

***SMART GREENHOUSE DENGAN METODE FUZZY MAMDANI BERBASIS  
INTERNET OF THINGS***

**SKRIPSI**

**Oleh:  
AFRIJAL RIZQI RAMADAN  
NIM. 17650004**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2021**

***SMART GREENHOUSE DENGAN METODE FUZZY MAMDANI  
BERBASIS INTERNET OF THINGS***

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:  
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Oleh:  
AFRIJAL RIZQI RAMADAN  
NIM. 17650004**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2021**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

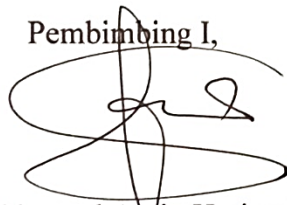
***SMART GREENHOUSE DENGAN METODE FUZZY MAMDANI  
BERBASIS INTERNET OF THINGS***

**SKRIPSI**

**Oleh:  
AFRIJAL RIZQI RAMADAN  
NIM. 17650004**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal: 26 November 2021

Pembimbing I,



Dr. Ir. Mokhamad Amin Hariyadi, M.T  
NIP. 19670018 200501 1 001

Pembimbing II,



Ajib Hanani, M.T  
NIDT. 19840731 20160801 1 076

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT  
NIP. 19771020 200912 1 001

## LEMBAR PENGESAHAN

### ***SMART GREENHOUSE DENGAN METODE FUZZY MAMDANI BERBASIS INTERNET OF THINGS***

#### SKRIPSI

Oleh:  
**AFRIJAL RIZQI RAMADAN**  
NIM. 17650004

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji  
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)  
Tanggal: 26 November 2021

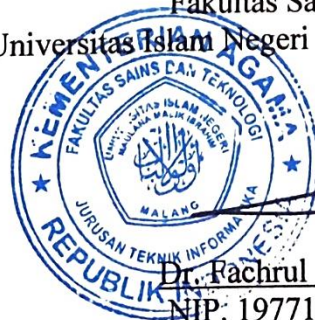
#### Susunan Dewan Penguji

Pengujil : Juniardi Nur Fadilah, M.T  
NIP. 19920605 201903 1 015  
Penguji II : Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom  
NIP. 19831213 201903 1 004  
Pembimbing I : Dr. Ir. Mokhamad Amin Hariyadi, M.T  
NIP. 19670018 200501 1 001  
Pembimbing II : Ajib Hanani, M.T  
NIDT. 19840731 20160801 1 076

#### Tanda Tangan

()  
()  
()  
()

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



  
Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT  
NIP. 19771020 200912 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Afrijal Rizqi Ramadan

NIM : 17650004

Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Skripsi : *Smart Greenhouse dengan Metode Fuzzy Mamdani  
Berbasis Internet of Things*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 12 November 2021

Yang membuat pernyataan,



Afrijal Rizqi Ramadan

NIM. 17650004

## HALAMAN MOTTO

“Semua diniatkan untuk membahagiakan Rasulullah”

ﷺ

## HALAMAN PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT  
Shalawat serta salam kepada Rasulullah SAW

Dengan segenap hati, penulis mempersembahkan sebuah karya ini kepada:

Kedua orang tua penulis tercinta, Bapak M Tohir dan Ibu Siti Cholidah serta keluarga dirumah yang selalu membimbing penulis, memberikan do'a, dukungan, serta motivasi yang tidak terhingga.

Dosen pembimbing Dr. Ir. Mokhamad Amin Hariyadi dan Ajib Hanani, M.T yang telah membimbing penelitian ini dengan memberikan banyak pengarahan dan pengalaman yang berharga.

Juniardi Nur Fadilah, M.T dan Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom, selaku Dosen Penguji yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis sehingga tercapai hasil skripsi yang lebih baik.

Segenap sivitas akademika Jurusan Teknik Informatika, terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.

Keluarga besar Pondok Pesantren Negeri Akhirat yang selalu mendukung dan memberikan ilmunya yang bermanfaat.

Keluarga Komunitas ONTAKI (Otomasi dan Robotika UIN Malang) yang telah menjadi keluarga untuk berbagi ilmu dan melakukan riset.

Saudara UNOCORE (Angkatan 2017) yang menjadi teman diskusi dalam menuntut ilmu

Penulis ucapkan *“jazakumullah khairan katsiiraa”*. Semoga ukhuwah tetap terjaga dan selalu diridhoi Allah SWT. Aamiin Ya Rabbal ‘Alamiin.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Syukur Alhamdulillah penulis hanturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus menyelesaikan Skripsi yang berjudul “*Smart Greenhouse dengan Metode Fuzzy Mamdani Berbasis Internet of Things*” ini dengan lancar dan baik. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik begitu juga keluarga, para sahabat dan para pengikutnya seluruh umat Islam.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan jazakumullah ahsanal jaza' kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA, selaku rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Ir. Mokhammad Amin Hariyadi dan Ajib Hanani, M.T selaku dosen pembimbing Skripsi, yang telah banyak memberikan pengarahan dan pengalaman yang berharga.

5. Juniardi Nur Fadilah, M.T dan Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom, selaku Dosen Penguji yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis sehingga tercapai hasil skripsi yang lebih baik.
6. Prof. Dr. Suhartono, selaku Dosen Wali yang senantiasa memberikan banyak motivasi dan saran.
7. Segenap sivitas akademika Jurusan Teknik Informatika, terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
8. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan doa dan restunya kepada penulis dalam menuntut ilmu.
9. Anggota keluarga dan kerabat yang selalu memberikan do'a dan semangat kepada penulis.
10. Keluarga besar Pondok Pesantren Negeri Akhirat yang selalu mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
11. Saudara UNOCORE (Angkatan 2017) yang menjadi teman diskusi dalam menuntut ilmu.
12. Keluarga Komunitas ONTAKI (Otomasi dan Robotika UIN Malang) yang telah menjadi keluarga untuk saling berbagi ilmu dan melakukan riset.
13. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini baik berupa materiil maupun moril yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu tanpa mengurasi rasa hormat dan terimakasih.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga Skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. Aamiin Ya Rabbal 'Alamin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 1 November 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	iv
HALAMAN MOTTO .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
ABSTRAK .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
المخلص .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terkait .....	7
2.2 Landasan Teori .....	9
2.2.1 <i>Greenhouse</i> .....	9
2.2.2 Tanaman Cabai Rawit.....	10

2.2.3	<i>Internet of Things</i> .....	11
2.2.4	Logika <i>Fuzzy</i> .....	12
2.2.5	<i>Fuzzy Mamdani</i> .....	13
BAB III KONSEP RANCANGAN .....		16
3.1	Desain Sistem .....	16
3.1.1	Pengumpulan Data .....	17
3.1.2	Sistem <i>Hardware</i> .....	20
3.1.3	Kebutuhan <i>Software</i> .....	22
3.1.4	Perancangan Logika <i>Fuzzy</i> .....	22
3.2	Perancangan <i>Greenhouse</i> .....	30
3.3	Desain Jaringan .....	30
3.4	Prosedur Pelaksanaan Penelitian .....	31
3.4.1	Pengambilan Data .....	31
3.4.2	Rencana Pengujian Sistem .....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		34
4.1	Hasil Pengujian.....	34
4.1.1	Pengujian Sensor .....	34
4.1.2	Pengujian <i>Fuzzy Mamdani</i> .....	42
4.1.3	Pengujian Otomatisasi Aktuator .....	46
4.2	Pembahasan .....	49
4.2.1	<i>Greenhouse</i> .....	49
4.2.2	Sistem <i>Hardware</i> .....	52
4.2.3	Sistem <i>Software</i> .....	53
4.2.4	Perkembangan Tanaman Cabai.....	57
4.3	Integrasi Islam .....	57

BAB V PENUTUP.....	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA .....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh <i>Greenhouse</i> .....	10
Gambar 2. 2 Tanaman Cabai Rawit .....	11
Gambar 3. 1 Desain Sistem .....	16
Gambar 3. 2 Peletakan Sensor JSN-SR04T .....	18
Gambar 3. 3 Rangkaian Komponen .....	21
Gambar 3. 4 Alur Proses Logika <i>Fuzzy</i> .....	22
Gambar 3. 5 Anggota Fungsi Suhu Udara .....	24
Gambar 3. 6 Anggota Fungsi Kelembapan Udara .....	25
Gambar 3. 7 Anggota Fungsi Kelembapan Tanah .....	26
Gambar 3. 8 Anggota Fungsi Waktu Penyiraman .....	27
Gambar 3. 9 Anggota Fungsi Waktu Pengkabutan .....	27
Gambar 3. 10 Desain Tampilan Awal Aplikasi Android .....	29
Gambar 3. 11 Perancangan <i>Greenhouse</i> .....	30
Gambar 3. 12 Perancangan Desain Jaringan .....	31
Gambar 3. 13 Alat untuk mengukur suhu dan kelembapan udara .....	32
Gambar 3. 14 Alat untuk mengukur kelembapan tanah .....	32
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian Sensor Suhu .....	35
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Udara .....	37
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Tanah .....	39
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengujian Sensor Ketinggian Air .....	41
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Perhitungan <i>Fuzzy</i> Penyiraman .....	43
Gambar 4. 6 Grafik <i>Error Fuzzy</i> Penyiraman .....	44
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Perhitungan <i>Fuzzy</i> Pengkabutan .....	45
Gambar 4. 8 Grafik <i>Error Fuzzy</i> Pengkabutan .....	45
Gambar 4. 9 Grafik Hasil Pengujian Aktuator Penyiraman .....	47
Gambar 4. 10 Grafik Hasil Pengujian Aktuator Pengkabutan .....	48
Gambar 4. 11 Tanaman Cabai Pada <i>Greenhouse</i> .....	50
Gambar 4. 12 Penempatan <i>Hardware</i> pada <i>greenhouse</i> .....	50

Gambar 4. 13 Instalasi Pengkabutan Otomatis .....	51
Gambar 4. 14 Instalasi Penyiraman Otomatis.....	51
Gambar 4. 15 Rangkaian Komponen <i>Hardware</i> .....	52
Gambar 4. 16 Halaman Awal Aplikasi .....	54
Gambar 4. 17 Halaman Statistik Kelembapan Udara dan Metode <i>Fuzzy</i> .....	55
Gambar 4. 18 Halaman Pengaturan Aplikasi.....	56
Gambar 4. 19 Perkembangan Tanaman Cabai.....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Informasi Nama dan Nilai Keanggotaan Suhu Udara.....	24
Tabel 3. 2 Informasi Nama dan Nilai Keanggotaan Kelembapan Udara.....	25
Tabel 3. 3 Informasi Nama dan Nilai Keanggotaan Kelembapan Tanah .....	26
Tabel 3. 4 Aturan-aturan <i>Fuzzy</i> .....	28
Tabel 4. 1 Perbandingan Nilai Sensor DHT22 dan <i>Thermometer</i> HTC-2.....	34
Tabel 4. 2 Perbandingan Nilai Sensor dan <i>Hygrometer</i> HTC-2 .....	36
Tabel 4. 3 Perbandingan Nilai Sensor dan <i>Thermometer</i> .....	38
Tabel 4. 4 Pengujian Sensor JSN-SR04T .....	41
Tabel 4. 5 Perbandingan Pengujian Logika <i>Fuzzy</i> Penyiraman.....	43
Tabel 4. 6 Perbandingan Pengujian Logika <i>Fuzzy</i> Pengkabutan .....	44
Tabel 4. 7 Hasil Perbandingan Pengujian Aktuator Penyiraman.....	47
Tabel 4. 8 Perbandingan Pengujian Otomatisasi Aktuator Pengkabutan.....	48

## ABSTRAK

Ramadan, Afrijal Rizqi. 2021 *Smart Greenhouse dengan Metode Fuzzy Mamdani Berbasis Internet of Things*. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Ir. Mokhammad Amin Hariyadi, M.T (II) Ajib Hanani, M.T.

---

Kata Kunci: *Smart Greenhouse*, Tanaman Cabai, *Fuzzy Mamdani*, *Internet of Things*

Sektor pertanian rentan sekali akan terjadinya kegagalan panen yang disebabkan oleh perubahan iklim. Teknologi *greenhouse* menjadi solusi alternatif dalam mengendalikan kondisi lingkungan pada tanaman. Dalam pemeliharaan *greenhouse* terdapat beberapa hal yang biasa dilakukan pengecekan secara manual diantaranya suhu, penyiraman, intensitas cahaya, kelembapan udara dan tanah, dan kadar pH tanah yang menjadi faktor pendukung bagi pertumbuhan tanaman. Adanya sistem pertanian dengan lingkungan yang terkontrol dapat meningkatkan kualitas maupun kuantitas. Solusi sistem monitoring dan kontrol otomatis dengan basis *Internet of Things* dapat memudahkan pekerjaan petani dengan menggunakan aplikasi android untuk mengontrol pertanian. Perhitungan metode *fuzzy mamdani* digunakan untuk menentukan kebutuhan pengairan dan pengkabutan tanaman *greenhouse*. Parameter yang digunakan untuk masukan yaitu suhu dan kelembapan udara dan kelembapan tanah. Pemilihan metode *fuzzy mamdani* dikarenakan jenis *fuzzy* ini memiliki struktur yang sederhana dan memiliki tingkat akurasi yang lebih baik. Dari hasil penelitian yang dilakukan, sistem berhasil berjalan dengan baik sesuai dengan rancangan penelitian dan memenuhi tujuan dari pembangunan *smart greenhouse*. Sistem monitoring dan kontrol otomatis dilakukan melalui aplikasi android. Hasil pembacaan sensor pada penelitian diuji untuk mengetahui kinerja dari sensor dengan mencari nilai rata-rata *error*. Terdapat 4 parameter yang digunakan dalam penelitian yaitu suhu didapatkan *error* sebesar 1,47%, kelembapan udara didapatkan *error* 6,1%, kelembapan tanah didapatkan *error* sebesar 2,8%, dan sensor ketinggian air didapatkan *error* 0,9%. Hasil pengujian dari perhitungan metode *fuzzy mamdani* didapatkan hasil persentasi keberhasilan yaitu 99,95% dan pada *fuzzy sugeno* yaitu 67,98% sedangkan pada otomatisasi aktuator yaitu 93,21%.

## ABSTRACT

Ramadan, Afrijal Rizqi. 2021 **Smart Greenhouse with Fuzzy Mamdani Method Based on Internet of Things**. Thesis. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Supervisor: (I) Dr. Ir. Mokhammad Amin Hariyadi, MT (II) Ajib Hanani, MT

---

Keywords: Smart Greenhouse, Chili Plant, Fuzzy Mamdani, Internet of Things

The agricultural sector is very vulnerable to crop failure caused by climate change. Greenhouse technology is an alternative solution in controlling environmental conditions in plants. In greenhouse maintenance there are several things that are usually checked manually including temperature, watering, light intensity, air and soil humidity, and soil pH levels which are supporting factors for plant growth. The existence of an agricultural system with a controlled environment can improve both quality and quantity. An automated monitoring and control system solution based on the Internet of Things can facilitate the work of farmers by using an Android application to control agriculture. The calculation of the fuzzy mamdani method was used to determine the irrigation needs and misting of greenhouse plants. The parameters used for input were temperature and humidity of the air and soil moisture. The selection of the fuzzy mamdani method is because this type of fuzzy has a simple structure and has a better level of accuracy. From the results of the research conducted, the system was successful in running well in accordance with the research design and fulfilled the objectives of the smart greenhouse development. The automatic monitoring and control system was carried out through the Android application. The results of sensor readings in the study were tested to determine the performance of the sensor by finding the average error value. There were 4 parameters used in the study, namely temperature with an error of 1,47%, air humidity with an error of 6,1%, soil moisture with an error of 2,8%, and a water level sensor with an error of 0,9%. The test results from the calculation of the fuzzy mamdani method yielded the percentage of success that was 99,95%, and the fuzzy sugeno was 67,98%, while the actuator automation was 93,21%.

## المخلص

رمضان, أفريجال رزقي. ٢٠٢١ الدفيئة الزراعية الذكية بطريقة الضبابي الممداني على أساس إنترنت الأشياء. البحث. قسم الهندسة و المعلوماتية, كلية العلوم والتكنولوجيا, الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم بمالانج. المشرف:(١) الدكتور محمد أمين هريادي (٢) عجيب حناني الماجستير.

