

PENENTUAN KELEMBABAN TANAH MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC DENGAN CAPACITIVE SOIL MOISTURE SENSOR DAN ARDUINO UNO R3

Aldi Hardiwiguna^{1*}, Agus Ramdhani Nugraha²

¹Teknik Informatika/STMIK DCI; Jalan Sutisna Senjaya No 158A Kota Tasikmalaya, Jawa Barat; Telp. 0265-332492.

Received: 25 September 2024
Accepted: 5 Oktober 2024
Published: 12 Oktober 2024

Keywords:

Arduino;
Capacitive Soil Moisture V2.0;
Logika fuzzy;
LCD.

Abstrak. Bercocok tanam merupakan hal yang biasa dilakukan oleh masyarakat Indonesia. Namun, biasanya permasalahan yang muncul adalah sering kali kita tidak tahu kondisi tanah yang baik untuk tanaman yang kita miliki. Terkadang kita tidak tahu kapan tanaman itu membutuhkan air. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem penentuan kelembaban tanah agar dapat membantu petani untuk melihat kondisi tanah yang baik atau tidak. Alat ini dirancang menggunakan mikrokontroler arduino uno sebagai komponen utamanya. Penelitian ini menerapkan metode logika fuzzy. Yang berfokus pada nilai kelembaban tanah. Hasil penelitian ini ialah menghasilkan alat penentuan kelembaban tanah dengan menggunakan 2 sensor kelembaban tanah Capacitive Soil Moisture V2.0 serta LCD yang menampilkan hasil kelembaban.

Correspondent Email:

aldihardi.14@gmail.com

Abstract. Farming is something that is usually done by Indonesian people. However, usually the problem that arises is that we often don't know the good soil conditions for the plants we have. Sometimes we don't know when the plant needs water. This study aims to design a system for determining soil moisture so that it can help farmers to see if the soil condition is good or not. This tool is designed using the Arduino Uno microcontroller as its main component. This study applies the fuzzy logic method. Which focuses on soil moisture values. The results of this research are to produce a tool for determining soil moisture using 2 Capacitive Soil Moisture V2.0 soil moisture sensors and an LCD that displays humidity results.

1. PENDAHULUAN

Bercocok tanam merupakan hal yang biasa dilakukan oleh masyarakat Indonesia. Namun, biasanya permasalahan yang muncul adalah sering kali kita tidak tahu kondisi tanah yang baik untuk tanaman yang kita miliki.

Terkadang kita tidak tahu kapan tanaman itu membutuhkan air sedangkan air adalah unsur penting bagi makhluk hidup salah satunya tanaman baik sayur, bunga, pohon, maupun semak. Apabila tidak mendapatkan cukup air tanaman akan mati, begitupun sebaliknya

tanaman akan mati jika terlalu sering disiram air.

Saat ini perkembangan teknologi memungkinkan banyaknya alat yang bisa membantu aktivitas manusia agar dapat mengoptimalkan waktu dengan lebih baik. Mengukur kelembaban tanah pada tumbuhan adalah cara yang lebih efisien untuk mengetahui apakah tanaman tersebut kekurangan air atau tidak, dengan cara ini tumbuhan yang kita miliki tidak akan cepat mati karena kita tahu kapan tumbuhan itu membutuhkan air atau tidaknya. Berdasarkan uraian diatas maka pada tugas akhir ini, akan dirancang sebuah alat menentukan kelembaban tanah menggunakan metode logika fuzzy. Adapun parameter utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Capacitive Soil Moisture Sensor V2.0 (kelembaban tanah). Dengan metode logika fuzzy maka nilai kelembaban tanah akan diolah sehingga diperoleh kumpulan nilai hasil dari metode tersebut. Dengan alat ini, diharapkan dapat membantu manusia dalam akurasi menentukan lembab atau tidaknya suatu tanah pada tanaman yang kita rawat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kelembaban

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang terdiri dari mineral, bahan organik dan bahan lain yang terbentuk oleh proses geologi dan biologi. Tanah memiliki sifat fisik, kimia, dan biologi yang mempengaruhi ketersediaan air dan unsur hara bagi tanaman, serta proses hidrologi seperti limpasan permukaan dan limpasan air tanah. Tanah juga berperan dalam menyediakan habitat bagi berbagai mikroorganisme, serangga, dan hewan lainnya. Berbagai faktor lingkungan seperti suhu, curah hujan, topografi, dan jenis tanah dapat mempengaruhi sifat tanah.[2].

