

**RANCANG BANGUN ALAT PENYIRAMAN TANAMAN TOMAT
OTOMATIS MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA *FUZZY* BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IOT)**

(SKRIPSI)

Oleh:

**PINKGA NATA PRATAMA
1755031004**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

**RANCANG BANGUN ALAT PENYIRAMAN TANAMAN TOMAT
OTOMATIS MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA *FUZZY* BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IOT)**

Oleh

PINKGA NATA PRATAMA

(SKRIPSI)

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT PENYIRAMAN TANAMAN TOMAT OTOMATIS MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA *FUZZY* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)

Oleh

PINKGA NATA PRATAMA

Logika *fuzzy* adalah metode komputasi yang meniru cara berpikir manusia untuk menangani data yang tidak pasti atau ambigu. Logika *fuzzy* memperkenalkan konsep derajat keanggotaan, yang memungkinkan nilai antara 0 dan 1, mencerminkan tingkat keanggotaan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Kelembaban yang relatif diperlukan untuk tanaman Tomat adalah 80 %. Tomat membutuhkan pengairan atau penyiraman yang teratur dan terukur. Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat penyiram otomatis dengan pendeteksi kelembaban dan pH tanah. Pada penelitian ini dibuat alat penyiraman tanaman tomat otomatis menggunakan metode *fuzzy logic* berbasis *internet of things* (IoT) yang terdiri dari sensor YL-69, sensor pH tanah dan NodeMcu ESP32 sebagai pusat kendali dan kontrol. *Input* kendali logika *fuzzy* adalah kelembaban dan pH tanah pada tanaman tomat yang berukuran 1x1 meter dengan 2 tanaman. Output yang dihasilkan oleh kendali *fuzzy logic* berupa sinyal untuk mengaktifkan relay pada pompa air. Penelitian dilakukan selama 4 hari dengan 3 pengambilan data yang dilakukan pagi, siang, sore. Berdasarkan penelitian ini nilai kelembaban terendah sebesar 59% hari ketiga pada siang hari. Nilai pH tanah pada penelitian ini berkisar 6-7. Penelitian ini jika nilai kelembaban <60% maka respon pompa akan aktif dan menyiramkan air hingga kelembaban mencapai 80%. Penelitian ini terealisasi sistem kontrol dalam monitoring kelembaban tanah, pH tanah, dan kapasitas air menggunakan NodeMCU ESP32 dengan logika *fuzzy* berbasis *internet of things* dengan nilai akurasi 100%.

Kata kunci : ESP32, *Soil Moisturre* YL-69, Sensor pH tanah, *Internet of Things* (IoT), *Fuzzy Logic*

ABSTRACT**DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN AUTOMATIC TOMATO PLANT WATERING EQUIPMENT USING FUZZY LOGIC CONTROL BASED ON THE INTERNET OF THINGS (IOT)****By****PINKGA NATA PRATAMA**

Fuzzy logic is a computational method that imitates human thinking to handle uncertain or ambiguous data. Fuzzy logic introduces the concept of degree of membership, which allows values between 0 and 1, representing the degree of membership in a fuzzy set. The relative humidity required for tomato plants is 80%. Tomatoes need regular and measured watering. This research aims to create an automatic watering device with moisture and soil pH detection. In this research, an automatic tomato plant watering system was created using a fuzzy logic method based on the internet of things (IoT) consisting of a YL-69 sensor, a soil pH sensor and a NodeMcu ESP32 as a management and control center. The fuzzy logic control input is soil moisture and pH for tomato plants in a measuring 1x1 meter with 2 plants. The output produced by fuzzy logic control is in the form of a signal to activate the relay on the water pump. The research was carried out for 4 days with data collective three times a day in the morning, afternoon and evening. Based on this research, the lowest humidity value was 59% on the third day at noon. The soil pH value in this study was around 6-7. In this research, if the humidity value is <60%, the pump response will be active and pour water until the humidity reaches 80%. This research realized a control system for monitoring soil moisture, soil pH and water capacity using NodeMCU ESP32 with fuzzy logic based on the internet of things with an accuracy value of 100%.

*Keywords - ESP32, Soil Moisture YL-69, Soil pH Sensor, Internet of Things (IoT),
Fuzzy Logic*

HALAMAN PERSETUJUAN

**Judul Skripsi : RANCANG BANGUN ALAT PENYIRAMAN
TANAMAN TOMAT OTOMATIS
MENGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY
BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)**

Nama Mahasiswa : Pinkga Nata Pratama

Nomor Pokok Mahasiswa : 1755031004

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

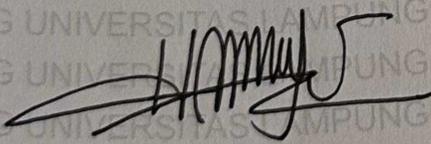


MENYETUJUI

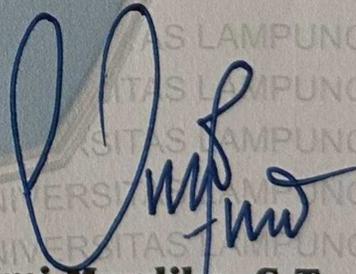
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2



Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19731004 199803 2 001



Umi Murdika, S.T., M.T.
NIP. 19720206 200501 2 002

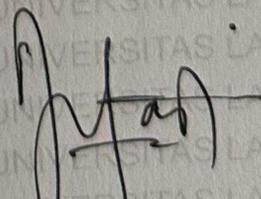
2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Herlinawati, S.T., M.T
NIP. 19710314 199903 2 001

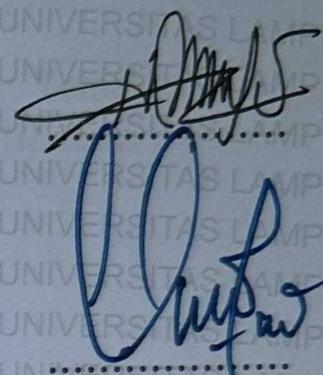


Sumadi, S.T., M.T.
NIP. 19731104 200003 1 001

MENGESAHKAN

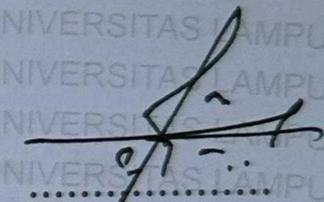
1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D



Sekretaris : Umi Murdika, S.T., M.T.

Penguji : Dr. Eng Ageng Sadnowo Repelianto, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng Helmy Fitriawan, S. T., M.Sc. }

NIP. 19750928 200112 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 28 Mei 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Sebagai civitas akademika Universitas Lampung saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Pinkga Nata Pratama

NPM : 1755031004

Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Penyiraman Tanaman Tomat Otomatis Menggunakan Kontrol Logika *Fuzzy* Berbasis *Internet Of Things* (IOT)

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini bukan saduran/terjemahan, murni gagasan, rumusan, dan pelaksanaan penelitian/ implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik.
2. Dalam karya tulis ini terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Saya menyerahkan hak milik saya atas karya tulis ini kepada Universitas Lampung, dan oleh karenanya Universitas Lampung berhak melakukan pengelolaan atas karya tulis ini sesuai dengan norma hukum dan etika yang berlaku.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 06 Juni 2024




Pinkga Nata Pratama
NPM. 1755031004

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Pinkga Nata Pratama yang lahir di Sri Waluyo II, Lampung Tengah pada 26 Oktober 1999, Penulis lahir dari pasangan Bapak Khanifam dan Ibu Titik Fatmawati dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Jenjang Pendidikan penulis dimulai di TK Tunas Karya pada tahun 2005 lalu menyelesaikan Pendidikan di SD Negeri 1 Bangun Rejo. Penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 2 Kotagajah 2011-2014 dan Lulus dari SMA Negeri 1 Kotagajah pada tahun 2017. Kemudian pada tahun 2017 penulis diterima menjadi mahasiswa S1 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif di organisasi *internal*. Penulis tergabung dalam lembaga kemahasiswaan yang ada di Jurusan Teknik Elektro (Himatro) sebagai anggota Departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri pada Divisi Minat dan Bakat periode 2018, serta menjadi anggota Departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri pada Divisi Minat dan Bakat periode 2019. Penulis melaksanakan kerja praktik (KP) di PLN UP3 Tanjung Karang dengan judul laporan “Penggunaan Relay Sebagai Pemutus dan Pembatas Pada Kubikel MV 20KV” dan penulis melakukan penelitian skripsi di Laboratorium Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung dengan judul “Rancang Bangun Alat Penyiraman Tanaman Tomat Otomatis Menggunakan Kontrol Logika *Fuzzy* Berbasis *Internet Of Things* (IoT)” pada tahun 2024 dengan bimbingan Ibu Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D. dan Ibu Umi Murdika, S.T., M.T.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Ku Persembahkan Skripsi Ini Untuk Yang Selalu Bertanya :

“kapan skripsimu selesai?”

Terlambat lulus atau lulus tidak tepat waktu bukanlah sebuah kejahatan, bukan pula sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika mengukur kecerdasan seseorang hanya dari siapa yang paling cepat lulus. Bukankah sebaik-baiknya skripsi adalah skripsi yang selesai?

Karena mungkin ada suatu hal dibalik terlambatnya mereka lulus, dan percayalah, alasan saya disini merupakan alasan yang sepenuhnya baik.

