

Puja Perlista Widyla¹⁾, Sri Widoretno²⁾, Mukhlison³⁾
**OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DENGAN SISTEM KONTROL JARAK JAUH**
Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 106-117

**OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DENGAN SISTEM KONTROL JARAK JAUH**

Puja Perlista Widyla¹⁾, Sri Widoretno²⁾, Mukhlison³⁾

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Balitar; JL. Imam Bonjol No. 16, Jl.
Majapahit No.2- 4, Sananwetan, Kec. Sananwetan, Kota Blitar, Jawa Timur 66137; telp.0342-
813145/Fax. 0342-813145
Email : pwpuja@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi memberi banyak manfaat di berbagai bidang, termasuk pertanian. Penelitian ini merancang sistem penyiraman otomatis untuk budidaya bawang merah dengan metode logika fuzzy tipe Sugeno, sehingga penyiraman dapat berjalan otomatis sesuai kondisi suhu dan kelembaban tanah. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat kendali, dengan sensor suhu DHT11 dan sensor kelembaban tanah untuk membaca kondisi lingkungan. Contoh penerapan, saat suhu 31°C dan kelembaban tanah 35%, pompa menyiram selama 4000 milidetik. Sebaliknya, pada suhu 26°C dengan kelembaban 55%, durasi penyiraman dipersingkat menjadi 1000 milidetik. Ini menunjukkan sistem dapat menyesuaikan durasi penyiraman secara efisien. Hasil pengujian membuktikan perangkat bekerja baik: pompa aktif saat tanah kering dan berhenti ketika cukup lembab. Sistem juga bisa dipantau dan dikendalikan jarak jauh melalui aplikasi smartphone. Dengan alat ini, penggunaan air lebih hemat dan pertumbuhan bawang merah lebih optimal.

Kata Kunci: ESP32, *Soil Moisture Sensor*, Logika Fuzzy sugeno, Penyiraman Otomatis, Bawang Merah

ABSTRACT

Technological developments have provided numerous benefits in various fields, including agriculture. This study designed an automatic irrigation system for shallot cultivation using the Sugeno-type fuzzy logic method, enabling automatic irrigation based on soil temperature and humidity conditions. An ESP32 microcontroller was used as the control center, with a DHT11 temperature sensor and a soil moisture sensor to detect environmental conditions. For example, at a temperature of 31°C and soil humidity of 35%, the pump waters for 4000 milliseconds. Conversely, at a temperature of 26°C and humidity of 55%, the irrigation duration was shortened to 1000 milliseconds. This demonstrates the system's ability to efficiently adjust irrigation duration. Test results demonstrated effective performance: the pump activates when the soil is dry and stops when sufficiently moist. The system can also be monitored and controlled remotely via a smartphone app. This device contributes to more efficient water use and optimal shallot growth.

Keywords : ESP32, *Soil Moisture Sensor*, Sugeno Fuzzy Logic, Automatic Watering, Red Onion

PENDAHULUAN

Wilayah Penataran di Kabupaten Blitar memiliki potensi besar dalam budidaya bawang merah, namun masih banyak petani yang mengandalkan metode penyiraman manual berbasis insting, yang sering kali tidak efisien dan berdampak negatif terhadap hasil panen. Kelembaban tanah yang tidak stabil dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan hingga kerusakan tanaman. Oleh karena itu, sistem irigasi yang efisien, tepat waktu, dan terotomatisasi menjadi kebutuhan penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian.

Seiring berkembangnya teknologi, khususnya *Internet of Things* (IoT), solusi irigasi berbasis data kini memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem penyiraman secara *real-time*. Penelitian ini mengembangkan sistem irigasi otomatis untuk tanaman bawang merah menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor kelembaban tanah dan suhu. Sistem ini memanfaatkan metode logika fuzzy tipe Sugeno untuk menentukan durasi penyiraman berdasarkan kondisi lingkungan aktual. [1] [2]

Penelitian ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan sensor suhu serta kelembaban tanah, dengan metode logika *fuzzy sugeno*. Metode ini dipilih karena mampu memberikan keputusan penyiraman secara

Puja Perlista Widyla¹⁾, Sri Widoretno²⁾, Mukhlison³⁾
**OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DENGAN SISTEM KONTROL JARAK JAUH**
Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 106-117

cepat dan akurat berdasarkan parameter lingkungan seperti suhu dan kelembaban. Contohnya, *IF* suhu panas *AND* tanah kering *THEN* durasi = 4000, sehingga sistem dapat menyesuaikan durasi penyiraman secara otomatis.