2.2. Tanah

Tanah adalah lingkungan yang sangat kompleks yang diciptakan oleh interaksi faktor fisik, kimia, biologi dan geologi. Tanah memainkan peran yang sangat penting dalam menyediakan sumber daya alam, menjaga keanekaragaman hayati, mengatur siklus air dan menyimpan karbon. Tanah adalah campuran kompleks dari mineral, bahan organik, dan bahan lain yang penting bagi kehidupan

manusia dan lingkungan. Tanah memiliki banyak fungsi antara lain mendukung pertumbuhan tanaman, menyimpan air dan unsur hara, serta menyediakan habitat bagi mikroorganisme dan organisme hidup lainnya.[3]. Menggunakan pupuk organik dan praktik konservasi tanah dapat membantu mengurangi degradasi lahan dan meningkatkan produktivitas pertanian. Namun, penerapan praktik ini memerlukan dukungan dan kolaborasi semua pemangku kepentingan, termasuk petani kecil, pemerintah, serta lembaga penelitian dan pendidikan.[4].

2.3. Tanaman

Tumbuhan adalah organisme yang sengaja ditanam/ditumbuhkan dalam suatu lingkungan atau ruang dengan maksud untuk terakumulasi hingga mencapai tingkat pertumbuhan tertentu. Hampir semua jenis tumbuhan adalah tumbuhan, dan perbedaan tumbuhan dan sayuran adalah tumbuhan sengaja dibudidayakan untuk mengambil keuntungan ekonominya, sedangkan tumbuhan dapat tumbuh tanpa campur tangan manusia. [5]. Menggunakan sistem penyiraman yang tepat dapat membantu memenuhi kebutuhan air tanaman Anda secara efisien dan mengurangi risiko kekeringan. [6]. Budidaya tanaman yang baik menghasilkan tomat yang berkualitas bagus, maka perlu perawatan khusus, salah satu cara merawatnya adalah dengan memenuhi kebutuhan air yang dibutuhkan oleh tanaman. Di dalam memenuhi kebutuhan air tanaman tersebut perlu diperhatikan tingkat kelembaban tanah yang sesuai pada tanaman tomat. [7].

2.4. Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino UNO adalah sistem mikrokontroler ATmega328 berukuran kecil. ATmega328 adalah keluarga mikrokontroler Atmel RISC (Reduce Instruction Set Computing) 8-bit. Instruksi dijalankan dalam satu siklus jam osilator, jadi jika Arduino UNO menggunakan osilator kristal 16 MHz, satu instruksi memerlukan waktu $1/16,10^6$ detik. Untuk mendukung kinerjanya, Arduino UNO ini memiliki 14 digital I/O (6 pin dapat digunakan sebagai PWM) dan 6 analog input, koneksi USB, power jack, ICSP header dan tombol reset. Mikrokontroler ini dapat bekerja pada Tabel 2.1 menunjukkan spesifikasi

mikrokontroler Arduino Uno. Bahasa pemrograman Arduino Uno menggunakan bahasa pemrograman C++, yang memiliki downloader yang terpasang pada board mikrokontroler Arduino dan installer untuk menginstal bahasa pemrograman dari PC pada mikrokontroler Arduino Uno. Aplikasi mikrokontroler arduino banyak digunakan untuk industri elektronik khususnya instrumen dan sistem kontrol. [8] .



