

**SISTEM MONITORING DAN OTOMASI PENYIRAMAN, PENGATUR PH,  
DAN PENGATUR SUHU BERBASIS INTERNET OF THINGS PADA  
GREENHOUSE MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY**

**SKRIPSI**

**Oleh :**

**MIFTACH NOORVICKIA MU'AFFAQ**

**NIM. 17650096**



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

**2021**

## DAFTAR ISI

|   |    |
|---|----|
| <b>BAB I</b> .....  | 1  |
| <b>PENDAHULUAN</b> .....                                      | 1  |
| 1.1 Latar Belakang .....                                      | 1  |
| 1.2 Pernyataan Masalah.....                                   | 5  |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                                    | 6  |
| 1.4 Batasan Masalah .....                                     | 6  |
| <b>BAB II</b> .....   | 8  |
| <b>STUDI PUSTAKA</b> .....                                    | 8  |
| 2.1 Penelitian Terkait .....                                  | 8  |
| 2.2 Landasan Teori .....                                      | 15 |
| 2.2.1 Kebutuhan Air pada Tanaman Tomat.....                   | 15 |
| 2.2.2 Kebutuhan Suhu pada Tanaman Tomat.....                  | 17 |
| 2.2.3 Kebutuhan pH pada Tanaman Tomat .....                   | 18 |
| 2.2.4 Greenhouse .....  | 18 |
| 2.2.5 Irigasi Tetes.....                                      | 19 |
| 2.2.6 Internet Of Thing berbasis Artificial Intelligence..... | 21 |
| 2.2.7 Metode Logika <i>Fuzzy</i> .....                        | 23 |
| 2.3 Kerangka Teori.....                                       | 35 |
| <b>BAB III</b> .....  | 37 |
| <b>KONSEP RANCANGAN</b> .....                                 | 37 |
| 3.1 Desain Penelitian .....                                   | 37 |
| 3.1.1 Analisis Masalah.....                                   | 38 |
| 3.1.2 Studi Literature .....                                  | 39 |
| 3.1.3 Pengumpulan data.....                                   | 39 |
| 3.2 Desain Alur Sistem.....                                   | 40 |
| 3.2.1 Desain Sistem Penyiraman .....                          | 40 |
| 3.2.2 Desain Sistem Pengaturan pH.....                        | 42 |

|  |            |
|--|------------|
| 3.2.3 Desain Sistem Pengaturan Suhu .....            | 43         |
| 3.2.4 Desain Transmisi Data ke Internet.....         | 45         |
| 3.3 Kebutuhan Sistem.....                            | 46         |
| 3.3.1 NodeMCU.....                                   | 46         |
| 3.3.2 Soil Moisture Sensor.....                      | 46         |
| 3.3.3 Sensor BME280.....                             | 47         |
| 3.3.4 Sensor pH.....                                 | 47         |
| 3.3.5 Tampilan Data di Web.....                      | 47         |
| 3.4 Penerapan Metode .....                           | 48         |
| 3.4.1 Fuzzifikasi.....                               | 49         |
| 3.4.2 Inferensi .....                                | 61         |
| 3.4.3 Defuzzifikasi .....                            | 69         |
| 3.5 Rencana Pengujian Sistem .....                   | 72         |
| 3.6 Prosedur Pelaksanaan Penelitian .....            | 74         |
| 3.6.1 Penanaman Tanaman Tomat.....                   | 74         |
| 3.6.2 Perawatan Tanaman.....                         | 74         |
| 3.6.3 Pengamatan dan Pengambilan Data.....           | 75         |
| <b>BAB IV .....</b>                                  | <b>76</b>  |
| <b>PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>                | <b>76</b>  |
| 4.1 Hasil Pengujian.....                             | 76         |
| 4.1.1 Pengujian System Menggunakan Logika Fuzzy..... | 76         |
| 4.2 Pembahasan .....                                 | 95         |
| 4.2.1 Perhitungan Logika Fuzzy .....                 | 95         |
| 4.2.2 Source Code Mikrokontroler .....               | 101        |
| 4.2.3 Sistem Hardware .....                          | 111        |
| 4.2.4 Sistem Interface .....                         | 122        |
| 4.2.5 Integrasi Islam.....                           | 126        |
| <b>BAB V .....</b>                                   | <b>131</b> |
| <b>PENUTUP .....</b>                                 | <b>131</b> |
| 5.1 KESIMPULAN .....                                 | 131        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 5.2 SARAN .....             | 132        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> | <b>133</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 2. 1 Irigasi Tetes .....  | 20  |
| Gambar 2. 2 Representasi Linier Garis Naik .....                             | 25  |
| Gambar 2. 3 Representasi Linier Garis Turun .....                            | 26  |
| Gambar 2. 4 Representasi Bentuk Kurva Segitiga.....                          | 27  |
| Gambar 2. 5 representasi kurva trapezium.....                                | 28  |
| Gambar 2. 6 Kurva Bentuk Bahu.....   | 29  |
| Gambar 2. 7 Kurva S.....   | 30  |
| Gambar 2. 8 Proses Inferensi Fuzzy .....                                     | 31  |
| Gambar 2. 9 Kerangka Teori.....  | 36  |
| Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....   | 38  |
| Gambar 3. 2 Desain Sistem Penyiraman dengan Menggunakan Logika Fuzzy .....   | 40  |
| Gambar 3. 3 Desain Sistem Penyiraman Tanpa Menggunakan Logika Fuzzy .....    | 41  |
| Gambar 3. 4 Desain Sistem Pengaturan pH Menggunakan Logika Fuzzy .....       | 42  |
| Gambar 3. 4 Desain Sistem Pengaturan pH Menggunakan Logika Fuzzy .....       | 42  |
| Gambar 3. 5 Desain Sistem Pengaturan pH Tanpa Menggunakan Logika Fuzzy ..... | 43  |
| Gambar 3. 5 Desain Sistem Pengaturan pH Tanpa Menggunakan Logika Fuzzy ..... | 43  |
| Gambar 3. 6 Desain Sistem Pengaturan Suhu dengan Logika Fuzzy .....          | 43  |
| Gambar 3. 7 Desain Sistem Pengaturan Suhu Tanpa Logika Fuzzy.....            | 44  |
| Gambar 3. 8 Desain Transmisi Data ke Internet .....                          | 45  |
| Gambar 3. 9 Desain InterfaceTampilan data di website .....                   | 48  |
| Gambar 3. 10 Alur fuzzy.....   | 49  |
| Gambar 3. 11 fungsi keanggotaan suhu .....                                   | 50  |
| Gambar 3. 12 fungsi keanggotaan kelembaban tanah.....                        | 52  |
| Gambar 3. 13 fungsi keanggotaan waktu.....                                   | 54  |
| Gambar 3. 14 fungsi keanggotaan suhu .....                                   | 55  |
| Gambar 3. 15 fungsi keanggotaan kelembaban .....                             | 56  |
| Gambar 3. 16 fungsi keanggotaan kipas .....                                  | 58  |
| Gambar 3. 17 fungsi keanggotaan Ph .....                                     | 58  |
| Gambar 3. 18 fungsi keanggotaan $\Delta$ pH .....                            | 60  |
| Gambar 3. 19 Output Pengaturan pH.....                                       | 61  |
| Gambar 3. 20 Rumus Centroid .....  | 71  |
| Gambar 4. 1 Rangkaian sistem tampak atas .....                               | 111 |
| Gambar 4. 2 Rangkain sistem tampak samping.....                              | 112 |
| Gambar 4. 3 Rangkain sistem pada greenhouse.....                             | 112 |
| Gambar 4. 4 Rangkaian NodeMCU .....  | 113 |
| Gambar 4. 5 Pemasangan sensor kelembaban tanah pada greenhouse .....         | 114 |
| Gambar 4. 6 Sensor BME280 .....  | 115 |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 4. 7 Sensor pH .....                                  | 116 |
| Gambar 4. 8 Output pengaturan penyiraman .....               | 117 |
| Gambar 4. 9 Ouput pengaturan suhu berupa kipas .....         | 118 |
| Gambar 4. 10 cairan ph up ph down sebelum diaplikasikan..... | 119 |
| Gambar 4. 11 Ouput Pengaturan pH .....                       | 120 |
| Gambar 4. 12 Tampilan Greenhouse .....                       | 121 |
| Gambar 4. 13 Greenhouse tampak samping .....                 | 121 |
| Gambar 4. 14 Halaman Dashboard Smart Greenhouse .....        | 123 |
| Gambar 4. 15 Halaman Penyiraman .....                        | 124 |
| Gambar 4. 16 Halaman Pengatur suhu.....                      | 125 |
| Gambar 4. 17 Halaman Pengatur pH .....                       | 126 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Suhu Pertumbuhan Tanaman Tomat.....                            | 17 |
| Tabel 3. 1 Informasi nilai pada fungsi keanggotaan suhu .....             | 50 |
| Tabel 3. 2 Informasi nilai pada fungsi keanggotaan kelembaban tanah ..... | 52 |
| Tabel 3. 3 Rule Base .....  | 61 |
| Tabel 3. 4 Rancangan pengujian Logika Fuzzy pada Penyiraman .....         | 72 |
| Tabel 3. 5 Rancangan pengujian Logika Fuzzy pada Suhu .....               | 73 |
| Tabel 3. 6 Rancangan pengujian Logika Fuzzy pada pH.....                  | 73 |
| Tabel 4. 1 Pengujian System menggunakan Fuzzy pada penyiraman .....       | 77 |
| Tabel 4. 2 Pengujian System menggunakan Fuzzy pada pengaturan suhu.....   | 83 |
| Tabel 4. 3 Pengujian System menggunakan Fuzzy pada pengaturan pH .....    | 89 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dalam pengembangan *agribisnis*, Tomat merupakan salah satu produk hortikultura yang mempunyai prospek baik. Berdasarkan data statistik kementrian pertanian pada tahun 2017 produksi tomat di Indonesia sebanyak 962.845 ton/ha (Ragil et al., 2019), angka tersebut mengalami kenaikan dari hasil produksi pada tahun sebelumnya . Selain itu kontribusi produksi tomat di Malang merupakan yang terbesar di Jawa Timur dengan produksi sebesar 313.618 ton pada tahun 2018 (*Produksi Tanaman Sayuran Di Provinsi Jawa Timur Menurut Kabupaten/Kota Dan Jenis Tanaman (Ton), 2017 Dan 2018*, 2019).

Untuk dapat tumbuh dengan baik tomat memerlukan kondisi yang lingkungan yang sesuai. Pengairan yang cukup serta kelembaban yang sesuai adalah salah satu syarat tomat dapat tumbuh dengan baik (Caesar Pats Yahwe, Isnawaty, 2016). Apabila tanaman tomat kekurangan air akan mengakibatkan tanaman menjadi kerdil ukuran buah mengecil, daun menguning hingga tanaman mati. Sebaliknya, apabila tanaman tomat berada pada kondisi kelebihan air akan menyebabkan timbulnya jamur pada bagian bawah tanaman, hingga busuk akar (Zulkarnain et al., 2017). Untuk menghasilkan buah tomat yang baik hasilnya perlu diperhatikan juga kadar nutrisi yang diberikan pada tanaman tomat. Untuk mengetahui pemberian nutrisi yang ideal dapat diketahui dengan mengetahui tingkat keasaman dari media tanam, oleh karena itu pengaturan pH secara berkala dan sesuai dengan kondisi lingkungan tanaman sangat



diperlukan untuk menghasilkan hasil tanam yang baik. Selain itu, salah satu masalah dalam pengembangan tanaman tomat pada *greenhouse* yaitu masalah suhu udara tinggi, dikarenakan apabila suhu udara tinggi maka mengakibatkan gugur bunga dan kegagalan dalam pembentukan buah, hal tersebut berakibat produksi tomat akan menurun (Susila et al., 2011). Sehingga pengaturan suhu dalam *greennhouse* merupakan hal yang diperlukan guna produksi tomat yang lebih berkualitas.

Dalam budidaya tanaman salah satu cara memberikan lingkungan yang mendekati kondisi optimum bagi pertumbuhan tanaman adalah penggunaan *greenhouse* (Tando, 2019). Pengendalian parameter lingkungan yang berpengaruh terhadap tanaman misal kondisi penyiraman, suhu dan pH dapat dengan mudah dikendalikan. Selain itu penggunaan *greenhouse* dapat menghindarkan tanaman dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan.

Namun penggunaan *greenhouse* secara manual belum memanfaatkan fungsi *greenhouse* secara optimal. Kesalahan baik teknis maupun non teknis seperti ketidakakuratan data pemantauan masa tanam, pengukuran pH tanah, pengukuran kelembaban tanah dan masa penyiraman yang ideal masih banyak ditemui pada pemanfaatan *greenhouse* secara manual. Seiring dengan perkembangan teknologi informasi saat ini yang memasuki era Revolusi Industri 4.0, menawarkan efisiensi kerja dan peningkatan produktifitas termasuk dalam bidang pertanian pangan dengan menggantikan kerja manual menjadi secara otomatis. Didukung dengan perkembangan kecerdasan buatan yang mampu memprediksi segala hal dengan melatih terlebih dahulu dengan data latih. Sehingga dibutuhkan suatu Artificial Intelligence dalam membuat sistem otomatisasi

greenhouse yang dapat membantu pekerjaan petani sehingga mendapat hasil yang lebih maksimal dan optimal dalam memanfaatkan fungsi greenhouse.

Logika *Fuzzy* adalah salah satu Artificial Intelligence (AI) yang memiliki kemampuan untuk menyelesaikan masalah suatu perilaku sistem yang kompleks, dinamik dan tidak pasti. Dikarenakan logika *fuzzy* memiliki kemampuan mengolah informasi numerik dari variabel yang diukur (M. Sugeng Riadi, Erli Saputra, 2016). Dengan demikian apabila logika *fuzzy* diimplemetasikan maka dapat mengatasi proses dari suatu sistem tersebut. Salah satu logika *fuzzy* yaitu *fuzzy* mamdani, *Fuzzy Logic* Mamdani merupakan salah satu metode yang sangat fleksibel dan memiliki toleransi data yang ada. Metode Mamdani disebut juga dengan metode min-max yang mampu mengambil minimum dan nilai keanggotaan yang maksimal sehingga dapat diterapkan optimalisasi penjualan dengan lebih mudah dan murah perhitungan (Kurniawan & Witanti, 2021). Penerapan *fuzzy* pada IoT pertanian ini digunakan untuk sistem kontrolnya, dengan melibatkan *fuzzy* maka dapat mengambil sebuah keputusan yang sesuai terhadap kebutuhan dan sistem IoT dapat bekerja secara efektif dan efisien (E. P. Gunawan, 2020). Pada penelitian yang diajukan ini penulis berfokus pada 3 masalah yakni penyiraman, pengaturan suhu dan pengaturan Ph, dengan inputan yang akan digunakan adalah pada penyiraman yakni parameter suhu dan kelembaban tanah dengan output berupa waktu penyiraman. Kemudian pada pengaturan suhu yakni parameter suhu dan kelembaban dengan output berupa menghidupkan dan mematikan akuator kipas, selanjutnya adalah pengaturan Ph terdiri dari 2 input yakni parameter

Ph (hasil pembacaan sensor pH meter) dan  $\Delta$ pH (selisih selisih data pembacaan pH sekarang dan sebelumnya ) dengan output pengaturan Ph.

Perkembangan teknologi saat ini khususnya Internet of Things (IoT) telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat secara praktis. Dalam suatu penelitian disebutkan manfaat dari penggunaan IoT di bidang pertanian antara lain kontrol keamanan dan pencegahan penipuan, keunggulan kompetitif, distribusi kekayaan, pengurangan biaya, dan efisiensi operasional (Elijah et al., 2018). Selain itu kelebihan IoT adalah dapat menghubungkan pengguna lebih mudah berinteraksi dengan semua peralatan yang terhubung dengan internet (Syadza et al., 2018). Dengan IoT produksi dari hasil pertanian akan lebih optimal dan efisien, yang mana hal tersebut akan berpengaruh baik terhadap pendapat yang diperoleh para petani (Tani, 2020). Pemanfaatan dari IoT lebih memudahkan para petani dalam mengoperasikan suatu alat atau perangkat secara otomatis dan tidak menggunakan cara yang manual lagi, sehingga hal tersebut dapat mempermudah aktivitas para petani (Agrapana, 2020). Dampak positif IoT ini juga sangat baik untuk perkembangan dunia IT dalam mempermudah segala aktivitas manusia yang dalam hal ini pada bidang pertanian, salah satunya adalah pada budidaya tanaman hidroponik (Komaludin, 2018). Terlebih dengan pemanfaatan Artificial Intelligence diharapkan teknologi tersebut dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi kerja petani guna mengoptimalkan fungsi greenhouse.

Berdasarkan hal tersebut, diperlukannya sebuah sistem yang dapat otomatis melakukan penyiraman, pengaturan pH, dan pengaturan suhu dengan menerapkan

Artificial Intelligence yang dalam hal ini menggunakan logika *Fuzzy*, serta memberikan informasi berbasis internet (Internet of Things) dengan memanfaatkan cloud computing. Oleh karena itu, penulis mengajukan skripsi yang berjudul “Sistem Monitoring dan Otomasi Penyiraman, Pengatur pH, dan Pengatur Suhu Berbasis Internet Of Things pada *Greenhouse* Menggunakan Logika *Fuzzy*”. Dengan inputan yang akan digunakan adalah pada penyiraman yakni parameter suhu dan kelembaban tanah dengan output berupa waktu penyiraman. Kemudian pada pengaturan suhu yakni parameter suhu dan kelembaban dengan output berupa menghidupkan dan mematikan aktuator kipas, selanjutnya adalah pengaturan Ph terdiri dari 2 input yakni parameter Ph (hasil pembacaan sensor pH meter) dan  $\Delta pH$  (selisih selisih data pembacaan pH sekarang dan sebelumnya ) dengan output pengaturan Ph. Sehingga dapat menghasilkan sistem otomatisasi sesuai dengan kebutuhan pada tanaman tomat dengan bantuan logika *fuzzy* dan dapat memonitoring secara realtime menggunakan IoT. Dengan adanya sistem tersebut, diharapkan kinerja petani lebih efisien serta fungsi greenhouse lebih optimal.

## **1.2 Pernyataan Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian maka terdapat pernyataan masalah yaitu, berapa tingkat akurasi sistem penyiraman, pengatur pH, dan pengatur suhu otomatis dan monitoring berbasis Internet of Things jika menggunakan logika *Fuzzy*?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui tingkat akurasi sistem penyiraman, pengatur pH, dan pengatur suhu otomatis dan monitoring berbasis Internet of Things dengan logika *Fuzzy*.

### 1.4 Batasan Masalah

Objek tanaman yang diteliti adalah 4 tanaman tomat. Perangkat keras yang digunakan antara lain Node mcu, Motor driver, pompa dc 12v, bm280, soil moisture, sensor pH. *Fuzzy* yang digunakan adalah *fuzzy* mamdani. Inputan dalam penelitian ini yang akan digunakan adalah pada penyiraman yakni parameter suhu dan kelembaban tanah dengan output berupa waktu penyiraman. Kemudian pada pengaturan suhu yakni parameter suhu dan kelembaban, selanjutnya adalah pengaturan Ph terdiri dari 2 input yakni parameter Ph (hasil pembacaan sensor pH meter) dan  $\Delta pH$  (selisih selisih data pembacaan pH sekarang dan sebelumnya). Dengan outputnya yang berupa pengaturan lama waktu penyiraman, menghidupkan dan mematikan akuator kipas, serta pengaturan pwm pada pompa cairan ph *up* atau cairan ph *down*. Jumlah data pengujian sejumlah 168 data dari masing-masing fitur. Adapun pengujian dilakukan selama 2 hari dengan interval pembacaan selama 15 menit, pengujian ini fokus pada hasil pengujian sistem dengan logika *fuzzy* dan kemudian dibandingkan dengan tanpa logika *fuzzy*.

Inputan suhu pada penyiraman adapun fungsi keanggotaannya adalah: dingin, agak dingin, normal, agak panas, dan panas. Inputan kelembaban tanah pada penyiraman fungsi keanggotaannya adalah kering, lembab, dan basah. dan fungsi

keanggotaan pada output penyiraman adalah waktu yang berupa mati, cepat, sedang, agak lama dan lama. Dan pada pengaturan suhu inputan suhu memiliki fungsi keanggotaan sangat dingin, dingin, sedang, panas dan sangat panas. Adapun fungsi keanggotaan kelembaban pada pengaturan suhu adalah rendah, sedang dan tinggi. dengan fungsi keanggotaan outputnya adalah on dan odd pada akuator kipas. Pada pengaturan ph yang mana parameter Ph terdiri dari 3 fungsi keanggotaannya diantaranya adalah asam, netral dan basa. Dan untuk parameter  $\Delta pH$  memiliki 3 fungsi keanggotaannya yaitu negatif, netral dan positif. dengan fungsi keanggotaan outputnya adalah turun cepat, turun lambat, stop, naik lambat dan naik cepat.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

- 1 Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi Dinas Pertanian dalam mekanisasi pertanian sehingga dapat membantu upaya Dinas Pertanian dalam proses peningkatan laju produksi sektor pangan di Indonesia.
- 2 Membantu petani dalam efisiensi kegiatan bertani.
- 3 Memberikan rekomendasi sebagai bahan pertimbangan bagi produsen alat pertanian dalam melakukan kajian mengenai prototype alat pertanian yang menerapkan sistem monitoring dan otomasi.
- 4 Penelitian ini juga dapat dijadikan rujukan untuk peneliti lain yang akan mengembangkan penelitian.

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terkait**

Saat ini rekayasa di bidang IoT telah berkembang pesat, seiring dengan kemudahan dalam desain dan produksi perangkat-perangkat cerdas, dan bersifat *open source* baik dari sisi hardware maupun softwarena. Hardware misalnya minimum sistem dan *shield* bisa disusun ulang secara bebas (*customize*), sedangkan kode program bisa dibaca secara bebas, dan ditulis ulang sesuai kustomisasi hardware, bahkan bisa dipublikasikan secara terbuka.

Dengan demikian telah banyak karya-karya yang dihasilkan oleh para perekayasa, dan beberapa diantaranya kami pelajari untuk menjadi rujukan dalam menyusun karya ilmiah ini, diantaranya adalah :

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mat, Kassim, Harun dan Yusoof yaitu yang berjudul IoT in Precision Agriculture Applications Using Wireless Moisture Sensor Network. Precision Agriculture (PA) menggunakan WMSN untuk memungkinkan irigasi yang efisien. Dalam tulisan ini, peneliti menjelaskan tentang IoT dan WMSN dalam aplikasi pertanian khususnya di lingkungan rumah kaca. Penelitian ini menjelaskan dan membuktikan efisiensi metode kontrol umpan balik dalam irigasi tanaman rumah kaca. Sebuah tes dilakukan untuk melihat perbedaan kedua metode ini. Metode yang digunakan adalah irigasi berdasarkan jadwal atau irigasi berbasis umpan balik. Irigasi sesuai jadwal adalah untuk memasok air ke pabrik pada periode waktu tertentu. Irigasi berbasis umpan balik adalah untuk mengairi tanaman ketika

kelembaban atau tingkat kebasahan media mencapai nilai yang telah ditentukan. Tes menunjukkan bahwa ada penghematan rata-rata 1.500 ml per hari per pohon (Mat et al., 2016).

