

# KALIBRASI SENSOR KELEMBABAN TANAH YL-69 UNTUK SISTEM PENGUKURAN KELEMBABAN TANAH BERBASIS ARDUINO UNO

**Ari Bangkit Sanjaya Umbu**

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

e-mail: [aribangkit.sanjaya@gmail.com](mailto:aribangkit.sanjaya@gmail.com)

## ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada metode kalibrasi sensor kelembaban tanah YL-69 berbasis Arduino Uno. Jenis penelitian adalah penelitian kuantitatif eksperimental. Pada penelitian ini penulis melakukan analisis respon ADC terhadap variasi nilai kelembaban tanah. Analisis menghasilkan sebuah persamaan kalibrasi sensor kelembaban tanah YL-69 yang kemudian digunakan dalam pembuatan kode program pengukuran kelembaban tanah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan persamaan kalibrasi memberikan tingkat akurasi pembacaan nilai kelembaban tanah yang lebih baik bila dibandingkan dengan penggunaan metode mapping ADC.

**Kata Kunci:** *sensor kelembaban tanah YL-69, arduino uno, kalibrasi, kelembaban tanah*

## ABSTRACT

*This study focuses on the calibration method for the soil moisture sensor YL-69 based on Arduino Uno. This type of study is quantitative experimental research. In this study, the authors analyzed the ADC response to variations in soil moisture values. The analysis resulted in a calibration equation for the soil moisture sensor YL-69 which was then used in making the soil moisture measurement program code. The test results show that the use of the calibration equation provides a better level of accuracy in reading soil moisture values when compared to the use of the ADC mapping method.*

**Keywords:** *soil moisture sensor YL-69 , arduino uno, calibration, soil moisture*

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang sangat pesat mendorong pemanfaatan teknologi pada berbagai sektor, salah satunya sektor pertanian. Otomatisasi maupun otomasi pada sistem penyiraman tanaman (irigasi) merupakan salah satu pemanfaatan teknologi di sektor pertanian. Hal ini ditunjukkan dari banyaknya penelitian yang telah dilakukan terkait perancangan sistem otomatisasi maupun otomasi penyiraman tanaman (irigasi) pada dua dekade terakhir. Variabel kontrol utama yang digunakan pada perancangan sistem otomatisasi maupun otomasi penyiraman tanaman (irigasi) adalah kelembaban tanah (Siregar et al., 2018). Kelembaban tanah merupakan representasi dari jumlah air yang terdapat di dalam tanah yang berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan tanaman (Yu et al.,

2021, Brahma and Goswami, 2017, Madzhi and Nor Akhsan, 2021). Air yang terdapat di dalam tanah berfungsi sebagai pelarut nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman seperti natrium, kalium, karbon dan nitrogen yang terkandung di dalam tanah (Ansari and Deshmukh, 2017, Wang et al., 2023). Di sisi lain, agar dapat tumbuh dengan baik setiap jenis tanaman membutuhkan kondisi kelembaban tanah yang berbeda satu sama lainnya. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu sistem pemantauan dan kontrol yang dapat memantau dan mengkondisikan kelembaban tanah sesuai kebutuhan tanaman. Sistem pemantauan dan kontrol kelembaban tanah dapat dibangun dengan menggunakan sensor kelembaban tanah (*soil moisture sensor*).

