

LAPORAN HASIL PENELITIAN
KLUSTER PENELITIAN DASAR INTERDISIPLINER
TAHUN ANGGARAN 2022

**Sistem Penyiram Tanaman Paralel Multikarakter Pada Kebun Agribisnis
UIN Syarif Hidayatullah Jakarta dengan Logika Fuzzy Metode Sugeno Dan
LoRa Ra-02 SX1278 Berbasis IoT**



Tim Peneliti:

Koordinator: Nenny Anggaraini, M.T.
Anggota: Deny Saputra, S.T.
M Rafi Dinillah

PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN (PUSLITPEN) DAN LP2M
UIN SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA
2022
LAPORAN AKHIR (*FINAL REPORT*)

**HIBAH PENELITIAN TAHUN ANGGARAN 2022
PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN (PUSLITPEN)
UIN SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA**

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan penelitian yang berjudul “Sistem Penyiram Tanaman Paralel Multikarakter Pada Kebun Agribisnis UIN Syarif Hidayatullah Jakarta dengan Logika Fuzzy Metode Sugeno Dan LoRa Ra-02 SX1278 Berbasis IoT” merupakan laporan akhir pelaksanaan penelitian yang dilakukan oleh “Nenny Anggaraini, M.T.” dan telah memenuhi ketentuan dan kriteria penulisan laporan akhir penelitian sebagaimana yang ditetapkan oleh Pusat Penelitian dan Penerbitan (PUSLITPEN), LP2M UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

Jakarta, 8 Agustus 2022 2022

Peneliti,

Materai
10.000

Nenny Anggaraini, M.T.
NIDN: 0310097601

Mengetahui;

Kepala Pusat
Penelitian dan Penerbitan (PUSLITPEN)
LP2M UIN Syarif Hidayatullah Jakarta

Ketua Lembaga
Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
(LP2M) UIN Syarif Hidayatullah Jakarta

Dr. Imam Subchi, MA
NIP. 196708102000031001

Drs. Jajang Jahroni, M.A., Ph.D.
NIP. 196706121994031006

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Nenny Anggaraini, M.T.
NIDN : 0310097601
Unit Kerja : Jurusan Teknik Informatika

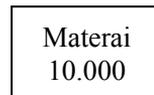
dengan ini menyatakan bahwa:

1. Judul penelitian “Sistem Penyiram Tanaman Paralel Multikarakter Pada Kebun Agribisnis UIN Syarif Hidayatullah Jakarta dengan Logika Fuzzy Metode Sugeno Dan LoRa Ra-02 SX1278 Berbasis IoT” merupakan karya orisinal saya.
2. Jika di kemudian hari ditemukan fakta bahwa judul, hasil atau bagian dari laporan penelitian saya merupakan karya orang lain dan/atau plagiasi, maka saya akan bertanggung jawab untuk mengembalikan 100% dana hibah penelitian yang telah saya terima, dan siap mendapatkan sanksi sesuai ketentuan yang berlaku serta bersedia untuk tidak mengajukan proposal penelitian kepada Puslitpen LP2M UIN Syarif Hidayatullah Jakarta selama 2 tahun berturut-turut.

Demikian pernyataan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 8 Agustus 2022

Yang Menyatakan,



Nenny Anggaraini, M.T.

Sistem Penyiram Tanaman Paralel Multikarakter Pada Kebun Agribisnis UIN Syarif
Hidayatullah Jakarta dengan Logika Fuzzy Metode Sugeno Dan LoRa Ra-02
SX1278 Berbasis IoT

ABSTRAK

Kebun agribisnis Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah merupakan bagian dari laboratorium program studi agribisnis yang memiliki greenhouse. Terdapat delapan jalur lahan dengan jenis tanaman yang berbeda beda tiap dua jalurnya dalam greenhouse tersebut. Dalam mengelola tanaman di greenhouse tersebut, penyiraman tanaman merupakan hal yang sangat penting, terlebih lagi karena perubahan cuaca yang terjadi akibat adanya perubahan iklim membuat penyiraman tanaman menjadi rumit, karena harus memperhatikan faktor-faktor tertentu pada tanaman. Beberapa faktor tersebut adalah besar tanaman, banyaknya tanah, dan tipe tanaman tersebut. Selain ketiga faktor yang disebutkan tadi, terdapat faktor lainnya yaitu kelalain. Tindakan lalai yang dilakukan oleh pemilik tanaman seperti lupa menyiram tanaman dapat menyebabkan tanaman menjadi kering dan menyebabkan tanaman menjadi mati. Terdapat empat tanaman olerikultura (sayuran) yang dipakai pada penelitian ini, yaitu bayam, selada, buncis, dan kol. Tanaman tersebut dipilih karena memiliki karakter tumbuh yang berbeda – beda (multikarakter), terutama pada kelembaban tumbuh tanaman tersebut. Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem penyiram tanaman paralel multikarakter menggunakan LoRa Ra-SX1278 dan logika fuzzy metode Sugeno berbasis Internet of Things. Sistem yang dibangun dapat dimonitor menggunakan smartphone melalui aplikasi Telegram sehingga pegawai yang bertanggung jawab untuk mengawasi taman mendapatkan informasi detail tentang penyiraman tanaman tersebut. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi penyiraman tanaman dalam menghemat air menentukan waktu penyiraman.

Kata kunci: penyiram tanaman, *internet of things*, *fuzzy Sugeno*, *LoRa*.

KATA PENGANTAR

Syukur tiada henti peneliti panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan penulisan penelitian dengan judul “Sistem Penyiram Tanaman Paralel Multikarakter Pada Kebun Agribisnis UIN Syarif Hidayatullah Jakarta dengan Logika Fuzzy Metode Sugeno Dan LoRa Ra-02 SX1278 Berbasis IoT” penelitian ini diajukan sebagai bukti penyelesaian penelitian yang ditujukan untuk HIBAH PENELITIAN TAHUN ANGGARAN 2021 Kepada PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN (PUSLITPEN) UIN SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA

Peneliti menyadari, penelitian dan penulisan ini tidak akan berjalan baik dan lancar tanpa bantuan dari segenap pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, peneliti ucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Hj. Amany Lubis, MA selaku Rektor UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
2. Prof. Dr. Lily Surraya Eka Putri, M.Env.Stud. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
3. Imam Marzuki Shofi, M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Informatika yang tidak mungkin peneliti sebutkan satu persatu.

Peneliti mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, 8 Agustus 2022

Peneliti

Daftar isi

ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
Daftar isi	vi
BAB I PENDAHULUAN	8
1.1 Latar Belakang	8
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan dan Signifikansi Penelitian	5
1.3.1 Tujuan	5
1.3.2 Signifikansi	6
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.5 Sistematika Penulisan	7
BAB II KAJIAN TEORI DAN LITERATUR	9
2.1 Sistem	9
2.2 Tanaman	9
2.2.1 Tanaman Pakcoy	9
2.2.2 Tanaman Bayam	10
2.2.3 Tanaman Seledri	10
2.2.4 Tanaman Bawang Kucai	11
2.3 Konsep Fuzzy	12
2.4 Metode Sugeno	15
2.4.1 Fungsi Keanggotaan	16
2.4.2 Tahapan Metode Sugeno	19
2.5 Raspberry Pi	20
2.5.1 Raspberry Pi 3 Model B+	21
2.5.2 Raspberry Pi 4	22
2.6 MCP 3008	23
2.7 Sensor Kelembapan Tanah	23
2.8 Sensor Hujan	24
2.9 Sensor Suhu (DHT22)	25
2.10 Relay	25
2.11 Valve Solenoid	26
2.12 Internet of things (IoT)	26
2.13 LoRa	28
2.14 Telegram	28
2.14.1 Bot Telegram	30
2.15 Prototyping	30
2.16 Kajian Terdahulu yang Relevan	32

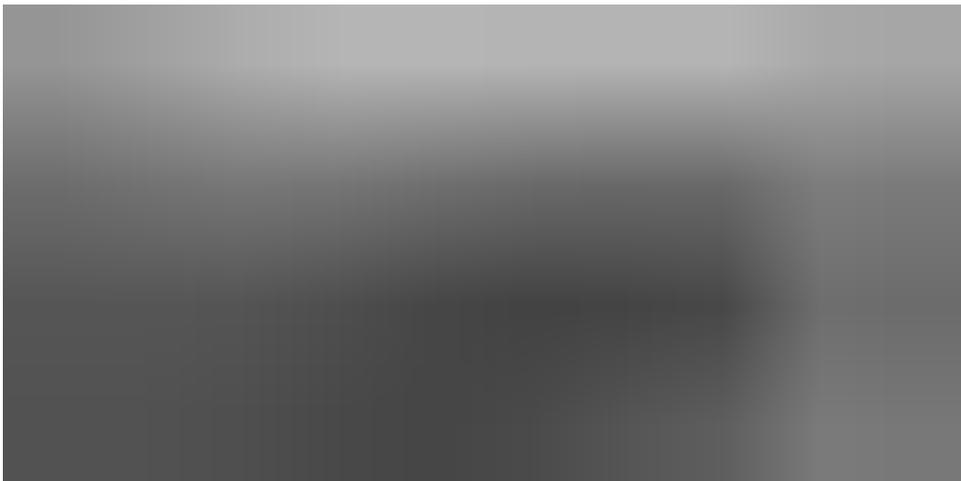
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Metode Pengumpulan Data	35
3.2 Metode Pengembangan Sistem	35
3.2.1 Komunikasi	36
3.2.2 Perencanaan Cepat	36
3.2.3 Pemodelan Cepat	37
3.2.4 Konstruksi	37
3.2.5 Evaluasi	38
BAB IV PERANCANGAN	39
4.1 Pengumpulan Kebutuhan	39
4.2 Data dan Sumber Data	39
4.3 Ruang Lingkup	39
4.4 Analisis Sistem Berjalan	40
4.5 Analisis Sistem Usulan	40
4.6 Analisis Kebutuhan Fungsional Sistem	41
4.7 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras	45
4.8 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak	46
4.9 Analisis Pemodelan Cepat	47
4.10 Skematik Sistem dengan Sensor Kelembapan Tanah	48
4.11 Skematik Sistem dengan Sensor Hujan	49
4.12 Skematik Sistem dengan Sensor Suhu DHT22	49
4.13 Skematik Sistem dengan Relay dan Valve Solenoid	50
4.14 Skematik Tampilan Rangkaian Alat Penyiram Tanaman Otomatis..	52
4.15 Pengkodean Sistem	54
4.15.1 Pengkodean Raspberry Pi dengan Input Sensor	54
4.15.2 Pengkodean Implementasi Fuzzy Logic Metode Sugeno	55
4.16 Evaluasi	66
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	69
BAB VI PENUTUP	40
6.1 Kesimpulan	40
6.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebun Agribisnis Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta merupakan bagian dari laboratorium program studi Agribisnis yang memiliki greenhouse didalamnya. Kebun tersebut terletak di jalan Puri Intan 4, Pisangan, Tangerang Selatan memiliki luas sebesar 1.760 meter persegi dan luas greenhouse yang berada di dalam kebun tersebut sebesar 8 x 16 meter. Tidak menentunya cuaca yang diakibatkan perubahan iklim menyebabkan masalah penyiraman tanaman yang menjadi rumit pada greenhouse di kebun tersebut. Pada penelitian yang dilakukan oleh [1], disebutkan bahwa selain masalah penyiraman akibat perubahan cuaca yang tidak menentu, jumlah air yang digunakan dalam penyiraman tanaman juga harus diperkirakan sesuai dengan



Gambar 1.1. Greenhouse di kebun agribisnis

besar tanaman, banyaknya tanah, dan tipe tanaman tersebut. Kelalaian dalam melakukan penyiraman tanaman juga merupakan salah satu masalah yang dihadapi di kebun tersebut, karena jika kelalaian tersebut terjadi maka tanaman

akan mengalami kekeringan sehingga dapat menyebabkan kematian pada tanaman.

Pada penelitian sebelumnya [1] sudah dibuat alat penyiram tanaman untuk satu node dua jalur lahan dengan satu karakter yang sama. Sensor yang digunakan pada sistem penyiram tanaman adalah sensor kelembaban tanah, sensor suhu, dan sensor hujan yang kemudian diolah dengan logika fuzzy metode Sugeno melalui Raspberry Pi 3 untuk menentukan waktu penyiraman. Namun di kebun agribisnis UIN Jakarta terdapat empat node dan delapan jalur lahan dengan karakter tanaman yang berbeda di setiap nodenya, untuk mempermudah pemahaman dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1.2. Skema alat penyiram tanaman paralel multikarakter

Tanaman yang dipakai pada penelitian ini adalah tanaman berjenis olerikultura (sayuran), terdapat empat tanaman sayuran yang dipakai yaitu

pakcoy, bayam, selada, dan bawang kucai. Keempat tanaman ini dipakai karena memiliki karakter karakter yang berbeda – beda (multikarakter), terutama dari karakter kelembaban tanah tempat tumbuh masing – masing tanaman sayuran tersebut. Untuk tanaman pakcoy kelembaban tanaman yang optimal untuk tumbuh yaitu 33 – 67 %, untuk tanaman bayam yaitu 30 – 70 %, untuk tanaman selada yaitu 40 – 60 %, dan untuk tanaman bawang kucai yaitu 30 – 50 %.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [2] dibuat alat penyiraman tanaman otomatis dengan sensor kelembaban tanah, sensor temperatur, sensor ultrasonic, mikrokontroler Arduino & NodeMCU, dan pengendali dari aplikasi Android. Sensor ultrasonic digunakan untuk mendeteksi jumlah air yang ada pada tangki air, jika jumlah air dalam tangki sedikit maka tangki akan diisi dengan air melalui solenoid valve sampai mencapai nilai batas. Sensor kelembaban tanah dan sensor temperatur akan mengambil data dari tanaman, kemudian dengan bantuan dari kedua mikrokontroler tersebut data yang didapatkan dikirim ke database yang telah dibuat untuk ditampilkan ke dalam aplikasi Android yang dibuat. Dalam aplikasi tersebut, nilai batas dari kelembaban dapat diatur dan dikirim kembali ke mikrokontroler untuk melakukan penyiraman otomatis ketika nilai kelembaban berada dibawah nilai yang telah ditetapkan. Terdapat juga penelitian yang dilakukan oleh [3] dimana dibuat sistem pendukung keputusan dengan logika fuzzy untuk alat penyiram tanaman. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa logika fuzzy merupakan metodologi sistem kontrol pemecahan masalah yang cocok bagi embedded system, dan kasus yang diselesaikan oleh logika fuzzy yaitu kasus yang bersifat ketidakpastian dimana salah satu contoh kasusnya adalah penyiraman tanaman.

Logika Fuzzy merupakan logika yang digunakan untuk menggambarkan ketidakjelasan. Terdapat tiga metode dari logika fuzzy, yaitu metode Tsukamoto, Sugeno, dan Mamdani dan setiap metode tersebut memiliki mesin inferensi dan defuzzifikasi yang berbeda beda [4]. Metode Sugeno merupakan metode pengambilan keputusan untuk menetapkan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan kriteria tertentu. Kriteria biasanya berupa ukuran-ukuran,

aturan-aturan atau standar yang digunakan dalam pengambilan keputusan [5]. Logika fuzzy akan digunakan untuk pengambilan keputusan penyiraman tanaman pada penelitian ini.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [6] dilakukan perbandingan metode antara ketiga metode dari logika fuzzy, dan didapatkan hasil bahwa metode fuzzy Sugeno memiliki nilai error paling kecil diantara metode logika fuzzy lainnya yaitu sebesar 1,314%. Kemudian hasil penelitian yang didapatkan oleh [7] juga menyatakan bahwa metode Sugeno lebih baik daripada metode logika fuzzy lainnya dengan MAPE (Mean Absolute Percentage Error) sebesar 7,45%. Oleh karena itu, berdasarkan hasil dari kedua jurnal tersebut penelitian ini akan menggunakan logika fuzzy metode Sugeno.

LoRa atau singkatan dari Long Range adalah sebagai teknologi nirkabel yang digunakan untuk membuat link komunikasi jarak jauh. Seperti pada umumnya teknologi nirkabel lama yang masih menggunakan modulasi frequency shift keying (FSK) sebagai lapisan fisik karena merupakan modulasi yang sangat efisien untuk mencapai daya rendah, LoRa menggunakan modulasi chirp spread spectrum, yang mempertahankan karakteristik Low Power yang sama dengan modulasi FSK, tetapi secara signifikan meningkatkan jangkauan komunikasi, seperti yang diketahui jangkauan komunikasi LoRa mencapai hingga 10 kilometer. Sehingga komunikasi antara sebuah stasiun gateway dapat dilakukan hanya dengan satu jangkauan saja. Dan jangkauannya pula juga sangat tergantung pada lingkungan atau penghalang di lokasi tersebut [8].