MOTTO

“Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu, dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang yang khusyu”. -Qs. Al Baqarah :

45

“Sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan Maka apabila kamu telah selesai (dalam satu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan yang lain)”. – Qs. Al Insyirah :6-7

“Saat kamu sedang bermalas-malasan, saat kamu sedang tidur-tiduran. Ingatlah bahwa ada ribuan bahkan jutaan pesaingmu sedang berusaha keras untuk mengalahkanmu”. – Letda. Infantri Wiraswanrill Sagala, S.TR. HAN

SANWACANA

Dengan mengucapkan puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Alat Penyiraman tanaman Tomat Menggunakan Kontrol Logika *Fuzzy* Berbasis *Internet of Things* (IoT)” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus atas segala bantuan, arahan, dan kehadiran yang selalu diberikan kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Ibu Herlinawati, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Fadil Hamdani, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberi masukan dan nasehat selama proses Perkuliahan.
4. Ibu Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D., sebagai Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dengan segala keikhlasan dan kesabarannya, serta memberikan motivasi, kritik dan saran yang dapat membangun dalam proses penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Umi Murdika, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing, membantu dan memberikan rekomendasi penelitian, saran serta kritik dan arahan yang berkaitan dengan penelitian skripsi ini.
6. Bapak Dr. Eng Ageng Sadnowo Repelianto, S.T., M.T., sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan banyak bimbingan, masukkan serta saran yang dapat membangun dalam proses penyusunan skripsi ini.

7. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga selama menuntut ilmu di Gedung Teknik Elektro.
8. Terkhusus untuk orang tua, Bapak Khanifam dan Ibu Titik Fatmawati yang telah bekerja sangat keras menjadi tulang punggung keluarga untuk membiayai kedua anaknya sendiri, tidak lupa seluruh keluarga besar yang telah memberikan semangat, dukungan, motivasi dan kasih sayang yang tulus serta doa yang tiada henti.
9. Teman-teman yang telah membantu penyelesaian skripsi, Ferdillah Ghalib, Nabilla Uliane, dan Yudi atas bantuannya dalam mencari solusi ketika *Human Error* dan suka duka dalam penyelesaian skripsi ini.
10. Teman teman seperjuangan S1 Teknik Elektro 2017 (Michelin, Wayan Denny, Hansel, Prabowo, Malik Pangestu). Terima kasih atas saran, kritik dan motivasi yang kalian berikan selama masa-masa kuliah ini. Senang bisa berjuang bersama kalian, semoga kalian semua sukses.
11. Keluarga Besar S1 Teknik Elektro angkatan 2017 yang walaupun tidak dapat disebutkan semuanya, secara langsung maupun tidak langsung telah mendukung dan menyemangati selama proses perkuliahan.
12. Keluarga Besar Raffles Resident, merupakan teman yang berasal dari berbagai daerah dan berkumpul pada rumah yang sama, atas bantuan materi maupun non materi.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan bantuan, dukungan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal ibadah dan diterima Tuhan Yang Maha Esa. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 06 Juni 2024
Penulis

Pinkga Nata Pratama

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRACT	iii
ABSTRAK	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
SURAT PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN	x
MOTTO	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xv
Daftar Gambar	xviii
Daftar Tabel.....	xx
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Hipotesis	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terkait.....	5
2.2 Tomat.....	6

2.3	Arduino	7
2.4	NodeMcu ESP32.....	8
2.5	Kelembaban Tanah.....	10
2.6	Sensor pH Tanah.....	11
2.7	Sensor YL-69	11
2.8	Sensor Ultrasonik	13
2.9	<i>Relay</i>	14
2.10	Telegram	15
2.11	Logika <i>Fuzzy</i>	16
2.12	Operasi Himpunan <i>Fuzzy</i>	16
2.13	Fungsi Keanggotaan.....	17
3.14	Operator Dasar <i>Fuzzy</i>	19
3.15	Logika <i>Fuzzy</i> Mamdani	20
3.16	<i>Defuzzifikasi</i>	20
BAB III.....		22
METODE PENELITIAN		22
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	22
3.3	Metode Penelitian	23
3.4	Studi Literatur	24
3.5	Studi Bimbingan.....	24
3.6	Pengambilan dan Pengolahan Data.....	24
3.7	Pembuatan Laporan	24
3.8	Sketsa Desain Perancangan.....	25
3.9	Diagram Blok Sistem	26
3.10	Perancangan Sistem	26
3.11	Diagram Alir Sistem <i>Fuzzy Logic</i>	27
BAB IV.....		29
HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Prinsip Kerja	29
4.2	Desain Sistem	30
4.3	Pengujian.....	31
4.4	Perhitungan <i>Fuzzy Logic</i>	
BAB V.....		60
KESIMPULAN DAN SARAN		60

DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	63

Daftar Gambar

Gambar

2.1 Tampilan sketch Arduino IDE.....	7
2.2 NodeMcu ESP32	9
2.3 Sensor pH Tanah.....	11
2.4 Ilustrasi prinsip kerja Sensor YL-69.....	12
2.5 Sensor YL-69.....	12
2.6 Sensor Ultrasonik.....	13
2.7 <i>Relay</i>	14
2.8 Representasi Kurva Segitiga.....	17
2.9 Representasi Kurva Trapesium.....	18
2.10 Metode <i>Defuzzifikasi Centroid</i>	21
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	23
3.2 Desain alat	25
3.3 Diagram blok sistem	26
3.4 Diagram alir sistem perancangan.....	27
3.5 Diagram Alir Metode <i>Fuzzy Logic</i>	28
4.1 Implementasi Alat.....	29
4.2 Wiring Diagram Alat	30
4.3 Wiring Sensor Ultrasonik	31
4.4 Coding Sensor Ultrasonik pada Arduino IDE	32
4.5 sampel tanah yang di gunakan.....	32
4.6 Wiring Sensor pH Tanah	33
4.7 Coding Sensor pH Tanah pada Arduino IDE	33
4.8 Wiring Sensor Ultrasonik	34
4.9 Coding Sensor Ultrasonik pada Arduino IDE	35
4.10 Wiring Diagram NodeMCU ESP32	36

4.11 Aplikasi Arduino IDE.....	36
4.12 Wiring <i>Relay</i>	38
4.13 Informasi Bot Telegram.....	39
4.14 Membership Function Kelembaban.....	41
4.15 Membership Function pH Tanah.....	41
4.16 Membership Function Relay.....	42
4.17 Mesin Inferensi Matlab.....	43
4.18 Informasi <i>Bot</i> Telegram.....	55
4.19 Representasi Kurva Segitiga.....	56
4.20 Keanggotaan Kelembaban.....	57
4.21 Keanggotaan pH Tanah.....	57
4.22 Keanggotaan Relay.....	59
4.23 Mesin Inferensi Matlab.....	60

Daftar Tabel

Tabel

2.1 Datasheet Sensor YL-69	13
3.1 Alat dan bahan	22
4.1 Data hasil pengujian koneksi antara NodeMCU ESP32 dengan Wifi...	37
4.2 Definisi keanggotaan input <i>fuzzy</i>	42
4.3 Sampel Data Pada hari Pertama.....	44
4.4 Sampel Data Pada hari Kedua	46
4.5 Sampel Data Hari Ketiga	47
4.6 Sampel Data Hari Keempat	49
4.7 Sampel Data Pengujian Perwaktu.....	50
4.8 Data Hasil Pengujian Keseluruhan Alat	54
4.9 <i>Crisp</i> Kelembaban.....	57
4.10 <i>Crisp</i> Kelembaban.....	57
4.11 <i>Crisp</i> Output <i>Relay</i>	59

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logika *fuzzy* adalah metode komputasi yang meniru cara berpikir manusia untuk menangani data yang tidak pasti atau ambigu. Berbeda dengan logika biner tradisional yang hanya mengenal dua nilai (*true/false* atau 0/1), logika *fuzzy* memperkenalkan konsep derajat keanggotaan, yang memungkinkan nilai antara 0 dan 1, mencerminkan tingkat keanggotaan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Logika *fuzzy* memungkinkan representasi dan pengolahan informasi yang tidak pasti atau tidak presisi, yang sulit ditangani oleh logika biner tradisional. Dengan logika *fuzzy* dapat diterapkan di berbagai bidang untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kemampuan sistem dalam menangani situasi yang kompleks dan tidak pasti. Pada penelitian ini logika *fuzzy* dapat mengontrol kelembaban tanah sesuai dengan kebutuhan tanaman tomat.

Tanaman tomat (*Lycopersicon Esculentum Mill*) adalah tumbuhan dari *famili Solanaceae*, tumbuhan asli Amerika Tengah dan Selatan, dari Meksiko sampai Peru. Tomat sendiri memiliki siklus hidup yang singkat dan memiliki tinggi antara 1 hingga 3 meter. Tomat termasuk sayuran buah yang paling digemari oleh setiap orang karena rasanya enak, segar dan sedikit asam. Tanaman tomat juga memiliki kandungan sumber vitamin A, C dan B. Tomat memiliki manfaat antara lain mencegah kanker, karena tomat pada warna merahnya banyak mengandung *Lycopene* (Sulardy dan Sani, 2018).

Tanaman Tomat dapat tumbuh baik di daerah tropis Indonesia. Faktor temperatur dapat mempengaruhi warna buah. Pada temperatur tinggi (di atas 32°C) warna buah Tomat cenderung kuning, sedangkan pada temperatur tidak tetap warna buah

cenderung tidak merata. Temperatur ideal dan berpengaruh baik terhadap warna buah Tomat adalah antara 24°C - 28°C yang umumnya merah merata. Keadaan temperatur dan kelembaban yang tinggi berpengaruh kurang baik terhadap pertumbuhan, produksi dan kualitas buah Tomat. kelembaban yang relatif diperlukan untuk tanaman Tomat adalah 80 %. Tanaman Tomat memerlukan intensitas cahaya matahari sekurang-kurangnya 10-12 jam setiap hari. Tomat membutuhkan pengairan atau penyiraman yang teratur dan terukur (Yahwe dkk., 2016).