Pada penelitian yang berjudul *The Construction of the Integration of Water and Fertilizer Smart Water Saving Irrigation System Based on Big Data*, peneliti menggunakan Internet hal-hal dan beberapa teknologi lainnya untuk memonitor secara real-time dan secara otomatis mengumpulkan data yang berkaitan dengan pertumbuhan tanaman di ladang dan kemudian mengunggahnya ke database target pusat data besar Universitas Pertanian Shandong. Pusat data besar dengan cerdas menyimpan, menyaring, mengkalibrasi, menambang, dan mengekstraksi data pemantauan untuk menetapkan model pertumbuhan tanaman berdasarkan data besar, yang dapat memprediksi dan memperkirakan kebutuhan air tanaman dalam periode pertumbuhan yang berbeda dan membuat keputusan irigasi otomatis dan pemupukan, akhirnya mewujudkan irigasi tanaman yang tepat waktu dan tepat (Zhang et al., 2017).

Penelitian serupa yang dilakukan oleh Ali, Choksi dan Potdar yaitu yang berjudul *Precision Agriculture Monitoring System Using Green Internet of Things (G-IoT)*. Ali (2018) mengemukakan bahwa aplikasi pertanian yang ada yang menggabungkan IOT membantu meningkatkan produktivitas tanaman. Namun, aplikasi ini juga memperkenalkan beberapa kelemahan, oleh karena itu para peneliti saat ini bekerja untuk mengalahkan tantangan ini dalam aplikasi futuristik dengan menggunakan teknologi baru tanpa atau minimal berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia; Green IoT (G-IoT) dan green nanotechnology



muncul. Teknologi ini tidak mudah digunakan oleh petani. Jadi, pekerjaan penelitian ini bertujuan untuk membangun Sistem Pemantauan Pertanian Presisi yang real-time dan hemat biaya dengan konsumsi daya yang lebih sedikit, emisi Gas Rumah Kaca (GHG) yang lebih sedikit, dan antarmuka yang ramah pengguna untuk membantu para petani memantau variasi parameter parameter mereka. pertanian (cuaca, air, tanah, deteksi hama, deteksi intrusi, deteksi kebakaran) secara berkala dari mana saja dan kapan saja menggunakan ponsel pintar mereka. Sistem yang diusulkan akan bertindak sebagai sistem pendukung keputusan yang membantu petani untuk mengambil tindakan yang sesuai berdasarkan variasi parameter pertanian; dengan mengirim email peringatan kepada petani saat dibutuhkan (Ali, 2018).

Pada penelitian yang berjudul Iot Based Monitoring System In Smart Agriculture ini memiliki tujuan untuk memanfaatkan teknologi yang berkembang, yaitu IoT dan pertanian cerdas menggunakan otomasi. Pemantauan faktor lingkungan adalah faktor utama untuk meningkatkan hasil panen yang efisien. Fitur dari penelitian ini termasuk memantau suhu dan kelembaban di bidang pertanian melalui sensor menggunakan CC3200 chip tunggal. Kamera dihubungkan dengan CC3200 untuk mengambil gambar dan mengirim gambar itu melalui MMS ke ponsel petani menggunakan Wi-Fi (Prathibha et al., 2017).

Pada penelitian serupa yang berjudul Pengembangan Sistem Kendali Cerdas Dan Monitoring Pada Budidaya Buah Tomat, peneliti membangun sistem dengan metode prototype, kemudian untuk sistem cerdas dengan model decision tree. Sistem dibangun dengan mengintegrasikan mikrokontroler Arduino dipadukan dengan sensor

kelembaban dan suhu, yang dapat secara otomatis mengendalikan dan dapat dipantau secara real-time melalui cloud server dan android. Sebagai hasil dari penelitian ini, sistem mampu menjadi salah satu media pendukung dalam meningkatkan kualitas dan jumlah produksi, serta mengurangi kegagalan panen akibat perubahan cuaca (Hari et al., 2017).

Pada penelitian Automatic Watering Device For Tomato Using Soil Moisturesensor, peneliti berfokus pada otomasi dengan alasan selain memudahkan penyiraman juga memungkinkan untuk mengatur kelembaban tanah antara 70-80% yang cocok untuk tomat. Alat ini memiliki tiga komponen utama yaitu mikrokontroler sebagai pengendali penyiraman utama, sensor YL-69 untuk menghitung nilai kelembaban tanah dan RTC sebagai jam untuk menjadwalkan waktu penyiraman. Ada dua tahapan dalam penelitian ini. Tahap pertama adalah perancangan perangkat keras yang berfungsi untuk menghitung kadar air tanah kemudian berdasarkan informasi tersebut melakukan tugas penyiraman. Tahap terakhir adalah perancangan perangkat lunak dengan tujuan menjaga kelembaban tanah pada kisaran 70-80%. Ini dilakukan dengan mengatur IDE Arduino menggunakan Bahasa Pemrograman C. Hasil dari penelitian ini adalah telah dibuat pengontrol penyiraman yang mampu menjaga kelembaban tanah rata-rata 79,5%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perangkat ini dapat bekerja dengan baik (Pollo, 2019).

Pada penelitian Kendali dan Pemantauan Kelembaban Tanah, Suhu Ruangan, Cahaya Untuk Tanaman Tomat, sistem yang diajukan diharapkan dapat mengurangi resiko kegagalan dalam pemeliharaan tanaman tomat dan diharapkan dapat

mengontrol dan memantau keadaan tanaman tomat itu sendiri, serta dapat meringankan pekerjaan manusia dalam proses pemeliharaan dikarenakan proses yang dilakukan secara otomatis. Sistem ini mengendalikan semua perangkat secara otomatis dikarenakan menggunakan sensor untuk membaca nilai yang ada pada sekitar, sensor kelembaban tanah berfungsi untuk membaca nilai kelembaban tanah dan sekaligus untuk mengatur kendali dari pompa air untuk melakukan penyiraman, sensor DHT22 berfungsi untuk membaca nilai suhu ruangan untuk mengatur pengoperasian fan dalam menstabilkan suhu ruangan agar tetap stabil di bawah 29oC yang sudah disesuaikan dengan kebutuhan tanaman suhu tomat, dan sensor LDR (Light Dependent Resistance) untuk membaca pancaran sinar matahari untuk mengatur saklar yang terhubung dengan lampu agar lampu dapat aktif dan tidak aktif secara otomatis hal ini dikarenakan tanaman tomat memerlukan pancaran sinar cahaya atau sinar matahari lebih dari 12 jam per harinya. Sistem ini dapat berfungsi sebagai pengendali dan pemantau untuk pemeliharaan tanaman tomat berdasarkan masukan dari masing-masing sensor (Ginanjari et al., 2018).

Penelitian terkait mengenai penggunaan logika *fuzzy* pernah dilakukan oleh Tajrie, Sumaryo, dan Ekaputri dalam penelitiannya yang berjudul Sistem Kendali Penyiraman dan Pencahayaan Tanaman Otomatis pada Smart *GreenHouse* Menggunakan Logika *Fuzzy*, pada penelitian tersebut sistem pencahayaan, dan penyiraman pada *greenhouse* akan dibuat otomatis, sistem penyiramannya menggunakan sistem *drip watering* yang mana sistem tersebut sangat hemat air dalam

menyiram banyak tanaman. Sistem penyiraman dan pencahayaan tanaman disetting otomatis dengan cara membandingkan beberapa faktor, dalam hal ini antara lain suhu, intensitas cahaya, dan kelembapan tanah. Kemudian hasilnya akan ditampilkan dilayar LCD untuk kemudahan pengamatan di greenhouse. Logika *fuzzy* yang dirancang dalam penelitian ini menggunakan dua parameter input yakni, nilai dari sensor suhu dan nilai sensor kelembapan tanah. Outputnya berupa delay dalam satuan mili second, yang mana hasil dari penerapan sistem kontrol *fuzzy* memiliki perbedaan nilai 0,16 detik dari perhitungan simulasi menggunakan matlab dan sistem otomatisasi ini dapat bekerja dengan baik (Tajrie et al., 2017).

Pada penelitian yang berjudul Penerapan Metode Logika *Fuzzy* Untuk Alat Kontrol Kelembapan Tanah Pada Greenhouse Laboratorium Tanah BPTP Jawa Timur, menggunakan *fuzzy* untuk mengaktifkan automatic valve pada alat kontrol kelembapan tanah. Penggunaan compiler pada penelitian ini adalah NI LabVIEW, cara compiler tersebut bekerja dengan graphical programming dan juga tersedia sebuah user interface untuk memonitor data kelembapan tanah dan tekanan air. Perancangan desain *fuzzy* dirancang bermula dari membuat sebuah variable input *fuzzy*, setelah itu merancang membership function kemudian didapatkan sebuah ketentuan untuk rule *fuzzy*. Pada penelitian ini terdapat lima membership untuk sensor kelembapan dan untuk sensor tekanan air terdapat tiga membership. Hasil dari penelitian ini adalah sistem yang telah dirancang dapat mengetahui waktu siram pada alat kontrol kelembapan tanah berdasarkan kelembapan tanah dan tekanan air menggunakan logika *fuzzy* (M. R. Maulana et al., 2018).

Penelitian serupa yang berjudul Penyiraman Tanaman Otomatis dengan Metode *Fuzzy Mamdani*, dalam penelitiannya menggunakan logika *fuzzy mamdani* ditanamkan pada mikrokontroler sebagai acuan dalam mengambil keputusan saat tanaman disiram atau tidak berdasarkan nilai dari sensor kelembaban tanah dan sensor suhu udara, sehingga kebutuhan air pada tanaman dapat terpenuhi. Dengan menggunakan 2 buah sensor yaitu sensor suhu dan sensor kelembaban sebagai input dan relay pompa air sebagai output, maka rule yang ditetapkan pada mikrokontroler dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan penyiraman tanaman (Jaya, 2021).

Penelitian yang berjudul Sistem Pendukung Keputusan *Fuzzy Mamdani* pada Alat Penyiraman Tanaman Otomatis memanfaatkan pengetahuan dari *fuzzy mamdani* untuk digunakan sebagai acuan kapan waktu tanaman tersebut disiram atau tidak butuh disiram. Adapun hasil dari penelitian ini adalah *fuzzy* sudah dapat bekerja dengan baik dalam sistem yang mana dibuktikan dengan hasil pengujian apabila kondisi pada tanaman memiliki suhu udara 30 derajat celcius dan kelembapan tana 50% maka tanaman tidak akan disiram, namun apabila suhu udara mencapai 31 derajat celcius dan kelembapan tanah 22% maka tanaman akan disiram dengan durasi yang lama, kondisi lama ini telah diatur sesuai dengan rule pada mikrokontroler (Asih, 2018).

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu tersebut diatas, diketahui bahwa penelitian penggunaan kecerdasan buatan khususnya logika *fuzzy* ramai dibahas oleh para peneliti, yang mana hal tersebut merupakan topik yang diminati oleh para peneliti. Khususnya penggunaan Artificial Intelligence (AI) pada otomatisasi tanaman ini sangat menarik untuk di teliti. Namun, belum ada penelitian sebelumnya yang berjudul

sistem penyiraman, pengatur pH, dan pengatur suhu otomatis dan monitoring berbasis Internet of Things pada greenhouse menggunakan logika *Fuzzy*, yang mana sistem monitoringnya tersebut langsung terhubung dengan website. Dan belum ada penelitian sebelumnya yang secara komprehensif membuat sistem penyiraman, pengaturah suhu dan Ph dalam satu penelitian. Penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada satu faktor saja.

Pada penelitian ini terkait dengan validasi diukur dengan alat ukur yang tersedia. penilaian akurasi didasarkan pada keadaan tanaman yang mengharuskan dilakukan tindakan atau tidak. jika waktunya tindakan tetapi tidak ada tindakan atau sebaliknya berarti error.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Kebutuhan Air pada Tanaman Tomat**

Menurut Tini menyatakan bahwa *Solanum lycopersicum* atau Tomat adalah tanaman sayuran yang sangat peka terhadap kekuarangan air. Kebutuhan air pada tanaman tomat muda hanya memerlukan air yang sedikit, namun kebutuhan air mulai meningkat ketika tanaman mulai berbunga, dan kebutuhannya lebih banyak lagi pada saat tanaman mulai memiliki buah dan pembesaran hingga buah matang (E. Maulana, 2010). Pemberian air yang berlebihan pada tanaman tomat dapat menjadikan tomat tumbuh memanjang, mudah terserang penyakit dan tidak dapat menyerap unsur hara, namun kekurangan air pada tanaman tomat dalam jangka waktu yang berkepanjangan mengakibatkan pecah-pecah pad buah dan menyebabkan kerontokan pada bunga,

oleh karena itu, kebutuhan air pada tanaman tomat harus sesuai tidak terlalu banyak dan tidak boleh kekurangan air (Pertanian, 2015).

Kendala dalam budidaya tomat di lahan kering pada daerah dataran rendah adalah kekurangan air, yang menyebabkan aerasi dalam tanah terganggu sehingga oksigen didalam tanah tidak lancar sehingga ketersediaan air dapat mempengaruhi hasil dan kualitas buah. Oleh karena itu dibutuhkan pemberian air secara optimal untuk meningkatkan dan mendapatkan hasil yang lebih baik. Dalam sebuah penelitian yang menggunakan rumus perhitungan Caolli dalam menentukan kebutuhan air pada tanaman tomat, hasilnya menunjukan fase pertama diperlukan irigasi tetes sekitar 0,738 m<sup>3</sup>, untuk fase Vegetative aktif sekitar 1,667 m<sup>3</sup> dan untuk pembungaan hingga pematangan buah awal digunakan air sekitar 3,087 m<sup>3</sup> (Negara et al., 2020).

Berdasarkan Modul 10 dari BPSDM (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia) Kemterian PUPR (Pekerjaan Umum dan perumahan Rakyat) dalam pusat pendidikan dan pelatihan sumber daya air dan konstruksi (Konstruksi, 2018) menyatakan bahwa total besar dari kebutuhan air pada tanaman tomat dalam masa pertumbuhan adalah sebesar 30,17 liter atau 86,2 mm untuk masa awal, 60,37 liter atau 172,5 mm untuk masa perkembangan, 92,68 liter atau 264,8 mm untuk masa pertengahan tanam dan membutuhkan air sebesar 76,16 liter atau 217,6 mm untuk masa penuaan.

### 2.2.2 Kebutuhan Suhu pada Tanaman Tomat

Dalam petumbuhan tanaman tomat, suhu merupakan salah satu kebutuhan yang mempengaruhi tumbuh kembang tanaman. Suhu yang cukup teratur dapat menghasilkan tomat yang berkualitas unggul. Adapun suhu ideal yang diperlukan tomat adalah 24 – 28°C. Apabila suhu terlalu tinggi maka warna buah cenderung berwarna kuning, dan apabila terlalu fluktuatif warnanya akan tidak merata (Ginanjari et al., 2018). Suhu ideal tomat berkisar pada angka 24-28°C, hal tersebut mengakibatkan apabila tomat berada pada suhu yang tinggi maka akan menghambat pertumbuhan (Afifah et al., 2020). Sedangkan pada sumber lain (Irvan, 2019) menyebutkan bahwa tomat menghendaki iklim yang kering, pada siang hari dengan suhu kering kisaran 18-27°C, dan pada malam hari kisaran suhu 15-20°C. Suhu pertumbuhan tomat berdasarkan pada penelitian sebelumnya (Nusantara et al., 2021) dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2. 1 Suhu Pertumbuhan Tanaman Tomat

| <b>Fase<br/>Perumbuhan</b> | <b>Minimal (°C)</b> | <b>Optimal (°C)</b> | <b>Maksimal (°C)</b> |
|----------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Perkecambahan              | 11                  | 16-29               | 34                   |
| Pertumbuhan Bibit          | 18                  | 21-24               | 32                   |
| Pemupukan                  | 10                  | 15-17               | 30                   |
| Perubahan Warna            | 18                  | 20-24               | 30                   |



### 2.2.3 Kebutuhan pH pada Tanaman Tomat

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tomat salah satunya adalah pH atau *Power of Hydrogen* yang merupakan derajat keasaman yang biasa digunakan untuk menyatakan tingkat suatu keasaman maupun kebasaan suatu larutan. Adapun kebutuhan pH pada tanaman tomat adalah berkisar 4,5 sampai 6,5 (Prasetya et al., 2019) (Boedi Setiawan et al., 2019). Sebenarnya tomat dapat ditanam pada segala jenis tanah, namun untuk pertumbuhan yang baik sebaiknya tomat ditanam pada tanah lempung berpasir subur, gembur dan bisa merembeskan air dengan pH 5,5 – 7 (Afifah et al., 2020). Diperlukan pH yang stabil supaya tidak terlalu asam yang akan mengakhibatkan unsur hara pada tomat terganggu (R. Gunawan et al., 2019).

### 2.2.4 Greenhouse

Menurut sari (2018) *greenhouse* adalah bangunan berkontruksi yang memiliki sifat tembus pandang, *greenhouse* mampu memanipulasi iklim yang dapat menciptakan kondisi lingkungan sesuai dengan yang dikehendaki dalam usaha pemeliharaan suatu tanaman (Putri et al., 2019). Di Indonesia *Greenhouse* digunakan untuk penelitian percobaan ketahanan tanaman terhadap hama, percobaan pemupukan, budidaya, kultur jaringan, persilangan, hidroponik, dan penanaman tanaman diluar musim tanam tanaman tersebut (Antonio, 2019). *Greenhouse* dapat menjauhkan tanaman dari gangguan penyakit ataupun hama yang tidak inginkan. *Greenhouse* yang dibangun di Indonesia kebanyakan digunakan untuk kegiatan budidaya tanaman dan percobaan daya tahan hama terhadap tanaman. Pada prinsipnya pengembangan *greenhouse*

digunakan untuk memenuhi kebutuhan hasil pertanian yang berkelanjutan tanpa mengenal musim (Putri et al., 2019). Struktur *greenhouse* di daerah tropis sering digunakan untuk mengontrol suhu dan faktor lingkungan fisik tanaman pada *greenhouse* salah satunya adalah suhu, karena apabila suhu tinggi dapat mempercepat tanaman kehilangan air dan tenaga. Oleh karena itu dalam praktiknya tanaman dalam *greenhouse* disarankan perbedaan suhu antara siang dan malamnya antara 5-10°C agar mendapatkan suhu yang stabil sesuai dengan kebutuhan tanaman (Alim, 2019).

### **2.2.5 Irigasi Tetes**

Irigasi tetes adalah suatu cara pemberian air terhadap tanaman. Cara yang digunakan adalah dengan cara meneteskan air tersebut melalui bantuan pipa-pipa di sepanjang tanaman. Pada dasarnya irigasi tetes terbagi menjadi 3 macam dilihat dari jenis cucuran air, antara lain *viaflow* atau air merembes sepanjang pipa lateral, air menetes melalui alat aplikasi yang dipasang pada pipa lateral, dan air menetes melalui lubang-lubang pada pipa lateral (Ekaputra et al., 2017).

Dalam irigasi tetes terdapat metode pemberian airnya, antara lain sebagai berikut:

- a. Irigasi tetes, air diberikan dalam bentuk tetesan yang terus menerus pada permukaan tanah.
- b. Irigasi bawah permukaan, air irigasi diberikan dibawah permukaan tanah menggunakan *emitter*.

- c. Bubbler irrigation, air irigasi diberikan menggunakan pipa kecil seperti aliran kecil ke permukaan tanah.
- d. Irigasi Percik, air irigasi diberikan menggunakan penyemprot kecil (Sapei, 2006).

Kelebihan irigasi tetes ini adalah efisien dan hemat air, menghindari akibat penguapan, dapat memaksimalkan fungsi hara tanaman pada awal pertembuhan, mempercepat proses penyesuaian bibit dengan tanah, menekan resiko penumpukan garam, menekan pertumbuhan gulma, menghemat tenaga kerja (Admindpu, 2020). Selain itu terdapat kekurangan dari irigasi tetes ini adalah memerlukan perawatan yang intensif, serta keterbatasan biaya dan teknik (Sapei, 2006). Berikut visualisasi irigasi tetes:



Gambar 2. 1 Irigasi Tetes

Sumber : (News, 2016)

Berikut ini persamaan matematika dalam irigasi tetes berdasarkan dengan penelitian sebelumnya (Muanah et al., 2020) ,

Debit penetes *emitter* :

$$Q = \frac{v}{t}$$

Koefisien keseragaman tetes :  $Cu = 100(1 - \frac{\sum [ai - \bar{a}]}{\sum ai})$

Menentukan kebutuhan air tanaman :  $G = d \cdot Sp \cdot Sr$

Keterangan :

$Q$  = debit penetes (liter/detik)

$V$  = volume tetesan emitter (liter)

$T$  = waktu (detik)

$Cu$  = koefisien keseragaman irigasi (%)

$Ai$  = nilai masing-masing air pada wadah (ml)

$\bar{a}$  = nilai rata-rata dari volume air pada wadah (ml)

$\sum [ai - \bar{a}]$  = jumlah deviasi absolut rata-rata pengukuran (ml)

$G$  = kebutuhan air pertanaman (liter/hari)

$d$  = kedalaman irigasi bruto (m)

$Sp$  = jarak antara tanaman (m)

$Sr$  = jarak alur tanaman (m)

## 2.2.6 Internet Of Thing berbasis Artificial Intelligence

*Internet of Things (IoT)* adalah kemampuan menghubungkan benda cerdas yang memiliki kemampuan untuk saling berinteraksi dengan benda lain atau dengan berbagai perangkat komputasi cerdas melalui akses internet (Putri et al., 2019). Teknologi IoT menggunakan mikrokontroler sebagai pengontrol rangkaian elektronik

dan menyimpan program yang berada didalamnya, perancangan IoT ini berbasis Artificial Intelligence (AI) yang dalam hal ini menggunakan logika *fuzzy* sebagai sistem kontrolnya, dengan menggunakan rule base IF.. THEN.. yang telah ditentukan maka dengan *fuzzy* dapat menghasilkan sebuah keputusan.