Alat ini dirancang untuk menjaga kelembaban tanah tetap konstan, mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual, dan dapat dipantau melalui aplikasi atau *web*. Dengan pendekatan ini, sistem tidak hanya meningkatkan efisiensi penyiraman, tetapi juga membantu petani dalam pengambilan keputusan berbasis data, serta mengurangi pemborosan air melalui otomasi dan akurasi.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). Tujuan penelitian adalah merancang dan menguji sistem penyiraman otomatis tanaman bawang merah menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi metode logika fuzzy Sugeno. Sistem ini diharapkan mampu mengontrol proses penyiraman berdasarkan parameter lingkungan, yaitu kelembaban tanah dan suhu udara, serta memungkinkan monitoring dan pengendalian melalui aplikasi Telegram pada smartphone.

Penelitian dilaksanakan selama kurang lebih dua bulan, bertempat di Desa Penataran RT.002/RW.005, Kecamatan Nglegok, Kabupaten Blitar. Lokasi tersebut dipilih karena merupakan lahan budidaya bawang merah dan sesuai untuk uji coba sistem penyiraman otomatis.

Populasi penelitian ini mencakup tanaman bawang merah yang menjadi objek penyiraman, data sensor berupa kelembaban tanah dan suhu, serta sistem kendali berbasis mikrokontroler ESP32. Sampel penelitian dibatasi pada beberapa titik lahan bawang merah yang digunakan sebagai objek uji, data sensor kelembaban tanah dan suhu, serta satu set perangkat keras sistem penyiraman otomatis yang terdiri dari ESP32, sensor, relay, dan pompa.

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling berkesinambungan. Pada tahap persiapan, peneliti melakukan studi literatur untuk memperoleh referensi teoritis sekaligus menyiapkan alat dan bahan, termasuk ESP32, sensor DHT11, sensor kelembaban tanah, relay, serta pompa air. Selanjutnya, tahap perancangan sistem meliputi penyusunan desain perangkat keras dan perangkat lunak, pemrograman mikrokontroler dengan Arduino IDE, serta integrasi sistem monitoring melalui aplikasi Telegram. Tahap implementasi dan pengujian dilakukan dengan menjalankan sistem pada lahan bawang merah untuk membaca kondisi tanah dan suhu. Data dari sensor kemudian diproses menggunakan metode logika fuzzy Sugeno guna menentukan durasi penyiraman yang sesuai. Proses ini dilanjutkan dengan monitoring sistem, di mana hasil uji coba dan aktivitas penyiraman dikirim secara real-time ke aplikasi Telegram agar dapat dipantau dan dievaluasi secara langsung oleh pengguna. Pada tahap evaluasi, pengujian dilakukan dalam berbagai kondisi tanah (basah dan kering) serta suhu (rendah dan tinggi) untuk menilai akurasi keputusan fuzzy, efisiensi penyiraman, dan keandalan sistem notifikasi.

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dan deskriptif melalui beberapa langkah. Pertama, hasil pembacaan sensor kelembaban tanah dan suhu dicatat dalam berbagai kondisi lingkungan. Selanjutnya, keputusan penyiraman yang dihasilkan sistem (output fuzzy Sugeno) dibandingkan dengan kondisi aktual lahan untuk mengukur tingkat kesesuaian. Analisis juga dilakukan terhadap akurasi data sensor, konsistensi logika fuzzy dalam menentukan durasi penyiraman, serta efektivitas sistem monitoring melalui Telegram. Dari hasil evaluasi tersebut, dapat ditarik kesimpulan mengenai kinerja sistem penyiraman otomatis sebagai penerapan smart farming pada budidaya tanaman bawang merah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas proses perancangan dan pengujian alat penyiraman otomatis untuk mengetahui kinerja sistem secara menyeluruh. Pengujian ini penting sebagai dasar dalam menarik kesimpulan dari hasil penelitian. Sistem bekerja dengan mikrokontroler ESP32 dan metode logika fuzzy sugeno.

Saat sistem diaktifkan, ESP32 akan membaca data dari sensor kelembaban tanah. Data ini kemudian diproses oleh logika fuzzy untuk menentukan apakah tanaman memerlukan penyiraman, sekaligus menghitung durasi penyiramannya. Jika penyiraman dibutuhkan, ESP32 mengaktifkan pompa air melalui modul relay secara otomatis. Setelah itu, informasi mengenai nilai sensor dan status pompa dikirimkan ke

Puja Perlista Widyla¹⁾, Sri Widoretno²⁾, Mukhlison³⁾
OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DENGAN SISTEM KONTROL JARAK JAUH
Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 106-117

aplikasi Telegram, sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem secara *real-time*. Seluruh proses berjalan secara berulang agar kelembaban tanah tetap berada dalam kondisi optimal..

Implementasi *Fuzzy sugeno*

Sistem penyiraman otomatis ini menerapkan logika *fuzzy tipe Sugeno* untuk menentukan lama waktu penyiraman berdasarkan pembacaan dua sensor, yaitu sensor suhu udara (DHT11) dan sensor kelembaban tanah (*soil moisture*). Proses pengambilan keputusan dengan logika *fuzzy* melibatkan tiga tahapan utama, yakni *fuzzifikasi*, *inferensi* (implikasi), dan *defuzzifikasi*.

Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses mengubah data numerik menjadi nilai derajat keanggotaan dalam kategori yang mencerminkan logika manusia. Nilai suhu dan kelembaban tanah dari sensor diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu :

- suhu (rendah, sedang, tinggi) dan
- kelembaban tanah (kering, cukup, basah).

Masing-masing kategori didefinisikan dengan fungsi keanggotaan segitiga. Misalnya, suhu < 22°C termasuk suhu rendah dan turun derajatnya hingga nol pada suhu 29°C. Contoh lain, suhu 28°C bisa dianggap sedang, sedangkan tanah dengan kelembaban 45% mungkin agak kering. Jika suhu 26°C, maka nilai keanggotaannya adalah suhu rendah = 0,43, sedang = 0,57, tinggi = 0, yang berarti suhu tersebut cenderung sedang namun masih memiliki sedikit karakteristik suhu rendah.

```
float suhu_rendah = (suhu <= 22) ? 1 :  
    (suhu <= 29) ? (29 - suhu) / 7.0 : 0;  
float suhu_sedang = (suhu >= 22 &&  
    suhu <= 29) ? (suhu - 22) / 7.0 : (suhu >  
    29 && suhu < 35) ? (35 - suhu) / 6.0 : 0;  
float suhu_tinggi = (suhu >= 30) ?  
    min((suhu - 30) / 10.0, 1.0) : 0;
```

Hal serupa juga terjadi untuk kelembaban tanah

```
float tanah_kering = (tanah <= 40) ? 1 :  
    (tanah < 50) ? (50 - tanah) / 7.0 : 0;  
float tanah_cukup = (tanah >= 40 && tanah  
    <= 50) ? (tanah - 40) / 12.0 : (tanah > 50 &&  
    tanah <= 60) ? (60 - tanah) / 10.0 : 0;  
float tanah_basah = (tanah >= 50) ?  
    min((tanah - 50) / 15.0, 1.0) : 0;
```

Dengan demikian, setiap input seperti suhu dan kelembaban diubah ke dalam bentuk istilah yang sesuai dengan penalaran manusia, seperti rendah, sedang, atau tinggi.

Implikasi (*Interference*)

Tahap implikasi atau *inferensi* adalah proses menentukan aturan (*rule base*) yang sesuai berdasarkan nilai *fuzzy* dari input. Aturan-aturan ini disusun menggunakan pendekatan logika manusia. Setelah diketahui kecocokan suhu dan kelembaban tanah dengan tiap kategori, sistem menerapkan aturan logika *fuzzy* yang relevan.

Puja Perlista Widyla¹⁾, Sri Widoretno²⁾, Mukhlison³⁾
OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DENGAN SISTEM KONTROL JARAK JAUH
Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 106-117

```
// Aturan Sugeno:  
// Rule 1: suhu tinggi & tanah kering =  
4000 ms  
// Rule 2: suhu sedang & tanah kering =  
3500 ms  
// Rule 3: suhu rendah & tanah kering =  
2500 ms  
// Rule 4: suhu rendah & tanah cukup =  
1500 ms  
// Rule 5: suhu sedang & tanah cukup =  
1500 ms  
// Rule 6: suhu tinggi & tanah cukup = 2000  
ms  
// Rule lainnya: tanah basah semua suhu =  
0 ms (tidak menyiram)
```

Setiap aturan memiliki tingkat aktivasi yang diperoleh dari hasil perkalian derajat keanggotaan suhu dan kelembapan tanah yang telah dihitung sebelumnya. Sebagai contoh: Jika suhu tinggi memiliki nilai 0,8 dan tanah kering bernilai 0,6, maka aturan pertama diaktifkan dengan nilai $0,8 \times 0,6 = 0,48$.

```
w1 = suhu_tinggi * tanah_kering;  
w2 = suhu_sedang * tanah_kering;
```

Aturan fuzzy pertama menyatakan: "Jika suhu dalam kondisi tinggi dan tanah dalam kondisi kering", sedangkan aturan kedua menyatakan: "Jika suhu dalam kondisi sedang dan tanah dalam kondisi kering". Tingkat kontribusi atau kekuatan dari masing-masing aturan dihitung dengan mengalikan nilai derajat keanggotaan suhu dan kelembapan tanah yang sesuai. Nilai-nilai seperti w_1 , w_2 , dan seterusnya disebut sebagai bobot aturan, yang merepresentasikan seberapa besar pengaruh masing-masing aturan terhadap kondisi yang sedang diamati.

