (*Cucumis melo* L.) yang mampu memantau dan mengontrol pemberian air serta nutrisi secara *real-time* dan berkelanjutan. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi, mengurangi pemborosan akibat pengelolaan manual, serta mempermudah petani dalam pengambilan keputusan terkait irigasi. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil tanaman melon melalui pengelolaan irigasi yang lebih presisi, adaptif terhadap kondisi lingkungan, dan sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Alat yang digunakan meliputi alat mekanik berupa gunting, *cutter*, gerinda tangan (± 600 W) merek Makita, gergaji tangan merek Krisbow, dan solder listrik (40 W) merek Jakemy. Peralatan pengukuran terdiri dari thermohygrometer digital (-10 – 60 °C; 0–100% RH) merek HTC, pH meter tanah (rentang pH 3–10), dan stopwatch digital merek Seiko. Perangkat pemrograman menggunakan laptop dengan sistem operasi Windows merek Acer. Sistem

IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan konektivitas Wi-Fi dan tegangan kerja 3,3 V merek DevKit V4. Sensor yang digunakan meliputi capacitive soil moisture sensor (3,3–5 V) merek Keyestudio, sensor pH tanah dengan akurasi $\pm 0,1$ pH, serta sensor DHT-22 dengan akurasi suhu $\pm 0,5$ °C dan kelembapan $\pm 2\%$ RH. Aktuator berupa modul relay 5 V dan pompa air DC 12 V merek Keyestudio.

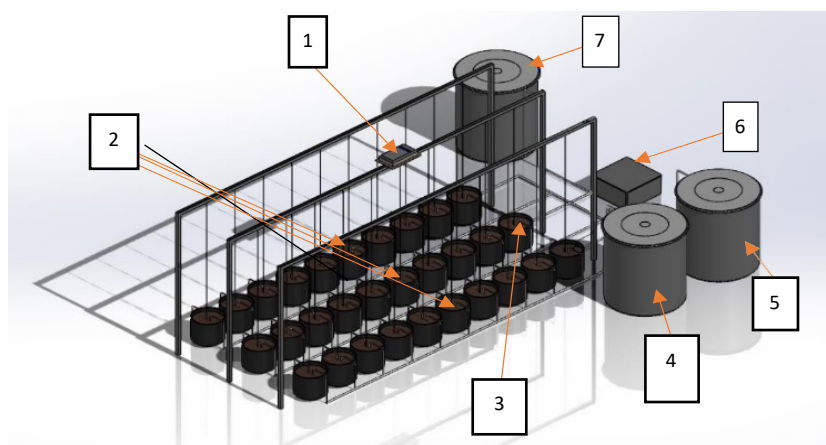
Sistem irigasi tetes terdiri dari drip irrigation set merek Nomic, pipa PVC 0,5 inci merek Rucika, selang PE 16 mm merek , kabel jumper, ember penampung air, dan polibag. Bahan yang digunakan meliputi tanah, AB mix merek Infarm, dolomit cair, *humic liquid*, benih melon (*Cucumis melo L.*) merek Cap Panah merah East West Seed Indonesia, dan air. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu merancang sistem irigasi tetes yang dilengkapi dengan sistem kontrol berbasis IoT, melakukan pembuatan dan pengujian sistem kontrol, dan melakukan pengamatan terhadap hasil kerja sistem kontrol.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, karena bertujuan untuk merancang, menguji, dan mengevaluasi kinerja suatu sistem teknologi berupa sistem monitoring dan kontrol irigasi tetes berbasis *Internet of Things* (IoT) pada budidaya tanaman melon. Metode eksperimental dipilih karena memungkinkan pengamatan langsung terhadap pengaruh penerapan sistem terhadap parameter lingkungan tanah dan pertumbuhan tanaman, serta membandingkannya dengan perlakuan kontrol secara terukur (Handayani & Irawati, 2022). Jenis melon yang digunakan adalah melon varietas Golden Melon, yang umum dibudidayakan dan memiliki kebutuhan air yang sensitif. Tanaman melon yang digunakan berumur 14 hari setelah tanam (HST) dengan total sebanyak 60 biji (30 biji untuk sistem irigasi IoT dan 30 biji untuk kontrol) pada awal perlakuan irigasi.

Rancangan Sistem Irigasi

Perancangan *prototype* sistem irigasi adalah bentuk irigasi tanaman yang dirancang untuk penyiraman otomatis, yang berfungsi untuk pengairan irigasi serta pupuk kepada tanaman melon secara merata, dilakukan untuk melaksanakan fungsi komponen sesuai dengan tugasnya untuk mengetahui kondisi kadar air tanah maupun menjaga kondisi kadar air tanah tetap pada nilai *set point* dan monitoring pH tanah agar dapat dimanfaatkan dengan baik oleh tanaman melon. Gambaran umum pada sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

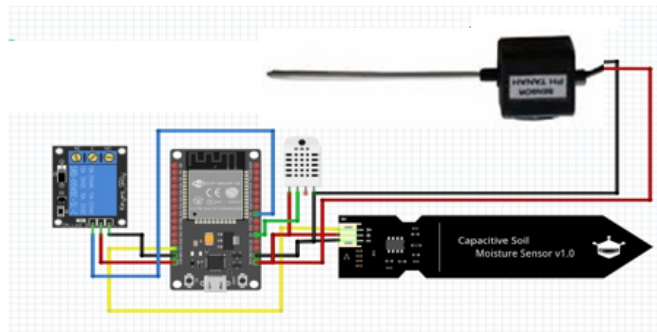


Gambar 1. Rancangan *Prototype* Sistem Irigasi : (1) Sensor DHT-22, (2) Sensor Kelembaban Tanah, (3) Sensor pH Tanah, (4) Ember *humic liquid*, (5) Ember air, (6) Sistem Kontrol, (7) Ember dolomit

Komponen seperti breadboard, ESP32, relay, dan kabel ditempatkan di dalam kotak pelindung yang terletak di samping sistem irigasi untuk menghindari paparan langsung panas dan air. Hal ini penting karena jika komponen elektronik terkena panas atau air, sensor dapat mengalami kesalahan pembacaan (*error*) atau kerusakan (Kumar *et al.*, 2024).

Rancangan Sistem Kontrol

Cara kerja sistem di mulai dengan alat mendeteksi kondisi tanah menggunakan sensor kelembaban dan pH tanah. Pembuatan sistem kontrol ini bertujuan untuk membaca, memproses dan memberikan perintah pada sebuah kondisi yang diperoleh dari nilai pembacaan sensor. Saat nilai berada pada batas bawah maka mikrokontroler akan memberikan sinyal pada relay untuk menghidupkan pompa dan mati ketika tujuan sudah tercapai. Skema rangkaian secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



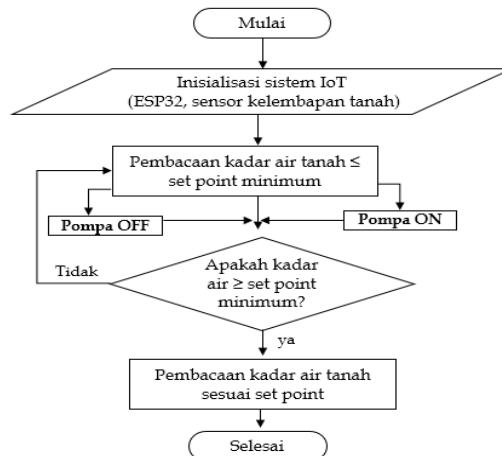
Gambar 2. Skema Rangkaian Sistem Kontrol

Pembuatan Instalasi dan Pengujian Sistem Kontrol

Pembuatan instalasi dan pengujian sistem kontrol terdiri dari beberapa tahapan yaitu, penentuan nilai *set point*, kalibrasi sensor, perhitungan daya sistem, dan menyambungkan mikrokontroler ke aplikasi *Spreadsheet*.