الكلمات الرئيسية: الدفيئة الزراعية الذكية, نبات الفلفل الحار, الضبابي الممداني, إنترنت الأشياء

كان القطاع الزراعي شديد التأثير بفشل الحصاد بسبب تغير المناخ. و يكون تكنولوجيا الدفيئة الزراعية حلا بديلا في التسلط على الأحوال البيئية للنباتات. و في صيانة هذه الدفيئة الزراعية هناك الفحوصات اليدوية العديدة التي تراعي عادة مثل فحص درجة الحرارة و الري و فحص كثافة الضوء و الرطوبة و الهواء و التربة و مستويات الأس الهيدروجيني للتربة التي تعد عوامل داعمة لنمو النباتات. و بوجود النظام الزراعي بالبيئة الخاضعة للسيطرة سيؤدي إلى تحسين جودته و كميته. فحل النظام المراقبة و التحكم الأوتوماتيكي القائم على إنترنت الأشياء سيسهلان عمل الفلاحين بإستخدام برنامج الذكري المظهر للسيطرة على الزراعة. و يُستخدم حساب طريقة الضبابي الممداني لتحديد إحتياجات النباتات للري و لإعطاء الضباب في الدفيئة الزراعية. فأما المعامل المستخدمة للإدخال هي درجة الحرارة و رطوبة الهواء و رطوبة التربة. ثم قد أختيرت طريقة الضبابي الممداني لأن لها هيكل بسيط و لها أحسن مستوى الدقة من الأخرى. و من البحث الذي تم إجراءه, نجح النظام في العمل بشكل جيد وفقا لتصميم البحث وحقق الأهداف من بناء الدفيئة الزراعية الذكية. و يقام حل النظام المراقبة و التحكم الأوتوماتيكي بإستخدام برنامج الذكري المظهر. و تختبر نتائج قراءة المستشعر في البحث لمعرفة أداء المستشعر من خلال إيجاد القيمة المتوسطة للخطأ. فهناك أربعة المتغيرات المستخدمة في البحث ألا و هي الخطأ في درجة الحرارة بنسبة ١,٤٧ % و خطأ رطوبة الهواء بنسبة ٦,١% و خطأ رطوبة التربة بنسبة ٢,٨% و خطأ مستشعر إستواء المياه بنسبة ٠,٩%. فمن هنا نجد أن نتيجة الإختبار بحساب الضبابي الممداني تصل نسبة نجاحها إلى ٩٩,٩٥ % بينما الضبابي السوغيو تصل إلى ٦٧,٩٨% و أتمتة المحرك تصل إلى ٩٣,٢١%.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Bidang pertanian menjadi sumber kekayaan agraris bagi Indonesia (Agustia dan Soufyan, 2019). Kekayaan agraris Indonesia dibuktikan dengan potensi sumber tanaman dan luas lahan pertanian yang besar. Kekayaan agraris Indonesia didukung dengan posisi Indonesia yang berada di daerah tropis sehingga terdapat banyak jenis tumbuhan dapat hidup dengan baik. Pertanian Indonesia memiliki luas tanah mencapai 76 juta hektar dan 89% berupa lahan kering (Adhiguna & Rejo, 2018). Permintaan pada komoditas hortikultura terutama sayuran terus meningkat seiring dengan kebutuhan dari peningkatan jumlah penduduk dan kesejahteraan. Komoditas hortikultura merupakan salah satu penyedia gizi yang dibutuhkan oleh manusia untuk beraktivitas berupa serat, vitamin, protein dan lain-lainnya (Sebayang, 2014). Tentunya untuk mengimbangi kebutuhan komoditas hortikultura harus dijaga dengan baik demi peningkatan produktivitas tanaman pangan untuk kebutuhan sehari – hari.

Sektor pertanian rentan sekali akan terjadinya kegagalan panen yang disebabkan oleh perubahan iklim. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ruminta, menyebutkan bahwa salah satu penyebab kegagalan panen adalah faktor perubahan iklim yang dapat mengakibatkan produksi pertanian menurun sehingga dibutuhkan solusi untuk mengatasi hal tersebut (Roem, 2016). Perubahan iklim merupakan hal yang tidak bisa dihindari dari adanya pemanasan global. Diantara

dampak yang terjadi yaitu kenaikan terjadinya cuaca ekstrem, perubahan dari pola hujan, serta adanya peningkatan suhu dan air laut. Perubahan iklim membuat para petani hortikultura banyak mengalami kerugian. Petani tidak dapat memprediksi cuaca ketika masa tanam sehingga petani kesulitan memilih tanaman yang cocok untuk ditanam sesuai dengan cuaca. Selain itu perubahan iklim mengakibatkan musim tanam dan panen tidak menentu sehingga tidak jarang mengalami kegagalan panen.

Teknologi *greenhouse* menjadi solusi alternatif dalam mengendalikan kondisi iklim mikro pada tanaman (Ridwan, 2011). *Greenhouse* yaitu kerangka bangunan yang tembus cahaya untuk budidaya tanaman. *Greenhouse* banyak dimanfaatkan untuk berbudidaya tanaman hortikultura seperti buah, sayur, maupun tanaman hias yang memiliki nilai ekonomis, seperti tanaman cabai. Tanaman cabai merupakan tanaman yang digemari oleh masyarakat Indonesia. Disamping itu tanaman ini memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Banyaknya permintaan cabai terhadap kebutuhan sehari-hari dan adanya iklim yang tidak menentu berakibat kegagalan panen sehingga menjadi salah satu penyebab fluktuasi harga yang tinggi di pasar. Pemanfaatan *greenhouse* dalam budidaya tanaman cabai menjadi alternatif untuk memberikan kondisi lingkungan yang lebih optimal bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman dan terlindung dari pengaruh luar dan meminimalisir kegagalan panen.

Dalam membudidayakan tanaman manusia sebagai khalifah sudah seharusnya untuk menjaga dan merawat lingkungan dan tumbuhan sekitar dengan baik. Pada Qs. al-A'raf ayat 58 Allah Swt. berfirman

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرِجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَالَّذِي خَبُثَ لَا يَخْرِجُ إِلَّا نَكِدًا كَذَلِكَ نُصَرِّفُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ

*“Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur”* (Qs. al-A'raf/7:58).

Dalam tafsir Al-Misbah, ayat diatas memiliki tafsir berikut “Tanah yang baik, tanamannya tumbuh subur dan hidup dengan izin Allah. Dan tanah yang tidak subur, tidak menghasilkan kecuali sedikit tanaman yang tidak berguna, bahkan menjadi penyebab kerugian pemiliknya”. Prof. Dr. Wahbah Az-Zuhaili dalam kitab tafsir Al-Wajiz menjelaskan “dan tanah yang baik” yakni materi dan strukturnya baik jika disiram. Secara umumnya tanaman membutuhkan media tanam berupa tanah yang subur. Tanah merupakan salah satu faktor lingkungan tanaman agar dapat tumbuh dengan baik. Dengan ayat tersebut dapat mengambil pelajaran bahwa dalam menanam perlu memperhatikan kondisi lingkungan yang bagus untuk mendapatkan tanaman yang bagus pula.

Menurut Pratigna dan Wartoyo (2009) untuk memperoleh hasil tanaman hortikultura yang optimal, maka perlu memperhatikan faktor dari lingkungan tumbuh tanaman. Dalam pemeliharaan *greenhouse* terdapat beberapa hal yang biasa dilakukan pengecekan secara manual diantaranya suhu, penyiraman, intensitas cahaya, kelembapan udara dan tanah, dan kadar pH tanah yang menjadi faktor pendukung bagi pertumbuhan tanaman. Adanya sistem pertanian dengan lingkungan yang terkontrol dapat meningkatkan kualitas maupun kuantitas. Pada umumnya petani menanam dengan cara konvensional tanpa adanya kontrol dan pengukuran sesuai dengan kebutuhan tanaman hanya mengandalkan faktor

kebiasaan. Hal tersebut menjadi masalah bagi petani karena harus terus mengecek beberapa parameter dan mengontrol kondisi lingkungan *greenhouse* diantaranya penyiraman agar sesuai dengan kebutuhan tanaman. Agar pekerjaan petani lebih efisien dan mudah maka diperlukan adanya dukungan teknologi.

Teknologi otomatisasi berbasis *Internet of Things* (IoT) merupakan salah satu produk perkembangan teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk membantu mengatasi permasalahan tersebut. Teknologi otomatisasi merupakan pemanfaatan teknologi yang dapat mengontrol suatu sistem agar dapat dijalankan otomatis, sedangkan IoT yaitu sebuah konsep dari pemanfaatan koneksi internet yang memungkinkan benda dapat saling terhubung. Kedua hal tersebut dimanfaatkan agar petani dengan mudah mengontrol penyiraman dan pengkabutan secara otomatis dan dapat memantau dimana saja dan kapan saja. Dalam melakukan penyiraman dan pengkabutan yang efektif membutuhkan metode agar sistem kendali dapat tercapai sesuai dengan yang direncanakan. Sistem kendali yang relatif baik dalam menghasilkan respon keluaran yaitu metode *fuzzy*.

Metode *fuzzy* umum digunakan oleh para peneliti karena mudah dipahami dan diterapkan dalam membantu pengambilan keputusan. Metode *fuzzy mamdani* memiliki toleransi yang dapat mengatasi kesalahan pada sistem sehingga sistem tetap berjalan sebagaimana mestinya. Metode ini pertama kali dikenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 untuk mengembangkan sistem kecerdasan dalam lingkungan yang tidak pasti. Logika *fuzzy* mampu memberikan hasil yang cukup sesuai meskipun terdapat ketidaktepatan dalam suatu keputusan (Meylani, Handayani, Ciksadan, 2017). Metode *fuzzy* yang digunakan dalam penelitian ini

yaitu *fuzzy mamdani*. Metode ini dipilih karena *fuzzy mamdani* memiliki struktur yang sederhana dan memiliki tingkat akurasi yang lebih baik (Bova, 2010).

Berdasarkan permasalahan tersebut maka penelitian yang dilakukan yaitu untuk membuat sistem pantau dan kontrol otomatis *greenhouse* untuk membantu petani dalam melakukan pengairan dan menjaga kelembapan ruangan. Tanaman yang digunakan pada penelitian yaitu tanaman cabai. Tanaman cabai memiliki permintaan pasar yang besar, nilai ekonomis yang tinggi dan perlu perawatan intensif dalam pertumbuhannya. Parameter yang dipantau antara lain kondisi pH tanah, suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, ketinggian air dan intensitas cahaya pada *greenhouse*. Parameter suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah dibaca oleh sensor kemudian data diolah menggunakan metode *fuzzy mamdani* untuk menghasilkan nilai *setpoint* berdasarkan parameter yang sesuai untuk penyiraman dan pengkabutan sesuai kebutuhan tanaman. Parameter suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah digunakan untuk menghidupkan penyiraman dan pengkabutan. Penelitian ini menggunakan aplikasi android untuk memantau dan mengontrol pertumbuhan tanaman pada *greenhouse*. Oleh karena itu judul penelitian yang diusulkan yaitu “*Smart Greenhouse* dengan Metode *fuzzy mamdani* Berbasis *Internet of Things*”.

## 1.2 Identifikasi masalah

Berapa tingkat akurasi dari sistem pengatur penyiraman dan pengkabutan menggunakan parameter suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah dengan metode *fuzzy mamdani* berbasis *Internet of Things*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Mengukur tingkat akurasi dari sistem pengatur penyiraman dan pengkabutan menggunakan parameter suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah dengan metode *fuzzy mamdani* berbasis *Internet of Things*.

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini diantaranya:

1. Menggunakan *greenhouse* dengan ukuran 4x2 meter dengan bentuk atap *lean-to*.
2. Menggunakan tanaman cabai rawit pada penelitian.
3. Menggunakan Android untuk memantau dan mengontrol secara *real-time*.
4. *Raspberry Pi B3+* digunakan sebagai *web server*, basis data, dan pengolah data.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari adanya penelitian ini yaitu dapat membantu para petani untuk memantau parameter yang dibutuhkan tanaman seperti suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, kadar pH, cahaya, penyiraman dan juga kontrol otomatis penyiraman dan pengkabutan tanaman *greenhouse* menggunakan aplikasi Android.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terkait**

Cabai merupakan komoditi sayur yang banyak dibutuhkan oleh masyarakat namun ada faktor-faktor yang menghambat peredaran volume cabai di pasar, diantaranya yaitu faktor cuaca yang menyebabkan gagal panen. Permasalahan tersebut membutuhkan alat pengendalian kondisi lingkungan *greenhouse* yang otomatis sehingga mempermudah dalam merawat tanaman (Minariyanto, 2020). Peneliti menggunakan prototipe *greenhouse* untuk mengambil data. Alat pengendali otomatis menggunakan sensor yang mengirim perintah ke Arduino dengan basis *Internet of Things*. Parameter yang diukur antara lain yaitu suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, kualitas udara, ketinggian air, hujan. Hasil pengujian dari alat ini yaitu dimana sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki rata-rata 2,05%, sensor suhu dan kelembapan DHT11 3,2%.

Pada era digitalisasi hampir semua peralatan memanfaatkan teknologi. Seperti pada pertanian yang memanfaatkan *Internet of Things* untuk memantau ekosistem pertanian. Sistem ini dirancang untuk mengetahui informasi parameter tanaman tomat seperti suhu, kelembapan, pH, serta penyiraman dan pemupukan secara otomatis yang dapat menjadi acuan bagi petani dalam pengambilan keputusan (Gunawan, 2019). Sensor yang digunakan yaitu diantaranya DHT11, YL-09, dan Sensor PH. Pengujian ditempatkan di dalam *greenhouse* selama 24 jam. Hasil dari pembacaan sensor dapat dilihat melalui *smartphone* yang dilengkapi

dengan aplikasi *Blynk*. Nilai rata-rata yang didapatkan dari kelembapan tanah dengan pembanding yaitu 1.19%, sensor pH 1.59%, sedangkan sensor suhu dan kelembapan 0.92%.

Rancang bangun *smart greenhouse* untuk budidaya tanaman cabai berupa pantauan terhadap suhu, kelembapan, dan keberadaan cahaya. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler. Aktuator yang digunakan yaitu kipas, pompa, lampu, dan pemanas. Penyiraman otomatis dilakukan secara rutin yaitu pompa akan hidup pada pukul 07.00 dan 16.00. Pengujian dari penelitian berjalan dengan baik dan sesuai dengan syarat parameter. Pertumbuhan tanaman di dalam *smart greenhouse* memiliki nilai keefektifan pertumbuhan sebesar 93,32% sedangkan yang diluarn memiliki nilai keefektifan pertumbuhan sebesar 80,19%. Dari nilai tersebut diketahui bahwa tanaman yang berada di dalam *smart greenhouse* memiliki pertumbuhan yang efektif lebih cepat (Firdhausi, 2018).

Penelitian dengan membuat *prototype greenhouse* yang dapat mengontrol suhu dan kelembapan secara otomatis sesuai dengan kebutuhan kondisi pada tanaman. Sistem bekerja sesuai dengan nilai yang sudah ditentukan. Sensor yang digunakan diantaranya yaitu sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara dan sensor YL-69 untuk membaca kelembapan tanah yang nantinya dapat mengontrol penyiraman tanah otomatis. Pengujian dilakukan menggunakan komputer dan mikrokontroler *Raspberry Pi* yang nantinya dapat dikontrol dengan telegram. Pada pengujian sistem berjalan dengan baik menggunakan kontrol telegram (Cobantoro, 2019).

Sistem *smart greenhouse* merupakan suatu sistem yang berfungsi mengukur parameter kebutuhan tanaman seperti suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, pH air dan penyiraman (Pamungkas, 2019). Modul *Wi-Fi NodeMCU ESP266* digunakan sebagai mikrokontroler. Penelitian *greenhouse* diambil di sekolah SMK Negeri 1 Pacet Cianjur yang mana sekolah tersebut memiliki potensi pertanian namun pengendaliannya dan pengawasannya masih dilakukan dengan cara manual. Data-data yang didapatkan dari sensor menuju mikrokontroler kemudian dikirim ke *thingspeak* sehingga dapat di akses melalui laptop maupun *smartphone*. Data sensor yang diambil yaitu selama 4 hari dari pagi sampai malam. Hasil dari data yang berhasil diambil kemudian dibandingkan dengan sensor yang biasa dipakai oleh pihak sekolah.

## **2.2 Landasan Teori**

Landasan teori merupakan pernyataan yang berisikan tentang teori-teori yang memberikan pemahaman dan konsep yang berhubungan dengan topik penelitian.

### **2.2.1 Greenhouse**

*Greenhouse* merupakan sebuah bangunan yang dirancang untuk tanaman yang dapat melindungi tanaman dari kondisi lingkungan yang tidak menentu dan meningkatkan kondisi pertumbuhan tanaman. Hal ini menjadikan tanaman yang berada di dalam *greenhouse* lebih baik daripada tanaman yang berada di tempat terbuka. *Greenhouse* memiliki stuktur atap dan dinding yang bersifat tembus cahaya dengan kerangka yang biasa digunakan yaitu besi, pipa, bambu atau kayu. *Greenhouse* memungkinkan keadaan lingkungan di dalamnya lebih mudah untuk

dipantau dan dikontrol. Adanya kemampuan otomatisasi dapat membantu dalam memantau dan mengontrol kondisi lingkungan yang diharapkan akan meningkatkan hasil pertanian. Ditinjau dari manfaatnya *greenhouse* memiliki beberapa jenis yaitu *greenhouse* sebagai sarana pembibitan tanaman, karantina tanaman, budidaya tanaman tertentu, agrowisata, agromart. Pada Gambar 2.1 merupakan contoh dari *greenhouse* dengan tipe atap *raised dome*.



