



**IMPLEMENTASI MODEL FUZZY UNTUK PENGATURAN IRIGASI TETES
BERBASIS MIKROKONTROLER**

SKRIPSI

Oleh :

Mochammad Febri Hariyadi

162410102042

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**IMPLEMENTASI MODEL FUZZY UNTUK PENGATURAN IRIGASI TETES
BERBASIS MIKROKONTROLER**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) Program Studi Teknologi Informasi dan mencapai gelar Sarjana Komputer

Oleh :

Mochammad Febri Hariyadi

162410102042

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS JEMBER

2020

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Dengan penuh kerendahan hati, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya untuk mempermudah dan melancarkan dalam pengerjaan skripsi;
2. Ayahanda Samsul Hidayat dan Ibunda Maisum;
3. Saudara kandung Mochammad Fajeri;
4. Guru - guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
5. Almamater Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember;
6. Sahabat-sahabat yang saling mendukung mulai dari awal perjuangan;

MOTTO

“Tak ada bangunan yang kuat tanpa pondasi yang kuat”
(*Mochammad Febri Hariyadi*)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mochammad Febri Hariyadi

NIM : 162410102042

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Implementasi Model Fuzzy untuk Pengaturan Irigasi Tetes berbasis Mikrokontroler”, adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi manapun, dan bukti karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Lumajang, 27 April 2020

Yang menyatakan,

Mochammad Febri Hariyadi

NIM 162410102042

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI MODEL FUZZY UNTUK PENGATURAN IRIGASI TETES
BERBASIS MIKROKONTROLER**

Oleh :

Mochammad Febri Hariyadi

NIM 162410102042

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Saiful Bukhori, ST., M.Kom.

Dosen Pembimbing Pendamping : Nova El Maidah S.Si., M.Cs.

PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi berjudul “Implementasi Model Fuzzy untuk Pengaturan Irigasi Tetes berbasis Mikrokontroler” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 02 Juni 2020

tempat : Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Prof. Dr. Saiful Bukhori, ST., M.Kom.

Nova El Maidah, S.Si., M.Cs.

NIP. 196811131994121001

NIP. 198411012015042001

PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi berjudul “Implementasi Model Fuzzy untuk Pengaturan Irigasi Tetes berbasis Mikrokontroler” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 02 Juni 2020

tempat : Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember

Disetujui oleh :

Penguji I,



Drs. Antonius Cahya P,M.App.Sc.,Ph.D.

NIP. 196909281993021001

Penguji II,



Gama Wisnu F,S.Kom.,M.Kom.

NIP. 760015717

Mengesahkan

Dekan Fakultas Ilmu Komputer,



Prof. Dr. Saiful Bukhori, ST., M.Kom.

NIP. 196811131994121001

RINGKASAN

Implementasi Model Fuzzy untuk Pengaturan Irigasi Tetes berbasis Mikrokontroler; Mochammad Febri Hariyadi, 162410102042, 2020; 85 halaman, Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember.

Irigasi tetes merupakan salah satu konsep pemberian air dengan cara meneteskan air setetes demi setetes yang bertujuan untuk mencegah terjadinya penggenangan air pada suatu tanaman. Irigasi tetes cocok diterapkan pada tanaman yang sensitif terhadap kelebihan air maupun kekurangan air. Tanaman cabai adalah salah satu tanaman yang sangat sensitif terhadap kelebihan maupun kekurangan air. Jika tanah kering, akar tanaman tidak dapat menyerap air sehingga menyebabkan tanaman mati. Begitu juga sebaliknya jika tanah terlalu basah, maka akar pada tanaman akan menjadi busuk.

Pemanfaatan teknologi pada irigasi tetes merupakan salah satu cara yang efektif untuk menjadikannya beroperasi secara otomatis. Mikrokontroler dapat mengubah semua yang awalnya dilakukan secara manual dapat dilakukan secara otomatis. Salah satu metode yang sering digunakan untuk menghasilkan sebuah keputusan adalah sistem inferensi fuzzy. Metode tsukamoto merupakan jenis dari sistem inferensi fuzzy. Metode sistem inferensi fuzzy model tsukamoto merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk sistem kendali secara otomatis. Sistem inferensi fuzzy setidaknya membutuhkan minimal dua parameter untuk dapat melakukan proses inferensi.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Implementasi Model Fuzzy untuk Pengaturan Irigasi Tetes berbasis Mikrokontroler”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Saiful Bukhori, ST., M.Kom., selaku Pejabat Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember dan Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan, ilmu dan petunjuk, nasehat, koreksi serta saran dengan penuh kesabaran;
2. Nova El Maidah, S.Si., M.Cs., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan arahan, ilmu dan petunjuk, nasehat, koreksi serta saran dengan penuh kesabaran;
3. Drs. Antonius Cahya P,M.App.Sc.,Ph.D. selaku dosen penguji utama dan Gama Wisnu F, S.Kom.,M.Kom. selaku penguji anggota yang telah berkenan untuk menguji skripsi ini dan memberikan masukan serta saran demi sempurnanya skripsi ini;
4. Seluruh Bapak dan Ibu dosen beserta staff karyawan di Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember;
5. Ayahanda tercinta Samsul Hidayat dan Ibunda tercinta Maisum yang selalu mendukung dan mendoakan;
6. Saudara kandung Mochammad Fajeri dan saudara sepupu Rikky Zaimas Mustaim yang telah membantu dan selalu memberikan semangat;
7. Wanita yang hadir menemani saya untuk memberikan dukungan dan semangat serta doa, Febrianti Latifah Arind;

8. Teman tercinta yang telah memberikan semangat dan banyak membantu saya, Mareta Evelin Muhlisin, Adi Surya S, Muhammad Madzarudin dan Trianto Rahmat;
9. Teman nongkrong saat kuliah yang tidak dapat disebutkan satu-persatu;
10. Keluarga besar Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember angkatan 2016 (FIGORA);
11. Keluarga besar Laboratorium GIS dan Laboratorium Jaringan;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Dengan harapan penelitian ini nantinya terus berlanjut dan berkembang. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh sebab itu penulis mengharapkan adanya masukan yang bersifat membangun dari semua pihak. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak

Lumajang, 27 April 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
SKRIPSI.....	v
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	vi
PENGESAHAN PENGUJI	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4

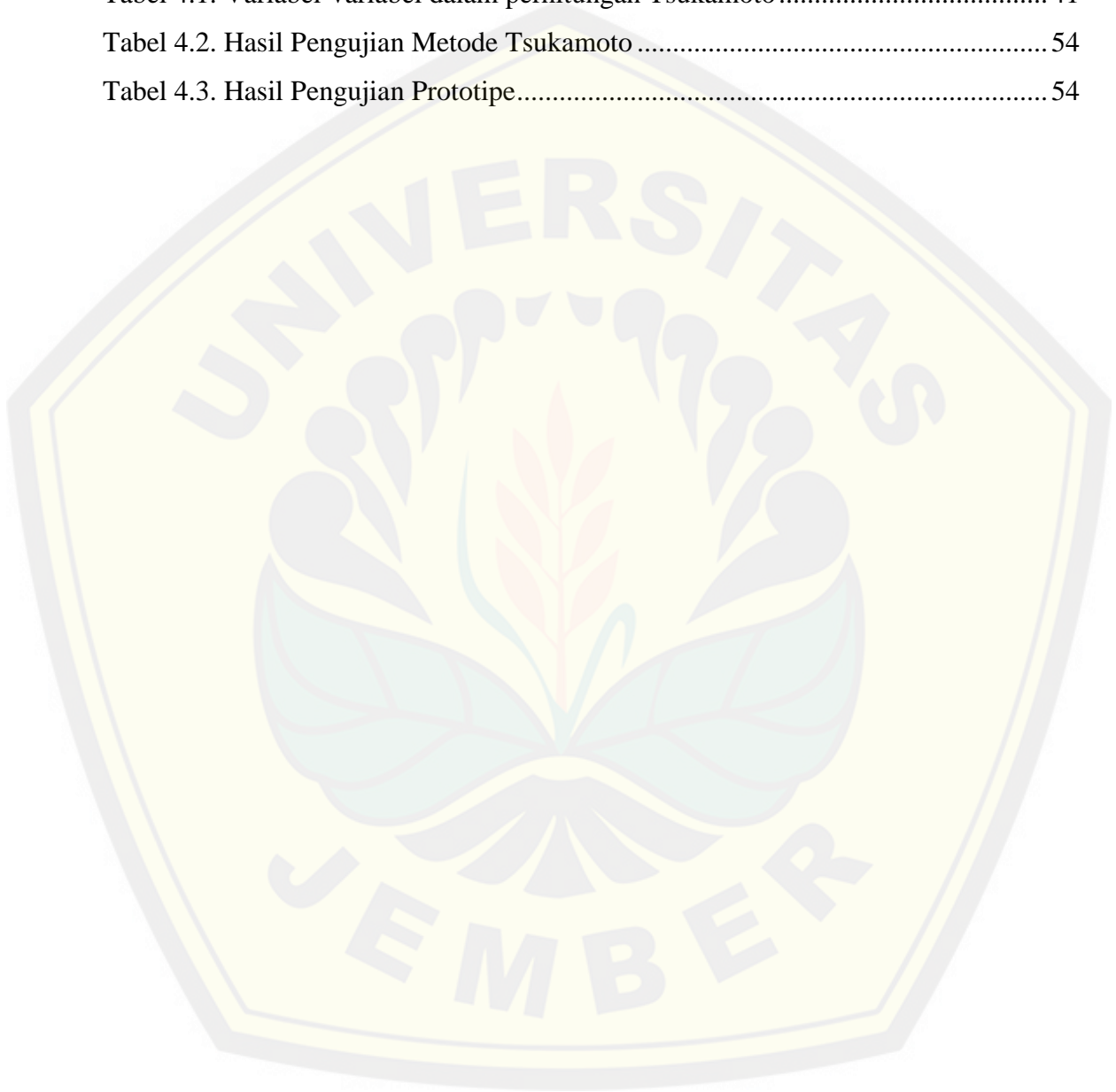
2.2 Cabai.....	6
2.3 Irigasi.....	7
2.4 Logika Fuzzy.....	7
2.4.1. Fungsi Keanggotaan Fuzzy.....	8
2.4.2. Sistem Fuzzy.....	11
2.4.3. Sistem Inferensi Fuzzy model Tsukamoto.....	12
2.5 Arduino UNO.....	13
2.6 Perangkat Lunak Arduino IDE.....	14
2.7 Solenoid Valve.....	14
2.8 Soil Moisture Sensor.....	16
2.9 Sensor DHT22.....	16
2.10 Sensor Ultrasonik.....	17
2.11 Relay.....	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Jenis Penelitian.....	19
3.2 Objek Penelitian.....	19
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.4 Alat Penelitian.....	19
3.5 Tahapan Penelitian.....	20
3.6 Studi Literatur.....	21
3.7 Desain Sistem.....	21
3.8 Pembuatan Prototipe Sistem.....	22
3.8.1. Rangkaian Mikrokontroler.....	22

3.8.2. Pemasangan Prototipe Irigasi Tetes	23
3.9 Implementasi model Fuzzy pada Sistem Pengaturan Irigasi Tetes menggunakan Mikrokontroler.....	25
3.9.1. Mendefinisikan Variabel pada Kode Program	25
3.9.2. Membuat Fungsi untuk Menjalankan Program.....	26
3.9.3. Membuat Fungsi untuk Mendeteksi Ketinggian Air.....	27
3.9.4. Membuat Fungsi untuk Mengambil Data Suhu dan Kelembapan Tanah .	27
3.9.5. Membuat Fungsi untuk Proses Fuzzyfikasi	28
3.9.6. Membuat Fungsi untuk Aturan-Aturan Fuzzy	29
3.9.7. Membuat Fungsi untuk Proses Inferensi Fuzzy Tsukamoto	30
3.9.8. Membuat Fungsi untuk Proses Defuzzyfikasi Tsukamoto.....	31
3.10 Pengujian Sistem.....	32
3.11 Gambaran Sistem	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Model Base Fuzzy Tsukamoto.....	34
4.1.1. Fuzzyfikasi	34
4.1.2. Rule Base.....	40
4.1.3. Inferensi.....	41
4.1.4. Defuzzyfikasi	48
4.2 Hasil dan Pembahasan Pengujian Sensor Ultrasonik	48
4.3 Hasil dan Pembahasan Pengujian Sensor Soil Moisture	49
4.4 Hasil dan Pembahasan Pengujian Sensor DHT22.....	50
4.5 Hasil dan Pembahasan Pengujian Relay	50