Penentuan Nilai *Set Point* Kadar Air Tanah

Penentuan *set point* memberikan batasan kerja pada sistem, yaitu nilai maksimum pada kondisi kapasitas lapang dan minimum pada kondisi titik layu permanen. Nilai *set point* minimum diposisikan berada sedikit diatas nilai titik layu permanen karena dengan membiarkan tanaman mencapai titik layu permanen akan berdampak pada kondisi tanaman. Nilai *set point* yang berada diatas titik layu permanen yaitu pada kondisi kehilangan air maksimum atau MAD. Mekanisme kerja pengendalian *set point* kadar air tanah dapat dilihat pada diagram pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Mekanisme Kerja Pengendalian *Set Point* Kadar Air Tanah

Pompa akan bekerja saat *input* yang terbaca oleh sensor menunjukkan nilai kadar air tanah pada kondisi minimum dan berhenti pada kondisi maksimum. Menurut rata-rata kadar air tanah yang didapatkan pada kondisi kapasitas lapang adalah sebesar 27,69% dan kadar air titik layu permanen ditentukan berdasarkan asumsi yaitu berada pada kondisi 17% karena sampel tanah yang digunakan berbentuk gumpalan yang mudah hancur dan memiliki tekstur berpasir (Fikrilah, 2022).

Selain kadar air tanah, sistem juga melakukan pemantauan pH tanah dan temperatur lingkungan sebagai parameter pendukung operasional irigasi. Mekanisme kerja sistem memanfaatkan data kadar air tanah sebagai parameter utama pengaktifan pompa irigasi, sedangkan data pH dan temperatur berfungsi sebagai parameter pemantauan pendukung. Data pH dan temperatur ditampilkan secara *real-time* pada sistem monitoring untuk memastikan kondisi lingkungan tetap berada dalam rentang optimal. Apabila nilai pH atau temperatur berada di luar batas *set point*, sistem memberikan informasi peringatan kepada pengguna, namun tidak secara langsung memicu pengaktifan pompa irigasi. Dengan mekanisme ini sistem irigasi tetap bekerja secara presisi berdasarkan kebutuhan air tanaman, sekaligus memberikan informasi kondisi lingkungan secara menyeluruh.

Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor dilakukan bertujuan untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor dan meminimalisir terjadinya kesalahan pembacaan sensor yang digunakan. Kalibrasi *capacitive soil moisture sensor* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dapat membaca nilai kadar air tanah dengan tepat dan mendapatkan kadar air pada kondisi jenuh dan kapasitas lapang. Proses kalibrasi menggunakan uji gravimetri dengan membutuhkan 3 sampel tanah dengan 3 sensor kelembaban tanah. Sensor ditanamkan ke dalam tanah dan membaca nilai ADC (*Analog to Digital Converter*) yang terbaca oleh sensor. Kemudian tanah ditimbang dahulu sebelum dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam. Tanah yang selesai dikeringkan kadar airnya dianggap 0% dan ditimbang dahulu sebelum digunakan untuk proses pengkalibrasian. Kemudian perbandingan berat basah tanah dengan berat kering tanah setelah di oven sebagai acuan kadar air tanah. Penentuan kadar air tanah dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$KA = \frac{BB-BK}{BK} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- KA = Kada Air Tanah (%)
- BB = Berat Basah Tanah Sebelum Dioven (gr)
- BK = Berat kering Tanah Setelah Dioven (gr)

Kalibrasi sensor pH tanah dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan alat ukur pH tanah manual yaitu pH meter. Kalibrasi sensor DHT-22 dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur manual menggunakan *thermohygrometer*. Data yang didapat dari sensor dan alat ukur dapat dilakukan analisis regresi untuk melihat keakuratan pembacaan sensor.

Analisis akurasi sensor dilakukan menggunakan metode regresi linear dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur acuan. Tingkat akurasi sensor dievaluasi berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2), di mana sensor dinyatakan memiliki tingkat akurasi yang baik apabila nilai $R^2 \geq 0,9$ yang menunjukkan hubungan linear yang sangat kuat antara nilai sensor dan nilai acuan. Penelitian ini tidak menghitung *error* absolut maupun *error* persentase, melainkan menilai akurasi berdasarkan kekuatan hubungan linear antara sensor dan alat ukur acuan.

Perhitungan Daya Sistem

Perhitungan daya sistem dilakukan untuk mengetahui estimasi kebutuhan daya listrik yang diperlukan agar sistem kontrol dapat beroperasi dengan baik. Perhitungan kebutuhan daya listrik pada penelitian ini mengacu pada persamaan dasar kelistrikan (Haafizhah *et al.*, 2022) sesuai yang dijelaskan pada persamaan 2.

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- P = Daya Listrik (Watt)
- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus (A)

Perhitungan kebutuhan daya listrik pada sistem ini dilakukan sebagai tahap perancangan untuk memastikan kecukupan pasokan energi selama sistem beroperasi. Estimasi daya dihitung berdasarkan spesifikasi teknis nominal dari masing-masing komponen utama yang digunakan, yaitu mikrokontroler ESP32 dan pompa air.

Menyambungkan Mikrokontroler ke Aplikasi *Spreadsheet*

Hasil pembacaan sensor dapat ditampilkan di dalam aplikasi *Spreadsheet* sebagai platform IoT. Langkah untuk masuk ke aplikasi *Spreadsheet* ini yaitu dengan membuat akun menggunakan *email* dan membuat dokumen baru. Setelah sensor terkalibrasi dengan baik, hasil bacaan sensor dapat ditampilkan dengan cara menghubungkan kode *GScript* yang didapat dari pembuatan proyek pada *Spreadsheet* ke dalam pemrograman ESP32. Hasil bacaan yang telah dikirim ke database *Spreadsheet* dapat dimonitoring menggunakan *smartphone*.

Pengamatan

Tahapan pengamatan pada penelitian ini meliputi pengukuran ketepatan pembacaan sensor, kadar air tanah, pH tanah, suhu dan kelembaban udara, kebutuhan air irigasi, laju aliran, waktu hidup dan mati pompa, serta kondisi pertumbuhan tanaman.

Ketepatan Pembacaan Sensor

Pengamatan ketepatan pembacaan sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap nilai yang diperoleh dari alat ukur. Pengukuran dilakukan setiap 3 hari sekali pada pukul 10.00 WIB untuk memastikan sensor masih berfungsi dengan baik. Data hasil pembacaan sensor divalidasi menggunakan analisis regresi antara nilai yang ditampilkan pada *spreadsheet* dengan hasil pembacaan alat ukur. Semakin mendekati angka 1 nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh, maka pembacaan sensor dianggap semakin akurat.

Kadar Air Tanah

Pengamatan kadar air tanah pada tanaman melon diperoleh dari hasil pembacaan *capacitive soil moisture sensor* yang terekam pada aplikasi *Spreadsheet*. Data kadar air tanah diambil setiap 3 hari sekali selama 30 hari setelah penanaman, dengan waktu pengukuran pada pukul 10.00 WIB.

pH Tanah

Pengukuran pH tanah dilakukan untuk menentukan jumlah pupuk yang akan didistribusikan ke tanaman. Sebelum pengukuran, sensor pH tanah dikalibrasi menggunakan alat ukur pH tanah (pH meter). Sensor kemudian ditancapkan ke media tanam sehingga dapat membaca nilai pH tanah, yang selanjutnya dijadikan acuan dalam pengaturan pemberian dolomit cair atau *humic liquid* pada tanaman melon. Pengambilan data dilakukan setiap 3 hari sekali selama 30 hari setelah penanaman, dengan interval pengukuran setiap 2 jam pada pukul 07.00, 09.00, 11.00, 13.00, 15.00, dan 17.00 WIB.

