

## **Smart Farming - Merancang Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Kelembapan Tanah Dan Waktu Menggunakan Mikrokontroler Esp32**

<sup>1)</sup> M. Izat Raesyafudin Stiawan, <sup>2)</sup> Zainul Arifin Imam Supardi

<sup>1)</sup> Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: Mstiawan.19049@mhs.unesa.ac.id

<sup>2)</sup> Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: zainularifin@unesa.ac.id

### **Abstrak**

Cabai dianggap begitu penting di Indonesia karena cabai merupakan salah satu dari berbagai jenis komoditas hortikultura yang memiliki nilai permintaan tinggi. Dalam membudidaya cabai dibutuhkan penyiraman air yang teratur untuk menjaga kandungan air dalam tanah cukup. Masih banyak petani cabai yang menyiram tanaman secara manual sehingga alat ini dibuat untuk membantu para petani agar dapat melakukan penyiraman dengan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sistem penyiram tanaman berbasis kelembapan tanah dan waktu secara otomatis menggunakan ESP32 dan menganalisis efisiensi kinerja alat penyiram tanaman secara otomatis. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian berupa kuantitatif dalam bentuk eksperimen dikarenakan dalam penelitian ini melibatkan adanya manipulasi terhadap variabel kontrol. Hasil menunjukkan bahwa: 1) penelitian ini menghasilkan desain perangkat keras yang terdiri dari (1) ESP32, (2) Soil moisture sensor, (3) Relay KF-301, (3) Water Pump DC 12V, (4) Modul LM2596, (5) DC Socket. Hasil pengujian sistem kerja alat, didapatkan hasil pengaruh tingkat kelembapan tanah terhadap lama waktu penyiraman sebesar 80,7%. Sisanya merupakan faktor lainnya yang juga turut mempengaruhi lama penyiraman waktu selain kelembapan tanah adalah jenis tanaman, kondisi tanah, iklim dan cuaca sekitar, dan jenis pupuk yang digunakan pada tanaman.

**Kata Kunci:** Alat Penyiram, Kelembapan Tanah, Waktu, Otomatis, Berbasis ESP32

### **Abstract**

*Chili peppers are considered very important in Indonesia because they are one of the horticultural commodities with high demand. In cultivating chili peppers, regular watering is needed to maintain sufficient soil moisture. Many chili pepper farmers still water their plants manually, so this tool was created to help farmers water their plants more efficiently. This research aims to design and create an automatic plant watering system based on soil moisture and time using ESP32 and to analyze the efficiency of the automatic watering system. This research employs a quantitative approach in the form of an experiment, as it involves manipulating control variables. The results show that: 1) this research produced a hardware design consisting of (1) ESP32, (2) Soil moisture sensor, (3) Relay KF-301, (4) Water Pump DC 12V, (5) LM2596 module, (6) DC socket. The testing results of the system's operation showed that soil moisture levels affected the watering duration by 80.7%. The remaining factors that also influence watering duration, aside from soil moisture, include the type of plant, soil condition, climate and weather, and the type of fertilizer used on the plants.*

**Keywords:** Watering Device, Soil Moisture, Time, Automatic, ESP32-Based.

## I. PENDAHULUAN

Data dari Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan menunjukkan bahwa selama kejadian El Niño yang kuat pada tahun 1997 dan 2015, luas lahan padi yang terkena kekeringan masing-masing mencapai 513 ribu hektar dan 597 ribu hektar. Sementara itu, pada kejadian El Niño dengan intensitas lemah hingga sedang pada tahun 1991, 1994, dan 2003, luas lahan yang terkena kekeringan berturut-turut adalah 870 ribu hektar, 539 ribu hektar, dan 538 ribu hektar (Surmaini et al. 2016). Penelitian Rais, dkk. (2023) menjelaskan bahwa salah satu penyebab kekurangsuburan pada tanaman adalah petani yang masih menggunakan sistem penyiraman secara manual sehingga kurang efisien untuk tanaman. Didukung oleh hasil survei yang dilakukan oleh Anggriawan, dkk. (2019), yaitu penyebab tanaman layu dan mati di asrama Universitas Telkom adalah kurangnya penyiraman secara rutin dan 80% pegawai di asrama tersebut menyetujui bahwa dibutuhkan penyiraman otomatis berbasis android. Penyiraman secara manual memang membutuhkan waktu yang lebih lama dan dapat mengakibatkan ketidakmerataan penyiraman pada tanah, selain itu penyiraman manual juga dapat menyebabkan kelebihan air yang merusak tanaman (Annisa, T. R., 2024). Oleh karena itu, dibutuhkan penyiram air secara otomatis untuk mempermudah pengontrolan dalam mencegah tanah terlalu banyak air dan atau tanah mengalami kekeringan.