Internet Of Thing berbasis Artificial Intelligence berarti Artificial Intelligence ditambahkan ke dalam Internet Of Thing, apabila kedua hal tersebut sudah berkolaborasi maka dapat diartikan bahwa suatu sistem atau perangkat yang terhubung dengan internet dapat menganalisa sebuah data dan membuat suatu keputusan berdasarkan data tersebut tanpa campur tangan manusia lagi. Dengan perpaduan Internet Of Thing dengan Artificial Intelligence akan terbentuk suatu sistem cerdas yang mampu bekerja secara efisien dan efektif (E. P. Gunawan, 2020). Sistem IoT non-pintar akan memiliki kemampuan terbatas dan akan tidak dapat berkembang dengan data. Namun, sistem IoT yang memiliki AI lebih cerdas dan dapat melayani tujuan otomatisasi (Ghosh et al., 2018). Kecerdasan buatan adalah solusi terbaik untuk mengelola aliran dan penyimpanan data yang sangat besar di jaringan IoT (Osuwa et al., 2019).

IoT dalam penelitian ini digunakan sebagai sistem monitoring, yang mana datanya berasal dari kondisi tanaman tomat yang sedang diteliti. Data yang dimonitor oleh sistem meliputi data keadaan kelembaban tanah, suhu udara dan data Ph. Data tersebut diambil dari sensor yang digunakan, kemudian data dikirim melalui internet ke database yang berada di cloud server, kemudian data tersebut dapat diakses melalui

website secara realtime. Dari data yang berada di database tersebut kemudian diolah dengan *fuzzy* untuk melakukan sistem otomatisasi sesuai dengan keadaan tanaman dan kebutuhan tanaman meliputi penyiraman, suhu dan pH. Dengan berdasarkan rumus logika *fuzzy* yakni IF..THEN yang akan digunakan sebagai acuan dalam memberikan sebuah keputusan.

### 2.2.7 Metode Logika *Fuzzy*

Munculnya logika *fuzzy* dilatarbelakangi oleh adanya sebuah kesenjangan antara hukum-hukum matematika dengan permasalahan sesungguhnya. di kehidupan nyata. Dengan demikian perlu suatu metode analisa baru untuk mendeteksi solusi yang optimal terhadap permasalahan real. Metode tersebut dikenal sebagai logika *fuzzy* (logika kabur atau tidak jelas). Ada beberapa alasan digunakannya logika *fuzzy*, antara lain:

- a) Konsep *fuzzy* logic mudah dimengerti dan fleksibel. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sederhana dan mudah dimengerti.
- b) Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
- c) *Fuzzy* logic memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
- d) *Fuzzy* logic mampu memodelkan fungsi-fungsi non-linear yang kompleks.
- e) *Fuzzy* logic dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.

- f) *Fuzzy* logic dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
- g) *Fuzzy* logic didasarkan pada bahasa alami

#### **2.2.7.1. Himpunan *Fuzzy***

Pada himpunan tegas (Crisp), nilai keanggotaan suatu item  $x$  dalam suatu himpunan  $A$ , yang sering ditulis dengan  $A[x]$ , memiliki 2 kemungkinan, yaitu: a. satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan. b. nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan. Untuk memahami system *fuzzy* maka terdapat beberapa hal yang perlu diketahui yakni variable *fuzzy*, himpunan *fuzzy*, semesta pembicaraan, dan domain. Variable *fuzzy* adalah variable yang akan digunakan dalam sebuah penelitian, dan dalam penelitian ini variable yang digunakan adalah variable suhu, kelembaban tanah, dan Ph. Sedangkan himpunan *fuzzy* adalah himpunan yang mewakili suatu objek pada variable *fuzzy*. semesta pembicaraan adalah bilangan yang mana akan terus bertambah nilai positif maupun nilai negatifnya, dan domain ini merupakan nilai real yang mewakili semesta pembicaraan tersebut, nilai domain ini diperoleh apabila semua nilai semesta pembicaraan telah dioperasikan dalam *fuzzy*.

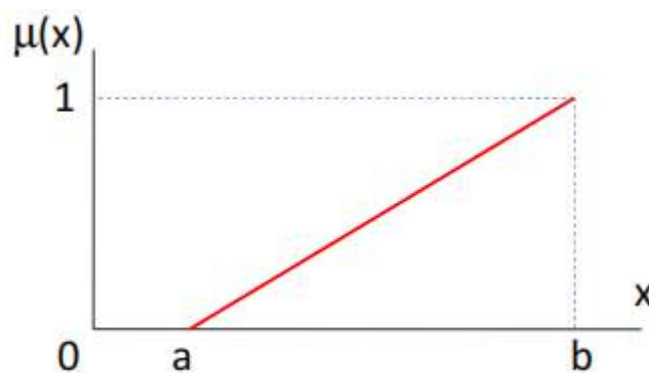
### 2.2.7.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan merupakan suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik masukan data (input) ke dalam nilai keanggotaannya, yang mana derajat keanggotaan memiliki nilai interval 0 – 1 (Kusuma et al., 2020).

Berikut ini merupakan fungsi yang digunakan untuk mendapat nilai derajat keanggotaan:

a. Linier

Berikut ini gambar representasi linier garis naik:



Gambar 2. 2 Representasi Linier Garis Naik

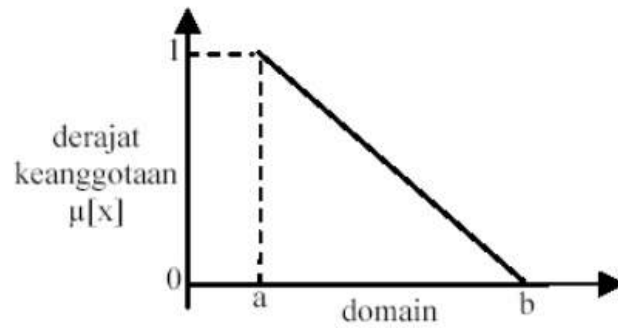
Sumber : (Munir, n.d.)

Persamaan fungsi dari keanggotaan pada kurva yang naik adalah sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Berikut ini gambar representasi linier garis turun:





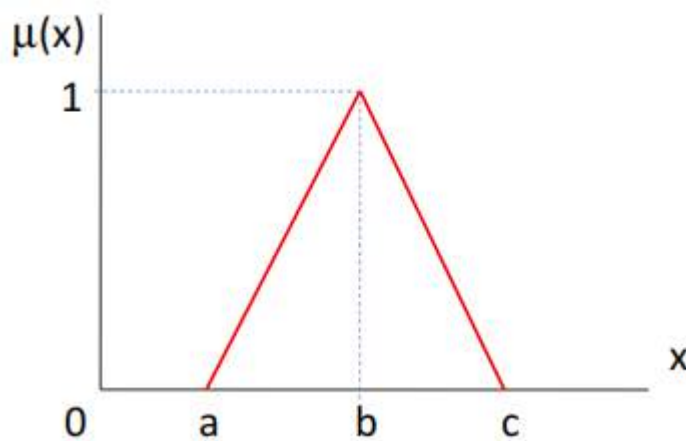
Gambar 2. 3 Representasi Linier Garis Turun

Persamaan fungsi dari keanggotaan pada kurva yang naik adalah sebagai berikut:

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

b. Segitiga

Berikut ini gambar representasi bentuk kurva segitiga:



Gambar 2. 4 Representasi Bentuk Kurva Segitiga

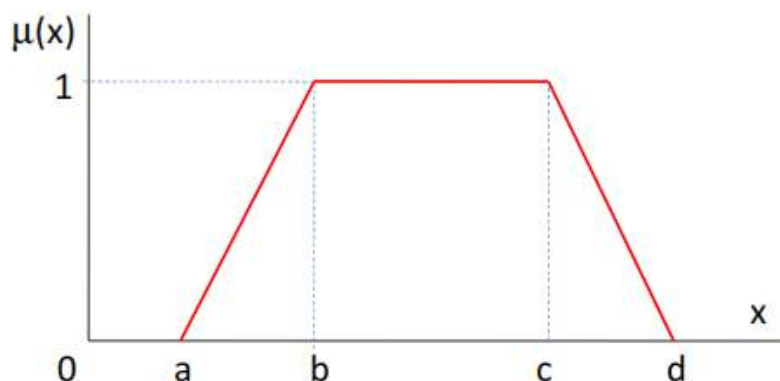
Sumber : (Munir, n.d.)

Persamaan fungsi dari keanggotaan pada kurva segitiga adalah sebagai berikut:

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

#### c. Trapezium

Berikut ini bentuk kurva dengan representasi trapesium:



Gambar 2. 5 representasi kurva trapezium

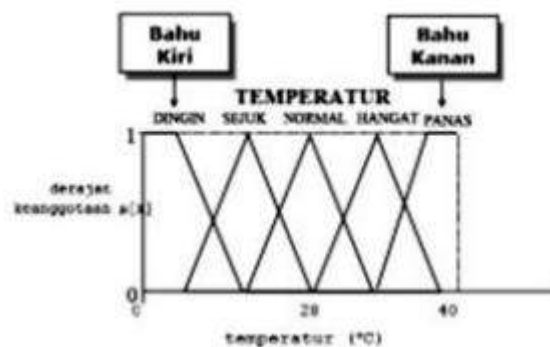
Sumber : (Munir, n.d.)

Adapun persamaan fungsi dari keanggotan kurva trapesium adalah sebagai berikut:

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

#### d. Kurva Bahu

Pada kurva bahu ini dapat diartikan sebagai representasi dari kurva linear dan segitiga. Adapun gambarnya sebagai berikut:



Gambar 2. 6 Kurva Bentuk Bahu

Adapun persamaan fungsi dari keanggotaan kurva bahu kiri adalah sebagai berikut:

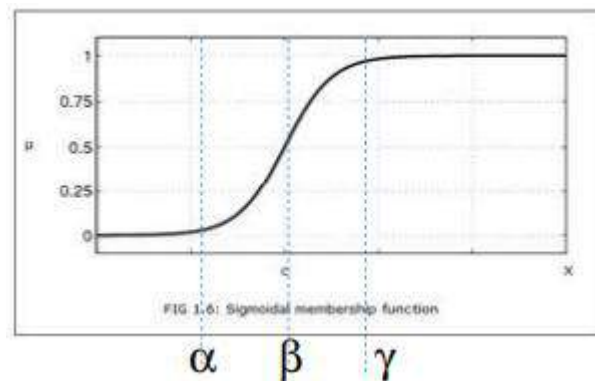
$$\mu(x) = \begin{cases} a & x < a \text{ atau } x > c \\ 1; & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b); & b \leq x \leq c \end{cases}$$

Dan persamaan untuk fungsi keanggotaan kurva bahu kanan adalah:

$$\mu(x) = \begin{cases} a & x < a \\ 1; & x > c \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \end{cases}$$

#### e. Kurva S

Adapun S adalah Sigmoid, yang mana mencerminkan kenaikan dan penurunan yang tidak liner. Adapun gambarnya sebagai berikut:



Gambar 2. 7 Kurva S

Sumber : (Munir, n.d.)

### 2.2.7.3 Operasi Dasar Zadeh pada Himpunan *Fuzzy*

Pada himpunan *fuzzy* memiliki operator dasar, yang mana operasi dasar ini digunakan untuk menghitung pada himpunan *fuzzy*. Namafire strength atau  $\alpha$ -predikat merupakan nilai keanggotaan yang mana sebagai hasil dari operasi dua himpunan. Terdapat tiga operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, antara lain: AND, OR dan NOT (Abrori Muchammad & Amrul, 2015). Adapun penjelasannya sebagai berikut:

#### 1. Operator AND,

Suatu operator yang digunakan untuk menemukan suatu nilai yang paling kecil.

Berikut persamaan dari fungsi MIN :

$$\mu A \cap B = \text{MIN}(\mu A[x], \mu B[y])$$

#### 2. Operator OR,

Suatu operator yang digunakan untuk menemukan suatu nilai yang paling tinggi atau untuk mencari nilai tertinggi, operator ini biasanya menggunakan fungsi MAX.

Berikut persamaan dari fungsi MAX :

$$\mu A \cup B = \text{MAX}(\mu A[x], \mu B[y])$$

### 3. Operator NOT

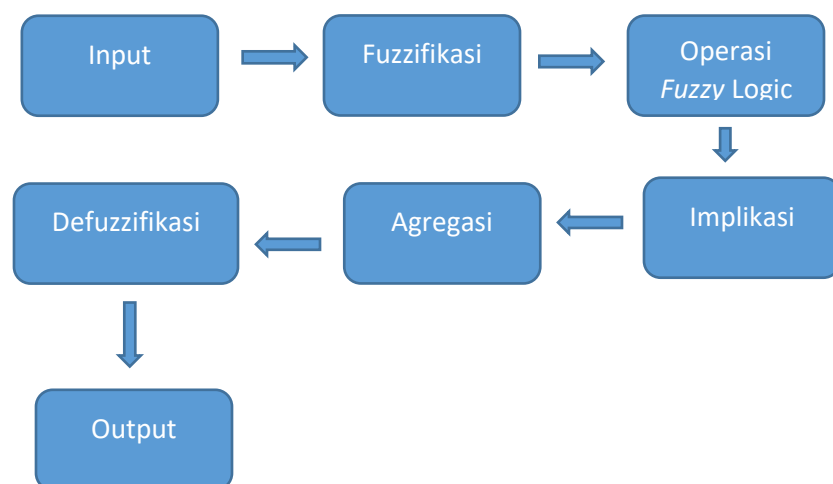
Berikut persamaan dari operator NOT:

$$\mu A' = 1 - \mu A[x]$$

#### 2.2.7.4 Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi *fuzzy* ini merupakan suatu penarikan sebuah kesimpulan yang didapatkan dari sekumpulan aturan *fuzzy* yang berbentuk IF-THEN, dan juga penalaran yang memiliki inputan dan output yang berupa *crisp value* (Rohmawati et al., 2014).

Berikut ini proses yang terjadi didalam system inferensi *fuzzy* :



Gambar 2. 8 Proses Inferensi Fuzzy

Masukan berupa *crisp value* kemudian diproses dalam himpunan *fuzzy*, dan ditentukan derajat keanggotannya. Dan kemudian dicari nilai derajat kebenaran dengan menggunakan operasi logika AND atau OR atau NOR. Yang selanjutnya nilai akan dibandingkan dengan IF THEN yang ada, sehingga diperoleh outputnya.

Pada Inferensi terdapat beberapa metode yang digunakan, dan pada pembahasan ini akan berfokus pada satu metode yakni metode mamdani. Adapun penjelasannya sebagai berikut:

Metode mamdani diartikan sebagai metode penalaran min max yang terdapat beberapa proses didalam metode tersebut. Diantaranya dimulai dari pembentukan himpunan, fungsi implikasi, kemudian membuat rule base, dan yang terakhir melakukan perhitungan pada defuzzifikasi. Adapun penjelasannya sebagai berikut:

a. Himpunan Awal *Fuzzy*

Terdapat himpunan *fuzzy* yang terdiri dari satu ataupun lebih.

b. Fungsi Implikasi

Pada metode mamdani fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi MIN.

c. Membuat Rule Base

- Metode MAX

Dimulai dengan mengambil nilai fungsi keanggotaan yang tertinggi.

Adapun persamaan metode maximum adalah sebagai berikut:

$$\mu_{sf[xi]} = \max (\mu_{sf[xi]}, \mu_{kf[xi]})$$

- Metode SUM

Metode SUM digunakan untuk mendapatkan nilai pada daerah keluaran atau output. Adapun persamaan yang digunakan dalam perhitungan menggunakan metode SUM adalah sebagai berikut:

$$\mu_{sf[xi]} = \min (1, \mu_{sf[xi]} + \mu_{kf[xi]})$$

- Metode Probabilistik OR atau Probor

Digunakan untuk mendapatkan hasil yang dilakukan dengan product ke semua output. Adapun persamaan yang digunakan dalam perhitungan menggunakan metode probor adalah sebagai berikut:

$$\mu_{sf[xi]} = (\mu_{sf[xi]} + \mu_{kf[xi]}) - (\mu_{sf[xi]} * \mu_{kf[xi]})$$

d. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah suatu proses mengubah *output fuzzy* menjadi *crisp value*, sesuai berdasarkan dengan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan (Rohmawati et al., 2014). Terdapat banyak cara yang digunakan untuk proses ini, antara lain sebagai berikut:

- *Centroid Method*



Metode ini digunakan dengan cara mencari pusat dari sebuah *fuzzy*. Dalam metode ini nilai outputnya didapatkan dari pengambilan titik yang mempunyai nilai derajat keanggotaan maksimal. Yang selanjutnya dicari nilai *weighted mean* dari titik tersebut. Berikut persamaan dalam perhitungan semesta diskrit:

$$CoA = \frac{\sum_j^n z_j \mu(z_j)}{\sum_j^n \mu(z_j)}$$

Dan berikut persamaan dalam perhitungan semesta kontinu:

$$CoA = \frac{\int_z z \cdot \mu(z) dz}{\int_z \mu(z) dz}$$

- Metode bisector

Proses metode ini diproses dengan cara mengambil nilai dari domain *fuzzy*, yang mana domain nya merupakan setengah dari hasil perhitungann *fuzzy*. Berikut persamaan yang digunakan:

$$Z_p \text{ sedemikian hingga } \int_1^p \mu(z) dz = \int_p^n \mu(z) dz$$

- Large of Maximum

Diproses dengan melakukan suatu perhitungan guna untuk mendapatkan nilai terbesar pada domain. Large of Maximum biasa disingkat dengan LoM.

- Smallest of Maximum

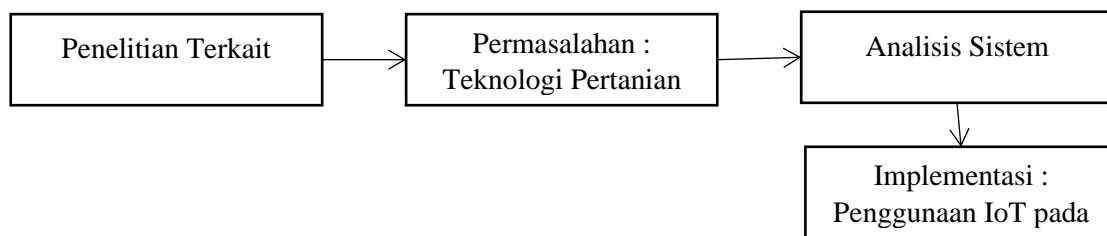
Diproses dengan melakukan suatu perhitungan guna untuk mendapatkan nilai terkecil pada domain. Smallest of Maximum biasa disingkat dengan SoM.

- Mean of Maximum

Diproses dengan melakukan suatu perhitungan guna untuk mendapatkan nilai rata-rata pada domain. Mean of Maximum biasa disingkat dengan MoM.

### **2.3 Kerangka Teori**

Pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang tercantum pada penelitian terkait, peneliti membuat sebuah kerangka teori guna menjabarkan permasalahan yang ada. Jika di tinjau dari penelitian terkait sebelumnya, peneliti sebelumnya melakukan penelitian guna memajukan pertanian dengan teknologi informasi dan IoT. Kerangka teoritis dapat digambarkan dalam diagram berikut ini



Gambar 2. 9 Kerangka Teori

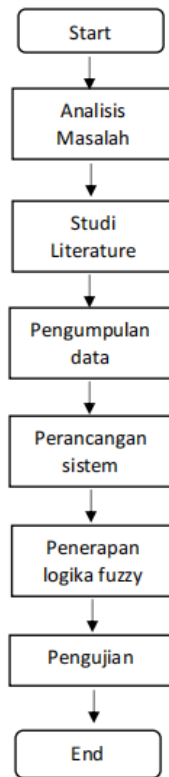
## **BAB III**

### **KONSEP RANCANGAN**

Pada Penelitian ini akan membuat sebuah sistem otomatisasi penyiraman, pengaturan pH dan pengaturan suhu serta monitoring berbasis Internet of Things pada *greenhouse* menggunakan logika *Fuzzy*. Dan pada bab ini akan membahas mengenai desain penelitian, desain system, kebutuhan system, penerapan metode, prosedur pelaksanaan penelitian dan rencana pengujian system.

#### **3.1 Desain Penelitian**

Dalam suatu penelitian dibutuhkan suatu desain penelitian supaya dalam menjalankan penelitian yang akan dilakukan dapat lebih teratur. Adapun jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, yang berarti analisis data yang digunakan dapat diukur. Berikut ini *flowchart* alur penelitiannya:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

### 3.1.1 Analisis Masalah

Analisis masalah dilakukan untuk mengetahui suatu permasalahan yang ada, Adapun hasil analisis masalah adalah ketidakefektifan suatu system pada greenhouse yang dilakukan secara manual khususnya dalam hal monitoring dan otomasi penyiraman, pengaturan ph dan pengaturan suhu. Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini, peneliti ingin membuat suatu system monitoring dan otomatisasi menggunakan bantuan IoT yang didalamnya menggunakan metode artificial intelligence yakni metode *fuzzy*. Tujuannya adalah untuk mempermudah proses monitoring dan untuk mengetahui tingkat akurasi sistem penyiraman, pengatur pH, dan

pengatur suhu otomatis dan monitoring berbasis Internet of Things dengan logika *Fuzzy*.

### **3.1.2 Studi Literature**

Pada tahap ini adalah proses mencari dan mengumpulkan referensi-referensi yang berhubungan dengan system monitoring, otomasi, IoT dan juga tentang logika *fuzzy*. Tujuan dari proses ini adalah untuk bahan acuan dan juga memperkuat penelitian yang dilakukan. Dari penelitian-penelitian sebelumnya dapat peneliti gunakan sebagai data referensi yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Selain itu tahap ini sangat penting guna menambah wawasan dan juga pandangan untuk peneliti. Sehingga hasil dari penelitian ini dapat tercapai sesuai dengan tujuan yang telah disebutkan sebelumnya.

### **3.1.3 Pengumpulan data**

Pada tahap pengumpulan data di penelitian ini, diperoleh dari dua sumber data berikut ini:

#### **a. Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti dari penelitian yang dilakukan atau dari suatu objek penelitian yang diteliti. Data yang diperoleh yakni suhu, Ph dari tanaman tomat dengan menggunakan sensor suhu dan Ph. Kemudian dari data tersebut yang akan diolah pada proses selanjutnya.