4.6 Hasil Implementasi <i>On-Off Control</i>	51
4.7 Hasil Implementasi metode sistem inferensi fuzzy model Tsukamoto	51
4.7.1. Hasil Implementasi Fuzzyfikasi	52
4.7.2. Hasil Implementasi Rule Base	52
4.7.3. Hasil Implementasi Inferensi	53
4.7.4. Hasil Implementasi Defuzzyfikasi	53
4.8 Hasil Pengujian Sistem.....	53
4.8.1. Hasil Pengujian Metode Fuzzy Tsukamoto pada Pengaturan Irigasi Tetes	53
4.8.2. Hasil Pengujian Prototipe.....	54
4.9 Pembahasan Hasil Implementasi Model Fuzzy untuk Pengaturan Irigasi Tetes berbasis Mikrokontroler	55
4.10 Pembahasan Hasil Pengujian Sistem.....	56
BAB 5 PENUTUP.....	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Variabel-variabel dalam perhitungan Tsukamoto.....	41
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Metode Tsukamoto.....	54
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Prototipe.....	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Representasi kurva linier turun.....	8
Gambar 2.2. Representasi kurva linier naik	9
Gambar 2.3. Representasi kurva segitiga	10
Gambar 2.4. Representasi kurva trapesium.....	10
Gambar 2.5. Proses Inferensi model Tsukamoto	13
Gambar 2.6. Arduino UNO	13
Gambar 2.7. Arduino IDE	14
Gambar 2.8. Solenoid Valve	15
Gambar 2.9. Prinsip Kerja Solenoid Valve	15
Gambar 2.10. Soil Moisture Sensor	16
Gambar 2.11. Sensor DHT22.....	17
Gambar 2.12. Sensor Ultrasonik	18
Gambar 2.13. 4 Channel 5V Relay Module	18
Gambar 3.1. Tahapan Penelitian	20
Gambar 3.2. Desain Prototipe	22
Gambar 3.3. Pemasangan Arduino UNO	23
Gambar 3.4. Pemasangan Prototipe Sistem	24
Gambar 3.5. Gambaran Sistem	25
Gambar 3.6. Variabel Kode Program.....	26
Gambar 3.7. Void setup().....	27
Gambar 3.8. Void pompa()	27
Gambar 3.9. Void sensor()	28
Gambar 3.10. Void Fuzzy Kelembapan()	29
Gambar 3.11. Void RuleBase().....	30
Gambar 3.12. Void Inferensi()	31
Gambar 3.13. Void Defuzzyfikasi().....	32
Gambar 3.14. Diagram blok gambaran sistem.....	33

Gambar 4.1. Fungsi Keanggotaan Sensor Suhu	36
Gambar 4.2. Fungsi Keanggotaan Sensor Kelembapan Tanah	38
Gambar 4.3. Fungsi Keanggotaan Durasi Solenoid Valve.....	39
Gambar 4.4. Awal Sistem Dijalankan	50
Gambar 4.5. Hasil Sensor Ultrasonik.....	51
Gambar 4.6. Hasil Proses Fuzzyfikasi	52
Gambar 4.7. Hasil Proses Aturan Fuzzy	52
Gambar 4.8. Hasil Proses Inferensi	53
Gambar 4.9. Hasil Proses Defuzzyfikasi.....	53
Gambar 4.10. Hasil Data Sensor	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto-foto Hasil Penerapan Sistem	63
Lampiran 2. Program Arduino Fuzzy Tsukamoto	66



BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan hal-hal yang menjadi dasar dalam penelitian. Adapun yang akan dijelaskan antara lain adalah latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian.

1.1 Latar Belakang

Tanaman cabai merupakan tanaman yang sangat sensitif terhadap kelebihan ataupun kekurangan air. Jika tanah telah menjadi kering, maka tanaman akan kurang menyerap air sehingga menjadi layu dan lama kelamaan akan mati. Demikian pula sebaliknya, ternyata pada tanah yang banyak mengandung air akan menyebabkan aerasi tanah menjadi buruk dan tidak menguntungkan bagi pertumbuhan akar, akibatnya pertumbuhan tanaman akan kurus dan kerdil (Sumarna, 1998).

Pemberian air pada irigasi sangat berpengaruh terhadap produktifitas tanaman cabai yaitu terhadap kelembapan tanah yang akan berpengaruh terhadap perkembangan dan pertumbuhan tanaman (Fusanto, 2014). Irigasi tetes merupakan salah satu jenis irigasi yang cocok digunakan untuk tanaman yang ditanam secara berderet dan memiliki nilai ekonomis tinggi, salah satunya yaitu tanaman cabai. Dengan menggunakan konsep irigasi tetes dapat mengurangi terjadinya penguapan air pada tanaman dan mengurangi kelebihan air yang menyebabkan pembusukan pada akar tanaman.

Perkembangan teknologi saat ini semakin berkembang dan canggih dari waktu ke waktu. Dengan memanfaatkan mikrokontroler semua yang awalnya dilakukan secara manual dapat dilakukan secara otomatis. Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai otak untuk mengontrol rangkaian elektronik. Penggunaan mikrokontroler dalam bidang kontrol sangat luas dan populer (Rismawan, dkk., 2012). Penerapannya yang dapat dilakukan di berbagai bidang merupakan salah satu kelebihan dari mikrokontroler (Rismawan, dkk., 2012)(Aribowo, 2016). Salah satunya pada bidang pertanian, mikrokontroler dapat dimanfaatkan sebagai media

pengumpulan berbagai data yang didapat dari sensor, yaitu suhu, curah hujan, kelembapan tanah, dan lain-lain. Data-data yang telah dikumpulkan, akan diolah untuk mengambil sebuah keputusan demi meningkatkan kualitas, meminimalkan risiko dan limbah (Tuluk, dkk., 2012)(Amrullah, 2017).

Berdasarkan pernyataan tersebut maka dilakukan penelitian tentang implementasi model fuzzy untuk pengaturan irigasi tetes berbasis mikrokontroler. Penelitian ini bertujuan agar pemberian air pada irigasi tetes menjadi lebih teratur dan air pada irigasi tersebut dapat diberikan secara otomatis. Penggunaan irigasi tetes dalam penelitian ini digunakan untuk menghemat pemakaian air, karena dapat meminimumkan kehilangan air yang mungkin terjadi. Pemilihan metode fuzzy dalam penelitian ini karena kesederhanaannya, mudah dimengerti dan fleksibel juga memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat (Kusumadewi, 2003). Metode fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tsukamoto karena keunggulan konsep matematisnya yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti (Hasanuddin, dkk., 2019).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, permasalahan yang harus diselesaikan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana penerapan metode sistem inferensi fuzzy model tsukamoto pada sistem irigasi tetes pada tanaman cabai?
2. Bagaimana menentukan lama penetesan air pada irigasi tetes dengan menerapkan sistem inferensi fuzzy model tsukamoto?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian tersebut lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Beberapa Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem inferensi fuzzy model Tsukamoto digunakan sebagai penghasil keputusan lama penyiraman.
2. Parameter yang menjadi masukan pada fuzzy inference system model tsukamoto adalah kelembapan tanah dan suhu.
3. Objek yang digunakan adalah tanaman cabai.
4. Tetesan air yang dihasilkan dianggap konstan.
5. Sistem yang dibuat berupa prototipe.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Dapat mengelola data pada sistem irigasi tetes.
2. Dapat menentukan lama penetasan air pada sistem irigasi tetes berdasarkan kelembapan tanah dan suhu.
3. Menghasilkan prototipe irigasi tetes berbasis mikrokontroler.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah:

1. Bagi Pengguna

Sistem irigasi tetes berbasis mikrokontroler yang dihasilkan dapat membantu memberikan kemudahan bagi pengguna karena dapat digunakan secara otomatis.

2. Bagi Peneliti

Manfaat yang didapat adalah dapat melatih kemampuan dan menerapkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh di perkuliahan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan teori-teori serta pustaka yang dipakai pada waktu penelitian. Teori-teori ini diambil dari buku literatur, jurnal, dan internet. Berikut merupakan teori-teori yang digunakan dan dibahas dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Kuslu, dkk. (2014) dengan judul “*Fruit Yield and Quality, and Irrigation Water Use Efficiency of Summer Squash Drip-Irrigated with Different Irrigation Quantities in a Semi-Arid Agricultural Area*” menjelaskan bahwa jumlah air pada irigasi yang rendah akan menghasilkan kualitas hasil yang lebih rendah pada buah, maka dilakukannya irigasi dengan menggunakan metode irigasi tetes. Pada penelitian ini juga telah menyimpulkan bahwa efisiensi penggunaan air akan berpengaruh pada kualitas buah secara signifikan. Jadwal irigasi yang efektif juga dapat berpengaruh untuk memaksimalkan keuntungan dan memiliki peran penting dalam efisiensi penggunaan air pada irigasi. Mengetahui kebutuhan air tanaman adalah parameter utama yang diperlukan untuk penjadwalan yang efektif. Faktor iklim (radiasi, suhu, kelembapan dan kecepatan angin) adalah beberapa faktor utama yang mempengaruhi penggunaan air pada tanaman.

Penelitian yang dilakukan oleh Wang, dkk. (2017) dengan judul “*Web-based decision support system for canal irrigation management*” juga menjelaskan betapa pentingnya penggunaan air pada irigasi pada tanaman, maka dibuat sistem pendukung keputusan irigasi yang digunakan untuk pengelolaan air pada irigasi dan dapat meningkatkan efisiensi irigasi. Keputusan untuk memulai irigasi harus mempertimbangkan pengetahuan tentang ketersediaan air ditempat yang ingin ditanami tumbuhan. Sistem yang berbeda memiliki penekanan yang beragam untuk tujuan dan kondisi fisik yang diberikan. Penelitian yang konstan pada sistem pendukung keputusan irigasi membuat struktur lebih eksplisit dan fungsinya lebih beragam. Namun, penelitian jarang mempertimbangkan menggunakan platform untuk

mengintegrasikan akuisisi data otomatis, enkapsulasi proses komputasi yang rumit, dan tampilan grafis *input* dan *output* (IO).

Penelitian yang dilakukan oleh Sofwan (2005) dengan judul “*Penerapan Fuzzy Logic pada Sistem Pengaturan Jumlah Air Berdasarkan Suhu dan Kelembaban*” menjelaskan parameter yang mempengaruhi jumlah air yang dibutuhkan suatu tanaman adalah suhu dan kelembapan. Sistem kendali biasa dinilai kurang efektif, karena pada sistem pengendalian biasa hanya mengatur kapan pompa air dihidupkan tanpa memperhitungkan keadaan tanaman sebelumnya. *Fuzzy logic* merupakan salah satu metode sistem kendali yang dapat memberikan keputusan menyerupai keputusan manusia. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem kendali *fuzzy logic* lebih mudah dalam pembuatan sistem pengendaliannya dan lebih fleksibel dalam membuat perancangannya dengan tidak membutuhkan persamaan matematik untuk fungsi alih pada tanaman, karena sistem fuzzy mengambil keputusan dari logika manusia yang ditempatkan pada *knowledge base* sistem fuzzy.