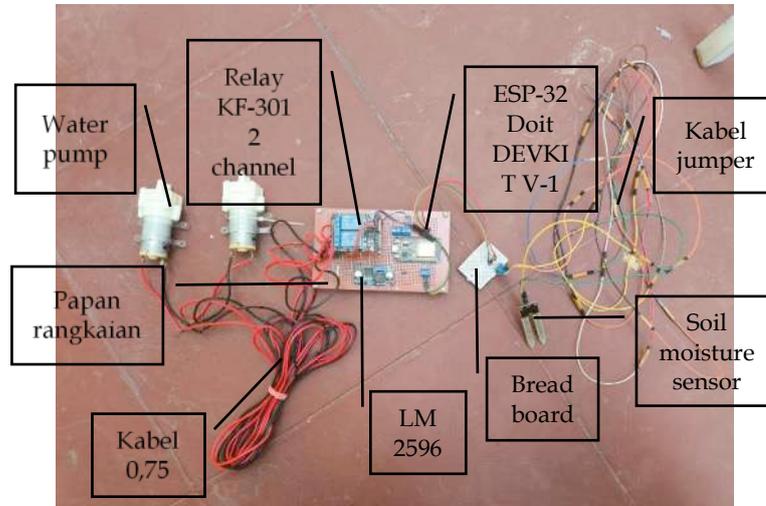
Kelembapan tanah merupakan faktor penting dari pertanian. Tanah yang kurang lembap dapat menyebabkan beberapa dampak negatif terhadap tanaman, diantaranya adalah yang pertama kekeringan tanah dapat menyebabkan penurunan kadar bahan organik dan unsur hara dalam tanah. Ini membuat tanah menjadi lebih rapuh dan mudah tererosi oleh air hujan dan aliran permukaan (Injilina, Widiastuti, & Riyono, 2020). Yang kedua adalah kekurangan air menghambat proses fotosintesis dan penyerapan nutrisi oleh tanaman. Akibatnya, pertumbuhan tanaman terganggu dan produksi berkurang (Cahyaningprastiwi, dkk., 2021). Yang ketiga adalah tanah kering cenderung mengalami pengerutan dan retakan, yang dapat merusak struktur tanah dan mengurangi infiltrasi air (Sofyan, Whajunie, & Hidayat, 2017). Terakhir adalah tanah yang kurang lembap lebih rentan terhadap erosi oleh air dan angin. Erosi dapat menghilangkan lapisan tanah subur dan mengurangi kesuburan (Injilina, Widiastuti, & Riyono, 2020).

Dalam membudidaya tanaman hortikultural dibutuhkan penyiraman air yang teratur untuk menjaga kandungan air dalam tanah cukup (Subambhi, dkk., 2020). Banyak petani cabai yang menyiram tanaman dan melakukan penyemprotan hama secara manual. Penyiraman dan penyemprotan otomatis dinilai lebih efektif dari pada sistem manual karena beberapa alasan seperti: (1) Alat penyiraman otomatis dapat menghemat waktu dan tenaga bagi pemilik tanaman (Mardiana, dkk., 2020); (2) Dapat menjaga efisiensi penggunaan air karena air hanya digunakan ketika dibutuhkan sehingga dapat membantu menghindari pemborosan air; (3) Dengan menggunakan sensor tanah yang tepat, alat penyiraman otomatis dapat menyediakan jumlah air yang tepat sesuai dengan kebutuhan tanaman. Hal ini membantu mencegah kekurangan atau kelebihan air yang dapat merusak tanaman; (4) Terakhir, dengan alat penyiraman otomatis, tanaman akan mendapatkan air secara konsisten dan teratur. Ini membantu menciptakan lingkungan yang lebih stabil untuk pertumbuhan tanaman. Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan oleh peneliti sebelumnya, maka dari itu peneliti merancang dan membuat sebuah alat yang dapat membantu dan memudahkan dalam penyiraman yang dapat dilakukan secara otomatis dan terjadwal.