Dari hasil analisis, dan studi pustaka/literatur yang telah dilakukan maka usulan solusi berdasarkan masalah yang ada, pada proposal ini mengusulkan sebuah sistem penyiraman tanaman paralel multikarakter menggunakan logika fuzzy metode Sugeno dengan teknologi IoT dan LORA Ra02-SX1278. Sistem yang dibangun dapat dimonitor menggunakan aplikasi Telegram sehingga pegawai yang bertanggung jawab untuk mengawasi taman mendapatkan informasi detail tentang penyiraman tanaman tersebut. Sensor diletakkan di beberapa titik pada lahan untuk menangkap kondisi lingkungan yang menjadi komponen syarat

tumbuh, seperti suhu lingkungan, kelembaban tanah, dan hujan. Kondisi lingkungan tersebut kemudian akan dihitung sedemikian rupa oleh mikrokontroler menggunakan metode Fuzzy Sugeno, sehingga sistem dapat memberikan keputusan berapa lama waktu penyiraman yang diperlukan untuk tanaman. Dengan adanya sistem ini, diharapkan tanaman di kebun agribisnis UIN syarif Hidayatullah Jakarta terpelihara dengan baik, sehingga dapat efektifitas dan efisiensi dalam menghemat air dan menentukan waktu penyiraman.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang dipaparkan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana membangun sistem penyiram tanaman paralel multikarakter dengan logika fuzzy metode Sugeno dan LORA Ra-SX1279 berbasis IoT untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam menghemat air dan menentukan waktu penyiraman di kebun agribisnis UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

1.3 Tujuan dan Signifikansi Penelitian

1.3.1 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Membangun sistem penyiraman tanaman paralel dengan empat karakter yang berbeda.
2. Meningkatkan efisiensi dan efektifitas sistem penyiraman tanaman di kebun agribisnis UIN syarif Hidayatullah Jakarta dengan logika fuzzy metode Sugeno.
3. Mempermudah monitoring terhadap kegiatan penyiraman tanaman di lingkungan kampus UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
4. Mendapatkan data dari proses monitoring yang dapat dimanfaatkan untuk penelitian selanjutnya.

1.3.2 Signifikansi

Signifikansi dari penelitian ini adalah:

1. Pemanfaatan teknologi tepat guna untuk sistem penyiraman tanaman pada kebun agribisnis sehingga proses penyiraman tanaman selalu terkontrol, efektif, dan efisien.
2. Pelaksanaan pengawasan terhadap penyiraman tanaman secara langsung (real-time), sehingga dapat diketahui jika terjadi kendala pada alat dan status penyiraman tanaman.
3. Sistem dibangun secara paralel dengan empat karakter tanaman yang berbeda.
4. Bertambahnya Hak Kekayaan Intelektual (Hak Cipta) dan Paten atas nama Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta untuk perangkat lunak yang dibuat.
5. Publikasi makalah pada jurnal terakreditasi nasional SINTA 2 atau 3 yang berafiliasi dengan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di kebun agribisnis Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
2. Lahan yang diteliti berjumlah delapan jalur dengan empat node dan setiap nodenya memiliki karakter tanaman yang berbeda.
3. Metode yang digunakan untuk menentukan waktu penyiraman adalah logika fuzzy metode Sugeno.
4. Menggunakan teknologi LORA Ra-SX1278 untuk menghubungkan node dengan server.
5. Sensor yang digunakan adalah sensor suhu, kelembaban tanah, dan sensor hujan.
6. Menggunakan Telegram untuk menghubungkan antara alat dan smartphone yang digunakan.

7. Metode pengembangan menggunakan Structured Analysis Real Time (SART).

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini pembahasan terbagi dalam lima bab yang secara singkat akan diuraikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai latar belakang penulisan penelitian, batasan masalah, tujuan dan manfaat serta sistematika penulisan yang merupakan gambaran menyeluruh dari penulisan penelitian ini.

BAB II KAJIAN TEORI DAN LITERATUR

Dalam bab ini akan dibahas mengenai berbagai teori yang mendasari analisis permasalahan dan berhubungan dengan topik yang dibahas.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai metode penelitian yang akan digunakan dalam merancang dan membangun sistem.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas segala perancangan dan langkah-langkah pembangunan sistem

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas mengenai hasil dari analisis, perancangan, implementasi sesuai dengan metode yang dilakukan pada aplikasi yang dibuat.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab terakhir ini akan menguraikan tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang didapat dan juga saran yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem ini kearah yang lebih baik lagi dimasa yang akan datang.

BAB II

KAJIAN TEORI DAN LITERATUR

2.1 Sistem

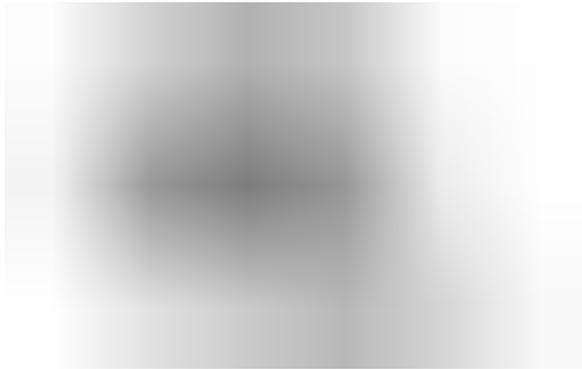
Dalam kamus besar Bahasa Indonesia versi daring, sistem diartikan sebagai perangkat unsur yang secara teratur saling berkaitan sehingga membentuk suatu totalitas [9] Sedangkan menurut [10] Sistem merupakan suatu jaringan kerja dari prosedur-prosedurnya yang saling berhubungan, berkumpul bersama-sama untuk melakukan suatu kegiatan atau untuk menyelesaikan suatu sasaran tertentu. Dari kedua definisi diatas dapat dikatakan bahwa sistem adalah kumpulan prosedur dan unsur yang berhubungan untuk melakukan sasaran tertentu.

2.2 Tanaman

Tanaman yang akan digunakan pada penelitian ini berjenis tanaman olerikultura atau lebih dikenal dengan sebutan sayuran, yaitu sayuran bayam, selada, buncis, dan kol. Sayuran tersebut dipilih karena memiliki kelembaban optimal yang berbeda – beda untuk tumbuh.

2.2.1 Tanaman Pakcoy

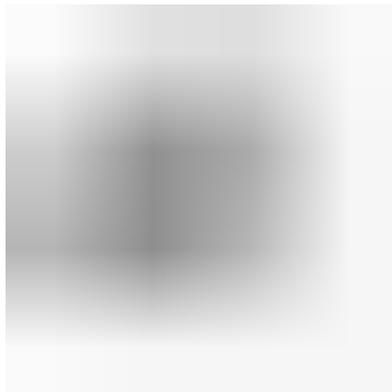
Tanaman pakcoy (*Brassica rapa L.*) atau yang disebut tanaman pakcoy merupakan jenis tanaman yang masuk ke dalam keluarga *Brassicaceae*. Tumbuhan ini berasal dari negara China dan setelah abad ke-5 telah dibudidayakan secara luas di china pusat serta Taiwan. Pada saat ini tanaman pakcoy telah dikembangkan secara luas di Filipina, Malaysia, Indonesia dan Thailand [11].



Gambar 2.1. Tanaman Pakcoy

2.2.2 Tanaman Bayam

Amaranthus sp atau yang biasa kita sebut tanaman bayam adalah jenis tanaman yang biasa dikonsumsi daunnya sebagai sayuran hijau. Tanaman ini berasal dari amerika tropik dan saat ini sudah tersebar ke seluruh dunia. Tanaman bayam dapat tumbuh di daerah yang memiliki iklim panas atau dingin dan bayam dapat tumbuh subur pada dataran rendah dengan lahan terbuka yang relatif hangat serta memiliki pencahayaan yang bagus [12].

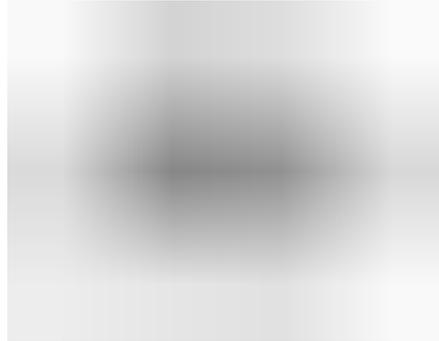


Gambar 2.2. Tanaman Bayam

2.2.3 Tanaman Seledri

Apium graveolens L. atau yang biasa kita sebut tanaman seledri merupakan tanaman konsumsi yang dapat dikonsumsi dalam bentuk

mentah, dimasak, atau juga dapat diolah dengan cara diacar, dikeringkan atau bahkan dikalengkan [13]. Tanaman seledri berasal dari Eropa Selatan dan saat ini tanaman seledri dapat ditemukan di seluruh dunia.



Gambar 2.3. Tanaman Seledri

2.2.4 Tanaman Bawang Kucai

Allium fistulosum L. atau yang biasa kita sebut tanaman bawang kucai atau bawang daun merupakan tanaman yang berasal dari kawasan Asia Tenggara, kemudian meluas ditanam di berbagai daerah tropis maupun subtropis. Bawang kucai biasa digunakan sebagai penyedap rasa pada makanan. Tanaman yang biasa dikonsumsi biasanya berdaun muda dan berbatang putih karena terpendam di dalam tanah [14].



Gambar 2.4. Tanaman Bawang Kucai

2.3 Konsep Fuzzy

Konsep logika fuzzy diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1972 dalam papernya yang membahas tentang ketidakpastian. Zadeh memperkenalkan teori tentang objek yang direpresentasikan dalam himpunan fuzzy yang dengan batasan yang tidak pasti dan nilai dari objek tersebut juga bukan logika benar atau salah. Konsep ini kemudian disebut teori Himpunan Fuzzy. Menurut Zadeh, logika fuzzy bertujuan untuk menyediakan model bagi penalaran dimana penalaran tersebut bersifat perkiraan, bukan sesuatu yang pasti. Logika fuzzy didasarkan pada kenyataan bahwa pemikiran manusia, terutama pemikiran akal sehat, pada dasarnya adalah hasil perkiraan [15].

Logika Fuzzy didasarkan pada konsep himpunan Fuzzy yang memetakan domain input ke dalam domain output, dimana himpunan Fuzzy tidak menggunakan nilai tegas. Logika Fuzzy menggunakan nilai Fuzzy (kabur) yang direpresentasikan dalam bentuk linguistic. Logika Fuzzy memiliki nilai derajat keanggotaan, sehingga nilai yang diperoleh tidak hanya 0 dan 1, tetapi juga nilai antara 0 dan 1.

Penalaran logika fuzzy lebih mudah dipahami karena didasarkan pada penalaran manusia yang bersifat perkiraan. Logika Fuzzy juga sangat fleksibel dan dapat menggeneralisasi data yang tidak tepat. Hal ini membuat logika fuzzy sangat banyak digunakan dalam bidang pertanian, pengambilan keputusan, teori pengendalian, pengenalan pola, kesehatan dan lain-lain [16]. Sendai Subway merupakan implementasi logika fuzzy yang terkenal yang beroperasi tahun 1988. Logika fuzzy digunakan untuk mengontrol jalur kereta [17].

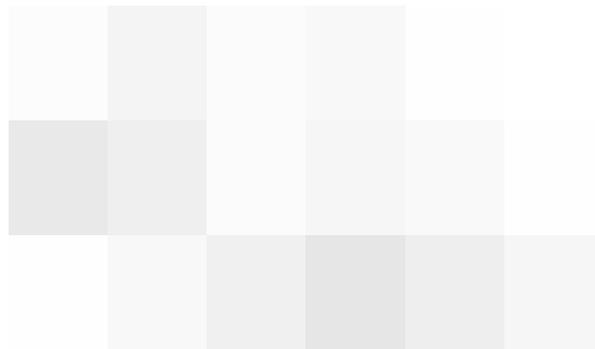
Crisp set atau himpunan tegas adalah suatu konsep yang mengacu pada himpunan yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari selain *fuzzy set*. Nilai kebenaran pada *crisp set* adalah 0 atau 1 untuk setiap individu pada himpunan semesta. Nilai selain 0 atau 1 tidak digunakan dalam konsep *crisp set* [18]. Hal ini dapat menjadi kelemahan di beberapa kasus karena kadang kala penilaian terhadap sesuatu hal menjadi tidak tepat jika menggunakan *crisp set*.

Nilai *crisp set* tersebut dapat diubah menjadi konsep logika fuzzy dengan memetakan nilai crisp ke nilai fuzzy pada interval [0,1] melalui sebuah fungsi keanggotaan (*membership function*).

Jika X adalah kumpulan objek yang dilambangkan dengan x maka sebuah himpunan fuzzy $\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x) \mid x \in X\}$. $\mu_A(x)$ merupakan fungsi keanggotaan yang memetakan X ke semesta keanggotaan M [17].

Beberapa jenis fungsi keanggotaan (*membership function*) yaitu [19]:

1. Triangular, merupakan fungsi keanggotaan yang cukup sering digunakan pada logika fuzzy. Pada fungsi triangular, hanya ada satu elemen yang mempunyai derajat keanggotaan = 1. Bentuk fungsi segitiga dapat dilihat pada Gambar .



Gambar 2.5. Fungsi keanggotaan triangular (segitiga)

Sebuah fungsi triangular mempunyai nilai keanggotaan sebagai berikut:

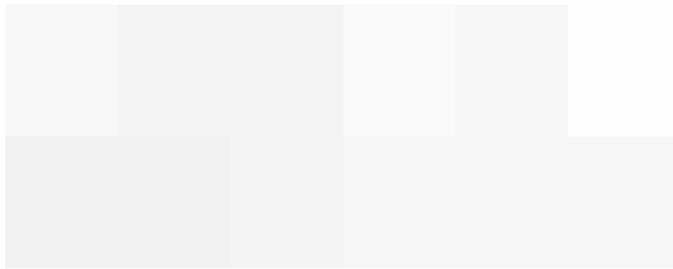
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{(x - a)}{(b - a)}, & a < x \leq b \\ \frac{(x - c)}{(b - c)}, & b < x \leq c \\ 0, & x \geq c \end{cases}$$

2. Trapezoidal, berbeda dengan triangular, trapezoidal mempunyai beberapa elemen yang mempunyai nilai derajat keanggotaan maksimum.

Fungsi trapezoidal adalah sebagai berikut :

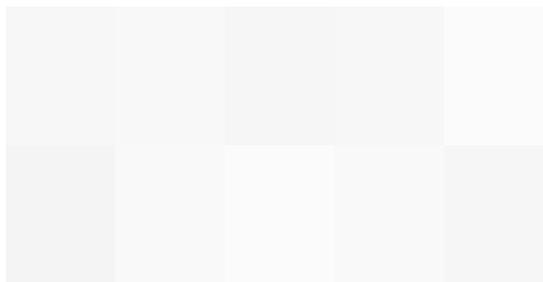
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{(x - a)}{(b - a)}, & a < x \leq b \\ 1, & b < x < c \\ \frac{(d - x)}{(d - c)}, & c \leq x \leq d \\ 0, & x \geq d \end{cases}$$

Bentuk fungsi segitiga dapat dilihat pada Gambar .



Gambar 2.6. Fungsi keanggotaan trapezoidal

3. Gaussian, mempunyai karakteristik batas non-linear, seperti pada Gambar .



Gambar 2.7. Fungsi keanggotaan Gaussian

4. Fungsi S, biasanya digunakan untuk perkiraan analitis. Bentuk fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar .



Gambar 2.8. Fungsi keanggotaan fungsi S

Fungsi S mempunyai karakteristik sebagai berikut:

$$S(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2 \left[\frac{(x-c)}{(c-a)} \right]^2, & a \leq x \leq b \\ 1 - 2 \left[\frac{(x-c)}{(c-a)} \right]^2, & b \leq x \leq c \\ 1, & x \geq c \end{cases}$$

2.4 Metode Sugeno

Metode Sugeno merupakan salah satu metode dalam logika *fuzzy*. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Sistem *fuzzy* sugeno memperbaiki kelemahan yang dimiliki oleh sistem *fuzzy* murni untuk menambah suatu perhitungan matematika sederhana sebagai bagian *THEN*. Pada perubahan ini, sistem *fuzzy* memiliki suatu nilai rata-rata tertimbang (*Weighted Average Values*) di dalam bagian aturan *fuzzy IF-THEN*. Sistem *fuzzy* Sugeno juga memiliki kelemahan terutama pada bagian *THEN*, yaitu dengan adanya perhitungan matematika sehingga dapat menyediakan kerangka alami untuk mempresentasikan pengetahuan manusia dengan sebenarnya [20].

Penalaran dengan metode SUGENO hampir sama dengan penalaran MAMDANI, hanya saja output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*,

melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi - Sugeno Kang pada tahun 1985, sehingga metode ini sering juga dinamakan dengan Metode TSK [5].

Menurut [6] pada hasil penelitiannya yang membandingkan ketiga metode yang ada di *Fuzzy Logic* menyatakan bahwa untuk metode Sugeno memiliki nilai *error* terkecil, dibandingkan dengan dua lainnya. Sehingga berdasarkan hasil yang di dapat metode sugeno yang paling baik digunakan dibandingkan dengan metode Tsukamoto dan metode Mamdani pada studi kasus produksi dupa CV. Dewi Bulan.

Menurut [21] ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami metode fuzzy yaitu.

1. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan suatu lambang atau kata yang menunjuk kepada suatu yang tidak tertentu dalam sistem *fuzzy*.

2. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kumpulan yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

3. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*.

4. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

2.4.1 Fungsi Keanggotaan

Menurut [21] ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami metode fuzzy yaitu.

$$\tilde{A}: X \rightarrow [0,1]$$

Kebanyakan himpunan kabur berada dalam semesta bilangan *real* dengan fungsi keanggotaan yang dinyatakan dalam bentuk formula matematis antara lain sebagai berikut:

1. Fungsi Keanggotaan Segitiga

Suatu fungsi keanggotaan himpunan kabur/*fuzzy* disebut keanggotaan segitiga jika mempunyai tiga parameter, yaitu $a, b, c \in R$ dengan $a \leq b \leq c$ dan dinyatakan dengan segitiga (x, a, b, c) . Representasi fungsi keanggotaan segitiga seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1:



Gambar 2.9. Grafik Fungsi Keanggotaan Segitiga

Fungsi keanggotaan segitiga dapat juga dinyatakan dengan formula sebagai berikut:

$$Segitiga(x, a, b, c) = \begin{cases} \frac{x - a}{b - a}, & \text{untuk } a \leq x \leq b \\ \frac{c - x}{c - b}, & \text{untuk } b \leq x \leq c \\ 0, & \text{untuk lainnya} \end{cases}$$

Keterangan:

a = Nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = Nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = Nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = Nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan kabur

2. Fungsi Keanggotaan Trapesium

Suatu fungsi keanggotaan himpunan kabur disebut fungsi keanggotaan trapesium jika mempunyai empat parameter, yaitu $a, b, c, d \in R$ dengan $a \leq b \leq c \leq d$ dan dinyatakan dengan trapesium. Representasi fungsi keanggotaan trapesium seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2:



Gambar 2.10. Grafik Fungsi Keanggotaan Trapesium

Fungsi keanggotaan trapesium dapat juga dinyatakan dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Trapesium}(x, a, b, c, d) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & \text{untuk } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{untuk } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{untuk } c \leq x \leq d \\ 0, & \text{untuk lainnya} \end{cases}$$

Keterangan:

a = Nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = Nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = Nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

d = Nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = Nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan kabur

2.4.2 Tahapan Metode Sugeno

Dalam [21], dijelaskan bahwa terdapat beberapa tahapan untuk mendapatkan suatu output menggunakan metode Sugeno yaitu sebagai berikut:

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Pada tahapan ini, variabel input maupun variabel output menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi/Agregasi

Fungsi Min, yaitu dengan cara mencari nilai *minimum* berdasarkan aturan ke- i dan dapat dinyatakan dengan:

$$a_i = \mu_{A_i}(x) \cap \mu_{B_i}(x) = \min(\mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(x))$$

Keterangan:

a = nilai *minimum* dari himpunan *fuzzy* A dan B pada aturan ke- i

$\mu_{A_i}(x)$ = derajat keanggotaan x dari himpunan *fuzzy* A pada aturan ke- i

$\mu_{B_i}(x)$ = derajat keanggotaan x dari himpunan *fuzzy* B pada aturan ke- i

3. Komposisi Aturan/ *rules evaluation*

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan.

4. Defuzzifikasi

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu bilangan kabur yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan bilangan pada domain himpunan kabur tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan kabur dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai output. Dalam metode sugeno, defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-rata terbobot (*weight average*).

$$WA = \frac{\sum_{i=1}^N a_i z_i}{\sum_{i=1}^N a_i}$$

Keterangan:

WA = Nilai rata-rata terbobot

a_i = a -predikat ke- i

z_i = konsekuen ke- i

2.5 Raspberry Pi

Raspberry Pi (*Single Board Circuit*) yang merupakan computer papan tunggal, berukuran sebesar kartu kredit. Menggunakan sistem operasi Raspbian dengan prosesor 700MHz ARM11. Ada dua jenis Raspberry Pi, Tipe A dan Tipe B. Perbedaannya terletak pada jumlah memori yang digunakan Tipe A 256MB dan Tipe B 512MB. Data disimpan di kartu SD, bukan di hard drive. Selain itu dilengkapi juga dengan dua *port* USB, konektor HDMI dan *port ethernet*. Raspberry Pi membutuhkan energi sebesar 5v dengan arus minimal 7mA untuk tipe B dan 500mA untuk tipe A [22].

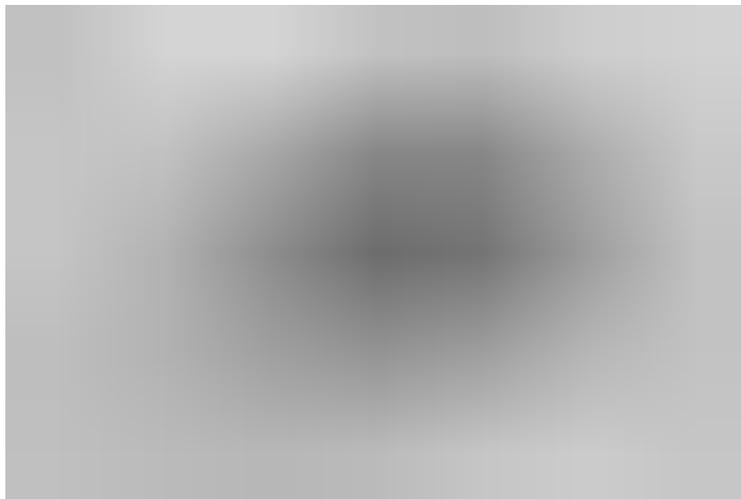
Raspberry Pi memiliki pin pin input dan output (IO) di antaranya sebagai berikut.

1. *General Purpose Input Output* (GPIO). Pin tersebut dapat digunakan untuk membaca input dari tombol serta switches serta mengontrol actuator seperti LED, relay dan motor, yang difungsikan sebagai input atau output data digital

2. *Display Serial Interface (DSI) Connector*. Konektor ini dapat digunakan dengan menggunakan kabel pita tipis 15 pin sebagai penghubung antara LCD atau layer OLED
3. *Camera Serial Interface (CSI) Connector*. Port ini berfungsi sebagai penghubung langsung antara raspberry pi dengan sebuah modul kamera

2.5.1 Raspberry Pi 3 Model B+

Raspberry Pi 3 Model B+ merupakan revisi terakhir dari *Raspberry Pi* generasi ketiga. Yang paling membedakan antara *Raspberry Pi 3 model B+* dengan model pendahulunya adalah *model B+* menggunakan 1.4GHz 64-bit *quad-core processor*, *dual-band wireless LAN*, *Bluetooth 4.2/BLE*, *Ethernet* yang lebih cepat, dan *Power-over-Ethernet support* (dengan PoE HAT yang terpisah) [23].



Gambar 2.11. *Raspberry Pi 3 Model B+*

Spesifikasi dari *Raspberry Pi 3 Model B+* sebagai berikut:

1. Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz.
2. 1GB LPDDR2 SDRAM.
3. 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac *wireless LAN*, *Bluetooth 4.2*, BLE.

4. *Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300 Mbps).*
5. *Extended 40-pin GPIO header.*
6. *Full-size HDMI.*
7. *4 USB 2.0 ports.*
8. *CSI camera port for connecting a Raspberry Pi camera.*
9. *DSI display port for connecting a Raspberry Pi touchscreen display.*
10. *4-pole stereo output and composite video port.*
11. *Micro SD port for loading your operating system and storing data.*
12. *5V/2.5A DC power input.*

2.5.2 Raspberry Pi 4

Raspberry Pi adalah platform Single Board Computer (SBC), biasa disebut sebagai komputer mini. Ia relatif terkenal dengan dukungan komunitasnya yang cukup baik serta mendukung kompatibilitas perangkat lunak baik dari program maupun sistem operasi. dia punya banyak potensi. Selain itu, dapat dikembangkan untuk proyek robotika dan sistem kontrol dengan banyak aksesori dan modul perangkat keras yang kompatibel dengan Raspberry Pi [24].

Spesifikasi dari *Raspberry Pi 3 Model B+* sebagai berikut:

1. Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
2. 8GB LPDDR4-3200 SDRAM (depending on model)
3. 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE
4. Gigabit Ethernet
5. 2 USB 3.0 ports; 2 USB 2.0 ports.
6. Raspberry Pi standard 40 pin GPIO header (fully backwards compatible with previous boards)
7. 2 × micro-HDMI ports (up to 4kp60 supported)
8. 2-lane MIPI DSI display port
9. 2-lane MIPI CSI camera port
10. 4-pole stereo audio and composite video port

11. H.265 (4kp60 decode), H264 (1080p60 decode, 1080p30 encode)
12. OpenGL ES 3.1, Vulkan 1.0
13. Micro-SD card slot for loading operating system and data storage
14. 5V DC via USB-C connector (minimum 3A*)
15. 5V DC via GPIO header (minimum 3A*)
16. Power over Ethernet (PoE) enabled (requires separate PoE HAT)
17. Operating temperature: 0 – 50 degrees C ambient

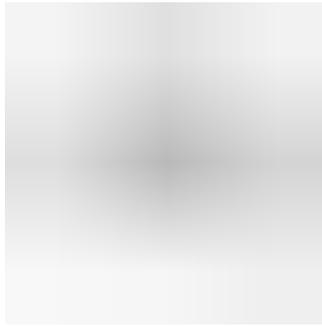
2.6 MCP 3008

Konverter *Analog* ke *Digital* MCP3008 digunakan untuk aplikasi kontrol *embedded* yang menggabungkan kinerja tinggi dan konsumsi daya rendah dalam paket kecil. Konverter memiliki kemampuan yang memungkinkan 10-bit ADC untuk ditambahkan ke pic mikrokontroler [25].

Gambar 2.12. MCP3008

2.7 Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembaban tanah digunakan untuk mengukur kadar air volumetrik tanah dan hilangnya kelembaban yang terjadi karena penguapan dan penyerapan oleh tanaman. Untuk kelangsungan hidup semua tanaman, air adalah faktor yang paling penting. Sensor kelembaban tanah ini menentukan berapa banyak air yang dibutuhkan untuk penyiraman tanaman.



Gambar 2.13. Sensor Kelembapan Tanah

2.8 Sensor Hujan

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi hujan. Sensor ini juga dapat digunakan untuk mengukur intensitas hujan. Modul ini memiliki output digital dan analog. Modul ini mengukur kelembaban melalui pin output analog. Jika ambang batas kelembaban terlampaui, maka modul ini memberikan output digital. Semakin banyak air atau semakin rendah resistansi maka semakin rendah tegangan output. Di sisi lain, semakin sedikit air atau resistansi yang lebih tinggi, maka tegangan output akan tinggi pada pin analog. Misalnya, ketika papan benar-benar kering, modul menghasilkan output 5 volt.



Gambar 2.14. Sensor Hujan

2.9 Sensor Suhu (DHT22)

DHT22 merupakan sensor digital yang dipakai untuk mengukur suhu dan kelembaban udara sekitar. DHT22 memakai sensor kelembaban kapasitif dan termistor untuk mengukur suhu sekitar yang terhubung ke komputer chip tunggal 8-bit dan diubah menjadi sinyal digital pada pin data.

Untuk mengukur suhu, sensor ini menggunakan NTC atau sensor suhu termistor. Termistor sebenarnya adalah resistor variabel yang resistansinya berubah ketika suhu berubah. Sensor ini terbuat dari bahan semikonduktor seperti keramik atau polimer untuk memberikan perubahan nilai resistansi yang besar terhadap perubahan suhu yang kecil.

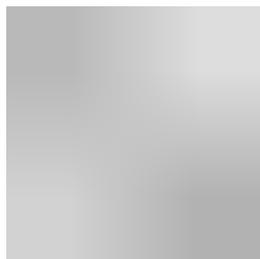


Gambar 2.15. DHT22

2.10 Relay

Modul ini berisi aktuator *biner* yang bekerja sebagai saklar yang dioperasikan secara elektrik yang disebut *relay*, *relay* dalam sistem ini digunakan untuk menangani satu beban yang berjalan pada arus DC yang memiliki tegangan maksimum 12 Volt [26].

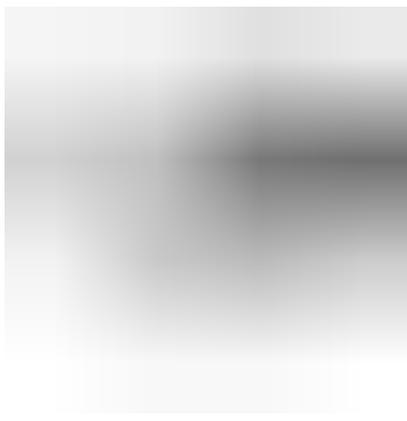
Relay adalah saklar yang dioperasikan secara elektrik. Banyak *relay* menggunakan elektromagnet untuk mengoperasikan saklar secara mekanis. *Relay* digunakan untuk mengontrol rangkaian dengan sinyal daya rendah yang terpisah, atau di mana beberapa rangkaian harus dikendalikan oleh satu sinyal [27].



Gambar 2.16. Relay

2.11 Valve Solenoid

Valve Solenoid adalah katup yang dioperasikan secara elektromekanis. Katup dikendalikan oleh arus listrik melalui solenoida. Katup *solenoid* adalah elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam fluida. Tugas mereka adalah mematikan, melepaskan, mendistribusikan atau mencampur cairan. Mereka sering digunakan di beberapa area aplikasi. *Solenoid* menawarkan peralihan yang cepat dan aman, keandalan yang tinggi, masa pakai yang lama, kompatibilitas yang baik dari bahan yang digunakan, daya kontrol yang rendah, dan desain yang ringkas [27].



Gambar 2.17. Valve Solenoid

2.12 Internet of things (IoT)

Internet of Things atau IoT, mengacu pada miliaran perangkat fisik di seluruh dunia yang sekarang terhubung ke internet, dengan konsep

mengumpulkan dan berbagi data. Manusia dapat menggunakan perangkat yang biasa digunakan sehari-hari seperti *smartphone*, smart TV, laptop, *personal computer*, sensor yang terhubung ke internet dapat digunakan oleh manusia melalui bentuk komunikasi yaitu komunikasi antar objek, maupun antara objek dan manusia. Penggunaan internet dan perangkat yang terkoneksi dengan internet semakin meningkat dari tahun ke tahun, bahkan saat ini telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan masyarakat [28].

Menurut *Coordinator and support action for global RFID-related activities and standardisation*, *internet of things* (IoT) adalah infrastruktur jaringan global yang menghubungkan objek fisik dan virtual melalui pemanfaatan teknologi komunikasi dan pengumpulan data. Infrastruktur IoT mencakup jaringan sudah ada dan internet berikut pengembangannya. Hal ini memberikan pengenalan objek, pengenalan sensor, dan konektivitas yang membentuk dasar untuk pengembangan layanan dan aplikasi kolaboratif independen, juga ditandai dengan otonomi tingkat tinggi dalam pengumpulan data, event transfer, konektivitas pada jaringan dan juga interoperabilitas [22].



Gambar 2.18. Konsep IoT

Konsep internet of things mencakup 3 elemen utama yaitu: objek fisik atau berwujud yang telah terintegrasi ke dalam modul sensor, koneksi internet, dan pusat data pada server untuk menyimpan data atau informasi dari aplikasi. Penggunaan objek yang terkoneksi ke internet akan mengumpulkan data yang kemudian dijadikan big data untuk diolah dan dianalisa baik oleh instansi

pemerintah, perusahaan terkait, maupun instansi lain dan dimanfaatkan bagi kepentingan masing-masing [22].

2.13 LoRa

LoRa (Long Range) merupakan teknologi wireless berdaya rendah dengan menggunakan spektrum radio dimana LoRa memiliki beberapa keunggulan, salah satunya dapat mendukung jarak hingga 10 km dimana jangkauan maksimum dapat dicapai jika dipasang dengan benar dan dalam hambatan rendah yaitu pada tempat yang terbuka dan tinggi. Teknologi LoRa sendiri menguntungkan untuk perkembangan teknologi seperti WSN yang membutuhkan transmisi data yang tahan noise [29]. Meskipun LoRa memiliki banyak kelebihan namun teknologi LoRa juga memiliki beberapa kekurangan, seperti tidak dapat melakukan pengiriman data langsung ke server, karena komunikasi LoRa menggunakan gelombang radio yang berarti dibutuhkan sebuah perangkat yang dapat menjembatani pengiriman data agar sampai ke server yang dimana nantinya dapat di monitoring. Adapun perangkat yang diperlukan untuk mengintegrasikan protokol LoRa ke server yang disebut gateway. Salah satu protokol yang dapat digunakan untuk komunikasi yaitu dengan protokol MQTT. Protokol MQTT digunakan karena keandalannya dalam pengiriman data dan memiliki karakteristik yang mendukung kemampuan yang ada pada IoT, seperti dapat bekerja pada daya rendah dan penggunaan bandwidth yang kecil.

2.14 Telegram

Telegram adalah aplikasi layanan pengiriman pesan dengan fokus pada kecepatan dan keamanan. Telegram dapat digunakan di semua perangkat kerja secara bersamaan, dan pesan dapat disinkronkan di beberapa ponsel, tablet, atau komputer.

Aplikasi Telegram memungkinkan pengguna untuk mengirim pesan dalam format apa pun, termasuk foto, video, dan dokumen apa pun. Pengguna Telegram

juga dapat membuat grup hingga 10.000 anggota atau saluran untuk disiarkan ke jumlah anggota yang tidak terbatas. Pengguna dapat membuat kontak telepon dan menemukan orang berdasarkan nama pengguna. Oleh sebab itu, Telegram seperti persilangan antara SMS dan email, melayani kebutuhan pribadi atau bisnis.