Gambar 2. 1 Contoh *Greenhouse*

Sumber: <https://id-live-01.slatic.net/p/f0d41a805126539569dc71748fec6dff.jpg>

### 2.2.2 Tanaman Cabai Rawit

Cabai rawit dengan nama latin *Capsicum frutescens L* merupakan tanaman jenis perdu dari keluarga *solonaceae* yang dapat hidup 2-3 tahun dengan perawatan yang baik. Cabai rawit memiliki akar tunggang yang pada umumnya berada dekat dengan permukaan tanah. Tanaman ini sering dikonsumsi oleh masyarakat dan bernilai ekonomis tinggi. Kandungan dari cabai rawit yaitu antara lain lemak, protein, karbohidrat, kalsium, vitamin A, B1, B2, C, dan *lasparaginase* yang bermanfaat anti kanker (Agustina, 2002). Secara sistematika taksonomi cabe rawit diklasifikasikan sebagai berikut: Kingdom: *Plantae*, Divisi: *Spermatophyta*, Kelas:

*Dicotyledonae*, Ordo: *Solanales*, Famili: *Solanaceae*, Genus: *Capsicum*, Spesies: *Capsicum frutescens L* (Simpson, 2010).

Tanaman cabai rawit mempunyai batang yang tegak yang berwarna hijau saat muda dan kemudian berwarna hijau kecoklatan ketika memasuki usia tua. Bunga cabai memiliki dua kelamin atau disebut dengan *hermaprodit*, yaitu satu bunga namun terdapat kelamin betina dan kelamin jantan. Pada Gambar 2.2 menunjukkan tanaman cabai rawit yang sudah dewasa dan berbuah.



Gambar 2. 2 Tanaman Cabai Rawit

Sumber: <https://belajartani.com/wp-content/uploads/2018/07/jenis-cabai-rawir-cluster-berangkai.jpg>

### 2.2.3 *Internet of Things*

*Internet of Things* (IoT) yaitu suatu konsep dari adanya konektivitas internet yang terus tersambung. (Panduardi & Haq, 2016). IoT dapat digunakan sebagai alat pantau, kontrol dan otomatisasi untuk berbagai macam hal. Seperti namanya, IoT bergantung dengan adanya koneksi internet sebagai konektivitas antara perangkat maupun sensor yang saling berkomunikasi di *cloud*. Kepopuleran IoT yaitu berawal dari ide direktur eksekutif Auto ID Centre, MIT Kevin Aston tahun 1999 yang

menemukan mesin berbasis *Radio Frequency Identification* (RFID). Dengan adanya IoT pekerjaan yang dilakukan bisa menjadi lebih cepat, dan lebih mudah.

Adanya teknologi IoT dapat memungkinkan sekumpulan perangkat dikontrol dan dipantau dari jarak jauh dengan memanfaatkan internet. Pada umumnya cara kerja IoT yaitu data yang diambil oleh sensor akan di proses oleh mikrokontroler kemudian dikirim ke *cloud* untuk kemudian diolah dan melakukan aksi yang lain. Saat ini IoT digunakan di berbagai bidang diantaranya kesehatan, pemerintahan, lingkungan, pendidikan.

#### **2.2.4 Logika *Fuzzy***

Logika *fuzzy* adalah pengembangan dari logika *boolean* yang memiliki nilai keaburan atau ketidakjelasan. Pada logika *boolean* klasik hanya bisa menyatakan segala hal kedalam istilah *binary* 0 atau 1. Adanya logika *fuzzy* dapat memungkinkan nilai pada keanggotaan berada diantara 0 dan 1. Logika *fuzzy* dikembangkan oleh Lotfi A. Zadeh yaitu peneliti dari Universitas California di Berkeley yang berkebangsaan Iran (Syafitri, 2016). Logika *fuzzy* menerjemahkan besaran suatu nilai suatu bahasa linguistik seperti, besaran kelembapan pada tanah yang diekspreksikan dengan basah, sangat basah, kering, sangat kering. Beberapa alasan kenapa logika *fuzzy* sering dipakai diantaranya.

1. Konsep matematis sederhana sehingga memiliki fleksibilitas dan dapat mudah dimengerti.
2. Memiliki toleransi yang menangani kesalahan data-data yang salah
3. Dapat memodelkan fungsi *non-linear* yang kompleks (Kusumadewi & Purnomo, 2010).

Terdapat beberapa istilah yang penting untuk diketahui dalam penggunaan sistem *fuzzy*, yaitu:

1. Variabel *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* yaitu suatu variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: Kelembapan, Suhu, Cahaya.

2. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan yaitu suatu kelompok untuk mewakili keadaan yang ada pada sistem pada suatu variabel. Pada bagian ini terdapat suatu himpunan bentuk tegas atau himpunan *crisp*. Pada bagian ini biasa ditulis dengan  $A[x]$ , yaitu  $A$  bernilai 1 jika bagian anggota himpunan atau  $A$  bernilai 0 jika  $A$  bukan termasuk anggota himpunan.

3. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan yaitu nilai keseluruhan dalam suatu variabel *fuzzy* yang boleh beroperasi. Semesta pembicaraan merupakan suatu himpunan bilangan real yang bertambah secara terus menerus dari kiri ke kanan baik berupa bilangan positif maupun negatif yang tidak harus dibatasi batas atasnya

4. Domain Himpunan *Fuzzy*

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

### 2.2.5 *Fuzzy Mamdani*

Metode *fuzzy mamdani* merupakan salah satu metode dari logika *fuzzy* dikenal juga dengan metode *min - max*. Seperti halnya metode *fuzzy* metode ini digunakan untuk mendapatkan kesimpulan ataupun keputusan terbaik dari

permasalahan yang tidak pasti. Ebrahim Mamdani mengenalkan metode ini pada tahun 1975. Kelebihan dari metode ini yaitu lebih spesifik karena lebih memperhatikan kondisi yang akan terjadi pada setiap daerah *fuzzy*. Terdapat 4 tahapan untuk mendapatkan *output* yang diperlukan, diantaranya (Kusumadewi, 2002):

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Pembentukan Himpunan *fuzzy* atau *fuzzification* merupakan langkah pertama pada metode *fuzzy mamdani*. Variabel *input* diambil dan ditentukan berupa nilai *crisp* kemudian dikonversikan menjadi nilai *fuzzy*. Variabel *input* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan dan memberikan variabel linguistik.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Fungsi implikasi yaitu struktur logika yang terdiri dari sekumpulan premis dan satu konklusi. Untuk mendapatkan *output* yaitu dengan mengambil nilai *input* dan menerapkannya pada aturan *fuzzy* yang kemudian diimplikasikan dengan fungsi *min*.

3. Komposisi Aturan

Setelah proses aplikasi fungsi implikasi dilakukan, komposisi ditentukan pada setiap aturan dan metode *Max* yang digunakan dalam inferensi sistem *fuzzy*. Tujuannya yaitu menentukan inferensi dari hubungan antar aturan.

4. Penegasan (defuzzifikasi)

Tahap akhir dari metode *fuzzy* yaitu proses defuzzifikasi yang berguna menafsirkan nilai suatu anggota menjadi keputusan tertentu. Hal ini berarti mengembalikan nilai besaran *fuzzy* dan *output fuzzy* menjadi nilai *crisp*.

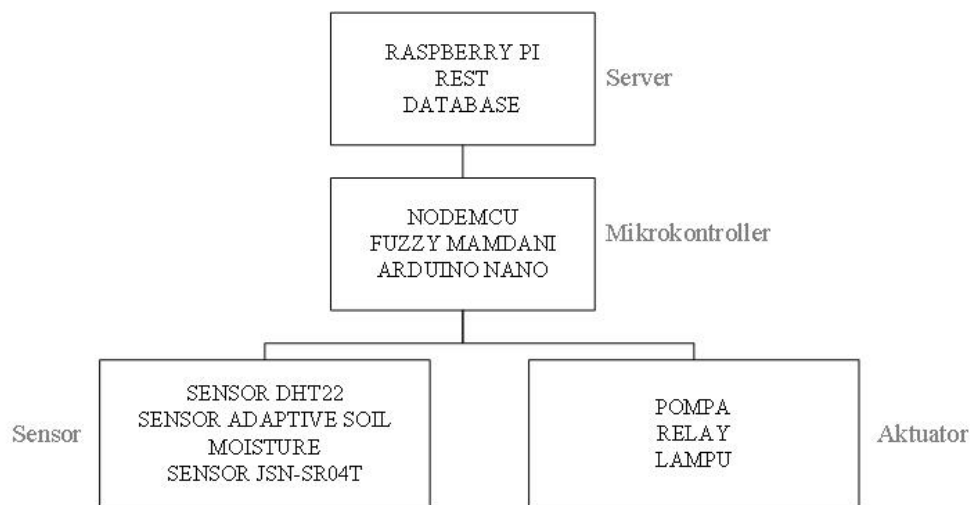
Masukan dari proses penegasan ini yaitu berasal dari komposisi aturan *fuzzy*, sedangkan untuk keluaran yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Salah satu metode dari defuzzifikasi yang sering digunakan dan diusulkan oleh banyak peneliti yaitu metode *centroid*.

## BAB III

### KONSEP RANCANGAN

#### 3.1 Desain Sistem

Pembuatan desain sistem ditujukan agar mudah dalam memahami alur dan cara kerja dari sistem yang dibuat.



Gambar 3. 1 Desain Sistem

Perancangan sistem dapat diketahui pada Gambar 3.1 bahwa terdapat beberapa perangkat yang terhubung. Arduino Nano membaca nilai dari beberapa sensor seperti sensor DHT22, sensor pH, sensor LDR, sensor *adaptive soil moisture*, sensor JSN-SR04T. Data dari sensor tersebut diteruskan ke NodeMCU melalui komunikasi serial untuk selanjutnya dikirimkan ke *server Raspberry* melalui jaringan *Wi-Fi*. Perhitungan metode *fuzzy mamdani* digunakan untuk menentukan kebutuhan pengairan dan pengkabutan tanaman *greenhouse*

menggunakan tiga masukan yaitu suhu dan kelembaban udara dan kelembaban tanah. Dan hasil nilai sensor akan ditampilkan pada LCD dan dikirim ke *server*.

### **3.1.1 Pengumpulan Data**

Sumber pengambilan data pada penelitian yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data yang didapat penulis dari pengukuran pada penelitian, sedangkan data sekunder didapat berdasarkan penelitian lain dan dari literatur artikel. Data primer diperoleh dari sensor untuk mencatat data-data yang digunakan pada penelitian. Data sekunder yaitu data kriteria tanaman cabe rawit yang didapatkan dari penelitian lain. Data yang diambil yaitu kriteria berdasarkan data sensor yang digunakan pada penelitian.

#### **3.1.1.1 Data Primer**

Terdapat beberapa data primer yang didapatkan yaitu dari sensor untuk mencatat nilai yang digunakan pada penelitian seperti suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, kadar pH, intensitas cahaya, dan ketinggian air pada tangki. Beberapa sensor yang disebutkan selanjutnya dilakukan kalibrasi agar sesuai dengan kenyataan dan mudah untuk dibaca.

##### **1. Sensor Ketinggian Air**

Pada penelitian ini sensor JSN-SR04T digunakan untuk mengetahui ketinggian air pada tangki. Sensor JSN-SR04T merupakan pengembangan dari seri ultrasonik yang memiliki jarak terjauh hingga 450cm. Sensor ini memiliki keunggulan kedap air daripada sensor ultrasonik dengan seri HC-SRF. Sensor ini memanfaatkan prinsip pantulan suara untuk mengukur suatu jarak. Sensor ping pada ultrasonik memancarkan gelombang dan menghasilkan pulsa. Pulsa

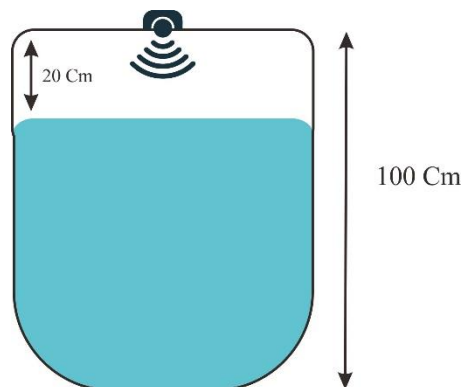
akan berhenti ketika sensor ping mendeteksi suara pantulan. Lebar pulsa tersebut merepresentasikan jarak dengan benda yang kemudian pada mikrokontroler dihitung kedalam satuan centimeter menggunakan rumus (3.1).

$$S = \frac{v \times t}{2} \quad (3.1)$$

$S$  = jarak ke objek

$t$  = waktu pengukuran / lebar pulsa

$v$  = cepat rambat suara (340 m/s)



Gambar 3. 2 Peletakan Sensor JSN-SR04T

Seperti pada Gambar 3.2 Sensor ultrasonik diletakkan di bagian atas tutup tangki. Tinggi air maksimal atau 100% mewakili 80 cm. Hal ini dikarenakan sensor JSN-SR04T memiliki *blind spot* sebesar 20 cm. Hasil pembacaan jarak ke objek guna mengetahui persentase air pada tangki berdasarkan ketinggian air yang terbaca oleh sensor ultrasonik dengan menggunakan rumus (3.2).

$$\text{Persentase} = \frac{\text{tinggi tangki} - \text{jarak sensor ultrasonik}}{\text{tinggi tangki}} \times 100\% \quad (3.2)$$

## 2. Pembacaan Kelembapan Tanah

Sensor *Capacity Soil Moisture* bekerja dengan memberikan besaran listrik kepada lempengan akibat adanya air. Hasil *output* yang diharapkan yaitu menghasilkan nilai persentase. Keterangan tersebut dapat diketahui dengan melakukan pembacaan di tempat basah dan kering kemudian merubah ke rentang nilai 1-100% menggunakan fungsi map pada arduino. Sensor ditempatkan didekat tanaman kurang lebih 5cm.

## 3. Pembacaan Sensor Suhu dan Kelembapan Udara.

Sensor DHT22 merupakan paket sensor yang digunakan untuk membaca besaran suhu dan kelembapan dari udara. Sensor ditempatkan dibagian tengah dalam *greenhouse*. Nilai yang dibaca untuk kelembapan udara berada di rentang nilai 1-100% dan pada pembacaan suhu yaitu 10-40 °C.

### 3.1.1.2 Data Sekunder

Objek penelitian ini menggunakan cabai rawit dikarenakan cabai rawit memiliki potensi besar untuk ditanam serta memiliki permintaan pasar dan nilai jual yang cukup tinggi. Harga jual cabai rawit mengalami fluktuatif hal ini dikarenakan beberapa faktor yaitu tingginya permintaan dan keadaan cuaca yang tidak menentu sehingga menimbulkan kegagalan panen. Dalam penelitian ini menggunakan cabai rawit siap tanam yang berusia 3-4 minggu. Pemilihan cabai rawit berusia 3-4 minggu dikarenakan pada usia ini, cabai rawit sedang dalam masa pertumbuhan yang pesat pada daun dan proses pembentungan bunga.

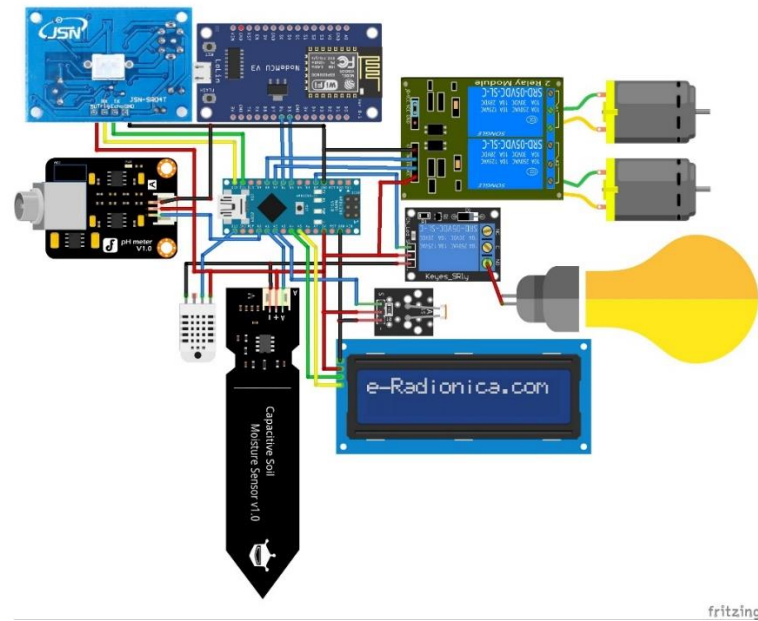
Penanaman cabai membutuhkan syarat – syarat tertentu agar pertumbuhan dapat berhasil, diantaranya yaitu (Yahwe, 2016).

1. Tanaman cabai dilakukan pada tanah yang gembur dengan pH kisaran 6,5-6,8
2. Air yang cukup diperlukan sebagai pelarut unsur hara. Porsi air yang diberikan tidak berlebih ataupun kurang. Air yang berlebihan dapat merangsang tumbuhnya penyakit jamur dan bakteri. Namun jika tanaman cabai kekurangan air, maka akan kurus, layu kemudian mati (Pratama, 2016).
3. Kelembaban tanah yang di perlukan tanaman cabai berkisar antara 50% sampai 70%.
4. Intensitas sinar matahari dibutuhkan tanaman cabai yang berkisar antara 10-12 jam per hari.
5. Suhu optimal pertumbuhan tanaman cabai yaitu 24°C- 28°C.