Alat penyiraman dan penyemprotan otomatis tanaman hortikultural yang dirancang oleh peneliti terdiri dari beberapa komponen, seperti ESP32 microcontroller, soil moisture sensor, relay, motor pump, LM2596 dan DC SOCKET. ESP32 microcontroller dalam alat ini berfungsi sebagai jaringan Wi-Fi mandiri yang menjadi penghubung dari mikrokontroler yang ada ke jaringan WiFi. ESP32 menggunakan prosesor dual core yang berjalan di instruksi Xtensa LX16 (Kusumah, dkk., 2019). Soil moisture sensor dalam alat ini berfungsi sebagai media yang menjadi penghantar tegangan analog berupa listrik yang diubah dari analog menjadi digital untuk diproses oleh sistem yang akan dirancang (Fuadi, dkk., 2020). Modul relay dalam perangkat ini berfungsi untuk mengendalikan beban arus bolak-balik (AC) melalui rangkaian kontrol yang menggunakan arus searah (DC). Modul ini memungkinkan kontrol beban AC meskipun tegangan pada beban dan tegangan dalam rangkaian kontrol berbeda. Dengan kata lain, relay bertindak sebagai jembatan yang memisahkan dua sistem dengan tegangan berbeda, sehingga memungkinkan pengendalian beban AC menggunakan sinyal DC. (Pratika, dkk., 2021). Pompa air yang digunakan dalam alat ini adalah Mini Submersible Water Pump menggunakan motor DC brushless yang bekerja dengan tegangan DC 5V 120L/jam. Fungsi dari alat ini adalah memompa dan mengalirkan air dari sumber air menuju tanaman cabai (Ulum, dkk., 2022). Modul LM2596 dalam perangkat ini berfungsi untuk mengatur voltase dengan menyesuaikan fluktuasi tegangan arus AC-DC. Dengan adanya modul LM2596, alat ini dapat tetap berfungsi dengan baik meskipun terjadi masalah

pada sistem kelistrikan rumah atau bangunan. (Lubis, 2022). Terakhir adalah DC Socket, DC Socket berfungsi mirip dengan stop kontak yang dipasang di dinding, yaitu untuk mengalirkan arus listrik ke perangkat. (Gunawan, G., dkk., 2020).

Perbedaan alat ini dengan alat penyiraman otomatis lainnya adalah pada alat ini digabungkan penyiraman air pada tanaman berbasis kelembapan tanah dan waktu secara otomatis sehingga alat ini lebih efisien dan praktis untuk digunakan di lapangan.

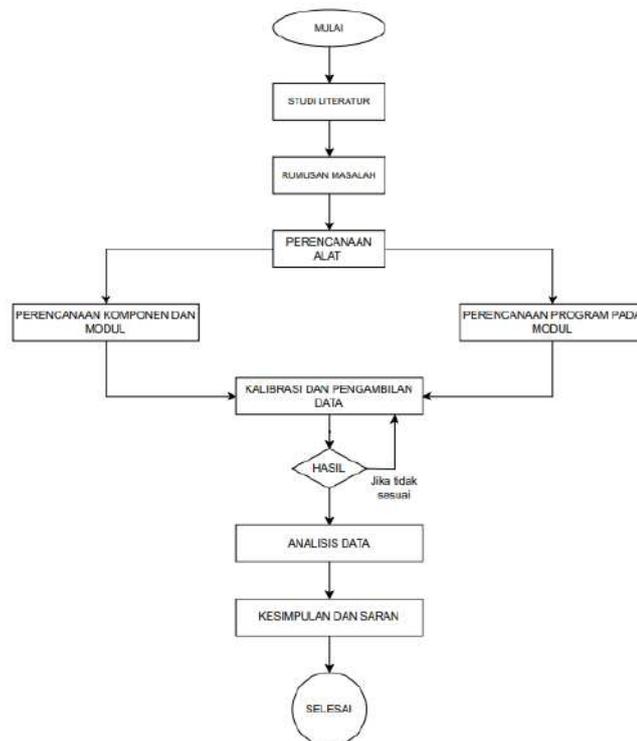


Gambar 1. Rangkaian alat penyiram otomatis

## II. METODE

### A. Rancangan Penelitian

Berikut beberapa tahap yang perlu dilakukan untuk melakukan penelitian eksperimen ini, yaitu mempersiapkan bahan-bahan penyusun/ pembuatan alat penyiram otomatis, membuat alat penyiram otomatis, dan melakukan pengujian alat penyiram otomatis di lapangan.



