

Monitoring Kelembaban Tanah Cabai Katokkon Toraja Berbasis Regresi Linear

The Monitoring of Soil Moisture of Toraja Katokkon Chili Plants Based on Linear Regression

Martina Pineng^{1*}, Adewidar Marano Pata'dungan², Amal Payung Tasik³, Lantana Dioren Rumpa⁴

^{1,3,4}Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia Toraja

Jln. Nusantara No.12 Makale Tana Toraja, (0423)22468/(0423)22073

²Agroteknologi Universitas Kristen Indonesia Toraja

Jln. Nusantara No.12 Makale Tana Toraja, (0423)22468/(0423)22073

martinapineng@ukitoraja.ac.id^{1*}, amalpayung@gmail.com², adewidarmarano50771@gmail.com³,
lantanadiorenrumpa@ukitoraja.ac.id⁴

Abstrak – Pertumbuhan dan produktivitas tanaman cabai Katokkon sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama kelembaban tanah. Kelembaban yang terlalu tinggi atau rendah dapat menyebabkan pertumbuhan yang terhambat bahkan kematian pada tanaman. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pemantauan kelembaban tanah dengan keakurasian yang baik. Tujuan penelitian ini adalah untuk menilai akurasi pengukuran kelembaban tanah menggunakan alat yang telah dirancang, serta mengembangkan sistem pemantauan kelembaban tanah pada lahan cabai Katokkon berbasis Internet of Things (IoT). Teknologi IoT memberikan cara yang praktis bagi pengguna, termasuk petani, untuk memantau kondisi lahan mereka secara jarak jauh tanpa harus hadir langsung, sehingga dapat menghemat waktu secara signifikan. Jenis metode dalam penelitian ini adalah metode pendekatan kuantitatif. Data yang dikumpulkan terdiri dari pembacaan kelembaban tanah yang diambil menggunakan sensor dan soil tester. Data yang diperoleh kemudian dikelompokkan berdasarkan variabel tertentu, dilanjutkan dengan pengujian dan pengukuran kesalahan menggunakan pemodelan regresi linear. Hasil pengukuran kelembaban tanah dengan alat rancangan menunjukkan tingkat akurasi yang sangat tinggi, yaitu 98,85%, dengan margin error sebesar 1,162. Tingkat akurasi yang tinggi ini menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan layak digunakan untuk mengukur kelembaban tanah pada berbagai kondisi, khususnya untuk tanaman cabai Katokkon. Dengan alat ini, petani dapat lebih mudah memantau dan mengelola kelembaban tanah, yang diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman cabai Katokkon.

Kata Kunci: Arduino, IoT, regresi linear..

Abstract – The growth and productivity of Katokkon chili plants are greatly influenced by environmental conditions, especially soil moisture. Excessively high or low moisture can hinder growth and even cause plant death. Therefore, it is important to monitor soil moisture with high accuracy. The aim of this study is to assess the accuracy of soil moisture measurements using a specially designed tool and to develop an Internet of Things (IoT)-based soil moisture monitoring system for Katokkon chili fields. IoT technology offers a practical way for users, including farmers, to remotely monitor their land conditions without the need for direct presence, thus saving significant time. The research method used in this study is a quantitative approach. The data collected consists of soil moisture readings taken using a sensor and a soil tester. The data obtained is then grouped based on certain variables, followed by error testing and measurement using linear regression modeling. The results of soil moisture measurements with the designed tool show a very high accuracy rate of 98.85%, with a margin of error of 1.162. This high accuracy indicates that the developed tool is suitable for measuring soil moisture under various conditions,

particularly for Katokkon chili plants. With this tool, farmers can more easily monitor and manage soil moisture, which is expected to improve the growth and productivity of Katokkon chili plants.

Keywords: Arduino, IoT, linear regression.

1. Pendahuluan

Tana Toraja cukup dikenal dalam kalangan masyarakat lokal maupun mancanegara sebagai daerah yang khas akan potensi pariwisata dan hasil pertaniannya [1]. Salah satu komoditas pertanian unggulannya adalah cabai dengan tingkat kepedasan tinggi yang dikenal sebagai Katokkon [2][3][4]. Namun, petani cabai Katokkon menghadapi tantangan besar, yaitu kegagalan panen yang sering kali disebabkan oleh ketidakstabilan tingkat kelembaban tanah. Kelembaban tanah [5] memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan produktivitas cabai Katokkon, tetapi pengelolaannya masih bergantung pada metode pemantauan manual. Metode ini tidak hanya menyita waktu, tetapi juga kurang efektif dalam menyediakan data yang akurat mengenai kondisi tanah, sehingga menyulitkan petani untuk mengetahui tingkat kelembaban tanah yang ideal.