Suhu dan Kelembaban Udara

Data suhu dan kelembaban udara diperoleh dari hasil pembacaan sensor DHT-22 yang terhubung dengan aplikasi *Spreadsheet*. Faktor lingkungan tersebut berpengaruh terhadap jumlah air yang didistribusikan ke tanaman, sehingga dapat dianalisis untuk menentukan kebutuhan air irigasi. Pengambilan data dilakukan setiap 3 hari sekali selama 30 hari setelah penanaman, dengan interval pengukuran setiap 2 jam pada pukul 07.00, 09.00, 11.00, 13.00, 15.00, dan 17.00 WIB.

Kebutuhan Air Irigasi

Nilai RAW (*Readily Available Water*) tanah akan menentukan jumlah air yang akan didistribusikan dan menghitung volume air yang dibutuhkan untuk menggapai nilai *set point*. Menghitung nilai volume air yang dibutuhkan dapat menggunakan Persamaan 3 (Okasha *et al.*, 2022).
 $V = RAW \times A$(3)

Keterangan:

V = Volume Air yang Dibutuhkan (m^3)

RAW = Air yang Tersedia (m)

A = Luasan Daerah Irigasi (m^2)

Laju Aliran

Laju aliran didapatkan dengan mengukur keluaran air dari sistem irigasi tetes per satuan waktu. Laju aliran dapat dihitung menggunakan Persamaan 4 (Okasha *et al.*, 2022).

$$Q = \frac{V}{T} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

Q = Laju Aliran (m³/detik)

V = Volume Air (m³)

T = Waktu (detik)

Waktu Hidup dan Mati Pompa

Pompa akan hidup ketika kadar air tanah berada pada ambang batas bawah dan ketika pH tanah kecil dari 6 atau besar dari 7. Waktu hidup dan mati pompa akan menentukan jumlah air yang diirigasikan ke dalam tanah dan waktu yang dibutuhkan untuk menggapai nilai *set point*. Waktu hidup dan mati pompa dapat diketahui dengan memperhitungkan volume air yang dibutuhkan dan laju aliran pada sistem dengan menggunakan Persamaan 5.

$$T = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

T = Waktu Hidup Pompa (detik)

V = Volume Air yang Dibutuhkan (m³)

Q = Laju Aliran (m³/detik)

Pengamatan Tanaman

Pengamatan tanaman dilakukan untuk mengambil data tanaman sebagai acuan kerja sistem kontrol irigasi dan pH tanah berbasis IoT yang dirancang pada tanaman melon. Pengamatan tanaman dilakukan dalam waktu 1 kali dalam tiga hari agar parameter yang diamati dapat terlihat perubahannya dan parameter yang diamati adalah tinggi tanaman. Pengamatan ini dilakukan bersamaan dengan pertumbuhan tanaman melon secara terkontrol dengan sistem dan manual, sehingga didapatkan nilai perbandingan perlakuan menggunakan sistem dan manual. Pengambilan data dilakukan kepada setiap 30 sampel perlakuan menggunakan sistem dan 30 sampel perlakuan secara manual, sehingga didapatkan perbandingan tinggi batang tanaman melon.

Analisis Data

Deskriptif data tanaman hasil pengamatan dihitung berdasarkan rata-rata atau *mean* menggunakan aplikasi Microsoft Excel. Selain itu, analisis regresi untuk melihat hubungan nilai pembacaan sensor dengan nilai pembacaan alat ukur. Data pembacaan sensor yang diambil yaitu kadar air tanah, pH tanah serta suhu dan kelembaban udara. Pengambilan data dilakukan sebanyak 6 kali pengulangan.

Mean atau Rata-rata

Mean dicari dengan jumlah nilai dibagi dengan banyaknya observasi. Rumus mean dapat dilihat pada Persamaan 6.

$$Mean = \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

Mean = Rata-rata

$\sum x$ = Total Penjumlahan Data

Analisis Regresi

Rumus menghitung analisis regresi dapat menggunakan Persamaan 7.

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

a = Konstanta

b = Koefisien Regresi dengan X = Variabel Bebas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan

Hasil Rancangan Sistem Irigasi

Penelitian dilakukan pada lahan percobaan seluas 7,65 m² dengan rancangan budidaya melon menggunakan rangka besi hollow sepanjang 510 cm yang disusun dalam 3 baris berjarak 50 cm. Setiap baris berisi 10 polybag dengan jarak antarpolybag 50 cm. Sistem irigasi yang digunakan adalah irigasi tetes otomatis dengan pengontrol pH, dipasang di antara tiga baris polybag. Instalasi terdiri dari pipa utama berdiameter 0,5 inci yang terhubung dengan selang PE 16 mm, kemudian dilubangi 5 mm untuk disambungkan ke selang PE 5 mm menuju emitter. Hasil rancangan sistem irigasi dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Hasil Rancangan Sistem Irigasi Tetes

Air irigasi bersumber dari ember berkapasitas 80 L, sedangkan larutan pengontrol pH disimpan dalam ember 50 L. Bibit melon berusia 14 HSS ditanam dalam polybag berisi media tanah humus setelah melalui tahap penyemaian sebanyak 60 benih pada *tray*.

Hasil Rancangan Sistem Kontrol

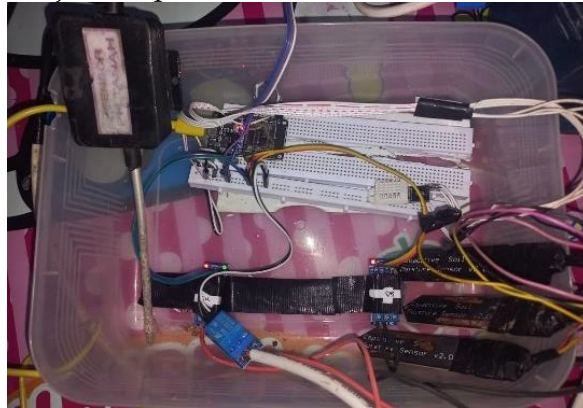
Sistem kontrol sebagai komponen utama dalam sistem monitoring dan kontrol dalam budidaya tanaman melon berbasis IoT. Sistem monitoring dan kontrol ini memudahkan dalam memonitoring dan kontrol dalam budidaya melon. Komponen- komponen sistem kontrol yang digunakan antara lain:

1. ESP 32
2. Capacitive Soil Moisture Sensor
3. Sensor pH tanah
4. Sensor DHT-22
5. Relay
6. Arduino IDE

Komponen utama sistem monitoring dan kontrol ini berfungsi untuk mengatur pemberian air irigasi pada budidaya melon serta memantau kondisi pH tanah dan temperatur lingkungan. Sensor kelembaban tanah, pH tanah, serta sensor suhu dan kelembaban udara memberikan input ke mikrokontroler ESP32, yang selanjutnya memproses data, mengirimkan perintah ke *relay*, dan menampilkan hasil pembacaan pada aplikasi *Spreadsheet*. Mekanisme otomatisasi sistem menetapkan kadar air tanah sebagai parameter utama pengendali irigasi. Jika kadar air tanah $\leq 23\%$, relay akan aktif sehingga pompa menyala untuk mengalirkan air, sedangkan pada kadar air tanah $\geq 28\%$ pompa akan berhenti beroperasi.