Gambar 2. Diagram pokok alir penelitian

## B. Variabel Operasional Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 variabel, yaitu adalah sebagai berikut:

1. Variabel control → Nozzle Sprayer.

Nozzle Sprayer adalah perangkat yang digunakan untuk menyemprotkan air dalam bentuk kabut atau kabut halus. adalah perangkat yang digunakan untuk menyemprotkan air dalam bentuk kabut atau kabut halus. Nozzle sprayer dalam penelitian ini digunakan sebagai selang penyemprot air (kran air) yang terstandarisasi dan tidak akan berubah.

2. Variabel manipulasi → Kelembapan tanah.

Kelembapan tanah yang ideal untuk tanaman cabai berada di rentang angka 60-80%, sehingga ketika kelembapan tanah turun di rentang angka <50%, maka pompa air akan otomatis menyiram.

3. Variabel respon → Waktu

Waktu dalam penelitian ini adalah lama penyiraman air untuk mencapai angka kelembapan tanah pada tanaman cabai.

## C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan observasi. Data penelitian yang didapat dari penelitian ini berupa data kuantitatif, yaitu data hasil observasi alat penyiraman otomatis secara langsung terhadap tanaman. Data yang didapatkan adalah data lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai angka kelembapan tanah sebesar 30%, 40%, 50% dan 60%.

## D. Teknik Pengolahan Data

Data yang didapatkan yaitu data lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai angka kelembapan tanah sebesar 30%, 40%, 50% dan 60%, akan dianalisis menggunakan uji linieritas dan Analisis regresi linier.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Diagram Peralatan

Cara kerja rancangan alat penyiram tanaman cabai otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 adalah yang pertama menghubungkan alat dengan penyuplai daya. Yang kedua menghubungkan alat dengan wi-fi. Setelah wi-fi terhubung, maka alat baru akan membaca sensor kelembapan tanah dan waktu (sesuai lokasi alat, misal: WIB/ WIT/ WITA). Pada awalnya pompa 1 (penyiram air) akan berada dalam kondisi off. Yang ketiga, alat akan mengirimkan nilai sensor tanah dan status pompa (dalam keadaan off) ke software BLYNK. Yang keempat, pompa 1 akan menyiram tanaman setiap pukul 06.00 selama waktu yang telah diatur. Begitu seterusnya. Bagan alur peralatan dapat dilihat seperti Gambar 3.

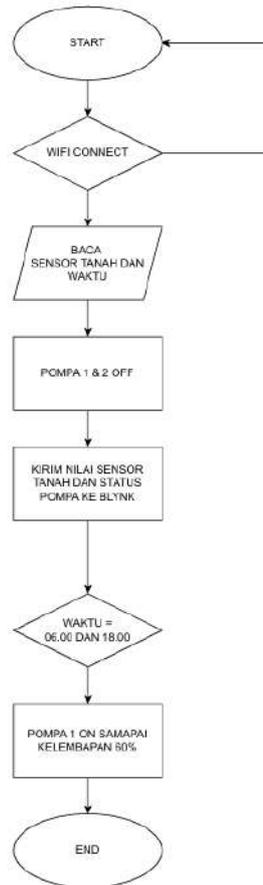
### B. Hasil Pengambilan Data

Berikut merupakan hasil pengambilan data uji coba yang bertujuan untuk dilakukan analisis data:

Tabel 1. Hasil pengambilan data

Rentang Kelembaban Tanah	Percoba-an 1 (sekon)	Percoba-an 2 (sekon)	Percoba-an 3 (sekon)	Mean (sekon)	Std. Deviasi (SD)
0-30%	81	84	93	86,00	6,2
0-40%	94	109	87	96,67	11,2
0-50%	108	103	138	116,33	18,9
0-60%	140	157	148	148,33	8,5