Gambar 1. Arduino Uno

2.5. Sensor Kelembaban Tanah (Capacitive Soil Moisture Sensor V2.0)

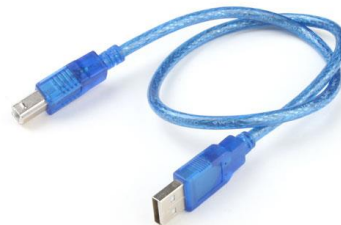
Sensor kelembaban tanah kapasitif atau sensor kelembaban tanah adalah sensor yang dapat mendeteksi jumlah kelembaban di dalam tanah. Sensor ini terdiri dari dua probe yang mengalirkan arus melalui tanah dan kemudian membaca resistansi untuk mendapatkan pembacaan air. Lebih banyak air membuat tanah lebih konduktif (hambatan rendah), sedangkan tanah kering membuat lebih sulit untuk menghantarkan listrik (hambatan tinggi). Kedua detektor ini adalah pemancar tegangan analog, harganya sangat murah. Tegangan ini diubah menjadi tegangan digital aktif di mikrokontroler. [9]



Gambar 2. Sensor Capacitive Soil Moisture

2.6. Kabel USB Arduino

Kabel USB (Universal Serial Bus) merupakan kabel untuk menghidupkan papan arduino dan juga untuk mengupload coding yang sudah dibuat pada software arduino.[8]



Gambar 3. Kabel USB

2.7. Kabel Jumper

Kabel jumper adalah istilah kecil untuk kabel pengukur tunggal yang digunakan dalam dunia elektronik untuk menghubungkan dua titik atau lebih dan juga dapat digunakan untuk menghubungkan dua komponen elektronik. Kabel digunakan sebagai koneksi antar komponen perangkat prototipe. Kabel jumper dapat dihubungkan ke pengontrol seperti Arduino Uno R3 melalui papan tempat memotong roti. Kabel bus dihubungkan ke pin GPIO (General Purpose Input/Output) Arduino Uno R3.



Gambar 4. Kabel Jumper

2.8. LCD (Liquid Crystal Display)

Layar LCD adalah pena kristal cair yang terdiri dari dua pelat kaca yang tertutup rapat di satu sisi. Cahaya yang dipantulkan tidak menembus molekul yang disejajarkan di bagian yang diaktifkan menjadi buram dan membentuk jenis data yang akan ditampilkan. [10]



Gambar 5. LCD

2.9. Fritzing

Fritzing adalah perangkat lunak bebas atau perangkat lunak yang digunakan oleh desainer, seniman, dan penggemar elektronik untuk mengembangkan berbagai peralatan elektronik. Antarmuka fritzing dibuat seinteraktif dan sesederhana mungkin agar masyarakat dapat menggunakannya. Fritz sudah ada di dalam Skema siap pakai untuk berbagai mikrokontroler Arduino dan perisai terkait.

2.10. Flowchart

Flowchart adalah alat yang sangat berguna untuk memvisualisasikan aliran proses atau algoritma dengan cara yang jelas dan mudah dipahami. Dengan menggunakan flowchart, kita dapat dengan mudah mengidentifikasi bagian-bagian dari proses yang memerlukan perbaikan atau pengoptimalan. [11]

2.11. Arduino IDE

Salah satu aplikasi yang dapat digunakan sebagai pengontrol kode dan dapat mengunduh kode ke memori adalah software Arduino IDE (Integrated Development Environment). Perangkat lunak ini open source, jadi tidak diperlukan nomor seri selama instalasi. Kelebihan software Arduino IDE adalah dilengkapi dengan contoh dan library yang menyediakan dukungan hardware. Misalnya, untuk memiliki LCD (Liquid Crystal Display), hanya diperlukan beberapa baris kode untuk dapat menampilkan teks pada LCD. [9]



Gambar 6. Arduino IDE

2.12. Logika Fuzzy

Metode ini biasanya merepresentasikan hal-hal di dunia nyata menggunakan variabel linguistik dan nilai keanggotaannya dari 0 hingga 1. Sistem logika fuzzy terdiri dari himpunan fuzzy, aturan fuzzy, dan bilangan fuzzy. [10]

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini dimulai dari mengidentifikasi masalah, perancangan sistem/alat, implementasi sistem, uji coba dan pengujian. Tujuan penelitian ini dirancang untuk mengembangkan dan menguji alat pengukur kelembaban tanah berbasis Arduino. Tahapan penelitian meliputi identifikasi masalah, perancangan/desain perangkat keras dan perangkat lunak, pengumpulan data, serta analisis hasil untuk mengetahui akurasi alat.