Defuzzifikasi adalah proses mengubah hasil aturan fuzzy menjadi nilai nyata. Setelah diketahui aturan yang aktif dan seberapa besar pengaruhnya, langkah berikutnya adalah menentukan durasi penyiraman, yaitu berapa lama pompa air harus menyala. Menggunakan metode Sugeno, setiap aturan menghasilkan *output* berupa nilai konstan dalam satuan milidetik. Nilai akhir dihitung menggunakan rata-rata tertimbang dari seluruh aturan yang aktif. Contohnya:

- Aturan 1 (suhu tinggi & tanah kering): 4000 ms;
- Aturan 2 (suhu tinggi & tanah cukup): 2000 ms;
- Aturan 4 (suhu sedang & tanah kering): 3500 ms;
- Aturan 5 (suhu sedang & tanah cukup): 1500 ms;
- Aturan 6 dan 9 (tanah basah): 0 ms.

Seluruh nilai *output* dari aturan aktif dikombinasikan menggunakan perhitungan rata-rata berbobot untuk menghasilkan keputusan akhir.

```
float result = (w1*z1 + w2*z2 + w3*z3  
+ w4*z4 + w5*z5 + w6*z6 + w7*z7 +  
w8*z8 + w9*z9) / totalW;
```

Keterangan:

w_i = bobot atau tingkat kekuatan aturan ke- i ;

z_i = *output* tetap dari aturan ke- i (dalam milidetik);

Total W = jumlah seluruh bobot dari aturan yang aktif

Puja Perlista Widyla¹⁾, Sri Widoretno²⁾, Mukhlison³⁾
OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DENGAN SISTEM KONTROL JARAK JAUH
Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 106-117

Nilai akhir dihitung menggunakan metode *Sugeno*, yaitu dengan mencari rata-rata berbobot dari semua *output* aturan aktif. Hasil akhir dikonversi ke bentuk integer dan digunakan untuk menentukan durasi penyalaan pompa. Contoh Kasus :

Sensor membaca:

- Suhu = 28°C → kategori Normal (keanggotaan 0,85) dan sedikit Dingin (0,15)
- Kelembaban tanah = 42% → kategori Kering (0,6) dan Cukup (0,4)

Aturan aktif dan bobotnya:

R4 (Normal & Kering): $w_4 = 0,85 \times 0,6 = 0,51$, $z_4 = 3500$

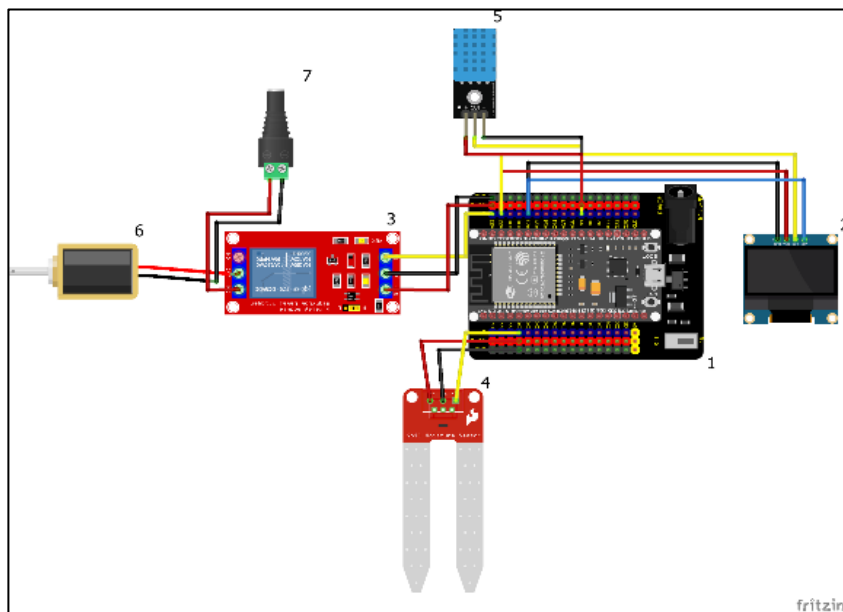
R5 (Normal & Cukup): $w_5 = 0,85 \times 0,4 = 0,34$, $z_5 = 1500$

R7 (Dingin & Kering): $w_7 = 0,15 \times 0,6 = 0,09$, $z_7 = 2500$

R8 (Dingin & Cukup): $w_8 = 0,15 \times 0,4 = 0,06$, $z_8 = 1500$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan defuzzifikasi untuk memperoleh durasi penyiraman akhir berdasarkan kombinasi bobot dan *output* masing-masing aturan.