Gambar 2.19. Telegram

Aplikasi telegram messenger mempunyai banyak keunggulan dibanding aplikasi messenger lainnya, Adapun kelebihan dibanding aplikasi messenger lain:

1. Gratis. Statement dari pihak telegram bilang aplikasi ini akan terus gratis tanpa adanya iklan yang mengganggu
2. Kirim pesan lebih cepat. Ini dikarenakan telegram berbasis cloud
3. Ringan. Ukuran grafis aplikasi ini sangat kecil sehingga dapat dijalankan dengan ringan
4. Dapat diakses dari berbagai perangkat secara Bersama-sama.
5. Berbagi file banyak jenis dengan ukuran yang besar. Telegram memperbolehkan kita untuk membagikan foto, video, dokumen dengan ukuran file mencapai 1,5GB. Jika menggunakan aplikasi lain seperti whatsapp terdapat Batasan besaran file yaitu hanya 16MB
6. Fitur bot. adalah akun yang dijalankan oleh aplikasi bukan orang. Bot ini dilengkapi fitur Artificial intelligence yang dimana bot ini dapat melakukan apa saja seperti main game, broadcast, dan lain sebagainya.
7. Keamanan yang cukup baik.

2.14.1 Bot Telegram

Bot adalah singkatan dari robot. Salah satu fungsi utamanya adalah untuk memudahkan tugas-tugas manusia. Telegram adalah aplikasi yang mendukung bot ini. Bot ini memudahkan untuk membuat jenis aplikasi obrolan khusus dan mengganti tugas moderasi dalam grup.

Adapun cara untuk membuat akun bot pada telegram yaitu Langkah pertama search BotFather pada telegram setelah ditemukan akun BotFather, kirimkan pesan pada BotFather secara berikut: /start, /newbot, (Nama Bot), (Nama Bot) bot, maka akun bot pada telegram akan tersedia dengan nama akun yang sudah diatur pada awal memulai bot.

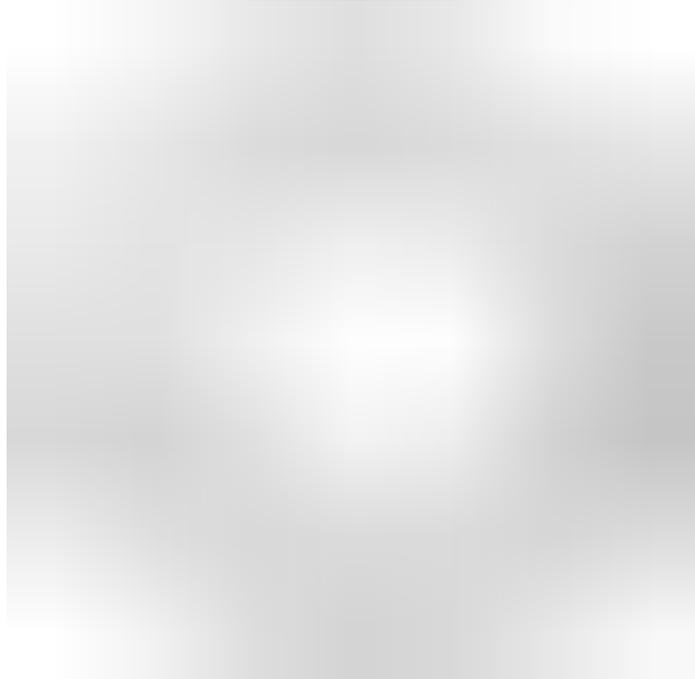
Untuk dapat mengintegrasikan fitur bot ke dalam raspberry pi diharuskan terlebih dahulu menguasai Bahasa pemrograman seperti Python, Java, PHP. Karena bot, atau robot, dapat berjalan dengan menggunakan perintah, yaitu perintah yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman. Ketika sebuah perintah diteruskan ke bot, maka perintah tersebut akan dieksekusi menggunakan bahasa pemrograman yang dibuat sesuai dengan perintah yang ingin dijalankan [30].

2.15 Prototyping

Menurut [31] *Prototyping* merupakan Teknik pengembangan sistem yang menggunakan *prototype* untuk untuk menggambarkan sistem, sehingga pengguna atau pemilik sistem mempunyai gambaran pengembangan sistem yang akan dilakukannya. Teknik ini sering digunakan apabila pemilik sistem tidak terlalu menguasai sistem yang akan dikembangkannya, sehingga dia memerlukan gambaran dari sistem yang akan dikembangkannya tersebut. Hal ini sejalan dengan pendapat dari [32]. Yang mengatakan, seringkali pelanggan

mendefinisikan serangkaian tujuan umum untuk perangkat lunak, tetapi tidak mendefinisikan persyaratan terperinci untuk fungsi dan fitur.

Prototyping merupakan pendekatan iteratif dalam pengembangan sistem yang dibuat. Berikut gambar Paradigma *Prototyping*.



Gambar 2.20. Life Cycle Metode Prototype

Menurut [31] terdapat kelebihan dan kekurangan pada Teknik pengembangan *prototyping* yaitu:

1. Menghemat waktu pengembangan
2. Menghemat biaya pengembangan
3. Pengguna atau pemilik sistem ikut terlibat dalam pengembangan, sehingga kemungkinan-kemungkinan terjadinya kesalahan pemahaman dalam sistem bisa diminimalisir
4. Implementasi akan menjadi mudah, karena pengguna atau pemilik sistem sudah mempunyai gambaran tentang sistem
5. Kualitas sistem yang dihasilkan baik

6. Memungkinkan tim pengembang sistem memprediksi dan memperkirakan pengembangan-pengembangan sistem selanjutnya.

Sedangkan kelemahannya adalah, Pengguna atau pemilik sistem bisa terus menerus menambah kompleksitas sistem hingga sistem menjadi sangat kompleks, hal ini bisa menyebabkan pengembang meninggalkan pekerjaannya sehingga sistem yang dikerjakan tidak akan pernah terselesaikan.

2.16 Kajian Terdahulu yang Relevan

Beberapa contoh implementasi dari penyiram tanaman otomatis ini yaitu terdapat pada penelitian yang dilakukan [33], dalam penelitiannya dibuat alat penyiram tanaman otomatis dengan menggunakan sensor kelembaban tanah sebagai input dan mikrokontroler Arduino. Pada alat ini, peneliti menetapkan batas kelembaban tertentu di dalam programnya, ketika nilai kelembaban berada dibawah nilai yang telah ditetapkan maka mikrokontroler akan mengirim sinyal untuk menyalakan pompa air, pompa akan terus menyala sampai nilai dari kelembaban mencapai nilai yang telah ditetapkan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [2] dibuat alat penyiraman tanaman otomatis dengan sensor kelembaban tanah, sensor temperatur, sensor ultrasonic, mikrokontroler Arduino & NodeMCU, dan pengendali dari aplikasi Android. Sensor ultrasonic digunakan untuk mendeteksi jumlah air yang ada pada tangki air, jika jumlah air dalam tangki sedikit maka tangki akan diisi dengan air melalui solenoid valve sampai nilai batas. Sensor kelembaban tanah dan sensor temperatur akan mengambil data dari tanaman, kemudian dengan bantuan dari kedua mikrokontroler tersebut data yang didapatkan dikirim ke database yang telah dibuat untuk ditampilkan ke dalam aplikasi Android yang dibuat. Dalam aplikasi tersebut, nilai batas dari kelembaban dapat diatur dan dikirim kembali ke mikrokontroler untuk melakukan penyiraman otomatis ketika nilai kelembaban berada dibawah nilai yang telah ditetapkan.

Pada [34] dilakukan riset tentang sistem penyiraman tanaman berbasis mikrokontroler dan panel surya. Panel surya digunakan sebagai sumber energi untuk mengoperasikan peralatan penyiraman. Peralatan dikontrol melalui aplikasi, sehingga dapat digunakan oleh masyarakat umum. Menurut respon pengguna, akurasi sistem mencapai 57% dan aplikasi ini memiliki kinerja yang cukup baik (70%). Penelitian lain dilakukan untuk meneliti tentang sistem penyiraman otomatis dan monitoring tanaman cabai menggunakan water sprinkle [35]. Pada penelitian dirancang peralatan yang terhubung dengan IoT untuk menggantikan sistem penyiram tanaman cabai yang konvensional. Hasil pemrosesan akan dikirim ke web dan sistem dapat dimonitor melalui smartphone. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa penyiraman secara otomatis meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai. Petani juga dapat mengontrol tanaman melalui smartphone dan mendapatkan informasi detail tentang tanaman cabai yang ditanam. Penelitian [36] menggunakan drip irrigation dalam penyiraman tanaman pada tomato greenhouse di Beijing. Drip irrigation yang digunakan dilengkapi dengan teknologi IoT yang akan mengalirkan air sesuai kebutuhan tanaman tomat. Model sistem penyiraman lainnya adalah menggunakan IoT, kemudian data diolah menggunakan metode Fuzzy untuk menghasilkan waktu penyiraman yang akurat [37]. Dengan menggunakan metode Fuzzy, air dapat dihemat sebanyak 45% dibanding menggunakan irigasi konvensional. Fuzzy merupakan metode kecerdasan buatan yang banyak digunakan pada berbagai penelitian. Penalaran logika fuzzy lebih mudah dipahami karena disusun berdasarkan penalaran manusia yang bersifat perkiraan. Logika Fuzzy juga sangat fleksibel dan mempunyai kemampuan generalisasi data yang tidak tepat. Hal ini membuat logika fuzzy sangat banyak digunakan dalam pertanian, pengambilan keputusan, teori pengendalian, pengenalan pola, kesehatan dan lain-lain (kusumadewi buku).

Pada penelitian yang dilakukan oleh [8], dilakukan pengukuran link untuk mengetahui layak tidaknya LoRa digunakan pada sistem monitoring di Politeknik Negeri Samarinda. Kelayakan dinilai berdasar parameter RSSI, SNR, dan packet loss (PL) yang diperoleh dari hasil pengukuran pada unit receiver yang diletakkan

dalam beberapa gedung, dengan sinyal yang dipancarkan dari unit sender yang dipasang di luar gedung Laboratorium Teknik Elektro. Penelitian dilakukan dengan menggunakan dua jenis frekuensi operasi LoRa yaitu 433 MHz dan 915 MHz. Dari hasil pengukuran pada frekuensi 433 MHz maupun 915 MHz, nilai RSSInya lebih besar dari -120 dB, SNR lebih besar dari -20 dB, dan nilai PL nya lebih kecil dari 3%. Hal tersebut menunjukkan bahwa LoRa layak untuk digunakan sebagai jaringan komunikasi sistem monitoring.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dimaksudkan untuk mencari dan mengumpulkan data yang terkait dengan penelitian seperti :

1. Studi Pustaka dan Literatur sejenis

Peneliti membaca buku referensi, ebook, artikel, majalah, dan website untuk mempelajari setiap konsep yang terkait dengan topik penelitiannya.

2. Observasi

Tahap observasi dilakukan dengan melihat proses penyiraman yang berjalan saat ini di kebun Agribisnis.

3.2 Metode Pengembangan Sistem

Dalam melakukan pengembangan sistem di penelitian ini digunakan metode pengembangan sistem prototipe. Dikarenakan sejalan dengan [32] bahwa metode prototipe sesuai dengan keperluan pengembang sistem yang belum yakin dengan efisiensi dari algoritma yang digunakan dalam sebuah sistem, Dimana penulis ingin mengetahui performa algoritma fuzzy logic dalam melakukan penyiraman terhadap tanaman.

Menurut [32] tahapan pembangunan sistem dengan menggunakan metode prototipe dimulai dengan tahapan komunikasi (communication) yaitu bertujuan menentukan tujuan dari keseluruhan perangkat lalu mengidentifikasi persyaratan dengan perencanaan cepat (quick plan) mengenai apa saja yang dibutuhkan. Selanjutnya pemodelan cepat (modelling quick design) untuk prototipe yang akan dibangun (construction of prototype) dan dilanjutkan dengan proses evaluasi (deployment delivery and feedback) yang dilakukan setelah sistem diuji coba dan ditentukan apakah sudah memenuhi apa yang telah direncanakan, jika tidak maka kembali ke tahap awal yaitu komunikasi, begitu seterusnya sampai semua

terpenuhi [32]. Berikut ini merupakan penjelasan lengkap tahapan yang penulis lakukan berdasarkan penjelasan diatas.

3.2.1 Komunikasi

Paradigma prototyping dimulai dengan komunikasi dengan cara mencari informasi mengenai penelitian yang akan dilakukan, melalui berita online, laporan lembaga, ataupun jurnal tentang sistem penyiram tanaman otomatis, yang akan menjadi pertimbangan dalam menentukan komponen, tools dan teori yang akan digunakan, observasi langsung ke kebun agribisnis dan kemudian dikomunikasikan kepada tim peneliti untuk menentukan perencanaan.

3.2.2 Perencanaan Cepat

Pada tahap perencanaan, dilakukan analisis kebutuhan apa saja yang didapatkan dari tahap sebelumnya. Perencanaan meliputi analisis terhadap metode, algoritma, perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan. Analisis yang dilakukan pada tahap ini adalah analisis konstruksi pada kebun agribisnis, analisis sistem berjalan, analisis sistem usulan, analisis fungsional sistem, analisis kebutuhan perangkat keras, analisis kebutuhan perangkat lunak.

Pada tahap ini ditentukan bahwa penelitian akan menggunakan sistem *Raspberry Pi 3 model B+* untuk mesin penyiram tanaman dan *Raspberry Pi 4 model B* untuk server. Dipilihnya *Raspberry Pi* dikarenakan studi literatur yang sudah ada didapatkan bahwa sistem ini dapat dilakukan di *Raspberry Pi*, versi 3 model B+ dan versi 4 model B dipilih karena merupakan versi *upgrade* dari *raspberry pi 3 model B* yang tentu saja sudah mengalami peningkatan terutama di kemampuan komputasi disbanding *raspberry pi 3 model B* dan *raspberry pi 4 model B* merupakan versi terbaru dimana akan lebih handal untuk menampung data dari semua mesin penyiram tanaman.

MCP3008 juga digunakan didalam penelitian ini dikarenakan sinyal analog pada sensor kelembapan tanah dan sensor hujan harus diubah menjadi sinyal digital agar dapat diterima oleh *raspberry pi* dan dapat dihitung menggunakan algoritma *fuzzy logic*.

Penggunaan sensor kelembapan tanah, sensor suhu, dan sensor hujan sebagai input diperlukan untuk sistem ini. Data dari ketiga sensor ini akan dikalkulasikan untuk menentukan apakah penyiraman perlu dilakukan atau tidak menggunakan *fuzzy logic*.

Fuzzy logic dipilih sebagai algoritma pengambil keputusan karena *fuzzy logic* memiliki cara kerja yang mirip seperti pemikiran manusia untuk mengambil keputusan sehingga penyiraman menjadi lebih akurat. Metode sugeno dipilih karena berdasarkan studi literatur, metode sugeno memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dari metode mamdani atau Tsukamoto.

3.2.3 Pemodelan Cepat

Pada tahap ini penulis membuat model skematik sistem dengan menggabungkan semua sensor dan aktuator. Pembuatan ini dimulai dari perancangan kemas, pembuatan skematik dengan sensor kelembapan tanah, pembuatan skematik dengan sensor suhu, dan terakhir pembuatan skematik dengan sensor hujan, pembuatan skematik dengan relay dan valve solenoid.

3.2.4 Konstruksi

Pada tahap ini akan dilakukan konstruksi empat mesin penyiram tanaman dengan menggunakan *raspberry pi 3* yang akan disambungkan dengan sensor kelembapan tanah, suhu, dan hujan dan akan dihubungkan dengan *valve solenoid* untuk buka tutup keran air, serta server untuk menampung data dari masing – masing mesin penyiram tanaman menggunakan *raspberry pi 4*. Pada tahap ini juga dibuat *fuzzy logic*

dengan ketiga parameter sensor untuk diterapkan kedalam sistem. Hasil grafik dari *fuzzy logic* juga akan dilihat untuk mengetahui detail nilai output *fuzzy*.

3.2.5 Evaluasi

Pada tahap ini, pengujian dilakukan menggunakan *black box testing*, yang bertujuan untuk mengetahui kesesuaian logika *fuzzy* dan fungsional sistem. *Black box testing* yang akan digunakan adalah pengujian logika *fuzzy* dan pengujian output *valve*.

BAB IV PERANCANGAN

Pada bab ini akan dibahas secara lengkap mengenai analisis, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian dari sistem penyiram tanaman paralel mutikarakter menggunakan fuzzy Sugeno berbasis raspberry pi.

4.1 Pengumpulan Kebutuhan

Pada tahap komunikasi ini, penulis melakukan pengumpulan data. Pengumpulan data yang dimaksud adalah untuk mencari dan mengumpulkan data yang berhubungan dengan penelitian seperti dasar teori, metodologi penulisan, metodologi proses, dan acuan penelitian sejenis. Dalam penelitian ini, metode pengumpulan data yang digunakan adalah observasi, studi pustaka dan studi literatur.

4.2 Data dan Sumber Data

Pada penelitian ini digunakan beberapa data, yaitu:

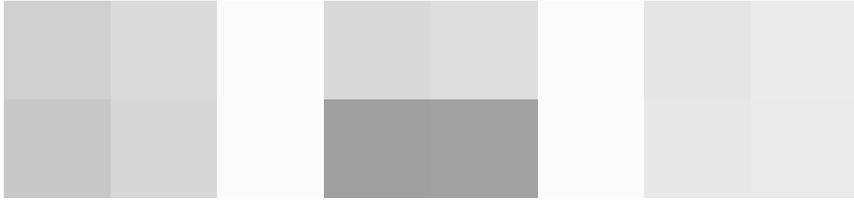
1. Data observasi awal berupa pengamatan penyiraman tanaman pada Greenhouse di Kebun Jurusan Agrbisnis.
2. Literatur sejenis

Dalam metode ini, peneliti melakukan pencarian jurnal dan literatur untuk mendukung penelitian.