Data pH tanah dan temperatur lingkungan berfungsi sebagai parameter pemantauan pendukung yang bekerja secara sinergis dengan sistem irigasi, namun tidak secara langsung memicu pengaktifan pompa. Informasi pH dan temperatur ditampilkan secara real-time untuk memastikan kondisi tanah dan lingkungan tetap berada pada rentang optimal bagi pertumbuhan tanaman. Penetapan batas pH didasarkan pada kebutuhan tanaman melon, yang memiliki kisaran pH optimal

6,0–6,8 dan toleransi pH 5,8–7,2 (Handajaningsih et al., 2019). Dengan menempatkan batas henti pada pH 6,5 untuk humic liquid dan pH 7 untuk dolomit, maka tanah dapat dipertahankan agar tetap berada di tengah rentang optimal dan terhindar dari kondisi asam atau basa yang terlalu ekstrim. Rancangan sistem kontrol ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Rancangan Sistem Kontrol

Pembuatan Instalasi dan Pengujian Sistem Kontrol

Nilai *Set Point* Capacitive Soil Moisture Sensor

Nilai *set point* kadar air tanah ditentukan berdasarkan media tanam yang digunakan, dengan tujuan menetapkan batas kerja sistem irigasi. Batas minimum ditetapkan sedikit di atas titik layu permanen (PWP), sedangkan batas maksimum mengacu pada kapasitas lapang (FC). Pada tanah lempung liat berpasir, nilai FC dan PWP masing-masing adalah 28% dan 17%. Nilai *Management Allowable Depletion* (MAD) untuk melon berada pada level 50% atau lebih rendah (Card, B. A., & Bauder, 2019). Dengan demikian, batas bawah sistem dihitung menggunakan Persamaan 8:

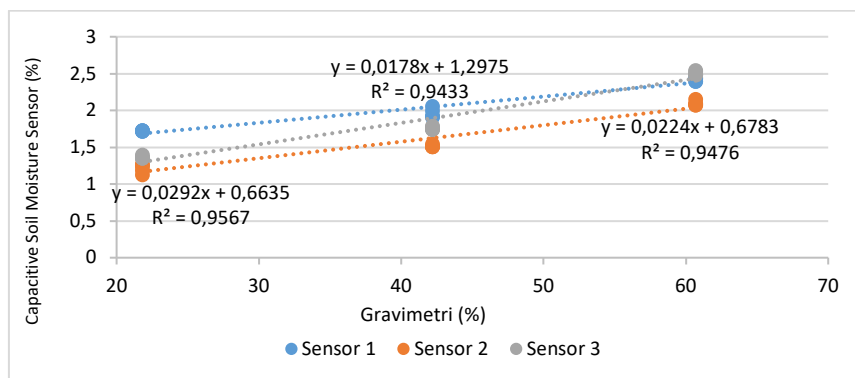
$$\begin{aligned} \text{Batas Bawah} &= \text{FC} - ((\text{FC} - \text{PWP}) \times \text{MAD}) \\ &= 28\% - (28\% - 17\%) \times 0,5 \\ &= 22,5\% \approx 23\%. \end{aligned}$$

Nilai 23% ini ditetapkan sebagai *set point* kelembaban tanah untuk mengaktifkan relay dan menyalakan pompa, sedangkan sistem akan berhenti bekerja saat kadar air mencapai kapasitas lapang (28%).

Kalibrasi Sensor

Kalibrasi *Capacitive Soil Moisture Sensor*

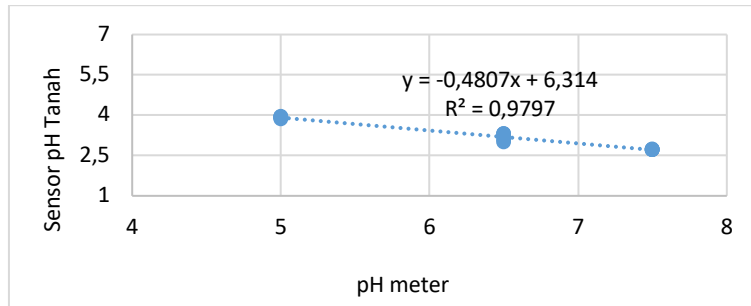
Kalibrasi dilakukan untuk menguji keakuratan pembacaan *capacitive soil moisture sensor* dengan membandingkannya terhadap metode gravimetri di laboratorium. Pengujian menggunakan tiga sampel tanah dan tiga sensor. Hasil kalibrasi ditunjukkan pada Gambar 6, dengan nilai R^2 masing-masing 0,9433; 0,9476; dan 0,9567, serta rata-rata 0,9493. Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang baik.



Gambar 6. Grafik Kalibrasi *Capacitive Soil Moisture Sensor* dengan Uji Gravimetri

Kalibrasi Sensor pH Tanah

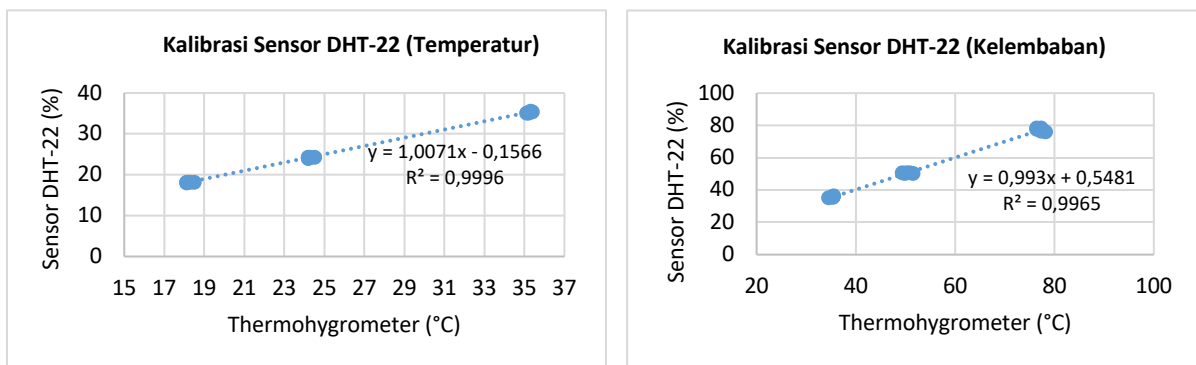
Kalibrasi sensor pH tanah dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan pH meter menggunakan tiga sampel tanah dan lima kali pengulangan. Hasil kalibrasi ditunjukkan pada Gambar 7, dengan nilai R^2 sebesar 0,9797. Nilai ini mendekati 1, sehingga sensor pH tanah dapat dikatakan akurat dan layak digunakan sebagai acuan dalam sistem kontrol pompa larutan.



Gambar 7. Grafik Kalibrasi Sensor pH Tanah dengan pH Meter

Kalibrasi Sensor DHT-22

Kalibrasi sensor DHT-22 dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur thermohyrometer secara bersamaan. Pengujian dilakukan selama satu hari pada tiga kondisi dengan lima kali pengulangan, sehingga diperoleh tiga data temperatur dan tiga data kelembaban. Hasil kalibrasi ditunjukkan pada Gambar 8 dengan nilai R^2 temperatur sebesar 0,999 dan kelembaban 0,9965. Nilai tersebut mendekati 1, sehingga pembacaan sensor DHT-22 dapat dikatakan akurat.



Gambar 8. Hasil Kalibrasi Sensor DHT-22

Kebutuhan Daya Sistem

Komponen utama yang membutuhkan daya listrik pada sistem ini adalah mikrokontroler ESP32 dan pompa air. ESP32 beroperasi pada tegangan input 3,3–5 V dengan arus 40 mA pada lima pin yang digunakan, dengan mengambil spesifikasi tegangan input tertinggi (5V) sehingga total daya yang dibutuhkan sebesar 1 W. Sementara itu, sistem menggunakan tiga unit pompa AC dengan spesifikasi tegangan 220 V dan arus 0,15 A, sehingga total kebutuhan dayanya mencapai 105 W. Berdasarkan perhitungan, total daya yang diperlukan agar sistem dapat beroperasi secara optimal adalah 106 W. Kebutuhan daya tersebut dipenuhi melalui pasokan listrik PLN yang disalurkan menggunakan stop kontak.