Komponen utama yang digunakan meliputi ESP32 WROOM sebagai mikrokontroler, sensor suhu dan kelembaban DHT11, sensor kelembaban tanah, relay 1 channel, pompa air 5V, LCD OLED untuk tampilan, serta adaptor sebagai sumber daya. Gambar berikut ini merupakan skema rangkaian dari sistem di penelitian ini:



Gambar 1 Wiring Rangkaian

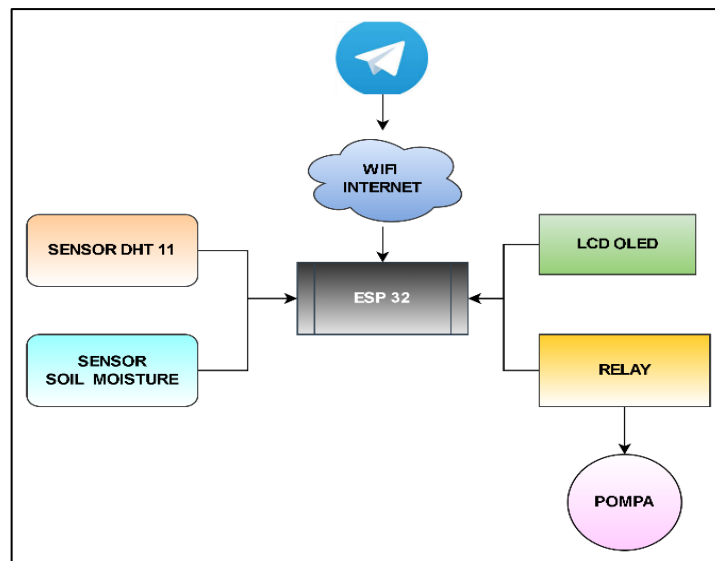
Pada sistem ini, ESP32 berperan sebagai pusat kendali utama yang membaca data suhu dari DHT11 (melalui pin digital GPIO 4) dan kelembaban tanah (melalui pin analog GPIO 34). Data sensor tersebut digunakan sebagai input dalam sistem logika *fuzzy* (metode Sugeno) untuk menentukan lama penyiraman berdasarkan kondisi aktual. *Output* sistem dikirim ke modul relay untuk mengaktifkan atau mematikan pompa. Informasi juga ditampilkan melalui layar OLED dan dikirim ke Telegram untuk pemantauan jarak jauh.

Prinsip kerja sistem ini dimulai dengan ESP32 membaca data suhu dari sensor DHT11 dan kelembaban tanah dari *sensor soil moisture*. Data tersebut diproses menggunakan logika *fuzzy* metode Sugeno untuk menentukan durasi penyiraman berdasarkan kondisi yang terdeteksi. Hasil perhitungan digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa melalui modul relay. Informasi sistem juga ditampilkan di layar OLED dan dikirim ke Telegram agar dapat dipantau dari jarak jauh.

Blok Diagram Sistem

Puja Perlista Widyla¹⁾, Sri Widoretno²⁾, Mukhlison³⁾
**OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DENGAN SISTEM KONTROL JARAK JAUH**
Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 106-117

Sistem pada penelitian ini menggunakan sumber daya dari baterai atau *power supply* untuk mengaktifkan seluruh komponen. ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang memproses input dan menghasilkan *output* berupa perintah ke *relay*, yang berfungsi sebagai saklar untuk mengaktifkan pompa DC penyiram. Sensor kelembaban tanah dan sensor suhu mengirimkan data ke ESP32 sebagai input utama. *Relay* mengatur kerja pompa sesuai perintah dari mikrokontroler. *Power supply* menyuplai tegangan ke ESP32, sementara aplikasi Telegram digunakan untuk memantau sistem secara *real-time* oleh pengguna. Berikut merupakan blok diagram sistemnya :



Gambar 2 Skema Rangkaian

Perancangan perangkat keras sistem ini dilakukan untuk memastikan alat penyiraman otomatis bekerja sesuai fungsinya dan layak untuk diterapkan. Pengujian dilakukan pada media tanah menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali, dengan logika *fuzzy sugeno* sebagai pengatur durasi penyiraman berdasarkan data dari sensor suhu dan kelembaban tanah. Sebelum perakitan, seluruh komponen disiapkan dan dipasang sesuai dengan skema rangkaian. ESP32 membaca data dari sensor DHT11 dan sensor kelembaban tanah, lalu menentukan kapan pompa air perlu diaktifkan melalui modul relay.

Setiap komponen memiliki fungsi terintegrasi dengan ESP32. Sensor kelembaban tanah terhubung ke GPIO 34 sebagai input analog, dan mendeteksi kadar air dalam media tanam. Sensor DHT11 terhubung ke GPIO 4 dan memberikan data suhu dan kelembaban udara secara digital. Data dari kedua sensor digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan penyiraman.

Output sistem ditampilkan secara *real-time* melalui layar OLED 0.96 inch yang menggunakan komunikasi I2C (SDA ke GPIO 21, SCL ke GPIO 22). Sementara itu, modul relay dikontrol oleh GPIO 23 untuk mengaktifkan atau mematikan pompa air. Pompa hanya menyala saat relay menerima sinyal aktif dari ESP32. Daya untuk sistem disuplai menggunakan adaptor 5V, dengan satu adaptor khusus untuk pompa.