Penelitian yang dilakukan oleh Pradana dan Irawati (2016) dengan judul “*Metode Fuzzy Logic Dalam Konsep Irigasi Air Dengan Mikrokontroler Arduino*” menjelaskan bahwa tanaman dapat dikatakan tingkat pertumbuhannya baik adalah dengan menjaga kelembapan tanahnya. Konsistensi penyiraman tanaman secara manual dianggap kurang efektif, terutama saat musim kemarau sering menyebabkan tanaman mati atau tidak terurus karena tidak dialiri air atau pengaliran air yang tidak konsisten karena keterbatasan waktu. Dalam penelitian ini dilakukan percobaan dengan membandingkan antara model irigasi manual dan model irigasi otomatis dengan menggunakan metode Mamdani selama 10 hari. Model irigasi otomatis dinilai lebih hemat dari segi nilai efisiensi penggunaan air dibandingkan dengan model irigasi manual, yaitu 80% banding 20%.

Penelitian yang dilakukan oleh Suryatini, Maimunah dan Fauzandi (2019) dengan judul “*Implementasi Sistem Kontrol Irigasi Tetes Menggunakan Konsep IoT Berbasis Logika Fuzzy Takagi-Sugeno*”. menjelaskan hal yang perlu diperhatikan

dalam budidaya tanaman adalah irigasi. Irigasi tetes adalah salah satu jenis irigasi yang banyak digunakan. Metode fuzzy yang digunakan pada penelitian ini adalah logika fuzzy Takagi-Sugeno. Suhu dan kelembapan tanah digunakan sebagai parameter masukan sistem kontrol menggunakan kendali logika fuzzy Takagi-Sugeno yang diimplementasikan menggunakan konsep *Internet of Things* (IoT). Penyalaan *solenoid valve* adalah sebagai keluaran kendali fuzzy untuk mengairi tanaman. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem dapat menentukan durasi penyiraman tanaman dan dapat menjaga kelembapan tanah.

2.2 Cabai

Cabai merupakan tanaman yang di butuhkan di masyarakat baik sebagai bahan penyedap masakan, tanaman kesehatan, bahkan sebagai mata pencaharian. Cabai juga mengandung zat-zat gizi yang sangat diperlukan untuk kesehatan manusia. Budidaya tanaman cabai di Indonesia sangat beragam tidak hanya ditanam di lahan yang luas, namun juga terdapat pada lahan yang sempit, yaitu lahan pekarangan rumah yang ditanam di pot atau polybag.

Menurut Sumarna (1998) pada Wijaya, dkk. (2019), penyiraman pada tanaman cabai tergantung pada keadaan cuaca. Pemberian air dilakukan setiap pagi pukul 08.00 sampai sore pukul 16.00. Untuk kondisi penyiraman tanaman cabai yang tepat ketika kondisi tanahnya kering maka dibutuhkan penyiraman yang lama rata-rata ± 750 ml air dengan hasil pengujian 30 detik, tanah normal maka dibutuhkan penyiraman yang cukup ± 375 ml air dengan hasil pengujian 15 detik dan tanah lembap dibutuhkan penyiraman yang pendek atau tidak disiram ± 0 ml air. Kondisi suhu udara yang ideal untuk pertumbuhan tanaman cabai adalah $25-27^{\circ}\text{C}$ pada siang hari dan $18-20^{\circ}\text{C}$ pada malam hari (Fusanto, 2014). Sedangkan nilai untuk kelembapan tanah ideal untuk pertumbuhan tanaman cabai adalah 60-80% (Kusandriani dan Sumarna, 1993)

2.3 Irigasi

Definisi irigasi secara umum adalah upaya yang dilakukan manusia untuk mengalirkan air secara buatan dari sumber air yang ada untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Irigasi adalah penggunaan air pada tanah untuk keperluan penyediaan cairan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman (Hansen, dkk., 1992). Dalam hal ini, irigasi berfungsi untuk menyuplai kebutuhan air, menjamin ketersediaan air, menurunkan suhu tanah, melunakkan lapisan tanah yang keras saat pengolahan tanah.

Sistem irigasi tetes adalah salah satu dari beberapa jenis irigasi. Sistem irigasi tetes merupakan salah satu irigasi alternatif karena mementingkan ketersediaan sumber air pada irigasi untuk lebih menghemat air. Sistem ini dibuat untuk mencegah terjadinya penggenangan air pada tanaman. Cara kerja sistem ini adalah meneteskan air setetes demi setetes dengan kecepatan yang lambat dan mempertahankan tanah udara yang diperlukan oleh akar tanaman agar dapat tumbuh lebih sehat.

Subur dan sehatnya tanaman juga merupakan salah satu dari tepatnya penggunaan sistem irigasi pada tanaman, yaitu dengan mengalirkan air sampai ke dalam akarnya. Agar pertumbuhan tanaman lebih berkualitas maka jumlah air untuk masing-masing tanaman harus dapat dikontrol. Pada sistem ini dapat menghilangkan sebagian besar kehilangan air untuk penguapan, *overspray*, erosi dan angin. Sistem ini memiliki efisiensi hingga 95% untuk penghematan penggunaan air pada irigasi (Rizal, 2012).

2.4 Logika Fuzzy

Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh seorang peneliti di Universitas California, Barkley dalam bidang ilmu komputer bernama Prof Lutfi A. Zadeh pada tahun 1965. Secara bahasa fuzzy dapat diartikan sebagai samar atau kabur. Secara bersamaan, suatu nilai dapat bernilai benar atau salah. Perbedaan logika digital dengan logika fuzzy adalah derajat keanggotaan yang memiliki nilai 0 (nol) hingga 1 (satu) sedangkan logika digital hanya memiliki nilai 1 atau 0 yang artinya ya atau tidak. Logika fuzzy digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan

menggunakan bahasa (*linguistic*), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat.

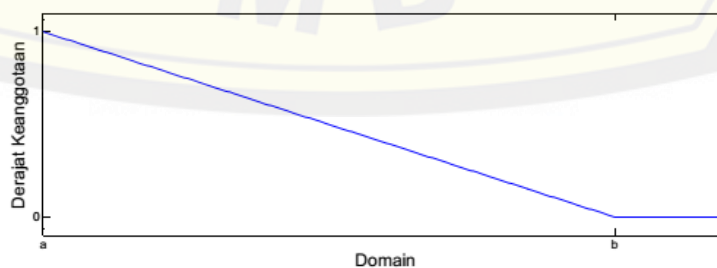
Logika Fuzzy diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh pada tahun 1965. Logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 sampai 1, memiliki tingkat keabuan, hitam dan putih, dan memiliki konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat" dalam bentuk *linguistic* (Nasution, 2012). Kelebihan dari logika fuzzy adalah kemampuannya yang dapat memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks, konsep logika yang mudah dimengerti dan penggunaannya yang fleksibel.

2.4.1. Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan adalah fungsi yang dapat memetakan elemen suatu himpunan ke nilai keanggotaan pada interval $[0,1]$ dan dapat digunakan untuk membedakan antara himpunan fuzzy dan himpunan tegas. Representasi fungsi keanggotaan fuzzy dapat dilakukan dengan berbagai cara, namun fungsi keanggotaan yang digunakan pada penelitian ini adalah representasi linier, segitiga dan trapesium (Trimartanti, 2016).

1. Representasi kurva linier

Representasi linier adalah representasi paling sederhana dalam fungsi keanggotaan. Terdapat dua keadaan himpunan fuzzy linier yaitu himpunan yang mengalami penurunan biasa disebut dengan kurva linier turun (Gambar 2.1. Representasi kurva linier turun) dan himpunan yang mengalami kenaikan disebut dengan kurva linier naik (Gambar 2.2). Fungsi persamaan linier turun dapat dilihat pada Persamaan (2.1) dan persamaan linier naik dapat dilihat pada Persamaan (2.2).



Gambar 2.1. Representasi kurva linier turun

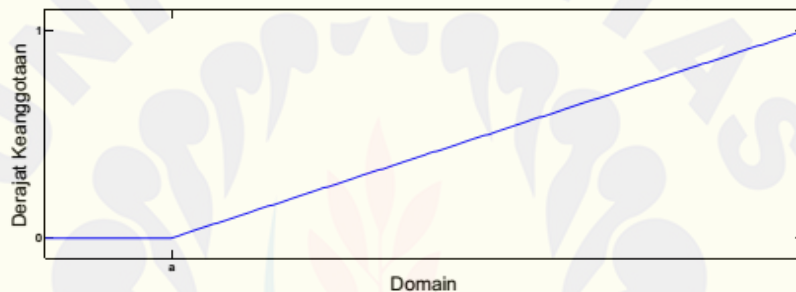
Fungsi keanggotaan linier turun:

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 0, & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

Keterangan:

a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain



Gambar 2.2. Representasi kurva linier naik

Fungsi keanggotaan linier naik:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & x = b \end{cases} \quad (2.2)$$

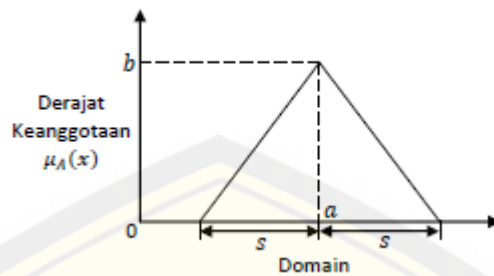
Keterangan:

a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

2. Representasi kurva segitiga

Representasi kurva segitiga merupakan gabungan dari representasi linier (Gambar 2.3). Fungsi persamaan kurva segitiga dapat dilihat pada Persamaan (2.3).



Gambar 2.3. Representasi kurva segitiga

Fungsi keanggotaan dari representasi segitiga, adalah :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

Keterangan:

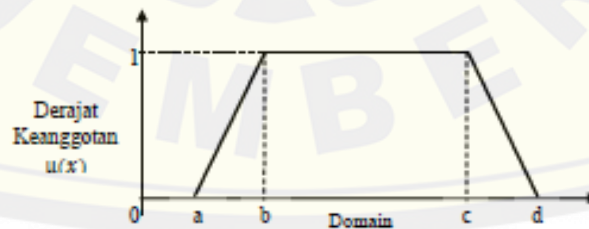
a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

c = nilai domain terbesar saat derajat keanggotaan terkecil

3. Representasi kurva trapesium

Representasi kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 (Gambar 2.4). Fungsi persamaan kurva trapesium dapat dilihat pada Persamaan (2.4).



Gambar 2.4. Representasi kurva trapesium

Fungsi keanggotaan untuk representasi kurva trapesium, adalah :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.4)$$

2.4.2. Sistem Fuzzy

Sistem Fuzzy dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu:

1. Fuzzyfikasi

Tahap pertama dalam melakukan perhitungan fuzzy adalah fuzzyfikasi, dimana pada tahap ini merupakan proses perubahan dari nilai nyata kedalam bentuk fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan. Nilai tegas atau crisp dapat diambil dan menentukan derajat dimana nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan fuzzy yang sesuai. Contoh kelembapan memiliki kriteria kering, lembap dan basah.

2. Inferensi

Setelah fuzzyfikasi, tahap selanjutnya adalah inferensi. Pada tahap ini merupakan proses melakukan penalaran menggunakan masukan fuzzy dengan mencari derajat keanggotaannya masing-masing, kemudian dilakukan pengecekan pada aturan masing-masing yang telah ditentukan sehingga menghasilkan keluaran fuzzy.

3. Defuzzyfikasi

Tahapan terakhir adalah defuzzyfikasi. Defuzzyfikasi merupakan tahapan dimana fuzzy output diubah menjadi nilai crisp berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Peranan pada tahap ini dinilai penting dalam pemodelan sistem fuzzy karena memuat fungsi-fungsi penegasan dalam sistem.

2.4.3. Sistem Inferensi Fuzzy model Tsukamoto

Sistem inferensi fuzzy (Fuzzy Inference System/FIS) adalah salah satu logika fuzzy yang telah berkembang sangat luas. FIS merupakan sistem kerangka komputasi yang didasar pada prinsip himpunan fuzzy, aturan fuzzy berbentuk IF-Then dan penalaran fuzzy. Pada sistem inferensi fuzzy memiliki tiga metode yang populer, yaitu metode tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Sugeno. Setiap metode tersebut memiliki karakteristik yang berbeda. Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai implementasi model fuzzy untuk pengaturan irigasi tetes berbasis mikrokontroler menggunakan sistem inferensi fuzzy model tsukamoto. Sistem ini digunakan untuk mengambil sebuah keputusan melalui proses tertentu menggunakan aturan inferensi berdasarkan logika fuzzy.