Sensor kelembaban tanah YL-69 merupakan salah satu jenis sensor yang sangat sering digunakan dalam perancangan sistem pemantauan dan kontrol kelembaban tanah. Sensor ini terdiri dari dua buah probe, salah satu probe berfungsi sebagai transmiter arus dan probe lainnya berfungsi sebagai receiver (Sudha and Sinha, 2015, Mohod et al., 2022, Saikia and Khatoon, 2022). Besarnya tegangan yang diterima pada bagian probe receiver merupakan representasi dari nilai kelembaban tanah. Semakin tinggi kadar air dalam tanah maka tegangan yang sampai ke probe receiver juga semakin tinggi. Ketika tanah memiliki kadar air tinggi maka nilai resistansinya menjadi rendah sehingga tanah akan bersifat sebagai penghantar listrik yang baik. Sebaliknya, ketika tanah memiliki kadar air rendah (kering) maka nilai resistansinya menjadi tinggi sehingga tanah akan bersifat sebagai penghantar listrik yang buruk (Raghuveera et al., 2019, Phasinam et al., 2022). Perbedaan respon tegangan untuk setiap kondisi kelembaban tanah pada output sensor YL-69 yang kemudian dikonversi menjadi nilai kelembaban dengan menggunakan sebuah mikrokontroler melalui pin ADC (*Analog to Digital Converter*). Salah satu mikrokontroler yang dapat digunakan adalah Arduino Uno. Arduino Uno memiliki 6 pilihan pin ADC (A0-A5) dengan resolusi 10 bit (Jariyayothin et al., 2018, Nirmala et al., 2020). Hal ini berarti Arduino Uno memiliki kemampuan untuk memetakan hingga 1024 discrete analog level (0-1023) (Walid and Makruf, 2020, Arduino, 2023).

Maraknya penggunaan sensor kelembaban tanah YL-69 namun belum disertai dengan metode penggunaan yang tepat menjadi salah satu alasan sehingga tema penelitian ini menarik bagi penulis. Pada penelitian ini penulis melakukan analisis respon pembacaan ADC terhadap variasi nilai kelembaban tanah sehingga diperoleh hubungan yang tepat antara keduanya. Hubungan antara keduanya dinyatakan ke dalam persamaan matematis sebagai persamaan kalibrasi sensor kelembaban tanah YL-69 yang kemudian digunakan dalam pembuatan kode program pengukuran kelembaban tanah.

## **METODE**

Pada penelitian ini digunakan satu jenis tanah yang terlebih dahulu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105°C hingga massanya konstan. Kemudian tanah yang telah kering dibagi menjadi 10 sampel dengan massa 100 gram per sampel. Hal ini berarti setiap sampel tanah memiliki massa kering sebesar 100 gram. Setiap sampel tanah tersebut dicampur air dengan volume berbeda seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Perhitungan massa air dapat dilakukan menggunakan persamaan :

$$m = \rho V \quad (1)$$

Dengan massa jenis air ( $\rho_{air}$ ) = 1 g/ml

Perhitungan nilai kelembaban tanah dilakukan menggunakan persamaan :

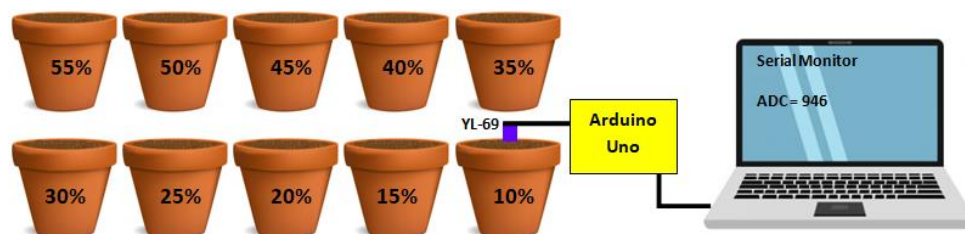
$$KelembabanTanah(\%) = \frac{MassaTanahBasah - MassaTanahKering}{MassaTanahKering} \times 100\% \quad (2)$$

Berdasarkan dua persamaan di atas maka diperoleh nilai kelembaban tanah hasil pengkondisian awal dari sepuluh sampel yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Kelembaban Sampel Tanah Hasil Pengkondisian Awal