Secara keseluruhan, sistem ini mengukur kondisi lingkungan menggunakan sensor, memproses data dengan logika *fuzzy* di ESP32, lalu secara otomatis mengatur penyiraman. Data dan status sistem ditampilkan melalui OLED agar pengguna dapat memantau langsung kondisi alat tanpa bantuan aplikasi tambahan.

Puja Perlista Widyla¹⁾, Sri Widoretno²⁾, Mukhlison³⁾
OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DENGAN SISTEM KONTROL JARAK JAUH
Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 106-117



Gambar 3 Hasil Rancangan Alat

Pengujian ini bertujuan mengevaluasi kinerja sistem penyiraman otomatis yang menggunakan logika *fuzzy sugeno*. Keputusan penyiraman diambil berdasarkan pembacaan suhu udara dan kelembaban tanah dari sensor DHT11 dan soil moisture sensor. Sistem ini menerapkan sembilan rule *fuzzy* yang dibentuk dari kombinasi nilai suhu dan kelembaban tanah untuk menentukan durasi dan kebutuhan penyiraman.

Tabel 1 Rule Fuzzy Sugeno yang digunakan

NO	Sensor DHT 11 (°C)	Sensor Kelembaban (%)	Kondisi Suhu	Kondisi Tanah	Kondisi Pompa
1	>30–40	<40	Panas	Kering	ON 4000ms
2	>30–40	40–50	Panas	Cukup	ON 2000ms
3	>30–40	>50–65	Panas	Basah	OFF
4	22–29	< 40	Normal	Kering	ON3500ms
5	22–29	40–50	Normal	Cukup	ON 1500ms
6	22–29	>50–65	Normal	Basah	OFF
7	< 22	< 40	Dingin	Kering	ON 2500ms
8	< 22	40–50	Dingin	Cukup	ON 1500ms
9	< 22	>50–65	Dingin	Basah	OFF

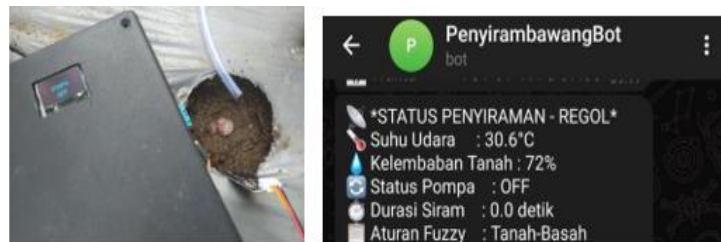
Pengujian dilakukan selama 30 hari berturut-turut di lahan pertanian yang terletak di Desa Penataran, Kecamatan Nglegok, Kabupaten Blitar. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja sistem irigasi otomatis yang dirancang menggunakan logika *fuzzy sugeno*.

Puja Perlista Widyla¹⁾, Sri Widoretno²⁾, Mukhlison³⁾
**OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DENGAN SISTEM KONTROL JARAK JAUH**
Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 106-117

Sistem tersebut diharapkan mampu mendeteksi kondisi suhu udara dan kelembaban tanah secara *real-time*, kemudian mengambil keputusan penyiraman secara otomatis, baik dalam bentuk aktivasi atau nonaktivasi pompa air (*ON/OFF*), serta menentukan durasi penyiraman secara proporsional sesuai kondisi lingkungan. Selain itu, sistem juga dirancang untuk menampilkan status penyiraman melalui layar OLED dan mengirimkan notifikasi secara langsung ke aplikasi Telegram sebagai bagian dari integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT).

Sistem irigasi otomatis yang diuji dalam penelitian ini menggunakan dua parameter input utama, yaitu suhu udara (dalam °C) dan kelembaban tanah (dalam %). Berdasarkan kombinasi dari kedua input tersebut, sistem mengacu pada enam aturan *fuzzy* utama (*rule*) yang didasarkan pada kategori suhu (rendah, sedang, panas) dan kelembaban (basah, cukup, kering). Melalui mekanisme logika *fuzzy sugeno*, sistem menentukan apakah pompa air perlu diaktifkan (*ON*) selama durasi tertentu dalam satuan milidetik, atau tidak diaktifkan sama sekali (*OFF*) apabila penyiraman dianggap tidak diperlukan.

Gambar berikut akan menunjukkan sistem irigasi otomatis berbasis logika *fuzzy* yang memantau suhu dan kelembaban tanah.



Gambar 4 Hasil Pengujian Hari ke-7

Hasil pengujian lapangan selama 30 hari menunjukkan bahwa pada 22 hari (73,3%), sistem mengambil keputusan penyiraman yang sesuai dengan aturan *fuzzy* yang telah dirancang. Sementara itu, pada 8 hari (26,7%) ditemukan anomali, baik dalam bentuk durasi penyiraman yang tidak proporsional maupun keputusan OFF pada kondisi yang seharusnya memerlukan penyiraman. Durasi penyiraman otomatis yang terekam selama pengujian bervariasi, dengan nilai maksimum sebesar 4000 milidetik (pada kondisi Panas–Kering), durasi minimum sebesar 1275 milidetik (pada kondisi Sedang–Cukup), dan rata-rata durasi penyiraman sekitar 2450 milidetik pada kasus ON.