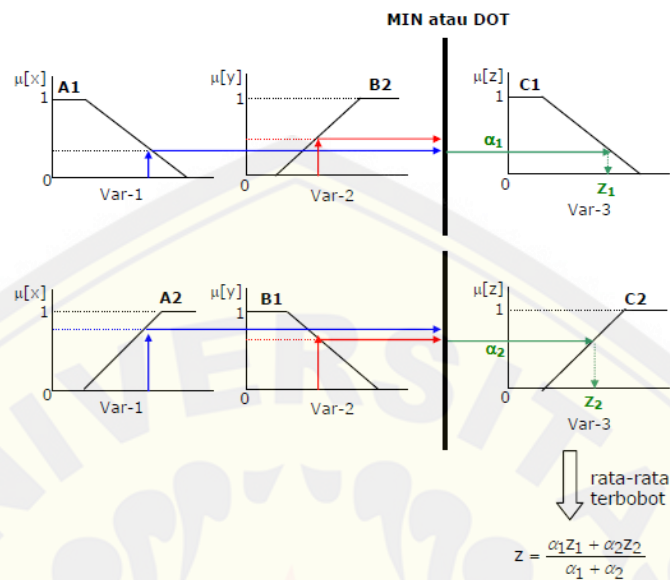
Menurut Kusumadewi (2004), metode tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton. Pada metode tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-Then harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton (Gambar 2.5). Output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Pada metode tsukamoto, proses defuzzyfikasi yang digunakan adalah rata-rata terbobot Persamaan (2.5).

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n a_i z_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (2.5)$$

Ket:

a = *fire strength*

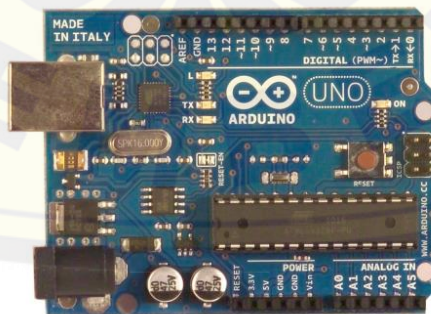
z = nilai tegas (*crisp*) yang didapatkan dari aturan-aturan yang telah ditentukan



Gambar 2.5. Proses Inferensi model Tsukamoto
(Sumber: Kusumadewi, 2004)

2.5 Arduino UNO

Arduino UNO adalah sebuah papan yang memiliki mikrokontroler ATmega328 dan memiliki 14 pin digital *input/output*, 6 pin analog sebagai *input*, 16 MHz osilator kristal, port koneksi ke USB, jack listrik tombol reset (Arduino, 2011). Arduino UNO dapat diaktifkan dengan cara menghubungkan ke komputer atau juga dapat menggunakan baterai. Arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Arduino UNO

2.6 Perangkat Lunak Arduino IDE

IDE merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*, atau bisa juga disebut sebagai lingkungan terintegrasi yang dapat digunakan untuk melakukan pengembangan. Perangkat lunak Arduino IDE (Gambar 2.7) berasal atau dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Perangkat lunak ini dilengkapi dengan *library* bahasa pemrograman C/C++. Sketch merupakan program yang ditulis dengan menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Perangkat lunak ini juga memiliki *message box* berwarna hitam, fungsinya untuk menampilkan status, seperti *compile*, *upload program*, dan pesan *error*.



Gambar 2.7. Arduino IDE

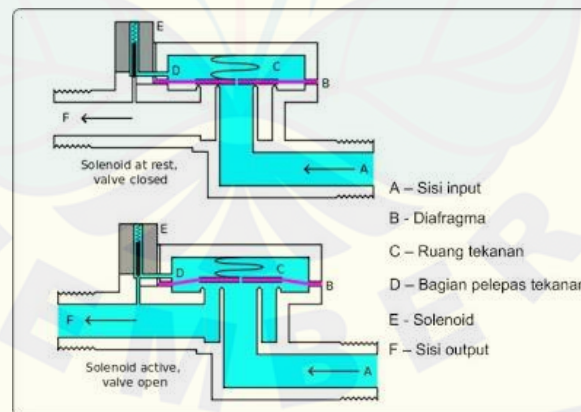
2.7 Solenoid Valve

Solenoid valve adalah sebuah alat elektronik yang fungsinya sama seperti kran air yaitu untuk membuka tutup aliran air. Pada solenoid valve memanfaatkan energi listrik untuk menggerakkan katup dan mempunyai kumparan sebagai penggerakannya. Alat ini memungkinkan untuk mengatur aliran air secara otomatis dengan cara mengontrol listrik yang diberikan menggunakan mikrokontroler. Solenoid valve dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Solenoid Valve

Menurut Suprianto (2015), Solenoid valve dapat dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan / selenoida. Solenoid valve ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem fluida. Seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolik ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan elemen kontrol otomatis. Prinsip kerja solenoid valve dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Prinsip Kerja Solenoid Valve

(Sumber: Suprianto, 2015)

Solenoid valve akan bekerja bila kumparan/coil mendapatkan tegangan arus listrik yang sesuai dengan tegangan kerja (kebanyakan tegangan kerja solenoid valve

adalah 100/200V AC dan kebanyakan tegangan kerja pada tegangan DC adalah 12/24V DC). Dan sebuah pin akan tertarik karena gaya magnet yang dihasilkan dari kumparan selenoida tersebut. Dan saat pin tersebut ditarik naik maka fluida akan mengalir dari ruang C menuju ke bagian D dengan cepat. Sehingga tekanan di ruang C turun dan tekanan fluida yang masuk mengangkat diafragma. Sehingga katup utama terbuka dan fluida mengalir langsung dari A ke F. Untuk melihat penggunaan solenoid valve pada sistem pneumatik (Supriantoro, 2015).

2.8 Soil Moisture Sensor

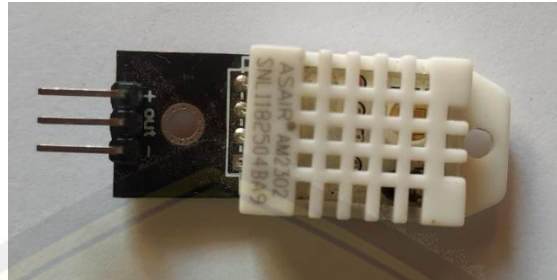
Soil moisture (Gambar 2.10) adalah salah satu jenis sensor yang berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembapan tanah. Tingkat kelembapan didapatkan dengan cara membaca resistansinya, semakin banyak kandungan air didalam tanah semakin mudah sensor ini menghantarkan listrik (resistansi kecil), sensor akan sulit menghantarkan listrik ketika tanah tersebut kering (resistansi besar).



Gambar 2.10. Soil Moisture Sensor

2.9 Sensor DHT22

Menurut Amrullah (2017), DHT22 (Gambar 2.11) merupakan sensor suhu dan kelembapan, sensor ini memiliki keluaran sinyal digital dengan konversi dan perhitungan oleh MCU 8-bit terpadu. Sensor ini memiliki kalibrasi yang sangat akurat dengan kopetensi suhu dalam ruangan dengan penyesuaian nilai koefisien tersimpan dalam memori OTP terpadu. Sensor DHT22 memiliki jarak rentang yang sangat luas, DHT22 mampu mentransmisikan sinyal keluaran melewati kabel hingga 20 meter sehingga sesuai ditempatkan dimana saja.



Gambar 2.11. Sensor DHT22

Spesifikasi yang dimiliki oleh sensor DHT22 :

- a. Catu daya: 3,3 - 6 Volt DC (tipikal 5 VDC)
- b. Sinyal keluaran: digital lewat bus tunggal dengan kecepatan 5 ms/operasi
- c. Elemen pendeteksi: kapasitor polimer (polymer capacitor)
- d. Jenis sensor: kapasitif (capacitive sensing)
- e. Rentang deteksi kelembapan : 0-100% RH (akurasi $\pm 2\%$ RH)
- f. Rentang deteksi suhu : -40° sampai $+80^{\circ}$ Celcius (akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$)
- g. Resolusi sensitivitas : 0,1%RH; 0,1 $^{\circ}\text{C}$
- h. Histeresis kelembapan : $\pm 0,3\%$ RH
- i. Stabilitas jangka panjang: $\pm 0,5\%$ RH / tahun
- j. Periode pemindaian rata-rata: 2 detik Ukuran: 25,1 x 15,1 x 7,7 mm (Amrullah, 2017).

2.10 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik (Gambar 2.12) merupakan sebuah sensor yang memanfaatkan pancaran gelombang ultrasonik. *Transmitter* dan rangkaian penerima ultrasonik yang disebut sebagai *receiver* yang merupakan rangkaian dari sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik mampu mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Gelombang ultrasonik pada sensor ini dibangkitkan melalui piezoelektrik yang menghasilkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz ketika osilator diterapkan pada benda tersebut. Secara umum sensor ini dapat digunakan untuk mengukur jarak tanpa menggunakan sentuhan dan dapat memancarkan gelombang suara

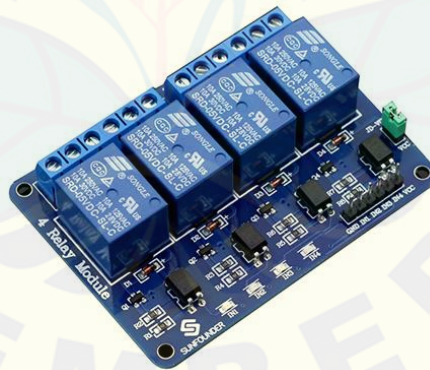
ultrasonik menuju suatu target yang akan memantulkan balik gelombang kearah sensor (Dayona, 2014).



Gambar 2.12. Sensor Ultrasonik

2.11 Relay

Relay (Gambar 2.13) merupakan suatu alat yang berfungsi sama seperti saklar (*switch*). Alat ini dapat dioperasikan menggunakan listrik dan dapat dikontrol secara otomatis menggunakan mikrokontroler. Relay memiliki 2 bagian utama, yaitu Elektromagnet (*coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Untuk menggunakan relay perlu memperhatikan jenis relay berdasarkan tegangan pengontrolnya dan kekuatan relay men-*switch* tegangan tersebut.



Gambar 2.13. 4 Channel 5V Relay Module

Menurut Kho (2015), Untuk menggerakkan kontak saklar relay menggunakan prinsip elektromagnetik sehingga dengan arus listrik yang kecil relay mampu menghantarkan listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi. Contoh, Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklar) untuk menghantarkan listrik 220V 2A dapat digerakkan oleh relay yang menggunakan elektromagnet 5V 50mA.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang sekumpulan metode-metode yang akan digunakan dalam penelitian. Selain itu juga menjelaskan langkah dan prosedur yang akan dilakukan dalam pengumpulan data atau informasi guna memecahkan permasalahan dalam penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian pengembangan. Pengembangan adalah proses untuk memperluas atau memperdalam pengetahuan yang telah ada. Penelitian pengembangan bertujuan untuk menciptakan dan mengembangkan suatu produk yang efektif digunakan (Hanafi, 2017). Penelitian ini bertujuan untuk membantu pengontrolan air pada irigasi tetes yang berjalan secara otomatis.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian berfokus pada tanaman cabai yang ditanam sendiri untuk digunakan sebagai penerapan sistem irigasi tetes. Tanaman cabai yang digunakan adalah tanaman yang berada dalam fase generatif yaitu fase dimana tanaman sudah mulai produktif untuk pembentukan dan perkembangan bunga, buah dan biji. Fase ini cocok digunakan karena tanaman lebih banyak membutuhkan air.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Lumajang. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan mulai bulan Maret 2020 sampai April 2020.