Pada penelitian akan berfokus untuk mengatur kelembapan tanah secara otomatis dengan menggunakan metode *fuzzy*.

### **3.1.2 Sistem *Hardware***

Desain komponen berperan sebagai *blueprint* yang dibutuhkan untuk mengetahui kebutuhan sistem. Pada Gambar 3.2 merupakan desain *wiring* (pengkabelan) yang dapat mempermudah visualisasi dalam perangkaian komponen.



Gambar 3. 3 Rangkaian Komponen

### 3.1.2.1 Raspberry Pi 3B+

*Raspberry Pi 3B+* merupakan pusat kontrol dari sistem. *Raspberry* menampung semua data yang dikirim dari *Arduino Nano*. *Raspberry* dihubungkan dengan jaringan *Wi-Fi* yang saling terhubung dengan aplikasi.

### 3.1.2.2 NodeMCU-ESP8266

NodeMCU berfungsi untuk mengirimkan data ke *Raspberry*. NodeMCU merupakan mikrokontroler yang sudah dilengkapi dengan fitur modul *Wi-Fi* yang nantinya saling terhubung antara *Raspberry* dengan sensor-sensor yang terangkai pada NodeMCU. Pada penggunaannya NodeMCU dapat menggunakan aplikasi *Arduino IDE* untuk pemrograman dengan menambahkan boardnya terlebih dahulu. Fungsi dari NodeMCU disini untuk meneruskan hasil pembacaan dari NodeMCU untuk dikirim ke *server Raspberry*.

### 3.1.2.3 Arduino Nano

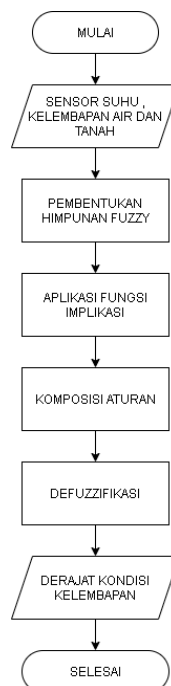
Arduino Nano memiliki peran sebagai mikrokontroler yang digunakan untuk melakukan pembacaan dari sensor, memberikan aksi kepada aktuator, dan melakukan perhitungan *fuzzy*. Arduino Nano memiliki ukuran yang kecil dan menggunakan IC Atmega38. Hasil pembacaan sensor pada Arduino Nano kemudian dikirim ke NodeMCU.

### 3.1.3 Kebutuhan Software

Sistem operasi yang digunakan pada *Raspberry* yaitu *Raspbian Operating System*. *Raspberry* dilengkapi dengan aplikasi pendukung diantaranya untuk *web server*.

### 3.1.4 Perancangan Logika Fuzzy

Proses perhitungan menggunakan metode *fuzzy mamdani* memiliki beberapa tahapan, berikut merupakan penjelasan dari alurnya.



Gambar 3. 4 Alur Proses Logika Fuzzy

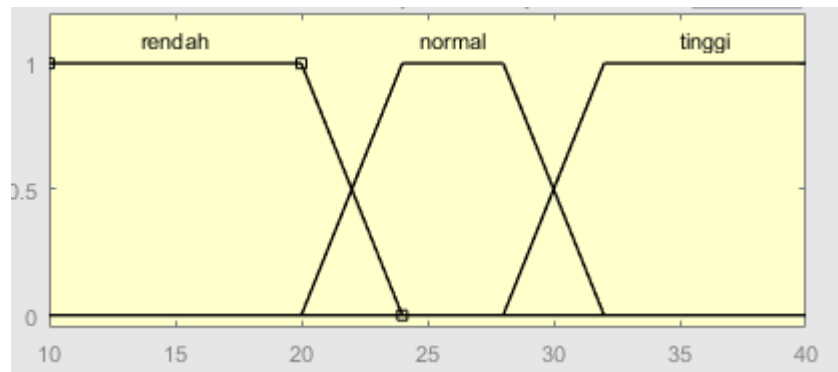
Kebutuhan penyiraman dan pengkabutan otomatis ditentukan dari hasil perhitungan *fuzzy mamdani*. Alur proses pada Gambar 3.4 diproses pada mikrokontroler untuk otomatisasi sistem. Pada tahapan pertama yaitu proses menentukan himpunan *fuzzy mamdani* dari ketiga masukan diantaranya suhu udara, kelembapan udara dan kelembapan tanah dengan *output* yaitu waktu lama penyiraman. Proses selanjutnya yaitu menerapkan fungsi implikasi dari sekumpulan aturan yang sudah ditentukan dengan metode *min*. Setelah proses tersebut dilakukan komposisi aturan *fuzzy* dengan metode *max*. Proses yang terakhir yaitu dilanjutkan dengan proses defuzzifikasi dengan metode *centroid*.

#### **3.1.4.1 Fuzzifikasi**

Proses perhitungan menggunakan metode *fuzzy* yaitu melalui beberapa langkah. Langkah pertama dalam membuat perhitungan menggunakan *fuzzy logic* yaitu menyiapkan *input* yang digunakan sebagai parameter untuk menentukan hasil akhirnya. Selanjutnya *input* tersebut diolah untuk dijadikan himpunan *fuzzy* yaitu dengan fuzzifikasi. Fuzzifikasi yaitu perhitungan dari bentuk tegas menjadi bentuk himpunan. Pada penelitian ini *input* yang digunakan ada tiga, yaitu pembacaan suhu udara, kelembapan udara, kelembapan udara. Suhu udara memiliki nilai linguistik yaitu berupa panas, normal, dingin. Kelembapan tanah dan udara memiliki nilai linguistik yaitu kering, normal, basah. Waktu penyiraman memiliki nilai linguistik yaitu sebentar, normal, lama.

##### **1. Variabel Suhu Udara**

Variabel suhu ditentukan pada rentang 10°C sampai 40°C. Pada Gambar 3.5 mempresentasikan nilai dari fungsi keanggotaan suhu udara.



Gambar 3. 5 Anggota Fungsi Suhu Udara

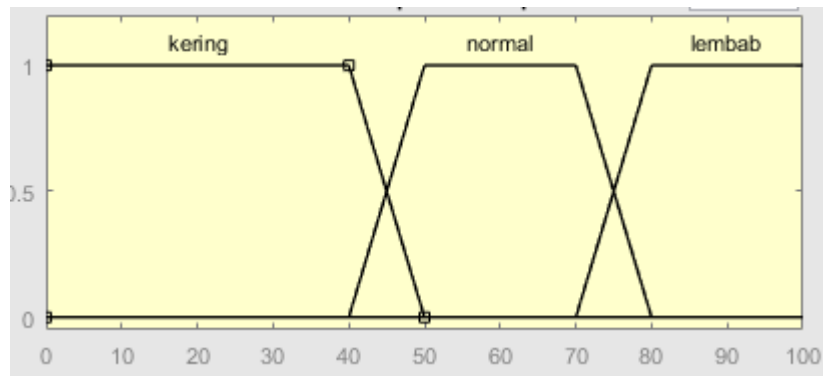
Tabel 3. 1 Informasi Nama dan Nilai Keanggotaan Suhu Udara

Nama Keanggotaan	Nilai Keanggotaan
Rendah	10°C-24°C {Trapezium: 9 10 20 24}
Normal	20°C-32°C {Trapezium: 20 24 28 32}
Panas	28°C-40°C {Trapezium: 28 32 40 41}

Berdasarkan Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa variabel kondisi suhu udara memiliki tiga keanggotaan, yaitu keanggotaan rendah (10-24°C), normal (20-32°C), dan tinggi (28-40°C).

## 2. Variabel Kelembapan Udara

Variabel kelembapan udara dibuat dengan rentang 0 sampai 100. Pada Gambar 3.6 mempresentasikan nilai dari fungsi keanggotaan kelembapan udara.



Gambar 3. 6 Anggota Fungsi Kelembapan Udara

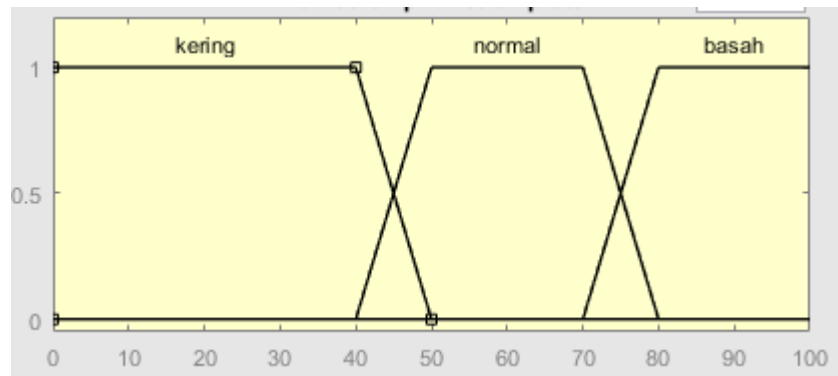
Tabel 3. 2 Informasi Nama dan Nilai Keanggotaan Kelembapan Udara

Nama Keanggotaan	Nilai Keanggotaan
Kering	0-50 {Trapeسيوم: 0 0 40 50}
Normal	40-80 {Trapeسيوم: 40 50 70 80}
Lembab	70-100 {Trapeسيوم: 70 80 100 100}

Berdasarkan Tabel 3.2 dapat dilihat bahwa variabel kondisi kelembapan udara memiliki tiga keanggotaan, yaitu keanggotaan rendah (0-50), normal (40-80), dan lembab (70-100).

### 3. Variabel Kelembapan Tanah

Variabel kelembapan tanah dibuat dengan rentang 0 sampai 100. Pada Gambar 3.7 mempresentasikan nilai dari fungsi keanggotaan kelembapan tanah.



Gambar 3. 7 Anggota Fungsi Kelembapan Tanah

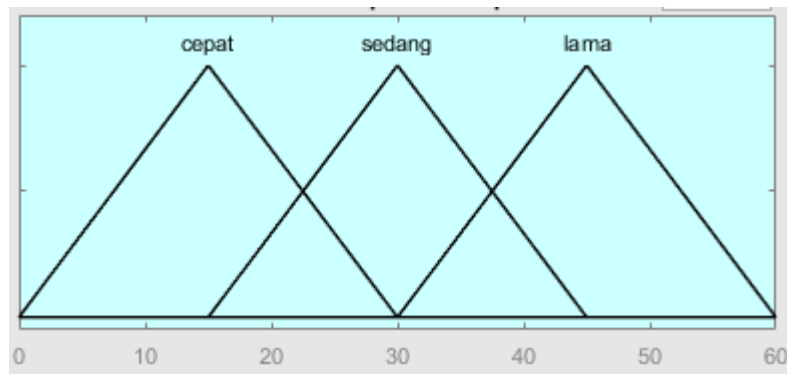
Tabel 3. 3 Informasi Nama dan Nilai Keanggotaan Kelembapan Tanah

Nama Keanggotaan	Nilai Keanggotaan
Kering	0-50 {Trapeسيوم: 0 0 40 50}
Normal	40-80 {Trapeسيوم: 40 50 70 80}
Basah	70-100 {Trapeسيوم: 70 80 100 100}

Berdasarkan Tabel 3.3 dapat dilihat bahwa variabel kondisi kelembapan tanah memiliki tiga keanggotaan, yaitu keanggotaan rendah (0-50), normal (40-80), dan basah (70-100).

#### 4. Variabel Waktu Penyiraman

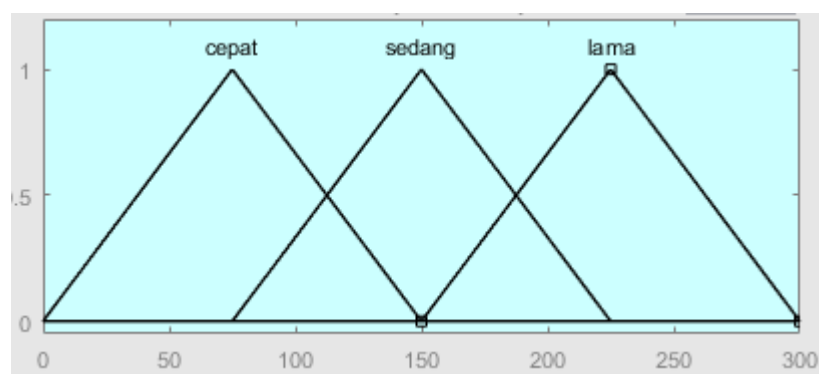
Variabel waktu dibuat dengan rentang 0 sampai 60. Hasil rentang tersebut didapatkan dari percobaan bahwa tanah kering dapat menjadi kategori basah dengan memberikan 200 ml air dan pada pompa untuk mendapatkan 200 ml membutuhkan waktu selama 60 detik. Pada Gambar 3.8 mempresentasikan nilai dari fungsi keanggotaan *output* timer penyiraman.



Gambar 3. 8 Anggota Fungsi Waktu Penyiraman

#### 5. Variabel Waktu Pengkabutan

Variabel waktu dibuat dengan rentang 0 sampai 300. Hasil rentang tersebut didapatkan dari percobaan bahwa keadaan lingkungan yang kering dapat menjadi kategori lembab dengan menghidupkan pompa selama 5 menit atau 300 dalam satuan detik. Pada Gambar 3.9 mempresentasikan nilai dari fungsi keanggotaan *output* timer penyiraman.



Gambar 3. 9 Anggota Fungsi Waktu Pengkabutan

### 3.1.4.2 Inferensi

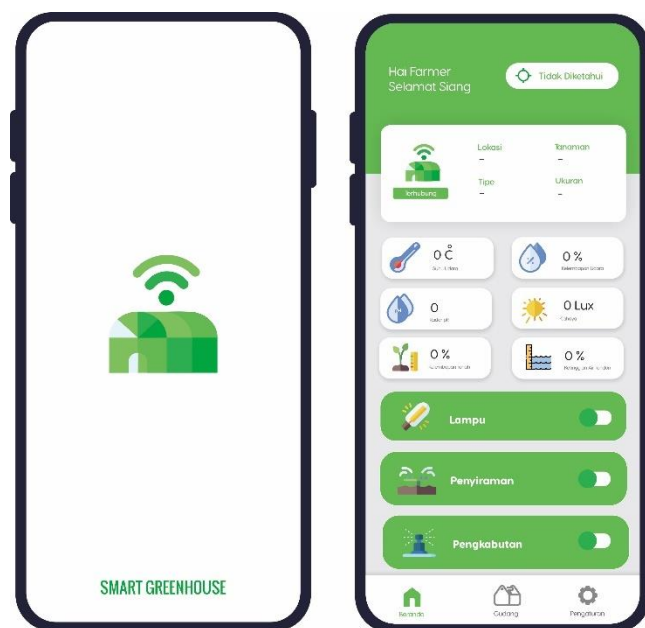
Aturan *fuzzy* atau inferensi merupakan aturan-aturan yang dibuat agar menjadi syarat dari sebuah *output*. Berdasarkan Tabel 3.4 dapat dilihat aturan-aturan yang dipakai.

Tabel 3. 4 Aturan-aturan *Fuzzy*

No	Input			Output	
	Suhu Udara	Kelembapan Udara	Kelembapan Tanah	Penyiraman	Pengkabutan
1	Tinggi	Kering	Kering	Lama	Lama
2	Tinggi	Kering	Normal	Lama	Lama
3	Tinggi	Kering	Basah	Sedang	Lama
4	Tinggi	Normal	Kering	Lama	Lama
5	Tinggi	Normal	Normal	Sedang	Lama
6	Tinggi	Normal	Basah	Sedang	Lama
7	Tinggi	Lembab	Kering	Lama	Sedang
8	Tinggi	Lembab	Normal	Sedang	Sedang
9	Tinggi	Lembab	Basah	Cepat	Sedang
10	Normal	Kering	Kering	Lama	Lama
11	Normal	Kering	Normal	Sedang	Lama
12	Normal	Kering	Basah	Cepat	Lama
13	Normal	Normal	Kering	Lama	Sedang
14	Normal	Normal	Normal	Sedang	Sedang
15	Normal	Normal	Basah	Cepat	Sedang
16	Normal	Lembab	Kering	Lama	Cepat
17	Normal	Lembab	Normal	Sedang	Cepat
18	Normal	Lembab	Basah	Cepat	Cepat
19	Rendah	Kering	Kering	Lama	Sedang
20	Rendah	Kering	Normal	Sedang	Sedang
21	Rendah	Kering	Basah	Cepat	Sedang
22	Rendah	Normal	Kering	Lama	Cepat
23	Rendah	Normal	Normal	Sedang	Cepat
24	Rendah	Normal	Basah	Sedang	Cepat
25	Rendah	Lembab	Kering	Lama	Cepat
26	Rendah	Lembab	Normal	Cepat	Cepat
27	Rendah	Lembab	Basah	Cepat	Cepat

### 5.1.5 Perancangan Tampilan Aplikasi

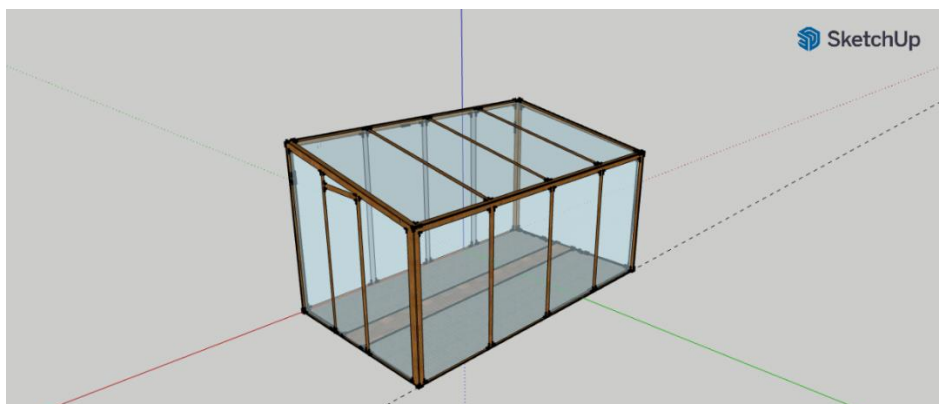
Melakukan kegiatan pantau dan kontrol *greenhouse* nantinya menggunakan aplikasi android. Aplikasi *smart greenhouse* ini dibangun menggunakan *software* Android Studio dengan bahasa kotlin.