Tabel 2 Hasil Pengujian 30 Hari

Day	Tanggal	Waktu (WIB)	Sensor DHT 11	Sensor Soil	Kondisi Fuzzy	Kondisi Pompa	Eval Rule	Notif Tele
1	17 Mei 2025	10.30	35,3	36	Panas – Kering	ON 4000ms	✓ Rule 1	✓
2	18 Mei 2025	10.20	35,4	66	Panas – Basah	OFF	✓ Rule 3	✓
3	19 Mei 2025	10.25	33,3	47	Panas – Cukup	ON 2597 ms	✓ Rule 2	✓
4	20 Mei 2025	10.45	32,8	66	Panas – Basah	OFF	✓ Rule 3	✓

Puja Perlista Widyla¹⁾, Sri Widoretno²⁾, Mukhlison³⁾
OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DENGAN SISTEM KONTROL JARAK JAUH
Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 106-117

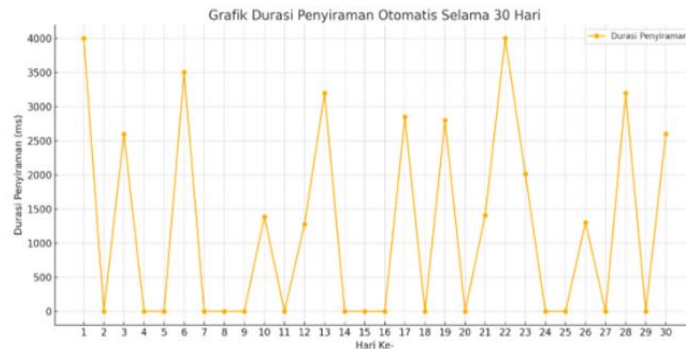
Day	Tanggal	Waktu (WIB)	Sensor DHT 11	Sensor Soil	Kondisi Fuzzy	Kondisi Pompa	Eval Rule	Notif Tele
5	21 Mei 2025	11.05	35,4	60	Panas – Cukup	OFF	X Harusnya Rule 2	✓
6	22 Mei 2025	11.20	29,2	42	Sedang – Kering	ON 3503ms	✓ Rule 4	✓
7	23 Mei 2025	09.45	30,6	72	Panas – Basah	OFF	✓ Rule 3	✓
8	24 Mei 2025	08.30	35,4	60	Panas – Cukup	OFF	X Harusnya Rule 2	✓
9	25 Mei 2025	10.10	35,0	60	Panas – Basah	OFF	✓ Rule 3	✓
10	26 Mei 2025	11.00	28,0	58	Sedang – Cukup	ON 1387ms	✓ Rule 5	✓
11	27 Mei 2025	12.30	27,2	64	Sedang – Basah	OFF	✓ Rule 6	✓
12	28 Mei 2025	11.07	29,1	56	Sedang– Cukup	ON 1275ms	✓ Rule 5	✓
13	29 Mei 2025	10.25	31,3	43	Panas – Cukup	ON 3200 ms	X Harusnya Rule 2	✓
14	30 Mei 2025	10.16	33,0	64	Panas – Basah	OFF	✓ Rule 3	✓
15	31 Mei 2025	9.45	27,0	61	Sedang – Basah	OFF	✓ Rule 6	✓
16	1 Juni 2025	10.40	23,7	65	Rendah – Basah	OFF	✓ Rule 6	✓
17	2 Juni 2025	12.05	35,5	59	Panas – Cukup	ON 2850 ms	X Harusnya Rule 2	✓
18	3 Juni 2025	11.20	35,5	70	Panas – Basah	OFF	✓ Rule 3	✓

Puja Perlista Widyla¹⁾, Sri Widoretno²⁾, Mukhlison³⁾
OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DENGAN SISTEM KONTROL JARAK JAUH
Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 106-117

Day	Tanggal	Waktu (WIB)	Sensor DHT 11	Sensor Soil	Kondisi Fuzzy	Kondisi Pompa	Eval Rule	Notif Tele
19	4 Juni 2025	10.25	33,2	46	Panas – Cukup	ON 2800 ms	X Harusnya Rule 2	✓
20	5 Juni 2025	13.50	34,9	63	Panas – Basah	OFF	✓ Rule 3	✓
21	6 Juni 2025	11.40	29,5	58	Sedang – Cukup	ON 1409 ms	✓ Rule 5	✓
22	7 Juni 2025	12.45	36,0	38	Panas – Kering	ON 4000ms	✓ Rule 1	✓
23	8 Juni 2025	11.56	30,2	59	Panas – Cukup	ON 2012ms	✓ Rule 2	✓
24	9 Juni 2025	11.10	27,8	63	Sedang – Basah	OFF	✓ Rule 6	✓
25	10 Juni 2025	13.25	35,4	66	Panas – Basah	OFF	✓ Rule 3	✓
26	11 Juni 2025	11.25	28,3	52	Sedang – Cukup	ON 1300ms	✓ Rule 5	✓
27	12 Juni 2025	08.40	29,6	70	Sedang – Basah	OFF	✓ Rule 6	✓
28	13 Juni 2025	10.40	28,7	42	Sedang – Cukup	ON 3198 ms	X Harusnya Rule 5	✓
29	14 Juni 2025	09.10	27,3	66	Sedang – Basah	OFF	✓ Rule 6	✓
30	15 Juni 2025	08.30	26,0	44	Sedang – Cukup	ON 2600ms	X Harusnya Rule 5	✓