No.	Sampel	Massa Tanah Kering [M <sub>1</sub> ] (g)	Air		Massa Tanah Basah [M <sub>3</sub> =M <sub>1</sub> +M <sub>2</sub> ] (g)	Kelembaban Tanah (%)
			Volume (ml)	Massa [M <sub>2</sub> ] (g)		
1.	A	100	10	10	110	10
2.	B	100	15	15	115	15
3.	C	100	20	20	120	20
4.	D	100	25	25	125	25
5.	E	100	30	30	130	30
6.	F	100	35	35	135	35
7.	G	100	40	40	140	40
8.	H	100	45	45	145	45
9.	I	100	50	50	150	50
10.	J	100	55	55	155	55

Selanjutnya dilakukan pembacaan nilai ADC dari setiap sampel menggunakan sensor YL-69 yang terhubung dengan Arduino Uno dan laptop. Nilai ADC dipanggil dan ditampilkan pada serial monitor Arduino IDE. Sehingga terlebih dahulu perlu dilakukan pembuatan dan upload program pembacaan ADC pada Arduino Uno menggunakan software Arduino IDE. Skema pembacaan nilai ADC pada setiap sampel ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Pembacaan Nilai ADC Pada Setiap Sampel

Setelah nilai ADC untuk setiap sampel diperoleh, maka selanjutnya dilakukan plotting grafik hubungan nilai kelembaban tanah dan nilai ADC. Langkah ini diperlukan untuk menentukan analisis regresi yang dapat digunakan untuk memperoleh persamaan hubungan antara nilai kelembaban tanah dan pembacaan nilai ADC. Persamaan yang diperoleh dari

analisis regresi dituliskan ke dalam list program sebagai persamaan kalibrasi sensor YL-69 dan kemudian diupload ke Arduino Uno. Pada tahap akhir kesepuluh sampel tersebut diukur kembali nilai kelembaban tanahnya dengan menggunakan sistem pengukur kelembaban tanah berbasis sensor YL-69 yang telah dikalibrasi. Selain itu pengukuran nilai kelembaban tanah juga dilakukan menggunakan sistem pengukur kelembaban tanah berbasis sensor YL-69 dengan metode mapping ADC.

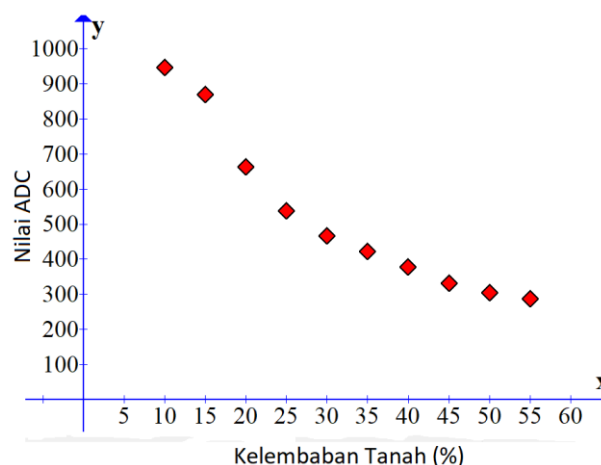
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembacaan nilai ADC sensor kelembaban tanah YL-69 berbasis Arduino uno dengan resolusi ADC 10 bit untuk sepuluh variasi nilai kelembaban tanah ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pembacaan Nilai ADC Sensor Kelembaban Tanah YL-69 Untuk Sepuluh Variasi Nilai Kelembaban Tanah

No.	Sampel	Kelembaban Tanah (%)	Nilai pembacaan ADC
1.	A	10	946
2.	B	15	868
3.	C	20	663
4.	D	25	538
5.	E	30	467
6.	F	35	422
7.	G	40	378
8.	H	45	332
9.	I	50	304
10.	J	55	287

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa hubungan antara nilai kelembaban tanah dengan nilai pembacaan ADC merupakan perbandingan terbalik. Semakin tinggi nilai kelembaban tanah maka nilai ADC yang terbaca semakin kecil. Nilai ADC yang kecil merepresentasikan nilai konduktivitas tanah yang besar. Grafik hubungan antara nilai kelembaban tanah dengan pembacaan nilai ADC ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara kelembaban tanah dengan pembacaan ADC