Regresi linear adalah metode statistika yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara satu variabel dependen (tergantung) dan satu atau lebih variabel independen (prediktor) [6]. Dalam regresi linear sederhana, hubungan yang dianalisis adalah antara dua variabel: variabel dependen Y dan variabel independen X. Tujuan utama regresi linear adalah untuk menemukan garis lurus (persamaan linear) yang paling baik menggambarkan hubungan antara kedua variabel tersebut. Meskipun regresi linear sangat berguna, model ini mengasumsikan bahwa hubungan antar variabel adalah linear dan bahwa data tidak mengandung banyak noise atau gangguan. Oleh karena itu, analisis residual (selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual) sering digunakan untuk memeriksa apakah model regresi linear cocok dengan data. Regresi linear banyak digunakan dalam berbagai bidang, termasuk ekonomi, ilmu sosial, dan ilmu alam, untuk memprediksi tren dan memahami hubungan antar variabel [7].

Teknologi Internet of Things (IoT) [8][9][10] adalah konsep teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke jaringan internet, memungkinkan pertukaran data secara otomatis dan real-time tanpa memerlukan interaksi manusia secara langsung. Teknologi ini melibatkan penggunaan sensor, perangkat keras, perangkat lunak, dan jaringan komunikasi untuk memantau, mengontrol, serta mengintegrasikan berbagai fungsi dalam satu ekosistem [11]. Dalam bidang pertanian, IoT memungkinkan petani untuk memantau kondisi lingkungan seperti kelembaban tanah, suhu, dan kualitas udara melalui perangkat yang terhubung, memberikan data yang akurat dan mudah diakses kapan saja [12] [13]. Kemampuan IoT untuk menganalisis data secara cepat dan menyediakan wawasan berbasis data membantu pengambilan keputusan yang lebih efisien dan mendukung optimalisasi sumber daya. Dengan potensi ini, IoT telah menjadi alat penting dalam mendukung keberlanjutan, efisiensi, dan produktivitas di berbagai sektor, termasuk pertanian, manufaktur, dan kesehatan.

Sebelum penerapan teknologi berbasis Internet of Things (IoT), petani cabai Katokkon umumnya mengandalkan cara-cara konvensional untuk memantau kondisi tanah, seperti memperhatikan tanda-tanda visual pada tanaman atau menyentuh tanah secara langsung. Akibatnya, metode manual sering kali memerlukan kehadiran petani di lokasi lahan, yang mengakibatkan pemborosan waktu dan tenaga, terutama jika lahan yang dikelola luas atau terletak di lokasi yang sulit dijangkau. Masalah ini semakin kompleks ketika perubahan kondisi cuaca yang tidak terduga turut memengaruhi tingkat kelembaban tanah, sementara petani tidak memiliki data yang cukup untuk merespons secara tepat waktu.

Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian, teknologi berbasis IoT telah menjadi solusi kunci untuk memantau kondisi lingkungan pertanian secara *real-time* [5][6][7][8]. IoT memungkinkan pengumpulan data yang akurat dan menjadikan berbagai informasi dapat dipantau kapan dan di mana saja, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik [11].

Tujuan utama penelitian ini adalah: (1) mengukur tingkat akurasi alat dalam membaca kelembaban tanah, sehingga data yang dihasilkan dapat diandalkan untuk mendukung keputusan

agronomi, dan (2) merancang alat monitoring kelembaban tanah yang tidak hanya akurat tetapi juga mudah dioperasikan dan ekonomis. Dengan alat ini, diharapkan para petani bisa memonitoring kondisi lahan yaitu kelembaban tanah secara real-time dan dapat mengambil tindakan yang tepat untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi cabai Katokkon [9][10].

Melalui pendekatan ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam mendukung keberlanjutan dan efisiensi sektor pertanian, khususnya pada komoditas lokal yang bernilai ekonomi tinggi seperti cabai Katokkon khususnya di daerah Toraja.