3.4 Alat Penelitian

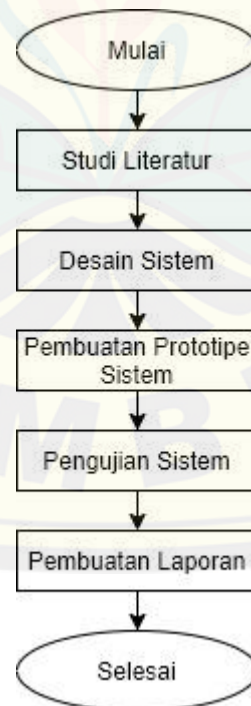
Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat lunak berupa Arduino IDE dan terdapat beberapa perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Arduino UNO

- b. Solenoid valve
- c. Sensor soil moisture
- d. Breadboard
- e. Kabel jumper
- f. Sensor DHT22
- g. Sensor ultrasonik
- h. 4 channel 5V relay module
- i. Pipa pvc ¾"
- j. Timba
- k. Selang irigasi
- l. Stik penetes

3.5 Tahapan Penelitian

Alur dari tahapan penelitian menjelaskan tentang tahapan-tahapan pada penelitian ini. Tahapan penelitian terdiri dari langkah-langkah pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Tahapan Penelitian

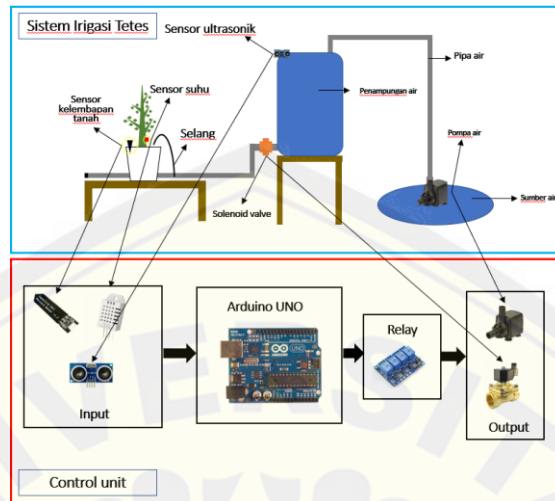
3.6 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan tujuan untuk memperkuat pemilihan metode dalam penelitian dan sebagai pembanding dengan penelitian terdahulu yang telah dilakukan. Penelitian terdahulu dan sumber yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari buku, jurnal dan skripsi yang berkaitan dengan topik penelitian.

3.7 Desain Sistem

Desain sistem adalah gambaran atau perencanaan untuk persiapan kebutuhan-kebutuhan fungsional. Tujuan dari desain sistem ini untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai sistem yang akan dibuat. Pada sistem ini alat pendukung yang berperan penting adalah mikrokontroler dan sensor. Mikrokontroler sebagai otak dari sistem, sedangkan sensor bertugas untuk melayani kebutuhan mikrokontroler. Sensor yang digunakan untuk penerapan irigasi tetes adalah sensor suhu (DHT22) dan kelembapan tanah (soil moisture). Kedua sensor ini digunakan sebagai parameter untuk proses fuzzy yang digunakan pada sistem.

Cara kerja sistem secara umum pada penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 3.5. Sensor suhu dan kelembapan tanah akan ditempatkan pada area tanaman. Kedua sensor tersebut menjadi input kendali logika fuzzy yang digunakan untuk menentukan lama solenoid valve bekerja untuk mengairi tanaman. Pompa air akan ditempatkan pada sumber air yang akan mengisi tempat penampungan air. Dengan memanfaatkan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi level air, pompa air akan bekerja otomatis ketika air dalam penampungan kurang dari kapasitas yang ditentukan. Sensor ultrasonik akan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk menghidupkan relay dan pompa akan bekerja ketika relay tersebut terhubung dengan listrik. Air yang berada pada penampungan air akan didistribusikan melalui selang irigasi dan langsung menuju akar tanaman untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi pemberian air.



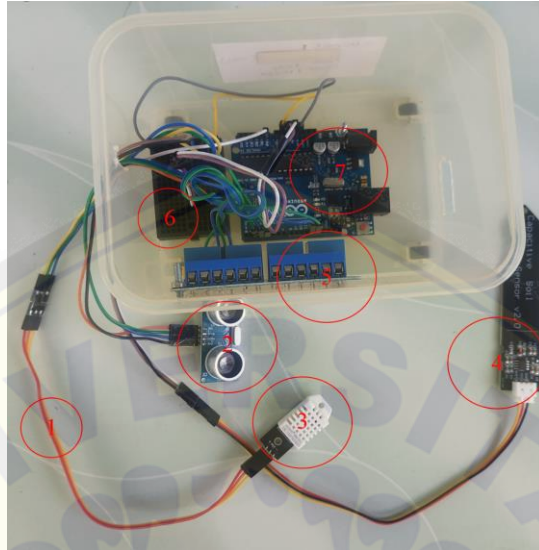
Gambar 3.2. Desain Prototipe

3.8 Pembuatan Prototipe Sistem

Bagian ini merupakan pembuatan prototipe sistem meliputi pembuatan rangkaian mikrokontroler dan pembuatan rangkaian prototipe untuk pembuatan sistem irigasi tetes pada tanaman cabai. Penerapan dilakukan pada tanaman cabai yang ditanam dipot plastik yang berwarna hitam. Dalam satu pot terdiri atas satu tanaman cabai saja. Untuk sensor kelembapan tanah ditanam di bawah tanah dengan kedalam 3cm sampai 5cm dan sensor suhu akan diletakkan di area yang dekat dengan tanaman, sedangkan penempatan mikrokontroler akan diletakkan diluar pot. Stik irigasi tetes ditanam mendekati tanaman agar air lebih optimal mengairi tanaman.

3.8.1. Rangkaian Mikrokontroler

Tahap awal dalam melakukan pemasangan yaitu, menghubungkan semua sensor (suhu, kelembapan tanah dan ultrasonik) dan relay dengan board Arduino UNO. Selanjutnya, Arduino UNO dihubungkan ke PC dengan menggunakan kabel USB. Setelah terhubung ke PC, Arduino UNO sudah dapat diisi dengan kode program agar dapat mengambil data sensor dan memproses semua sesuai kode program tersebut. Pemasangan Arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 3.3.



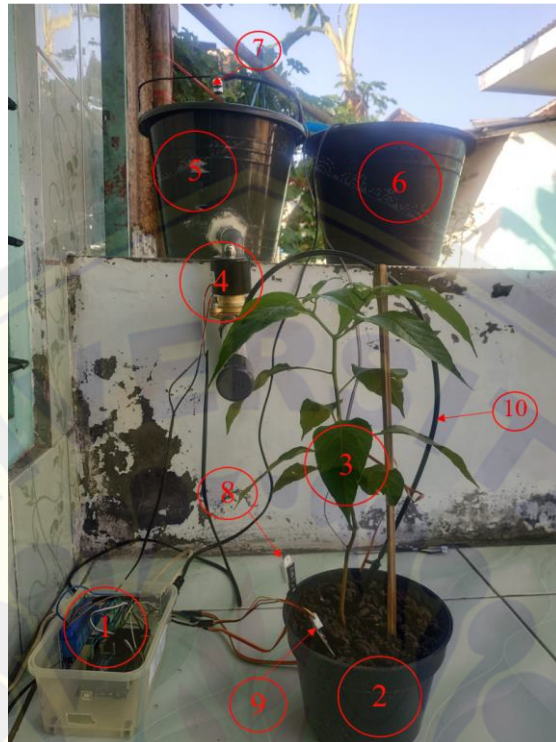
Gambar 3.3. Pemasangan Arduino UNO

Keterangan :

1. Kabel jumper
2. Sensor ultrasonik
3. Sensor DHT22
4. Sensor Soil Moisture
5. 4 channel 5V relay module
6. Breadboard
7. Arduino UNO

3.8.2. Pemasangan Prototipe Irigasi Tetes

Tahap awal pemasangan prototipe irigasi tetes, yaitu menyiapkan timba sebagai tempat penampungan air. Selanjutnya, lobangi timba dan hubungkan pipa PVC $\frac{3}{4}$ ". Setelah itu, hubungkan juga solenoid valve yang berfungsi sebagai kran elektrik (buka tutup aliran secara otomatis). Lobangi 1 pipa untuk menempatkan saluran selang irigasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.4.



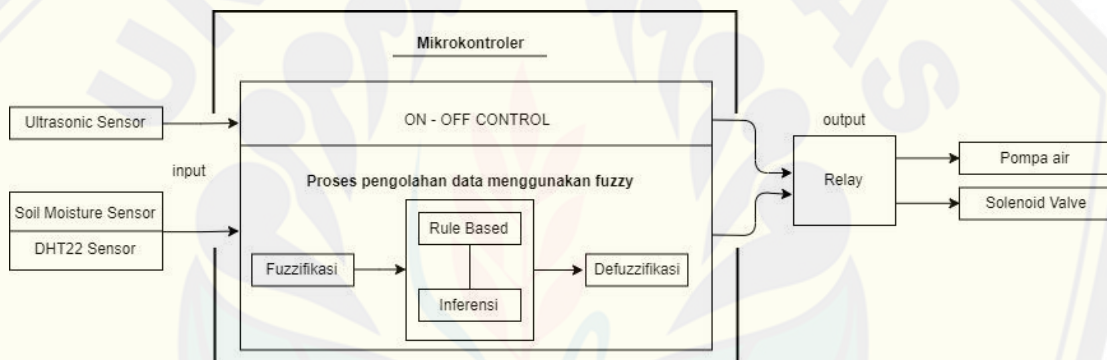
Gambar 3.4. Pemasangan Prototipe Sistem

Keterangan :

1. Mikrokontroler
2. Pot
3. Tanaman cabai
4. Solenoid valve
5. Timba penampungan air
6. Timba simulasi sumber air
7. Sensor ultrasonik
8. Sensor DHT22
9. Sensor soil moisture
10. Selang irigasi tetes