#### **b. Data Sekunder**

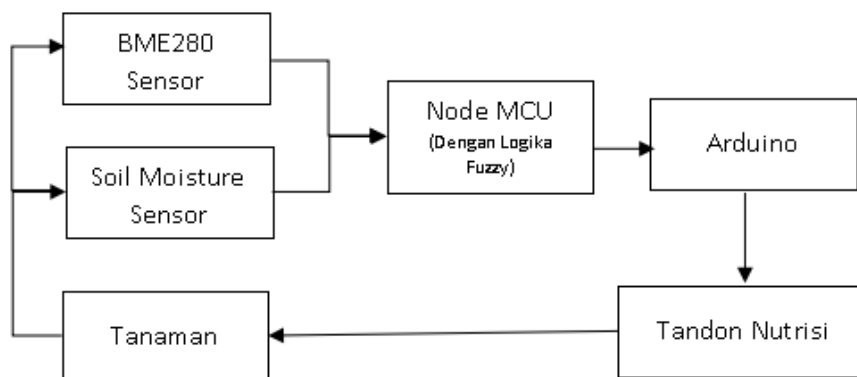
Data sekunder adalah data yang sifatnya sebagai pendukung, dan cara memperoleh juga secara tidak langsung atau dalam artian diperoleh dari jurnal dan penelitian-penelitian terkait, Adapun data yang diperoleh mengenai system otomasi, logika *fuzzy*, fungsi keanggotaan, serta kebutuhan air, suhu dan ph pada tanaman tomat yang ideal.

### 3.2 Desain Alur Sistem

Adapun desain alur sistem yang akan dibuat terbagi menjadi desain sistem penyiraman, desain sistem pengaturan ph, desain sistem pengaturan suhu, dan desain sistem transmisi data ke internet dapat dijabarkan menjadi berikut:

#### 3.2.1 Desain Sistem Penyiraman

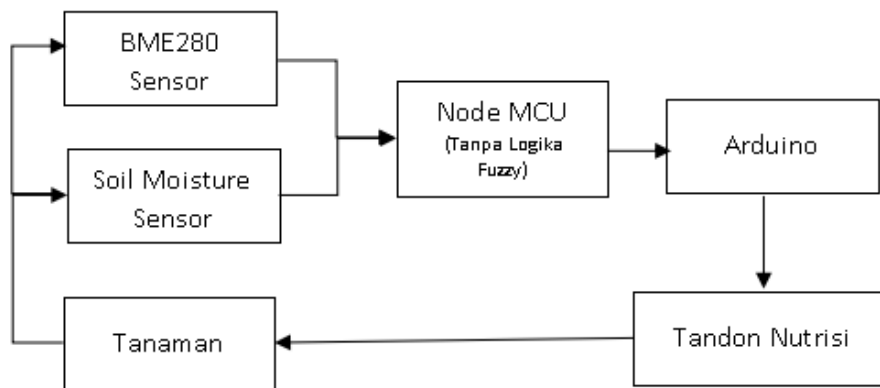
- a. Dengan menggunakan logika *fuzzy*



Gambar 3. 2 Desain Sistem Penyiraman dengan Menggunakan Logika Fuzzy

Soil Moisture Sensor mengambil data keadaan kelembaban media tanam. Secara bersamaan BME 280 Sensor mengambil data kelembaban udara dan suhu udara. Data-data tersebut kemudian diolah pada Node MCU menggunakan logika *fuzzy* kemudian mengirimkan data output ke arduino, yang kemudian memberikan keputusan penyiraman pada tanaman.

b. Tanpa menggunakan logika *Fuzzy*



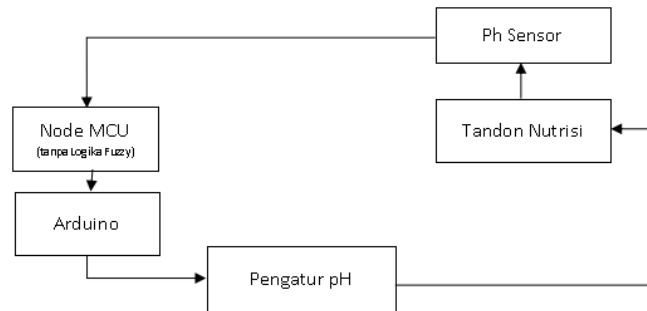
Gambar 3. 3 Desain Sistem Penyiraman Tanpa Menggunakan Logika Fuzzy

Soil Moisture Sensor mengambil data keadaan kelembaban media tanam. Secara bersamaan BME 280 Sensor mengambil data kelembaban udara dan suhu udara. Data-data tersebut kemudian diolah pada Node MCU tanpa menggunakan logika *fuzzy*, dan kemudian mengirimkan data output ke arduino guna memberikan keputusan penyiraman dengan cara mengatur nyala mati penyiraman.



### 3.2.2 Desain Sistem Pengaturan pH

#### a. Dengan menggunakan logika *fuzzy*

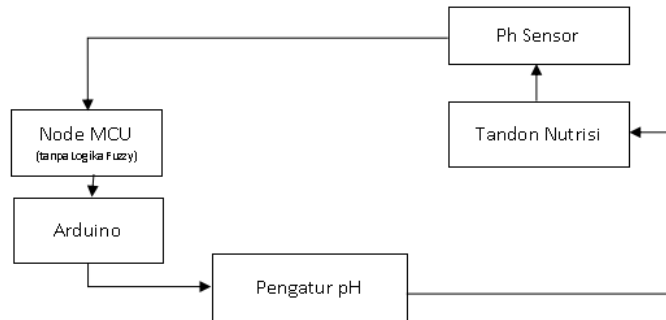


Gambar 3. 4 Desain Sistem Pengaturan pH Menggunakan Logika Fuzzy

Gambar 3. 5 Desain Sistem Pengaturan pH Menggunakan Logika Fuzzy

pH Sensor mengambil data keasaman tandon nutrisi yang nantinya digunakan untuk menyiram tanaman dengan sistem drip. Data-data tersebut kemudian diolah pada Node MCU dengan menggunakan logika *fuzzy* yang kemudian mengirimkan data output ke arduino guna memberikan keputusan perubahan ph pada tanaman dengan cara mengatur pwm pompa larutan pengatur ph.

#### b. Tanpa menggunakan logika *Fuzzy*



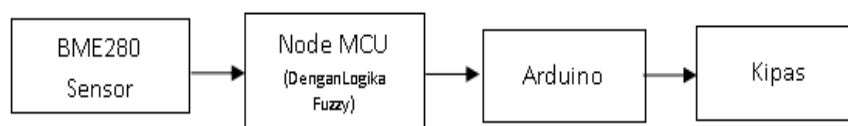
Gambar 3. 6 Desain Sistem Pengaturan pH Tanpa Menggunakan Logika Fuzzy

Gambar 3. 7 Desain Sistem Pengaturan pH Tanpa Menggunakan Logika Fuzzy

pH Sensor mengambil data keasaman tandon nutrisi yang nantinya digunakan untuk menyiram tanaman dengan sistem drip. Data-data tersebut kemudian diolah pada Node MCU tanpa menggunakan logika fuzzy yang kemudian mengirimkan data output ke arduino guna memberikan keputusan perubahan ph pada tanaman dengan cara mengatur nyala mati pompa larutan pengatur ph.

### 3.2.3 Desain Sistem Pengaturan Suhu

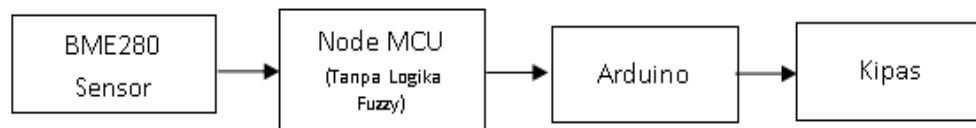
a. Dengan menggunakan logika *fuzzy*



Gambar 3. 8 Desain Sistem Pengaturan Suhu dengan Logika Fuzzy

Selain digunakan untuk sistem penyiraman, BME280 Sensor juga digunakan untuk mengambil data kelembaban udara dan suhu udara. Data-data tersebut kemudian diolah pada Node MCU dengan menggunakan logika *fuzzy* kemudian dikirimkan ke arduino, yang kemudian memberikan keputusan pengaturan suhu berupa menghidupkan maupun mematikan kipas berdasarkan hasil perhitungan logika fuzzy.

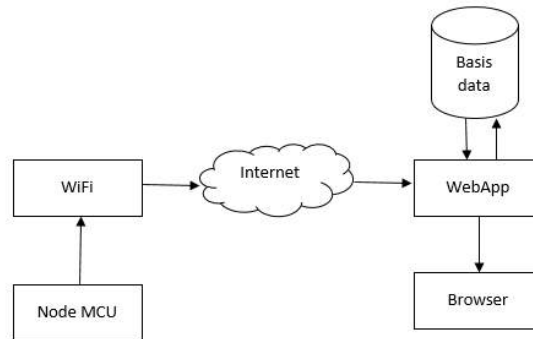
b. Tanpa logika *fuzzy*



Gambar 3. 9 Desain Sistem Pengaturan Suhu Tanpa Logika Fuzzy

Selain digunakan untuk sistem penyiraman, BME280 Sensor juga digunakan untuk mengambil data kelembaban udara dan suhu udara. Data-data tersebut kemudian diolah pada Node MCU tanpa logika *fuzzy* kemudian dikirimkan ke arduino, yang kemudian memberikan keputusan pengaturan suhu.

### 3.2.4 Desain Transmisi Data ke Internet



Gambar 3. 10 Desain Transmisi Data ke Internet

Data-data yang telah terbaca oleh node MCU kemudian dikirim dan diterima oleh webapp guna disimpan pada basis data melalui jaringan internet yang kemudian informasi yang telah diolah ditampilkan oleh webapp melalui browser

Berdasarkan dari desain-desain system tersebut diatas, terdapat 2 cara yang digunakan yakni dengan menggunakan logika *fuzzy* dan tanpa menggunakan logika *fuzzy*, dan dapat disimpulkan bahwa terdapat kesamaan inputan, dan terdapat perbedaan saat pemrosesan data yakni dengan logika *fuzzy* dan tanpa menggunakan logika *fuzzy*, seperti pada system desain pada point a dan point b pada masing-masing sub bab di atas, dari input dan proses tersebut akan dihasilkan suatu output, yang mana output dari menggunakan dan tanpa logika *fuzzy* akan dibandingkan.

### 3.3 Kebutuhan Sistem

Dalam pembuatan sistem ini tak terlepas dari *hardware* dan *software*, adapun sistem perangkat keras yang digunakan adalah sebagai berikut:

#### 3.3.1 NodeMCU

NodeMCU atau Node MicroController Unit adalah perangkat keras yang memiliki fungsi menghubungkan antara arduino dengan *web server*. NodeMCU ini biasa disebut dengan ESP8266. Dirancang dan diproduksi oleh Espressif Systems, berisi elemen penting dari komputer seperti CPU, RAM, jaringan (WiFi), dan bahkan sistem operasi dan SDK modern. Dikarenakan dalam NodeMCU terdapat WiFi, maka digunakan untuk membantu arduino dalam mengirim dan menyimpan data pada *database* yang kemudian ditampilkan dan diakses user di *website*. Hal tersebut menjadikannya pilihan yang sangat baik untuk semua jenis proyek Internet of Things (IoT).

#### 3.3.2 Soil Moisture Sensor

*Soil Moisture Sensor* adalah sensor yang digunakan mengukur kelembaban tanah saat ini. Sensor yang diintegrasikan ke dalam bantuan sistem irigasi dalam penjadwalan pasokan dan distribusi air jauh lebih efisien. Pengukur seperti itu membantu mengurangi atau meningkatkan irigasi untuk pertumbuhan tanaman yang optimal. Dalam penggunaannya Sensor kelembaban tanah terdiri dari dua probe yang digunakan untuk mengukur volume air di dalam tanah. Kedua probe memungkinkan arus listrik melewati tanah dan, mengukur tingkat kelembaban tanah menurut

resistensinya. Ketika ada lebih banyak air, tanah menghantarkan lebih banyak listrik, yang berarti resistansi akan berkurang yang berarti tingkat kelembaban akan lebih tinggi. Sedangkan tanah kering mengurangi konduktivitas, sehingga ketika air lebih sedikit maka tanah menghantarkan listrik lebih sedikit, yang berarti tingkat kelembaban akan lebih rendah.

### **3.3.3 Sensor BME280**

Sensor BME280 merupakan sensor yang mengukur kelembaban, tekanan dan suhu yang mampu memberi pengguna pengukuran lingkungan yang komprehensif. Sensor kelembapan menawarkan waktu respons yang sangat cepat. Sensor ini memiliki fitur waktu respon yang cepat untuk mendukung kebutuhan performa dan juga akurasi yang tinggi. Sensor ini memiliki rentang tegangan 1,71 volt - 3,6 volt. Sensor ini mampu mengukur suhu dari -40°C hingga 85°C, dan kelembaban relatif 0 hingga 100% dan tekanan udara 300 hingga 1100 hPa.

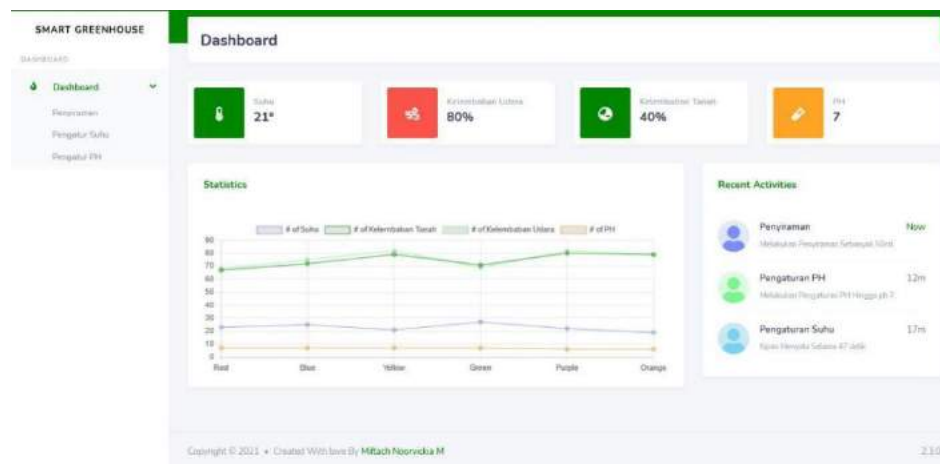
### **3.3.4 Sensor pH**

Sensor pH berfungsi untuk mendeteksi tingkat Ph air yang mana outputnya berupa tegangan analog, sensor output range tegangan analognya antara 0 – 3Vdc dengan inputan power supply 3.3 – 5.5Vdc. Untuk mengukur pH larutan, probe dicelupkan ke dalam larutan.

### **3.3.5 Tampilan Data di Web**

Data yang telah didapatkan dan diolah dengan *fuzzy* kemudian disimpan dalam *database*, data-data tersebut akan ditampilkan dalam sebuah *webiste* dalam bentuk

informasi mengenai penyiraman, suhu dan Ph. Sistem monitoring ini berbasis *website* yang dapat dilihat aktivitasnya secara *realtime*. Penggunaan sistem monitoring pada *website* ini agar mudah di gunakan oleh para pengguna, sehingga tampilannya dirancang sedemikian rupa agar mudah digunakan. Adapun *desain interface* tampilan data monitoring di *website* adalah sebagai berikut:

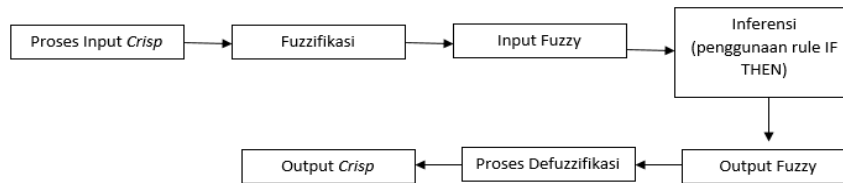


Gambar 3. 11 Desain InterfaceTampilan data di website

### 3.4 Penerapan Metode

Metode yang digunakan dalam sistem otomatisasi ini adalah menggunakan logika *fuzzy* dan proses yang berjalan di dalamnya berdasar kepada hasil dari perhitungan *fuzzy* tersebut. Adapun variabel yang digunakan adalah kelembaban tanah dan suhu. Pada sistem pengatur penyiraman tanaman secara otomatis, hasil dari perhitungan variabel tersebut akan menentukan kapan waktu dan lama penyiraman. Proses pembuatan *Rule base* pada *fuzzy* ini adalah berupa IF-THEN, hasil defuzzifikasi diperoleh dengan mencari nilai rata-rata, adapun *outputnya* ini berupa konstanta.

Adapun proses penerapan *fuzzy* sebagai berikut :



Gambar 3. 12 Alur fuzzy

Output dari proses tersebut adalah output *fuzzy* berupa data pasti lama penyiraman, yang berupa variabel sangat lama, lama, sedang, cepat dan sangat cepat.

### 3.4.1 Fuzzifikasi

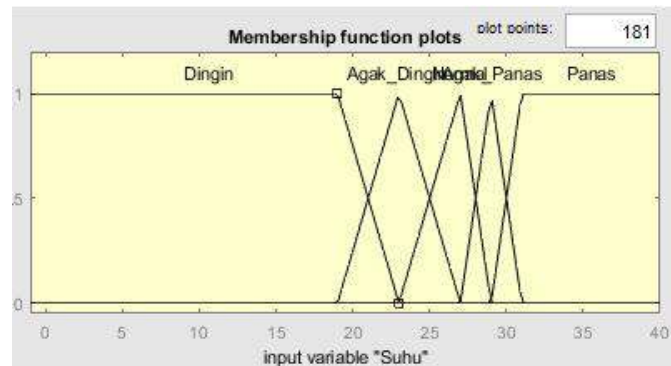
#### 3.4.1.1 Penyiraman

Proses fuzzifikasi ini dilakukan untuk mendapat derajat keanggotaan, fungsi keanggotaan didapatkan dari penelitian sebelumnya yang mana menggunakan 2 parameter yaitu suhu dan kelembaban tanah. Parameter suhu memiliki 5 variabel linguistik antara lain dingin, agak dingin, normal, agak panas, dan panas. Dan parameter kelembaban tanah memiliki 3 variabel linguistik, antara lain kering, lembab dan basah (Tajrie et al., 2017).

#### 1. Variabel Suhu

Berikut adalah gambar fungsi keanggotaan input suhu:





Gambar 3. 13 fungsi keanggotaan suhu

Tiap variabel tersebut mempunyai jangkauan yang beragam. Adapun tabel nilai keanggotaan suhu sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Informasi nilai pada fungsi keanggotaan suhu

| Variabel Linguistik | Nilai pada fungsi keanggotaan    |
|---------------------|----------------------------------|
| Dingin              | 0°C-23°C {bahu kiri: 0 19 23}    |
| Agak Dingin         | 19°C-27°C {segitiga: 19 23 27}   |
| Normal              | 23°C-29°C {segitiga: 23 27 29}   |
| Agak Panas          | 27°C-31°C {segitiga: 27 29 31}   |
| Panas               | 29°C-31°C {bahu kanan: 29 31 40} |

Setelah mendapatkan nilai keanggotaan tersebut, kemudian dilakukan perhitungan fuzzifikasi.

Keanggotaan dingin merupakan fungsi dengan bentuk bahu kiri, Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < 0 \text{ atau } x > 23 \\ 1 & 0 \leq x \leq 19 \\ (23 - x)/(23 - 19); & 19 \leq x \leq 23 \end{cases}$$

Keanggotaan agak dingin merupakan fungsi dengan bentuk kurva segitiga, Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x \leq 19 \text{ atau } x \geq 27 \\ (x - 19)/(23 - 19); & 19 \leq x \leq 23 \\ (27 - x)/(27 - 23); & 23 \leq x \leq 27 \end{cases}$$

Keanggotaan normal merupakan fungsi dengan bentuk kurva segitiga, Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x \leq 23 \text{ atau } x \geq 29 \\ (x - 23)/(27 - 23); & 23 \leq x \leq 27 \\ (29 - x)/(29 - 27); & 27 \leq x \leq 29 \end{cases}$$

Keanggotaan agak panas merupakan fungsi dengan bentuk kurva segitiga, Adapun persamaannya sebagai berikut:

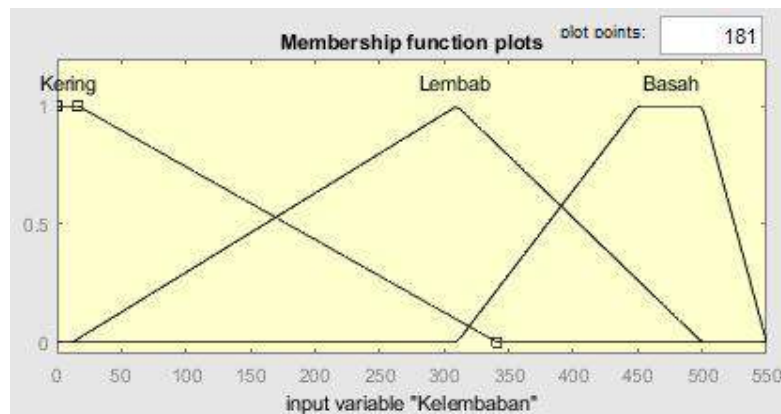
$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x \leq 27 \text{ atau } x \geq 31 \\ (x - 27)/(29 - 27); & 27 \leq x \leq 29 \\ (31 - x)/(31 - 29); & 29 \leq x \leq 31 \end{cases}$$

Keanggotaan panas merupakan fungsi dengan bentuk bahu kanan, Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x < 29 \\ (x - 29)/(31 - 29); & 29 \leq x \leq 31 \\ 1; & x \geq 31 \end{cases}$$

## 2. Variabel kelembaban tanah

Parameter selanjutnya adalah kelembaban tanah, dan berikut ini adalah fungsi keanggotaan sensor kelembaban tanah:



Gambar 3. 14 fungsi keanggotaan kelembaban tanah

Dan masing-masing variabel dari parameter kelembaba tanah memiliki jangkauan dengan rata-rata sebesar 0 sampai 550 (ADC dari sensor kelembapan tanah).