2. Metode Penelitian

Untuk menyelesaikan penelitian ini, digunakan metode penelitian kuantitatif [14] dengan pendekatan penelitian yang berfokus pada pengumpulan dan analisis data serta interpretasi data dalam bentuk angka. Metode ini digunakan untuk mengukur variabel-variabel tertentu secara objektif, sistematis, dan terstruktur, dengan tujuan menghasilkan generalisasi atau kesimpulan yang dapat diuji [15]. Penelitian ini dirancang untuk mengukur dan menganalisis tingkat kelembaban tanah dengan memanfaatkan alat dan perangkat yang dirancang khusus. Berbagai perangkat utama dalam penelitian ini diantaranya *Arduino Uno*, *NodeMCU*, *relay*, *soil tester*, *capacitive soil moisture sensor*, pompa air, serta perangkat lunak *Arduino IDE*. Setiap bagian memiliki peran khusus yang mendukung proses pengumpulan dan pengolahan data dengan efisien. Contohnya, *Arduino Uno* dan *NodeMCU* berfungsi untuk memproses informasi yang diterima dari sensor, sedangkan *soil tester* dan sensor kelembaban tanah kapasitif bertanggung jawab untuk mengukur tingkat kelembaban tanah dengan tingkat akurasi yang diinginkan. Perangkat lunak *Arduino IDE* digunakan untuk merancang serta mengintegrasikan algoritma yang relevan.

Variabel bebas dan variabel terikat tidak lepas dari penelitian ini. Variabel bebas diartikan sebagai tingkat kelembaban tanah yang diukur dengan menggunakan alat yang dirancang khusus dalam penelitian ini. Alat ini dirancang untuk memberikan pembacaan kelembaban tanah yang presisi berdasarkan data yang diperoleh dari sensor kelembaban kapasitif. Sementara itu, variabel terikatnya adalah tingkat kelembaban tanah yang diukur menggunakan alat ukur standar yang sudah tersedia di pasaran. Penggunaan kedua jenis variabel ini bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran alat rancangan dengan alat ukur konvensional, sehingga dapat diketahui sejauh mana alat rancangan memiliki tingkat akurasi dan keandalan yang memadai. Pendekatan ini akan memberikan kontribusi signifikan khususnya bagi pengembangan teknologi monitoring kelembaban tanah yang efisien dan terjangkau. Selain itu, hasil dari penelitian ini juga dapat memberikan wawasan yang lebih jelas mengenai efektivitas sistem otomatisasi dalam pengelolaan irigasi berbasis data kelembaban tanah, yang memiliki potensi untuk diterapkan di berbagai sektor pertanian modern.

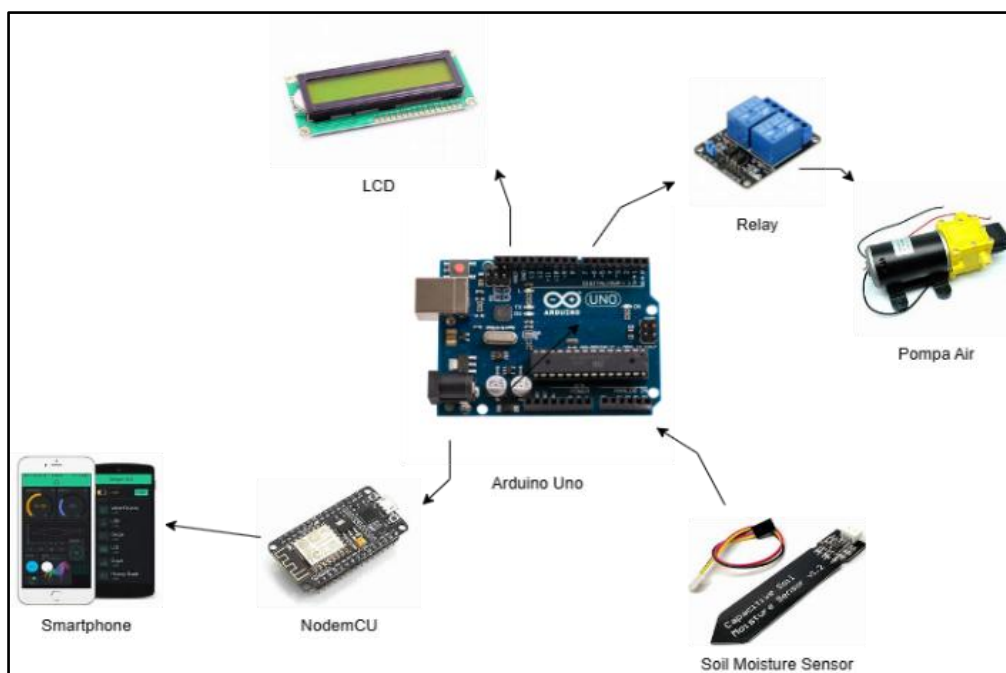
2.1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan alat ini dimulai dengan proses perakitan komponen-komponen perangkat keras yang dirancang untuk bekerja secara terintegrasi. Perangkat keras yang digunakan terdiri dari berbagai komponen utama, yaitu *Arduino Uno*, *NodeMCU*, *relay*, sensor kelembaban tanah, LCD, pompa air, dan *smartphone*. Masing-masing komponen memiliki peran spesifik dalam sistem. *Arduino Uno* digunakan sebagai pengendali utama yang mengelola proses kerja alat berdasarkan data input yang diterima. Sensor kelembaban tanah bertugas membaca tingkat kelembaban tanah sebagai data masukan utama. *Relay* berfungsi sebagai saklar otomatis yang mengontrol aliran listrik ke pompa air. *NodeMCU* digunakan untuk mengirimkan data secara nirkabel ke aplikasi *Blynk IoT*, sehingga memungkinkan pemantauan alat secara *real-time*.