Sebagian besar ketidaksesuaian keputusan sistem terjadi pada nilai kelembaban tanah yang berada di rentang 58–60%, yaitu di ambang batas antara kategori “cukup” dan “basah”. Pada rentang ini, sistem cenderung mengalami ambiguitas dalam menentukan kategori yang tepat, sehingga berpengaruh pada hasil keputusan dan durasi penyiraman. Berikut merupakan grafik durasi penyiraman selama 30 hari:

Puja Perlista Widyla¹⁾, Sri Widoretno²⁾, Mukhlison³⁾
OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DENGAN SISTEM KONTROL JARAK JAUH
Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 106-117



Gambar 5 Grafik Penyiraman

Menunjukkan bahwa sistem bekerja secara adaptif berdasarkan kondisi suhu dan kelembaban tanah. Dari total pengujian, 80% keputusan penyiraman sesuai dengan aturan *fuzzy*, sementara 20% mengalami ketidaksesuaian, terutama pada kondisi suhu panas dan kelembaban cukup. Hal ini menunjukkan perlunya kalibrasi fungsi keanggotaan *fuzzy* pada nilai ambang. Sistem mampu memberikan respons tepat pada kondisi ekstrem (kering atau basah) dan berhasil mengirim notifikasi *real-time* via Telegram dengan tingkat keberhasilan 100%. Secara keseluruhan, sistem irigasi otomatis ini efektif dan layak digunakan untuk mendukung pertanian bawang merah yang efisien dan berbasis IoT.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan proses perancangan, penerapan, dan pengujian sistem penyiraman otomatis untuk tanaman bawang merah yang memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan metode logika *fuzzy* Sugeno, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem penyiraman otomatis berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor suhu dan kelembaban tanah, serta dilengkapi fitur pemantauan jarak jauh melalui Telegram. Sistem ini mampu membaca kondisi lingkungan secara *real-time* dan mengontrol penyiraman secara otomatis.
2. Metode logika fuzzy Sugeno diterapkan dengan baik untuk menentukan durasi penyiraman berdasarkan kombinasi suhu dan kelembaban tanah. Aturan fuzzy yang digunakan memungkinkan pengambilan keputusan adaptif sesuai kebutuhan tanaman.
3. Pengujian selama 30 hari membuktikan bahwa sistem bekerja efektif dan efisien, hanya menyiram saat tanah benar-benar kering dan berhenti otomatis ketika kelembaban mencukupi. Hal ini mendukung penghematan air, kemudahan pengawasan, dan berpotensi meningkatkan produktivitas tanaman bawang merah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nainggolan, F, "Sistem penyiram otomatis berbasis IoT," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 12, no. 1, pp. 44 - 51, 2023.
- [2] Marwondo, M., Sardjono, S. & Yonathan, M.A., "Automation watering system berbasis IoT cerdas pada bawang merah," *INTERNAL (Information System Journal)*, vol. 6, no. 2, pp. 167 - 175, 2023.
- [3] Nainggolan, F., "Sistem penyiram otomatis berbasis IoT smart home pada tanaman rumah menggunakan Arduino Atmega 328P," *Jurnal Teknologi dan Pertanian*, vol. 15, no. 2, pp. 55 - 62, 2023.
- [4] Kementerian Pertanian RI, "Panduan Budidaya Bawang Merah," *Jakarta: Kementan.*, p. 1, 2020.
- [5] Ross, T.J., "Fuzzy Logic with Engineering Applications," *Wiley*, p. 1, 2010.

Puja Perlista Widyla¹⁾, Sri Widoretno²⁾, Mukhlison³⁾
OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE
LOGIKA FUZZY DENGAN SISTEM KONTROL JARAK JAUH
Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 106-117

- [6] Buwarda, S. & Makmur, I., "Pengembangan sistem penyiraman tanaman hortikultura berbasis mikrokontroler ESP32 dan aplikasi," *Prosiding*, 2023.
- [7] E. Systems, "ESP32 Technical Reference Manual.," <https://www.espressif.com>, 2022.
- [8] Algorista.com, "Sensor Soil Moisture.," <https://www.algorista.com>, 2020