Adapun tabel nilai keanggotaan kelembaban tanah sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Informasi nilai pada fungsi keanggotaan kelembaban tanah

| Variabel Linguistik | Nilai pada fungsi keanggotaan |
|---------------------|-------------------------------|
|                     |                               |

|        |                                      |
|--------|--------------------------------------|
| Kering | 0-310 {bahu kiri: 0 15 310}          |
| Lembab | 12-500 {segitiga: 12 310 500}        |
| Basah  | 310-550 {trapesium: 310 450 500 550} |

Setelah mendapatkan nilai keanggotaan tersebut, kemudian dilakukan perhitungan fuzzifikasi. Keanggotaan kering merupakan fungsi dengan bentuk bahu kiri, Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < 0 \text{ atau } x > 310 \\ 1; & 0 \leq x \leq 15 \\ (310 - x)/(310 - 15); & 15 \leq x \leq 310 \end{cases}$$

Pada keanggotaan lembab menggunakan kurva dengan bentuk segitiga, Adapun bentuk persamaannya adalah sebagai berikut:

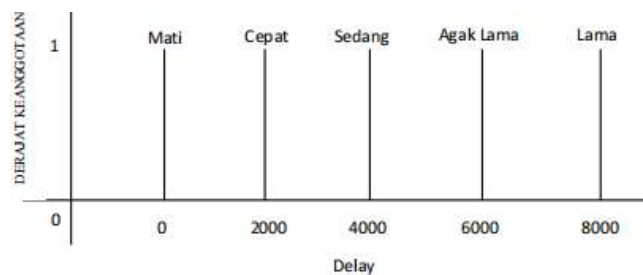
$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x \leq 12 \text{ atau } x \geq 500 \\ (x - 12)/(310 - 12); & 12 \leq x \leq 310 \\ (500 - x)/(500 - 310); & 310 \leq x \leq 500 \end{cases}$$

Pada keanggotaan basah menggunakan kurva dengan bentuk trapesium, Adapun bentuk persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x < 300 \\ 1 & 450 \leq x \leq 500 \\ (x - 310)/(450 - 310); & 310 \leq x \leq 450 \\ (550 - x)/(550 - 500); & 500 \leq x \leq 550 \end{cases}$$

### 3. Variabel Waktu

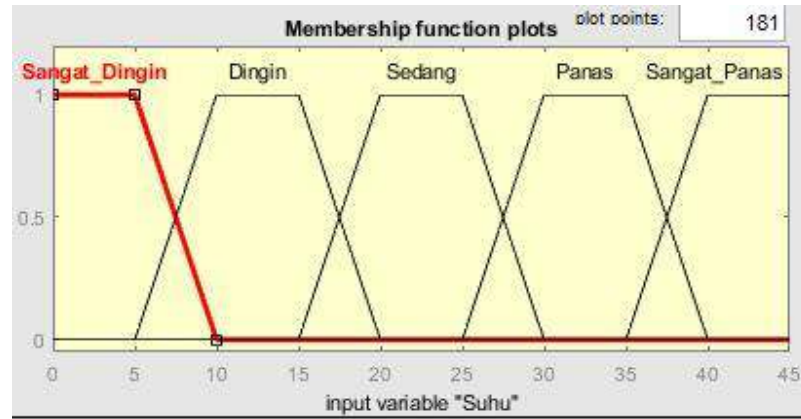
Variabel waktu ini adalah hasil perhitungan dari variabel suhu dan kelembaban tanah, Fungsi keanggotaan output dari besar delay terdiri dari 5 variabel delay, yaitu mati, pelan, sedang, cepat dan sangat cepat. Satuan waktu dari delay tiap variable tersebut adalah milidetik. Pada fungsi keanggotaan output ini memiliki 1 titik sehingga menggunakan fungsi keanggotaan segitiga dalam proses perhitungannya. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan *output* waktu:



Gambar 3. 15 fungsi keanggotaan waktu

#### 3.4.1.2 Pengaturan Suhu

Pada sensor suhu menggunakan BME280, yang mana pada proses fuzzifikasi ini inputan dari BME280 diubah menjadi variabel *fuzzy*. Inputan dari BME280 ini berupa 2 parameter yakni suhu dan kelembaban. Pada parameter suhu dibagi menjadi 5 variabel linguistik yaitu, sangat dingin, dingin, sedang, panas, dan sangat panas. Berikut ini fungsi keanggotaan parameter suhu pada proses pengaturan suhu otomatis yang diperoleh dari penelitian sebelumnya (Kurniawan et al., 2019).



Gambar 3. 16 fungsi keanggotaan suhu

Setelah mendapatkan nilai keanggotaan tersebut, kemudian dilakukan perhitungan fuzzifikasi.

Keanggotaan sangat dingin merupakan fungsi dengan bentuk bahu kiri, Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < 0 \text{ atau } x > 10 \\ 1; & 0 \leq x \leq 5 \\ (10 - x)/(10 - 5); & 5 \leq x \leq 10 \end{cases}$$

Pada keanggotaan dingin menggunakan kurva dengan bentuk trapesium, Adapun bentuk persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x < 5 \\ 1 & 9 \leq x \leq 15 \\ (x - 5)/(9 - 5); & 5 \leq x \leq 9 \\ (15 - x)/(15 - 9); & 15 \leq x \leq 20 \end{cases}$$

Pada keanggotaan sedang menggunakan kurva dengan bentuk trapesium, Adapun bentuk persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x < 15 \\ 1 & 20 \leq x \leq 25 \\ (x - 15)/(20 - 15); & 15 \leq x \leq 20 \\ (25 - x)/(25 - 20); & 25 \leq x \leq 30 \end{cases}$$

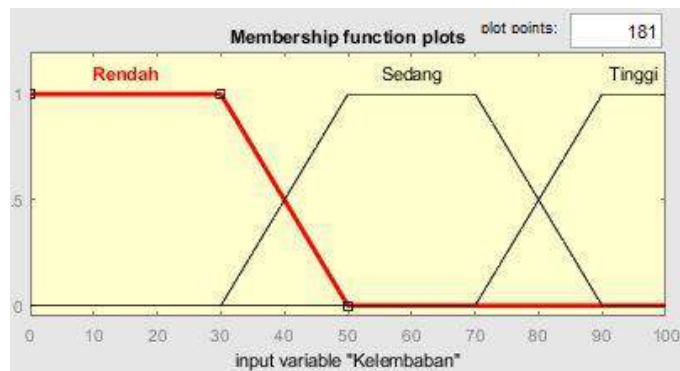
Pada keanggotaan panas menggunakan kurva dengan bentuk trapesium, Adapun bentuk persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x < 25 \\ 1 & 30 \leq x \leq 35 \\ (x - 25)/(30 - 25); & 25 \leq x \leq 30 \\ (35 - x)/(35 - 30); & 35 \leq x \leq 40 \end{cases}$$

Pada keanggotaan sangat panas menggunakan kurva dengan bentuk bahu kanan, Adapun bentuk persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < 35 \\ 1; & x \leq 40 \\ (35 - x)/(40 - 35); & 35 \leq x \leq 40 \end{cases}$$

Adapun fungsi keanggotaan kelembaban pada pengaturan suhu adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 17 fungsi keanggotaan kelembaban

Pada fungsi keanggotaan tersebut terdiri dari 3 variable linguistik yaitu rendah, sedang dan tinggi. Adapun perhitungan fuzzifikasinya sebagai berikut:

Keanggotaan rendah merupakan fungsi dengan bentuk bahu kiri, Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < 0 \text{ atau } x > 50 \\ 1 & 0 \leq x \leq 30 \\ (50 - x)/(50 - 30); & 30 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

Pada keanggotaan sedang menggunakan kurva dengan bentuk trapesium, Adapun bentuk persamaannya adalah sebagai berikut:

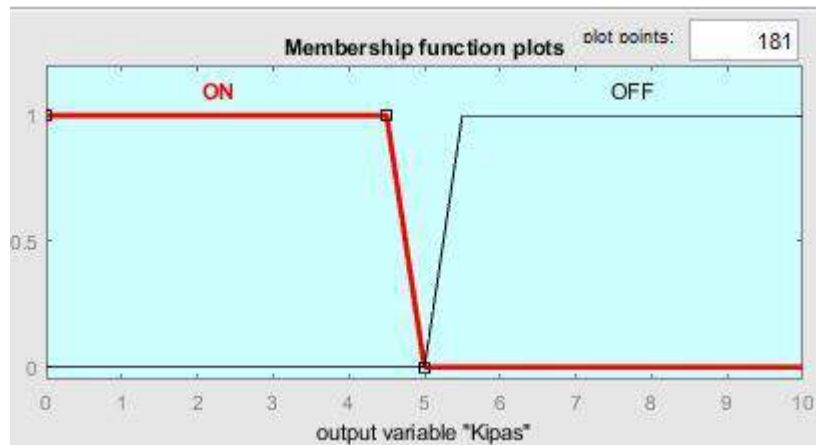
$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x < 30 \\ 1 & 50 \leq x \leq 70 \\ (x - 30)/(50 - 30); & 30 \leq x \leq 50 \\ (70 - x)/(70 - 50); & 70 \leq x \leq 90 \end{cases}$$

Keanggotaan tinggi merupakan fungsi dengan bentuk bahu kanan, Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x < 70 \\ (x - 70)/(90 - 70); & 70 \leq x \leq 90 \\ 1; & x \geq 90 \end{cases}$$

Dikarenakan otuput pada pengaturan suhu ini adalah menghidupkan dan mematikan akuator yang berupa kipas, maka berikut ini fungsi keanggotaan outputnya:

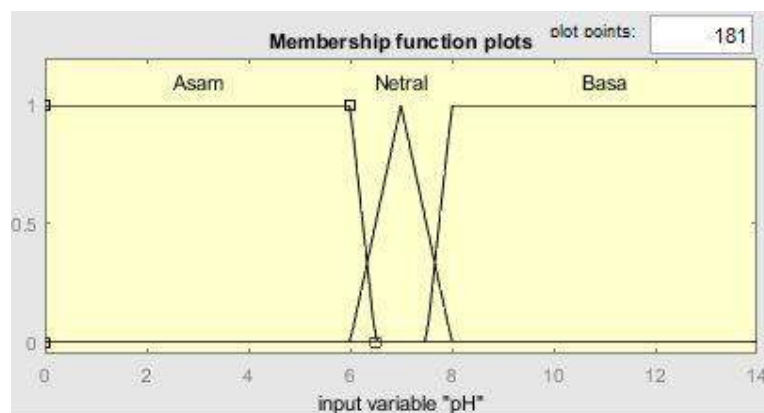




Gambar 3. 18 fungsi keanggotaan kipas

### 3.4.1.3 Pengaturan pH

Berikut ini merupakan fungsi keanggotaan dari proses pengaturan Ph yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. Pengaturan Ph terdiri dari 2 input yakni parameter Ph (hasil pembacaan sensor pH meter) dan  $\Delta pH$  (selisih data pembacaan pH sekarang dan sebelumnya ) yang mana parameter Ph terdiri dari 3 variabel linguistik diantaranya adalah asam, netral dan basa (Alam & Nasuha, 2020).



Gambar 3. 19 fungsi keanggotaan Ph

Adapun perhitungan fuzzifikasi pada fungsi keanggotaan Ph adalah sebagai berikut :

Keanggotaan asam merupakan fungsi dengan bentuk bahu kiri, Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < 0 \text{ atau } x > 6,5 \\ 1; & 0 \leq x \leq 6 \\ (6,5 - x)/(6,5 - 6); & 6 \leq x \leq 6,5 \end{cases}$$

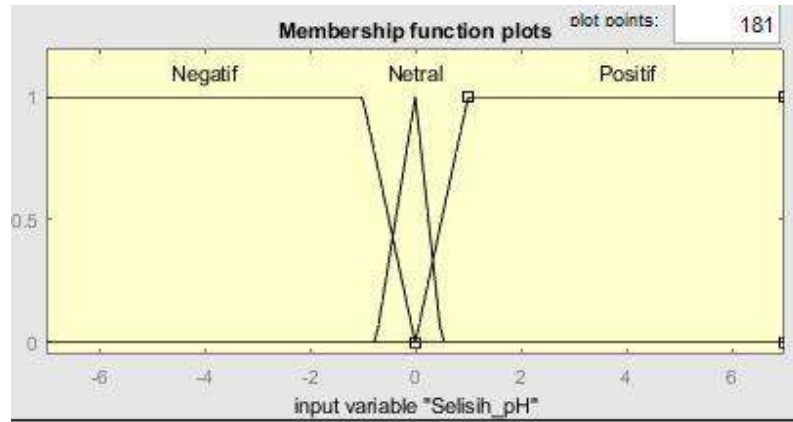
Pada keanggotaan netral menggunakan kurva dengan bentuk segitiga, Adapun bentuk persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x \leq 6 \text{ atau } x \geq 8 \\ (x - 6)/(7 - 6); & 6 \leq x \leq 7 \\ (8 - x)/(8 - 7); & 7 \leq x \leq 8 \end{cases}$$

Keanggotaan basa merupakan fungsi dengan bentuk bahu kanan, Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x < 7,5 \\ (x - 7,5)/(8 - 7,5); & 7,5 \leq x \leq 8 \\ 1; & x \geq 8 \end{cases}$$

Dan untuk parameter  $\Delta pH$  memiliki 3 variabel linguistik yaitu negatif, netral dan positif. Berikut fungsi keanggotannya:



Gambar 3. 20 fungsi keanggotaan  $\Delta pH$

Keanggotaan negatif merupakan fungsi dengan bentuk bahu kiri, Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < -6 \text{ atau } x > 0 \\ 1; & -6 \leq x \leq -1 \\ (0 - x)/(0 - (-1)); & -1 \leq x \leq 0 \end{cases}$$

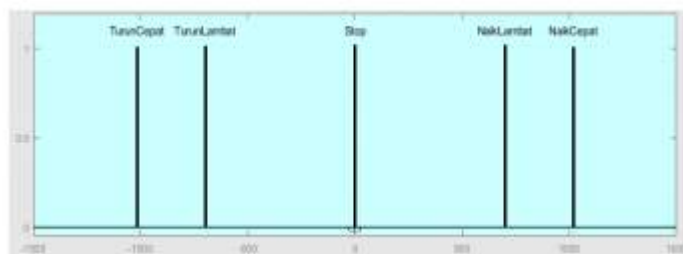
Pada keanggotaan netral menggunakan kurva dengan bentuk segitiga, Adapun bentuk persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x \leq -1 \text{ atau } x \geq 0,5 \\ (x - (-1))/(0 - (-1)); & -1 \leq x \leq 0 \\ (0,5 - x)/(0,5 - 0); & 0 \leq x \leq 0,5 \end{cases}$$

Keanggotaan positif merupakan fungsi dengan bentuk bahu kanan, Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x < 0 \\ (x - 0)/(0,5 - 0); & 0 \leq x \leq 0,5 \\ 1; & x \geq 0,5 \end{cases}$$

Berikut rancangan output dalam pengaturan Ph:



Gambar 3. 21 Output Pengaturan pH

### 3.4.2 Inferensi

#### 3.4.2.1 Penyiramaan

Setelah menentukan fungsi keanggotaan masing-masing masukan dan keluaran, selanjutnya menentukan rules antara hasil dari sensor suhu dan sensor kelembaban tanah. *Fuzzy Rule* adalah aturan yang dibuat untuk memenuhi syarat dari *output* yang terjadi.

Tabel 3. 3 Rule Base

| Kelembaba  | Dingin | Agak | Normal | Agak | Panas |
|------------|--------|------|--------|------|-------|
| Tanah      |        |      |        |      |       |
| (KT)/ Suhu |        |      |        |      |       |
| (S)        |        |      |        |      |       |

|               |        |        |        |      |      |
|---------------|--------|--------|--------|------|------|
| <b>Kering</b> | Sedang | Sedang | Agak   | Agak | Lama |
|               |        |        | Lama   | Lama |      |
| <b>Lembab</b> | Cepat  | Cepat  | Sedang | Agak | Agak |
|               |        |        |        | Lama | Lama |
| <b>Basah</b>  | Mati   | Mati   | Mati   | Mati | Mati |

Berdasarkan tabel tersebut, didapatkan 15 *rule* yang akan digunakan dalam penelitian ini, 15 *rule* itu antara lain:

- (R1) IF Kelembaban *is* Kering AND Suhu *is* Dingin THEN Timer *is* Sedang
- (R2) IF Kelembaban *is* Kering AND Suhu *is* Agak Dingin THEN Timer *is* Sedang
- (R3) IF Kelembaban *is* Kering AND Suhu *is* Normal THEN Timer *is* Agak Lama
- (R4) IF Kelembaban *is* Kering AND Suhu *is* Agak Panas THEN Timer *is* Agak Lama
- (R5) IF Kelembaban *is* Kering AND Suhu *is* Panas THEN Timer *is* Lama
- (R6) IF Kelembaban *is* Lembab AND Suhu *is* Dingin THEN Timer *is* Cepat
- (R7) IF Kelembaban *is* Lembab AND Suhu *is* Agak Dingin THEN Timer *is* Cepat
- (R8) IF Kelembaban *is* Lembab AND Suhu *is* Normal THEN Timer *is* Sedang
- (R9) IF Kelembaban *is* Lembab AND Suhu *is* Agak Panas THEN Timer *is* Agak Lama
- (R10) IF Kelembaban *is* Lembab AND Suhu *is* Panas THEN Timer *is* Agak Lama

(R11) IF Kelembaban *is* Basah AND Suhu *is* Dingin THEN Timer *is* Mati

(R12) IF Kelembaban *is* Basah AND Suhu *is* Agak Dingin THEN Timer *is* Mati

(R13) IF Kelembaban *is* Basah AND Suhu *is* Normal THEN Timer *is* Mati

(R14) IF Kelembaban *is* Basah AND Suhu *is* Agak Panas THEN Timer *is* Mati

(R15) IF Kelembaban *is* Basah AND Suhu *is* Panas THEN Timer *is* Mati

Setelah menyusun *rule base*, selanjutnya adalah penentuan implikasi pada setiap *rule*, pada penelitian ini menggunakan operasi logika *fuzzy* AND maka pada tiap aturan akan dicari nilai minimum untuk “and” dari setiap hasil masukannya. Dan berikut ini persamaan dari operasi logika *fuzzy* AND :

$$\mu A \cap B = \text{MIN}(\mu A[x], \mu B[y])$$

Adapun berikut ini merupakan perhitungan dari operasi logika *fuzzy* AND dengan menggunakan inputan suhu 30 dan kelembaban dengan nilai 100, yang mana suhu masuk keanggotaan agak panas dan panas serta nilai kelembaban masuk dalam kategori keanggotaan kering dan lembab. Sehingga *rule base* yang sesuai adalah R4, R5, R9, R10. Rule-rule tersebut akan dihitung menggunakan rumus implikasi yang tersebut diatas, Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

R4 IF Kelembaban *is* Kering AND Suhu *is* Agak Panas THEN Timer *is* Agak Lama

$$\begin{aligned} R4 &= \mu_{\text{Suhu}} \cap \mu_{\text{Kelembaban}} \\ &= \text{MIN}(\mu_{\text{agakpanas}}[30], \mu_{\text{kering}}[100]) \end{aligned}$$

$$= \text{MIN} (0,5 , 0.71)$$

$$= 0,5$$

R5 IF Kelembaban *is* Kering AND Suhu *is* Panas *THEN* Timer *is* Lama

$$R5 = \mu_{\text{Suhu}} \cap \mu_{\text{Kelembaban}}$$

$$= \text{MIN}(\mu_{\text{panas}}[30], \mu_{\text{kering}} [100])$$

$$= \text{MIN} (0,5 , 0.71)$$

$$= 0,5$$

R9 IF Kelembaban *is* Lembab AND Suhu *is* Agak Panas *THEN* Timer *is* Agak Lama

$$R9 = \mu_{\text{Suhu}} \cap \mu_{\text{Kelembaban}}$$

$$= \text{MIN}(\mu_{\text{agakpanas}}[30], \mu_{\text{lembab}}[100])$$

$$= \text{MIN} (0,5 , 0.29)$$

$$= 0,29$$

R10 IF Kelembaban *is* Lembab AND Suhu *is* Panas *THEN* Timer *is* Agak Lama

$$R10 = \mu_{\text{Suhu}} \cap \mu_{\text{Kelembaban}}$$

$$= \text{MIN}(\mu_{\text{panas}}[30], \mu_{\text{lembab}}[100])$$

$$= \text{MIN} (0,5 , 0.29)$$

$$= 0,29$$

### 3.4.2.2 Pengaturan Suhu

Adapun rule base pada proses pengaturan suhu berdasarkan fungsi keanggotaan pada proses fuzzifikasi adalah sebagai berikut:

(R1) IF Suhu *is* Sangat Dingin *AND* Kelembaban *is* Tinggi *THEN* Kipas *is* Off

(R2) IF Suhu *is* Sangat Dingin *AND* Kelembaban *is* Sedang *THEN* Kipas *is* OFF

(R3) IF Suhu *is* Sangat Dingin *AND* Kelembaban *is* Rendah *THEN* Kipas *is* ON

(R4) IF Suhu *is* Dingin *AND* Kelembaban *is* Tinggi *THEN* Kipas *is* OFF

(R5) IF Suhu *is* Dingin *AND* Kelembaban *is* Sedang *THEN* Kipas *is* OFF

(R6) IF Suhu *is* Dingin *AND* Kelembaban *is* Rendah *THEN* Kipas *is* ON

(R7) IF Suhu *is* Sedang *AND* Kelembaban *is* Tinggi *THEN* Kipas *is* OFF

(R8) IF Suhu *is* Sedang *AND* Kelembaban *is* Sedang *THEN* Kipas *is* OFF

(R9) IF Suhu *is* Sedang *AND* Kelembaban *is* Rendah *THEN* Kipas *is* ON

(R10) IF Suhu *is* Panas *AND* Kelembaban *is* Tinggi *THEN* Kipas *is* ON

(R11) IF Suhu *is* Panas *AND* Kelembaban *is* Sedang *THEN* Kipas *is* ON

(R12) IF Suhu *is* Panas *AND* Kelembaban *is* Rendah *THEN* Kipas *is* ON

(R13) IF Suhu *is* Sangat Panas *AND* Kelembaban *is* Tinggi *THEN* Kipas *is* ON

(R14) IF Suhu *is* Sangat Panas *AND* Kelembaban *is* Sedang *THEN* Kipas *is* ON



(R15) IF Suhu *is* Sangat Panas *AND* Kelembaban *is* Rendah *THEN* Kipas *is* ON

Adapun berikut ini merupakan perhitungan dari operasi logika *fuzzy* AND dengan menggunakan inputan suhu 27 dan kelembaban dengan nilai 40, yang mana suhu masuk keanggotaan sedang dan panas serta nilai kelembaban masuk dalam kategori keanggotaan rendah dan sedang. Sehingga rule base yang sesuai adalah R8, R9, R11, R12. Rule-rule tersebut akan dihitung menggunakan rumus implikasi :

$$\mu A \cap B = \text{MIN}(\mu A[x], \mu B[y]),$$

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

R8 IF Suhu *is* Sedang *AND* Kelembaban *is* Sedang *THEN* Kipas *is* OFF

$$\begin{aligned} R8 &= \mu_{\text{Suhu}} \cap \mu_{\text{Kelembaban}} \\ &= \text{MIN}(\mu_{\text{sedang}}[27], \mu_{\text{kelembaban}}[40]) \\ &= \text{MIN}(-0,4, 0.5) \\ &= -0,4 \end{aligned}$$

R9 IF Suhu *is* Sedang *AND* Kelembaban *is* Rendah *THEN* Kipas *is* ON

$$\begin{aligned} R9 &= \mu_{\text{Suhu}} \cap \mu_{\text{Kelembaban}} \\ &= \text{MIN}(\mu_{\text{sedang}}[27], \mu_{\text{rendah}}[40]) \\ &= \text{MIN}(-0,4, 0.5) \\ &= -0,4 \end{aligned}$$