LCD ditambahkan untuk menampilkan data kelembaban tanah secara langsung pada perangkat, sehingga pengguna dapat memantau informasi tanpa memerlukan aplikasi tambahan. Selain itu, pompa air digunakan untuk mengalirkan air ke tanah berdasarkan kondisi kelembaban yang terdeteksi oleh sensor. *Smartphone* berfungsi sebagai alat monitoring dan pengendali jarak

jauh, memanfaatkan aplikasi IoT untuk memberikan kenyamanan dan fleksibilitas kepada pengguna dalam memantau serta mengontrol alat dari lokasi manapun.

Semua komponen ini dirangkai berdasarkan skema rangkaian yang telah dirancang secara sistematis. Skema tersebut mencakup hubungan antar-komponen, pengaturan kabel, serta alur kerja data dan daya untuk memastikan alat dapat berfungsi dengan baik. Skema ini menjadi acuan utama dalam proses perakitan dan pengujian. Untuk penjelasan lebih rinci, skema rangkaian komponen yang digunakan terlihat pada Gambar 1. Rangkaian ini dirancang dengan tujuan memastikan alat berfungsi secara optimal, baik dalam proses pengumpulan data, pengolahan informasi, maupun pengendalian sistem, sehingga perangkat ini dapat bekerja dengan efisien dan efektif sesuai fungsinya.



Gambar 1. Rancangan alat

2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Selain perangkat keras, juga dibutuhkan perangkat lunak sebagai sistem untuk menjalankan hasil rancangan.

2.2.1 Arduino Uno

Pemrograman sistem ini dimulai dengan mengimpor library LCD I2C dan mengonfigurasi pin-pin yang diperlukan, termasuk pin untuk LCD, relay, dan sensor kelembaban tanah. Tahap ini krusial untuk memastikan bahwa semua komponen perangkat keras dapat berfungsi dengan baik melalui kode yang telah disusun. Saat sistem pertama kali diaktifkan, LCD akan menampilkan pesan awal yang mengindikasikan bahwa sistem sudah siap digunakan. Pemrograman dibuat dalam format perulangan yang berjalan terus-menerus selama sistem beroperasi. Perulangan ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu pembacaan data kelembaban tanah dan pengambilan keputusan berdasarkan data yang diperoleh.

Data kelembaban tanah diperoleh melalui sensor kelembaban tanah kapasitif, yang mengukur kadar kelembaban tanah secara langsung dan real-time. Hasil pembacaan ini ditampilkan pada layar LCD dalam bentuk nilai numerik dan kategori kondisi. Kondisi tanah diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama: jika nilai kelembaban berkisar antara 0-40%, tanah dikategorikan kering; jika nilainya antara 41-60%, tanah dianggap lembap; dan jika nilainya 61-

100%, tanah dinyatakan basah. Kategori ini membantu sistem dalam menentukan apakah penyiraman perlu dilakukan atau tidak.

Pada tahap pengambilan keputusan, jika nilai kelembapan tanah berada di bawah 41% (kategori kering), Arduino akan mengirimkan perintah ke relay untuk menghantarkan arus listrik ke pompa air. Hal ini menyebabkan pompa air bekerja, sehingga tanah mendapatkan penyiraman yang dibutuhkan. Sebaliknya, jika nilai kelembapan tanah menunjukkan lebih dari 70% (kategori basah), Arduino akan memutuskan untuk menghentikan aliran listrik ke relay, sehingga pompa air tidak beroperasi. Mekanisme ini dirancang untuk mengoptimalkan penggunaan air secara efisien, hanya melakukan penyiraman saat tanah benar-benar membutuhkannya. Dengan demikian, sistem ini mendukung pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan sambil memastikan tanaman mendapatkan kadar kelembapan yang optimal.