Tumbuhan tomat membutuhkan air dan tanah yang subur sebagai salah satu syarat agar dapat bertumbuh kembang dengan baik. Salah satu kebutuhan untuk tumbuhan adalah air yang memiliki beberapa fungsi untuk kehidupan tumbuhan diantaranya sebagai komponen dalam proses fotosintesis dan respirasi pada tumbuhan, banyaknya energi pada proses fotosintesis menyebabkan kebutuhan air pada tanaman menjadi tinggi. Tingkat kesuburan tanaman dapat dipengaruhi dengan intensitas air yang dikandungnya. Namun saat ini dalam kegiatan pertanian terkadang petani kesulitan pada saat waktu penyiraman karena harus dilakukan dengan cara yang manual yang kurang efisien sehingga sangat membuang banyak waktu (Marinus dkk., 2020).

NodeMcu ESP32 adalah pusat kendali dan kontrol alat yang akan digunakan pada alat penyiraman tanaman otomatis. Sensor YL-69 merupakan alat ukur kelembaban tanah yang dapat mengukur secara akurat dan tepat waktu sehingga sudah banyak diterapkan. Pada penelitian sebelumnya Fauzia dkk (2021) menyatakan penggunaan otomatisasi penyiraman tanaman cabai dan tomat berbasis *internet of things* (IoT) memberikan hasil yang dapat berfungsi dengan baik serta dapat berkerja dengan nilai kelembaban di atas 60%.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan diatas sehingga membuat suatu sistem penyiraman yang bisa mengontrol kelembaban tanah sesuai dengan kebutuhan tanaman tomat. Selain itu, bisa membantu para petani dalam menentukan kadar air yang sesuai dengan tanaman dan mengurangi beban para

petani dalam proses penyiraman agar tidak memakan waktu. Alat penyiraman pada sistem ini menggunakan NodeMcu ESP32 sebagai pusat kendali dan kontrol, sensor YL-69 sebagai deteksi kelembaban tanah, pH tanah dan sensor ultrasonik sebagai deteksi ketinggian air. Sistem penyiraman otomatis ini bekerja dengan menggunakan pompa air yang dikontrol melalui *relay*. Pengguna dapat mengontrol penyiraman tanaman secara langsung melalui bot telegram baik secara manual atau otomatis.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membangun alat penyiraman otomatis berbasis *internet of things* (IoT)
2. Membuat sistem mendeteksi kelembaban tanah, pH tanah dan kendali untuk mengetahui ketersediaan air.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang dan membuat alat penyiraman tanaman berbasis *internet of things* (IoT)?
2. Bagaimana membuat sistem mendeteksi kelembaban tanah, pH tanah dan ketersediaan air dari jarak jauh?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sistem hanya melakukan pemantauan melalui media telegram
2. Komunikasi data antara sensor pemantau dan telegram menggunakan jaringan internet terintegrasi dengan mikrokontroler.
3. Sistem melakukan pemantauan pada tanaman tomat di lahan 1 x 1 meter.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dapat memudahkan dan menghemat waktu dalam proses penyiraman
2. Memudahkan bagi petani untuk memonitoring dan mengontrol tanaman
3. Dapat meningkatkan kualitas hasil tanaman.

1.6 Hipotesis

Pada penelitian ini akan dirancang sistem penyiraman tanaman otomatis yang disertai sistem monitoring kelembaban tanah, pH tanah dan ketersediaan air menggunakan sensor YL-69, sensor pH tanah dan sensor ultrasonik serta sistem monitoring menggunakan bot pada aplikasi telegram.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini terbagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan laporan penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang penjelasan secara umum tentang teori dasar yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian.

III. METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang tahapan penelitian yang meliputi waktu, tempat, alat, bahan, spesifikasi alat, dan metode penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dan pengolahan data serta analisa hasil penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian dan saran untuk referensi dalam melanjutkan penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terkait alat penyiraman otomatis telah banyak dilakukan seperti penelitian yang dilakukan oleh Zulfikar, (2018). Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe sistem penyiraman tanaman otomatis yang menggunakan sistem waktu yang teratur dengan mikrokontroler Arduino dan pengaturan waktu penyiraman berbasis *real time clock* (RTC). Alat ini dapat bekerja dengan cara user menginput data waktu penyiraman ke sistem. Kemudian data akan diolah secara otomatis oleh sistem. Hasil data yang diolah kemudian digunakan untuk menghidupkan pompa air. Penelitian yang dilakukan Zulfikar, (2018) menunjukkan bahwa *real time clock* (RTC) yang dirancang dapat bekerja dengan baik dengan menunjukkan tanggal dan waktu sesuai dengan hasil *settingan* oleh *user*.

Selanjutnya oleh Philander dkk., (2021) penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis Arduino dimana pompa air dapat memompa air secara otomatis berdasarkan identifikasi sensor kelembaban tanah untuk memudahkan masyarakat dalam menyiram tanaman. Desain sistem dimulai dari pemasangan pin pada output Sensor FC-28 yang berubah sesuai dengan pembacaan sensor itu sendiri dapat di kategorikan dalam 2 output yaitu logika 0 dan 1 yang nantinya akan dihubungkan pada pin digital input arduino promini. Komponen yang digunakan pada penelitian ini yaitu Arduino UNO, sensor kelembaban FC28, pompa air, *relay*, LCD 16×2 dan *breadboard*. Alat ini dapat membaca data dari sensor kelembaban tanah saat dengan cara sensor mendeteksi tanah kering dan tanah basah, data sensor ini dibaca oleh Arduino diteruskan ke *relay* dan kemudian *relay* digunakan untuk menghidupkan atau mematikan pompa

air.

Kemudian Sasmoko dan Horman, (2020) membuat sistem monitoring kelembaban tanah yang dapat dipantau melalui *Android*. Sistem ini menggunakan arduino dan ESP 8266 sebagai media komunikasi dengan aplikasi telegram. Pada penelitian ini tidak hanya menggunakan sensor *soil moisture* tetapi juga menggunakan sensor *water flow* yang berfungsi sebagai pendeteksi keluar atau tidaknya air dari pompa. Sementara itu, ESP 8266 akan digunakan untuk mengirim informasi yang diterima dari sensor *water flow* dan *soil moisture* ke *server* telegram.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, ada beberapa kesamaan dengan penelitian yang kali ini dilakukan, mulai dari sensor yang digunakan, dan mikrokontroler yang digunakan. Sementara yang berbeda adalah disertai sistem monitoring ketersediaan air menggunakan sensor ultrasonik dan menggunakan metode *fuzzy logic* yang dapat mengontrol kelembaban yang stabil sesuai dengan kebutuhan.

2.2 Tomat

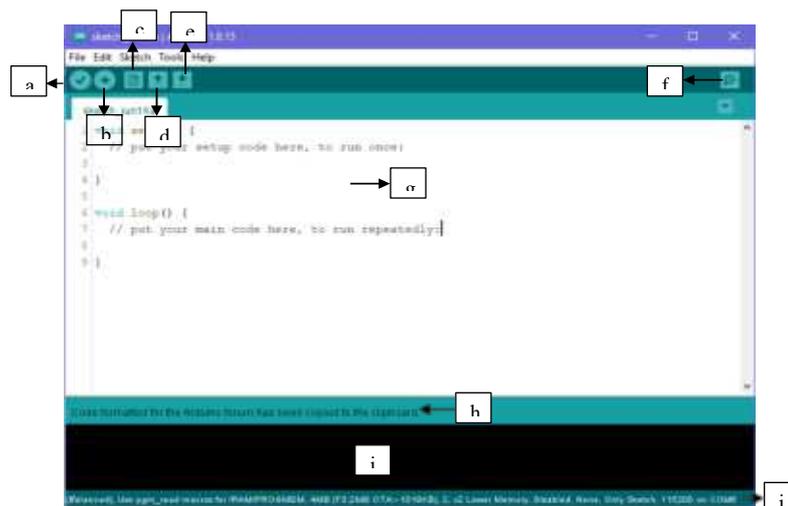
Tomat (*Lycopersicon esculentum Mill*) merupakan salah satu tanaman sayuran yang dapat tumbuh disemua tempat, dari dataran rendah sampai dataran tinggi (pegunungan). Tanaman tomat dapat ditanam di segala jenis tanah, mulai tanah pasir sampai tanah lempung. Tetapi, untuk pertumbuhan yang baik, tanaman tomat membutuhkan tanah lempung berpasir subur, gembur, dan bisa merembeskan air dengan kadar keasaman (pH) 5,5-7. Tanaman tomat tidak menyukai tanah yang tergenang air atau becek. Tanah yang selalu tergenang air akan menjadikan tanaman yang kerdil dan menyebabkan akar tomat mudah busuk dan tidak mampu menghisap zat-zat hara dari dalam tanah yang mengakibatkan tanaman mati (Sulardy dan Sany, 2018).