R11 IF Suhu *is* Panas *AND* Kelembaban *is* Sedang *THEN* Kipas *is* ON

$$\begin{aligned}
 R11 &= \mu_{\text{Suhu}} \cap \mu_{\text{Kelembaban}} \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{panas}}[27], \mu_{\text{sedang}}[40]) \\
 &= \text{MIN}(1,6, 0.5) \\
 &= 0,5
 \end{aligned}$$

R12 IF Suhu *is* Panas *AND* Kelembaban *is* Rendah *THEN* Kipas *is* ON

$$\begin{aligned}
 R12 &= \mu_{\text{Suhu}} \cap \mu_{\text{Kelembaban}} \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{panas}}[27], \mu_{\text{rendah}}[40]) \\
 &= \text{MIN}(1,6, 0.5) \\
 &= 0,5
 \end{aligned}$$

### 3.4.2.3 Pengaturan pH

Adapun rule base pada proses pengaturan pH berdasarkan fungsi keanggotaan pada proses fuzzifikasi adalah sebagai berikut:

(R1) IF Ph *is* Asam *AND*  $\Delta\text{pH}$  *is* Positif *THEN* Output *is* naik cepat

(R2) IF Ph *is* Netral *AND*  $\Delta\text{pH}$  *is* Positif *THEN* Output *is* naik lambat

(R3) IF Ph *is* Basa *AND*  $\Delta\text{pH}$  *is* Positif *THEN* Output *is* turun cepat

(R4) IF Ph *is* Asam *AND*  $\Delta\text{pH}$  *is* Netral *THEN* Output *is* naik cepat

(R5) IF Ph is Netral AND  $\Delta pH$  is Netral THEN Output is stop

(R6) IF Ph is Basa AND  $\Delta pH$  is Netral THEN Output is turun cepat

(R7) IF Ph is Asam AND  $\Delta pH$  is Negatif THEN Output is naik cepat

(R8) IF Ph is Netral AND  $\Delta pH$  is Negatif THEN Output is turun lambat

(R9) IF Ph is Basa AND  $\Delta pH$  is Negatif THEN Output is turun cepat

Adapun berikut ini merupakan perhitungan dari operasi logika *fuzzy* AND dengan menggunakan inputan pH 7,2 dan  $\Delta pH$  dengan nilai 3, yang mana pH masuk keanggotaan netral serta nilai  $\Delta pH$  masuk dalam kategori positif. Sehingga rule base yang sesuai adalah R2. Rule tersebut akan dihitung menggunakan rumus implikasi :

$$\mu A \cap B = \text{MIN}(\mu A[x], \mu B[y]),$$

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

R2 IF pH is Netral AND  $\Delta pH$  is Positif THEN Output is naik lambat

$$\begin{aligned} R2 &= \mu_{pH} \cap \mu_{\Delta pH} \\ &= \text{MIN}(\mu_{\text{netral}}[7,2], \mu_{\text{positif}}[3]) \\ &= \text{MIN}(0,8, 1) \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

### 3.4.3 Defuzzifikasi

Selanjutnya proses terakhir dari logika *fuzzy* yaitu defuzzifikasi. Defuzzifikasi adalah proses mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai tegas. Pada sistem ini menggunakan metode centroid, yang mana metode ini menggabungkan semua daerah *fuzzy* pada proses sebelumnya dan kemudian mengintegrasikan fungsi keanggotaan dari masing-masing rule. Kali ini sebagai contoh kami akan focus membahas 1 proses defuzzifikasi pada bagian penyiraman yang mana inputnya adalah suhu dan kelembaban. Adapun proses perhitungan defuzzifikasi dengan menggunakan metode centroid adalah sebagai berikut:

Berdasarkan perhitungan pada Langkah sebelumnya yakni Langkah inferensi pada bagian penyiraman maka hasilnya menuju pada rule 4, rule 5, rule 9 dan rule 10 yang kemudian menentukan nilai titik potong pada daerah implikasi daerah rule tersebut.

1. Titik potong  $\alpha$  =

$$\alpha = \frac{x - 4000}{6000 - 4000}$$

$$0,5 = \frac{x - 4000}{2000}$$

$$x = 5000$$

2. Titik potong a2=

$$\alpha = \frac{8000 - x}{8000 - 6000}$$

$$0,5 = \frac{8000 - x}{2000}$$

$$x = 7000$$

3. Titik potong a3=

$$\alpha = \frac{x - 4000}{6000 - 4000}$$

$$0,29 = \frac{x - 4000}{2000}$$

$$x = 4580$$

4. Titik potong a4=

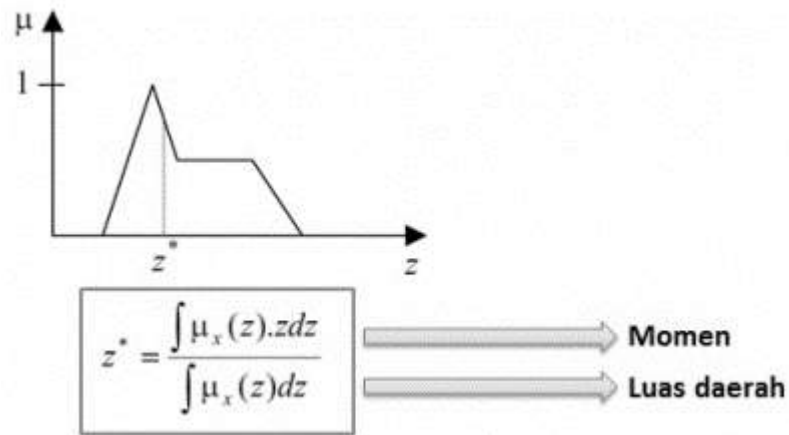
$$\alpha = \frac{8000 - x}{8000 - 6000}$$

$$0,29 = \frac{8000 - x}{2000}$$

$$x = 7420$$

Setelah mendapatkan nilai titik diatas Langkah selanjutnya adalah menghitung luas dari setiap daerah implikasi, kemudian setelah mengetahui luas daerah-daerah

tersebut dilanjut dengan menghitung moment dari setiap daerah untuk mengetahui hasil dari defuzzifikasi, berdasarkan rumus defuzzifikasi sebagai berikut:



Gambar 3. 22 Rumus Centroid

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan luas dan moment Langkah selanjutnya adalah menerapkan rumus centroid tersebut untuk menghasilkan output dari proses defuzzifikasi dengan rumus output sebagai berikut:

$$Output = \frac{M1 + M2 \dots Mi}{L1 + L2 \dots Li}$$

Dari perhitungan moment yang sudah didapatkan dan ditotalkan kemudian di bagi dengan hasil perhitungan total luas, sehingga didapatkan output dari proses terakhir dari metode *fuzzy* ini yakni defuzzifikasi.

### 3.5 Rencana Pengujian Sistem

Pengujian pada system ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil dari output otomatisasi penyiraman, suhu, dan pH yang didapatkan dengan logika *fuzzy* dan tanpa menggunakan logika *fuzzy*. Pengujian ini dilakukan selama 2 hari dengan interval pembacaan selama 15 menit, dengan data yang diperoleh untuk masing-masing fitur (pengaturan penyiraman, suhu dan Ph) adalah sebanyak 168 data. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui keakuratan dari system logika *fuzzy* pada perangkat yang telah dirancang, dengan nilai pembandingnya adalah sistem tanpa logika *fuzzy*, yang mana sistem tanpa logika *fuzzy* diasumsikan sebagai sistem yang memberikan keterangan aksi yang benar, contohnya adalah kapan waktu penyiraman yang seharusnya dilakukan. Adapun tabel rancangan pengujiannya sebagai berikut:

Tabel 3. 4 Rancangan pengujian Logika Fuzzy pada Penyiraman

| No | Input |            | Output                           |                              | Keterangan |
|----|-------|------------|----------------------------------|------------------------------|------------|
|    |       |            | Dengan<br>Logika<br><i>Fuzzy</i> | Tanpa<br>Logika <i>Fuzzy</i> |            |
|    | Suhu  | Kelembaban |                                  |                              |            |
| 1  |       |            |                                  |                              |            |
| 2  |       |            |                                  |                              |            |
| 3  |       |            |                                  |                              |            |

Tabel 3. 5 Rancangan pengujian Logika Fuzzy pada Suhu

| No | Input |            | Output                 |                     | Keterangan |
|----|-------|------------|------------------------|---------------------|------------|
|    |       |            | Dengan                 | Tanpa               |            |
|    | Suhu  | Kelembaban | Logika<br><i>Fuzzy</i> | Logika <i>Fuzzy</i> |            |
| 1  |       |            |                        |                     |            |
| 2  |       |            |                        |                     |            |
| 3  |       |            |                        |                     |            |

Tabel 3. 6 Rancangan pengujian Logika Fuzzy pada pH

| No | Input |            | Output                 |                     | Keterangan |
|----|-------|------------|------------------------|---------------------|------------|
|    |       |            | Dengan                 | Tanpa               |            |
|    | pH    | Selesih pH | Logika<br><i>Fuzzy</i> | Logika <i>Fuzzy</i> |            |
| 1  |       |            |                        |                     |            |
| 2  |       |            |                        |                     |            |
| 3  |       |            |                        |                     |            |



Dari hasil pengujian tersebut, kemudian dilanjutkan dengan menghitung tingkat akurasi per fitur pada sistem yang telah dibuat, adapun perhitungan akurasi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data yang sesuai}}{\text{Jumlah data yang di uji}} \times 100\%$$

### **3.6 Prosedur Pelaksanaan Penelitian**

Prosedur pelaksanaan penelitian ini berhubungan dengan objek penelitian yakni tanaman tomat pada *greenhouse*, oleh karena itu dibutuhkan suatu prosedur dalam penelitian agar hasil maksimal dan terhindar dari hal-hal yang tidak diinginkan. Adapun prosedur pelaksanaannya sebagai berikut:

#### **3.6.1 Penanaman Tanaman Tomat**

Bibit yang ditanam merupakan bibit yang memiliki kondisi dan kualitas yang baik, setelah bibit tumbuh kurang lebih selama 2 minggu, bibit dipindahkan pada tempat yang semestinya pada *greenhouse*. Dengan memperhatikan aspek sinar matahari yang cukup.

#### **3.6.2 Perawatan Tanaman**

Perawatan tanaman dilakukan guna untuk memantau kondisi tanaman dan memastikan tanaman dalam keadaan aman terhindar dari hama dan organisme yang tidak baik untuk tanaman. Hal ini dilakukan pengecekan selama 2-3 hari sekali.

### 3.6.3 Pengamatan dan Pengambilan Data

Pengamatan dilakukan secara berkala untuk memastikan sistem berjalan dengan baik, kemudian pengambilan data ini merupakan proses yang penting dikarenakan data-data tersebut akan diolah menggunakan logika *fuzzy*, adapun data yang diambil untuk proses otomatiasi penyiraman adalah data kelembaban dan suhu, selain itu data untuk pengaturan Ph dan suhu juga diperlukan untuk pengaturan otomatis pada *greenhouse*.

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Pengujian**

Dalam penelitian ini, fokus pengujian yang penulis lakukan adalah berfokus pada pengujian sistem menggunakan logika fuzzy dan sistem tanpa menggunakan logika fuzzy, yang mana pengujian ini digunakan untuk mengetahui keakuratan sistem yang telah dibuat dengan menggunakan logika fuzzy. Pengujian ini dilakukan dengan pengamatan selama 2 hari kalender dan interval pembacaan data per 15 menit, untuk memperoleh sejumlah 168 data, dengan jumlah tanaman tomat sebanyak 4 tanaman yang telah dirancang sedemikian rupa pada miniatur *greenhouse*. Adapun hasil pengujannya akan dibahas lebih lanjut pada subab berikutnya ini.

##### **4.1.1 Pengujian System Menggunakan Logika Fuzzy**

###### **4.1.1.1 Pengaturan Penyiraman**

Hasil pengujian yang dilakukan dalam pengaturan penyiraman menggunakan logika fuzzy sebagaimana dalam tabel berikut ini, yang mana inputan terdiri dari 2 yakni suhu dan kelembaban tanah, pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan logika fuzzy yang akan menghasilkan sebuah output pada pengaturan penyiraman sesuai berdasarkan pada penjelasan pada bab sebelumnya. Dari hasil pengujian ini dengan logika fuzzy ini kemudian akan dibandingkan dengan pengujian tanpa logika fuzzy, sehingga tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini akan didapatkan. Seperti

yang telah di jelaskan sebelumnya bahwa system tanpa logika fuzzy diasumsikan sebagai hasil yang benar.

Berikut ini hasil dari pengujian system pada pengaturan penyiraman:

Tabel 4. 1 Pengujian System menggunakan Fuzzy pada penyiraman

| No | Input |                  | Output              |                    | Keterangan |
|----|-------|------------------|---------------------|--------------------|------------|
|    | Suhu  | Kelembaban Tanah | Dengan Logika Fuzzy | Tanpa Logika Fuzzy |            |
| 1  | 25.7  | 243              | 3865.38 (Sedang)    | Menyala            | Sesuai     |
| 2  | 27.24 | 147              | 5272.59 (Agak lama) | Menyala            | Sesuai     |
| 3  | 28.75 | 542              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 4  | 29.93 | 611              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 5  | 30.5  | 667              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 6  | 31.66 | 679              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 7  | 33.69 | 697              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 8  | 34.5  | 703              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 9  | 35.53 | 706              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 10 | 35.75 | 704              | 0(mati)             | Mati               | Sesuai     |
| 11 | 33.22 | 698              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 12 | 31.12 | 677              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 13 | 30.59 | 680              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 14 | 31.97 | 682              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 15 | 32.51 | 680              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 16 | 32.25 | 677              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 17 | 30.83 | 670              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 18 | 29.69 | 660              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 19 | 28.78 | 657              | 0 (mati)            | Mati               | Sesuai     |
| 20 | 24.88 | 22               | 4817.99 (Sedang)    | Menyala            | Sesuai     |
| 21 | 22.93 | 92               | 3451.37 (Sedang)    | Menyala            | Sesuai     |
| 22 | 23.43 | 19               | 4160.48 (Sedang)    | Menyala            | Sesuai     |
| 23 | 23.41 | 494              | 178.22 (mati)       | Mati               | Sesuai     |
| 24 | 23.2  | 467              | 447.31 (mati)       | Mati               | Sesuai     |

|    |       |     |               |         |              |
|----|-------|-----|---------------|---------|--------------|
| 25 | 23.09 | 443 | 532.82 (mati) | Menyala | Tidak Sesuai |
| 26 | 23.04 | 451 | 438.36 (mati) | Mati    | Sesuai       |
| 27 | 22.97 | 497 | 45.52 (mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 28 | 22.9  | 469 | 316.72 (mati) | Mati    | Sesuai       |
| 29 | 22.83 | 521 | 0 (mati)      | Mati    | Sesuai       |
| 30 | 22.75 | 395 | 957.57(mati)  | Menyala | Tidak Sesuai |
| 31 | 22.71 | 507 | 0(mati)       | Mati    | Sesuai       |
| 32 | 22.7  | 459 | 450.56(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 33 | 22.64 | 428 | 669.06(mati)  | Menyala | Tidak Sesuai |
| 34 | 22.61 | 394 | 968.88(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 35 | 22.55 | 483 | 303.57(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 36 | 22.45 | 422 | 737.82(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 37 | 22.32 | 488 | 224.3(mati)   | Mati    | Sesuai       |
| 38 | 22.16 | 491 | 173.08(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 39 | 21.83 | 514 | 0(mati)       | Mati    | Sesuai       |
| 40 | 21.73 | 477 | 389.83(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 41 | 21.66 | 447 | 716.22(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 42 | 21.58 | 477 | 389.83(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 43 | 21.55 | 477 | 389.83(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 44 | 21.54 | 491 | 173.08(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 45 | 21.52 | 494 | 118.81(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 46 | 21.51 | 480 | 347.83(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 47 | 21.55 | 485 | 272.73(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 48 | 21.57 | 482 | 318.58(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 49 | 21.54 | 516 | 0(mati)       | Mati    | Sesuai       |
| 50 | 21.49 | 489 | 207.55(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 51 | 21.38 | 489 | 207.55(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 52 | 21.31 | 493 | 137.25(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 53 | 21.31 | 458 | 613.14(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 54 | 21.39 | 491 | 173.08(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 55 | 21.53 | 501 | 0(mati)       | Mati    | Sesuai       |
| 56 | 21.73 | 467 | 515.62(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 57 | 22.05 | 488 | 224.3(mati)   | Mati    | Sesuai       |
| 58 | 22.61 | 487 | 240.74(mati)  | Mati    | Sesuai       |
| 59 | 23.34 | 546 | 0(mati)       | Mati    | Sesuai       |

|    |       |     |                    |         |        |
|----|-------|-----|--------------------|---------|--------|
| 60 | 23.73 | 554 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 61 | 24.26 | 465 | 807.69(mati)       | Mati    | Sesuai |
| 62 | 24.86 | 395 | 1465(cepat)        | Menyala | Sesuai |
| 63 | 25.74 | 338 | 2407.14(cepat)     | Menyala | Sesuai |
| 64 | 26.22 | 10  | 5610(agak lama)    | Menyala | Sesuai |
| 65 | 26.84 | 25  | 5698.01(agak lama) | Menyala | Sesuai |
| 66 | 27.52 | 518 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 67 | 28.02 | 524 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 68 | 29.03 | 0   | 6030(agak lama)    | Menyala | Sesuai |
| 69 | 29.32 | 0   | 6320(agak lama)    | Menyala | Sesuai |
| 70 | 29.3  | 0   | 6300(agak lama)    | Menyala | Sesuai |
| 71 | 30.15 | 0   | 7150(lama)         | Menyala | Sesuai |
| 72 | 30.98 | 0   | 7980(lama)         | Menyala | Sesuai |
| 73 | 30.06 | 510 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 74 | 29.26 | 511 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 75 | 28.41 | 554 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 76 | 27.87 | 471 | 1169.35(cepat)     | Menyala | Sesuai |
| 77 | 27.18 | 510 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 78 | 26.48 | 502 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 79 | 25.89 | 500 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 80 | 25.52 | 480 | 521.74(mati)       | Mati    | Sesuai |
| 81 | 25.24 | 488 | 336.45(mati)       | Mati    | Sesuai |
| 82 | 25.08 | 502 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 83 | 24.96 | 502 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 84 | 24.85 | 504 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 85 | 24.75 | 506 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 86 | 24.65 | 507 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 87 | 24.62 | 503 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 88 | 24.63 | 454 | 978.72(mati)       | Mati    | Sesuai |
| 89 | 24.69 | 453 | 992.96(mati)       | Mati    | Sesuai |
| 90 | 24.66 | 455 | 964.29(mati)       | Mati    | Sesuai |
| 91 | 24.62 | 478 | 564.1(mati)        | Mati    | Sesuai |
| 92 | 24.61 | 525 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 93 | 24.54 | 558 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 94 | 24.42 | 523 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 95 | 24.26 | 565 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |
| 96 | 24.15 | 509 | 0(mati)            | Mati    | Sesuai |

|     |       |     |              |      |        |
|-----|-------|-----|--------------|------|--------|
| 97  | 24.02 | 509 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 98  | 23.89 | 503 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 99  | 23.79 | 566 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 100 | 23.71 | 526 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 101 | 23.64 | 510 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 102 | 23.59 | 527 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 103 | 23.54 | 510 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 104 | 23.51 | 543 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 105 | 23.48 | 480 | 521.74(mati) | Mati | Sesuai |
| 106 | 23.41 | 526 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 107 | 23.31 | 511 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 108 | 23.22 | 521 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 109 | 23.16 | 511 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 110 | 23.1  | 526 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 111 | 23.03 | 510 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 112 | 22.96 | 524 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 113 | 22.87 | 492 | 138.85(mati) | Mati | Sesuai |
| 114 | 22.77 | 491 | 173.08(mati) | Mati | Sesuai |
| 115 | 22.67 | 478 | 330.95(mati) | Mati | Sesuai |
| 116 | 22.58 | 509 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 117 | 22.53 | 511 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 118 | 22.46 | 510 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 119 | 22.38 | 511 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 120 | 22.33 | 523 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 121 | 22.24 | 566 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 122 | 22.14 | 507 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 123 | 22.05 | 566 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 124 | 22.01 | 509 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 125 | 21.96 | 500 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 126 | 21.9  | 513 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 127 | 21.82 | 489 | 207.55(mati) | Mati | Sesuai |
| 128 | 21.73 | 536 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 129 | 21.72 | 562 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 130 | 21.87 | 511 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 131 | 21.38 | 515 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 132 | 21.33 | 445 | 733.33(mati) | Mati | Sesuai |
| 133 | 21.26 | 502 | 0(mati)      | Mati | Sesuai |
| 134 | 21.32 | 479 | 362.07(mati) | Mati | Sesuai |

|     |       |     |              |         |        |
|-----|-------|-----|--------------|---------|--------|
| 135 | 21.5  | 515 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 136 | 21.86 | 555 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 137 | 22.34 | 501 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 138 | 22.91 | 498 | 41.24(mati)  | Mati    | Sesuai |
| 139 | 23.4  | 500 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 140 | 23.87 | 502 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 141 | 24.44 | 502 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 142 | 25.25 | 502 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 143 | 26.29 | 489 | 311.32(mati) | Mati    | Sesuai |
| 144 | 26.65 | 504 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 145 | 27.02 | 505 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 146 | 27.33 | 509 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 147 | 27.45 | 525 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 148 | 28    | 506 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 149 | 28.65 | 540 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 150 | 29.65 | 514 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 151 | 30.24 | 494 | 356.44(mati) | Mati    | Sesuai |
| 152 | 30.71 | 512 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 153 | 31.38 | 526 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 154 | 31.97 | 509 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 155 | 32.46 | 0   | 8000(lama)   | Menyala | Sesuai |
| 156 | 32.84 | 0   | 8000(lama)   | Menyala | Sesuai |
| 157 | 33.14 | 504 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 158 | 33.45 | 0   | 8000(lama)   | Menyala | Sesuai |
| 159 | 33.4  | 543 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 160 | 33.22 | 502 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 161 | 33.2  | 505 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 162 | 33.2  | 503 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 163 | 33.47 | 503 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 164 | 33.82 | 505 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 165 | 34.32 | 504 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 166 | 35.34 | 521 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 167 | 35.84 | 502 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |
| 168 | 36.35 | 503 | 0(mati)      | Mati    | Sesuai |



Berdasarkan tabel 4.1 hasil pengujian pada fitur penyiraman, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sistem pada fitur penyiraman. Perbandingan dilakukan antara hasil dari perhitungan dengan logika fuzzy metode mamdani dan tanpa logika fuzzy yang diasumsikan benar. Adapaun hasil dapat dilihat pada tabel 4.1 dan untuk perhitungan akurasi pada fitur penyiraman sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{\text{Jumlah data yang sesuai}}{\text{Jumlah data yang di uji}} \times 100\% \\
 &= \frac{165}{168} \times 100\% \\
 &= 98,2\%
 \end{aligned}$$

Tingkat akurasi sistem otomasi pada fitur penyiraman menggunakan logika fuzzy adalah sebesar 98,2% dengan jumlah data yang diujikan adalah sebanyak 168 data.