2.2.2 NodemCu

Pemrograman sistem dimulai dengan memasukkan beberapa library utama, yaitu ESP8266WiFi, SoftwareSerial, dan BlynkSimpleEsp8266. Library ESP8266WiFi digunakan untuk menghubungkan module ESP8266 ke jaringan Wi-Fi, sedangkan SoftwareSerial memungkinkan komunikasi serial dengan Arduino Uno melalui pin serial default. Library BlynkSimpleEsp8266 adalah library khusus yang berfungsi mengintegrasikan ESP8266 dengan platform Blynk, yang digunakan untuk pemantauan data berbasis Internet of Things (IoT). Pada tahap setup, sistem memulai proses inisialisasi dengan mengaktifkan komunikasi serial antara Arduino dan ESP8266. Selain itu, sistem juga melakukan koneksi ke Blynk menggunakan kredensial jaringan Wi-Fi yang telah ditentukan. Proses ini memastikan bahwa perangkat dapat terhubung dengan *platform* Blynk, memungkinkan pengiriman dan penerimaan data secara langsung dan real-time.

Setelah *setup* selesai, sistem masuk ke loop utama yang terus berjalan selama perangkat dihidupkan. Dalam loop ini, Blynk dijalankan untuk menjaga koneksi tetap aktif, serta memeriksa ketersediaan data dari komunikasi serial. Jika data ditemukan, sistem akan membaca dan memprosesnya. Khusus untuk data kelembapan tanah, langkah pertama yang dilakukan adalah menghapus prefix pada data tersebut. Setelah itu, data diubah menjadi tipe integer agar dapat diolah lebih lanjut. Data yang telah diproses kemudian dikirimkan ke *platform* Blynk untuk pemantauan, serta ditampilkan melalui serial monitor untuk kebutuhan *debugging* dan pengujian. Mekanisme ini memungkinkan sistem bekerja secara otomatis dalam memantau kelembapan tanah dengan koneksi IoT yang andal.

2.3. Metode Pengambilan Data dan Analisa Data

Data diperoleh dari pembacaan sensor yang mengukur kelembapan tanah, kemudian nilai yang diperoleh dari sensor dibandingkan dengan data referensi yang diukur menggunakan instrumen pengukur untuk menguji keakuratan alat. Pengambilan data untuk memantau kondisi tanaman cabai dilakukan antara pukul 07.00 hingga 17.30 setiap harinya.

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, pengujian dan pengukuran tingkat kesalahan antara nilai yang diperoleh dari sensor dan nilai yang diperoleh dari alat ukur instrumen dilakukan dengan menggunakan pemodelan regresi linear. Pengujian ini meliputi uji normalitas data, uji korelasi, uji regresi linear, dan uji koefisien determinasi. Tujuan mengadakan uji normalitas adalah untuk memastikan bahwa data kelembapan yang diukur oleh alat rancangan dan alat terstandarisasi memenuhi asumsi regresi linear, yakni data harus terdistribusi normal. Dalam interpretasi uji normalitas, jika nilai signifikansi (sig.) lebih dari 0,05 menunjukkan kalau data terdistribusi normal[16]. Selanjutnya uji normalitas dilakukan dengan program komputer IBM SPSS 29.0. Uji korelasi data bertujuan untuk mengidentifikasi apakah terdapat hubungan linear antara data kelembapan tanah yang diukur oleh alat rancangan dan data kelembapan tanah yang diukur oleh alat terstandarisasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil perancangan alat yang dirakit diletakkan dalam sebuah box khusus untuk memberikan kemudahan dan kepraktisan bagi pengguna. Box ini dirancang dari bahan plastik berkualitas yang tahan lama, dengan ukuran panjang 10 cm, lebar 5 cm, dan tinggi 17 cm. Desain ini memastikan perangkat dapat digunakan dengan nyaman serta mudah dipindahkan atau ditempatkan sesuai kebutuhan.

Untuk mengamati hasil pengukuran, maka box dilengkapi dengan layar LCD yang menampilkan kondisi kelembaban tanah secara real-time, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau tingkat kelembaban tanah. Selain itu, terdapat juga sebuah digital voltmeter yang memiliki peran penting dalam mengukur tegangan dan arus listrik yang digunakan oleh Arduino Uno, sebagai komponen utama pengendali sistem. Dengan keberadaan layar LCD dan voltmeter ini, pengguna dapat memantau performa alat secara efisien, termasuk mengetahui kondisi tanah yang membutuhkan penyiraman atau memastikan bahwa sistem beroperasi dengan baik. Semua informasi yang ditampilkan di layar dapat membantu dalam pengambilan keputusan terkait kebutuhan penyiraman tanaman.