4.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini berlokasi di Greenhouse Kebun Jurusan Agribisnis Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Sistem penyiram tanaman yang diusulkan dapat menyiram tanaman dengan empat buah karakter yang berbeda berdasarkan masukan dari sensor kelembapan tanah, sensor suhu, dan sensor pendeteksi hujan. Hasil keputusan penyiraman dihubungkan ke relay untuk menentukan apakah listrik dinyalakan atau dimatikan dan terhubung ke valve (keran) untuk menyalakan air.

4.4 Analisis Sistem Berjalan

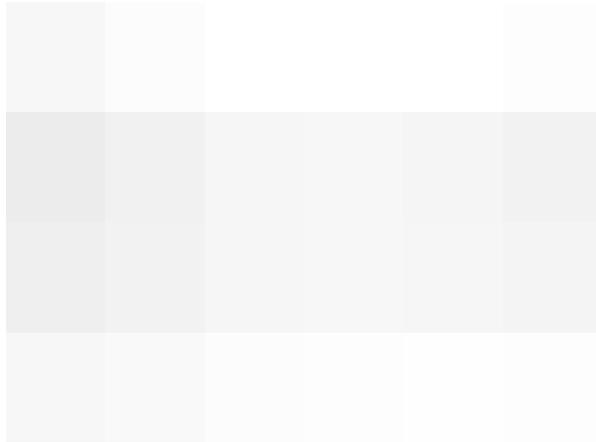


Gambar 4.1. Sistem yang berjalan

Dari pengamatan yang sudah dilakukan, diketahui bahwa sistem penyiraman yang sedang berjalan dilakukan dengan cara pengurus kebun akan menyiram tanaman berdasarkan waktu. Penyiraman biasanya dilakukan pada pagi dan sore hari. Jumlah air yang digunakan dalam penyiraman juga tidak presisi karena tanaman disiram berdasarkan perkiraan apakah cukup atau tidak.

4.5 Analisis Sistem Usulan

Pada penelitian ini disimpulkan bahwa penyiraman yang berjalan saat ini tidak efektif dikarenakan penyiraman yang dilakukan tidak menggunakan jumlah air yang presisi dan masih mengandalkan manusia untuk melakukan penyiraman sehingga terdapat potensi tanaman tidak disiram baik karena pengurus kebun tidak sedang bekerja ataupun faktor lupa. Sebagai solusi dari permasalahan tersebut diusulkan sebuah sistem penyiram tanaman paralel multikarakter dengan logika fuzzy metode Sugeno dan LoRa berbasis IoT.



Gambar 4.2. Sistem usulan

Gambar di atas menunjukkan penyiraman dilakukan berdasarkan tiga buah faktor penentu yaitu kelembapan tanah dari tanaman tersebut, suhu ruangan, dan curah hujan. Hasil perhitungan dari ketiga faktor tersebut digunakan untuk menentukan penyiraman, ketika penyiraman dilakukan maka valve solenoid akan mengalirkan air ke jalur tanaman tersebut.

4.6 Analisis Kebutuhan Fungsional Sistem

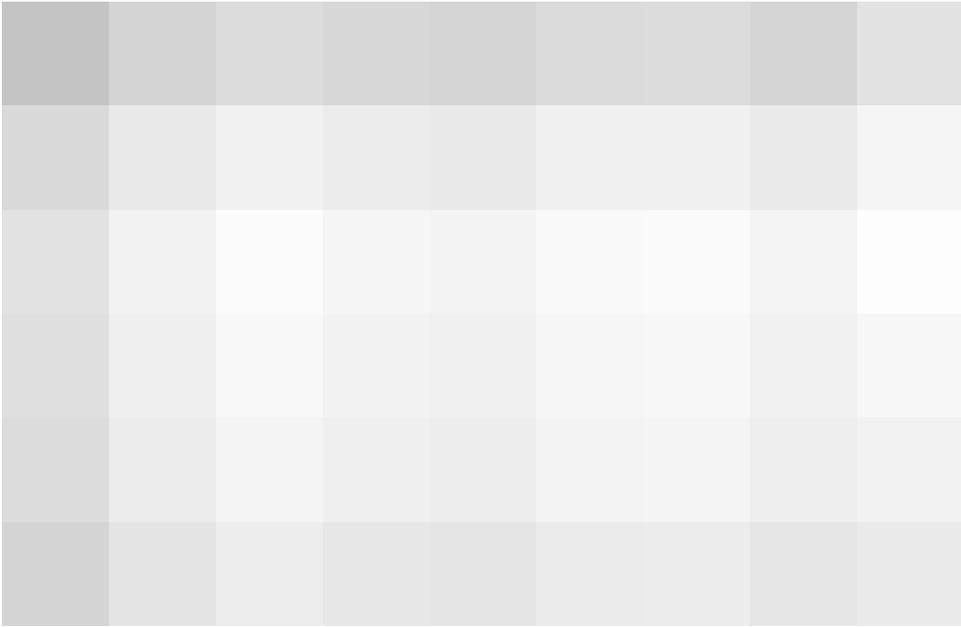
Analisis kebutuhan Fungsional sistem dilakukan dengan menggambar Data flow diagram untuk memahami alur data dan flow chart untuk mengetahui keseluruhan fungsional sehingga peneliti dapat lebih mudah memahami akan sistem yang akan berjalan secara lebih terperinci, yang akan mempermudah dalam proses pembangunan sistem nantinya, berikut gambaran dari sistem yang akan dibentuk.



Gambar 4.3. Skema data masukan sistem

Pada gambar di atas menunjukkan data – data yang masuk ke dalam proses sistem penyiraman tanaman pada Raspberry Pi, terdapat empat mesin penyiraman tanaman (empat mesin raspberry pi), dan untuk tiap mesinnya memiliki empat input eksternal yaitu kelembapan tanah 1, sensor kelembapan tanah 2, sensor suhu, dan sensor hujan. Setelah sistem mendapatkan data, data tersebut diolah hingga menghasilkan data output menuju valve solenoid 1, dan valve solenoid 2. Setelah data dikumpulkan, tiap mesin akan mengirimkan datanya ke raspberry pi server untuk disatukan melalui LoRa yang kemudian akan diteruskan kembali ke aplikasi telegram untuk melakukan monitoring melalui smartphone.

Kemudian data flow diagram level 1 dibuat untuk menggambarkan perpindahan data yang terjadi antar komponen secara detail, dan proses-proses yang dilakukan terhadap data-data yang terbentuk, dari data flow diagram level 1 dapat dilihat macam-macam fungsionalitas alat.



Gambar 4.4. Data Flow

Untuk menggambarkan sistem saat sedang berjalan maka digunakan *flowchart*. Terdapat empat buah mesin penyiram tanaman yang memiliki proses yang sama, *flowchart* berikut menggambarkan cara kerja pada satu mesin untuk satu buah jalur dimana jalur lainnya memiliki *flowchart* yang sama. Untuk menghitung fuzzy satu buah jalur dibutuhkan satu buah sensor kelembapan tanah yang terhubung ke salah satu tanaman di jalur tersebut, sensor suhu, dan sensor hujan. Untuk satu buah sensor suhu dan sensor hujan dapat digunakan untuk semua jalur sehingga tidak diperlukan adanya sensor suhu dan hujan lainnya, karena sensor tersebut bersifat area. Kemudian data yang telah tersimpan pada tiap mesin akan diteruskan ke raspberry pi server untuk disatukan dan dilakukan monitoring dengan aplikasi telegram.



Gambar 4.5. Flow chart sistem

4.7 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Dalam membangun sistem ini juga diperlukan Perangkat keras atau hardware, dipilihnya perangkat keras berikut setelah melakukan pertimbangan kebutuhan fungsional sistem dan studi literatur yang sudah dilakukan, berikut perangkat keras yang dibutuhkan :

Tabel 4.1. Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

No.	Komponen	Jml	Kegunaan
1.	Raspberry Pi 3 Model B+	4	Sebagai pemrosesan alat mesin penyiram tanaman, pusat pengumpulan data inputan, dan dilakukannya pemrosesan logika fuzzy.
	Raspberry Pi 4 Model B	1	Sebagai tempat pengumpulan data dari semua mesin penyiram tanaman, serta dilakukannya proses pengiriman data ke telegram untuk monitoring
2.	Micro SD Card 16 Gb	5	Sebagai tempat penyimpanan pada raspberri pi 3.
3.	Kipas	10	Sebagai pendingin Raspberry Pi agar performa terjaga
4.	Breadboard mini	5	Sebagai penghubung dari kabel-kabel sebelum terhubung ke raspberri pi dan sensor-sensor
5.	Sensor kelembapan tanah	8	Sebagai inputan untuk mengetahui perkiraan kelembapan tanah suatu tanaman
6.	Sensor suhu DHT-22	4	Sebagai inputan yang mampu mengetahui perkiraan suhu dan kelembapan
7.	Sensor hujan	4	Sebagai inputan yang mampu mendeteksi adanya hujan

8.	MCP3008	4	Sebagai converter dari analog ke digital agar dapat dibaca oleh raspberry pi
9.	Modul Relay 220V	8	Sebagai saklar arus listrik yang terhubung ke arus di valve solenoid
10.	Resistor 10k Ohm	4	Sebagai pengaman arus listrik untuk rangkaian sensor suhu
11.	Valve Solenoid	8	Sebagai keran untuk menyiram tanaman
12.	Power Adapter	4	Sebagai pasokan daya untuk raspberry pi
13.	Adaptor 12V 2A	8	Sebagai pasokan daya untuk valve solenoid
14.	Adaptor 12V 1A	4	Sebagai pasokan daya untuk kipas
15.	Jack DC Female	8	Sebagai penghubung dari adaptor ke kabel
16.	Skun socket connector	16	Sebagai penghubung dari kabel ke valve solenoid
17.	Connector selang 16mm	16	Sebagai penghubung dari valve solenoid ke selang air yang berukuran 16mm

4.8 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

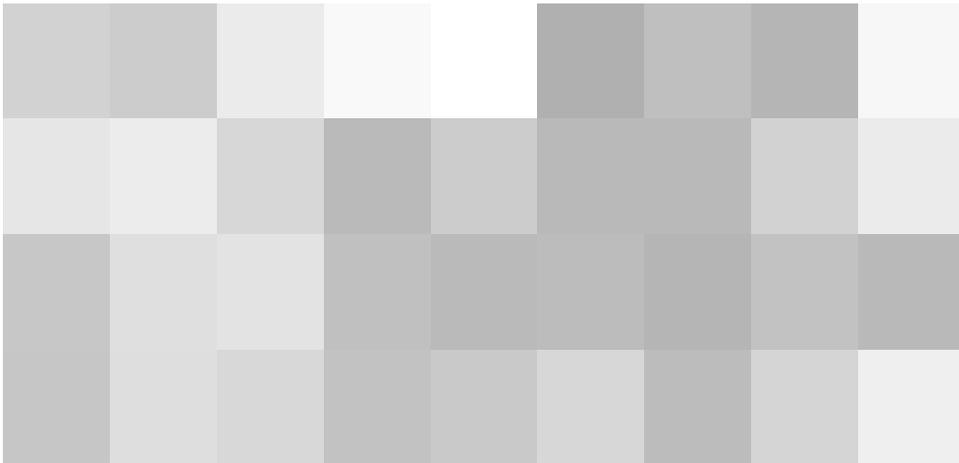
Selain perangkat keras yang sudah di sebutkan, dibutuhkan juga perangkat lunak untuk mendukung kinerja perangkat keras agar berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Berikut perangkat lunak yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem penyiram tanaman otomatis menggunakan *fuzzy inference system* berbasis *raspberry pi 3* :

Tabel 4.1. Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

No.	Perangkat Lunak	Kegunaan
1.	Thonny Python IDE	Digunakan untuk menulis kode program yang ditulis kedalam Bahasa python
2.	Text Editor	Digunakan untuk melihat dan mengambil data dari file csv yang berisi log yang telah berjalan
3.	Fritzing	Digunakan dalam membuat skema komponen

4.9 Analisis Pemodelan Cepat

Setelah menyelesaikan perencanaan berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka langkah selanjutnya adalah membentuk sebuah model sebelum melakukan implementasi. Pemodelan dibuat menggunakan blok diagram seperti berikut:



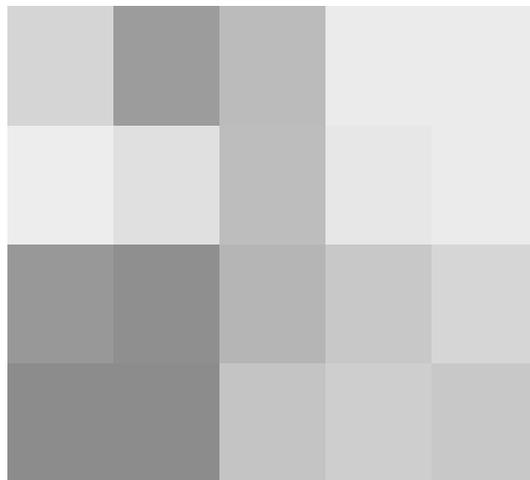
Gambar 4.6. Blok diagram sensor yang digunakan

Sistem ini memiliki empat mesin penyiraman tanaman, pada satu mesin memiliki input dari tiga macam sensor, yaitu sensor kelembapan tanah, sensor hujan, dan sensor suhu. Sensor kelembapan tanah yang digunakan berjumlah dua, dan digunakan untuk mencari nilai kelembapan tanah pada tiap jalurnya. Sensor kelembapan tanah dan sensor hujan terhubung ke MCP3008 karena output dari sensor tersebut berupa sinyal analog sehingga harus dirubah terlebih dahulu ke digital agar dapat dibaca oleh raspberry pi. Sensor suhu mengeluarkan output berupa sinyal digital sehingga dapat langsung dipasang ke raspberry pi. Hasil dari sensor tersebut kemudian diproses oleh fuzzy logic menggunakan inferensi sugeno. Perhitungan fuzzy dilakukan dua kali dalam satu buah cycle, ini karena masing-masing perhitungan fuzzy akan terhubung ke masing-masing relay. Untuk relay pertama, fuzzy-nya akan menggunakan input dari sensor kelembapan tanah

satu, sensor suhu, dan sensor hujan sedangkan untuk relay kedua fuzzy-nya akan menggunakan input dari sensor kelembapan tanah dua, sensor suhu, dan sensor hujan. Ketika hasil fuzzy menentukan bahwa relay akan dibuka, maka valve yang terhubung dengan relay tersebut akan terbuka dan tanaman akan tersiram. Power supply juga harus terhubung ke raspberry pi agar alat tersebut dapat tetap menyala. Daya dari valve terhubung ke adaptor dua belas volt dua ampere yang akan diatur tegangan listriknya oleh relay. Data sensor dari tiap mesin penyiraman tanaman akan dikirimkan ke raspberry pi server dengan LoRa untuk dikumpulkan dan dikirimkan lagi ke aplikasi telegram melalui internet untuk dilakukan monitoring.

4.10 Skematik Sistem dengan Sensor Kelembapan Tanah

Dalam skematik penelitian ini akan menjelaskan bagaimana salah satu mesin penyiram tanaman terhubung dengan sensor kelembapan tanah.

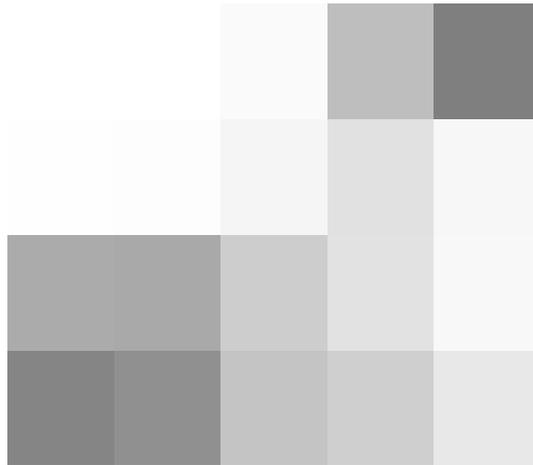


Gambar 4.7. skematik sistem Raspberry Pi dengan sensor kelembapan tanah

Rangkaian ini menggunakan dua buah sensor kelembapan tanah yang mana kedua sensor ini terhubung ke MCP3008 untuk dirubah dari sinyal analog ke digital. Sensor kelembapan disebelah kiri merupakan sensor kelembapan tanah satu yang akan dipasang dijalur satu dan sensor kelembapan tanah disebelah kanan merupakan sensor kelembapan tanah dua yang dipasang dijalur dua.

4.11 Skematik Sistem dengan Sensor Hujan

Dalam skematik penelitian ini dijelaskan bagaimana salah satu mesin penyiram tanaman terhubung dengan sensor hujan. Bentuk skematik salah satu mesin penyiram tanaman dengan sensor hujan seperti berikut:

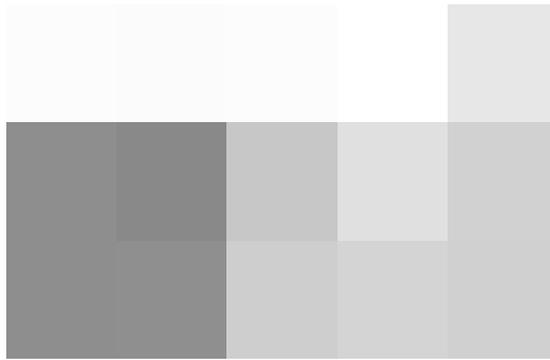


Gambar 4.8. skematik sistem Raspberry Pi dengan sensor hujan

Rangkaian sensor hujan juga harus terhubung dengan MCP3008 karena keluaran dari sensor hujan yang dipakai merupakan sinyal analog sehingga harus diubah ke digital menggunakan MCP3008.