3.9 Implementasi model Fuzzy pada Sistem Pengaturan Irigasi Tetes menggunakan Mikrokontroler

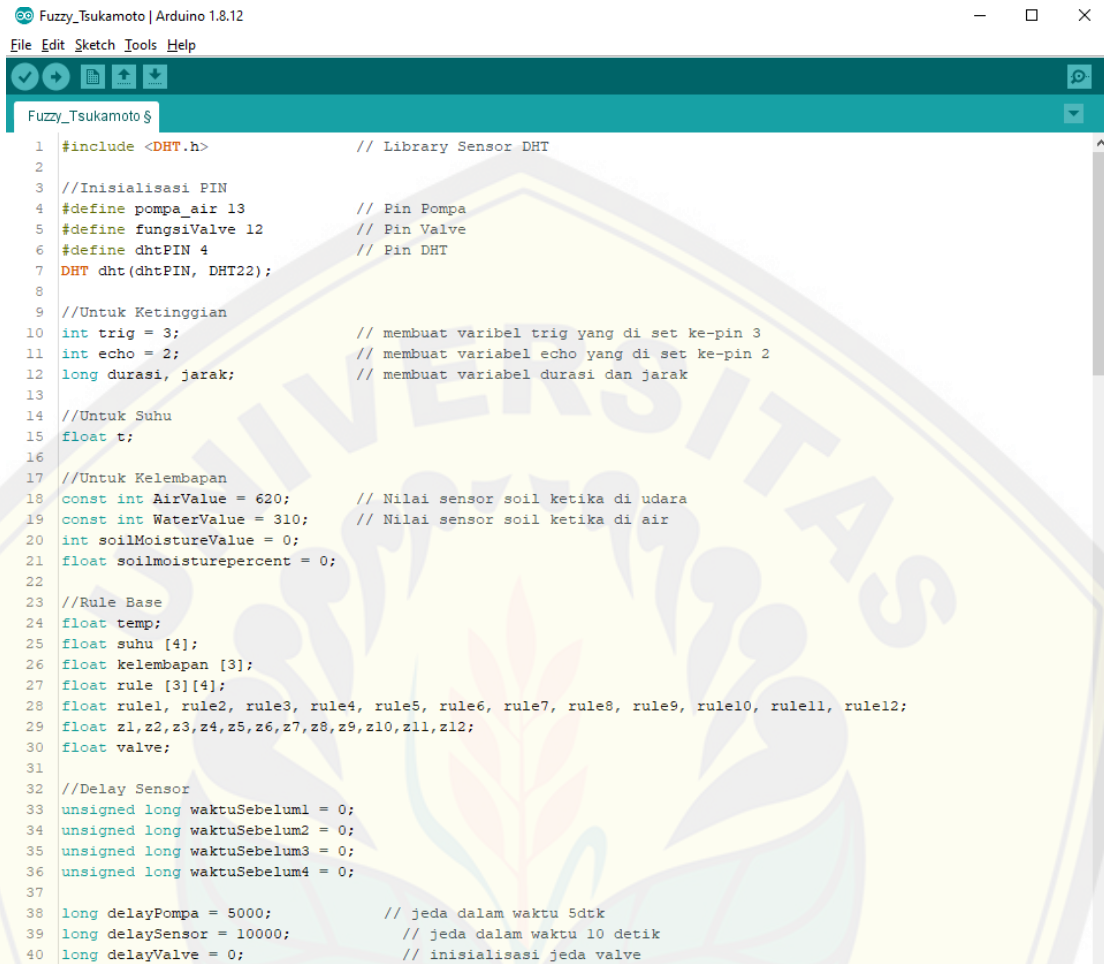
Tahap ini merupakan proses pembuatan sebuah model dari sistem. Tujuannya digunakan untuk menganalisa dan memberikan suatu prediksi yang dapat mendekati kenyataan sebelum menerapkan kedalam sistem. Pemodelan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sistem Inferensi Fuzzy model tsukamoto. Terdapat tiga tahapan secara umum dalam menerapkan Sistem Inferensi Fuzzy model tsukamoto, yaitu Fuzzifikasi, Inferensi dan Defuzzifikasi. Tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Gambaran Sistem

3.9.1. Mendefinisikan Variabel pada Kode Program

Variable didefinisikan sebelum membuat program yang digunakan untuk menampung data di memori yang memiliki nilai berubah-ubah selama proses program berjalan. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.6.



```
1 #include <DHT.h> // Library Sensor DHT
2
3 //Inisialisasi PIN
4 #define pompa_air 13 // Pin Pompa
5 #define fungsiValve 12 // Pin Valve
6 #define dhtPIN 4 // Pin DHT
7 DHT dht(dhtPIN, DHT22);
8
9 //Untuk Ketinggian
10 int trig = 3; // membuat variabel trig yang di set ke-pin 3
11 int echo = 2; // membuat variabel echo yang di set ke-pin 2
12 long durasi, jarak; // membuat variabel durasi dan jarak
13
14 //Untuk Suhu
15 float t;
16
17 //Untuk Kelembapan
18 const int AirValue = 620; // Nilai sensor soil ketika di udara
19 const int WaterValue = 310; // Nilai sensor soil ketika di air
20 int soilMoistureValue = 0;
21 float soilmoisturepercent = 0;
22
23 //Rule Base
24 float temp;
25 float suhu [4];
26 float kelembapan [3];
27 float rule [3][4];
28 float rule1, rule2, rule3, rule4, rule5, rule6, rule7, rule8, rule9, rule10, rule11, rule12;
29 float z1, z2, z3, z4, z5, z6, z7, z8, z9, z10, z11, z12;
30 float valve;
31
32 //Delay Sensor
33 unsigned long waktuSebelum1 = 0;
34 unsigned long waktuSebelum2 = 0;
35 unsigned long waktuSebelum3 = 0;
36 unsigned long waktuSebelum4 = 0;
37
38 long delayPompa = 5000; // jeda dalam waktu 5dtk
39 long delaySensor = 10000; // jeda dalam waktu 10 detik
40 long delayValve = 0; // inisialisasi jeda valve
```

Gambar 3.6. Variabel Kode Program

3.9.2. Membuat Fungsi untuk Menjalankan Program

Membuat fungsi void setup() dan void loop(). Fungsi void setup() digunakan untuk menginisialisasi variable, mendeklarasikan pin yang digunakan, menggunakan library, dll. Fungsi void setup() hanya akan dijalankan sekali setiap Arduino dimulai. Sedangkan fungsi void loop() digunakan untuk mengeksekusi dan menjalankan program yang sudah dibuat. Fungsi void loop() dijalankan setelah fungsi void setup(). Fungsi void loop() akan dijalankan berulang kali oleh Arduino secara berkala. Kode program fungsi void setup() dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan kode program selengkapnya dapat dilihat di Lampiran 2 pada Gambar Lampiran 2.1.

```

42 void setup() {
43   Serial.begin(9600);           // digunakan untuk komunikasi Serial dengan komputer
44   pinMode(trig, OUTPUT);       // set pin menjadi OUTPUT
45   pinMode(pompa_air, OUTPUT);
46   pinMode(fungsiValve, OUTPUT);
47   pinMode(echo, INPUT);       // set pin echo menjadi INPUT
48   dht.begin();                 // mulai dht
49   digitalWrite(pompa_air, HIGH); // set dalam keadaan off
50   digitalWrite(fungsiValve, HIGH);
51   Serial.println("=====");
52   Serial.println("                KONDISI AWAL");
53   Serial.println("=====");
54   Serial.println("Pompa dan Valve Mati ");
55   sensor();
56 }

```

Gambar 3.7. Void setup()

3.9.3. Membuat Fungsi untuk Mendeteksi Ketinggian Air

Membuat fungsi void pompa() berisi kode program untuk mendeteksi jarak ketinggian air. Fungsi ini nantinya berisi perintah agar mikrokontroler dapat mengambil nilai yang telah didapatkan dari sensor. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.9.

```

121 void pompa() {
122   /* SENSOR ULTRASONIC HC-SR04
123    * program dibawah ini agar trigger memancarkan suara ultrasonic
124    * Berikut siklus trigPin atau echo pin yang digunakan
125    * untuk menentukan jarak objek terdekat dengan memantulkan gelombang suara dari itu. */
126   digitalWrite(trig, LOW);
127   delayMicroseconds(8);
128   digitalWrite(trig, HIGH);
129   delayMicroseconds(8);
130   digitalWrite(trig, LOW);
131   delayMicroseconds(8);
132
133   durasi = pulseIn(echo, HIGH); // menerima gelombang ultrasonic
134   jarak = (durasi / 2) / 29.1; // mengubah durasi menjadi jarak (cm)
135
136   Serial.println("=====");
137   Serial.print("Ketinggian air : "); // menampilkan ketinggian air pada Serial Monitor
138   Serial.print(jarak);
139   Serial.println(" cm ");
140
141   // Memberi aturan kapan pompa akan menyala
142   if (jarak <= 9){
143     digitalWrite(pompa_air, HIGH);
144     Serial.println("Ketinggian air saat ini cukup pompa akan dimatikan ");
145   }
146   else if (jarak >= 15){
147     digitalWrite(pompa_air, LOW);
148     Serial.println("Ketinggian air saat ini rendah pompa akan diaktifkan ");
149   }
150 }

```

Gambar 3.8. Void pompa()

3.9.4. Membuat Fungsi untuk Mengambil Data Suhu dan Kelembapan Tanah

Membuat fungsi void sensor() berisi kode program untuk mengambil data suhu dan kelembapan tanah. Fungsi ini nantinya berisi perintah agar mikrokontroler dapat

mengambil nilai yang telah didapatkan dari sensor. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.9.

```
152 void sensor() {
153 // SENSOR SOIL MOISTURE
154 soilMoistureValue = analogRead(A0); // put Sensor insert into soil
155 Serial.print("Kelembaban Tanah : ");
156 Serial.print(soilMoistureValue); // Menampilkan nilai sensor kelembapan
157 Serial.print(" atau ");
158 soilmoisturepercent = (float)map(soilMoistureValue, AirValue, WaterValue, 0, 100);
159 if(soilmoisturepercent > 100)
160 {
161 Serial.print("100 % ");
162 }
163 else if(soilmoisturepercent < 0)
164 {
165 Serial.print("0 % ");
166 }
167 else if(soilmoisturepercent > 0 && soilmoisturepercent < 100)
168 {
169 Serial.print(soilmoisturepercent); // Menampilkan nilai sensor kelembapan dalam persen
170 Serial.print(" % ");
171 }
172
173 // SENSOR DHT22
174 t = dht.readTemperature(); // Mengambil data suhu pada sensor dht
175 Serial.print("Temperature : ");
176 Serial.print(t);
177 Serial.println(" C ");
178 }
```

Gambar 3.9. Void sensor()

3.9.5. Membuat Fungsi untuk Proses Fuzzyfikasi

Membuat fungsi void FuzzyKelembapan() dan void FuzzySuhu() berisi kode program untuk proses fuzzyfikasi kelembapan dan suhu. Fungsi ini nantinya berisi perintah agar data yang telah diperoleh dari sensor akan diproses ke tahap selanjutnya yaitu tahap fuzzyfikasi. Kode program fuzzyfikasi kelembapan dapat dilihat pada Gambar 3.10 dan fuzzyfikasi suhu dapat dilihat di Lampiran 2 pada Gambar Lampiran 2.2.

```
180 //Proses Fuzzifikasi
181 void FuzzyKelembapan(){
182 // untuk kondisi kering
183 if (soilmoisturepercent <= 25)
184 { kelembapan [0] = 1;}
185 else if (soilmoisturepercent > 25 && soilmoisturepercent <= 40)
186 { kelembapan [0] = (40 - soilmoisturepercent)/(40 - 25); }
187 else
188 { kelembapan [0] = 0;}
189
190 // untuk kondisi lembap
191 if (soilmoisturepercent <= 25)
192 { kelembapan [1] = 0;}
193 else if (soilmoisturepercent > 25 && soilmoisturepercent <= 50)
194 { kelembapan [1] = (soilmoisturepercent - 25)/(50-25);}
195 else if (soilmoisturepercent > 50 && soilmoisturepercent <= 75)
196 { kelembapan [1] = (75-soilmoisturepercent)/(75 - 50);}
197 else
198 { kelembapan [1] = 0;}
199
200 // untuk kondisi basah
201 if (soilmoisturepercent <= 60)
202 { kelembapan [2] = 0;}
203 else if (soilmoisturepercent > 60 && soilmoisturepercent <= 75)
204 { kelembapan [2] = (soilmoisturepercent-60)/(75-60);}
205 else
206 { kelembapan [2] = 1;}
207
208 Serial.print("Kering :");
209 Serial.println(kelembapan[0]);
210 Serial.print("Lembap :");
211 Serial.println(kelembapan[1]);
212 Serial.print("Basah :");
213 Serial.println(kelembapan[2]);
214 }
```

Gambar 3.10. Void Fuzzy Kelembapan()

3.9.6. Membuat Fungsi untuk Aturan-Aturan Fuzzy

Membuat fungsi void RuleBase() berisi kode program untuk menentukan aturan-aturan fuzzy yang sudah ditentukan sebelumnya. Fungsi ini nantinya berisi perintah agar setelah proses fuzzyfikasi selesai nilai tersebut akan masuk ke aturan-aturan sesuai yang telah ditentukan dengan mengambil nilai minimum pada tiap-tiap nilai yang masuk. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.11.


```
263 //RuleBase
264 void RuleBase () {
265     int i, j;
266     int no = 1;
267     for ( i=0; i<=3; i=i+1)
268     {
269         for ( j=0; j<=2; j=j+1)
270         {
271             temp = min(suhu[i], kelembapan[j]);
272             rule [i][j] = temp;
273             Serial.print("Aturan ke-");
274             Serial.print(no++);
275             Serial.print(" : ");
276             Serial.println( rule [i][j]);
277         }
278     }
279     rule1 = rule [0][0]; // (dingin,kering = cepat)
280     rule2 = rule [0][1]; // (dingin,lembap = sangat cepat)
281     rule3 = rule [0][2]; // (dingin,basah = sangat cepat)
282
283     rule4 = rule [1][0]; // (hangat,kering = sedang)
284     rule5 = rule [1][1]; // (hangat,lembap = sedang)
285     rule6 = rule [1][2]; // (hangat,basah = sangat cepat)
286
287     rule7 = rule [2][0]; // (panas,kering = lama)
288     rule8 = rule [2][1]; // (panas,lembap = sedang)
289     rule9 = rule [2][2]; // (panas,basah= cepat)
290
291     rule10 = rule [3][0]; // (panas,kering = lama)
292     rule11 = rule [3][1]; // (panas,lembap = sedang)
293     rule12 = rule [3][2]; // (panas,basah= cepat)
294 }
```