Alat sistem penyiraman otomatis ini dirancang untuk memberikan solusi praktis dalam manajemen irigasi. Gambar hasil akhir alat ini dapat dilihat pada Gambar 2. Dengan desain yang kompak dan fungsional, alat ini diharapkan mampu mendukung efisiensi dalam perawatan tanaman, terutama bagi pengguna yang menginginkan teknologi modern untuk mempermudah aktivitas sehari-hari dalam berkebun.



Gambar 2. Implementasi alat.

Pengumpulan data kelembaban tanah dilakukan menggunakan aplikasi Blynk IoT dan alat *soil tester* dengan interval setiap 30 menit, dimulai pukul 07.00 hingga 17.30. Metode ini memungkinkan pemantauan kondisi tanah secara *real-time* dan terperinci. Data yang diperoleh selama periode tersebut menunjukkan variasi tingkat kelembaban tanah, yang kemudian dirangkum dalam Tabel 1. Informasi ini menjadi acuan penting untuk menentukan kebutuhan penyiraman tanaman secara efisien.

Tabel 1. Hasil pengukuran kelembaban tanah

Waktu	Capacitive Soil Moisture Sensor (%)	Soil Tester (%)
7.00	54	53
7.30	93	94
8.00	92	94
8.30	91	92
9.00	91	90
9.30	90	89
10.00	89	90
10.30	89	91
11.00	88	87
11.30	86	87
12.00	84	83
12.30	82	82
13.00	80	80
13.30	78	79
14.00	76	76
14.30	74	74
15.00	73	75
15.30	72	71
16.00	70	71
16.30	69	70
17.00	68	66
17.30	66	67

Pada pukul 07.00, pembacaan sensor menunjukkan kelembaban sebesar 54%, yang menyebabkan pompa air otomatis menyala untuk menyirami tanaman. Setelah penyiraman, tingkat kelembaban tercatat mencapai 95%. Tiga puluh menit kemudian, sensor kelembaban tanah membaca 93%, sementara *soil tester* menunjukkan nilai 94%. Seiring berjalannya waktu, nilai kelembaban mulai menurun, dan pada pukul 13.30, sensor kelembaban menunjukkan 78%, sedangkan *soil tester* mencatat 79%. Pada pukul 17.30, kelembaban tercatat sebesar 66% pada sensor kelembaban kapasitif dan 67% pada *soil tester*.

Selanjutnya diadakan uji normalitas untuk melihat apakah data populasi terdistribusi secara normal atau tidak. Hasil yang didapatkan menunjukkan nilai signifikansi (*sig.*) > 0,05 yang menandakan bahwa data terdistribusi normal. Adapun hasil uji normalitas ditunjukkan pada Gambar 3.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Sensor	.146	22	.200*	.927	22	.108
Soil	.148	22	.200*	.938	22	.182

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 3. Hasil uji normalitas data.

Mengacu pada pada hasil uji didapatkan nilai normalitas untuk variabel X (kelembaban yang diukur dengan alat rancangan) yaitu 0,108. Nilai ini menunjukkan kalau normalitas variabel X lebih dari 0,05 atau dengan kata lain bahwa data terdistribusi normal. Selain itu, nilai normalitas variabel Y (kelembaban yang diukur dengan alat terstandarisasi) sebesar 0,182, yang berarti bahwa normalitas variabel Y lebih dari 0,05 yang menandakan berdistribusi normal.

Pengujian korelasi dilakukan untuk mengidentifikasi sejauh mana hubungan antara variabel-variabel yang diukur dengan koefisien korelasinya. Dalam penelitian ini, hasil perhitungan uji korelasi menggunakan SPSS ditampilkan pada Gambar 4.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.995 ^a	.989	.989	1.16205

a. Predictors: (Constant), Sensor

Gambar4. Hasil uji korelasi data.

Mengacu pada hasil pengujian di atas, didapatkan nilai korelasi sebesar 0,995. Hal ini menandakan bahwa antara variabel X (kelembaban yang diukur dengan alat rancangan) dan variabel Y (kelembaban yang diukur dengan alat terstandarisasi) terdapat hubungan yang kuat. Dengan demikian, kelembaban yang diukur dengan alat rancangan memiliki hubungan positif dengan kelembaban yang diukur menggunakan alat terstandarisasi.

Regresi linear bertujuan untuk memperoleh persamaan yang menunjukkan hubungan antara data kelembaban tanah yang diukur dengan alat rancangan dan alat terstandarisasi. Pengujian regresi linear dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS 29.0 *Statistic for Windows* seperti pada Gambar 5.