3.1. Analisis Masalah

Kurangnya informasi tentang kondisi tanah di suatu lokasi dapat menjadi sulit ketika

tidak ada informasi yang cukup tentang kondisi tanah seperti struktur tanah, tekstur tanah dan sifat-sifat tanah lainnya, seperti yang dijelaskan di latar belakang, masalah bagi tanaman yaitu tanah yang kita miliki tidak tahu bahwa mereka membutuhkan air yang cukup itu kapan. Penentuan kelembaban tanah dapat dilakukan dengan berbagai cara, tergantung pada kebutuhan dan tujuan nya.

3.2. Analisis Masalah Pengguna

Adapun proses penentuan kelembaban tanaman secara manual adalah sebagai berikut :

- 1) Dengan mengira-ngira lembab tanahnya dengan rutin disiram sehari dua kali.
- 2) Kemungkinan tanaman kelebihan ataupun kekurangan air hanya dilihat dari kondisi permukaan tanah kering atau tidaknya dan itu merupakan perkiraan manusia.
- 3) Kurang terkontornya kondisi tanah mengakibatkan tanama cepat mati.

3.3. Flowchart

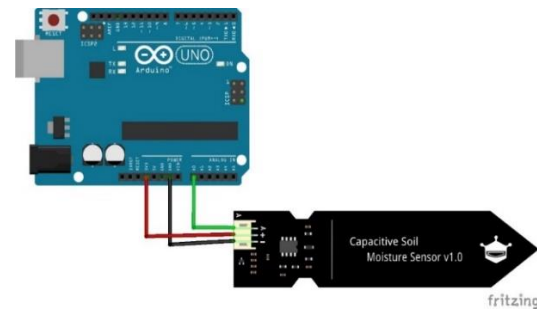
Penjelasan flowchart untuk menentukan kelembaban tanah :

- 1) Petani mengecek tanah apakah tanah kering,lembab, atau basah.
- 2) Pengecekan tanah tersebut hanya dilihat dari permukaannya saja.
- 3) Setelah dilihat dari permukaannya saja maka petani langsung menyimpulkan bahwa tanah itu baik atau tidak.

3.4. Kelayakan Teknologi

Secara teknologi yang sudah maju perangkat ini layak digunakan dan diimpelentasikan karena merupakan pengembangan dari teknologi yang sedang maju. Perangkat ini menggunakan Arduino Uno sebagai komponen utama atau otak pengendaliannya. Begitu juga teknologi ini dapat berjalan berdasarkan penentuan kelembaban tanah.

3.5. Perancangan Capacitive Soil

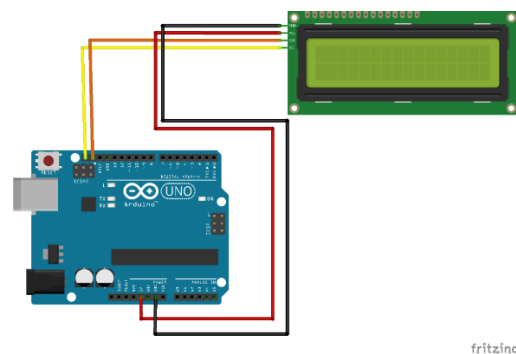


Gambar 7. Rancangan Capacitive Soil

Penjelasan gambar 7 :

- 1) Port 5V pada arduino dihubungkan menggunakan kabel jumper berwarna merah ke port VCC yang terdapat pada sensor kelembaban tanah.
- 2) Port GND pada arduino dihubungkan menggunakan kabel jumper berwarna hitam ke port GND yang terdapat pada sensor kelembaban tanah.
- 3) Port A0 pada arduino dihubungkan menggunakan kabel jumper berwarna hijau ke port AUOT yang terdapat pada sensor kelembaban tanah.