Gambar 3. 10 Desain Tampilan Awal Aplikasi Android

Pada Gambar 3.10 merupakan gambaran dari aplikasi yang akan dibuat pada android. Pada halaman beranda pengguna dapat melihat beberapa informasi dari parameter yang dibutuhkan oleh tanaman. Selain itu terdapat tombol untuk mengatur penyiraman, lampu dan pengkabutan.

### 3.2 Perancangan *Greenhouse*

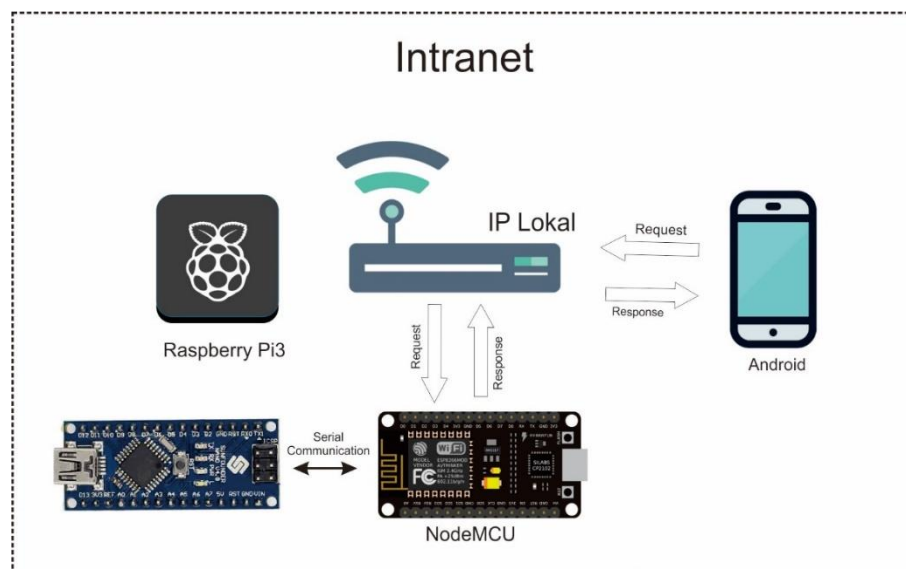


Gambar 3. 11 Perancangan *Greenhouse*

Gambar 3.11 merupakan rancangan dari *greenhouse* yang dipakai dalam penelitian. *Greenhouse* ini dibuat berukuran 4x2 meter dengan atap *lean-to*. Kerangka yang digunakan yaitu dari kayu dan menggunakan plastik *ultraviolet* sebagai atapnya. *Greenhouse* ini terdapat sirkulasi udara di dalamnya.

### 3.3 Desain Jaringan

Pada desain jaringan intranet seperti pada Gambar 3.12. Pada bagian intranet terdapat NodeMCU sebagai mikrokontroler membaca sensor terhubung ke *Raspberry* sebagai *server* melalui IP Lokal. *Server* dihubungkan dengan *router* yang terkoneksi dengan *smartphone* sehingga pengguna dapat mengakses data dari *server* untuk ditampilkan pada aplikasi.



Gambar 3. 12 Perancangan Desain Jaringan

### 3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Pada rangkaian kegiatan penelitian dilakukan beberapa langkah penelitian agar penelitian dapat berjalan dengan baik dan menghindari hal yang tidak diinginkan, seperti berikut.

#### 3.4.1 Pengambilan Data

Pengambilan data digunakan dalam penelitian untuk diolah lebih lanjut yaitu berupa data suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah. Data suhu udara dan kelembapan udara dari sensor DHT22, dan kelembapan tanah dari sensor *capacity soil moisture*. Data data suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah merupakan variabel yang digunakan sebagai *input* pada metode *fuzzy mamdani*.

#### 3.4.2 Rencana Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan pada perangkat *input* dari sistem yaitu sensor suhu udara, sensor kelembapan udara, sensor kelembapan tanah, ketinggian air pada

tangki. Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan sensor pada sistem dengan alat ukur yang biasa digunakan pada pertanian. Diantaranya *thermometer* HTC-2 untuk suhu, *higrometer* HTC-2 untuk kelembapan udara. HTC-2 seperti pada Gambar 3.13 biasa digunakan oleh para petani untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. Alat ini dapat mengukur suhu dengan rentang nilai  $-50^{\circ}\text{C}$  sampai  $70^{\circ}\text{C}$  dengan akurasi  $1^{\circ}\text{C}$ . dan mengukur kelembapan dengan rentang 10% sampai 99% dengan akurasi 5%.



Gambar 3. 13 Alat utuk mengukur suhu dan kelembapan udara

TA290 *hygrometer* merupakan alat untuk mengukur kelembapan tanah seperti pada gambar 3.14. Alat ini dapat mengukur dengan rentang nilai 10% sampai 98% dengan tingkat akurasi 5%.



Gambar 3. 14 Alat utuk mengukur kelembapan tanah

Penggaris digunakan sebagai pembanding jarak dengan sensor JSN-SR04T. Pengujian sistem dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan matlab dengan sistem untuk melihat keakuratan dari sistem. Pengujian sensor bertujuan agar dapat mengetahui tingkat keakuratan sensor dalam membaca kondisi nyata. Untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor dan sistem *fuzzy* yaitu menggunakan rumus MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Perhitungan dilakukan berdasarkan selisih data aktual dengan peramalan dibagi dengan data aktual kemudian dirubah menjadi nilai absolut, seperti pada rumus (3.4).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \quad (3.4)$$

$n$  : Jumlah data

$A_i$  : Nilai data aktual

$F_i$  : Nilai data peramalan

Pengujian sistem dilakukan agar kinerja sistem dapat diketahui dalam melakukan penyesuaian kebutuhan penyiraman dan pengkabutan menggunakan metode *fuzzy mamdani* dengan *output* berupa kelembapan udara, kelembapan tanah, suhu udara sesuai kebutuhan tanaman. Hasil perhitungan akan diuji apakah sistem berjalan dengan baik atau tidak.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian

Pengujian pada penelitian yaitu melakukan pengujian pada sensor dan sistem guna mengetahui tingkat akurasi dari sistem *smart greenhouse*.

##### 4.1.1 Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan dengan melakukan pengujian pada beberapa sensor yang digunakan pada *smart greenhouse*. Hasil dari pengujian ini nantinya dapat mengetahui bahwa sensor dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan harapan. Sensor tersebut diantaranya suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan ketinggian air pada tangki.

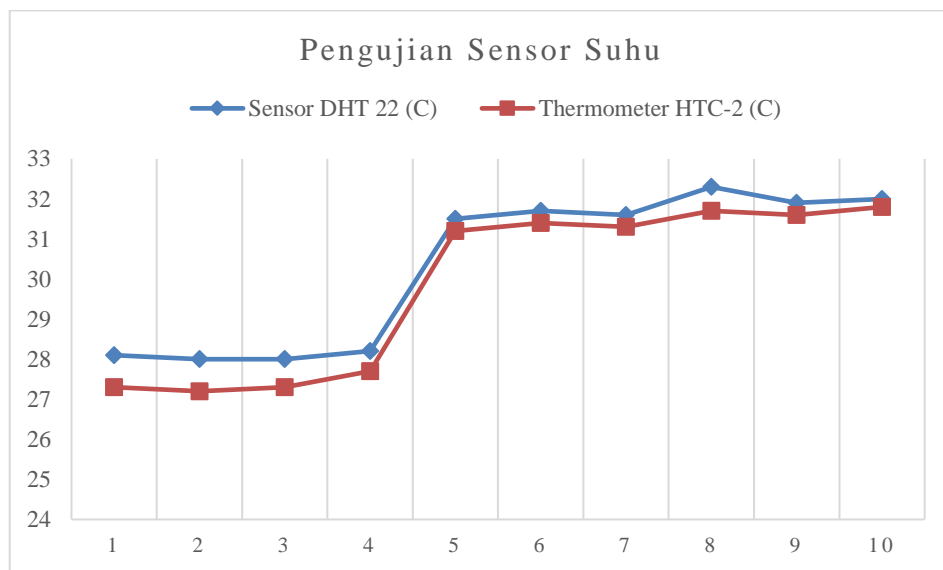
##### 4.1.1.1 Pengujian Sensor Suhu DHT22 dengan *Thermometer* HTC-2

Nilai dari suhu udara didapatkan dari pembacaan sensor DHT22 yang dibandingkan dengan *thermometer* HTC-2. Hasil dari pengujian sensor ultrasonik dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Perbandingan Nilai Sensor DHT22 dan *Thermometer* HTC-2

No	Sensor DHT 22 (C)	Thermometer HTC-2 (C)	<i>Error</i> (%)
1	28,1	27,3	2,93
2	28,0	27,2	2,94
3	28,0	27,3	2,56
4	28,2	27,7	1,81
5	31,5	31,2	0,96
6	31,7	31,4	0,96
7	31,6	31,3	0,96

8	32,3	31,7	1,89
9	31,9	31,6	0,94
10	32,0	31,8	0,63
Rata – rata <i>Error</i> (%)			1,47



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian Sensor Suhu

Data pada Tabel 4.1 merupakan hasil dari nilai suhu yang berhasil dibaca oleh sensor DHT22 dan *thermometer* HTC-2. Pada Gambar 4.1 mempresentasikan perbedaan dari hasil pengujian suhu. Kedua data tersebut selanjutnya akan dihitung presentase *error* dan nilai rata-rata *error*. *Error* didapatkan dengan melakukan perhitungan *relative error* pada kedua data tersebut. Berikut merupakan perhitungan *error* dengan nilai sebenarnya pada data pertama dari DHT22 dan *thermometer* HTC-2.

$$Error = \frac{Suhu\ Sensor\ DHT22 - Suhu\ thermometer\ HTC - 2}{Suhu\ thermometer\ HTC - 2} \times 100\%$$

$$Error = \frac{28,1 - 27,3}{27,3} \times 100\%$$

$$Error = 2,93\%$$

Hasil yang didapatkan pada perhitungan *error* menggunakan data yang pertama suhu udara sensor DHT22 dengan suhu *thermometer* HTC-2 adalah 2.93%.

$$Rata - rata\ error = \frac{\sum 14,70}{\sum 10}$$

$$Rata - rata\ error = \frac{14,7}{10}$$

$$Rata - rata\ error = 1,47$$

Hasil dari rata-rata perbandingan antara suhu udara sensor DHT22 dengan suhu *thermometer* HTC-2 adalah sebesar 1,47%.

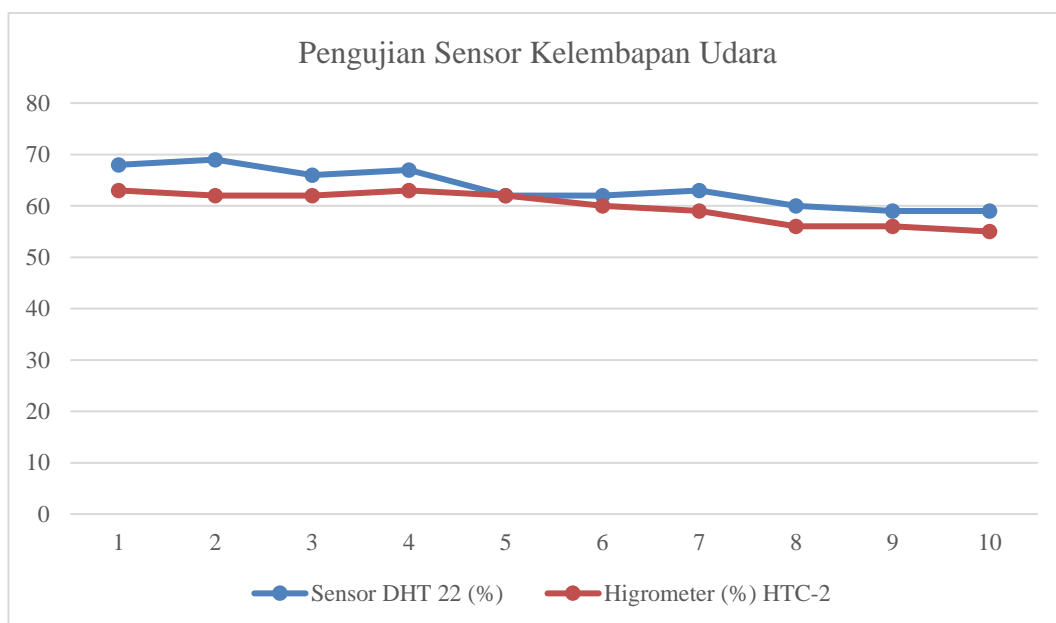
#### 4.1.1.2 Pengujian Sensor Kelembapan Udara DHT22 dengan *Hygrometer* HTC-2

Nilai kelembapan udara didapatkan dari sensor DHT22 yang dibandingkan dengan *hygrometer* HTC-2. Hasil pengujian sensor kelembapan udara dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Perbandingan Nilai Sensor dan *Hygrometer* HTC-2

No	Sensor DHT 22 (%)	<i>Hygrometer</i> (%) HTC-2	<i>Error</i> (%)
1	68	63	7,94
2	69	62	11,29
3	66	62	6,45
4	67	63	6,35
5	62	62	0,00
6	62	60	3,33

7	63	59	6,78
8	60	56	7,14
9	59	56	5,36
10	59	55	7,27
Rata – rata <i>Error</i> (%)			6,19



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Udara

Data pada Tabel 4.2 merupakan hasil dari nilai kelembapan yang berhasil dibaca oleh sensor DHT22 dan *hygrometer* HTC-2. Pada Gambar 4.2 mempresentasikan perbedaan dari hasil pengujian kelembapan udara. Kedua data tersebut selanjutnya akan dihitung presentase *error* dan nilai rata-rata *error*. *Error* didapatkan dengan melakukan perhitungan *relative error* pada kedua data tersebut. Berikut merupakan perhitungan *error* dengan nilai sebenarnya pada data pertama dari DHT22 dan *hygrometer* HTC-2.

$$Error = \frac{Kelembapan\ Udara\ Sensor\ DHT22 - Higrometer\ HTC - 2}{Higrometer\ HTC - 2} \times 100\%$$

$$Error = \frac{68 - 63}{63} \times 100\%$$

$$Error = 7,94\%$$

Hasil yang didapatkan pada perhitungan *error* menggunakan data pertama kelembapan sensor DHT22 dengan *hygrometer* HTC-2 adalah 7,94%.

$$Rata - rata\ error = \frac{\sum Error}{\sum Data\ Uji}$$

$$Rata - rata\ error = \frac{61,91}{10}$$

$$Rata - rata\ error = 6,1$$

Hasil dari rata-rata perbandingan kelembapan sensor DHT22 dengan *hygrometer* HTC-2 adalah sebesar 6,1%.