Menyambungkan Mikrokontroler ke Aplikasi Spreadsheet

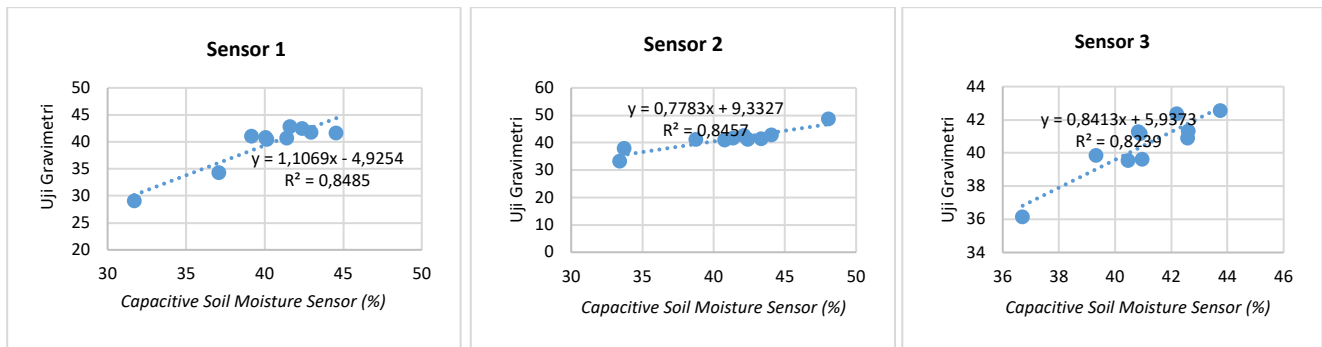
Penelitian ini memanfaatkan aplikasi Spreadsheet sebagai platform IoT karena mudah digunakan dan tersedia gratis pada *smartphone*. Aplikasi dihubungkan dengan modul WiFi ESP32 melalui *link* GScript yang diperoleh saat pembuatan proyek baru. Prosesnya dilakukan dengan membuka App Script, memasukkan *file* .json beserta *link file* Spreadsheet, melakukan verifikasi akun, lalu menambahkan *link* GScript ke dalam pemrograman Arduino IDE. Modul WiFi ESP32 terhubung

ke internet melalui koneksi *hotspot* yang telah diprogram pada Arduino IDE. Spreadsheet kemudian menampilkan data pembacaan sensor setiap menit sesuai kebutuhan. Dalam penelitian ini, data yang ditampilkan meliputi kadar air tanah, pH tanah, serta suhu dan kelembaban udara.

Ketepatan Pembacaan Sensor

Ketepatan Pembacaan Sensor *Capacitive Soil Moisture*

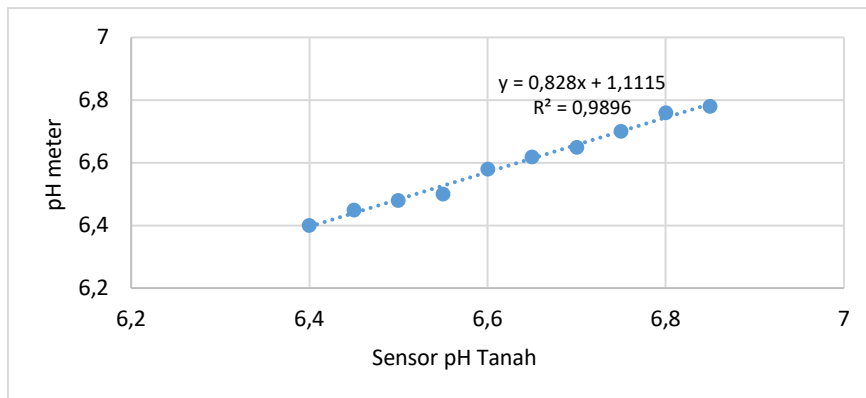
Pengamatan ketepatan pembacaan *capacitive soil moisture* sensor dilakukan dengan membandingkan nilai sensor kadar air tanah dengan hasil uji gravimetri di laboratorium. Pengujian dilakukan setiap 3 hari sekali pada pukul 10.00 WIB menggunakan tiga sampel tanah dengan tiga sensor. Hasil perbandingan ditunjukkan pada Gambar 9, dengan nilai rata-rata R^2 sensor sebesar 0,8395. Nilai tersebut mendekati 1, sehingga pembacaan sensor dapat dikatakan akurat. Dengan demikian, kinerja sensor pada penelitian ini dapat dinyatakan baik dan stabil selama 30 hari pengamatan.



Gambar 9. Ketepatan Pembacaan Sensor *Capacitive Soil Moisture*

Ketepatan Pembacaan Sensor pH Tanah

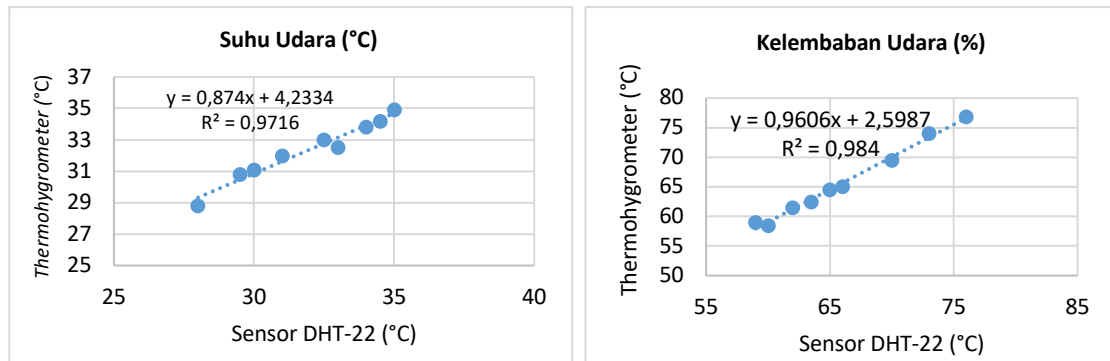
Pengamatan ketepatan sensor pH tanah dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan pH meter. Pengujian dilakukan setiap 3 hari sekali selama 30 hari penelitian pada pukul 07.00, 09.00, 11.00, 13.00, 15.00, dan 17.00 WIB. Hasil perbandingan ditunjukkan pada Gambar 10, dengan nilai R^2 rata-rata sebesar 0,9896. Nilai tersebut mendekati 1, sehingga pembacaan sensor dapat dikatakan akurat dan sensor terbukti bekerja dengan baik selama 30 hari penelitian.



Gambar 10. Ketepatan Pembacaan Sensor pH Tanah

Ketepatan Pembacaan Sensor DHT-22

Ketepatan pembacaan sensor DHT-22 diuji dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur *thermohygrometer*. Pengujian dilakukan setiap 3 hari sekali selama penelitian, pada interval dua jam yaitu pukul 07.00, 09.00, 11.00, 13.00, 15.00, dan 17.00 WIB. Hasil pengamatan yang ditunjukkan pada Gambar 11 menghasilkan nilai R^2 suhu sebesar 0,9716 dan kelembaban udara sebesar 0,984. Nilai tersebut mendekati 1, sehingga sensor DHT-22 dapat dikatakan akurat dan bekerja dengan baik selama 30 hari penelitian.