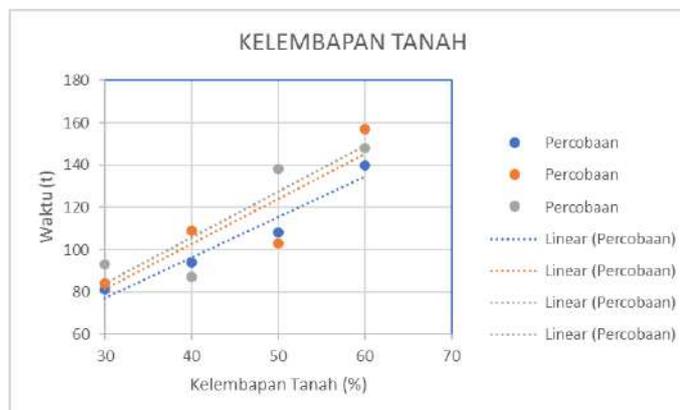
Pengambilan data dilakukan selama 3 kali percobaan pada setiap rentang kelembapan tanah dengan tujuan untuk memastikan keakuratan dari alat penyiraman otomatis.



Gambar 3. Diagram Peralatan

### C. Kalibrasi Data

Dalam penelitian ini kalibrasi data dilakukan dengan membandingkan hasil percobaan pengambilan data di percobaan 1, 2, dan 3. Lalu alat penyiraman otomatis dikatakan akurat apabila sensor kelembaban tanah mampu mengukur angka kelembaban pada tanah sebelum tersiram air dan setelah tersiram air (Irawan, A., 2019). Menurut penelitian Irawan, A. (2019), angka kelembaban tanah kering biasanya memiliki referensi kelembaban 0%, lalu untuk tanah basah (tanah yang telah tersiram/ terendam air), dapat memiliki referensi kelembaban hingga 100%.



Gambar 4. Kalibrasi data hasil percobaan 1,2, & 3.

Keterangan gambar:

- Titik dan garis biru → percobaan penyiraman 1.
- Titik dan garis jingga → percobaan penyiraman 2.
- Titik dan garis abu-abu → percobaan penyiraman 3.

**D. Uji Linieritas**

Berikut merupakan hasil uji linieritas menggunakan spss pada data hasil percobaan 1, 2, dan 3:

**Tabel 2.** Hasil uji linieritas

ANOVA Table							
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
waktu penyiraman * kelembaban tanah	Between Groups	(Combined)	6749,667	3	2249,889	15,100	,001
		Linearity	6406,667	1	6406,667	42,998	,000
		Deviation from Linearity	343,000	2	171,500	1,151	,364
	Within Groups		1192,000	8	149,000		
	Total		7941,667	11			

Berdasarkan tabel di atas, terdapat dua cara untuk pengambilan keputusan dalam uji linieritas, yaitu melihat nilai signifikansi dan nilai F.

1. **Berdasarkan nilai signifikansi (Sig.):**

Dapat dikatakan terdapat hubungan linear antara variabel kelembapan tanah dengan lama waktu penyiraman apabila nilai signifikansinya lebih besar dari 0,05. Berdasarkan tabel Anova di atas, diperoleh nilai *deviation from linearity Sig.* Adalah 0,364. Nilai sig. 0,364 > 0,05, sehingga dapat disimpulkan berdasarkan nilai tersebut, yaitu terdapat hubungan linear antara variabel kelembapan tanah dengan lama waktu penyiraman.

2. **Berdasarkan nilai F:**

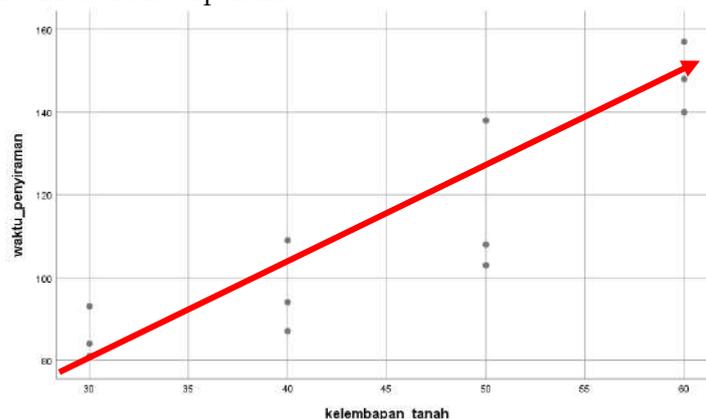
Dapat dikatakan terdapat hubungan linear antara variabel kelembapan tanah dengan lama waktu penyiraman apabila nilai F hitung yang diperoleh lebih kecil dari pada nilai F tabel. Berdasarkan tabel Anova di atas, diperoleh nilai F hitung sebesar 1,151 < F tabel 4,46, sehingga dapat disimpulkan berdasarkan nilai tersebut, yaitu terdapat hubungan linear antara variabel kelembapan tanah dengan lama waktu penyiraman.