3.6. Rancangan LCD16x2



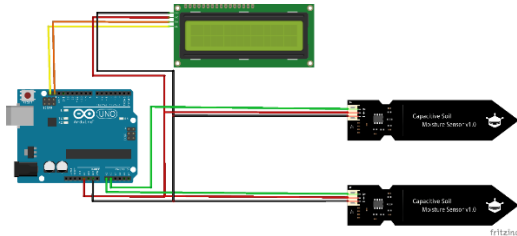
Gambar 8. Rancangan LCD16x2

Penejelasan gambar 8 :

- 1) Port 5V pada arduino dihubungkan menggunakan kabel jumper berwarna merah ke port VCC yang terdapat pada LCD.
- 2) Port GND pada arduino dihubungkan menggunakan kabel jumper berwarna hitam ke port GND yang terdapat pada LCD.
- 3) Port I2C pada arduino dihubungkan menggunakan kabel jumper berwarna orange ke port SDA yang terdapat pada LCD.

- 4) Port I2C pada arduino dihubungkan menggunakan kabel jumper berwarna kuning ke port SCL yang terdapat pada LCD.

3.7. Rancangan Penentuan Kelembaban

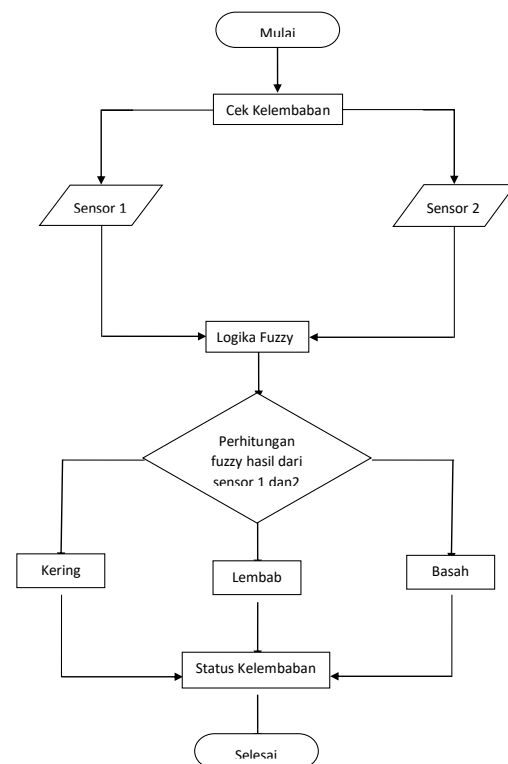


Gambar 9. Rancangan Penentuan Kelembaban

Penjelasan gambar 9:

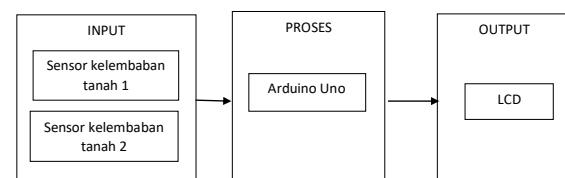
- 1) Port 5V pada arduino dihubungkan menggunakan kabel jumper berwarna merah ke port VCC yang terdapat pada LCD dan kelembaban tanah.
- 2) Port GND pada arduino dihubungkan menggunakan kabel jumper berwarna hitam ke port GND yang terdapat pada LCD dan kelembaban tanah.
- 3) Port A0 pada arduino dihubungkan menggunakan kabel jumper berwarna hijau ke port AUOT yang terdapat pada sensor kelembaban tanah.
- 4) Port A1 pada arduino dihubungkan menggunakan kabel jumper berwarna hijau ke port AUOT yang terdapat pada sensor kelembaban tanah.
- 5) Port I2C pada arduino dihubungkan menggunakan kabel jumper berwarna orange ke port SDA yang terdapat pada LCD.
- 6) Port I2C pada arduino dihubungkan menggunakan kabel jumper berwarna kuning ke port SCL yang terdapat pada LCD.