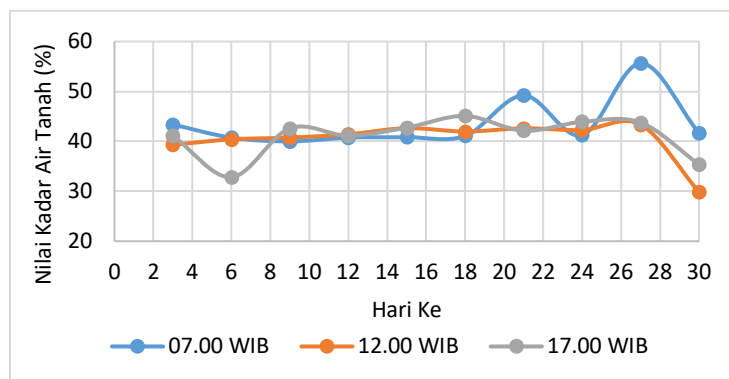


Gambar 11. Ketepatan Pembacaan Sensor DHT-22

Kadar Air Tanah

Pengambilan data kadar air tanah pada sistem fertigasi dilakukan setiap 3 hari sekali pada pukul 07.00, 12.00, dan 17.00 WIB selama 30 hari pengamatan. Rata-rata kadar air tanah pada ketiga waktu tersebut berturut-turut adalah 43,46%, 40,46%, dan 41,07%. Kadar air tanah tertinggi tercatat pada hari ke-27 pukul 07.00 WIB sebesar 55,04%, sedangkan kadar terendah terjadi pada hari ke-30 pukul 12.00 WIB sebesar 29,84%. Hasil pengamatan ditunjukkan pada Gambar 12, yang memperlihatkan bahwa kadar air tanah selama periode penelitian berlangsung berada pada kondisi normal dan berada di sekitar nilai *set point* yang ditetapkan dalam sistem, yaitu sebesar 27,69% dengan batas bawah 17%. Nilai *set point* tersebut digunakan sebagai acuan pengendalian irigasi pada sistem fertigasi. Sistem irigasi bekerja dengan baik karena mampu mengaktifkan dan menghentikan penyiraman ketika kadar air tanah melewati batas yang ditentukan, sehingga kelembapan tanah tetap berada pada kondisi yang dapat diterima untuk pertumbuhan tanaman.

Nilai kapasitas lapang 28% yang digunakan dalam sistem kurang sesuai dengan media tanam penelitian yang berupa tanah humus, karena humus memiliki bahan organik tinggi yang meningkatkan kapasitas simpan air melalui pori makro dan mikro yang bekerja seperti spons pada tanah (Gasch & Dejong-hughes, 2019). Akibatnya kapasitas lapang tanah humus secara alami dapat mencapai 40–50%, sehingga pembacaan sensor 40–43% sebenarnya merupakan kondisi normal. Selain itu, pembacaan yang lebih tinggi juga dapat dipengaruhi oleh *sensor placement bias* yang umum terjadi pada penempatan letak sensor, yakni air dari emitter irigasi tetes mengalir langsung ke zona sensor sehingga menghasilkan pembacaan yang tidak mewakili kondisi tanah secara keseluruhan (Souliis et al., 2015).

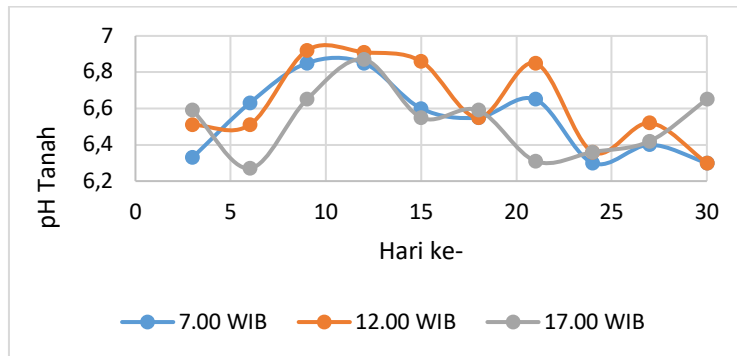


Gambar 12. Data Monitoring Kadar Air Tanah

pH Tanah

Pengambilan data pH tanah pada sistem fertigasi dilakukan setiap 3 hari sekali pada pukul 07.00, 12.00, dan 17.00 WIB selama 30 hari pengamatan. Rata-rata pH tanah pada ketiga waktu tersebut berturut-turut adalah 6,54; 6,62; dan 6,52. Nilai pH tertinggi tercatat pada hari ke-9 pukul 12.00 WIB sebesar 6,92, sedangkan nilai terendah terjadi pada hari ke-6 pukul 17.00 WIB sebesar 6,27. Hasil

pengamatan ditunjukkan pada Gambar 13, yang memperlihatkan bahwa pH tanah selama periode penelitian berada dalam kondisi normal, yaitu berkisar antara 6–7. Penurunan pH tanah umumnya dipengaruhi oleh curah hujan tinggi yang menyebabkan pencucian kation basa, sementara kation asam (Al dan H) tetap bertahan sehingga tanah menjadi masam (Agnestin et al., 2021). Sebaliknya, peningkatan pH dapat terjadi pada lahan yang sangat kering atau dengan curah hujan rendah, sehingga tanah cenderung lebih basa (Karamina et al., 2018).

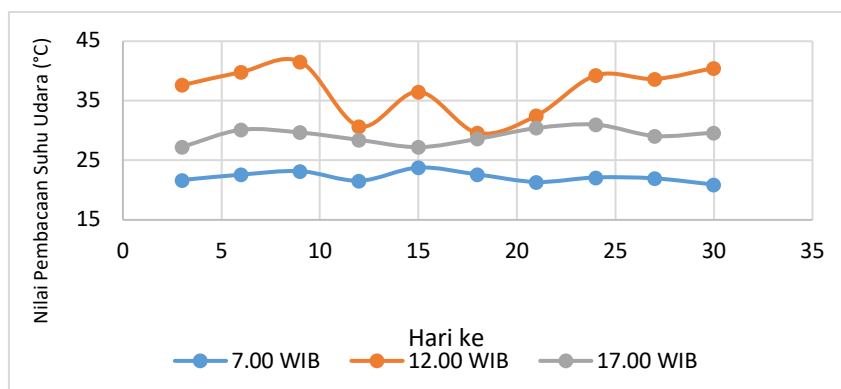


Gambar 13. Data Monitoring pH Tanah

Meskipun nilai pH tanah selama periode pengamatan berada pada kisaran normal (pH 6–7), sistem tetap melakukan pemantauan pH secara kontinu sebagai bagian dari fungsi pengendalian preventif. Pengendalian pH pada sistem fertigasi tidak selalu bertujuan untuk melakukan koreksi aktif, tetapi untuk memastikan pH tetap berada pada rentang optimal bagi tanaman dan memberikan peringatan dini apabila terjadi penyimpangan. Dengan demikian sistem tetap efisien karena hanya akan melakukan tindakan korektif ketika nilai pH keluar dari batas yang ditentukan.

Suhu dan Kelembaban Udara

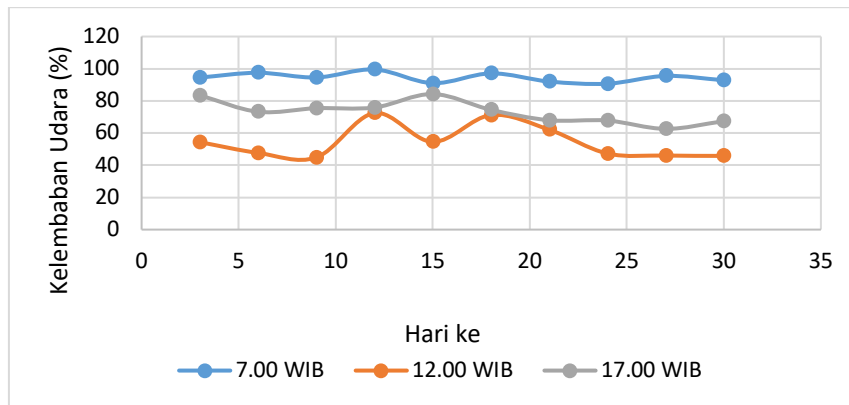
Pengambilan data suhu dan kelembaban udara pada sistem fertigasi dilakukan setiap 3 hari sekali pada pukul 07.00, 12.00, dan 17.00 WIB selama 30 hari pengamatan. Rata-rata suhu udara pada ketiga waktu tersebut berturut-turut adalah 22,19 °C, 36,68 °C, dan 29,15 °C. Suhu tertinggi tercatat pada hari ke-9 pukul 12.00 WIB sebesar 41,55 °C, sedangkan suhu terendah terjadi pada hari ke-30 pukul 07.00 WIB sebesar 20,93 °C. Hasil pengamatan suhu udara disajikan pada Gambar 13. Sementara itu, kelembaban udara rata-rata tercatat sebesar 94,53% pada pukul 07.00, 54,63% pada pukul 12.00, dan 73,25% pada pukul 17.00. Nilai kelembaban tertinggi sebesar 99,53% terjadi pada hari ke-12, sedangkan terendah sebesar 44,84% terjadi pada hari ke-9, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Data Monitoring Suhu Udara