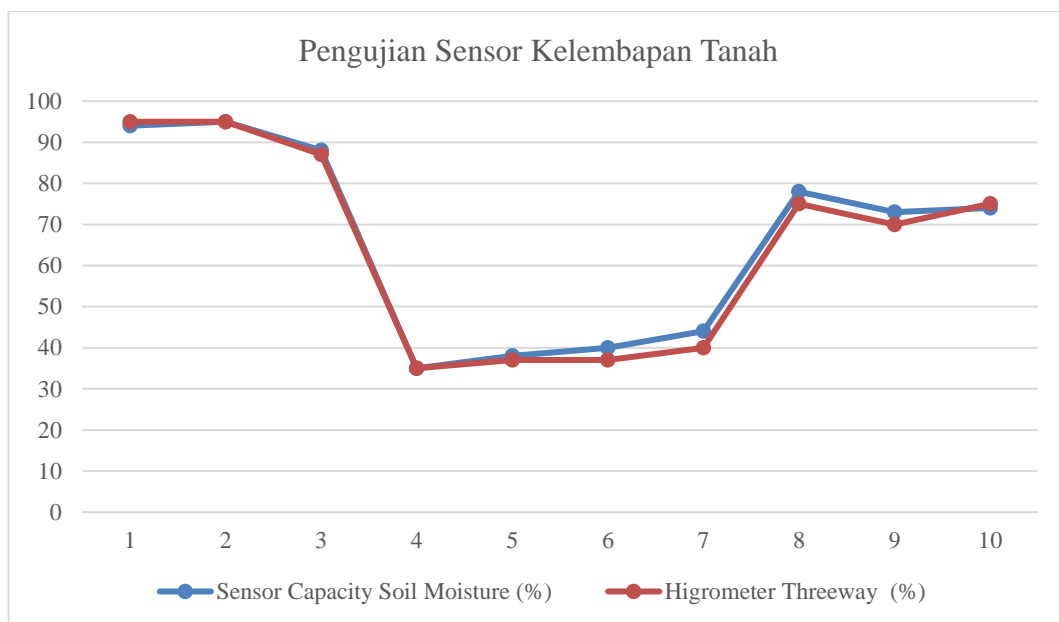
#### 4.1.1.3 Pengujian Sensor Kelembapan Tanah dengan *Hygrometer Threeway*

Nilai kelembapan udara didapatkan dari sensor *Capacity Soil Moisture* yang dibandingkan dengan *Hygrometer* Tanah. Hasil pengujian sensor kelembapan tanah dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Perbandingan Nilai Sensor dan *Thermometer*

No	Sensor <i>Capacity Soil Moisture</i> (%)	<i>Hygrometer Threeway</i> (%)	Error (%)
1	94	95	1,05
2	95	95	0,00
3	88	87	1,15
4	35	35	0,00

5	38	37	2,70
6	40	37	8,11
7	44	40	10,00
8	78	75	0,25
9	73	70	4,29
10	74	75	1,33
Rata – rata Error (%)			2,88



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Tanah

Data pada Tabel 4.3 merupakan hasil dari nilai kelembapan tanah yang berhasil dibaca oleh sensor *Capacity Soil Moisture* dan *Hygrometer* Tanah. Pada Gambar 4.3 mempresentasikan perbedaan dari hasil pengujian kelembapan tanah. Kedua data tersebut selanjutnya akan dihitung presentase *error* dan nilai rata-rata *error*. Kedua data tersebut selanjutnya akan dihitung presentase *error* dan nilai rata-rata *error*. *Error* didapatkan dengan melakukan perhitungan *relative error* pada

kedua data tersebut. Berikut merupakan perhitungan *error* dengan nilai sebenarnya pada data pertama dari *Capacity Soil Moisture* dan *Hygrometer Tanah*.

$$Error = \frac{Capacity\ Soil\ Moisture - Hygrometer\ Tanah}{Hygrometer\ Tanah} \times 100\%$$

$$Error = \frac{94 - 95}{95} \times 100\%$$

$$Error = 1,05\%$$

Hasil yang didapatkan pada perhitungan *error* menggunakan data pertama kelembapan tanah sensor *Capacity Soil Moisture* dengan *Hygrometer Tanah* adalah 1,05%.

$$Rata - rata\ error = \frac{\sum Error}{\sum Data\ Uji}$$

$$Rata - rata\ error = \frac{28,88}{10}$$

$$Rata - rata\ error = 2,8\%$$

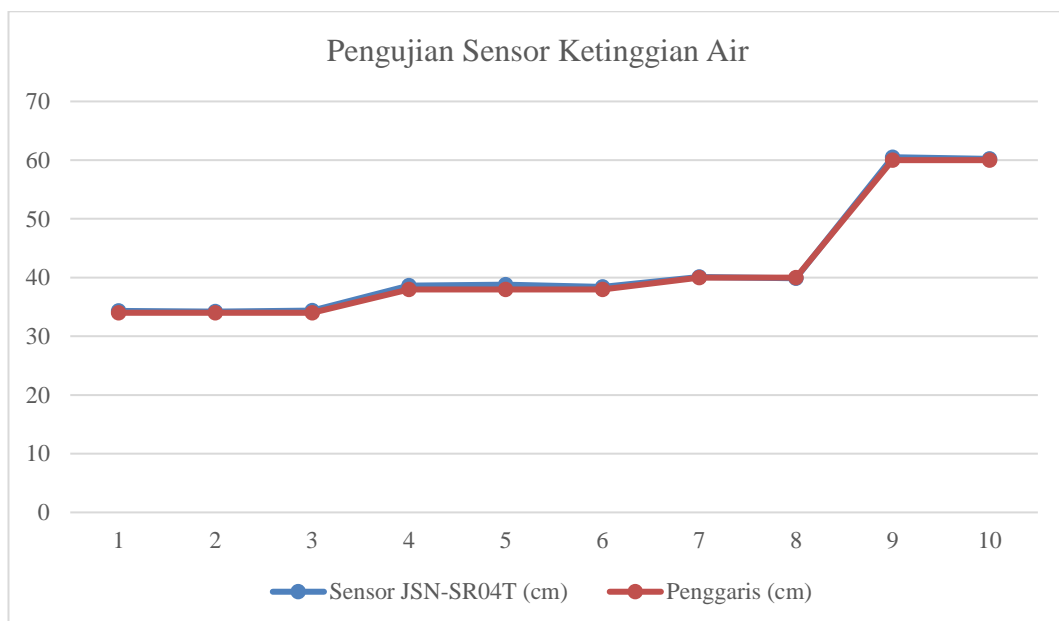
Hasil dari rata-rata perbandingan kelembapan tanah sensor DHT22 dengan *Hygrometer Tanah* adalah sebesar 2,8%.

#### **4.1.1.4 Pengujian Sensor Ultrasonik JSN-SR04T dengan Penggaris**

Nilai pembacaan sensor JSN-SR04T didapatkan dari perhitungan jarak yang sudah dikalkulasi pada mikrokontroler berupa nilai dengan satuan *centimeter*. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan penggaris. Hasil pengujian sensor ultrasonik dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Pengujian Sensor JSN-SR04T

No	Sensor JSN-SR04T (cm)	Penggaris (cm)	Error (%)
1	34,3	34	0,88
2	34,2	34	0,59
3	34,4	34	1,18
4	38,6	38	1,58
5	38,8	38	2,11
6	38,4	38	1,05
7	40,1	40	0,25
8	39,9	40	0,25
9	60,5	60	0,83
10	60,2	60	0,33
Rata – rata Error (%)			0,9



Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengujian Sensor Ketinggian Air

Data pada Tabel 4.4 merupakan hasil dari pembacaan JSN-SR04T dan pengukuran secara manual menggunakan penggaris. Pada Gambar 4.4

mempresentasikan perbedaan dari hasil pengujian ketinggian air. Kedua data tersebut selanjutnya akan dihitung presentase *error* dan nilai rata-rata *error*. Berikut merupakan perhitungan *error* dengan nilai sebenarnya pada data yang pertama dari JSN-SR04T dan penggaris.

$$Error = \frac{JSN - SR04T - penggaris}{penggaris} \times 100\%$$

$$Error = \frac{34,3 - 34}{34} \times 100\%$$

$$Error = 0,88\%$$

Hasil yang didapatkan pada perhitungan *error* menggunakan data pertama sensor JSN-SR04T dengan penggaris adalah 0,88%.

$$Rata - rata\ error = \frac{\sum Error}{\sum Data\ Uji}$$

$$Rata - rata\ error = \frac{9,05}{10}$$

$$Rata - rata\ error = 0,9$$

Hasil dari rata-rata perbandingan pembacaan sensor JSN-SR04T dengan penggaris adalah sebesar 0,9%.

#### 4.1.2 Pengujian *Fuzzy Mamdani*

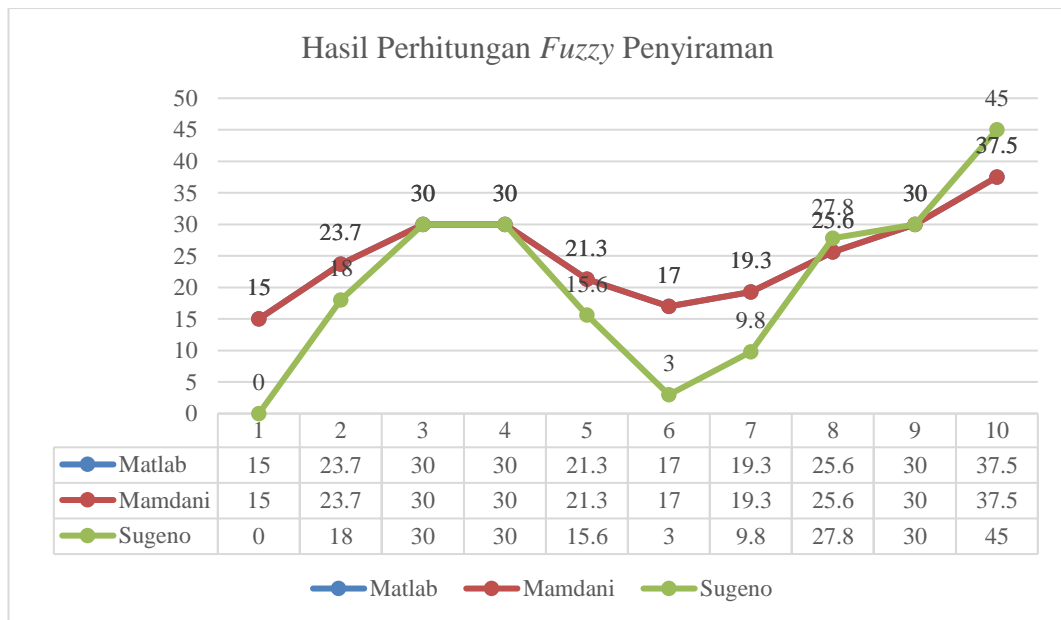
Pengujian *fuzzy mamdani* dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari perhitungan *fuzzy mamdani*. Data masukan yang digunakan yaitu suhu udara, kelembapan udara, dan kelembapan tanah yang berasal dari sensor kemudian nilai diproses menggunakan *fuzzy mamdani* dan menghasilkan nilai keluaran berupa waktu dengan satuan detik. Hasil dari perhitungan *fuzzy mamdani* dibandingkan

dengan *fuzzy sugeno*. Hasil pengujian dari metode *fuzzy mamdani* dapat dilihat pada

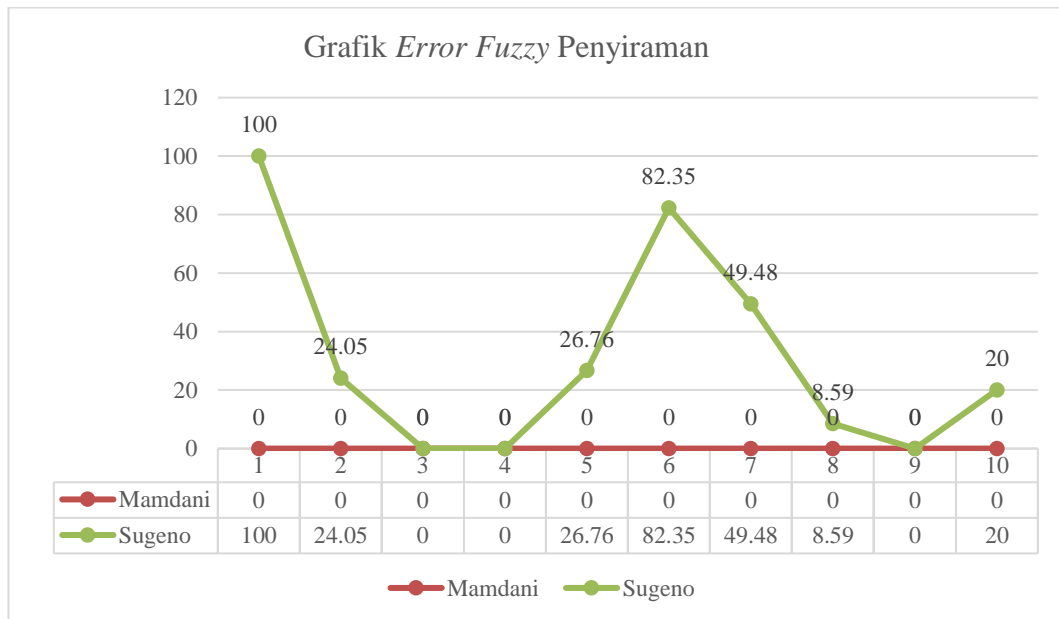
Tabel 4.6.

Tabel 4. 5 Perbandingan Pengujian Logika *Fuzzy* Penyiraman

No	Input Sensor			Lama Penyiraman (detik)			Error (%)	
	Suhu	Kelembapan Udara	Kelembapan Tanah	Matlab	Mamdani	Sugeno	Mamdani	Sugeno
1	24	78	80	15,0	15,0	0,0	0,00	100,00
2	25	82	74	23,7	23,7	18,0	0,00	24,05
3	31	51	65	30,0	30,0	30,0	0,00	0,00
4	27	74	67	30,0	30,0	30,0	0,00	0,00
5	29	72	76	21,3	21,3	15,6	0,00	26,76
6	28	69	79	17,0	17,0	3,0	0,00	82,35
7	29	63	79	19,3	19,3	9,8	0,00	49,48
8	31	54	73	25,6	25,6	27,8	0,00	8,59
9	32	52	68	30,0	30,0	30,0	0,00	0,00
10	33	45	63	37,5	37,5	45,0	0,00	20,00
Error %							0,00	31,12



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Perhitungan *Fuzzy* Penyiraman



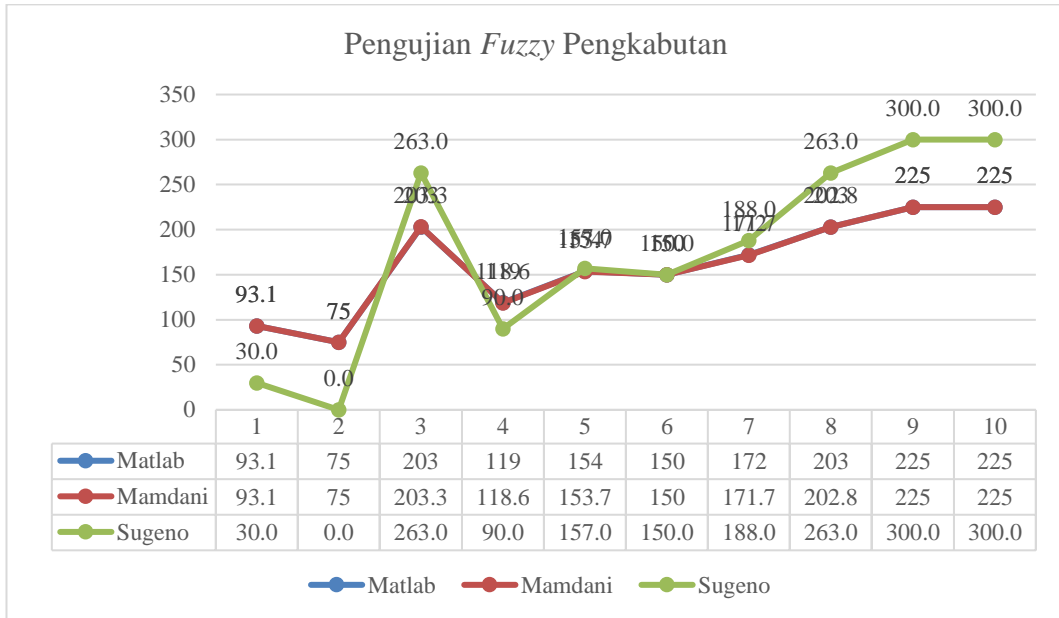
Gambar 4. 6 Grafik *Error Fuzzy Penyiraman*

Data pengujian pada Tabel 4.5 menunjukkan hasil perhitungan untuk penyiraman dan nilai *error* pada metode *fuzzy mamdani dan sugeno*. Pada Gambar 4.5 menunjukkan grafik perbedaan dari hasil perhitungan yaitu pada matlab, *mamdani*, dan *sugeno*. Gambar 4.6 menunjukkan grafik *error* dari metode *fuzzy mamdani dan sugeno*.