3.8. Flowchart Sistem



Gambar 10. Flowchat Sistem

3.9. Blok Diagram

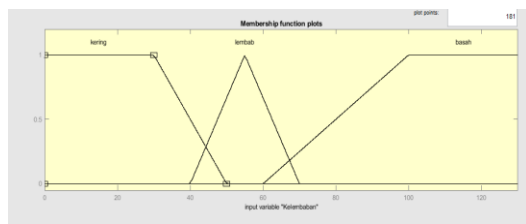


Gambar 11. Blok Diagram

3.10. Metode Fuzzy

Dalam pengambilan keputusan terhadap kondisi tanah dan suhu di sekitar tanaman menggunakan metode fuzzy mamdani, digunakanlah sensor kelembaban dan suhu sebagai pengukur ph dan derajat pada tanaman.[12] Tahap awal dari prosedur metode fuzzy mamdani adalah pembentukan himpunan fuzzy atau istilah lainnya adalah fuzzifikasi. Fuzzifikasi adalah proses yang dilakukan dengan mentransformasikan input himpunan tegas (crisp) ke dalam himpunan fuzzy.

- 1) Variabel Input Kelembaban
Variabel kondisi kelembaban dalam tanah dibagi menjadi tiga bagian yaitu : kering, lembab, dan basah.



Gambar 12. Keanggotaan Kelembaban

Nilai keanggotaan pada sensor kelembaban tanah :

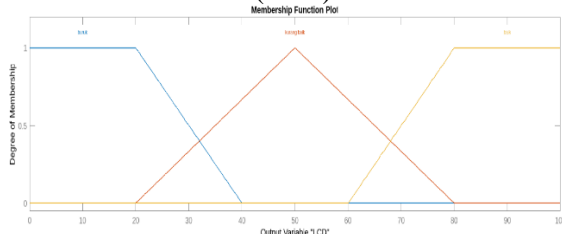
$$\begin{aligned} 0 &= x \geq 50 & 0 &= \\ x \leq 40 \text{ atau } x \geq 70 & \mu_{\text{kering}}[x] = (50-x)/(50-40) & \mu_{\text{le}} \\ \mu_{\text{mbab}}[x] &= (70-x)/(70-60) & 1 = x \geq 50 \text{ atau } x \leq 70 \\ 1 &= x \leq 40 & 0 \\ &= x \leq 60 \text{ atau } x \geq 100 & \\ \mu_{\text{basah}}[x] &= (x-60)/(70-60) & 1 = x \geq 70 \text{ atau } x \leq 100 \end{aligned}$$

Tiap variabel tersebut mempunyai jangkauan yang beragam. Adapun tabel nilai keanggotaan kelembaban sebagai berikut :

NO.	Kondisi	Kelembaban
1.	Kering	0 - 50
2.	Lembab	40 - 70
3.	Basah	60 - 130

Tabel 1. Nilia Function Kelembaban

2) Variabel Output Penentuan kelembaban (LCD)



Gambar 13. Variabel Output

No	Kondisi	Kelembaban
1.	Buruk	0 – 40
2.	Kurang Baik	20 – 80
3.	Baik	60-100

Tabel 2. Variabel Output

3) Pembentukan Rules

Setelah menentukan fungsi keanggotaan nya input dan output, selanjutnya menentukan rules antara hasil dari sensor kelembaban.