2.3 Arduino

Arduino adalah sebagai *platform* komputasi fisik *open source*. Bukan hanya sebagai alat pengembangan, tetapi Arduino merupakan kombinasi dari perangkat keras yang canggih, bahasa pemrograman, dan pengembangan terintegrasi (IDE). IDE merupakan perangkat lunak yang berperan sangat penting dalam menulis program, menyusunnya menjadi kode biner dan memuatnya ke dalam memori mikrokontroler. Keunggulan Arduino adalah sebagai berikut.

- Cross-platform Software* Arduino dapat berjalan di sistem operasi *Windows*, *Macintosh OSX*, dan *Linux*, sedangkan *platform* lain umumnya terbatas pada *Windows*
- Sangat mudah dipelajari dan digunakan karena bahasa pemrograman tetap sama dengan C
- Open source*, baik dari segi *hardware* maupun *software*
- Memiliki modul (*shield*) siap pakai yang dapat dihubungkan ke *board* Arduino, misalnya *shield* GSM/GPRS, GPS, *Ethernet*, dan *SD Card*.

Arduino IDE terdiri dari beberapa bagian yang dapat di tunjukan pada **Gambar 2.1**



Gambar 2.1 Tampilan sketch Arduino IDE

Berdasarkan Gambar 2.1 dapat dijelaskan bahwa fungsi dari komponen pada *sketch*

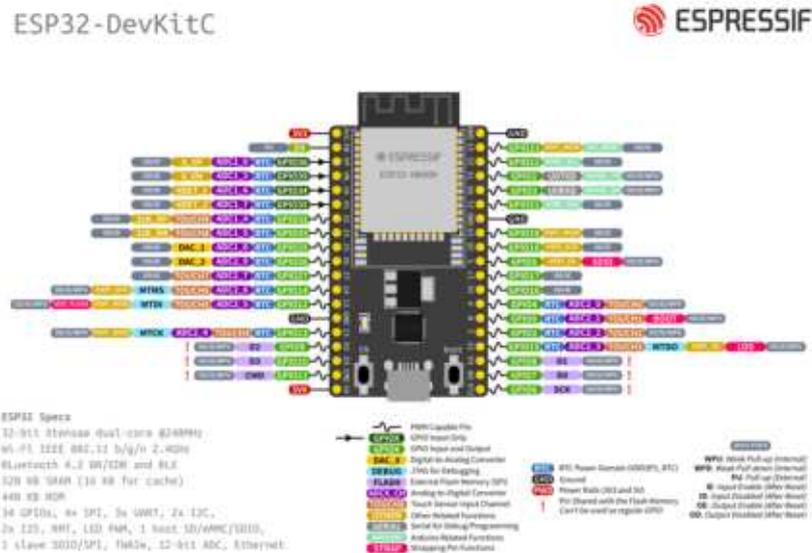
Arduino IDE sebagai berikut.

- a. *Verify* atau dikenal dengan *compile*, untuk memastikan program yang dibuat sudah benar dan tidak terdapat kesalahan atau *error*. Proses ini untuk mengubah *sketch* menjadi kode biner untuk diunggah ke mikrokontroler.
- b. *Upload* berfungsi untuk mengunggah *sketch* ke *board* arduino.
- c. *New sketch* berfungsi untuk membuka window dan *sketch* baru.
- d. *Open sketch* berfungsi untuk membuka *sketch* yang sudah dibuat dan disimpan sebelumnya dengan *format file* “ino”.
- e. *Save sketch* berfungsi untuk menyimpan *sketch*.
- f. Serial monitor berfungsi untuk membuka *interface* sebagai komunikasi serial.
- g. *Sketch* berfungsi sebagai tempat untuk menuliskan program.
- h. Keterangan aplikasi berfungsi untuk menampilkan pesan seperti saat proses “*compiling*” dan “*done uploading*”.
- i. Konsol berfungsi untuk menampilkan pesan yang sedang dikerjakan dan memberikan informasi tentang *sketch* yang dibuat.
- j. *Port* berfungsi untuk menginformasikan *port* yang sedang dipakai dalam *board* Arduino [6].

2.4 NodeMcu ESP32

NodeMcu merupakan salah satu pengendali mikro *single-board* yang memiliki fitur *WiFi* sehingga berguna dalam pembuatan produk *platform* IoT. NodeMcu adalah sebuah platform IoT yang bersifat *open-source* dan menggunakan *script* LUA sebagai bahasa pemrogramannya. Terdiri dari perangkat keras berupa *System on Chip* ESP32 buatan espressif sistem dan juga menggunakan *firmware* bahasa pemrograman *scripting* LUA. NodeMcu bisa dianalogikan sebagai papan Arduino yang telah diintegrasikan dengan modul *Wi-Fi* ESP32. Masing-masing dari 25 pin digital pada NodeMcu dapat digunakan sebagai input/output, *pinmode*, *digital write*, dan *digital read*. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi pada tegangan 5 V dan setiap pin dapat mengirim atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up internal* dari 20-50 K. LED: pin 13 merupakan *build-in* LED. Ketika pin dalam nilai tinggi maka LED menyala, dan ketika pin dalam nilai rendah maka LED

mati.



Gambar 2.2 NodeMcu ESP32

NodeMcu dikembangkan untuk memudahkan menggunakan API canggih untuk perangkat keras I/O. API dapat mengurangi proses yang berulang untuk mengkonfigurasi dan memanipulasi perangkat keras NodeMcu dirancang seperti output input perangkat keras Arduino (I/O). NodeMcu menggunakan MCU *Wi-Fi*, untuk biaya murah yaitu ESP32. ESP32 adalah chip *Wi-Fi* paling terintegrasi. Ukuran *chip* yaitu 5 mm x 5mm (Saputra dan Lukito, 2017).

Modul ini memiliki berbagai varian ESP32-XX (01-13). Setiap modul hanyalah pengembangan atas perangkat keras sebelumnya dengan ESP32-01 menjadi komponen yang termurah untuk jenis ESP32 dan dengan fitur minimal. Untuk ESP32-13 menjadi komponen yang paling mahal untuk jenis ESP32 dengan fitur maksimal. Berbagai fitur *iClude* jumlah pin GPIO, tampilan *shield*, antena, memori dan menangani sinyal analog *eksternal* ESP32-01 terdiri dari 2 pin GPIO, UART komunikasi, CPU 32-bit bertenaga rendah dan antena PCB. Modul lain juga memiliki kemampuan input ADC, SPI, I2C dan lebih banyak pin GPIO.

2.5 Kelembaban Tanah

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang secara fisik berperan sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya akar yang menunjang pertumbuhan tanaman dan memenuhi kebutuhan air. Secara kimiawi bertindak sebagai penyimpan dan pemasok nutrisi (senyawa organik dan anorganik dan elemen esensial). Secara biologis, tanah berfungsi sebagai habitat biota yang berperan aktif dalam penyediaan unsur hara dan zat aditif bagi tanaman (Isnawaty dkk., 2017) Kelembaban tanah adalah air yang mengisi sebagian atau seluruh pori-pori tanah di atas muka air tanah. Definisi lain kelembaban tanah adalah jumlah air yang disimpan diantara pori-pori tanah. Kelembaban tanah sangat dinamis, timbul karena penguapan melalui permukaan tanah, transpirasi dan *filtrasi*. Faktor-faktor yang menentukan kelembaban tanah adalah curah hujan, jenis tanah, dan laju evapotranspirasi, dimana kelembaban tanah akan menentukan ketersediaan air dalam tanah bagi pertumbuhan tanaman (Djumali dan Mulyaningsih, 2014), Untuk dapat mengetahui kondisi kelembaban tanah, maka dapat menggunakan alat pengukur kelembaban tanah yaitu *Soil Tester* . Mengukur kelembaban tanah dapat menggunakan metode *American Standard Method (ASM)* sebagai standar acuan (Yudhana dan Putra, 2016). Prinsip metode ini adalah dengan cara melakukan perbandingan antara massa air dengan massa butiran tanah (massa tanah dalam kondisi kering). Persamaan yang digunakan pada metode ini yaitu:

$$MA = MTB - MTK \quad (1)$$

$$KD = \frac{MA}{MTK} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan

MTB = Massa tanah basah (g);

MTK = Massa tanah kering (g);

KD = Kadar air (%);

MA = Massa air (g);

2.6 Sensor pH Tanah

pH merupakan sensor yang mengukur derajat tingkat kadar keasaman atau kadar alkali dari tanah. pH memiliki skala dari 0 sampai 14. Jika nilai pH dibawah 7, maka material tersebut bersifat asam, jika nilai pH diatas 7, maka material tersebut bersifat basa. Berikut spesifikasi dari sensor pH (Isnawaty dkk., 2017):

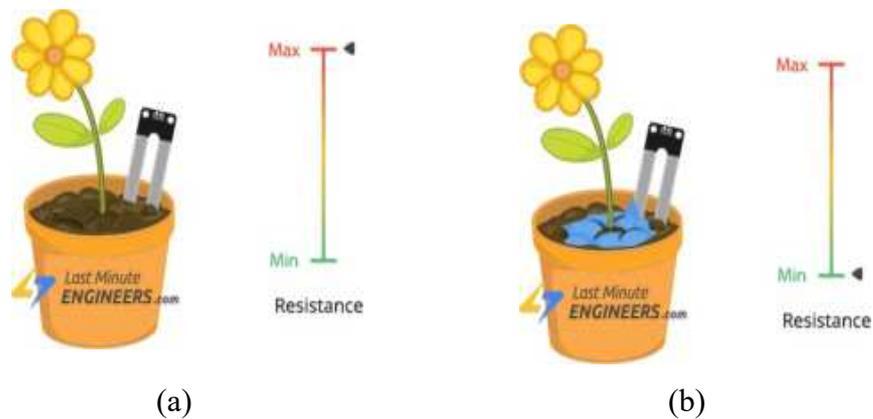
- Membaca : pH
- Skala : 0-14
- Respon : 95% in 1s
- Kedalaman Max : 60 Meter
- Skala Temperatur : 1-99° C