Gambar 3.11. Void RuleBase()

3.9.7. Membuat Fungsi untuk Proses Inferensi Fuzzy Tsukamoto

Membuat fungsi void Inferensi() berisi kode program untuk melakukan proses inferensi Fuzzy dengan menggunakan metode tsukamoto. Proses ini dilakukan untuk pengecekan pada aturan masing-masing yang telah ditentukan sehingga menghasilkan keluaran fuzzy. Fungsi ini nantinya berisi perintah proses inferensi setelah tahap penentuan aturan-aturan Fuzzy. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.12 dan kode program selengkapnya dapat dilihat di Lampiran 2 pada Gambar Lampiran 2.3.

```
296 // Proses Inferensi Fuzzy Tsukamoto
297 void Inferensi() {
298     if (rule1 != 0){
299         z1 = (rule1*3)+3;
300         Serial.print("Defuz Rule 1 : ");
301         Serial.println(z1);
302     }
303     if (rule2 != 0){
304         z2 = (rule2*3)+0;
305         Serial.print("Defuz Rule 2 : ");
306         Serial.println(z2);
307     }
308     if (rule3 != 0){
309         z3 = (rule3*3)+0;
310         Serial.print("Defuz Rule 3 : ");
311         Serial.println(z3);
312     }
313     if (rule4 != 0){
314         z4 = (rule4*3)+6;
315         Serial.print("Defuz Rule 4 : ");
316         Serial.println(z4);
317     }
318     if (rule5 != 0){
319         z5 = (rule5*3)+6;
320         Serial.print("Defuz Rule 5 : ");
321         Serial.println(z5);
322     }
323     if (rule6 != 0){
324         z6 = (rule6*3)+0;
325         Serial.print("Defuz Rule 6 : ");
326         Serial.println(z6);
327     }
328     if (rule7 != 0){
329         z7 = (rule7*3)+9;
330         Serial.print("Defuz Rule 7 : ");
331         Serial.println(z7);
332     }
333     if (rule8 != 0){
334         z8 = (rule8*3)+6;
335         Serial.print("Defuz Rule 8 : ");
336         Serial.println(z8);
337     }
}
```

Gambar 3.12. Void Inferensi()

3.9.8. Membuat Fungsi untuk Proses Defuzzyfikasi Tsukamoto

Membuat fungsi void Defuzzyfikasi() berisi kode program untuk melakukan proses defuzzyfikasi dengan menggunakan metode tsukamoto. Tahap ini adalah tahap terakhir dalam Fuzzy. Proses ini dilakukan agar keluaran fuzzy diubah menjadi nilai crisp berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Fungsi ini nantinya berisi perintah proses defuzzyfikasi tsukamoto. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.13.

```
360 // Proses Defuzzyfikasi Tsukamoto
361 void Defuzzyfikasi() {
362     valve = ((rule1*z1) + (rule2*z2) + (rule3*z3) + (rule4*z4) + (rule5*z5) + (rule6*z6)
363             + (rule7*z7) + (rule8*z8) + (rule9*z9) + (rule10*z10) + (rule11*z11) + (rule12*z12)) /
364             (rule1+rule2+rule3+rule4+rule5+rule6+rule7+rule8+rule9+rule10+rule11+rule12);
365     delayValve = (valve*60000);
366
367     if (valve >= 0.00 && valve <= 3.00){
368         Serial.print("Defuzzyfikasi : ");
369         Serial.print(valve);
370         Serial.println(" menit adalah Sangat Cepat");
371     }
372     else if (valve > 3.00 && valve <= 6.00){
373         Serial.print("Defuzzyfikasi : ");
374         Serial.print(valve);
375         Serial.println(" menit adalah Cepat");
376     }
377     else if (valve > 6.00 && valve <= 9.00){
378         Serial.print("Defuzzyfikasi : ");
379         Serial.print(valve);
380         Serial.println(" menit adalah Sedang");
381     }
382     else if (valve > 9.00 && valve <= 12.00){
383         Serial.print("Defuzzyfikasi : ");
384         Serial.print(valve);
385         Serial.println(" menit adalah Lama");
386     }
387     Serial.print("Lama Valve Menyala adalah ");
388     Serial.print(delayValve);
389     Serial.println(" detik");
390 }
```

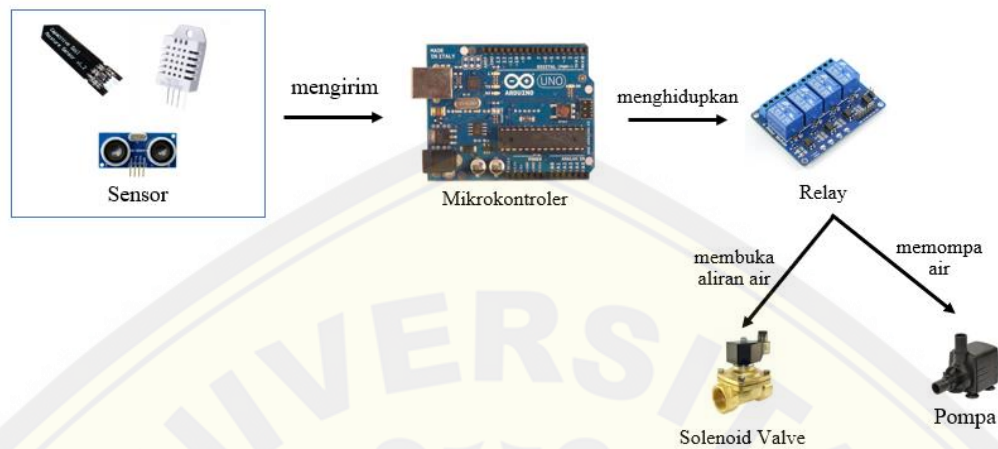
Gambar 3.13. Void Defuzzyfikasi()

3.10 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan sistem mampu berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian sistem akan dilakukan dengan menggunakan pengujian *black box*. Pengujian *black box* merupakan uji fungsionalitas sistem apakah sudah cukup atau masih ada kekurangan. Pengujian dengan menggunakan metode tersebut diharapkan dapat membantu untuk memberikan hasil yang baik.

3.11 Gambaran Sistem

Sistem ini merupakan sistem yang dapat menentukan berapa lama waktu penetasan air pada konsep irigasi yaitu pada jenis irigasi tetes yang diterapkan pada tanaman cabai, mengingat penggunaan air pada irigasi yang digunakan pada beberapa jenis tanaman yang berlebihan akan berdampak buruk pada tanaman, yaitu membusuknya akar mengakibatkan tanaman menjadi kurus dan kerdil, begitu juga sebaliknya jika penggunaan air pada tanaman kurang akan mengakibatkan tanaman menjadi layu dan lama kelamaan akan mati. Secara umum gambaran sistem dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.14. Diagram blok gambaran sistem

Diagram blok gambaran sistem (Gambar 3.14) menjelaskan bahwa data yang diproses di mikrokontroler adalah data yang dihasilkan dari sensor. Setelah sensor mengirim data ke mikrokontroler data akan diproses menggunakan metode fuzzy tsukamoto. Hasil dari proses fuzzy akan menghidupkan solenoid valve yang terhubung dengan relay. Sedangkan pompa yang terhubung dengan relay diproses oleh mikrokontroler tanpa menggunakan metode fuzzy, karena pompa hanya berfungsi sebagai pengisian air pada bak penampungan air.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini merupakan bagian akhir dari penulisan skripsi yang berisi tentang kesimpulan dan saran atas penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan dan saran yang diberikan dapat digunakan sebagai acuan pada penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Dalam penerapan metode sistem inferensi fuzzy model tsukamoto pada irigasi tetes, terdapat tiga langkah sebagai berikut:

Langkah pertama adalah mendefinisikan variabel. Terdapat dua variabel input, suhu dan kelembapan tanah dan variabel output berupa durasi penyiraman. Masing-masing memiliki himpunan fuzzy sebagai berikut: suhu memiliki empat himpunan fuzzy, yaitu Dingin, Normal, Hangat, dan Panas; kelembapan tanah memiliki tiga himpunan fuzzy, yaitu Kering, Lembap, dan Basah; durasi penyiraman memiliki empat himpunan fuzzy, yaitu Sangat Cepat, Cepat, Sedang, dan Lama. Dengan mengkombinasikan semua himpunan fuzzy, maka diperoleh duabelas aturan fuzzy. Langkah pertama ini bisa disebut dengan fuzzyfikasi. Setelah variabel didefinisikan, langkah kedua adalah mencari nilai keanggotaan (α) dan perkiraan durasi penyiraman (z) dari setiap aturan. Langkah ini disebut sebagai inferensi. Langkah terakhir adalah defuzzyfikasi, yaitu menentukan nilai output crisp berupa nilai durasi penyiraman (Z) dengan cara mengubah input menjadi suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy. Defuzzyfikasi yang digunakan pada metode tsukamoto adalah rata-rata terbobot.

2. Dalam menentukan lama penetes air pada irigasi tetes dengan menerapkan sistem inferensi fuzzy model tsukamoto untuk tanaman cabai dengan memperhatikan kondisi suhu dan kelembapan tanah. Dengan menggunakan sensor dapat mengetahui status suhu dan kelembapan tanah pada saat itu juga. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi suhu adalah sensor DHT22, sedangkan

sensor yang digunakan untuk mendeteksi kelembapan tanah adalah sensor soilmoisture. Sensor ini akan digunakan sebagai nilai input pada proses fuzzy tsukamoto saat tanaman cabai tidak dalam kondisi ideal. Nilai tersebut akan di proses sehingga menghasilkan sebuah keputusan berupa lama penetasan air pada irigasi tetes untuk tanaman cabai.

5.2 Saran

Saran yang dapat digunakan untuk pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan teknik clustering untuk penerapan prototipe pada pertanian yang memiliki banyak tanaman.
2. Menambahkan berbagai sensor dan dapat menambahkan sistem pengontrolan pemberian pupuk pada tanaman untuk memaksimalkan pemantauan kondisi tanaman dan menghasilkan kualitas yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, N. A. 2017. Alat Kontrol Suhu dan Kelembaban Otomatis pada Ruang Budidaya Jamur Tiram Berbasis ATmega32. *Skripsi*, Surabaya: Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Arduino, 2011. Datasheet Arduino UNO.
- Aribowo, D., Desmira, dan A. Maulana. 2016. Sistem Penghitung Jumlah Penumpang Bus Way Berbasis Mikrokontroler At89s51. *Jurnal Ilmiah SETRUM*.
- Dayona, I. 2014. Aplikasi Sensor Suhu Lm35dz Pada Penstabil Suhu Udara Kandang Kucing Berbasis Mikrokontroler Atmega8535. *Skripsi*, Palembang: Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Fusanto. T, 2014. Irigasi Tetes Pada Budidaya Tanaman Cabai. *Skripsi*, Jambi : Fakultas Pertanian Universitas Batanghari
- Hanafi. 2017. Konsep Penelitian R&D dalam Bidang Pendidikan. *Jurnal Kajian Keislaman 4*.
- Hansen, V. E., W. O. Israelen, dan G. E. Stringham. 1992. *Dasar-dasar dan Praktek Irigasi Edisi ke Empat. Terjemahan EP Tachyan dan Soetjipto*. Jakarta: Erlangga.
- Hasanuddin, R, S., Isnawaty, S. A. Rizal., Stiswaty. 2019. Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik secara Real Time menggunakan Metode Fuzzy Inference System Model Tsukamoto. *semanTIK*.
- Kusandriani, Y, dan A, Sumarna. 1993. Respon varietas cabai pada beberapa tingkat kelembaban tanah. *Bul.Penel.Hort.Vol. XXV. No. 1*. Bandung: Balai Penelitian Tanaman Sayuran.