Kelembaban 1	Kelembaban 2		
Kering Lembab Basah	Kering	Lembab	Basah
	Buruk	Kurang Baik	Buruk
	Kurang Baik	Baik	Kurang Baik
	Buruk	Kurang Baik	Buruk

Tabel 3. Rules

Fuzzy Inference System (FIS) Plot		Membership Function (MF) Editor	Rule Editor
System: mamdantype1			
Add All Possible Rules		Clear All Rules	
	Rule		
1	If sensor kelembaban1 is kering and sensor kelembaban2 is kering then LCD is buruk		
2	If sensor kelembaban1 is lembab and sensor kelembaban2 is kering then LCD is kurang baik		
3	If sensor kelembaban1 is basah and sensor kelembaban2 is kering then LCD is buruk		
4	If sensor kelembaban1 is kering and sensor kelembaban2 is lembab then LCD is kurang baik		
5	If sensor kelembaban1 is lembab and sensor kelembaban2 is lembab then LCD is baik		
6	If sensor kelembaban1 is basah and sensor kelembaban2 is lembab then LCD is kurang baik		
7	If sensor kelembaban1 is kering and sensor kelembaban2 is basah then LCD is buruk		
8	If sensor kelembaban1 is lembab and sensor kelembaban2 is basah then LCD is kurang baik		
9	If sensor kelembaban1 is basah and sensor kelembaban2 is basah then LCD is buruk		

Gambar 14. Rules Matlab

4. IMPLEMENTASI PROGRAM

Pada bagian ini akan diuraikan tentang proses pengujian dari sistem hasil analisis dan perancangan yang telah dibuat yaitu berupa pembuatan perangkat lunak dan perangkat keras. Pengujian ini meliputi komponen secara keseluruhan, serta melakukan uji coba terhadap hasil kinerja alat yang diharapkan dapat berjalan sesuai dengan yang sudah direncanakan.

4.1. Perangkat Keras

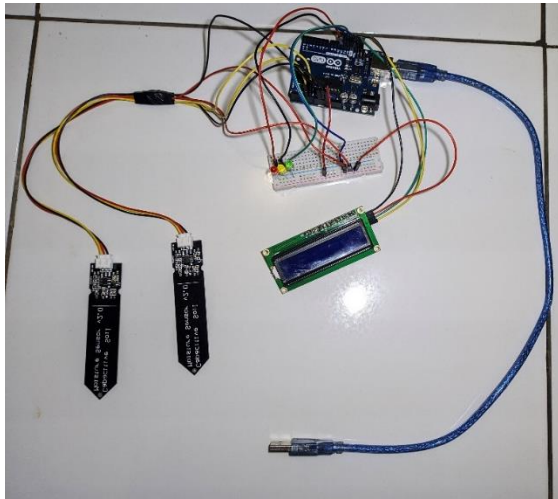
- 1) Laptop : Processor Intel(R) Pentium(R) Dual CPU T2390 1.86GHz, RAM 1,50GB, kapasitas hardisk yang dipakai
- 2) Arduino : 1 buah
- 3) Capacitive soil moisture sensor : 2 buah
- 4) Kabel USB : 1 buah
- 5) LCD 16x2 : 1 buah
- 6) Lampu led : 1 buah

4.2. Perangkat Lunak

- 1) Microsoft Windows sebagai system operasi yang digunakan.
- 2) Proses pembuatan aplikasi (coding) menggunakan bahasa C dengan bantuan aplikasi Arduino Software (IDE).

- 3) Menggunakan Microsoft Word 2013 sebagai alat bantu pengolahan kata dalam pembuatan laporan tugas akhir.
- 4) Menggunakan Fritzing sebagai alat bantu dalam simulasi rancangan arduino.

4.3. Rangkaian Penentuan Kelembaban



Gamabar 15. Rangkaian

4.4. Prototype Penentuan Kelembaban



Gamabar 16. Prototype

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian pada alat ini, maka penentuan kelembaban tanah dengan logika fuzzy berbasis arduino uno dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Alat ini dapat menentukan kelembaban tanah dengan dua sensor capacitive soil yang mana sensor tersebut akan di tanapkan ke tanah, maka akan muncul keputusan bahwa tanah itu kekurangan air ataupun kelebihan air.
- 2) Menggunakan metode logika fuzzy untuk membantu perhitungan agar penentuan kelembaban tanah menghasilkan nilai yang akurat.
- 3) Alat ini dapat digunakan untuk membantu para petani dalam pengolahan tanah serta penentuan tanah agar mendapatkan hasil tanah yang baik untuk ditanam.