#### **4.1.1.2 Pengaturan Suhu**

Pengujian selanjutnya adalah pengaturan suhu, pengujian yang dilakukan pada pengaturan suhu menggunakan logika fuzzy terdiri dari 2 inputan yakni suhu dan kelembaban, yang mana pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan logika fuzzy yang akan menghasilkan sebuah output pada pengaturan suhu, berdasarkan pada perhitungan pada penjelasan bab sebelumnya. Hasil output dari sistem menggunakan logika fuzzy kemudian akan dibandingkan dengan sistem tanpa logika fuzzy yang

mana hasil dari sistem tersebut diasumsikan merupakan hasil yang benar. Berikut ini hasil dari pengujian system pada pengaturan suhu menggunakan logika fuzzy dan perbandingannya:

Tabel 4. 2 Pengujian System menggunakan Fuzzy pada pengaturan suhu

| No | Input |                  | Output              |                    | Keterangan |
|----|-------|------------------|---------------------|--------------------|------------|
|    | Suhu  | Kelembaban udara | Dengan Logika Fuzzy | Tanpa Logika Fuzzy |            |
| 1  | 25.7  | 75               | 6,77(off)           | Mati               | Sesuai     |
| 2  | 27.24 | 77               | 5,27(off)           | Mati               | Sesuai     |
| 3  | 28.75 | 79               | 4,04(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 4  | 29.93 | 79               | 2,56(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 5  | 30.5  | 79               | 2,37(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 6  | 31.66 | 79               | 2,37(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 7  | 33.69 | 80               | 2,37(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 8  | 34.5  | 78               | 2,37(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 9  | 35.53 | 78               | 2,37(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 10 | 35.75 | 76               | 2,36(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 11 | 33.22 | 72               | 2,35(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 12 | 31.12 | 70               | 2,34(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 13 | 30.59 | 70               | 2,34(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 14 | 31.97 | 70               | 2,34(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 15 | 32.51 | 70               | 2,34(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 16 | 32.25 | 70               | 2,34(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 17 | 30.83 | 70               | 2,34(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 18 | 29.69 | 70               | 2,72(on)            | Menyala            | Sesuai     |
| 19 | 28.78 | 70               | 3,68(on)            | Menyala            | Sesuai     |

|    |       |    |           |      |        |
|----|-------|----|-----------|------|--------|
| 20 | 24.88 | 69 | 7,62(off) | Mati | Sesuai |
| 21 | 22.93 | 74 | 7,6(off)  | Mati | Sesuai |
| 22 | 23.43 | 76 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 23 | 23.41 | 76 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 24 | 23.2  | 76 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 25 | 23.09 | 76 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 26 | 23.04 | 76 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 27 | 22.97 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 28 | 22.9  | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 29 | 22.83 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 30 | 22.75 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 31 | 22.71 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 32 | 22.7  | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 33 | 22.64 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 34 | 22.61 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 35 | 22.55 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 36 | 22.45 | 74 | 7,6(off)  | Mati | Sesuai |
| 37 | 22.32 | 74 | 7,6(off)  | Mati | Sesuai |
| 38 | 22.16 | 74 | 7,6(off)  | Mati | Sesuai |
| 39 | 21.83 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 40 | 21.73 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 41 | 21.66 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 42 | 21.58 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 43 | 21.55 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 44 | 21.54 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 45 | 21.52 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 46 | 21.51 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 47 | 21.55 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 48 | 21.57 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 49 | 21.54 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 50 | 21.49 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 51 | 21.38 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 52 | 21.31 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 53 | 21.31 | 75 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 54 | 21.39 | 76 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 55 | 21.53 | 76 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 56 | 21.73 | 76 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 57 | 22.05 | 77 | 7,58(off) | Mati | Sesuai |

|    |       |    |           |         |        |
|----|-------|----|-----------|---------|--------|
| 58 | 22.61 | 77 | 7,58(off) | Mati    | Sesuai |
| 59 | 23.34 | 78 | 7,57(off) | Mati    | Sesuai |
| 60 | 23.73 | 78 | 7,57(off) | Mati    | Sesuai |
| 61 | 24.26 | 79 | 7,57(off) | Mati    | Sesuai |
| 62 | 24.86 | 80 | 7,56(off) | Mati    | Sesuai |
| 63 | 25.74 | 81 | 6,47(off) | Mati    | Sesuai |
| 64 | 26.22 | 81 | 5,98(off) | Mati    | Sesuai |
| 65 | 26.84 | 79 | 5,51(off) | Mati    | Sesuai |
| 66 | 27.52 | 80 | 4,99(on)  | Menyala | Sesuai |
| 67 | 28.02 | 82 | 4,48(on)  | Menyala | Sesuai |
| 68 | 29.03 | 79 | 3,78(on)  | Menyala | Sesuai |
| 69 | 29.32 | 76 | 3,26(on)  | Menyala | Sesuai |
| 70 | 29.3  | 75 | 3,23(on)  | Menyala | Sesuai |
| 71 | 30.15 | 75 | 2,02(on)  | Menyala | Sesuai |
| 72 | 30.98 | 74 | 2,03(on)  | Menyala | Sesuai |
| 73 | 30.06 | 73 | 2,05(on)  | Menyala | Sesuai |
| 74 | 29.26 | 72 | 3,18(on)  | Menyala | Sesuai |
| 75 | 28.92 | 72 | 3,54(on)  | Menyala | Sesuai |
| 76 | 28.41 | 71 | 4,07(on)  | Menyala | Sesuai |
| 77 | 27.87 | 71 | 4,62(on)  | Menyala | Sesuai |
| 78 | 27.18 | 71 | 5,33(off) | Mati    | Sesuai |
| 79 | 26.48 | 71 | 6,05(off) | Mati    | Sesuai |
| 80 | 25.89 | 71 | 6,66(off) | Mati    | Sesuai |
| 81 | 25.52 | 71 | 7,06(off) | Mati    | Sesuai |
| 82 | 25.24 | 71 | 7,36(off) | Mati    | Sesuai |
| 83 | 25.08 | 71 | 7,53(off) | Mati    | Sesuai |
| 84 | 24.96 | 71 | 7,48(off) | Mati    | Sesuai |
| 85 | 24.85 | 71 | 7,48(off) | Mati    | Sesuai |
| 86 | 24.75 | 71 | 7,48(off) | Mati    | Sesuai |
| 87 | 24.65 | 72 | 7,47(off) | Mati    | Sesuai |
| 88 | 24.62 | 72 | 7,47(off) | Mati    | Sesuai |
| 89 | 24.63 | 72 | 7,47(off) | Mati    | Sesuai |
| 90 | 24.69 | 72 | 7,47(off) | Mati    | Sesuai |
| 91 | 24.66 | 72 | 7,47(off) | Mati    | Sesuai |
| 92 | 24.62 | 72 | 7,47(off) | Mati    | Sesuai |
| 93 | 24.61 | 72 | 7,47(off) | Mati    | Sesuai |
| 94 | 24.54 | 72 | 7,47(off) | Mati    | Sesuai |
| 95 | 24.42 | 72 | 7,47(off) | Mati    | Sesuai |

|     |       |    |           |      |        |
|-----|-------|----|-----------|------|--------|
| 96  | 24.26 | 72 | 7,47(off) | Mati | Sesuai |
| 97  | 24.15 | 72 | 7,47(off) | Mati | Sesuai |
| 98  | 24.02 | 72 | 7,47(off) | Mati | Sesuai |
| 99  | 23.89 | 72 | 7,47(off) | Mati | Sesuai |
| 100 | 23.79 | 72 | 7,47(off) | Mati | Sesuai |
| 101 | 23.71 | 72 | 7,47(off) | Mati | Sesuai |
| 102 | 23.64 | 72 | 7,47(off) | Mati | Sesuai |
| 103 | 23.59 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 104 | 23.54 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 105 | 23.51 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 106 | 23.48 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 107 | 23.41 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 108 | 23.31 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 109 | 23.22 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 110 | 23.16 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 111 | 23.1  | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 112 | 23.03 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 113 | 22.96 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 114 | 22.87 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 115 | 22.77 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 116 | 22.67 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 117 | 22.58 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 118 | 22.53 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 119 | 22.46 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 120 | 22.38 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 121 | 22.33 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 122 | 22.24 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 123 | 22.14 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 124 | 22.05 | 73 | 7,46(off) | Mati | Sesuai |
| 125 | 22.01 | 74 | 7,44(off) | Mati | Sesuai |
| 126 | 21.96 | 74 | 7,44(off) | Mati | Sesuai |
| 127 | 21.9  | 74 | 7,44(off) | Mati | Sesuai |
| 128 | 21.82 | 74 | 7,44(off) | Mati | Sesuai |
| 129 | 21.73 | 74 | 7,44(off) | Mati | Sesuai |
| 130 | 21.72 | 74 | 7,44(off) | Mati | Sesuai |
| 131 | 21.87 | 74 | 7,44(off) | Mati | Sesuai |
| 132 | 21.38 | 76 | 7,59(off) | Mati | Sesuai |
| 133 | 21.33 | 74 | 7,6(off)  | Mati | Sesuai |

|     |       |    |           |         |        |
|-----|-------|----|-----------|---------|--------|
| 134 | 21.26 | 74 | 7,6(off)  | Mati    | Sesuai |
| 135 | 21.32 | 73 | 7,6(off)  | Mati    | Sesuai |
| 136 | 21.5  | 74 | 7,6(off)  | Mati    | Sesuai |
| 137 | 21.86 | 74 | 7,6(off)  | Mati    | Sesuai |
| 138 | 22.34 | 74 | 7,6(off)  | Mati    | Sesuai |
| 139 | 22.91 | 75 | 7,59(off) | Mati    | Sesuai |
| 140 | 23.4  | 75 | 7,59(off) | Mati    | Sesuai |
| 141 | 23.87 | 75 | 7,59(off) | Mati    | Sesuai |
| 142 | 24.44 | 76 | 7,59(off) | Mati    | Sesuai |
| 143 | 25.25 | 76 | 7,24(off) | Mati    | Sesuai |
| 144 | 26.29 | 76 | 6,19(off) | Mati    | Sesuai |
| 145 | 26.65 | 76 | 5,87(off) | Mati    | Sesuai |
| 146 | 27.02 | 76 | 5,49(off) | Mati    | Sesuai |
| 147 | 27.33 | 75 | 5,17(off) | Mati    | Sesuai |
| 148 | 27.45 | 75 | 5,05(off) | Mati    | Sesuai |
| 149 | 28    | 75 | 4,49(on)  | Mati    | Tidak  |
| 150 | 28.65 | 75 | 3,82(on)  | Mati    | Tidak  |
| 151 | 29.65 | 75 | 2,86(on)  | Mati    | Tidak  |
| 152 | 30.24 | 75 | 2,2(on)   | Mati    | Tidak  |
| 153 | 30.71 | 74 | 2,2(on)   | Mati    | Tidak  |
| 154 | 31.38 | 74 | 2,2(on)   | Mati    | Tidak  |
| 155 | 31.97 | 74 | 2,2(on)   | Mati    | Tidak  |
| 156 | 32.46 | 74 | 2,2(on)   | Mati    | Tidak  |
| 157 | 32.84 | 73 | 2,21(on)  | Mati    | Tidak  |
| 158 | 33.14 | 73 | 2,21(on)  | Mati    | Tidak  |
| 159 | 33.45 | 72 | 2,21(on)  | Mati    | Tidak  |
| 160 | 33.4  | 71 | 2,21(on)  | Mati    | Tidak  |
| 161 | 33.22 | 71 | 2,21(on)  | Mati    | Tidak  |
| 162 | 33.2  | 71 | 2,21(on)  | Mati    | Tidak  |
| 163 | 33.2  | 70 | 2,21(on)  | Menyala | Sesuai |
| 164 | 33.47 | 70 | 2,21(on)  | Menyala | Sesuai |
| 165 | 33.82 | 70 | 2,21(on)  | Menyala | Sesuai |
| 166 | 34.32 | 71 | 2,21(on)  | Mati    | Tidak  |
| 167 | 35.34 | 70 | 2,21(on)  | Menyala | Sesuai |
| 168 | 35.84 | 69 | 2,2(on)   | Menyala | Sesuai |

Berdasarkan tabel 4.2 hasil pengujian pada fitur suhu, dilakukan perhitungan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sistem pada fitur suhu. Perbandingan dilakukan antara hasil dari perhitungan dengan logika fuzzy metode mamdani dan tanpa logika fuzzy yang diasumsikan benar. Adapun hasil dapat dilihat pada tabel 4.2 dan untuk perhitungan akurasi pada fitur suhu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= \frac{\text{Jumlah data yang sesuai}}{\text{Jumlah data yang di uji}} \times 100\% \\ &= \frac{153}{168} \times 100\% \\ &= 91,07\% \end{aligned}$$

Tingkat akurasi sistem otomasi pada fitur suhu menggunakan logika fuzzy adalah sebesar 91,07% dengan jumlah data yang diujikan adalah sebanyak 168 data.

#### **4.1.1.3 Pengaturan pH**

Pengujian selanjutnya adalah pada pengaturan pH, pengujian yang dilakukan pada pengaturan pH menggunakan logika fuzzy terdiri dari 2 inputan yakni pH dan selisih pH, yang mana pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan logika fuzzy yang akan menghasilkan sebuah output pada pengaturan pH, berdasarkan pada perhitungan pada penjelasan bab sebelumnya. Yang kemudian dibandingkan dengan hasil system tanpa logika fuzzy yang diasumsikan hasil yang benar dan seharusnya. Sehingga dapat diketaui apakah sistem dengan logika fuzzy dan berfungsi dengan baik

dan akurat. Berikut ini hasil dari pengujian system pada pengaturan ph menggunakan logika fuzzy dan perbandingan dengan sistem tanpa logika fuzzy:

Tabel 4. 3 Pengujian System menggunakan Fuzzy pada pengaturan pH

| No | Input |            | Output              |                    | Keterangan |
|----|-------|------------|---------------------|--------------------|------------|
|    | Ph    | Selisih pH | Dengan Logika Fuzzy | Tanpa Logika Fuzzy |            |
| 1  | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 2  | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 3  | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 4  | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 5  | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 6  | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 7  | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 8  | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 9  | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 10 | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 11 | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 12 | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 13 | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 14 | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 15 | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 16 | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 17 | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 18 | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 19 | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 20 | 6.89  | 6.89       | -700 (turun lambat) | Mati               | Tidak      |
| 21 | 5.29  | 5.29       | 1023 (naik cepat)   | Menyala            | Sesuai     |
| 22 | 6.89  | 1.6        | -700 (turun lambat) | Mati               | Tidak      |
| 23 | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |
| 24 | 6.89  | 0          | 0 (stop)            | Mati               | Sesuai     |



|    |      |   |          |      |        |
|----|------|---|----------|------|--------|
| 25 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 26 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 27 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 28 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 29 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 30 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 31 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 32 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 33 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 34 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 35 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 36 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 37 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 38 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 39 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 40 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 41 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 42 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 43 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 44 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 45 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 46 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 47 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 48 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 49 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 50 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 51 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 52 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 53 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 54 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 55 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 56 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 57 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 58 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 59 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 60 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 61 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 62 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |

|    |      |       |                      |      |        |
|----|------|-------|----------------------|------|--------|
| 63 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 64 | 5.33 | 5.33  | 1023 (naik cepat)    | Mati | Tidak  |
| 65 | 6.89 | 1.56  | -700 (turun lambat)  | Mati | Tidak  |
| 66 | 6.79 | -0.1  | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 67 | 6.35 | -0.44 | 635.77(naik lambat)  | Mati | Tidak  |
| 68 | 6.52 | 0.17  | -274.09 (stop)       | Mati | Sesuai |
| 69 | 6.89 | 0.37  | -512.7(turun lambat) | Mati | Tidak  |
| 70 | 6.87 | -0.02 | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 71 | 6.89 | 0.02  | -32.59 (stop)        | Mati | Sesuai |
| 72 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 73 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 74 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 75 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 76 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 77 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 78 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 79 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 80 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 81 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 82 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 83 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 84 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 85 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 86 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 87 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 88 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 89 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 90 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 91 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 92 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |
| 93 | 6.89 | 0     | 0 (stop)             | Mati | Sesuai |

|     |      |   |          |      |        |
|-----|------|---|----------|------|--------|
| 94  | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 95  | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 96  | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 97  | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 98  | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 99  | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 100 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 101 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 102 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 103 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 104 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 105 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 106 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 107 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 108 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 109 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 110 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 111 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 112 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 113 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 114 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 115 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 116 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 117 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 118 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 119 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 120 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 121 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 122 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 123 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 124 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 125 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 126 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 127 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 128 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 129 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 130 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |

|     |      |      |                     |      |        |
|-----|------|------|---------------------|------|--------|
| 131 | 6.71 | 6.71 | -700 (turun lambat) | Mati | Tidak  |
| 132 | 6.89 | 0.18 | -<br>250.65(stop)   | Mati | Tidak  |
| 133 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 134 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 135 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 136 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 137 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 138 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 139 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 140 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 141 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 142 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 143 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 144 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 145 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 146 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 147 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 148 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 149 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 150 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 151 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 152 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 153 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 154 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 155 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 156 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 157 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 158 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 159 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 160 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 161 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 162 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 163 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 164 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 165 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |
| 166 | 6.89 | 0    | 0 (stop)            | Mati | Sesuai |

|     |      |   |          |      |        |
|-----|------|---|----------|------|--------|
| 167 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |
| 168 | 6.89 | 0 | 0 (stop) | Mati | Sesuai |

Berdasarkan tabel 4.3 hasil pengujian pada fitur ph, dilakukan perhitungan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sistem pada fitur ph. Perbandingan dilakukan antara hasil dari perhitungan dengan logika fuzzy metode mamdani dan tanpa logika fuzzy yang diasumsikan benar. Adapaun hasil dapat dilihat pada tabel 4.3 dan untuk perhitungan akurasi pada fitur ph sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{\text{Jumlah data yang sesuai}}{\text{Jumlah data yang di uji}} \times 100\% \\
 &= \frac{160}{168} \times 100\% \\
 &= 95,238\%
 \end{aligned}$$

Tingkat akurasi sistem otomasi pada fitur ph menggunakan logika fuzzy adalah sebesar 95,238% dengan jumlah data yang diujikan adalah sebanyak 168 data.

**Perhitungan rata-rata akurasi keseluruhan fitur sistem yang telah di rancang menggunakan logika fuzzy:**

Berdasarkan hasil uji coba pada tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 pada pengaturan suhu, kelembaban, dan ph menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data yang sesuai}}{\text{Jumlah data yang di uji}} \times 100\%$$

$$\text{Rata-Rata Akurasi} = \frac{478}{504} \times 100\%$$

$$= 94,8\%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diketahui nilai dari rata-rata akurasi sistem yang telah dirancang menggunakan logika fuzzy metode mamdani adalah sebesar 94,8% dengan jumlah keseluruhan data 504 data dari 3 fitur yakni penyiraman, pengatur suhu dan pengatur Ph.

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Perhitungan Logika Fuzzy

Perhitungan berikut ini menggunakan salah satu data yang diperoleh dari pembacaan sensor pada inputan fitur pengaturan suhu, yakni input suhu dan kelembaban udara yang dilakukan pada pukul 09.24, yang dalam hal ini merupakan pembacaan sensor yang ke -5 pada tabel 4.2. pada pembacaan sensor tersebut diketahui suhu 28.75 dan kelembaban tanah sebesar 79.

Berdasarkan pada data yang diperoleh suhu 28,75 merupakan keanggotaan sedang dan panas, adapun perhitungan keanggotaan sedang dan panas pada suhu adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Suhu sedang} &= \frac{c-x}{c-b} \\ &= \frac{30-28,75}{30-25} \\ &= 0,25\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Suhu panas} &= \frac{x-a}{b-a} \\
 &= \frac{28,75-25}{30-25} \\
 &= 0,75
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa nilai keanggotaan suhu sedang adalah 0,25 dan suhu panas 0,75. Untuk input selanjutnya adalah kelembaban udara yang mana nilainya adalah 79, merupakan keanggotaan sedang dan tinggi. Adapun perhitungan keanggotaan kelembaban udara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kelembaban udara sedang} &= \frac{c-x}{c-b} \\
 &= \frac{90-79}{90-70} \\
 &= 0,55 \\
 \text{Kelembaban udara tinggi} &= \frac{x-a}{b-a} \\
 &= \frac{79-70}{90-70} \\
 &= 0,45
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa nilai keanggotaan kelembaban udara sedang adalah 0,55 dan kelembaban udara tinggi 0,45. Langkah selanjutnya adalah menentukan fuzzy rule yang digunakan dengan cara membandingkan nilai fuzzifikasi

pada perhitungan fungsi keanggotaan sebelumnya dengan menggunakan nilai terkecil (MIN). adapun hasilnya sebagai berikut:

R7= IF Suhu sedang AND Kelembaban Tinggi THEN Kipas is OFF

= 0,25 AND 0,45

= 0,25 (hasilnya adalah nilai terkecil dan perbandingan pada rule ke-7)

R8 = IF Suhu sedang AND Kelembaban Sedang THEN Kipas is OFF

= 0,25 AND 0,55

= 0,25 (hasilnya adalah nilai terkecil dan perbandingan pada rule ke-8)

R10 = IF Suhu Panas AND Kelembaban Tinggi THEN Kipas is ON

= 0,75 AND 0,45

= 0,45 (hasilnya adalah nilai terkecil dan perbandingan pada rule ke-10)

R11 = IF Suhu Panas AND Kelembaban Sedang THEN Kipas is ON

= 0,75 AND 0,55

= 0,55 (hasilnya adalah nilai terkecil dan perbandingan pada rule ke-10)

Setelah mengetahui fuzzy rule, proses selanjutnya adalah defuzifikasi. Dalam hal ini proses defuzifikasi menggunakan metode *centroid*.