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2455.947	1	2455.947	1818.743	<.001 ^b
	Residual	27.007	20	1.350		
	Total	2482.955	21			

a. Dependent Variable: Soil
b. Predictors: (Constant), Sensor

Gambar 5. Hasil uji Anova

Pada Gambar 5, menunjukkan ada pengaruh antara variabel kelembaban yang diukur oleh alat rancangan (X) terhadap variabel kelembaban yang diukur oleh alat terstandarisasi (Y). hasil uji juga memperlihatkan bahwa nilai F sebesar 1818,743 dengan nilai signifikan probabilitas kurang dari 0,05 yaitu 0,01. Dengan demikian maka model regresi dapat dipakai untuk memprediksi variabel Y. Dalam penelitian ini, persamaan regresi yang digunakan seperti pada persamaan (1) berikut ini.

$$Y = a + bx \quad (1)$$

Dimana:

x = Kelembaban yang diukur oleh alat rancangan

Y = Kelembaban yang diukur oleh alat terstandarisasi

Berdasarkan persamaan di atas, maka pada Gambar 6 ditampilkan hasil perhitungan persamaan regresi linear sebagai berikut :

$$Y = -1,647 + 1,024 x \quad (2)$$

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1.647	1.932		-.853	.404
	Sensor	1.024	.024	.995	42.647	<.001

a. Dependent Variable: Soil

Gambar 6. Hasil uji koefisien

Hubungan linear antara variabel X (kelembaban yang diukur oleh alat rancangan) dan variabel Y (kelembaban yang diukur oleh alat terstandarisasi) dianalisis dengan menghitung koefisien determinasi (*R square*), yang berfungsi untuk mengukur sejauh mana variabel independen (kelembaban dari alat rancangan) mampu menjelaskan variabel dependen (kelembaban dari alat terstandarisasi). Nilai *R square* yang diperoleh berdasarkan Gambar 7 memberikan gambaran tingkat hubungan antara kedua variabel serta menunjukkan efektivitas alat rancangan dalam mengukur kelembaban dibandingkan dengan alat yang telah terstandarisasi.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.995 ^a	.989	.989	1.162

a. Predictors: (Constant), Sensor

Gambar 7. Hasil uji determinasi

Dari hasil *Model Summary* didapatkan nilai R square sebesar 0,989 atau 98,9%. Hal ini menandakan bahwa dengan model regresi, dimana variabel independen memiliki pengaruh terhadap variabel dependen sebesar 98,9%. Berdasarkan hasil persamaan regresi linear (1) dengan persamaan didapatkan bahwa hasil nilai koefisien determinasi (R^2) adalah 0,989. Hal ini menunjukkan bahwa nilai R^2 mendekati 1 yang menunjukkan bahwa hubungan linear antara data kelembaban yang diukur oleh alat rancangan dan kelembaban yang diukur oleh alat terstandarisasi atau dengan kata lain bahwa alat ukur rancangan akurat. Nilai b dalam persamaan regresi linear bernilai positif yang artinya terdapat hubungan positif antara data kelembaban tanah yang diukur oleh alat rancangan dan alat ukur terstandarisasi.

4. Kesimpulan

Hasil pengukuran kelembaban tanah menggunakan *Capacitive Soil Moisture Sensor* menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, yaitu mencapai 98,85%. Data ini mengindikasikan bahwa sensor mampu memberikan hasil pengukuran yang mendekati nilai sebenarnya dengan tingkat error yang sangat kecil, yaitu hanya sebesar 1,162%. Tingkat akurasi yang tinggi ini membuktikan bahwa sensor tersebut sangat andal untuk digunakan dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan data kelembaban tanah yang presisi.

Keandalan sensor ini membuatnya sangat cocok digunakan dalam kegiatan pertanian, termasuk untuk tanaman tertentu seperti cabai Katokkon. Dengan kemampuan mengukur kelembaban tanah secara akurat, petani dapat mengoptimalkan penyiraman berdasarkan kebutuhan tanaman, sehingga mendukung efisiensi penggunaan air serta meningkatkan hasil panen. Selain itu, penelitian ini juga berhasil mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk memonitoring kondisi tanah dari jarak jauh. Aplikasi IoT ini memberikan kemudahan bagi petani, memungkinkan mereka untuk memantau data kelembaban tanah melalui perangkat seluler secara real-time tanpa perlu berada di lokasi.

Kemampuan sistem ini dalam menggabungkan sensor yang akurat dengan teknologi IoT menjadikannya solusi praktis dan efisien untuk mendukung pertanian modern. Dengan teknologi

ini, para petani tidak hanya mendapatkan data yang akurat tetapi juga kemudahan dalam mengontrol kondisi lahan, meningkatkan produktivitas, dan mengurangi beban kerja secara signifikan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada tim peneliti dan pihak Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UKI Toraja yang telah banyak memberikan masukan serta dukungan dalam penyelesaian penelitian ini.