4.12 Skematik Sistem dengan Sensor Suhu DHT22

Dalam skematik penelitian ini dijelaskan bagaimana salah satu mesin penyiram tanaman terhubung dengan sensor suhu. Gambar 4.13 adalah bentuk skematik salah satu mesin penyiram tanaman dengan sensor suhu.

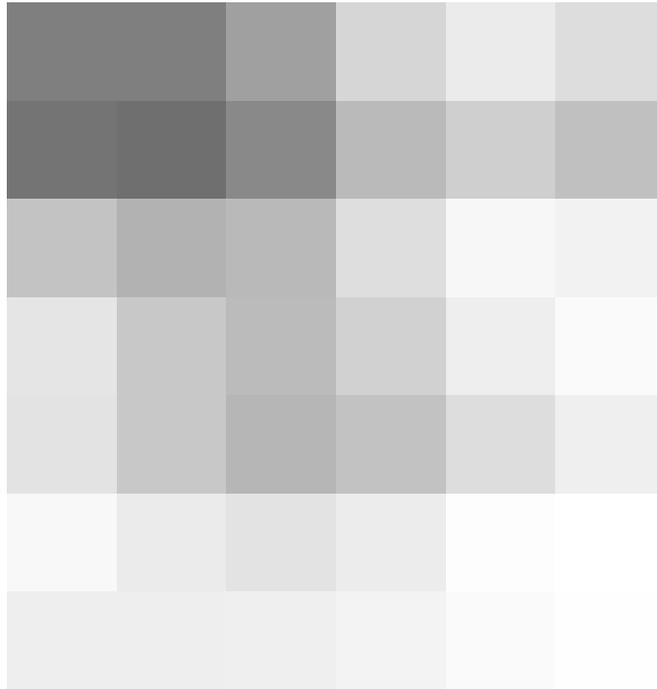


Gambar 4.9. skematik sistem Raspberry Pi dengan sensor suhu

Rangkaian sensor suhu ini akan langsung terhubung dengan raspberry karena output dari sensor suhu sudah dalam bentuk digital. Pin VCC dan pin output juga harus disambungkan dengan resistor 10k ohm sebagai pengaman arus listrik.

4.13 Skematik Sistem dengan Relay dan Valve Solenoid

Dalam skematik penelitian ini dijelaskan bagaimana salah satu mesin penyiram tanaman terhubung dengan relay dan valve solenoid. Gambar 4.14 adalah bentuk skematik salah satu mesin penyiram tanaman dengan relay dan valve solenoid.



Gambar 4.10. skematik sistem Raspberry Pi dengan sensor relay dan valve

Relay yang terhubung ke raspberry pi dengan kabel warna kuning merupakan relay satu yang terhubung ke valve solenoid satu. Output dari relay ini berhubungan dengan sensor kelembapan tanah satu. Relay yang terhubung ke raspberry pi dengan kabel berwarna hijau merupakan relay dua yang terhubung ke valve solenoid dua. Output dari relay ini berhubungan dengan sensor kelembapan tanah dua. Relay yang terhubung ke raspberry pi dengan kabel berwarna coklat merupakan relay tiga yang terhubung ke valve solenoid tiga. Output dari relay ini berhubungan dengan sensor kelembapan tanah tiga. Sedangkan relay yang terhubung ke raspberry pi dengan kabel berwarna oranye merupakan relay empat yang terhubung ke valve solenoid empat. Output dari relay ini berhubungan dengan sensor kelembapan tanah empat.

4.14 Skematik Tampilan Rangkaian Alat Penyiram Tanaman

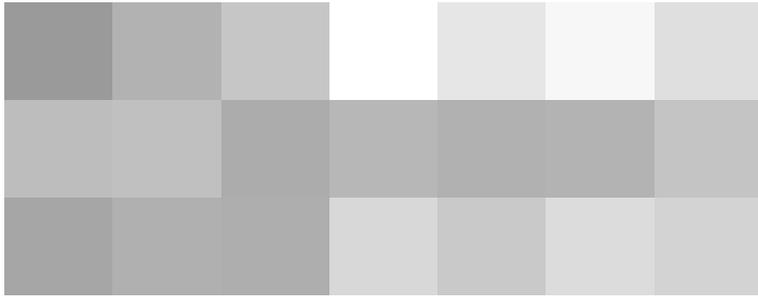
Otomatis

Skematik ini merupakan detail dari keseluruhan rangkaian salah satu mesin penyiram tanaman yang digunakan serta semua jalur kabel yang terhubung.

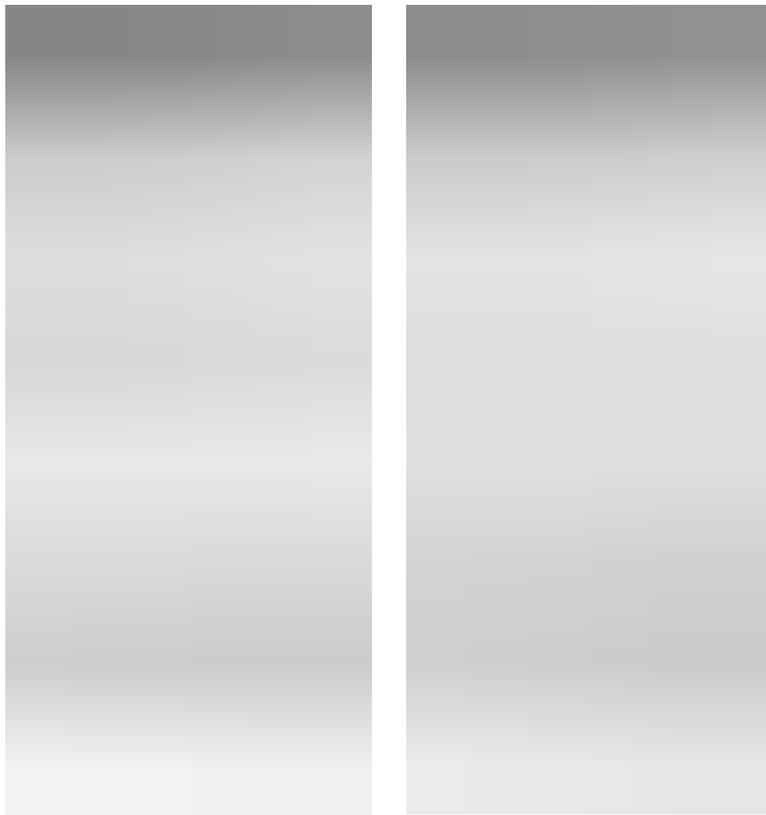


Gambar 4.11. skematik sistem penyiram tanaman otomatis dengan raspberry pi 3

Setelah seluruh pin dihubungkan, kemudian dilakukan packaging untuk perangkat utama dan perangkat pendukung, perangkat utama dari raspberry pi 3, breadboard, dan relay diletakkan di dalam project box dan dipasang didekat sumber listrik. Dan perangkat pendukung berupa sensor kelembapan tanah, sensor suhu, dan sensor hujan akan diletakkan diluar dari project box. Sensor kelembapan tanah akan dipasang disalah satu tanaman dan ditancapkan kedalam tanah pada masing – masing jalurnya. Sensor suhu akan dipasang didepan box dari alat. Dan sensor hujan akan dipasang ditempat dimana dapat tersiram air hujan atau air yang turun dari atas. Berikut adalah tampilan alat yang telah dirangkai.



Gambar 4.12. skematik sistem penyiraman degan interface telegram



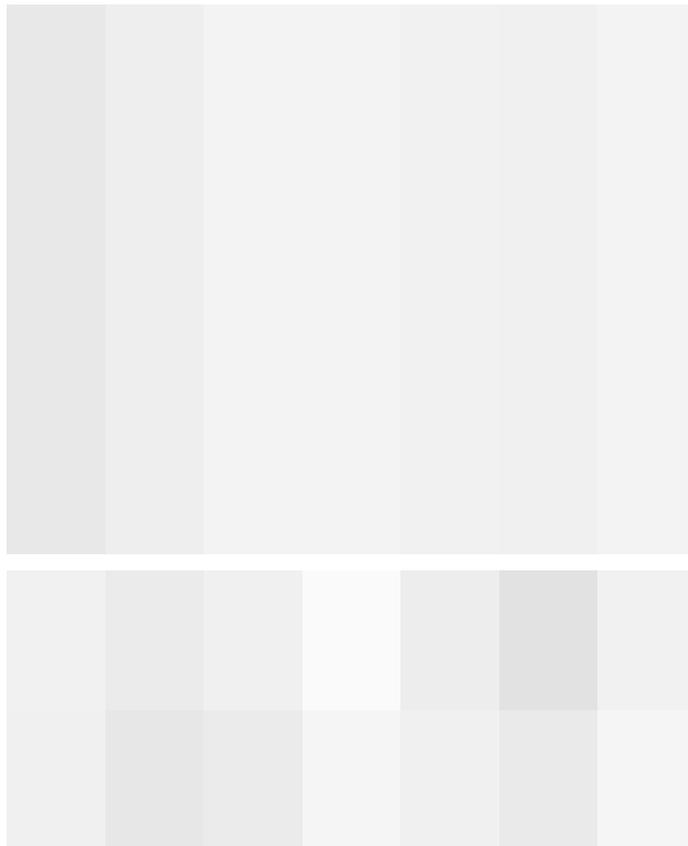
Gambar 4.13. tampilan monitoring melalui aplikasi telegram

4.15 Pengkodean Sistem

Pengkodean sistem dilakukan setelah Perangkat keras terbentuk. Pengkodean dilakukan pada Raspberry pi untuk menjalankan algoritma fuzzy dan memenuhi kebutuhan fungsionalitas yang telah ditetapkan pada proses perencanaan. Berikut ini adalah langkah-langkah pada pengkodean system

4.15.1 Pengkodean Raspberry Pi dengan Input Sensor

Berikutnya adalah menulis kode python kedalam raspberry pi menggunakan Thonny Python IDE. Berikut adalah kode untuk deklarasi dan input dari sensor yang digunakan.





4.15.2 Pengkodean Implementasi Fuzzy Logic Metode Sugeno

Berikut merupakan tahapan-tahapan kode untuk mengimplementasikan Fuzzy logic menggunakan metode sugeno pada satu mesin penyiraman. Yang terdiri dari 4 tahapan yaitu:

1. Pembentukan himpunan fuzzy

Terdapat empat variabel masukan untuk tiap mesin penyiraman pada penelitian ini, yaitu sensor kelembapan tanah satu, sensor kelembapan tanah dua, sensor suhu, dan sensor hujan. Fuzzy pertama menggunakan sensor kelembapan tanah satu, sensor suhu, dan sensor hujan sedangkan fuzzy kedua menggunakan sensor kelembapan tanah dua, sensor suhu, dan sensor hujan. Setiap variabel input selanjutnya dibagi menjadi dua atau tiga himpunan fuzzy. Himpunan kabur digunakan untuk mewakili kondisi dalam suatu variabel fuzzy. Dari setiap himpunan kabur yang terbentuk masing-masing mempunyai domain yang nilainya terdapat dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan kabur. Berikut tabel semesta pembicaraan himpunan fuzzy untuk masing – masing tanaman.

Tabel 4.3. Himpunan Fuzzy Tanaman Pakcoy

Fungsi	Nama Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	Tanah satu	Kering	[0, 100]	[0, 67]
		Basah		[33, 100]
	Tanah dua	Kering	[0, 100]	[0, 67]
		Basah		[33, 100]
	Hujan	Tidak Hujan	[0, 100]	[0, 67]
		Hujan		[33, 100]
	Suhu	Dingin	$(-\infty, \infty)$	$(-\infty, 25]$
		Sedang		[20, 35]
		Panas		[30, $\infty)$
Output	Valve satu	Tutup	[0, 1]	[0, 0.5]
		Buka		(0.5, 1]
	Valve dua	Tutup	[0, 1]	[0, 0.5]
		Buka		(0.5, 1]

Tabel 4.4. Himpunan Fuzzy Tanaman Bayam

Fungsi	Nama Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	Tanah satu	Kering	[0, 100]	[0, 70]
		Basah		[30, 100]
	Tanah dua	Kering	[0, 100]	[0, 70]
		Basah		[30, 100]
	Hujan	Tidak Hujan	[0, 100]	[0, 67]
		Hujan		[33, 100]

	Suhu	Dingin	$(-\infty, \infty)$	$(-\infty, 25]$
		Sedang		$[20, 35]$
		Panas		$[30, \infty)$
Output	Valve satu	Tutup	$[0, 1]$	$[0, 0.5]$
		Buka		$(0.5, 1]$
	Valve dua	Tutup	$[0, 1]$	$[0, 0.5]$
		Buka		$(0.5, 1]$

Tabel 4.5. Himpunan Fuzzy Tanaman Seledri

Fungsi	Nama Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	Tanah satu	Kering	$[0, 100]$	$[0, 60]$
		Basah		$[40, 100]$
	Tanah dua	Kering	$[0, 100]$	$[0, 60]$
		Basah		$[40, 100]$
	Hujan	Tidak Hujan	$[0, 100]$	$[0, 67]$
		Hujan		$[33, 100]$
	Suhu	Dingin	$(-\infty, \infty)$	$(-\infty, 25]$
		Sedang		$[20, 35]$
		Panas		$[30, \infty)$
Output	Valve satu	Tutup	$[0, 1]$	$[0, 0.5]$
		Buka		$(0.5, 1]$
	Valve dua	Tutup	$[0, 1]$	$[0, 0.5]$
		Buka		$(0.5, 1]$

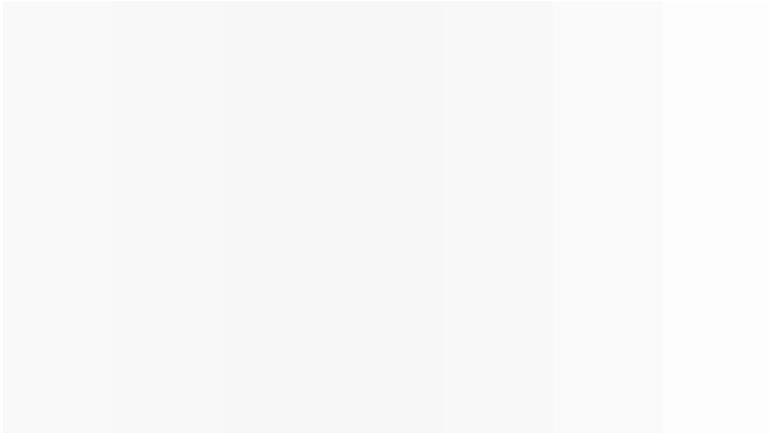
Tabel 4.6. Himpunan Fuzzy Tanaman Bawang Kucai

Fungsi	Nama Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	Tanah satu	Kering	[0, 100]	[0, 50]
		Basah		[60, 100]
	Tanah dua	Kering	[0, 100]	[0, 50]
		Basah		[60, 100]
	Hujan	Tidak Hujan	[0, 100]	[0, 67]
		Hujan		[33, 100]
	Suhu	Dingin	$(-\infty, \infty)$	$(-\infty, 25]$
		Sedang		[20, 35]
		Panas		[30, $\infty)$
Output	Valve satu	Tutup	[0, 1]	[0, 0.5]
		Buka		(0.5, 1]
	Valve dua	Tutup	[0, 1]	[0, 0.5]
		Buka		(0.5, 1]

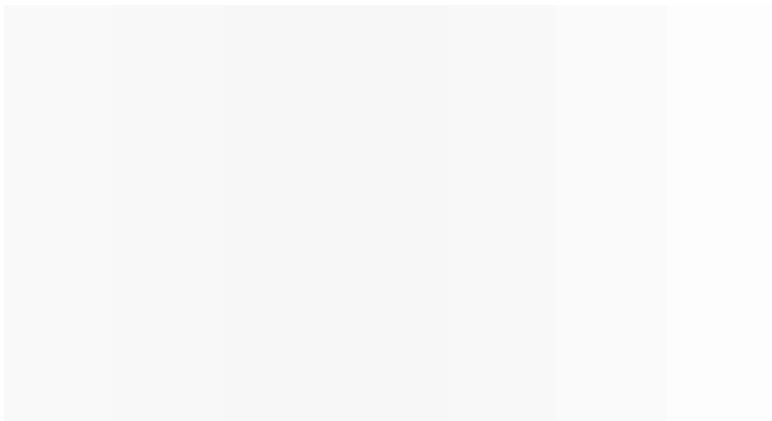
Setelah pembentukan himpunan fuzzy, maka dibuatlah fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan merupakan pemetaan titik input data dalam himpunan fuzzy ke dalam nilai atau derajat keanggotaannya yang memiliki interval dari 0 hingga 1. Pada penelitian ini fungsi keanggotaan didapatkan melalui pendekatan fungsi. Fungsi yang digunakan yaitu melalui representasi bentuk trapesium.