Tanaman melon memiliki suhu optimum tumbuh antara 25–30 °C dan tidak dapat tumbuh baik pada suhu di bawah 18 °C, dengan kebutuhan intensitas cahaya matahari sekitar 10–12 jam per hari. (Adamczewska-Sowińska, 2024). Kelembaban udara ideal untuk pertumbuhan melon berada

pada kisaran 70–80% (Jeon et al., 2024). Kelembaban yang terlalu tinggi (>80%) dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman, menurunkan mutu buah, serta meningkatkan kerentanan terhadap penyakit. Sebaliknya, kelembaban yang terlalu rendah menyebabkan kesulitan pembungaan. Kondisi iklim yang terlalu lembap juga berpotensi menghambat pertumbuhan melon dan menyebabkan buah pecah (Muhaimin et al., 2022).



Gambar 14. Data Monitoring Kelembaban Udara

Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi dihitung menggunakan Persamaan 3 dengan mempertimbangkan kapasitas lapang (FC), titik layu permanen (PWP), kedalaman akar, dan luas daerah irigasi. Kapasitas lapang diperoleh dengan kadar air berbasis volume rata-rata sebesar 28% (Moh. Jalik, 2021). Titik layu permanen diasumsikan sebesar 17% karena sampel tanah yang digunakan bertekstur berpasir dan mudah hancur saat dibentuk gumpalan. Kedalaman akar digunakan sebagai batas pengamatan karena irigasi dibatasi hingga zona perakaran aktif (Hodges et al., 2023). Pada penelitian ini, kedalaman akar tanaman melon berusia 14 HSS tercatat 5 cm (0,05 m). Pada kedalaman tersebut, tersedia air sebesar 0,0055 m dengan air segera tersedia sebesar 0,00275 m. Lahan penelitian menggunakan 30 polybag berdiameter 13 cm, masing-masing memiliki luas 0,0536 m² sehingga total luas lahan mencapai 1,59198 m². Berdasarkan perhitungan tersebut, volume air yang dibutuhkan untuk satu kali irigasi adalah 0,00437 m³ atau setara dengan 4,37 liter.

Laju Aliran

Perhitungan laju aliran dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 4. Pengamatan ini menggunakan *stopwatch* untuk menentukan waktu pendistribusian air sebanyak 1 L. Nilai laju aliran yang didapatkan sebesar 0,04 L/detik. 1 L air disalurkan selama 24,66 detik.

Waktu Hidup Pompa

Waktu hidup pompa menentukan volume air yang dialirkan ke lahan. Pompa pada penelitian ini digunakan sebanyak 3 buah untuk sistem fertigasi dan pH tanah. Penentuan lama waktu hidup pompa ditentukan menggunakan Persamaan 5. Lama hidup pompa dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan tabel di bawah dapat ditentukan bahwa setiap kali irigasi dilakukan maka pompa akan hidup selama 107,90 detik.

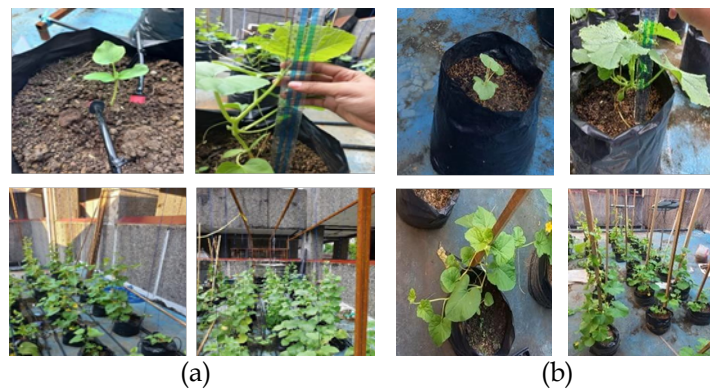
Tabel 1. Perhitungan Lama Hidup Pompa

No	Parameter	Nilai
1	Volume Irigasi	4,37 L
2	Waktu 1 liter	24,66 detik
3	Laju Aliran	0,04 L/detik
4	Waktu Total	107,90 detik

Penentuan waktu hidup pompa bertujuan untuk mengatur volume air irigasi yang diberikan pada setiap siklus penyiraman. Sistem pengendalian yang digunakan bersifat *ON-OFF* dengan acuan nilai *set point* kadar air tanah. Pompa diaktifkan ketika nilai kadar air tanah berada di bawah batas yang ditentukan dan dihentikan setelah waktu hidup pompa tercapai sesuai hasil perhitungan. Perbedaan antara nilai kadar air tanah dan *set point* yang masih terlihat pada hasil pengamatan disebabkan oleh adanya waktu tunda (*delay*) respon tanah terhadap air irigasi serta sifat fisik media tanam, sehingga perubahan kadar air tanah bersifat bertahap dan tidak langsung mencapai nilai *set point*.

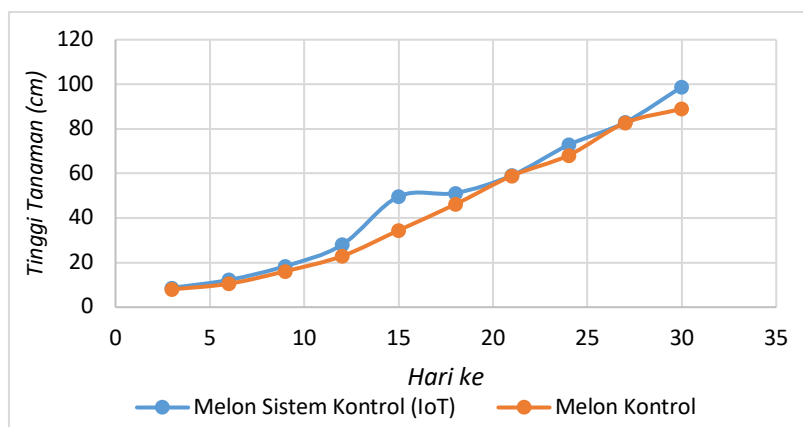
Pengamatan Tanaman

Pengamatan tanaman dilakukan pada dua perlakuan, yaitu tanaman melon dengan sistem fertigasi dan tanaman melon kontrol yang ditanam di luar sistem. Pengamatan dilakukan setiap 3 hari sekali selama 30 hari untuk memantau pertumbuhan tinggi tanaman. Kedua perlakuan menggunakan polybag dengan ukuran yang sama sehingga kondisi media tanam seragam. Pertumbuhan tanaman melon pada sistem monitoring dan pertumbuhan tanaman kontrol ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. (a) Tanaman Melon Sistem dan (b) Tanaman Melon Kontrol

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa rata-rata tinggi tanaman melon pada sistem fertigasi selama penelitian adalah 48,19 cm. Sementara itu, rata-rata tinggi tanaman melon pada perlakuan kontrol tercatat sebesar 43,69 cm. Perbandingan hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 16, yang memperlihatkan perbedaan laju pertumbuhan antara kedua perlakuan. Data ini membuktikan bahwa penggunaan sistem fertigasi berbasis monitoring dan kontrol mampu menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik dibandingkan metode manual.