Nilai F tabel dicari dengan menggunakan rumus (df) *Deviation from Linearity; Within Groups*. Berdasarkan tabel Anova pada **Tabel 2.** Hasil uji linieritas diketahui nilai df adalah (2 ; 8). Selanjutnya dapat dilihat melalui nilai F tabel di bawah ini, yaitu 4,46.

**Tabel 3.** Nilai F Tabel

Distribution Nilai Tabel F0,05					
Degrees of freedom for Nominator					
	1	2	3	4	5
1	16,1	20,0	21,6	22,5	23,0
2	18,5	19,0	19,2	19,2	19,3
3	10,1	9,55	9,28	9,12	19,3
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39
7	5,99	4,74	4,35	4,12	3,97
8	5,32	4,46	4,07	3,84	4,69
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11
13	4,67	3,81	3,41	3,13	3,03
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90

Menurut Singgih Santoso (2017), model regresi dianggap memenuhi syarat linearitas jika grafik data menunjukkan pola yang jelas, baik positif maupun negatif. Jika grafik data tidak membentuk pola yang jelas, maka syarat linearitas tidak terpenuhi.



Gambar 4.2 Grafik scatter plot

Dapat dilihat juga pada grafik *Scatter plot* di atas, terlihat titik-titik plot data yang membentuk pola garis lurus dari kiri bawah naik ke kanan atas. Hal tersebut menunjukkan terdapat hubungan linear antara variabel kelembapan tanah dengan lama waktu penyiraman, atau dapat dikatakan bahwa hubungan tersebut membentuk hubungan linier positif, yang berarti bahwa jika rentang angka kelembapan tanah meningkatkan maka waktu yang dibutuhkan untuk penyiraman akan meningkat juga.

#### E. Analisis Regresi Linier

Analisis regresi linier adalah sebuah teknik statistik yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memodelkan hubungan antara variabel dependen (terikat) dan satu atau lebih variabel independen (bebas). Metode ini bertujuan untuk menjelaskan bagaimana perubahan dalam variabel independen dapat mempengaruhi variabel dependen, serta untuk mengestimasi nilai variabel dependen berdasarkan informasi yang diperoleh dari variabel independen (Rizaldy, dkk., 2023). Menurut jurnal (Putra, dkk., 2019), Analisis regresi linier bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan dan arah hubungan antara variabel dependen dan satu atau lebih variabel independen. Metode ini juga memungkinkan untuk membuat prediksi nilai variabel dependen berdasarkan nilai-nilai dari variabel independen, dengan tujuan untuk mengidentifikasi pola dan tren yang dapat digunakan untuk estimasi dan inferensi dalam konteks yang relevan. Analisis regresi linier pada alat penyiraman otomatis digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel input (seperti kelembapan tanah atau waktu penyiraman) dan variabel output (seperti lama waktu penyiraman). Menurut jurnal Putra, dkk. (2019), metode ini membantu dalam memprediksi kebutuhan air berdasarkan pola data yang ada, sehingga penyiraman dapat dilakukan secara lebih efisien dan tepat.

Berikut merupakan tabel hasil uji analisis regresi linier dari penelitian ini. Dasar pengambilan keputusan dalam analisis regresi dengan melihat nilai signifikansi (Sig.) dan membandingkan dengan probabilitas 0,05. Dapat dikatakan ada pengaruh, apabila nilai signifikansi (Sig.) lebih kecil dari nilai probabilitas (0,05). Begitu juga sebaliknya, dapat dikatakan tidak ada pengaruh apabila nilai signifikansinya (Sig.) lebih besar > dari nilai probabilitas (0,05).

Tabel 4. Hasil analisis regresi linier  
Coefficients<sup>a</sup>

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	18,833	14,833		1,270	,233
Kelembaban tanah	2,067	,320	,898	6,460	,000

a. Dependent Variable: waktu\_penyiraman

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,000 lebih kecil < probabilitas 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh kelembaban tanah terhadap lama waktu penyiraman tanaman.