Gambar 2.3 Sensor pH Tanah

2.7 Sensor YL-69

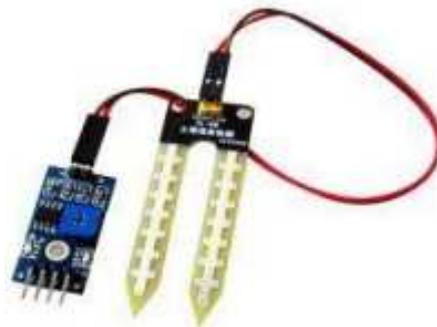
Sensor YL-69 adalah sensor yang dapat mendeteksi kelembaban pada tanah. Sensor dengan tipe YL-69 adalah sensor yang banyak digunakan untuk sistem penyiraman tanaman otomatis (Darmawan Dkk., 2020). Sensor ini terdiri dari dua probe yang berfungsi untuk membaca kelembaban tanah dalam bentuk resistansi. Hubungan antara panjang probe dengan nilai tegangan ADC dengan nilai resistivitas adalah semakin dalam probe sensor YL-69 ditancapkan ke dalam tanah maka nilai resistansinya akan semakin menurun (Setyowati Dkk., 2020). Ilustrasi prinsip kerja Sensor YL-69 dijelaskan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.4 Ilustrasi prinsip kerja Sensor YL-69

(a) Tanah Kering (b) Tanah Lembab

Gambar 2.3 menunjukkan Ilustrasi prinsip kerja Sensor YL-69. Sensor ini terdiri dari dua probe yang melewatkan arus melalui tanah dan kemudian membaca resistansi untuk mendapatkan nilai kadar air. Gambar (a) menunjukkan tanah yang kering sehingga sulit menghantarkan listrik dengan ditunjukkan resistansi tinggi pada panah skala. Sedangkan Gambar (b) menunjukkan bahwa kandungan dengan lebih banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik sehingga ditunjukkan resistansi rendah pada panah skala.



Gambar 2.5 Sensor YL-69

Modul ini memiliki output digital dan analog dan potensiometer untuk menyesuaikan tingkat ambang batas.

Tabel 2.1 Datasheet Sensor YL-69

Nama Pin	Keterangan
VCC	Pin VCC digunakan untuk daya pada modul dengan daya +5V
GND	GND Catu Daya
DO	Pin Keluar Digital untuk Keluaran Digital.
AO	Pin Keluar Analog untuk Keluaran Analog

2.8 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan sonar yang berfungsi untuk menentukan jarak suatu objek seperti kelelawar. Memberikan deteksi yang sangat baik dengan jangkauan serta akurasi tinggi dan pembacaan yang stabil. Komponen yang mudah digunakan dengan jangkauan deteksi 2 cm hingga 400 cm atau 1 hingga 13 kaki. Ketika sensor ultrasonik bekerja sensor tidak berpengaruh terhadap sinar matahari atau bahan hitam, meskipun bahan lembut seperti kain sulit dideteksi. Sensor ultrasonik dapat memancarkan dan menerima gelombang.

**Gambar 2.6** Sensor Ultrasonik

Sensor HC-SR04 ditunjukkan pada Gambar 2.6 merupakan sensor pengukuran jarak berdasarkan gelombang ultrasonik. Prinsip kerja sensor ini terlihat seperti radar ultrasonik. Gelombang ultrasonik dipancarkan kemudian diterima kembali oleh penerima ultrasonik. Jarak antara waktu pemancar dan penerima adalah representasi dari jarak objek. Sensor ini cocok untuk aplikasi elektronik yang memerlukan jarak deteksi termasuk untuk sensor pada robot.

Tabel 2.2 Datasheet sensor ultrasonik

Nama Pin	Keterangan
Vcc	Pin Vcc memberi daya pada sensor, biasanya dengan +5V
Trig	Sebagai pin input
Echo	Sebagai pin output
GND	Pin terhubung ke GND sistem

2.9 Relay

Relay adalah suatu komponen elektronika berupa saklar elektronik yang dioperasikan oleh arus listrik. Pada dasarnya, *relay* adalah tuas saklar yang memiliki lilitan kawat pada batang besi didekatnya, ketika solenoid dialiri arus listrik maka tuas tertarik karena gaya magnet yang bekerja pada solenoid, sehingga kontak saklar menutup. Ketika arus terputus, gaya magnet menghilang, tuas kembali ke posisi semula dan kontak saklar terbuka lagi.

**Gambar 2.7** Relay

Konfigurasi dari kontak-kontak relay ada tiga jenis yaitu:

- a. *Normally Open*: Relay akan menutup bila dialiri arus listrik.
- b. *Normally Close*: Relay akan membuka bila dialiri arus listrik.
- c. *Changeover* : Relay ini memiliki kontak tengah yang akan melepaskan diri dan membuat kontak lainnya berhubungan.

2.10 Telegram

Telegram merupakan aplikasi *messenger smartphone* yang berfungsi untuk mengirim dan menerima teks dan pesan multimedia (Oliviera Dkk., 2016) Keuntungan dari telegram adalah dapat menggunakan antarmuka pemrograman aplikasi (API) untuk komunitas yang lebih luas. Salah satu API yang disediakan adalah fitur *bot*. *Bot* telegram adalah *bot* yang saat ini mulai digunakan. Selain mengirimkan pesan pribadi pengguna juga dapat mengirim pesan ke grup dan channel yang dijelaskan sebagai berikut.

- a. Grup di telegram terdiri dari sekelompok pengguna yang tertarik pada topik yang sama. Semua anggota kelompok dapat mengirim dan menerima pesan dalam grup. Pengguna dapat diundang oleh anggota kelompok lain atau mereka dapat bergabung melalui tautan yang disediakan oleh *administrator* grup.
- b. *Channel* adalah fitur untuk menyiarkan ke sejumlah besar pengguna. *Channel* biasanya memiliki satu atau hanya beberapa *administrator* yang merupakan satu-satunya yang dapat mempublikasikan pesan di *channel*. Pengguna dapat bergabung ke setiap *channel* dapat bergabung melalui tautan atau *link*.

Beberapa fitur telegram yaitu sebagai berikut.

- a. *Forward*: Pengguna dapat meneruskan pesan (dikirimkan oleh pengguna atau *channel* lain) ke berbagai pengguna, grup atau *channel*. *Forward* pesan di telegram mirip dengan penerusan *email* dan *reply retweet* di Twitter
- b. *Mention* : Pengguna dan saluran di telegram dapat memiliki nama unik yang dapat digunakan sebagai penunjuk pada channel atau pengguna dalam sebuah pesan. Beberapa menyebutkan nama pengguna dengan dimulai dengan karakter “@”.

Bot adalah aplikasi pihak ketiga yg dapat dijalankan pada telegram. Pengguna dapat mengirim pesan, perintah, & *inline request*. Pada *bot* telegram terdapat HTTPS berfungsi untuk dapat mengontrol bot pada API telegram. Kegunaan bot telegram salah satunya yaitu dapat digunakan sebagai *smart newspaper* yang dapat memberikan informasi kepada pengguna. Ada banyak aplikasi *messenger*, tetapi yang membedakannya adalah fitur keamanan melalui enkripsi data dan kemampuan untuk membuat *bot* telegram dengan beberapa fungsi melalui pemrograman kode

menggunakan telegram *Bot* API.

- a. *Bot* Telegram adalah pengguna mesin. Dibuat untuk memiliki fungsi yang sama dengan pengguna, tetapi dikontrol oleh mesin dan memiliki fitur kecerdasan buatan. *Bot* telegram dapat diprogram untuk mencari video, gambar, untuk membaca umpan, dan bahkan untuk berinteraksi dengan *bot* telegram lainnya.
- b. Telegram *Bot* API: berfungsi untuk mendukung penciptaan telegram *bot dynamic* melalui bahasa pemrograman, seperti *Python*, *Java*, *C/ C++*, dan *Lua*. *Dynamic Bot* Telegram memiliki aturan interaksi dengan pengguna dan *bot* telegram lainnya.

2.11 Logika *Fuzzy*

Konsep tentang logika *fuzzy* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada 1962. Logika *fuzzy* adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem, mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, *embedded system*, jaringan PC, multi- channel atau *workstation* berbasis akuisisi data, dan sistem kontrol. Metodologi ini dapat diterapkan pada perangkat keras, perangkat lunak, atau kombinasi keduanya. Dalam logika klasik dinyatakan bahwa segala sesuatu bersifat biner, yang artinya adalah hanya mempunyai dua kemungkinan, “Ya atau Tidak”. Dengan demikian, semua ini dapat memiliki nilai keanggotaan 0 atau 1. Namun, dalam logika *fuzzy* kemungkinan nilai keanggotaan berada diantara 0 dan 1. Artinya, bisa saja suatu keadaan dapat mempunyai dua nilai “Ya dan Tidak” secara bersamaan, namun besar nilainya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya.