Berdasarkan hasil pembahasan keseluruhan tentang penyiram tanaman otomatis, saran dari penulis untuk pengembangan ke depannya adalah sebagai berikut :

- 1) Lakukan penyesuaian sensor secara berkala untuk memastikan keakuratan pengukuran.
- 2) Lakukan pengukuran kelembaban tanah secara teratur untuk memonitor kondisi tanah secara berkala dan memastikan kelembaban tanah tetap dalam kondisi yang optimal.
- 3) Alat ini bisa dikembangkan lagi dengan cara menambahkan notifikasi baik itu dalam bentuk web atau pun android.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini. Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi perkembangan teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Panjaitan and I. Aprian Iswandana, "SISTEM MONITORING KETINGGIAN DAN KECEPATAN BANJIR MELALUI WEB DAN PERINGATAN DINI MELALUI TELEGRAM BERBASIS NODE MCU," 2022.
- [2] Rasna and S. N. Alam, "Smart Farming Berbasis Iot Pada Tanaman Cabai Untuk Pengendalian Dan Monitoring Kelembaban Tanah Dengan Metode Fuzzy," *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam CCASA*, vol. 3, pp. 25–35, 2022.

- [3] O. Kusriani, F. Ikhsan Taharu, and F. Keguruan dan Ilmu Pendidikan, "SWARNA Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat KETERAMPILAN BERCOCOK TANAM DENGAN METODE HIDROPONIK PADA SISWA TK MIZAN KOTA BAUBAU," 2022.
- [4] Z. Rochman *et al.*, "Bercocok Tanam Hidroponik Dengan Metode Rakit Apung" UMSIDA PRESS.
- [5] M. Alqamari, A. Alridiwersah, and ..., "Optimalisasi Lahan Pekarangan sebagai Sentral Tanaman Sayuran pada Kelompok Ibu-ibu Pengajian," *ABDI SABHA (Jurnal ...)*, pp. 166–174, 2021.
- [6] R. Ekawati, L. H. Saputri, A. Kusumawati, L. Paongan, and P. S. V. R. Ingesti, "Optimalisasi Lahan Pekarangan dengan Budidaya Tanaman Sayuran sebagai Salah Satu Alternatif dalam Mencapai Strategi Kemandirian Pangan," *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*, vol. 5, no. 1, p. 19, 2021, doi: 10.20961/prima.v5i1.42397.
- [7] M. K. IMAM, E. PERMATA, and D. DESMIRA, "Sistem Kontrol Penyiram Otomatis Tanaman Tomat menggunakan Wemos D1 R1," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 10, no. 4, p. 815, 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i4.815.
- [8] T. Widodo, B. Irawan, A. T. Prastowo, and A. Surahman, "Sistem Sirkulasi Air Pada Teknik Budidaya Bioflok Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO R3," *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2020, doi: 10.33365/jtikom.v1i2.12.
- [9] M. Al and A. Rosyid, "Sistem Monitoring Dan Kendali Alat Pengaturan Budidaya Bibit Cabai Berbasis Website," vol. 2, no. 2, pp. 32–43, 2022.
- [10] S. B. Mursalin, H. Sunardi, and Z. Zulkifli, "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Menggunakan Logika Fuzzy," *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, vol. 11, no. 1, pp. 47–54, 2020, doi: 10.36982/jig.v11i1.1072.
- [11] A. D. A. N. Flowchart, "Johan Reza Fauzi," no. 20330044, 2020.
- [12] N. Nurjannah, M. Muchtar, S. Sarimuddin, K. Sya'ban, R. Karim, and M. N. Al Jum'ah, "PERANCANGAN SMART TRASH BIN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY BERBASIS ARDUINO DI SDN 5 MAWASANGKA, BUTON TENGAH," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4358.