Dari grafik (Gambar 2) dapat dilihat bahwa hubungan antara nilai kelembaban tanah dan pembacaan ADC bukan merupakan hubungan yang linear namun lebih mendekati hubungan non-linear fungsi berpangkat. Sehingga dalam analisisnya dapat dilakukan pendekatan analisis regresi non-linear untuk fungsi berpangkat dengan kelembaban tanah sebagai variabel bebas ( $x$ ) dan pembacaan ADC sebagai variabel terikat ( $y$ ). Persamaan regresi non-linear untuk fungsi berpangkat secara umum dinyatakan dengan :

$$y = ax^b$$

Berdasarkan sifat logaritma persamaan di atas dapat ditulis menjadi:

$$\log y = b \log x + \log a$$

Dengan :

$$Y = \log y$$

$$C = \log a$$

$$m = b$$

$$X = \log x$$

Sehingga persamaan dapat ditulis menjadi bentuk regresi linear yang lebih sederhana.

$$Y = mX + C$$

Pengolahan data kelembaban tanah ( $x$ ) dan pembacaan nilai ADC ( $y$ ) untuk analisis regresi non-linear fungsi berpangkat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. *Pengolahan Data Kelembaban Tanah ( $x$ ) dan Pembacaan ADC ( $y$ ) untuk Analisis Regresi Non-linear Fungsi Berpangkat*

No.	$x_i$	$y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i \cdot Y_i$	$X_i^2$	$Y_i^2$
1.	10	946	1	2.975891	2.975891	1	8.855928
2.	15	868	1.176091	2.93852	3.455967	1.383191	8.634898
3.	20	663	1.30103	2.821514	3.670874	1.692679	7.960939
4.	25	538	1.39794	2.730782	3.81747	1.954236	7.457172
5.	30	467	1.477121	2.669317	3.942905	2.181887	7.125253
6.	35	422	1.544068	2.625312	4.053661	2.384146	6.892265
7.	40	378	1.60206	2.577492	4.129296	2.566596	6.643464
8.	45	332	1.653213	2.521138	4.167977	2.733112	6.356137
9.	50	304	1.69897	2.482874	4.218328	2.886499	6.164661
10.	55	287	1.740363	2.457882	4.277606	3.028862	6.041183
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>325</b>	<b>5205</b>	<b>14.59086</b>	<b>26.80072</b>	<b>38.70998</b>	<b>21.81121</b>	<b>72.1319</b>

Hasil perhitungan slope ( $m$ ):

$$m = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$m = \frac{(10)(38.70998) - (14.59086)(26.80072)}{(10)(21.81121) - (14.59086)^2}$$

$$m = -0.756$$

Hasil perhitungan Intercept ( $C$ ):

$$C = \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$C = \frac{(21.81121)(26.80072) - (14.59086)(38.70998)}{(10)(21.81121) - (14.59086)^2}$$

$$C = 3.783$$

Hasil perhitungan koefisien korelasi ( $r$ ) kelembaban dan nilai pembacaan ADC :

$$r = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{N \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}}$$

$$r = \frac{(10)(38.70998) - (14.59086)(26.80072)}{\sqrt{5.21901307} \sqrt{3.040340516}}$$

$$r = -0.991$$

Hasil perhitungan koefisien determinasi ( $R^2$ ) :