2.12 Operasi Himpunan *Fuzzy*

Operasi himpunan *fuzzy* diperlukan untuk proses inferensi. Dalam hal ini yang dioperasikan adalah derajat keanggotaannya. Derajat keanggotaan yang dihasilkan dari operasi dua buah himpunan *fuzzy* disebut sebagai *fire strength* atau α predikat. Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

1. Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem

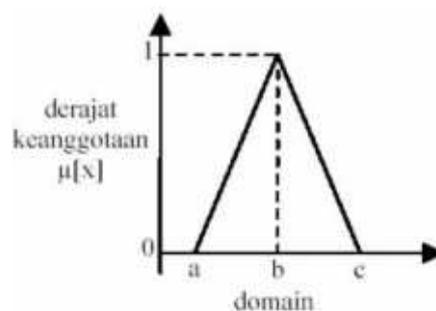
fuzzy.

2. Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.
3. Semesta pembicaraan adalah himpunan nilai yang diizinkan untuk beroperasi dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (meningkat) dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif atau negatif. Terkadang nilai semesta pembicaraan ini tidak terbatas pada batas atasnya.
4. Dominan himpunan *fuzzy* merupakan keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain adalah himpunan bilangan *real* yang terus meningkat (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain bisa berupa bilangan positif dan negatif.

2.13 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah grafik yang menyatakan derajat keanggotaan setiap variabel input antara 0 dan 1. Derajat keanggotaan suatu variabel x dilambangkan dengan simbol $\mu(x)$. Aturan menggunakan nilai keanggotaan sebagai faktor bobot dapat berpengaruh ketika melakukan inferensi untuk mencapai suatu kesimpulan. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan antara lain:

1. Representasi Linier, pada representasi linier pemetaan input ke keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Pada representasi Kurva Segitiga, Kurva segitiga pada dasarnya adalah gabungan antara dua garis lurus.



Gambar 2.8 Representasi Kurva Segitiga

Representasi kurva segitiga adalah:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & ; b \leq x \leq c \end{cases}$$

Nilai minimum dan maximum fungsi keanggotaan dapat ditentukan oleh rumus dibawah ini.

$$\mu(x) = \max \left(\min \left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b} \right), 0 \right) \quad (3)$$

Dimana:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

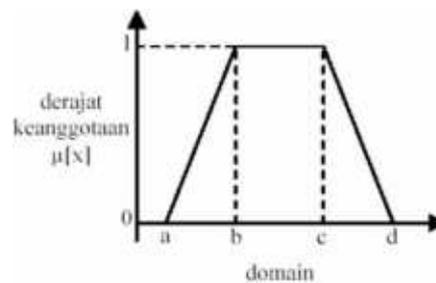
b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu.

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

d = nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*.

2. Representasi Kurva Trapesium, Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.

3.



Gambar 2.9 Representasi Kurva Trapesium.

Representasi kurva trapesium adalah:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & ; c \leq x \leq d \end{cases}$$

Nilai minimum dan maximum fungsi keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\mu(x) = \max \left(\min \left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c} \right), 0 \right) \quad (4)$$

Dimana :

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

b = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu.

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu.

d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

x = nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*.

3.14 Operator Dasar *Fuzzy*

Pada logika *fuzzy*, terdapat beberapa operasi yang diartikan secara khusus untuk memodifikasi serta mengkombinasikan himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan dari dua operasi disebut α -predikat. Terdapat tiga operator dasar yaitu:

1. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interaksi pada himpunan. Operator AND adalah operator yang mengambil nilai dari keanggotaan terkecil antara dua himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_A \cap B = \min (\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (5)$$

2. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. Operator OR adalah operator yang mengambil nilai dari keanggotaan terbesar antara dua himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_A \cup B = \max (\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (6)$$

3. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi negasi pada himpunan. Operator NOT adalah operator yang mengambil nilai dari keanggotaan pada himpunan yang bersangkutan dari 1

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A[x] \quad (7)$$

3.15 Logika Fuzzy Mamdani

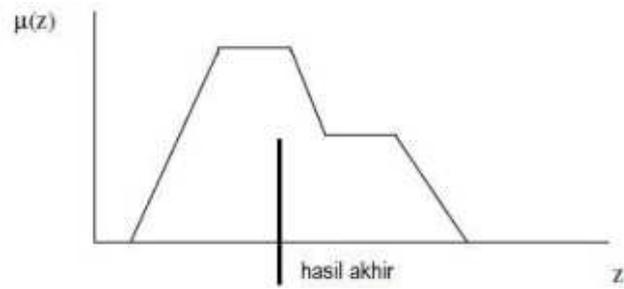
Metode Mamdani paling sering digunakan dalam aplikasi-aplikasi karena strukturnya yang sederhana, yaitu menggunakan operasi *MIN-MAX* atau *MAX-PRODUCT*. Untuk mendapatkan output, diperlukan empat tahapan berikut:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*. Pada proses fuzzifikasi langkah yang pertama adalah menentukan variabel *fuzzy* dan himpunan *fuzzy* nya. Kemudian tentukan derajat kesepadanan (*degree of match*) antara data masukan *fuzzy* dengan himpunan *fuzzy* yang telah didefinisikan untuk setiap variabel masukan sistem dari setiap aturan *fuzzy*. Pada metode mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.
2. Aplikasi fungsi implikasi pada metode mamdani. Fungsi implikasi yang digunakan adalah min. Lakukan implikasi *fuzzy* berdasar pada kuat penyulutan dan himpunan *fuzzy* terdefinisi untuk setiap variabel keluaran di dalam bagian konsekuensi dari setiap aturan. Hasil implikasi *fuzzy* dari setiap aturan ini kemudian digabungkan untuk menghasilkan keluaran inferensi *fuzzy*.
3. Komposisi Aturan. Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka infrensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu: *max*, *additive* dan probabilistik OR.
4. Penegasan (*defuzzy*). Input dari proses *defuzzifikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut.

3.16 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi dapat didefinisikan sebagai proses pengubahan besaran *fuzzy* dimana input dari proses *defuzzifikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy* dan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut atau mendapatkan kembali nilai tegas (*crisp*). Salah satu metode *defuzzifikasi* pada komposisi aturan mamdani

adalah metode centroid. Pada metode centroid nilai *crisp* diperoleh dengan menghitung pusat gravitasi dari daerah agregasi



Gambar 2.10 Metode *Defuzzifikasi Centroid*

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan dan pembuatan tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam pembuatan perangkat pada penelitian ini terdapat alat dan bahan yang digunakan untuk mendukung berjalannya pembuatan perangkat, yakni sebagai berikut. Adapun alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

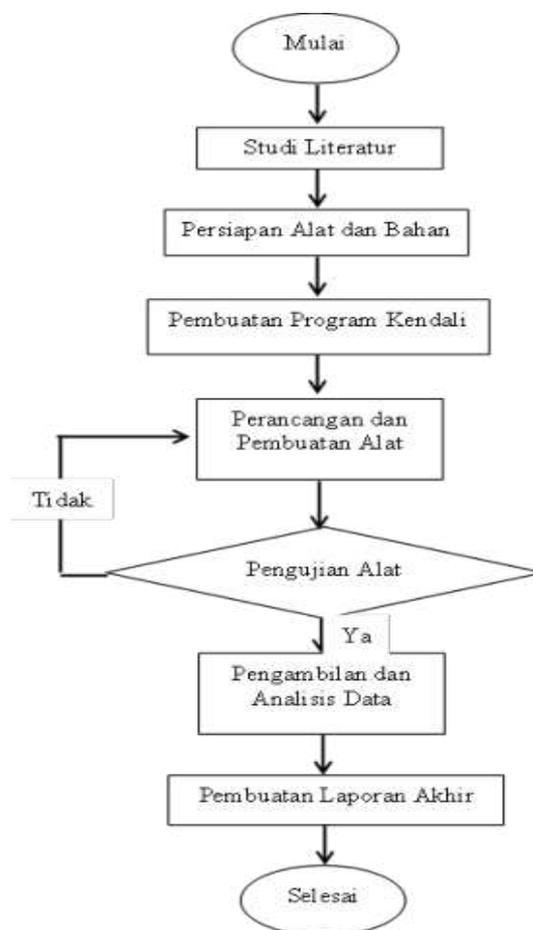
Tabel 3.1 Alat dan bahan

No	Nama alat dan bahan	Justifikasi Penggunaan
1.	Macbook Air	Digunakan untuk mengolah pemrograman dan pembuatan laporan penelitian.
2.	IDE Arduino	Digunakan sebagai program pengendali NodeMcu ESP32.
3.	Telegram	Digunakan sebagai <i>software</i> pengontrol alat.
4.	Perlengkapan (kabel, obeng, bor listrik dan sebagainya)	Digunakan untuk membuat rangkaian perangkat.
5.	NodeMcu ESP32	Digunakan sebagai pengendali perangkat monitoring pengukuran kelembaban dan ketinggian air.
6.	Sensor YL-69	Digunakan sebagai deteksi kelembaban tanah.
7.	Relay	Sebagai saklar untuk ON/OFF pada <i>water pump</i> .
8.	Sensor Ultrasonik	Digunakan sebagai deteksi ketinggian air pada tempat penampung air.

No	Nama alat dan bahan	Justifikasi Penggunaan
9.	Water Box	Digunakan sebagai tempat penampung air.
10.	Selang	Digunakan sebagai media aliran air.
11.	<i>Water Pump</i>	Digunakan untuk mendistribusikan air
12.	Sensor pH Tanah	Digunakan sebagai pengukur pH Tanah

3.3 Metode Penelitian

Penyiraman tanaman tomat otomatis menggunakan kontrol logika *fuzzy* berbasis *internet of things* (IOT), yang mana akan dijelaskan pada diagram alir penelitian pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir pada penelitian ini. Pertama, dimulai dari pembacaan literatur-literatur yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Kedua, melakukan pengujian terhadap alat dan bahan yang akan digunakan.