- Kuslu, Y, U. Sahin, F. M. Kiziloglu, dan Selcuk Memis. 2014. Fruit Yield and Quality, and Irrigation Water Use Efficiency of Summer Squash Drip-Irrigated with Different Irrigation Quantities in a Semi-Arid Agricultural Area. *Journal of Integrative Agriculture* 2518-2526.
- Kusumadewi, S. 2003. *Artificial intelligence (teknik dan aplikasinya)*. Vol. 278. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S., dan H. Purnomo. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nasution, H. 2012. Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan. *Jurnal ELKHA* 4.
- Pradana, R., dan R. Irawati. 2016. Metode Fuzzy Logic Dalam Konsep Irigasi Air Dengan Mikrokontroler Arduino. *Jurnal TELEMATIKA MKOM* 8.
- Rizal, M. 2012. Rancang Bangun dan Uji Kinerja Sistem Kontrol Irigasi Tetes pada Tanaman Strawberry (*Fragaria vesca* L.). *Skripsi*, Makassar: Program Studi Keteknikan Pertanian Universitas Hasanuddin.
- Rismawan, E., S. Sri., T. Agus. 2012. Rancang Bangun Prototype Penjemur Pakaian Otomatis berbasis Mikrokontroler ATMEGA853. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*.
- Sofwan, A. 2005. Penerapan Fuzzy Logic pada Sistem Pengaturan Jumlah Air Berdasarkan Suhu dan Kelembaban. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2005 (SNATI 2005)*.
- Sumarna, A. 1998. *Irigasi Tetes pada Budidaya Cabai*. Bandung: Balai Penelitian Tanaman Sayuran.

Suprianto. 2015. Pengertian dan Prinsip Kerja Solenoid Valve.

<http://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-dan-prinsip-kerja-solenoid-valve/>.

[Diakses pada 17 Oktober 2019].

Suryatini, F., Maimunah, dan F. I. Fauzandi. 2019. Implementasi Sistem Kontrol Irigasi Tetes Menggunakan Konsep IoT Berbasis Logika Fuzzy Takagi-Sugeno. *Jurnal Teknologi Rekayasa* 4: 115-124.

Trimartanti, L. W. 2016. Penerapan Sistem Fuzzy Untuk Diagnosis Campuran Bahan Bakar Dan Udara Pada Mobil F15 Gurt. *Skripsi*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Matematika Universitas Negeri Yogyakarta.

Tuluk, E., I. Buyung, dan A. W. Soejono. 2012. Implementasi Alat Pengusir Hama Burung di Area Persawahan dengan Menggunakan Gelombang Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler ATMEGA168. *Jurnal Teknologi Informasi*.

Wang, W., Y. Cui, Y. Luo, Z. Li, dan J. Tan. 2017. Web-based decision support system for canal irrigation management. *Computers and Electronics in Agriculture*.

Wijaya, I. D., R. Ariyanto, dan N. Fitria. 2019. Implementasi Iot Pada Sistem Penyiraman Otomatis Tanaman Cabai Berbasis Raspberry Pi Dengan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Informatika Polinema* 5.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto-foto Hasil Penerapan Sistem



Gambar Lampiran 1.1. Tanaman Cabai Otomastis Hari ke-1



Gambar Lampiran 1.2. Tanaman Cabai Manual Hari ke-1



Gambar Lampiran 1.3. Tanaman Cabai Otomatis Hari ke-7



Gambar Lampiran 1.4. Tanaman Cabai Manual Hari ke-7

```
COM6
-----
08:40:08.059 ->
08:40:09.640 -> KONDISI ANAL
-----
08:40:09.675 ->
08:40:09.775 -> Pompa dan Valve Mati
08:40:09.810 -> Kelembaban Tanah : 432 atau 60.00 % Temperature : 30.50 C
08:40:09.843 ->
08:40:09.945 -> FUZZYFIKASI SUHU
-----
08:40:09.979 ->
08:40:10.083 -> Suhu Dingin :0.00
08:40:10.118 -> Suhu Normal :0.00
08:40:10.118 -> Suhu Hangat :0.90
08:40:10.152 -> Suhu Panas :0.10
08:40:10.152 ->
08:40:10.254 -> FUZZYFIKASI KELEMBAPAN
-----
08:40:10.318 ->
08:40:10.389 -> Kering :0.00
08:40:10.424 -> Lembap :0.60
08:40:10.424 -> Basah :0.00
08:40:10.424 ->
08:40:10.528 -> RULE BASE
-----
08:40:10.559 ->
08:40:10.663 -> Aturan ke-1 : 0.00
08:40:10.698 -> Aturan ke-2 : 0.00
08:40:10.698 -> Aturan ke-3 : 0.00
08:40:10.765 -> Aturan ke-4 : 0.00
08:40:10.765 -> Aturan ke-5 : 0.00
08:40:10.765 -> Aturan ke-6 : 0.00
08:40:10.796 -> Aturan ke-7 : 0.00
08:40:10.796 -> Aturan ke-8 : 0.60
08:40:10.831 -> Aturan ke-9 : 0.00
08:40:10.831 -> Aturan ke-10 : 0.00
08:40:10.866 -> Aturan ke-11 : 0.10
08:40:10.899 -> Aturan ke-12 : 0.00
08:40:10.899 ->
08:40:11.000 -> INFERENSI TSUKAMOTO
-----
08:40:11.034 ->
08:40:11.135 -> Defuz Rule 8 : 6.00
08:40:11.170 -> Defuz Rule 11 : 6.30
08:40:11.170 ->
08:40:11.274 -> DEFUZZYFIKASI
-----
08:40:11.308 ->
08:40:11.411 -> Defuzzyfikasi : 6.04 menit adalah Sedang
08:40:11.446 -> Lama Valve Menyala adalah 362571 detik
08:40:11.481 -> Suhu atau Kelembapan Tanah tidak Ideal
08:40:11.552 -> Valve akan diaktifkan
08:40:14.550 ->
08:40:14.652 -> Ketinggian air : 21 cm
08:40:14.652 -> Ketinggian air saat ini rendah pompa akan diaktifkan
08:40:15.557 ->
08:40:15.625 -> DATA SENSOR
-----
08:40:15.691 ->
08:40:19.794 -> Kelembaban Tanah : 446 atau 56.00 % Temperature : 30.50 C
08:40:19.829 ->
 Autoscroll  Show timestamp
```

Gambar Lampiran 1.5. Tampilan Sistem Melakukan Proses Fuzzy

Lampiran 2. Program Arduino Fuzzy Tsukamoto

```

58 void loop() {
59   unsigned long waktuSekarang1 = millis(); //counter waktu berjalan selama sistem dijalankan dalam 1 ms
60   unsigned long waktuSekarang2 = millis();
61   unsigned long waktuSekarang3 = millis();
62   unsigned long waktuSekarang4 = millis();
63
64   //Memanggil Fungsi untuk menampilkan ketinggian dan menyalakan pompa
65   if (waktuSekarang1 - waktuSebelum1 > delayPompa)
66   {
67     pompa();
68     waktuSebelum1 = millis();
69   }
70
71   //Penerapan Metode Fuzzy
72   if (t <= 26.00 || soilmoisturepercent >= 70.00){ // KONDISI IDEAL TANAMAN
73     if (waktuSekarang2 - waktuSebelum2 > delaySensor){
74       Serial.println("=====");
75       Serial.println("          DATA SENSOR");
76       Serial.println("=====");
77       sensor();
78       Serial.println("=====");
79       digitalWrite(fungsiValve, HIGH);
80       Serial.println("Suhu atau Kelembapan Tanah Sudah Ideal");
81       Serial.println("Valve akan dimatikan");
82       waktuSebelum2 = millis();
83     }
84   }else{
85     if (waktuSekarang3 - waktuSebelum3 > delaySensor){
86       Serial.println("=====");
87       Serial.println("          DATA SENSOR");
88       Serial.println("=====");
89       sensor();
90       waktuSebelum3 = millis();
91     }
92     if (waktuSekarang4 - waktuSebelum4 > delayValve){
93       Serial.println("=====");
94       Serial.println("          FUZZYFIKASI SUHU");
95       Serial.println("=====");
96       FuzzySuhu();
97       Serial.println("=====");
98       Serial.println("          FUZZYFIKASI KELEMBAPAN");
99       Serial.println("=====");
100      FuzzyKelembapan();
101      Serial.println("=====");
102      Serial.println("          RULE BASE");
103      Serial.println("=====");
104      RuleBase();
105      Serial.println("=====");
106      Serial.println("          INFERENSI TSUKAMOTO");
107      Serial.println("=====");
108      Inferensi();
109      Serial.println("=====");
110      Serial.println("          DEFUZZYFIKASI");
111      Serial.println("=====");
112      Defuzzyfikasi();
113      digitalWrite(fungsiValve, LOW);
114      Serial.println("Suhu atau Kelembapan Tanah tidak Ideal");
115      Serial.println("Valve akan diaktifkan ");
116      waktuSebelum4 = millis();
117    }
118  }
119 }

```

Gambar Lampiran 2.1. Void loop()

```

217 void FuzzySuhu(){
218 // untuk suhu dingin
219 if (t <= 20)
220 {suhu [0] = 1;}
221 else if (t > 20 && t <= 25)
222 {suhu [0] = (25 - t)/(25 - 20);}
223 else
224 {suhu [0] = 0;}
225
226 // untuk suhu normal
227 if (t <= 20)
228 {suhu [1] = 0;}
229 else if (t > 20 && t <= 25)
230 {suhu [1] = (t-20)/(25-20);}
231 else if (t > 25 && t <= 30)
232 {suhu [1] = (30-t)/(30 - 25);}
233 else
234 {suhu [1] = 0;}
235
236 // untuk suhu hangat
237 if (t <= 25)
238 {suhu [2] = 0;}
239 else if (t > 25 && t <= 30)
240 {suhu [2] = (t-25)/(30-25);}
241 else if (t > 30 && t <= 35)
242 {suhu [2] = (35-t)/(35 - 30);}
243 else
244 {suhu [2] = 0;}
245
246 // untuk suhu panas
247 if (t <= 30)
248 {suhu [3] = 0;}
249 else if (t > 30 && t <= 35)
250 {suhu [3] = (t-30)/(35-30);}
251 else
252 {suhu [3] = 1;}
253
254 Serial.print("Suhu Dingin :");
255 Serial.println(suhu[0]);
256 Serial.print("Suhu Normal :");
257 Serial.println(suhu[1]);
258 Serial.print("Suhu Hangat :");
259 Serial.println(suhu[2]);
260 Serial.print("Suhu Panas :");
261 Serial.println(suhu[3]);
262 }

```

Gambar Lampiran 2.2. Void FuzzySuhu()

```

338 if (rule9 != 0){
339 z9 = (rule9*3)+3;
340 Serial.print("Defuz Rule 9 : ");
341 Serial.println(z9);
342 }
343 if (rule10 != 0){
344 z10 = (rule10*3)+9;
345 Serial.print("Defuz Rule 10 : ");
346 Serial.println(z10);
347 }
348 if (rule11 != 0){
349 z11 = (rule11*3)+6;
350 Serial.print("Defuz Rule 11 : ");
351 Serial.println(z11);
352 }
353 if (rule12 != 0){
354 z12 = (rule12*3)+3;
355 Serial.print("Defuz Rule 12 : ");
356 Serial.println(z12);
357 }
358 }

```

Gambar Lampiran 2.3. Void Inferensi()