$$R^2 = r^2 = (-0.991)^2 = 0.982$$

Dari hasil perhitungan slope ( $m$ ) dan koefisien korelasi ( $r$ ) di atas diperoleh nilai negatif. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara kelembaban tanah dengan pembacaan ADC merupakan hubungan perbandingan terbalik. Peningkatan nilai kelembaban tanah menyebabkan penurunan nilai ADC. Hasil perhitungan ini mengkonfirmasi hasil plotting grafik hubungan antara nilai kelembaban tanah dengan pembacaan nilai ADC yang ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.982, hal ini menunjukkan bahwa nilai kelembaban tanah (variabel bebas) memiliki pengaruh sebesar 98.2% terhadap nilai pembacaan ADC (variabel terikat). Sedangkan sisanya yaitu sebesar 1.8% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diuji dalam penelitian ini. Setelah slope ( $m$ ) dan intercept ( $C$ ) diperoleh, selanjutnya dilakukan invers balik persamaan  $C = \log a$  untuk memperoleh nilai  $a$  dan  $m = b$  untuk memperoleh nilai  $b$ .

$$a = 10^C = 10^{3.783} = 6067.363$$

$$b = m = -0.756$$

Nilai  $a$  dan  $b$  disubstitusikan ke persamaan umum regresi non-linear untuk fungsi berpangkat.

$$y = ax^b = 6067.363x^{-0.756}$$

Dengan  $x$  adalah nilai kelembaban tanah dan  $y$  adalah nilai pembacaan ADC maka persamaan di atas dapat ditulis.

$$PembacaanADC = 6067.363(KelembabanTanah)^{-0.756}$$

Sehingga diperoleh persamaan hubungan kelembaban Tanah dan pembacaan nilai ADC :

$$KelembabanTanah(\%) = \left[ \frac{1}{6067.363} \times PembacaanADC \right]^{-\frac{1}{0.756}}$$

$$KelembabanTanah(\%) = 100917.904 \times (PembacaanADC)^{-\frac{1}{0.756}}$$

Persamaan di atas digunakan sebagai persamaan kalibrasi untuk sensor kelembaban tanah YL-69 yang digunakan dalam penelitian ini. Persamaan tersebut dituliskan ke dalam program Arduino seperti potongan list program yang ditunjukkan pada Gambar 3.

```
float w=(-1/0.756);
float z=pow(BacaADC,w);
Kelembaban_Tanah = 100917.904*z;
Serial.print("Kelembaban Tanah = ");
Serial.print(Kelembaban_Tanah);
Serial.println("%");
```

Gambar 3. Potongan List Program Pengukuran Kelembaban Tanah dengan Persamaan Kalibrasi Sensor YL-69

Berdasarkan hasil uji coba pengukuran kelembaban tanah dengan persamaan kalibrasi diperoleh rata-rata error sebesar 4.42%. Hasil uji coba pengukuran kelembaban tanah dengan sensor YL-69 terkalibrasi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Ujicoba Pengukuran Kelembaban Tanah dengan Sensor YL-69 Terkalibrasi

No.	Sampel	Kelembaban Tanah (%)		Error(%)
		Hasil Pengkondisian Awal	Sensor YL-69 (Kalibrasi)	
1.	A	10	11.65	16.50
2.	B	15	13.25	11.67
3.	C	20	18.81	5.95
4.	D	25	24.89	0.44
5.	E	30	29.89	0.36
6.	F	35	34.42	1.66
7.	G	40	39.46	1.35
8.	H	45	46.13	2.51
9.	I	50	51.11	2.22
10.	J	55	55.82	1.49
<b>Rata-Rata</b>				<b>4.42</b>

Error pembacaan yang cukup besar diperoleh pada pengukuran sampel dengan nilai kelembaban tanah 10% dan 15%. Hal ini disebabkan karena persamaan hasil kalibrasi yang diperoleh menghasilkan plotting persamaan garis dengan penyimpangan terjauh pada kedua titik tersebut terhadap titik ADC target. Selanjutnya dibandingkan hasil pembacaan nilai kelembaban tanah dengan penggunaan metode mapping ADC. Mapping ADC merupakan metode yang paling sering digunakan oleh pengguna sensor YL-69 untuk memetakan nilai kelembaban tanah. Informasi nilai respon ADC terhadap nilai kelembaban tanah terendah dan nilai kelembaban tanah tertinggi diperlukan dalam penggunaan metode ini. Potongan list program pengukuran kelembaban tanah dengan metode mapping ADC sensor YL-69 dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.

```

Kelembaban_Tanah = map(BacaADC, 946, 287, 10, 55);
Serial.print("Kelembaban Tanah = ");
Serial.print(Kelembaban_Tanah);
Serial.println("%");