Kemudian, dilakukannya perancangan alat pada penelitian ini. Setelah perancangan alat, dilakukan pemeriksaan apakah alat dirancang sesuai dengan yang diinginkan. Jika tidak, maka dilakukan perancangan alat ulang. Jika sudah sesuai, maka masuk dalam pembuatan program. Setelah program dibuat, maka dilakukan simulasi alat yang sudah diprogram. Jika alat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan, maka dilakukan pembuatan program ulang. Jika program sudah sesuai dengan yang diinginkan, maka dapat berlanjut untuk pembuatan laporan. Jika laporan sudah selesai dan benar, maka penelitian ini dinyatakan sukses dan selesai.

3.4 Studi Literatur

Pada tahap ini, penulis mempelajari dan mengumpulkan literatur mengenai perancangan pembuatan alat beserta memahami karakteristik alat dan bahan yang akan digunakan. Literatur tersebut berasal dari beberapa sumber, seperti buku, dan jurnal ilmiah.

3.5 Studi Bimbingan

Pada tahap ini, dilakukan diskusi secara berkala dalam menyelesaikan masalah tentang rancang bangun alat penyiraman tanaman otomatis menggunakan kontrol logika fuzzy berbasis *internet of thing* (IOT) sesuai dengan tujuan penelitian.

3.6 Pengambilan dan Pengolahan Data

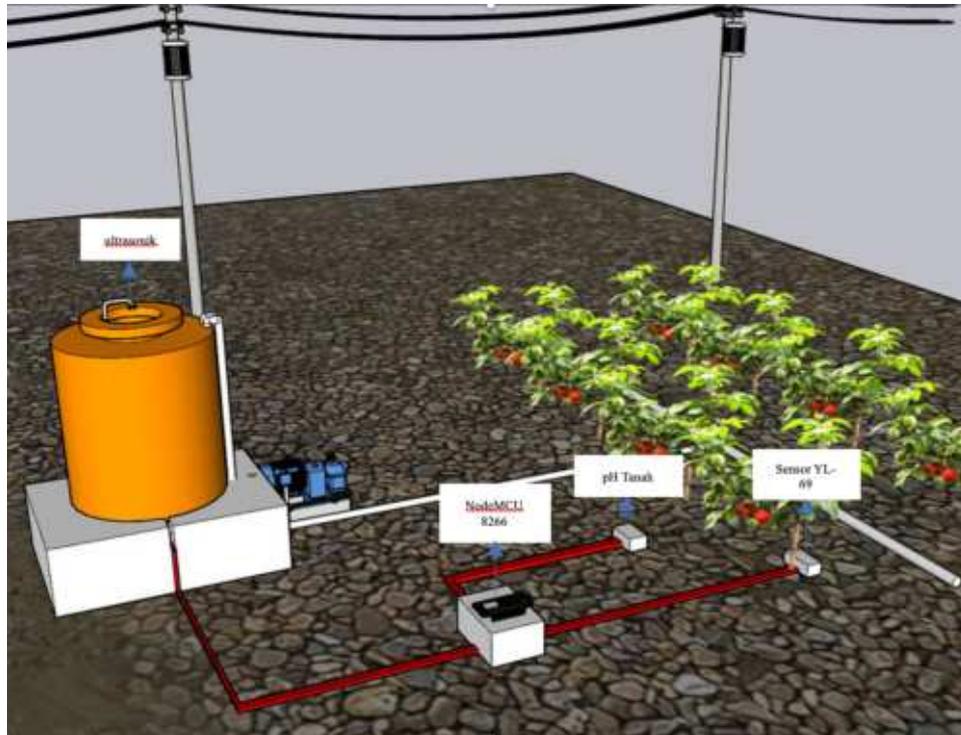
Pada tahap ini, pengambilan dan pengolahan data dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap alat yang telah dibuat. Data yang didapatkan sesuai dengan tujuan sehingga data yang terukur sudah valid.

3.7 Pembuatan Laporan

Pada tahap ini, penulis menyajikan hasil dari penelitian dalam bentuk laporan akhir. Hasil penelitian ini adalah berjalannya alat yang dibuat dan didapatkan hasil yang diharapkan.

3.8 Sketsa Desain Perancangan

Adapun desain atau sketsa pada perancangan alat dapat dilihat pada Gambar 3.2

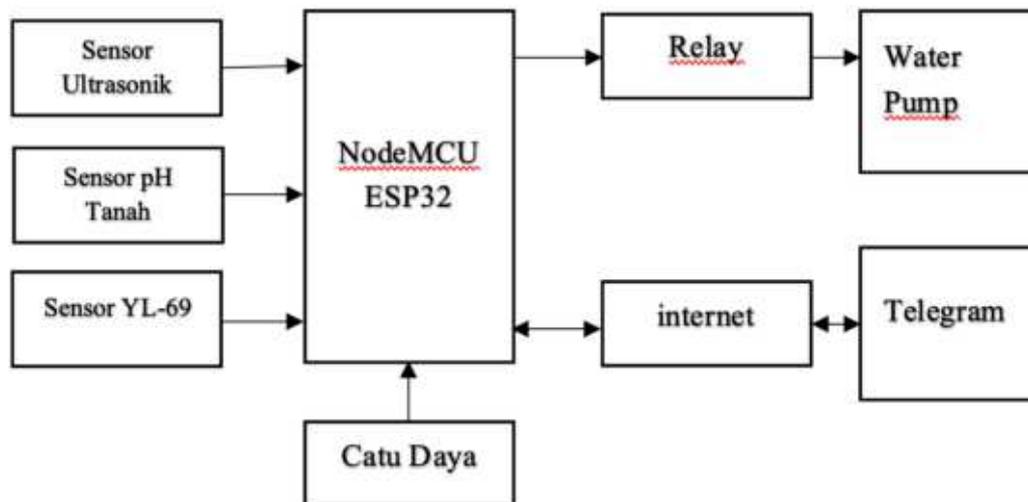


Gambar 3.2 Desain alat

Penelitian ini dibuat dengan memanfaatkan kemampuan NodeMCU ESP32. NodeMCU ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler yang digunakan sebagai monitoring sekaligus kendali. Sensor YL-69 dan Sensor pH Tanah yang digunakan sebagai pendeteksi kelembapan dan pH pada tanah di area tanaman, sensor ultrasonik yang digunakan sebagai deteksi persediaan air dalam bak penampung. Selanjutnya *relay* yang berfungsi sebagai saklar yang akan menghantarkan tegangan listrik otomatis pada pompa air. Sistem ini juga menggunakan pompa air yang berguna untuk mendistribusikan air, ketika kondisi tanah kering maka pompa akan menyala dan air akan disiram ke area tanah. Selanjutnya, telegram berfungsi sebagai monitoring jarak jauh nilai kelembapan, pH tanah dan kondisi air dalam bak penampungan.

3.9 Diagram Blok Sistem

Tahapan yang dilakukan dalam sistem dapat direpresentasikan dengan menggunakan diagram blok sistem. Seperti pada Gambar 3.3 berikut:

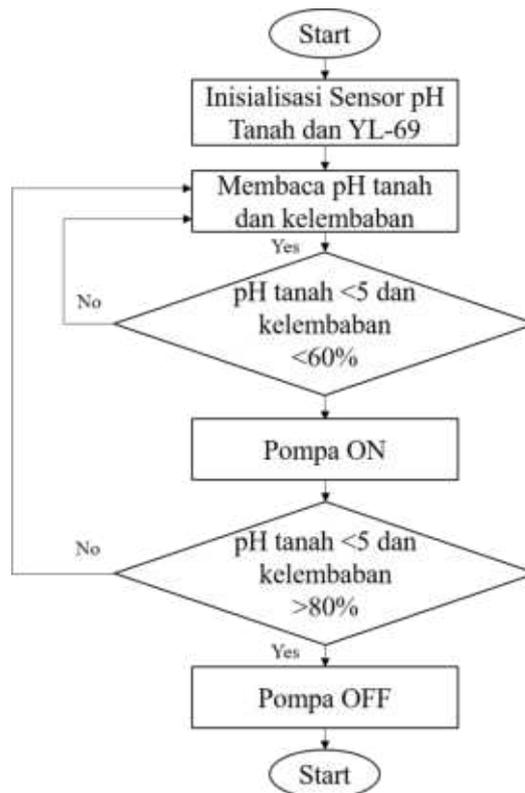


Gambar 3.3 Diagram blok sistem

Berdasarkan Gambar 3.3 di atas, perancangan alat berupa sistem dengan pembacaan kondisi kelembaban tanah dan ketersediaan air pada tanaman tomat dengan sensor YL-69, Sensor PH Tanah dan sensor ultrasonik. Data yang terbaca oleh sensor dikirimkan ke NodeMCU yang terhubung dengan jaringan *WiFi*. Relay berfungsi sebagai *switching* tegangan *input water pump*. *Water pump* berfungsi untuk menyiramkan air ke tanaman. Telegram berfungsi sebagai penerima informasi hasil pembacaan dari sensor. Selanjutnya *relay* yang berfungsi sebagai saklar yang akan menghantarkan tegangan listrik otomatis pada pompa air. Sistem ini juga menggunakan pompa air yang berguna untuk mendistribusikan air, ketika kondisi tanah kering maka pompa akan menyala dan air akan disiram ke area tanah. Selanjutnya, telegram berfungsi sebagai monitoring jarak jauh nilai kelembapan dan kondisi air dalam bak penampungan.