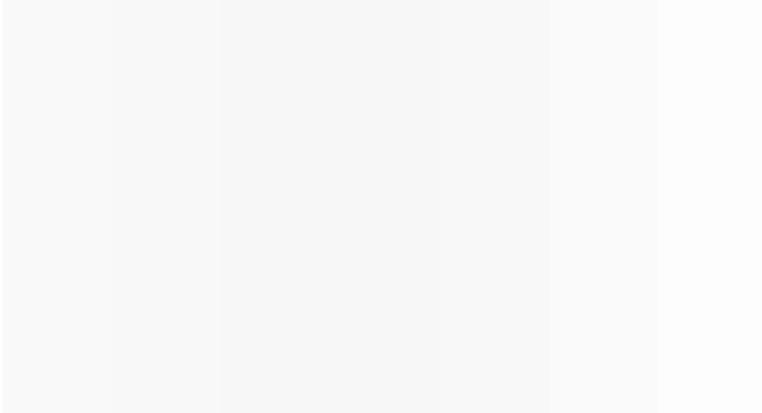
Gambar 4.14. Fungsi Keanggotaan Tanaman Pakcoy



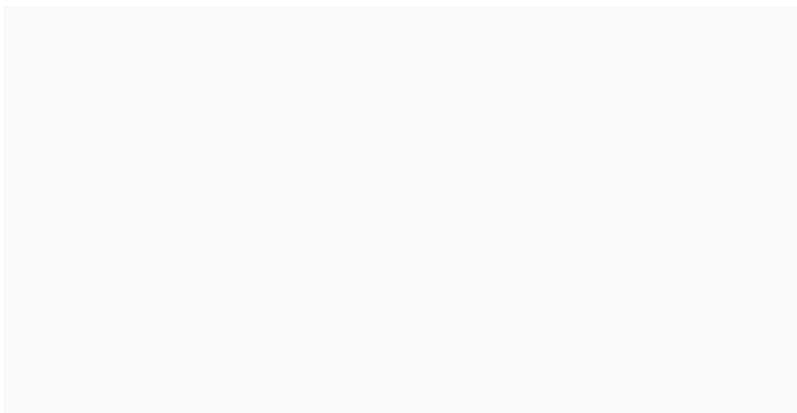
Gambar 4.15. Fungsi Keanggotaan Tanaman Bayam



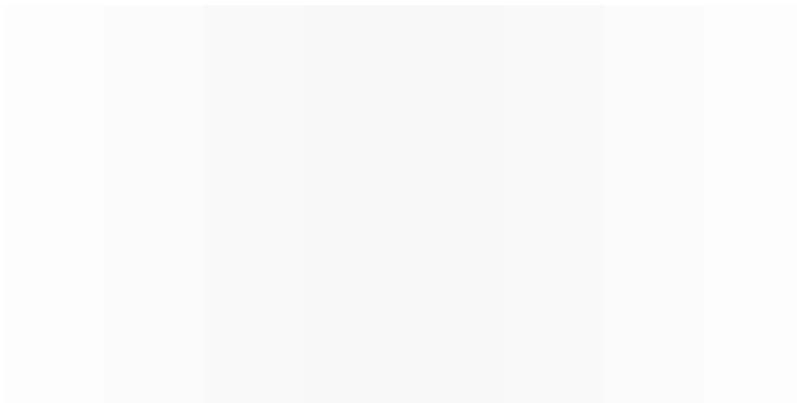
Gambar 4.16. Fungsi Keanggotaan Tanaman Seledri



Gambar 4.17. Fungsi Keanggotaan Tanaman Bawang Kucai



Gambar 4.18. Fungsi Keanggotaan Hujan



Gambar 4.19. Fungsi Keanggotaan Suhu

Berdasarkan keempat tabel himpunan fuzzy diatas, variabel sensor kelembapan tanah dan sensor hujan terbagi menjadi dua himpunan fuzzy, yaitu kering dan lembab kemudian tidak hujan dan hujan. Sedangkan untuk sensor suhu terbagi menjadi tiga himpunan fuzzy yaitu dingin, sedang, dan panas. Untuk mempresentasikan variabel kering pada sensor kelembapan tanah di masing – masing tanaman dan tidak hujan untuk sensor hujan, digunakan kurva berbentuk bahu kiri. Untuk variabel basah pada sensor kelembapan tanah di masing – masing tanaman dan hujan untuk sensor hujan, digunakan kurva berbentuk bahu kanan. Sumbu x merupakan nilai input dengan satuan persentase untuk variabel tanah satu, tanah dua, dan hujan. Sedangkan $\mu_{(x)}$ merupakan nilai derajat keanggotaan dari nilai input. Pada sensor suhu, digunakan kurva berbentuk bahu kiri untuk variabel dingin, kurva trapesium untuk variabel sedang, dan kurva bahu kanan untuk variabel panas. Sumbu $x^{\circ C}$ merupakan nilai input dengan satuan derajat Celsius untuk variabel suhu, sedangkan $\mu_{(x^{\circ C})}$ merupakan nilai derajat keanggotaan dari nilai input sensor suhu.

Pada tahap ini akan dibuat aturan fuzzy. Pembuatan aturan fuzzy dalam menentukan output berdasarkan variabel tanah satu atau dua, suhu, dan hujan menggunakan metode Sugeno. Aturan ini dibuat untuk menyatakan relasi antara input dan output, sehingga dapat dibentuk menjadi 12 kombinasi aturan. Pembentukan aturan dihasilkan dari kombinasi tiap kondisi tersebut yang dikenal dengan aturan keputusan. Dengan memperhatikan fungsi MIN, yaitu mengambil nilai minimal dari kedua inputan. Setiap aturan terdiri dari 3 anteseden dengan operator yang digunakan untuk menghubungkan adalah operator DAN sedangkan yang memetakan antara input dan output adalah JIKA MAKA. Komposisi aturan ini dibuat untuk masing-masing output pada tiap mesin penyiram

tanaman, dimana aturan ini memiliki aturan yang sama untuk output satu untuk valve satu maupun output dua untuk valve dua di setiap mesin penyiram tanamannya. Berikut adalah tabel komposisi aturan untuk semua output dari mesin penyiram tanaman :

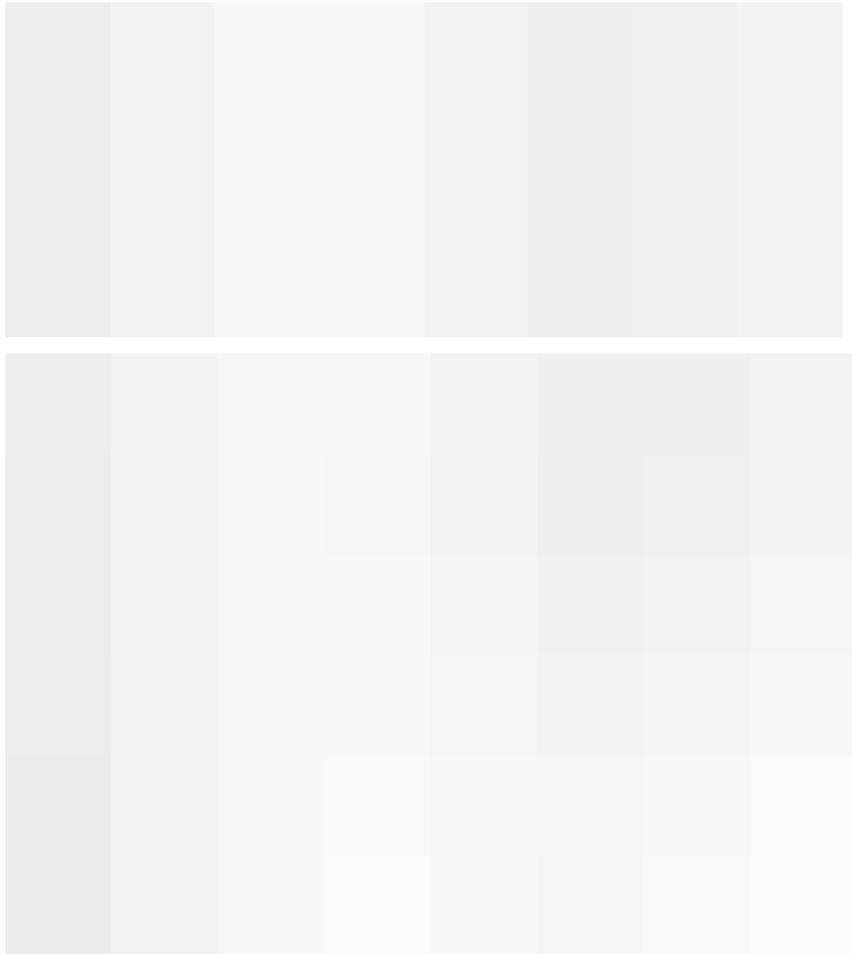
Tabel 4.7. Komposisi Aturan Fuzzy

No		Suhu		Tanah		Hujan		Output
R1	Jika	Dingin	Dan	Kering	Dan	Tidak Hujan	Maka	Tutup
R2	Jika	Dingin	Dan	Kering	Dan	Hujan	Maka	Tutup
R3	Jika	Dingin	Dan	Basah	Dan	Tidak Hujan	Maka	Tutup
R4	Jika	Dingin	Dan	Basah	Dan	Hujan	Maka	Tutup
R5	Jika	Sedang	Dan	Kering	Dan	Tidak Hujan	Maka	Buka
R6	Jika	Sedang	Dan	Kering	Dan	Hujan	Maka	Tutup
R7	Jika	Sedang	Dan	Basah	Dan	Tidak Hujan	Maka	Tutup
R8	Jika	Sedang	Dan	Basah	Dan	Hujan	Maka	Tutup
R9	Jika	Panas	Dan	Kering	Dan	Tidak Hujan	Maka	Buka
R10	Jika	Panas	Dan	Kering	Dan	Hujan	Maka	Tutup
R11	Jika	Panas	Dan	Basah	Dan	Tidak Hujan	Maka	Tutup
R12	Jika	Panas	Dan	Basah	Dan	Hujan	Maka	Tutup

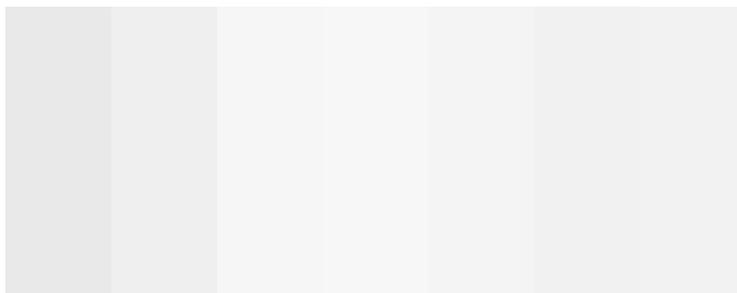
2. Defuzzyfikasi

Metode yang digunakan untuk defuzzyfikasi yaitu weighted average, yang menghitung rata-rata dari semua inputan. Pada kodingan disajikan pada tahap defuzzifikasi.

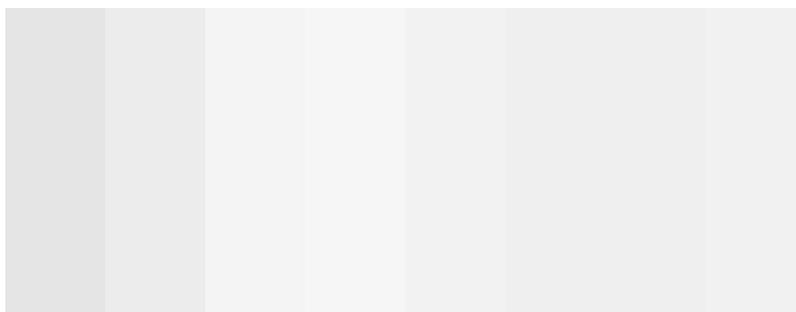
Setiap mesin memiliki kodingan yang sama, akan tetapi pada bagian fuzzyfikasi sensor tanah tiap mesin memiliki nilainya masing masing sesuai dengan fungsi keanggotaan yang telah dibuat.



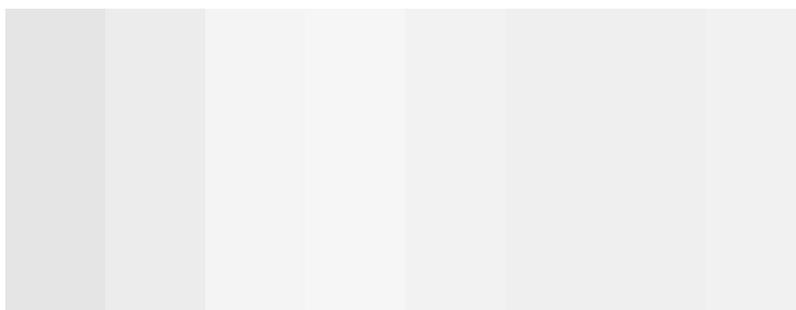
Nilai untuk tanaman pakcoy



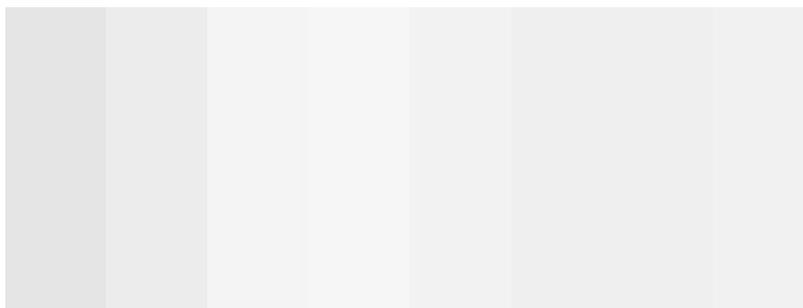
Nilai untuk tanaman bayam

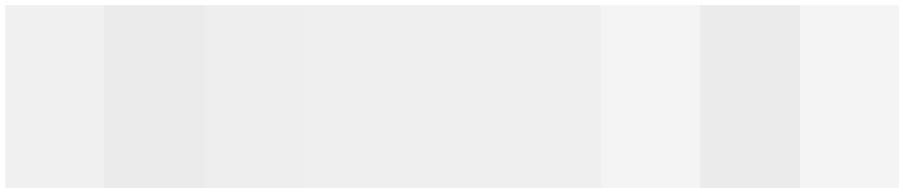
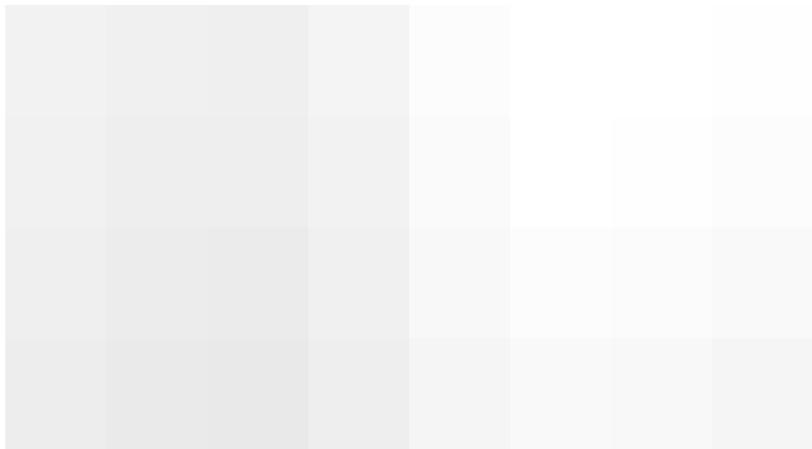


Nilai untuk tanaman seledri



Nilai untuk tanaman bawang kucai





4.16 Evaluasi

Setelah melakukan tahap pengkodean, peneliti melakukan pengujian terhadap hasil implementasi sistem. pengujian yang akan dilakukan ialah pengujian black box testing.

Black box testing dilakukan untuk melihat apakah input dari semua sensor dapat menghasilkan output penyiraman yang sesuai. Input tanah akan dibagi kedalam dua kategori yaitu kering dan basah. Input hujan dibagi kedalam dua kategori yaitu tidak hujan dan hujan. Input suhu dibagi menjadi tiga yaitu dingin, sedang, panas. Batasan-batasan pada kategori input ini dapat dilihat pada tabel 4.3 pada pembahasan implementasi logika fuzzy. Input ini akan dicocokkan kedalam tabel aturan fuzzy untuk menentukan nilai dari output yang diharapkan. Output hasil uji didapatkan saat uji coba alat dijalankan.