```

Gambar 4. Potongan Potongan List Program Pengukuran Kelembaban Tanah dengan Metode Mapping ADC Sensor YL-69

Berdasarkan hasil uji coba pengukuran kelembaban tanah dengan dengan metode mapping ADC diperoleh rata-rata error sebesar 20.09%. Error pembacaan yang cukup besar diperoleh pada rentang pengukuran nilai kelembaban tanah 20% hingga 45%. Hal ini disebabkan karena penggunaan metode mapping memberikan selisih nilai ADC yang tetap dan sama diantara nilai skala pembacaan kelembaban tanah. Hal ini berarti bahwa metode mapping mengakibatkan hubungan antara nilai kelembaban tanah dengan nilai pembacaan ADC menjadi linear. Pemetaan hubungan yang linear ini mengakibatkan penyimpangan pembacaan pada nilai-nilai kelembaban tanah yang terletak diantara batas atas dan batas bawah data (tengah data). Namun di sisi lain hal ini akan memberikan tingkat akurasi pembacaan nilai kelembaban tanah yang tinggi pada batas ujung atas dan bawahnya. Hasil uji coba pengukuran kelembaban tanah dengan metode mapping ADC sensor kelembaban tanah YL-69 ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Ujicoba Pengukuran Kelembaban Tanah dengan Metode Mapping ADC Sensor Kelembaban Tanah YL-69

No.	Sampel	Kelembaban Tanah (%)		Error(%)
		Hasil Pengkondisian Awal	Sensor YL-69 (Mapping)	
1.	A	10	10	0.00
2.	B	15	15	0.00
3.	C	20	29	45.00
4.	D	25	37	48.00
5.	E	30	42	40.00
6.	F	35	45	28.57
7.	G	40	48	20.00
8.	H	45	51	13.33
9.	I	50	53	6.00
10.	J	55	55	0.00
<b>Rata-Rata</b>				<b>20.09</b>

**PENUTUP**

Berdasarkan pengujian sensor kelembaban tanah YL-69 yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh hasil bahwa hubungan antara nilai kelembaban tanah dan nilai pembacaan ADC bukan merupakan hubungan yang linear namun lebih mendekati hubungan non-linear fungsi berpangkat. Sehingga penggunaan metode mapping dalam memetakan nilai