Referensi

- [1] BPS, “Tana Toraja Dalam Angka Tahun 2023,” 2023, [Online]. Available: <https://tatorkab.bps.go.id/publikasi.html>.
- [2] Aylee Christine Alamsyah Sheyoputri, “Opportunities and Challenges for Katokkon Chili (*Capsicum chinense*. Jacq) Agribusiness as a Highland Endemic Crop: Lessons Learned from Indonesia,” *J. Econ. Financ. Account. Stud.*, vol. 6, no. 4, pp. 37–45, 2024, doi: 10.32996/jefas.2024.6.4.5.
- [3] R. Sjahril, M. Riadi, I. Ridwan, Kasmianti, I. Suryani, and A. R. Trisnawaty, “Kinship of katokkon chili (*Capsicum chinense* Jacq.) in Tana Toraja and North Toraja Regencies,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 486, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/486/1/012101.
- [4] Kaimuddin *et al.*, “Growth and production of indigenous Katokkon chilies of Toraja (*Capsicum chinense* jacq) in various organic Tithonia compost compositions,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 870, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/870/1/012045.
- [5] A. Ghofur, “Expert Sistem Mendeteksi Hama Pada Tanaman Cabai Menggunakan Metode Certainty Factor,” *NJCA (Nusantara J. Comput. Its Appl.)*, vol. 4, no. 2, p. 127, 2019, doi: 10.36564/njca.v4i2.165.
- [6] I. Amansyah, J. Indra, E. Nurlaelasari, and A. R. Juwita, “Prediksi Penjualan Kendaraan Menggunakan Regresi Linear : Studi Kasus pada Industri Otomotif di Indonesia,” vol. 4, pp. 1199–1216, 2024, [Online]. Available: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative%0APrediksi>.
- [7] D. Maulud and A. M. Abdulazeez, “A Review on Linear Regression Comprehensive in Machine Learning,” *J. Appl. Sci. Technol. Trends*, vol. 1, no. 2, pp. 140–147, 2020, doi: 10.38094/jastt1457.
- [8] J. Y. Khan, “Introduction to IoT Systems,” *Internet of Things (IoT)*, no. January, pp. 1–24, 2019, doi: 10.1201/9780429399084-1.
- [9] K. Gulati, R. S. Kumar Boddu, D. Kapila, S. L. Bangare, N. Chandnani, and G. Saravanan, “A review paper on wireless sensor network techniques in Internet of Things (IoT),” *Mater. Today Proc.*, vol. 51, no. xxxx, pp. 161–165, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.05.067.
- [10] S. Chaudhary, K. Gupta, R. Johari, A. Bhatnagar, and R. Bhatia, “‘CRAIoT: Concept, Review and Application(s) of IoT,’ 2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU),” *2019 4th Int. Conf. Internet Things Smart Innov. Usages*, pp. 1–4, 2019.
- [11] H. Muthukrishnan, A. Jeevanantham, B. Sunita, S. Najeerabanu, and V. Yasuvanth, “Performance Analysis of Wi-Fi and LoRa Technology and its Implementation in Farm Monitoring System,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1055, no. 1, p. 012051, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1055/1/012051.
- [12] M. S. Farooq, S. Riaz, A. Abid, K. Abid, and M. A. Naeem, “A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 156237–156271, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2949703.
- [13] A. K. Singh, K. Verma, and M. Raj, “IoT based Smart Agriculture System,” *2021 5th Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Networks, ISCON 2021*, pp. 2018–2021, 2021, doi: 10.1109/ISCON52037.2021.9702478.

- [14] Feny Rita Fiantika et all, *Metodologi Penelitian Kualitatif*. In *Metodologi Penelitian Kualitatif*, no. Maret. 2022.
- [15] D. S. Charismana, H. Retnawati, and H. N. S. Dhewantoro, “Motivasi Belajar Dan Prestasi Belajar Pada Mata Pelajaran Ppkn Di Indonesia: Kajian Analisis Meta,” *Bhineka Tunggal Ika Kaji. Teor. dan Prakt. Pendidik. PKn*, vol. 9, no. 2, pp. 99–113, 2022, doi: 10.36706/jbti.v9i2.18333.
- [16] S. G. Kwak and S. H. Park, “Normality Test in Clinical Research,” *J. Rheum. Dis.*, vol. 26, no. 1, pp. 5–11, 2019, doi: 10.4078/jrd.2019.26.1.5.