3.10 Perancangan Sistem

Tahapan yang dilakukan dalam sistem perancangan dapat direpresentasikan menjadi diagram alir sistem, seperti pada Gambar 3.4 berikut:

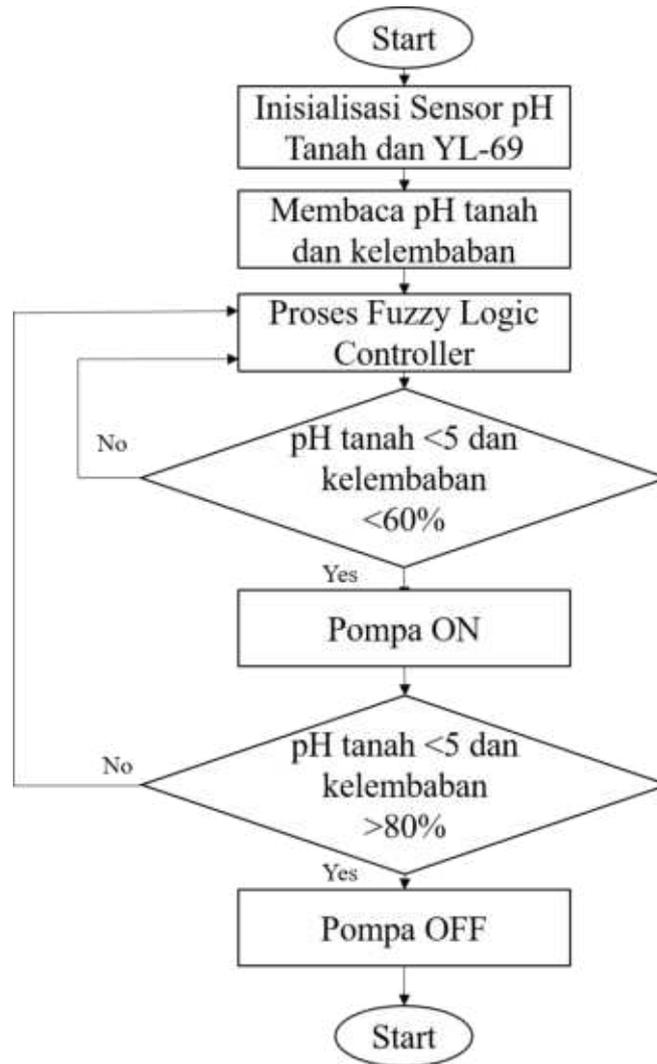


Gambar 3.4 Diagram alir sistem perancangan

Pada diagram alir sistem dapat dilihat, Start untuk memulai selanjutnya sensor pH tanah dan sensor YL-69 akan dihidupkan, kemudian sensor YL-69 dan sensor pH Tanah akan mengambil input berupa nilai kelembaban tanah, PH tanah serta sensor ultrasonik mengambil input berupa jarak air. Proses fuzzifikasi adalah proses dimana nilai input diubah menjadi nilai tegas dan didapatkan hasil dari dari fuzzifikasi apabila sudah sesuai dengan aturan yang dibuat maka sistem akan dihentikan. Saat nilai hasil fuzzifikasi belum sesuai dengan aturan yang dibuat maka *water pump* akan secara otomatis menyiramkan air ke tanah dan data akan dikirimkan ke telegram sampai dengan kondisi yang sesuai.

3.11 Diagram Alir Sistem *Fuzzy Logic*

Tahapan yang dilakukan dalam sistem perancangan dapat direpresentasikan menjadi diagram alir sistem *fuzzy logic*, seperti pada Gambar 3.5 berikut



Gambar 3.5 Diagram Alir Metode *Fuzzy Logic*

Pada diagram sistem *fuzzy logic* pada start dilanjutkan dengan pembacaan sensor YL-69 dan sensor pH Tanah untuk mendapatkan nilai kelembaban tanah dan nilai pH Tanah yang akan digunakan sebagai variabel input. Variabel output-nya adalah *relay* yang berfungsi sebagai *switching* untuk menghidupkan *water pump*, telegram sebagai notifikasi pengguna. Proses inferensi merupakan kumpulan dari aturan yang dibuat untuk menentukan output dari sistem fuzzy. *Defuzzifikasi* adalah proses penentuan output yang akan dipilih berdasarkan aturan yang telah dibuat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perancangan dan pengujian alat yang telah dilakukan, sebagai berikut :

1. Terealisasi sistem kontrol dalam monitoring kelembaban tanah, pH tanah, dan kapasitas air menggunakan NodeMCU ESP32 dengan logika *fuzzy* berbasis *internet of things* dengan nilai akurasi 100%.
2. Berdasarkan penelitian ini nilai kelembaban selama kurun waktu 4 hari memiliki nilai terendah sebesar 65% hari ketiga pada siang hari. Nilai kelembaban paling tinggi sebesar 82% hari pertama pada siang hari. Pada penelitian ini jika nilai kelembaban <60% maka respon pompa akan aktif dan menyiramkan air hingga kelembaban mencapai 80%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan, maka dapat diambil saran sebagai berikut :

1. Menggunakan metode tuning PID pada penelitian selanjutnya untuk mengetahui metode mana yang lebih akurat dan lebih baik.
2. Pada penelitian ini dapat ditambahkan *water pump* otomatis pada tangki air sehingga dapat memudahkan pengguna untuk mengisi tangki air dengan otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, N. N. Pangaribuan, P. dan Priramadhi, R. A. 2020. Sistem Pengontrolan Pengairan Budidaya Tanaman Tomat Berdasarkan Kelembaban Dan Suhu Tanah Berbasis Artificial Intelligence. *Proceeding of engineering*. Vol. 7 (3) : 8791-8801.
- Darmawan, I. G. E. Yadie, E. Subagyo, H. 2020. Rancang Bangun Alat Ukur Kelembaban Tanah Berbasis Arduino Uno. *Jurnal poligird*. Vol 1 (1): 31-38.
- Djumali dan Mulyaningsih, S. 2014. Pengaruh Kelembaban Tanah Terhadap Karakter Agronomi, Hasil Rajangan Kering Dan Kadar Nikotin Tembakau (*Nicotiana Tabacum L; Solanaceae*) Temanggung Pada Tiga Jenis Tanah. *Jurnal berita biologi*. 13(1): 1-11.
- Fauzia, N. Kholis, N dan Wardana, H.K. 2021. Otomatisasi Penyiraman Tanaman Cabai Dan Tomat Berbasis Iot. *Jurnal Reaktom*. Volume 6 No 1 : 22-28.
- Isnawaty, O. R. dan M. N.F. 2017. Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Kelembaban Tanah Berbasis Arduino. *Jurnal Semantik*. vol. 3(1) : 256-268.
- Marinus, F. Yulianti, B. dan Haryanti, M. 2020. Rancang Bangun sistem penyiraman tanaman berdasarkan waktu menggunakan RTC berbasis arduino uno pada tanaman tomat. *Jurnal teknik industri* 9 (1) : 78-89.
- Oliveira, J.C. D. Santos, D. H. dan Neto, M. P. 2016. Chatting With Arduino Platform Through Telegram Bot. *Proceedings of the International Symposium on Consumer Electronics*. 1(1) : 131-132.
- Philander, K. Suppa, R. dan Muhallim, M. 2021. Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Arduino. *Jurnal Riset Sistem Informasi Dan Teknik Informatika (JURASIK)* 1(1) : 1-8.
- Saputra, L. K. P. dan Lukito, Y. 2017. Implementation of air conditioning control system using REST protocol based on NodeMCU ESP8266. *Proceeding International Conference on Smart Cities, Automation & Inteligent Computing Systems*. 126-130.

- Sasmoko, D. dan Horman, R. 2020. Sistem Monitoring Aliran Air Dan Penyiraman Otomatis Pada Rumah Kaca Berbasis IOT Dengan Esp8266 Dan Blynk. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 1(1): 1-10.
- Setyowati, I. Novianto, D. dan Purnomo, E. 2020. Preliminary design and soil moisture sensor yl-69 calibration for implementation of smart irrigation. *Journal Of Physics : Conference Series*. vol. 1 (1): 1-7.
- Sirait, R. dan Botiwicaksono, C. 2020. Kontrol Kelembaban Pada Tanaman Tomat Menggunakan PID. *Jurnal Techno Vol 3 (1): 262-273*.
- Sulardy, T dan A.M. Sany. 2018. Uji Pemberian Limbah Padat Pabrik Kopi dan Urine Kambing Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat. *Journal of Animal Science and Agronomy Panca Budi*. 3(2):7-13.
- Yahwe, C. P. Isnawaty dan Aksara, L. M. F. 2016. Rancang bangun prototype system monitoring kelembaban tanah melalui sms berdasarkan hasil penyiraman tanaman “studi kasus tanaman cabai dan tomat”. *Jurnal semanTIK*. 2(1):97-110.
- Yudhana, A. dan Putra, M. C. F. 2016. Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Informasi Sinyal Sensor Kelembaban. *Prosiding annual research seminar*. 2(1): 277-280.
- Zulfikar, M. 2018. Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega328. *Journal Of Informatics and Computer Science*, vol. 4 (1) : 75-90.