Secara umum, rumus persamaan regresi linear sederhana adalah  $Y = a + bX$ . Untuk mengetahui nilai koefisien regresi, kita dapat melihat output pada tabel *coefficients*. Dalam Tabel 4. Hasil analisis regresi linier, a adalah angka konstan dari *unstandardized coefficients*, yang bernilai 18,833. Ini berarti jika kelembaban tanah (X) adalah nol, lama waktu penyiraman (Y) adalah 18,833. Sedangkan nilai b adalah koefisien regresi, sebesar 2,067. Ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan 1% dalam kelembaban tanah (X), lama waktu penyiraman (Y) akan bertambah sebesar 2,067. Karena nilai koefisien regresi positif (+), kita dapat menyimpulkan bahwa kelembaban (X) memiliki pengaruh positif terhadap lama waktu penyiraman (Y).

Dalam penelitian yang dilakukan di Laboratorium Benih Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur, kebutuhan volume air dapat di prediksi menggunakan metode regresi linier sehingga petani dapat menjaga kelembaban media tanam (Putra, dkk., 2019). Selaras dengan penelitian ini yang menunjukkan bahwa berdasarkan uji analisis regresi linier, ada pengaruh tingkat kelembaban tanah terhadap lama waktu penyiraman air dengan pengaruh sebesar 80,7%. 19,3% sisanya merupakan faktor lainnya yang juga turut mempengaruhi lama penyiraman waktu selain kelembaban tanah adalah jenis tanaman (Ciptaningtyas, dkk., 2010), kondisi tanah (Hodiyah, dkk., 2022), iklim dan cuaca sekitar (Hodiyah, dkk., 2022), dan jenis pupuk yang digunakan pada tanaman (Ciptaningtyas, dkk., 2012).

**Tabel 5.** Hasil R-Square Model Summary  
**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,898 <sup>a</sup>	,807	,787	12,390

a. Predictors: (Constant), kelembaban\_tanah  
b. Dependent Variable: waktu\_penyiraman

Penelitian Suparman, dkk. (2023) terkait hal serupa yaitu alat penyiram otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah, menunjukkan hasil akurasi alat sebesar 98,61%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Agustina dan Dewi (2023) yang juga membuat alat serupa menunjukkan akurasi alat penyiram tanaman otomatis sebesar 96,01%.

#### IV. PENUTUP

##### A. Simpulan

Simpulan penelitian ini adalah hasil pengujian sistem kerja alat penyiram tanaman otomatis berbasis kelembaban tanah dan waktu dilakukan dengan melakukan percobaan pada tanah kering sebanyak 3 kali percobaan dengan kelembaban tanah yang bervariasi 20, 30, 40, 50, dan 60%. Berdasarkan hasil pengujian sistem kerja alat, didapatkan hasil pengaruh tingkat kelembaban tanah terhadap lama waktu penyiraman sebesar 80,7%. Sisanya merupakan faktor lainnya yang juga turut mempengaruhi lama penyiraman waktu selain kelembaban tanah adalah jenis tanaman, kondisi tanah, iklim dan cuaca sekitar, dan jenis pupuk yang digunakan pada tanaman.