kelembaban tanah bukanlah pilihan yang tepat karena akan memberikan hasil pembacaan yang tidak akurat. Selain itu sensor YL-69 memiliki kemungkinan perbedaan respon ADC terhadap perubahan nilai kelembaban tanah untuk penggunaan perangkat sensor YL-69 yang berbeda. Perbedaan respon ini juga memungkinkan diperolehnya perbedaan hubungan antara nilai kelembaban tanah dan nilai pembacaan ADC dengan hasil pengamatan hubungan keduanya dalam penelitian ini. Oleh karena itu untuk penggunaan sensor YL-69 dalam sistem pengukuran kelembaban tanah sangat diperlukan tahapan kalibrasi untuk memperoleh persamaan hubungan yang tepat antara nilai kelembaban tanah terhadap nilai respon pembacaan ADC dari sensor yang akan digunakan. Proses kalibrasi ini akan memberikan tingkat akurasi pembacaan nilai kelembaban tanah yang lebih baik bila dibandingkan dengan penggunaan metode mapping seperti yang dapat dilihat pada hasil dan pembahasan. Pengembangan penelitian selanjutnya untuk analisis hubungan antara nilai kelembaban dengan nilai pembacaan ADC dapat digunakan pendekatan analisis regresi non-linear fungsi polinomial. Selain itu untuk dapat mengkonfirmasi hasil penelitian ini, sebaiknya analisis hubungan antara nilai kelembaban terhadap nilai pembacaan ADC dilakukan melalui pengamatan dengan menggunakan beberapa sensor kelembaban YL-69 sekaligus.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan hikmat, kekuatan dan kesempatan yang tak ternilai harganya kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian dan tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ansari, S., & Deshmukh, R.R. (2017). *Estimation of Soil Moisture Content: A Review*. International Journal of Theoretical and Applied Mechanics.
- Arduino. (2023). *Datasheet Arduino Uno*. <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
- Brahma, M., & Goswami, B. (2017). *Electrical Methods of Soil Moisture Measurement: A Review*. ADBU Journal of Electrical and Electronics Engineering (AJEEE).
- Jariyayothin, P., Jeravong-aram, K., Ratanachaijaroen, N., Tantidham, T., & Intakot, P. (2018). *IoT Backyard: Smart Watering Control System*, in: 2018 Seventh ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC). Presented at the 2018 Seventh ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC), IEEE, Nakhonpathom, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICT-ISPC.2018.8523856>
- Madzhi, N.K., & Nor Akhsan, M.A. (2021). *Control of Plant Growth by Monitoring Soil Moisture, Temperature and Humidity in Dry Climate*. IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 1192, 012027. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1192/1/012027>
- Mohod, A., Yerma, S., Shubham, G., Jain, S., Kudrapwar, S., & Ninawe, S. (2022). *Automatic Soil Moisturizing System Using IoT*. Int. J. Adv. Res. Sci. Commun. Technol.
- Nirmala, Anoosha, & Nagamani. (2020). *Dynamic modeling of a Green House using Arduino*. Int. J. Eng. Trends Technol. 68, 42–48. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V68I2P208>
- Phasinam, K., Kassanuk, T., Shinde, P.P., Thakar, C.M., Sharma, D.K., Mohiddin, Md.K., & Rahmani, A.W. (2022). *Application of IoT and Cloud Computing in Automation of Agriculture Irrigation*. J. Food Qual. 2022, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/8285969>

- Raghuveera, E., Kumar, N.P., Yeswanth, A.S., & Pavan, L.S.M. (2019). *Soil Moisture Monitoring System Using IOT*. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE).
- Saikia, D., & Khatoon, R. (2022). *Smart monitoring of soil parameters based on IoT*. Int. J. Adv. Technol. Eng. Explor. 9. <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2021.874650>
- Siregar, B., Azmi Nasution, A., Adlin, L., Andayani, U., & Fahmi, F. (2018). *Soil Moisture Monitoring System using Wireless Sensor Network*. J. Phys. Conf. Ser. 1028, 012058. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1028/1/012058>
- Sudha, & Sinha, A. (2015). *Effect of Moisture Content in the Sandy, Clay and Loamy Soil using Humidity Sensor YL69*. International Journal of Science and Research (IJSR).
- Walid, M., & Makruf, M. (2020). *Analysis and Development of Seawater Density Measurement Algorithm Using Arduino Uno and YL-69 Sensor*. Resti Journal.
- Wang, Z., Xiong, K., Wu, C., Luo, D., Xiao, J., & Shen, C. (2023). *Characteristics of Soil Moisture Variation in Agroforestry in Karst Region*. Land 12, 347. <https://doi.org/10.3390/land12020347>
- Yu, L., Gao, W., R. Shamsihri, R., Tao, S., Ren, Y., Zhang, Y., & Su, G. (2021). *Review of research progress on soil moisture sensor technology*. Int. J. Agric. Biol. Eng. 14, 32–42. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20211404.6404>