Tabel 4.8. Hasil Evaluasi Tanaman Pakcoy

Uji ke	Data Uji			Output yang diharapkan	Output hasil uji	Hasil
	Tanah	Suhu	Hujan			
1	4.3% (Kering)	28.3°C (Sedang)	2.6% (Tidak Hujan)	Menyala	Menyala	Valid
2	24.7% (Kering)	29.1°C (Sedang)	49.6% (Tidak Hujan)	Menyala	Menyala	Valid
3	24.0% (Kering)	28.3°C (Sedang)	52.9% (Hujan)	Mati	Mati	Valid
4	54.9% (Basah)	29.7°C (Sedang)	2.3% (Tidak Hujan)	Mati	Mati	Valid
5	41.7% (Kering)	28.4°C (Sedang)	7.4% (Tidak Hujan)	Menyala	Menyala	Valid

Tabel 4.9. Hasil Evaluasi Tanaman Bayam

Uji ke	Data Uji			Output yang diharapkan	Output hasil uji	Hasil
	Tanah	Suhu	Hujan			
1	43.2% (Kering)	28.3°C (Sedang)	2.6% (Tidak Hujan)	Menyala	Menyala	Valid
2	32.9% (Kering)	29.1°C (Sedang)	49.6% (Tidak Hujan)	Mati	Mati	Valid
3	31.2% (Kering)	28.3°C (Sedang)	52.9% (Hujan)	Mati	Mati	Valid
4	28.7% (Kering)	29.7°C (Sedang)	2.3% (Tidak Hujan)	Menyala	Menyala	Valid
5	56.5% (Basah)	28.4°C (Sedang)	7.4% (Tidak Hujan)	Mati	Mati	Valid

Tabel 4.10. Hasil Evaluasi Tanaman Seledri

Uji ke	Data Uji			Output yang diharapkan	Output hasil uji	Hasil
	Tanah	Suhu	Hujan			
1	52.3% (Basah)	28.3°C (Sedang)	2.6% (Tidak Hujan)	Mati	Mati	Valid
2	37.6% (Kering)	29.1°C (Sedang)	49.6% (Tidak Hujan)	Menyala	Menyala	Valid
3	35.9 % (Kering)	28.3°C (Sedang)	52.9% (Hujan)	Mati	Mati	Valid
4	25.8% (Kering)	29.7°C (Sedang)	2.3% (Tidak Hujan)	Menyala	Menyala	Valid
5	48.4% (Kering)	28.4°C (Sedang)	7.4% (Tidak Hujan)	Menyala	Menyala	Valid

Tabel 4.11. Hasil Evaluasi Tanaman Bawang Kucai

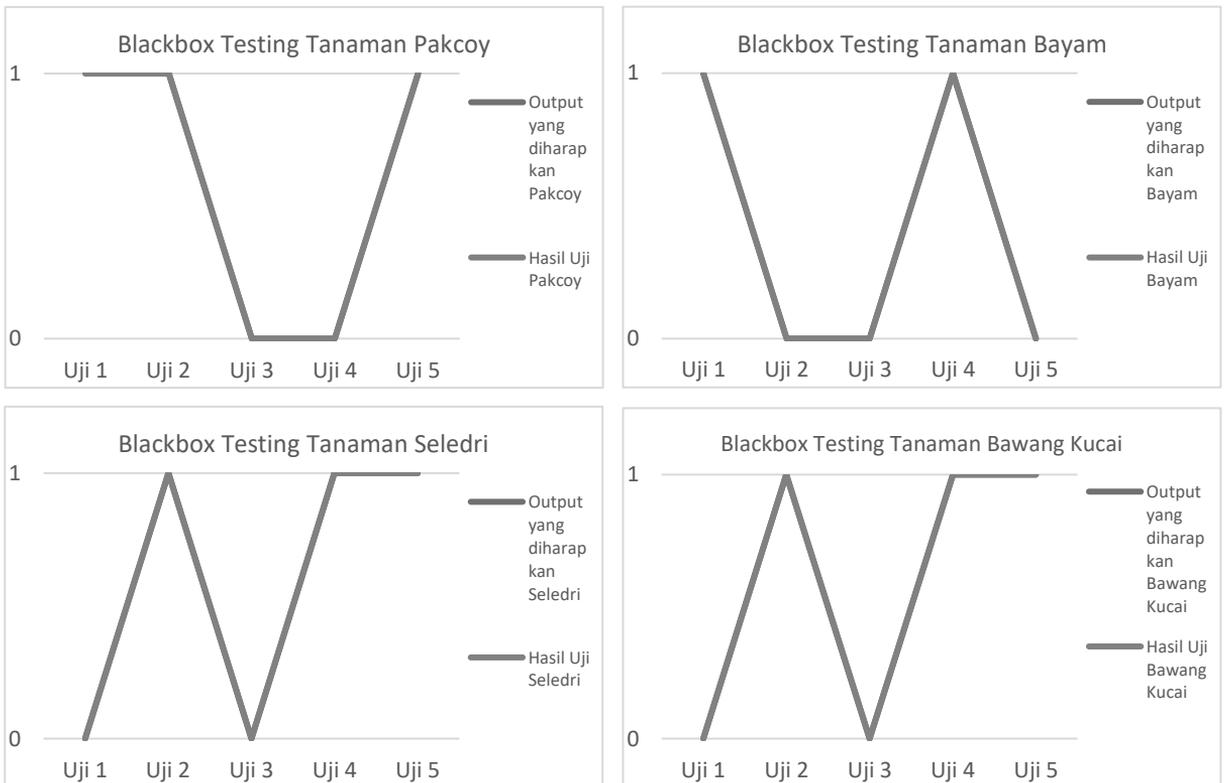
Uji ke	Data Uji			Output yang diharapkan	Output hasil uji	Hasil
	Tanah	Suhu	Hujan			
1	42.6% (Basah)	28.3°C (Sedang)	2.6% (Tidak Hujan)	Mati	Mati	Valid
2	27.8% (Kering)	29.1°C (Sedang)	49.6% (Tidak Hujan)	Menyala	Menyala	Valid
3	30.7 % (Kering)	28.3°C (Sedang)	52.9% (Hujan)	Mati	Mati	Valid
4	37.0% (Kering)	29.7°C (Sedang)	2.3% (Tidak Hujan)	Menyala	Menyala	Valid
5	34.9% (Kering)	28.4°C (Sedang)	7.4% (Tidak Hujan)	Menyala	Menyala	Valid

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dapat disimpulkan bahwa sistem penyiram tanaman otomatis ini berhasil mengimplementasikan logika fuzzy untuk menentukan penyiraman tanaman. Sistem ini mampu menentukan penyiraman berdasarkan kondisi kelembapan tanah, suhu disekitar alat, dan kondisi cuaca apakah sedang hujan atau tidak. Dari ketiga jenis sensor tersebut kemudian dihitung untuk menentukan apakah valve akan menyala atau mati.

Hasil pengujian sistem berupa black box testing untuk memastikan bahwa input pada alat sudah sesuai dengan keluaran valve yang diinginkan. Berdasarkan hasil pengujian pada sistem penyiram tanaman otomatis, maka diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 5.1. Hasil Uji Output Valve Terhadap Output yang diharapkan

Gambar di atas menampilkan grafik dari data hasil output valve solenoid. Terlihat pada hasil pengujian bahwasannya garis warna merah menutupi garis berwarna biru pada setiap grafik yang diperoleh dari setiap mesin penyiraman tanaman yang berarti bahwa output yang diharapkan dan hasil uji bernilai sama. Output yang di harapkan diperoleh dengan cara mencocokkan input dengan aturan fuzzy yang telah dibuat, sedangkan hasil uji di dapat dari hasil pengujian sistem. berdasarkan hasil pembahasan tersebut maka diketahui bahwa alat penyiram tanaman otomatis yang telah dibuat sudah berjalan dengan benar.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa sistem penyiram tanaman paralel multikarakter berhasil dibuat dengan mengimplementasikan algoritma fuzzy, metode Sugeno, dengan menggunakan dua buah sensor kelembapan tanah, sensor suhu, dan sensor hujan pada setiap mesinnya untuk mengatasi masalah penyiraman yang dapat dilakukan secara otomatis dengan menyalakan dan mematikan keran air ketika beberapa kondisi terpenuhi.

Berdasarkan hasil pengujian white box dan black box testing, yaitu pengujian output algoritma fuzzy sugeno dan pengujian output keluaran valve. Seluruh pengujian yang dilakukan berhasil tervalidasi secara baris kode dan telah sesuai dengan output dari valve. Berdasarkan hasil pengujian dapat dikatakan bahwa alat ini telah sesuai dengan yang dibutuhkan.

6.2 Saran

Setelah dilakukan pembuatan sistem penyiram tanaman paralel multikarakter pada kebun agribisnis uin syarif hidayatullah jakarta dengan logika fuzzy metode sugeno dan lora ra-02 sx1278 berbasis iot ini, terdapat beberapa saran untuk pembaca dan pengembang selanjutnya. Berikut adalah saran dari penulis, yaitu:

1. Dapat menambahkan model machine learning ataupun deep learning pada alat penyiraman tanaman.
2. Penyimpanan data sensor maupun proses perhitungan machine learning/deep learning dapat diubah ke cloud computing jika skala alat penyiraman tanaman sudah lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Anggaraini, “Sistem Pintar Penyiraman Tanaman Menggunakan Teknologi IoT dan Fuzzy Inference System dalam Rangka Mewujudkan Green Campus di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.”
- [2] P. Jariyayothin, K. Jeravong-Aram, N. Ratanachaijaroen, T. Tantidham, and P. Intakot, “IoT Backyard: Smart watering control system,” *Proceeding 2018 7th ICT Int. Student Proj. Conf. ICT-ISPC 2018*, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ICT-ISPC.2018.8523856.
- [3] M. S. Asih, “Sistem Pendukung Keputusan Fuzzy Mamdani pada Alat Penyiraman Tanaman Otomatis,” *J. Sist. Inf.*, vol. 5341, no. April, pp. 41–52, 2018, [Online]. Available: <http://jurnal.uinsu.ac.id/index.php/query/article/view/1566/1271>.
- [4] M. Irfan, L. P. Ayuningtias, and J. Jumadi, “Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Sunan Gunung Djati Bandung),” *J. Tek. Inform.*, vol. 10, no. 1, pp. 9–16, 2018, doi: 10.15408/jti.v10i1.6810.
- [5] A. D. Putri and Effendi, “Fuzzy Logic Untuk Menentukan Lokasi Kios Terbaik Di Kepri Mall Dengan Menggunakan Metode Sugeno,” *Edik Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 49–59, 2017, doi: 10.22202/ei.2016.v3i1.1517.
- [6] K. W. Suardika, G. K. Gandhiadi, L. Putu, and I. Harini, “PERBANDINGAN METODE TSUKAMOTO, METODE MAMDANI DAN METODE SUGENO UNTUK MENENTUKAN PRODUKSI DUPA (Studi Kasus : CV . Dewi Bulan),” vol. 7, no. 2, pp. 180–186, 2018.
- [7] S. Widaningsih, “Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur,” *Infoman’s*, vol. 11, no. 1, pp. 51–65, 2017, doi: 10.33481/infomans.v11i1.21.
- [8] A. R. Batong, P. Murdiyati, and A. H. Kurniawan, “Analisis Kelayakan LoRa Untuk Jaringan Komunikasi Sistem Monitoring Listrik Di Politeknik Negeri Samarinda,” *PoliGrid*, vol. 1, no. 2, p. 55, 2020, doi: 10.46964/poligrid.v1i2.602.
- [9] BPPB, “Kamus Besar Bahasa Indonesia,” 2016. <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/sistem>.
- [10] H. T. SIHOTANG, “Sistem Informasi Pengagendaan Surat Berbasis Web Pada Pengadilan Tinggi Medan,” vol. 3, no. 1, pp. 6–9, 2019, doi: 10.31227/osf.io/bhj5q.
- [11] Y. Rahmatullah, B. Irawan, and C. Setianingsih, “Deteksi Tinggi Tanaman Hidroponik Pakcoy Menggunakan Pengolahan Citra Morphological High Detection of Hydroponic Plant Pakcoy Using Morphological Image Processing,” vol. 7, no. 2, pp. 4617–4623, 2020.

- [12] I. N. Sidemen, I. D. N. Raka, and P. B. Udiyana, "Pengaruh Jenis Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam (*Amaranthus Sp*) Pada Tanah Tegalan Asal Daerah Kubu, Karangasem," *Agrimeta*, vol. 7, no. 13, pp. 31–40, 2017, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/90255-ID-pengaruh-jenis-pupuk-organik-terhadap-pe.pdf>.
- [13] T. Setiawati, E. Karimah, and T. Supriatun, "Aplikasi Pupuk Kotoran Hewan (Kohe) Kambing dan Mulsa Serasah Daun Bambu untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Seledri (*Apium Graveolens L. var. Secalinum Alef.*)," *J. EduMatSains*, vol. 2, no. 1, pp. 29–42, 2017.
- [14] L. Meltin, "BUDIDAYA TANAMAN BAWANG DAUN (*Allium fistulosum L.*) DI KEBUN BENIH HORTIKULTURA (KBH) TAWANGMANGU," 2009.
- [15] L. A. Zadeh, "The birth and evolution of fuzzy logic," *Int. J. Gen. Syst.*, vol. 17, no. 2–3, pp. 95–105, 1990, doi: 10.1080/03081079008935102.
- [16] S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi logika fuzzy : untuk pendukung keputusan*, 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [17] C. Kahraman, B. Öztayşi, and S. Çevik Onar, "A Comprehensive Literature Review of 50 Years of Fuzzy Set Theory," *Int. J. Comput. Intell. Syst.*, vol. 9, no. April, pp. 3–24, 2016, doi: 10.1080/18756891.2016.1180817.
- [18] G. J. Klir and B. Yuan, *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications*. New Jersey, 1995.
- [19] A. Jain and A. Sharma, "Membership Function Formulation Methods for Fuzzy Logic Systems: a Comprehensive Review," vol. 7, no. 19, p. 2020, 2020.
- [20] R. Meimaharani, "ANALISIS SISTEM INFERENCE FUZZY SUGENO DALAM MENENTUKAN HARGA PENJUALAN TANAH UNTUK PEMBANGUNAN MINIMARKET," *J. SIMETRIS*, vol. 5, no. 1, pp. 89–96, 2014.
- [21] L. Hakim, "Penerapan Metode Sugeno Menentukan Tingkat Loyalitas Pelanggan Berdasarkan Kualitas Produk dan Kepuasan Pelanggan (Studi Kasus di Sabana Fried Chicken Cabang Malang)," p. 94, 2016.
- [22] D. Setiadi and M. N. Abdul Muhaemin, "PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IoT) PADA SISTEM MONITORING IRIGASI (SMART IRIGASI)," *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 3, no. 2, p. 95, 2018, doi: 10.32897/infotronik.2018.3.2.108.
- [23] Raspberry Pi, "Raspberry Pi 3 Model B+," 2018. <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>.
- [24] M. A. Alexander, J. Andjarwirawan, and I. Sugiarto, "Sistem Presensi Mahasiswa Berbasis Animated QR Code Menggunakan Raspberry Pi," *J. INFRA*, vol. 8, no. 2, pp. 1–7, 2020.
- [25] S. Senthilkumar, K. Brindha, R. Charanya, and A. Kumar, "Patients health monitoring system using IOT," *Indian J. Public Heal. Res. Dev.*,

- vol. 10, no. 4, pp. 252–256, 2019, doi: 10.5958/0976-5506.2019.00699.5.
- [26] R. Mathur and K. Kalbande, “Internet of Things (IoT) based energy tracking and bill estimation system,” *Proc. 4th Int. Conf. IoT Soc. Mobile, Anal. Cloud, ISMAC 2020*, pp. 80–85, 2020, doi: 10.1109/I-SMAC49090.2020.9243480.
- [27] K. Jyostsna Vanaja, A. Suresh, S. Srilatha, K. V. Kumar, and M. Bharath, “IOT based Agriculture System Using NodeMCU,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 3025–3028, 2018, [Online]. Available: www.irjet.net.
- [28] S. Jain, P. Choudhari, and A. Srivastava, *The fundamentals of Internet of Things: architectures, enabling technologies, and applications*. Elsevier Inc., 2021.
- [29] A. R. Susanto, A. Bhawiyuga, and K. Amron, “Implementasi Sistem Gateway Discovery pada Wireless Sensor Network (WSN) Berbasis Modul Komunikasi LoRa,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 2138–2145, 2019.
- [30] Yuliza, “Keamanan Rumah Melalui Telegram Messenger,” *J. Teknol. Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 27–33, 2018.
- [31] S. Mulyani, *Metode Analisis dan Perancangan Sistem*. 2016.
- [32] R. S. Pressman and B. Maxim, *Software Engineering: A Practitioner’s Approach*, 8th Editio. McGraw-Hill. Boston, 2014.
- [33] S. Bhardwaj, S. Dhir, and M. Hooda, “Automatic plant watering system using iot,” *Proc. 2nd Int. Conf. Green Comput. Internet Things, ICGCIoT 2018*, pp. 659–663, 2018, doi: 10.1109/ICGCIoT.2018.8753100.
- [34] W. Jatmiko, P. W. Ciptadi, and H. Hardyanto, “Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler dan Panel Surya,” *Seri Pros. Semin. Nas. Din. Inform.*, vol. Vol. 5, pp. 199–203, 2021.
- [35] J. H. Gultom, M. Harsono, T. D. Khameswara, and H. Santoso, “Smart IoT Water Sprinkle and Monitoring System for chili plant,” *ICECOS 2017 - Proceeding 2017 Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci. Sustain. Cult. Herit. Towar. Smart Environ. Better Futur.*, pp. 212–216, 2017, doi: 10.1109/ICECOS.2017.8167136.
- [36] R. Liao, S. Zhang, X. Zhang, M. Wang, H. Wu, and L. Zhangzhong, “Development of smart irrigation systems based on real-time soil moisture data in a greenhouse: Proof of concept,” *Agric. Water Manag.*, vol. 245, no. September, p. 106632, 2021, doi: 10.1016/j.agwat.2020.106632.
- [37] S. Jaiswal and M. S. Ballal, “Fuzzy inference based irrigation controller for agricultural demand side management,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 175, no. April, p. 105537, 2020, doi: 10.1016/j.compag.2020.105537.