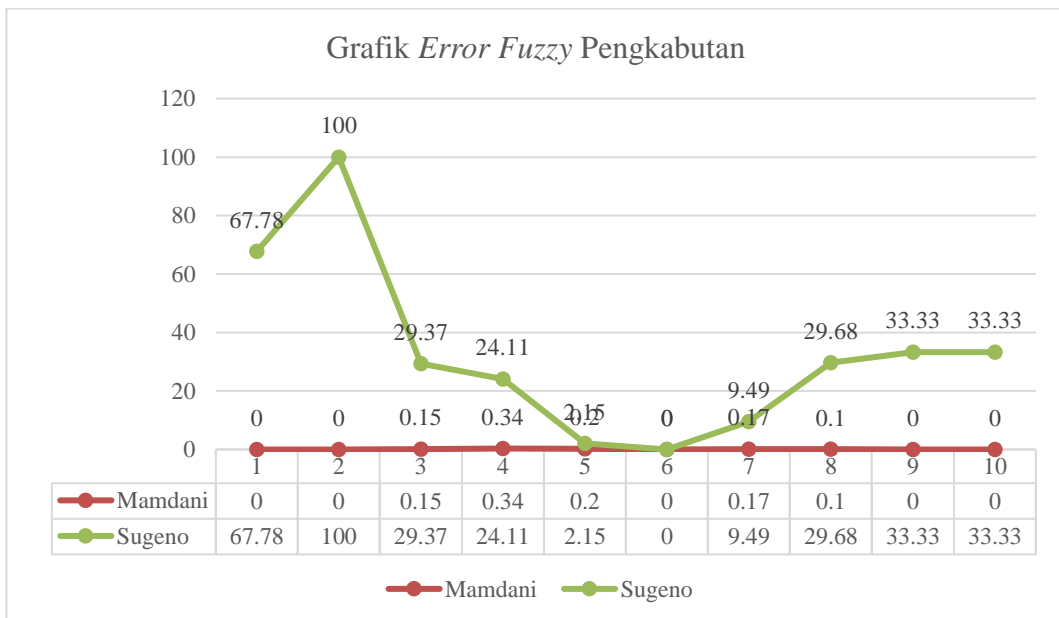
Tabel 4. 6 Perbandingan Pengujian Logika Fuzzy Pengkabutan

No	Input Sensor			Lama Pengkabutan (detik)			Error (%)	
	Suhu	Kelembapan Udara	Kelembapan Tanah	Matlab	<i>Mamdani</i>	<i>Sugeno</i>	<i>Mamdani</i>	<i>Sugeno</i>
1	24	78	80	93,1	93,1	30,0	0,00	67,78
2	25	82	74	75,0	75,0	0,0	0,00	100,00
3	31	51	65	203,0	203,3	263,0	0,15	29,37
4	27	74	67	119,0	118,6	90,0	0,34	24,11
5	29	72	76	154,0	153,7	157,0	0,20	2,15
6	28	69	79	150,0	150,0	150,0	0,00	0,00
7	29	63	79	172,0	171,7	188,0	0,17	9,49
8	31	54	73	203,0	202,8	263,0	0,10	29,68
9	32	52	68	225,0	225,0	300,0	0,00	33,33

10	33	45	63	225,0	225,0	300,0	0,00	33,33
Error %							0,10	32,92



Gambar 4. 7 Grafik Hasil Perhitungan *Fuzzy* Pengkabutan



Gambar 4. 8 Grafik *Error Fuzzy* Pengkabutan

Data pengujian pada Tabel 4.6 menunjukkan hasil perhitungan untuk pegkabutan dan nilai *error* pada metode *fuzzy mamdani dan sugeno*. Pada Gambar 4.7 menunjukkan grafik perbedaan dari hasil perhitungan yaitu pada matlab, *mamdani*, dan *sugeno*. Gambar 4.8 menunjukkan grafik *error* dari metode *fuzzy mamdani dan sugeno*. Hasil dari perhitungan rata-rata *error* yang didapatkan dari pegkabutan dan pengkabutan dijumlah untuk mendapatkan total *error* dari sistem metode *fuzzy mamdani dan sugeno*. Berikut merupakan perhitungan total *error* pada perhitungan *fuzzy mamdani*.

$$\text{Error fuzzy mamdani} = \frac{\sum \text{Error Penyiraman} + \sum \text{Error Pengkabutan}}{2}$$

$$\text{Error fuzzy mamdani} = \frac{0 + 0,10}{2}$$

$$\text{Error fuzzy mamdani} = 0,05\%$$

Hasil dari perhitungan total *error* pada *fuzzy mamdani* yaitu sebesar 0,05%.

Sedangkan untuk total *error* pada *fuzzy sugeno* adalah sebagai berikut.

$$\text{Error fuzzy sugeno} = \frac{\sum \text{Error Penyiraman} + \sum \text{Error Pengkabutan}}{2}$$

$$\text{Error fuzzy sugeno} = \frac{31,12 + 32,92}{2}$$

$$\text{Error fuzzy sugeno} = 32,02\%$$

Hasil dari perhitungan total *error* pada *fuzzy sugeno* yaitu sebesar 32,02%.

Dari data hasil total *error* pada *fuzzy mamdani* dan *fuzzy sugeno* menunjukkan bahwa hasil persentasi keberhasilan pada *fuzzy mamdani* yaitu 99,95% dan pada *fuzzy sugeno* yaitu 67,98%.

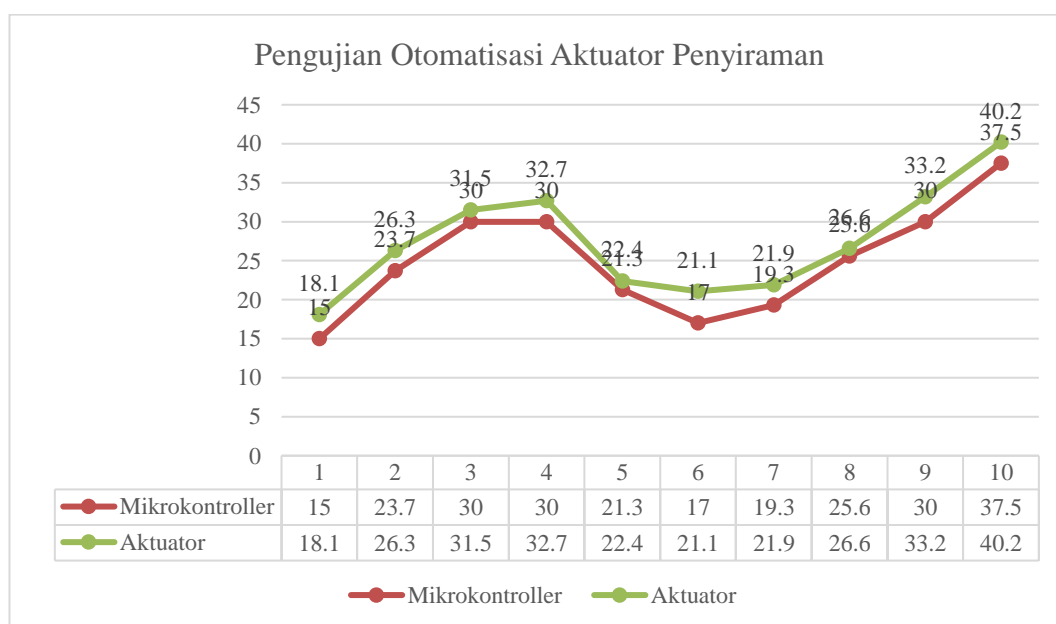
### 4.1.3 Pengujian Otomatisasi Aktuator

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari otomatisasi aktuator. Mikrokontroller melakukan perhitungan dari data masukan yaitu suhu udara, kelembapan udara, dan kelembapan tanah yang berasal dari sensor untuk

mendapatkan nilai *output* detik (*seconds*). Hasil dari perhitungan metode *fuzzy* pada mikrokontroler dibandingkan dengan lama aktuator menyala untuk melihat keakuratan waktu penyiraman dan pengkabutan. Hasil pengujian dari otomatisasi aktuator terdapat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hasil Perbandingan Pengujian Aktuator Penyiraman

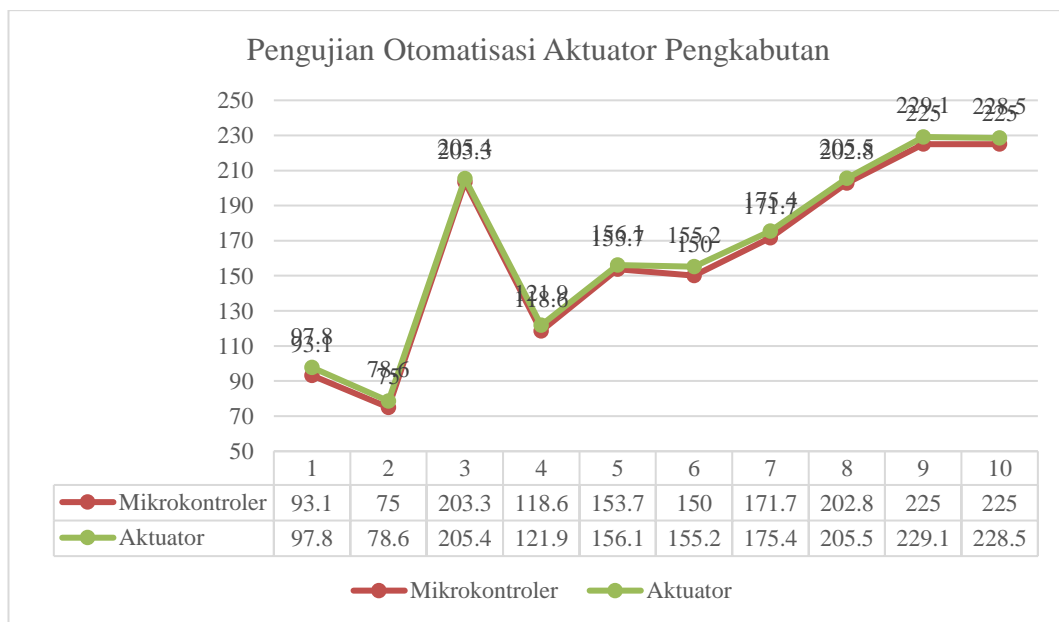
No	Input Sensor			Lama Penyiraman (detik)		Error (%)
	Suhu	Kelembapan Udara	Kelembapan Tanah	Mikrokontroler	Aktuator	
1	24	78	80	15,0	18,1	20,67
2	25	82	74	23,7	26,3	10,97
3	31	51	65	30,0	31,5	5,00
4	27	74	67	30,0	32,7	9,00
5	29	72	76	21,3	22,4	5,16
6	28	69	79	17,0	21,1	24,12
7	29	63	79	19,3	21,9	13,47
8	31	54	73	25,6	26,6	3,91
9	32	52	68	30,0	33,2	10,67
10	33	45	63	37,5	40,2	7,20
Error %						11,02



Gambar 4. 9 Grafik Hasil Pengujian Aktuator Penyiraman

Tabel 4. 8 Perbandingan Pengujian Otomatisasi Aktuator Pengkabutan

No	Input Sensor			Lama Pengkabutan (detik)		Error (%)
	Suhu	Kelembapan Udara	Kelembapan Tanah	Mikrokontroler	Aktuator	
1	24	78	80	93,1	97,8	5,05
2	25	82	74	75,0	78,6	4,80
3	31	51	65	203,3	205,4	1,03
4	27	74	67	118,6	121,9	2,78
5	29	72	76	153,7	156,1	1,56
6	28	69	79	150,0	155,2	3,47
7	29	63	79	171,7	175,4	2,15
8	31	54	73	202,8	205,5	1,33
9	32	52	68	225,0	229,1	1,82
10	33	45	63	225,0	228,5	1,56
<i>Error %</i>						2,56



Gambar 4. 10 Grafik Hasil Pengujian Aktuator Pengkabutan

Data perhitungan *fuzzy* penyiraman pada Tabel 4.7 dan perhitungan *fuzzy* pengkabutan pada Tabel 4.8 telah didapatkan hasil *error* dari perbandingan hasil perhitungan lama waktu penyiraman dan pengkabutan pada mikrokontroler dan

aktuator. Pada Gambar 4.9 dan 4.10 mempresentasikan perbedaan dari hasil pengujian perhitungan *fuzzy* penyiraman dan perhitungan *fuzzy* pengkabutan. Hasil dari perhitungan rata-rata *error* yang didapatkan dari penyiraman dan pengkabutan dijumlah untuk mendapatkan total *error* dari sistem metode *fuzzy mamdani*. Berikut merupakan perhitungan total error pada perhitungan *fuzzy* pada mikrokontroller.

$$Error\ aktuator = \frac{\sum Error\ Penyiraman + \sum Error\ Pengkabutan}{2}$$

$$Error\ aktuator = \frac{11,02 + 2,56}{2}$$

$$Error\ aktuator = 6,78\%$$

Hasil dari perhitungan total eror pada otomatisasi aktuator yaitu sebesar 6,78%.

Dari data hasil total eror pada mikrokontroller dan aktuator menunjukkan bahwa hasil persentasi keberhasilan pada otomatisasi aktuator yaitu 93,21%.

## 4.2 Pembahasan

Pada bagian ini menjelaskan mengenai sistem yang sudah berhasil dibuat meliputi dari pembahasan pembuatan *greenhouse*, sistem *hardware*, dan sistem *software*.

### 4.2.1 Greenhouse

*Greenhouse* dibangun dengan ukuran 4x2 meter dengan kerangka menggunakan kayu. Atap dan dinding yang digunakan yaitu plastik *ultraviolet* dengan ketebalan 80 micron. Tipe *greenhouse* yang dibangun yaitu *skillion*.



Gambar 4. 11 Tanaman Cabai Pada *Greenhouse*

Pada Gambar 4.7 merupakan keadaan bagian dalam dari *greenhouse*. Tanaman cabai yang digunakan yaitu berusia 3-4 minggu dengan ukuran berkisar antara 10-15 cm. Tanaman cabai diletakkan dengan jarak antar tanaman yaitu 50 cm dengan tujuan tanaman dapat bertumbuh dan berkembang dengan baik. Media tanam yang digunakan yaitu terdiri dari campuran tanah, pupuk kandang, dan sekam.



Gambar 4. 12 Penempatan *Hardware* pada *greenhouse*

Gambar 4.8 menunjukkan posisi dari alat. Pusat *hardware* diletakkan di tengah *greenhouse* yang sudah dipasang *bracket* agar *hardware* tidak kotor dan mudah untuk dipantau.



Gambar 4. 13 Instalasi Pengkabutan Otomatis

Pemasangan instalasi pengkabutan pada Gambar 4.9 dipasang diatas *greenhouse* dengan menggunakan selang PE hitam ukuran 5/16 yang dipasang *mist nozzle* 0.2 mm sebanyak 4 buah.

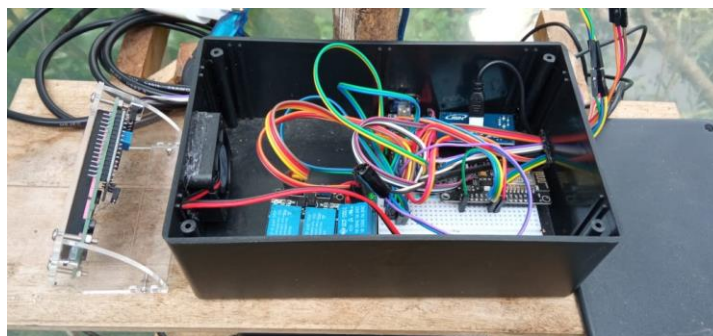


Gambar 4. 14 Instalasi Penyiraman Otomatis

Instalasi penyiraman pada Gambar 4.10 diletakkan di bawah dan dipasangi *drip nozzle*. *Output* air diletakkan tepat di dekat perakaran dari tiap tanaman cabai agar dapat membasahi tanaman dengan sempurna.

#### 4.2.2 Sistem *Hardware*

Arduino Nano menjadi mikrokontroler yang bertugas untuk mengumpulkan data dari beberapa sensor dan memberikan perintah kepada aktuator. Pada Arduino Nano juga dimasukkan kode perhitungan metode *Fuzzy Mamdani* untuk menghitung kebutuhan dari pengairan dan pengkabutan tanaman. Data yang berhasil dibaca dari sensor kemudian diteruskan ke NodeMCU ESP8266 untuk dikirim ke *server*. NodeMCU ESP8266 selain bertugas untuk meneruskan data yang berhasil dibaca dari Arduino Nano untuk dikirimkan ke *server Raspberry* yaitu juga membaca data dari *server* untuk memberikan aksi kepada aktuator melalui Arduino Nano. NodeMCU ESP8266 memanfaatkan komunikasi serial agar dapat bertukar data dengan arduino. Pada Gambar 4.11 menunjukkan *project box* yang di dalamnya terdapat rangkaian komponen utama yang berisikan *relay*, NodeMCU ESP826, dan Arduino Nano.



Gambar 4. 15 Rangkaian Komponen *Hardware*

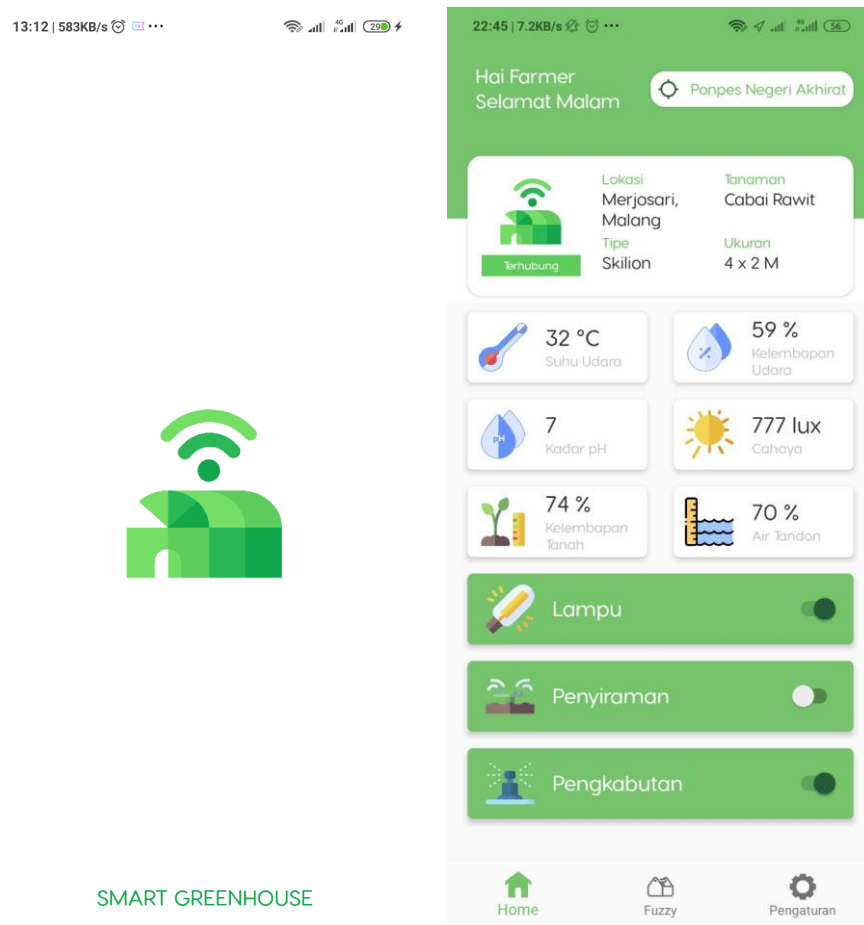
*Raspberry* menjadi pusat penyimpanan data dan sebagai *REST Server* sebagai penghubung semua *request response* baik dari *NodeMCU* maupun aplikasi *smart greenhouse*.