Gambar 16. Perbandingan Tinggi Tanaman Sistem dan Kontrol

Perbedaan pertumbuhan ini terjadi karena tanaman pada sistem fertigasi memperoleh suplai air melalui irigasi tetes yang dikendalikan berdasarkan kadar kelembaban tanah, serta larutan yang berfungsi menjaga pH tanah tetap netral. Penyiraman pada sistem berlangsung lebih teratur karena dikontrol secara otomatis oleh sensor, sehingga tanaman memperoleh air sesuai kebutuhan.

Sebaliknya, pada perlakuan kontrol, penyiraman dilakukan secara manual hanya ketika hujan tidak turun dan tanpa adanya larutan pengontrol pH, sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih lambat.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem monitoring dan kontrol irigasi tetes berbasis *Internet of Things* (IoT) pada budidaya tanaman melon yang terintegrasi dengan pemantauan kondisi tanah dan lingkungan. Sistem yang dikembangkan menjadikan kadar air tanah sebagai parameter utama dalam pengaturan otomatisasi irigasi, sedangkan pH tanah serta suhu dan kelembaban udara digunakan sebagai parameter pemantauan pendukung yang ditampilkan secara *real-time* melalui *Google Spreadsheet*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki kinerja sensor yang baik, ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi (R^2) sensor kelembaban tanah sebesar 0,8395, sensor pH tanah sebesar 0,9896, serta sensor DHT-22 untuk suhu dan kelembaban udara masing-masing sebesar 0,9716 dan 0,9841. Penerapan sistem irigasi otomatis berbasis kadar air tanah memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman melon, yang ditunjukkan oleh rata-rata tinggi tanaman 48,19 cm, lebih tinggi dibandingkan tanaman kontrol sebesar 43,69 cm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Produksi dan Manajemen Alat dan Mesin Pertanian dan seluruh pihak yang membantu penelitian ini.

PENDANAAN

Penelitian dibiayai oleh DIPA Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas Sesuai dengan Kontrak Penelitian Nomor: 9/PL/PN-UNAND/FATETA-2025.

CONFLICT OF INTEREST

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak mana pun.

DAFTAR REFERENSI

- Adamczewska-Sowińska, K. (2024). The Use of Soil Surface Mulching on Melon (*Cucumis melo* L.) Production under Temperate Climate Conditions. *Agriculture (Switzerland)*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/agriculture14081398>
- Agnestin, M., Hayati, I. R., Si, M., & Riduansyah, I. H. (2021). Studi Status Hara Nitrogen (N), Fospor (P), Dan Kalium (K) Pada Tanah Sawah Di Desa Menjalin Kecamatan Menjalin Kabupaten Landak. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 11(1).
- Card, B. A., & Bauder, T. (2019). *Determining Irrigation Run Times with Drip Tape on Specialty Crops Quick Facts*. Colorado State University Extension.
- Farooq, M. S., Riaz, S., Abid, A., Umer, T., & Zikria, Y. Bin. (2020). Role of iot technology in agriculture: A systematic literature review. *Electronics (Switzerland)*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/electronics9020319>
- Fikrilah, N. (2022). Rancang Bangun Sistem Fertigation Irigasi dan Pemupukan Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) Pada Tanaman Bayam (*Amaranthus*). universitas andalas.
- Gasch, C., & Dejong-hughes, J. (2019). *Soil Organic Matter Does Matter* (p. SF1942). North Dakota State University.
- Haafizhah, F. N., Anifah, L., Endryansyah, & Zuhrie, M. S. (2022). Rancang Bangun Sistem Perhitungan Pemakaian Daya Pada Apartemen Secara Real-Time Berbasis Arduino. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(11 Nomor 2), 314-321.
- Handajaningsih, M., Hasanudin, Saputra, H. E., Marwanto, & Yuningtyas, A. P. (2019). Modification of growing medium for container melon (*Cucumis melo* L.) production using goat manure and

dolomite. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 9(2), 441-447. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.9.2.2543>

- Handayani, T., & Irawati, T. (2022). Efisiensi Sistem Irigasi Tetes (Drip Irrigation) Pada Tanaman Melon Varietas Japonika. *Jurnal Pertanian Agros*, 24(1), 337-341.
- Hodges, B., Tagert, M. L., Paz, J. O., & Meng, Q. (2023). Assessing in-field soil moisture variability in the active root zone using granular matrix sensors. *Agricultural Water Management*, 282(June 2022), 108268. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108268>
- Jeon, Y. J., Kim, J. Y., Hwang, K. S., Cho, W. J., Kim, H. J., & Jung, D. H. (2024). Machine Learning-Powered Forecasting of Climate Conditions in Smart Greenhouse Containing Netted Melons. *Agronomy*, 14(5), 1-18. <https://doi.org/10.3390/agronomy14051070>
- K, G., & Maria John, D. P. (2024). Smart Irrigation System Using Iot. *Iarjset*, 11(6), 127-137. <https://doi.org/10.17148/iarjset.2024.11617>
- Karamina, H., Fikrinda, W., & Murti, A. T. (2018). Kompleksitas pengaruh temperatur dan kelembaban tanah terhadap nilai pH tanah di perkebunan jambu biji varietas kristal (*Psidium guajava* l.) Bumiaji, Kota Batu. *Kultivasi*, 16(3), 430-434. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v16i3.13225>
- Kumar, V., Sharma, K. V., Kedam, N., Patel, A., Kate, T. R., & Rathnayake, U. (2024). A comprehensive review on smart and sustainable agriculture using IoT technologies. *Smart Agricultural Technology*, 8(June), 100487. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100487>
- Moh. Jalik, A. W. (2021). Rancang Bangun Sistem Vertical Farming dengan Irigasi dan Pencahayaan Berbasis Internet of Things (IoT) pada Tanaman Kangkung (*Ipomoea reptans* poir).
- Muhaimin, M. Y., Rahma Annisa, A., & Montolalu, B. (2022). Rancang Bangun Smart System Green House untuk Budidaya Melon Berbasis PLC. *Journal of Technology and Informatics (JoTI)*, 4(1), 26-30. <https://doi.org/10.37802/joti.v4i1.260>
- Okasha, A. M., Deraz, N., Elmetwalli, A. H., Elsayed, S., Falah, M. W., Farooque, A. A., & Yaseen, Z. M. (2022). Effects of Irrigation Method and Water Flow Rate on Irrigation Performance , Soil Salinity , Yield , and Water Productivity of Cauliflower. *Agriculture Mdpi*, 12, 1-18.
- Sharma, S., & Shurbi, M. (2025). IOT Based Smart Irrigation and Soil Monitoring System for Precision Farming. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 13(Issue XII Dec 2025-Available at www.ijraset.com IOT), 1774-1778. <https://doi.org/https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.76095>
- Soulis, K. X., Elmaloglou, S., & Nicholas Dercas. (2015). Investigating the effects of soil moisture sensors positioning and accuracy on soil moisture based drip irrigation scheduling systems. *Agricultural Water Management*, 148, 258-268.
- Sumarsono, A. dan joko. (2015). Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, Vol.3, No. 1, Maret 2015 Rancang Bangun Alat Penyiraman Tanaman Dengan Pompa Otomatis Sistem Irigasi Tetes Pada Lahan Kering. *jurnal ilmiah rekayasa pertanian dan biosistem*, 3(1), 95-101.
- Sutomo, B., Tri Aristi, S., & Ilham Wahyu, S. *. (2025). Utilizing IoT Technology for Soil Moisture Management through Integration of pH and Moisture Sensors in an Android Application for Rice Farming. *International Journal Software Engineering and Computer Science (IJSECS)*, 5(April), 248-258.