##### B. Saran

Penggunaan penyiram tanaman otomatis berbasis kelembaban tanah dan waktu menggunakan ESP32 Doit Devkit V1 wi-fi Manager sebaiknya digunakan pada tempat yang benar-benar terdapat jaringan wi-fi dengan sinyal yang kuat. Mempertimbangkan kembali menggunakan ESP32 Doit Devkit V1 dikarenakan hanya kompetibel pada wi-fi only sehingga ketika digunakan di area yang tidak terjangkau jaringan wi-fi, alat menjadi tidak optimal. Melakukan analisis lebih mendalam terhadap efektivitas dan efisiensi penggunaan air oleh alat penyiram ini, penelitian dapat mencakup perbandingan antara penggunaan air yang dikeluarkan oleh alat dengan kebutuhan tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggriawan, A. F., Darlis, D., & Novianti, A. (2019). Implementasi Smart Garden Watering pada Taman Asrama Universitas Telkom Berbasis Android Menggunakan Antares Database. *eProceedings of Applied Science*, 5(2).
- Annisa, T. R. (2024). Optimasi Sistem Kontrol Kelembapan Tanah Berbasis Internet of Things Untuk Mendukung Praktikum Pengukuran Fisika Kelas X.
- Cahyaningprastiwi, S. R., Karyati, K., & Sarminah, S. (2021). Suhu dan kelembapan tanah pada posisi topografi dan kedalaman tanah berbeda di taman sejati kota samarinda. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 20(2), 189-198.
- Ciptaningtyas, D. S., & Indradewa, D. (2012). Pengaruh Interval Penyiraman Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Empat Kultivar Jagung (*Zea mays* L.). *Vegetalika*, 1(4), 11-17.
- Fuadi, S., & Candra, O. (2020). Prototype Alat Penyiram Tanaman Otomatis dengan Sensor Kelembaban dan Suhu Berbasis Arduino. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(1), 21-25.
- Gunawan, G., Rahmawati, R., Syahputra, R., Supardin, S., & Amra, S. (2020). Pelatihan Pemasangan Instalasi Listrik Bagi Santri Dayah Arraudhah Tahfizh Alquran Kota Lhokseumawe. In *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 4, No. 1, pp. 176-181).
- Hodiyah, I., Suhardjadinata, S., & Iskandar, D. (2022). The Effect of Organic Fertilizer and Time Watering Interval on Growth and Yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L. *Jurnal Agroekoteknologi*, 14(1), 16-30.
- Injiliana, L., Widiastuti, T., & Riyono, J. N. (2020). Erodibilitas Tanah (K) Pada Berbagai Tutupan Lahan Di Desa Baru Kecamatan Silat Hilir Kabupaten Kapuas Hulu. *Jurnal Hutan Lestari*, 8(4), 773-781.
- Irawan, A. (2019). Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 1-9.
- Kusumah, H., & Pradana, R. A. (2019). Penerapan trainer interfacing mikrokontroler dan internet of things berbasis esp32 pada mata kuliah interfacing. *Journal Cerita*, 5(2), 120-134.
- Lubis, Z. (2022). Perancangan Terbaru Alat Pemberi Informasi Arah Kiblat digunakan untuk Penyandang Tunanetra. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 7(1), 1-5.
- Mardiana, Y., & Riska, R. (2020). Implementasi dan Analisis Arduino Dalam Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Aplikasi Android. *Pseudocode*, 7(2), 151-156.
- Pratika, M. S., Piarsa, I. N., & Wiranatha, A. A. K. A. C. (2021). Rancang Bangun Wireless Relay dengan Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer*, 2(3), 515-523.
- Putra, R. S. A., Hidayat, N., & Fauzi, M. A. (2019). Evolution Strategies Untuk Optimasi Pembentukan Fungsi Regresi Linier Dalam Menentukan Kebutuhan Volume Air Penyiraman Tanah. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(1), 1100-1106.
- Rais, M. A., & Supria, S. (2023, November). Aplikasi Monitoring Kelembapan Tanah dan Penyiraman Tanaman Cabai Otomatis Berbasis IoT. In *Seminar Nasional Industri dan Teknologi* (pp. 34-43).
- Rizaldy, M. R., & Suhermin, S. (2023). Pengaruh insentif, motivasi, dan kompetensi kerja terhadap kinerja karyawan pt adikara jaya sentosa. *Jurnal Ilmu dan Riset Manajemen (JIRM)*, 12(4).
- Santoso, S. (2017). *Statistik multivariat dengan SPSS*. Elex Media Komputindo.
- Sofyan, R. H., Wahjunie, E. D., & Hidayat, Y. (2017). Karakterisasi fisik dan kelembapan tanah pada berbagai umur reklamasi lahan bekas tambang. *Buletin Tanah dan Lahan*, 1(1), 72-78.
- Subambhi, B. C., Mardiana, S., & Saragih, F. H. (2020). Analisis Location Quotient (LQ) Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annum* L.) di Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA)*, 2(2), 169-179.
- Surmaini, E., & Faqih, A. (2016). Kejadian iklim ekstrem dan dampaknya terhadap pertanian tanaman pangan di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 10(2).
- Ulum, M. B., Lutfi, M., & Faizin, A. (2022). OTOMATISASI POMPA AIR MENGGUNAKAN NODEMCU ESP8266 BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(1), 86-93.