### **4.2.3 Sistem Software**

Pada bagian sistem software yaitu berisikan mengenai penjelasan software sudah yang berhasil dibuat.

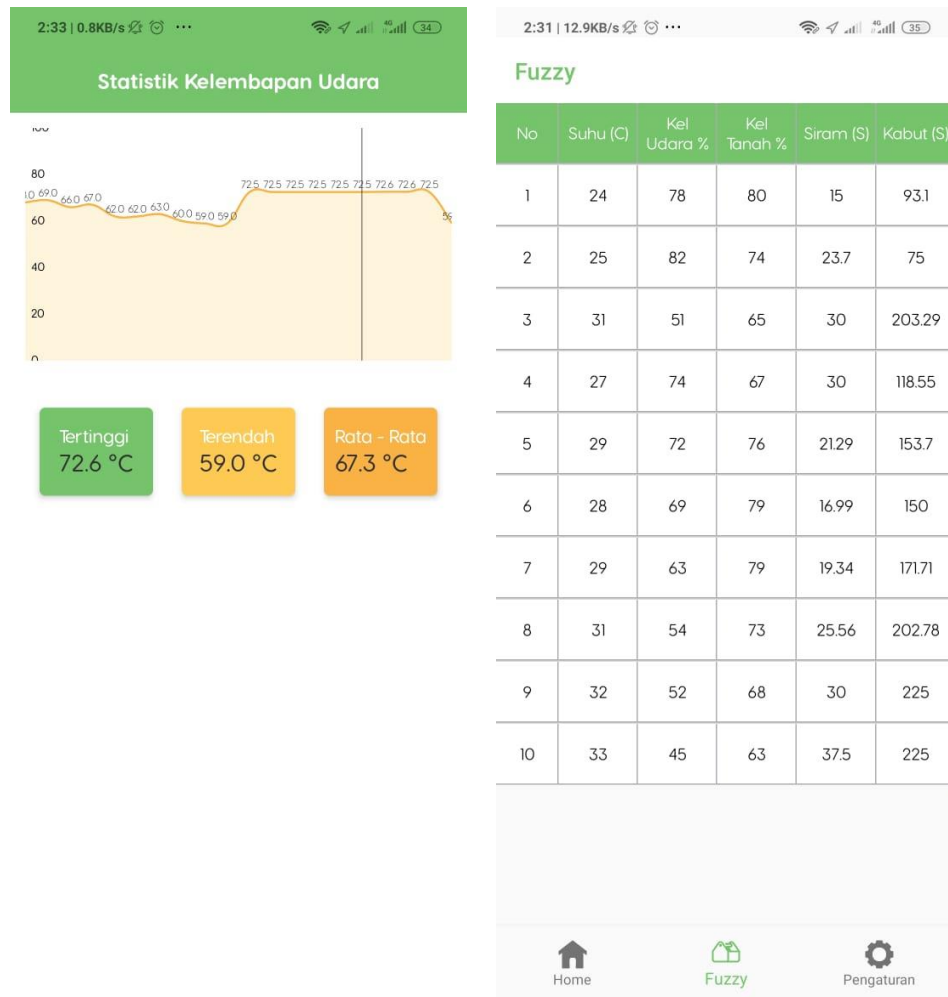
#### **4.2.3.1 Aplikasi Android**

Aplikasi *smart greenhouse* dibuat menggunakan aplikasi android studio menggunakan bahasa kotlin dan xml. Adanya aplikasi ini diantaranya dapat memantau dan mengontrol *greenhouse* dari manapun dan kapanpun. Pembangunan aplikasi dibuat dengan memperhatikan *User Interface* (UI) dan *User Experience* (UX) agar pengguna nyaman dan mudah dalam menggunakan aplikasi.



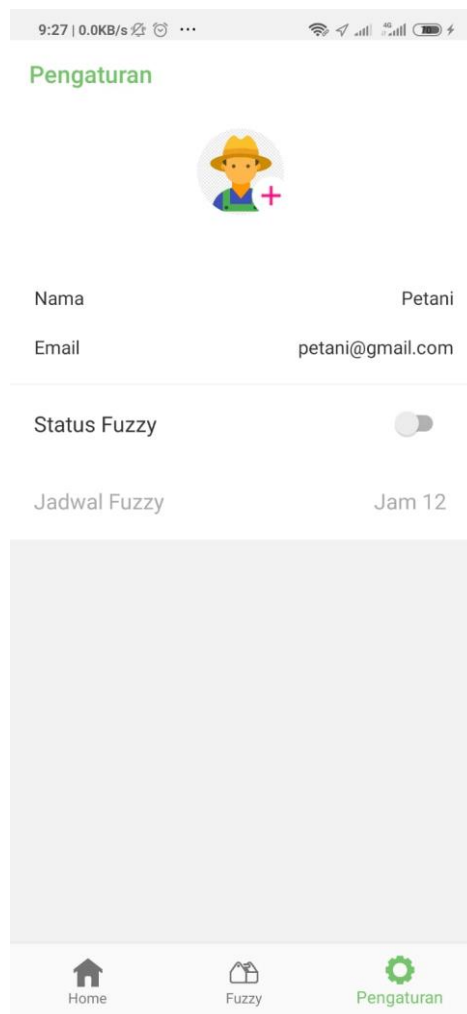
Gambar 4. 16 Halaman Awal Aplikasi

Pada tampilan awal aplikasi seperti pada Gambar 4.16 menunjukkan beberapa informasi mengenai *greenhouse*, sensor, maupun perintah untuk menjalankan aktuator. Ketika metode *fuzzy* dijalankan maka tombol pada penyiraman dan pengkabutan tidak akan aktif.



Gambar 4. 17 Halaman Statistik Kelembapan Udara dan Metode *Fuzzy*

Gambar 4.17 menunjukkan halaman statistik dari pembacaan sensor dan pembacaan dari perhitungan metode *fuzzy*. Pada tampilan statistik pembacaan kelembapan udara terdapat grafik dan juga informasi diantaranya kelembapan tertinggi, terendah, dan rata-rata. Sedangkan pada halaman *fuzzy* terdapat sebuah tabel yang memuat informasi hasil perhitungan dari penggunaan metode *fuzzy mamdani*.



Gambar 4. 18 Halaman Pengaturan Aplikasi

Pada halaman pengaturan seperti pada Gambar 4.18 terdapat informasi mengenai petani dan perintah untuk menjalankan metode *fuzzy*. Metode *fuzzy* dapat diatur kapan waktu penyiraman dan pengkabutan otomatis dijalankan.

#### 4.2.4 Perkembangan Tanaman Cabai



Gambar 4. 19 Perkembangan Tanaman Cabai

Hasil perkembangan tanaman cabai dapat dilihat pada Gambar 4.19. Dimana tanaman cabai berusia kurang lebih 2 bulan setelah tanam berada di dalam *greenhouse*. Efek adanya *smart greenhouse* membuat tanah selalu dalam keadaan stabil sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Tanaman cabai yang berada di dalam *smartgreenhouse* dapat berbunga lebih cepat daripada yang penanaman cabai biasa.

#### 4.3 Integrasi Islam

Dampak dari kemajuan di bidang sains dan teknologi terbukti telah memberikan banyak kemudahan bagi kelangsungan hidup manusia. Sebagai kaum muslim sudah seharusnya bisa memanfaatkan teknologi sebaik mungkin bahkan menciptakan teknologi yang bisa bermanfaat untuk umat, bangsa dan agama.

Dalam membudidayakan tanaman manusia sebagai khalifah sudah seharusnya untuk menjaga dan merawat lingkungan dan tumbuhan sekitar dengan baik. Pada QS Al-A'raf Ayat 58 Allah Swt. berfirman

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكِدًا ۚ كَذَلِكَ نُصَرِّفُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ

*“Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur”* (Qs. Al-A'raf/7:58).

Dalam tafsir Al-Misbah, ayat diatas memiliki tafsir berikut “Tanah yang baik, tanamannya tumbuh subur dan hidup dengan izin Allah. Dan tanah yang tidak subur, tidak menghasilkan kecuali sedikit tanaman yang tidak berguna, bahkan menjadi penyebab kerugian pemiliknya”. Prof. Dr. Wahbah Az-Zuhaili dalam kitab tafsir Al-Wajiz menjelaskan “dan tanah yang baik” yakni materi dan strukturnya baik jika disiram. Secara umum tanaman membutuhkan media tanam berupa tanah yang subur. Tanah merupakan salah satu faktor lingkungan tanaman agar dapat tumbuh dengan baik. Dengan ayat tersebut dapat mengambil pelajaran bahwa dalam menanam perlu memperhatikan kondisi lingkungan yang bagus untuk mendapatkan tanaman yang bagus pula.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Penelitian yang berjudul “*Smart Greenhouse* dengan Metode *Fuzzy Mamdani* berbasis *Internet of Things*” telah berhasil dibangun sesuai dengan rancangan penelitian dan memenuhi tujuan dari pembangunan *smart greenhouse*. Arduino Nano dapat berfungsi untuk membaca sensor, memberikan aksi kepada aktuator, dan melakukan perhitungan *fuzzy mamdani* untuk menentukan kebutuhan penyiraman dan pengkabutan tanaman. NodeMCU berfungsi menerima dan mengirimkan data ke Arduino Nano melalui komunikasi serial untuk dikirimkan menuju *server*. *Raspberry* berfungsi untuk penyimpanan data dan *rest server* dari sistem *Internet of Things*. Sistem pantau dan kontrol otomatis dilakukan melalui aplikasi android. Sensor-sensor yang digunakan dalam penelitian dilakukan pengujian agar kinerja dari sensor dapat diketahui dengan mencari nilai rata-rata *error*. Terdapat 4 parameter yang diukur dalam penelitian yaitu suhu didapatkan *error* sebesar 1,47%, kelembapan udara didapatkan *error* 6,1%, kelembapan tanah didapatkan *error* sebesar 2,8%, dan sensor jarak didapatkan *error* 0,9%. Hasil pengujian dari perhitungan metode *fuzzy mamdani* didapatkan hasil persentasi keberhasilan yaitu 99,95% dan pada *fuzzy sugeno* yaitu 67,98% sedangkan pada otomatisasi aktuator yaitu 93,21%. Kesimpulan dari hasil akurasi tersebut menunjukkan bahwa sistem berhasil berjalan dengan baik.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian “*Smart Greenhouse* dengan Metode *Fuzzy Mamdani* Berbasis *Internet of Things*” yang sudah dilakukan agar dapat memperluas pengembangan dan manfaat dari sistem maka peneliti menyarankan untuk penelitian selanjutnya.

1. Menambahkan sistem dengan pengaturan suhu dan pupuk secara otomatis sehingga kondisi lingkungan pada *greenhouse* semakin stabil.
2. Menggunakan mikrokontroler dengan kapasitas memori yang lebih besar.
3. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai efektivitas jaringan dan pengaruh pertumbuhan tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. R. Firdhausi, A. Budiyanto, and I. Nurcahyani. (2018) *Rancang Bangun Smart Greenhouse untuk Budidaya Tanaman Cabai (Capsicum Annum L.) dengan OS Android*. Prosiding Seminar Nasional ReTII, Nov.
- Adhiguna, R. T., & Rejo, A. (2018). *Teknologi Irigasi Tetes dalam Mengoptimalkan Efisiensi Penggunaan Air di Lahan Pertanian*. Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018, (pp. 107-116). Palembang
- Agustia, D., & Soufyan, D. (2019). *Kajian Usahatani Jagung Di Desa Pasi Mali Kecamatan Woyla Barat Kabupaten Aceh Barat*
- Agustina, S., Widodo, P., & Hidayah, H. A. (2014). *Analisis Fenetik Kultivar Cabai Besar Capsicum Annuum L. Dan Cabai Kecil Capsicum frutescens L*. Scripta Biologica. 1: 113-123
- Arafat, M. K. (2016). *Sistem Pengamanan Pintu Rumah Berbasis Internet Of Things (Iot) Dengan Esp8266*. Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik “Technologia” 7(4), 262–268.
- Az-Zuhaili, Wahbah. (1996). *Tafsir al-Wajiz*, Beirut: Dar Al-Fikr.
- Caesar Pats Yahwe, Isnawaty, L. F. A. (2016). *Rancang Bangun Prototype System Monitoring Kelembaban Tanah Melalui Sms Berdasarkan Hasil Penyiraman Tanaman*, semanTIK, pp. 97–110. doi:10.1016/j.ccr.2005.01.030.
- Cobantoro, Adi Fajaryanto., Setyawan, Mohammad Bhanu; Budi Wibowo, Miftahudin Agung. *Otomasi Greenhouse Berbasis Mikrokomputer RASPBERRY PI*. Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia, [S.l.], v. 13, n. 2, p. 115-124, sep. 2019. ISSN 2580-8397.
- Gunawan, Ruddy., Hibatullah, Fadil., Sandi. Andhika, Tegas. (2019). *Sistem Monitoring Kelembapan Tanah, Suhu, pH dan Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Tomat Berbasis Internet of Things*. TELEKONTRAN. 7:1
- Handayani, Ade., Silvia, Meylani, Andry, Ciksadan. (2017) *Perbandingan Kinerja Sistem Logika Fuzzy Tipe-1 dan Interval Tipe-2 pada Aplikasi Mobile Robot*. Prosiding Annual Research Seminar 2017, 3 (1). pp. 209-214
- Kusumadewi, S. (2002). *Analisis & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, Sri., Purnomo, Hari. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung*

*Keputusan*, Edisi Kedua-Yogyakarta, Penerbit Graha Ilmu.

- L. G. Hakim, A. Sofwan, and A. Triwiyatno. (2021) "*Perancangan Sistem Rekayasa Lingkungan Smart Greenhouse Menggunakan Fuzzy Logic Controller Pada Tanaman Cabai*," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1
- Minariyanto, Ahmad & Mardiono, Mardiono & Lestari, Sri. (2020). *Perancangan Prototype Sistem Pengendali Otomatis Pada Greenhouse Untuk Tanaman Cabai Berbasis Arduino Dan Internet of Things (IoT)*. *Jurnal Teknologi*. 7:121-135.
- N, Nesi. (2016). Simulasi Sistem Untuk Pengontrolan Lampu Dan Air Conditioner Dengan Menggunakan Logika Fuzzy. *Jurnal Informatika*. 10. 10.26555/jifo.v10i1.a3348.
- Pamungkas, Sandi. (2020). *Smart Greenhouse System on Paprican Plants Based on Internet of Things*. *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*. 7:197-207.
- Panduardi, F., & Haq, E. S. (2016). *Wireless Smart Home System Menggunakan Raspberry Pi*. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan*, 3(1), 320–325.
- Pratigna S. dan Wartoyo. (2006). *Buku Ajar Dasar Hortikultura*. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta. 70 pp.
- Ridwan U. (2011). *Greenhouse Solusi untuk Menghadapi Perubahan Iklim dalam Budidaya Pertanian*. Diakses pada 5 April 2021 <https://inspirasitabloid.wordpress.com>.
- Roem, Ruminta. (2016). *Analisis Penurunan Produksi Tanaman Padi Akibat Perubahan Iklim di Kabupaten Bandung Jawa Barat*. *Kultivasi*. 15:1
- Sebayang L. (2014). *Bercocok Tanam Paprika*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Utara. 35 pp.
- Simeone, Bova. (2010). *A Logical Analysis of Mamdani-type Fuzzy Inference, I Treorical Bases*.
- Simpson, M. G., (201). *Plant Systematics*, Elsevier, Burlington, USA. Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts, U. S.A.
- Swastika, S., Pratama, D., Hidayat, T., Andri, K.B., (2017). *Petunjuk Teknis Teknologi Budidaya Cabai Merah*. Unipersitas Riau Press. 58 hlm.
- Shihab, Muhammad Quraish. (2012). *Tafsir al-Misbah*, Jakarta: Lentera Hati.