Berikut ini adalah perhitungan mencari panjang x dari masih masih fungsi on dan off, yang dalam hal ini kami sebut a1 dan a2.

$$A1 = \frac{x-a}{b-a}$$

$$0,25 = \frac{x-5}{0,5}$$

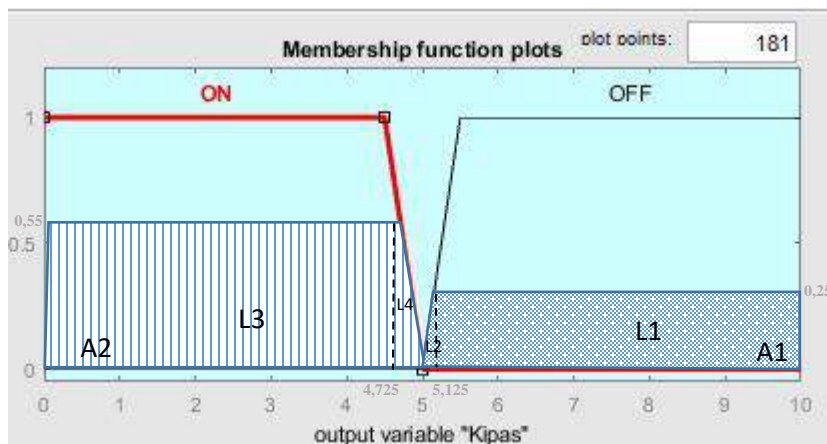
$$X = 5,125$$

$$A2 = \frac{c-x}{c-b}$$

$$0,55 = \frac{5-x}{0,5}$$

$$X = 4,725$$

Kemudian dilakukan perhitungan defuzifikasi dengan mencari luas dan momentum pada fungsi keanggotaan output kipas pada fitur pengaturan suhu:



Gambar tersebut merupakan hasil dari tahap sebelumnya, yang kemudian akan dicari nilai luas dan momentumnya. Adapun cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Mencari Luas Daerah

$$L1 = p \times l$$

$$= 4,875 \times 0,25$$

$$= 1,21875$$

$$L2 = \frac{1}{2} \times a \times t$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,125 \times 0,25$$

$$= 0,0156$$

$$L3 = p \times l$$

$$= 4,725 \times 0,55$$

$$= 2,59875$$

$$L4 = \frac{1}{2} \times a \times t$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,275 \times 0,55$$

$$= 0,075625$$

$$\text{Total Luas} = 3,908725$$

- Mencari nilai Moment

$$M1 = \int_{5,125}^{10} 0,25 \, x$$

$$= 9,216$$

$$M2 = \int_5^{5,125} \frac{1}{0,5} x - \frac{5}{0,5}$$

$$= 0,0794$$

$$M3 = \int_0^{4,725} 0,55 x$$

$$= 6,1395$$

$$M4 = \int_{4,725}^5 \frac{5}{0,5} - \frac{1}{0,5} x$$

$$= 0,3642$$

$$\text{Total Moment} = 15,7991$$

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan luas dan moment, selanjutnya adalah menerapkan rumus centroid tersebut untuk menghasilkan output dari proses defuzzifikasi dengan rumus output sebagai berikut:

$$\text{Output} = \frac{M1 + M2 \dots Mi}{L1 + L2 \dots Li}$$

$$\text{Output} = \frac{15,7991}{3,908725}$$

$$\text{Output} = 4,04$$

Dari hasil perhitungan tersebut diketahui hasil output dari proses defuzzifikasi fitur pengaturan suhu dengan inputan suhu 28,75 dan kelembaban udara 79 menghasilkan

output sebesar 4,04. Yang berarti nilai output tersebut menunjukkan kipas dengan suhu dan kelembaban tersebut dalam keadaan ON atau menyala.

#### 4.2.2 Source Code Mikrokontroler

Dalam pembuatan sistem menggunakan logika fuzzy, langkah awal yang dilakukan adalah mencari *fuzzifikasi*, dikarenakan penelitian ini berfokus pada 3 hal yakni pengaturan penyiraman (input suhu dan kelembaban), suhu (input suhu dan kelembaban) dan pH (input ph dan selisih ph) maka proses fuzzifikasi dilakukan untuk mendapatkan nilai fuzzifikasi dari masing-masing inputan. Adapun source code dibawah ini.

##### A. Pengaturan penyiraman

Source code fuzzifikasi pada inputan fitur penyiraman (suhu dan kelembaban tanah):

```
void fuzzifikasi_penyiraman() {
    //suhu
    uMember = 0;
    hitung_member(1, suhu, 0, 19, 23, 0);
    uSuhuSiramDingin = uMember;
    hitung_member(2, suhu, 19, 23, 27, 0);
    uSuhuSiramAgakDingin = uMember;
    hitung_member(2, suhu, 23, 27, 29, 0);
    uSuhuSiramNormal = uMember;
    hitung_member(2, suhu, 27, 29, 31, 0);
    uSuhuSiramPanas = uMember;
    hitung_member(3, suhu, 29, 31, 40, 0);
    uSuhuSiramSangatPanas = uMember;
```

```

//kelembaban_tanah

uMember = 0;

hitung_member(1, lembab_tanah, 0, 15, 310, 0);

uTanahKering = uMember;

hitung_member(2, lembab_tanah, 12, 310, 500, 0);

uTanahLembab = uMember;

hitung_member(3, lembab_tanah, 310, 450, 500,
550);

uTanahBasah = uMember;

}

int fuzzy_set_penyiraman[3][5] = {

    {4000, 4000, 6000, 6000, 8000},

    {2000, 2000, 4000, 6000, 6000},

    {0, 0, 0, 0, 0}

};

```

Berdasarkan code tersebut merupakan tahapan fuzifikasi dari fitur penyiraman, yang terdiri dari dua input yakni suhu dan kelembaban tanah, pada code tersebut di atas memperkenalkan masing-masing dari fungsi keanggotaan tiap inputan. Yang kemudian dilanjutkan dengan proses selanjutnya yakni perhitungan pada tahap defuzifikasi.

Source code defuzzifikasi penyiraman:

```
void defuzzifikasi_penyiraman() {
    float pembil = 0, penyeb = 0, centre_of_area = 0;

    float N_suhu[5] = {};
    float N_kelembaban[3] = {};

    float data_uSuhuSiram[5] = {uSuhuSiramDingin, uSuhuSiramAgakDingin,
    uSuhuSiramNormal, uSuhuSiramPanas, uSuhuSiramSangatPanas};

    float data_uKelembaban[3] = {uTanahKering, uTanahLembab, uTanahBasah};

    for (int set = 0; set < 15;) {
        for (int i = 0; i < 3; i++) {
            N_kelembaban[i] = data_uKelembaban[i];

            kondisiKelembabanSiram = max(N_kelembaban[i], kondisiKelembabanSiram);

            for (int j = 0; j < 5; j++) {
                N_suhu[j] = data_uSuhuSiram[j];

                kondisiSuhuSiram = max(N_suhu[j], kondisiSuhuSiram);

                /* Metode COA (Centre Of Area)*/
                Min_Suhu[set] = min(N_suhu[j], N_kelembaban[i]);
                pembil += Min_Suhu[set] * fuzzy_set_penyiraman[i][j];
                penyeb += Min_Suhu[set];

                delay(5);

                set ++;
            }
        }
    }

    centre_of_area = pembil / penyeb;

    KeluaranPenyiraman = centre_of_area;
}

//EndFiturPenyiraman
```

Berdasarkan pada code defuzzifikasi tersebut, terdapat perhitungan untuk memperoleh output dengan menggunakan metode *centre of area* atau CoA, pada code tersebut diatur sedemikian rupa untuk memperoleh output berdasarkan rumus yang sesuai.

## B. Pengaturan Suhu

Source code fuzzifikasi pada inputan fitur suhu (suhu dan kelembaban udara):

```
//FiturSuhu
void fuzzifikasi_suhu() {
    //suhu
    uMember = 0;
    hitung_member(1, suhu, 0, 5, 10, 0);
    uSuhuSangatDingin = uMember;
    hitung_member(4, suhu, 5, 10, 15, 20);
    uSuhuDingin = uMember;
    hitung_member(4, suhu, 15, 20, 25, 30);
    uSuhuSedang = uMember;
    hitung_member(4, suhu, 25, 30, 35, 40);
    uSuhuPanas = uMember;
    hitung_member(3, suhu, 35, 40, 40, 0);
    uSangatPanas = uMember;
```

```

//kelembaban
uMember = 0;
hitung_member(1, lembab, 0, 30, 50, 0);
uKelembabanRendah = uMember;
hitung_member(4, lembab, 30, 50, 70, 90);
uKelembabanSedang = uMember;
hitung_member(3, lembab, 70, 90, 90, 0);
uKelembabanTinggi = uMember;
}

```

Berdasarkan code tersebut merupakan tahapan fuzifikasi dari fitur pengatur suhu, yang terdiri dari dua input yakni suhu dan kelembaban udara, pada code tersebut di atas memperkenalkan masing-masing dari fungsi keanggotaan tiap inputan. Yang kemudian dilanjutkan dengan proses selanjutnya yakni perhitungan pada tahap selanjutnya.

Rule Base fitur pengatur suhu:

```

// Fuzzy Rule Base
float rule[] = {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0};
rule[0] = min(uSuhuSangatDingin, uKelembabanTinggi); //Off
rule[1] = min(uSuhuSangatDingin, uKelembabanSedang); //Off
rule[2] = min(uSuhuSangatDingin, uKelembabanRendah); //ON
rule[3] = min(uSuhuDingin, uKelembabanTinggi); //Off
rule[4] = min(uSuhuDingin, uKelembabanSedang); //Off
rule[5] = min(uSuhuDingin, uKelembabanRendah); //ON
rule[6] = min(uSuhuSedang, uKelembabanTinggi); //off
rule[7] = min(uSuhuSedang, uKelembabanSedang); //off
rule[8] = min(uSuhuSedang, uKelembabanRendah); //on
rule[9] = min(uSuhuPanas, uKelembabanTinggi); //on
rule[10] = min(uSuhuPanas, uKelembabanSedang); //on

```



```

rule[11] = min(uSuhuPanas, uKelembabanRendah); //on
rule[12] = min(uSangatPanas, uKelembabanTinggi); //on
rule[13] = min(uSangatPanas, uKelembabanSedang); //on
rule[14] = min(uSangatPanas, uKelembabanRendah); //on

float nyala[9] = {rule[2], rule[5], rule[8], rule[9], rule[10], rule[11], rule[12],
rule[13], rule[14]};

float mati[6] = {rule[0], rule[1], rule[3], rule[4], rule[6], rule[7]};

float on_a = 0;
float on_b = 4.5;
float on_c = 5;
float off_a = 5;
float off_b = 5.5;
float off_c = 10;

```

Source code defuzzifikasi fitur pengaturan suhu:

```

maxNyala = nyala[0];
for (int i = 0; i < 9; i++) {
    if (nyala[i] > maxNyala) {
        maxNyala = nyala[i];
    }
}

maxMati = mati[0];
for (int i = 0; i < 6; i++) {
    if (mati[i] > maxMati) {
        maxMati = mati[i];
    }
}

```

```

m1 = 0;

m2 = 0;

m3 = 0;

m4 = 0;

if (maxMati > 0) {
    x1 = maxMati * (off_b - off_a) + off_a;
    al_off = ((off_c - off_a) + (off_c - x1)) * maxMati / 2 ;
    m1 = maxMati / 2 * (pow(off_c, 2)) - maxMati / 2 * (pow(x1, 2)); //lurus
    m2 = (4 * pow(x1, 3) / 6 - 5 * 6 * pow(x1, 2) / 6) - (4 * pow(off_a, 3) / 6 - 5 * 6
    * pow(off_a, 2) / 6);
}

if (maxNyala > 0) {
    x2 = (maxNyala * (on_c - on_b) - on_c) * -1;
    al_on = (on_c + x2) * maxNyala / 2 ;
    m3 = maxNyala / 2 * (pow(x2, 2)); //lurus
    m4 = (10 * 3 * pow(on_c, 2) / 6 - 2 * 2 * pow(on_c, 3) / 6) - (10 * 3 *
    pow(x2, 2) / 6 - 2 * 2 * pow(x2, 3) / 6);
}

float E_m = m1 + m2 + m3 + m4;

float E_a = al_off + al_on;

KeluaranSuhu = E_m / E_a;

}

```

Berdasarkan pada code defuzifikasi tersebut, terdapat perhitungan untuk memperoleh output dengan menggunakan metode *centre of area* atau CoA, pada code tersebut diatur sedemikian rupa untuk memperoleh output berdasarkan rumus yang sesuai.

### C. Pengaturan pH

Source code fuzzifikasi pada inputan fitur pH (pH dan selisih pH)

```
//FiturPH
void fuzzifikasi_ph() {
    //ph
    uMember = 0;
    hitung_member(1, ph, 0, 6, 6.5, 0);
    uAsam = uMember;
    hitung_member(2, ph, 6, 7, 8, 0);
    uNetral = uMember;
    hitung_member(3, ph, 7, 8, 8, 0);
    uBasa = uMember;

    //^ph
    uMember = 0;
    hitung_member(1, delta, -6, -1, 0, 0);
    uNegatif = uMember;
    hitung_member(2, delta, -1, 0, 0.5, 0);
    uDeltaNetral = uMember;
    hitung_member(3, delta, 0, 0.5, 0.5, 0);
    uPositif = uMember;
}

int fuzzy_set_ph[3][3] = {
    {1023, 700, -1023},
    {1023, 0, -1023},
    {1023, -700, -1023}
};
```

Berdasarkan code tersebut merupakan tahapan fuzifikasi dari fitur pengatur pH, yang terdiri dari dua input yakni ph dan selisih ph, pada code tersebut di atas memperkenalkan masing-masing dari fungsi keanggotaan tiap inputan. Yang kemudian dilanjutkan dengan proses selanjutnya yakni perhitungan pada tahap selanjutnya.

Source code defuzifikasi fitur pengatur ph:

```
void defuzzifikasi_ph() {
    float pembil = 0, penyeb = 0, centre_of_area = 0;
    float N_ph[3] = {};
    float N_deltaph[3] = {};
    float data_uPh[3] = {uAsam, uNetral, uBasa};
    float data_uDeltaPh[3] = {uNegatif, uDeltaNetral, uPositif};
    for (int set = 0; set < 9;) {
        for (int i = 0; i < 3; i++) {
            N_ph[i] = data_uPh[i];
            kondisiPh = max(N_ph[i], kondisiPh);
            for (int j = 0; j < 3; j++) {
                N_deltaph[j] = data_uDeltaPh[j];
                kondisiDeltaPh = max(N_deltaph[j], kondisiDeltaPh);
            }
        }
    }
}
```

```

/* Metode COA (Centre Of Area)*/
Min_ph[set] = min(N_ph[j], N_deltaph[i]);
pembil += Min_ph[set] * fuzzy_set_ph[i][j];
penyeb += Min_ph[set];
delay(5);
set ++;
}
}
}
centre_of_area = pembil / penyeb;
Keluaran_ph = centre_of_area;
}
//EndFiturPH

```

Berdasarkan pada code defuzifikasi tersebut, terdapat perhitungan untuk memperoleh output dengan menggunakan metode *centre of area* atau CoA, pada code tersebut diatur sedemikian rupa untuk memperoleh output berdasarkan rumus yang sesuai.

### 4.2.3 Sistem Hardware

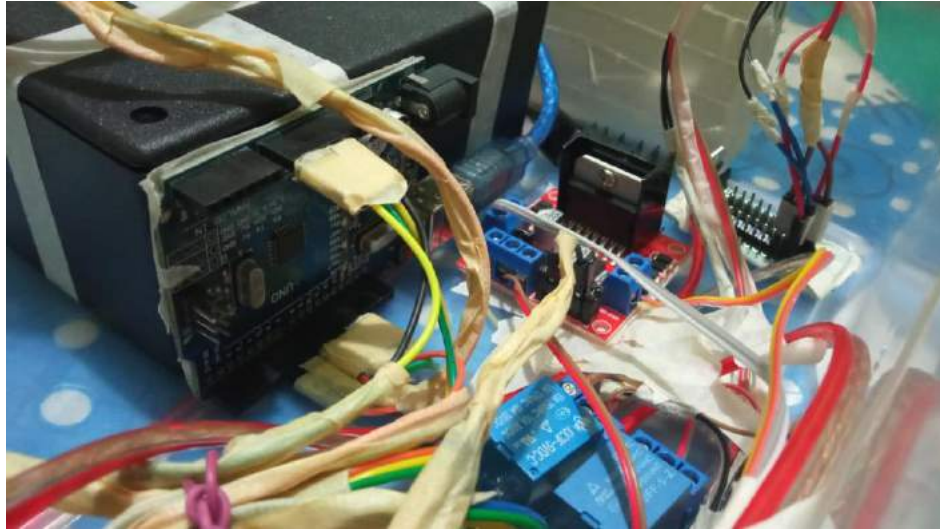
#### 4.2.3.1 Rangkaian Hardware

Pada rangkaian sistem hardware dalam penelitian ini menggunakan NodeMcu dan Arduino uno sebagai mikrokontrolernya, yang mana pembacaan data dari sensor-sensor seperti soil moisture, BME280, Sensor pH akan dikirimkan ke nodeMcu dan kemudian diintegrasikan dengan arduino, selanjutnya hasil pengolahan menggunakan logika fuzzy metode mamdani akan dikirimkan ke *website* yang telah dirancang melalui bantuan internet untuk menampilkan data dan perbandingan antara menggunakan logika fuzzy dan tanpa logika fuzzy.

Berikut adalah gambar rangkaian *hardware* yang telah dirancang:



Gambar 4. 1 Rangkaian sistem tampak atas



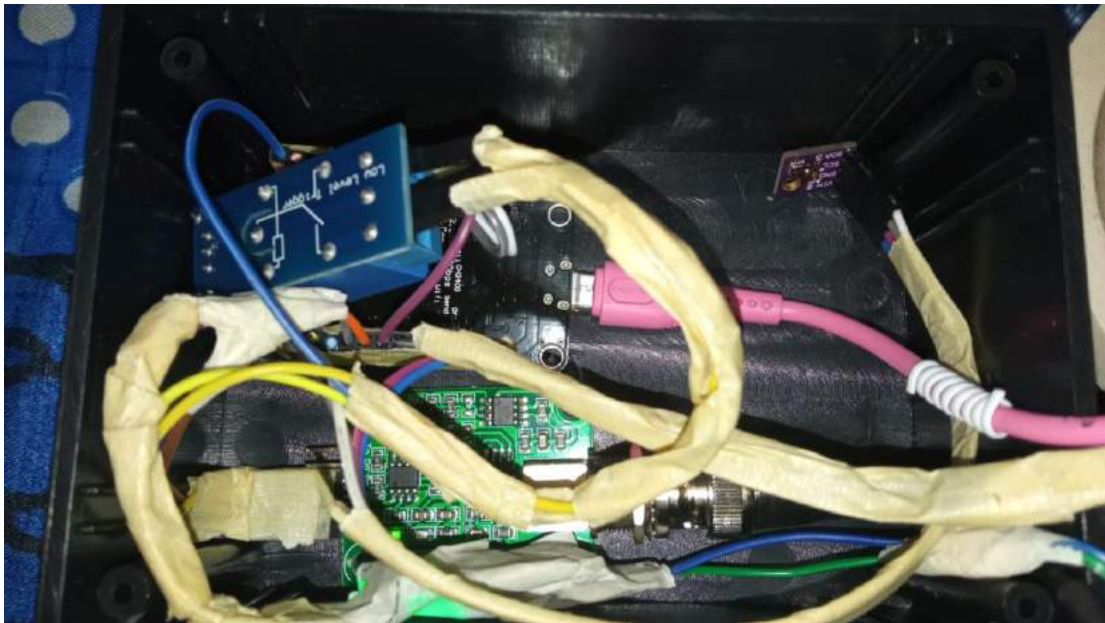
Gambar 4. 2 Rangkain sistem tampak samping



Gambar 4. 3 Rangkain sistem pada greenhouse

#### 4.2.3.2 Node Mcu

Rangkaian sistem pada penelitian ini menggunakan nodeMcu yang digunakan untuk mengirim data ke arduino, data yang telah diolah sedemikian rupa menggunakan logik fuzzy dikirimkan ke arduino, melalui pin 12 node mcu ke pin 7 arduino dan pin 13 node mcu ke pin 8 arduino atau rx node mcu ke tx arduino dan tx node mcu ke rx arduino, yang selanjutnya dapat dikirim ke server melalui bantuan wi-fi. Berikut rangkain dari nodeMcu yang telah dirancang sedemikian rupa untuk hasil yang maksimal:



Gambar 4. 4 Rangkaian NodeMCU



### 4.2.3.3 Pengaturan Sensor

#### 4.2.3.3.1 Sensor Kelembaban Tanah (Soil Moisture Sensor)

Berikut ini merupakan sensor kelembaban tanah, sensor ini digunakan untuk mengetahui berapa kelembaban tanah yang kemudian data tersebut akan digunakan untuk inputan pada fitur penyiraman, dengan menggunakan kecerdasan buatan dengan logika fuzzy maka akan mengetahui aksi yang seharusnya dengan secara otomatis tanpa melibatkan aksi penyiraman manual oleh manusia.



Gambar 4. 5 Pemasangan sensor kelembaban tanah pada greenhouse

#### 4.2.3.3.2 Sensor Suhu dan kelembaban udara (BME280)

Berikut ini merupakan sensor suhu dan kelembaban udara, sensor ini digunakan untuk mengetahui berapa suhu dan kelembaban udara, yang kemudian data tersebut akan digunakan untuk inputan pada fitur penyiraman dan pada fitur pengaturan suhu, dengan menggunakan kecerdasan buatan dengan logika fuzzy maka akan mengetahui aksi yang seharusnya dengan secara otomatis.



Gambar 4. 6 Sensor BME280

#### 4.2.3.3.3 Sensor Ph

Sensor Ph digunakan untuk mengetahui ph dan selisih pada nutrisi air yang digunakan, yang kemudian hasil data tersebut akan diolah untuk menghasilkan hasil yang benar. Sensor ph digunakan pada fitur pengaturan Ph .



Gambar 4. 7 Sensor pH

#### 4.2.3.4 Rangkaian Output

##### 4.2.3.4.1 Ouput Pengatur Penyiraman

Berikut ini adalah output dari pengaturan penyiraman yang berupa berapa lamanya waktu penyiraman dalam suatu kondisi, output ini berdasarkan pada perhitungan logika fuzzy yang telah dirancang. Kondisi lama waktu penyiraman berdasarkan dengan data keadaan yang diperoleh dari sensor. Apabila kondisi menunjukan angka output untuk melakukan penyiraman maka dengan otomatis sistem akan melakukan penyiraman dengan rancangan alat yang telah dibuat.



Gambar 4. 8 Output pengaturan penyiraman

#### **4.2.3.4.2 Ouput Pengatur Suhu (Kipas)**

Berikut output dari pengaturan suhu yakni berupa pengaktifan maupun penonaktifan dari kipas. Apabila suatu kondisi dari data sensor menunjukan keadaan kipas harus menyala karena suhu panas untuk keadaan tanaman, maka kipas akan otomotasi menyala sampai suhu normal dan sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman.



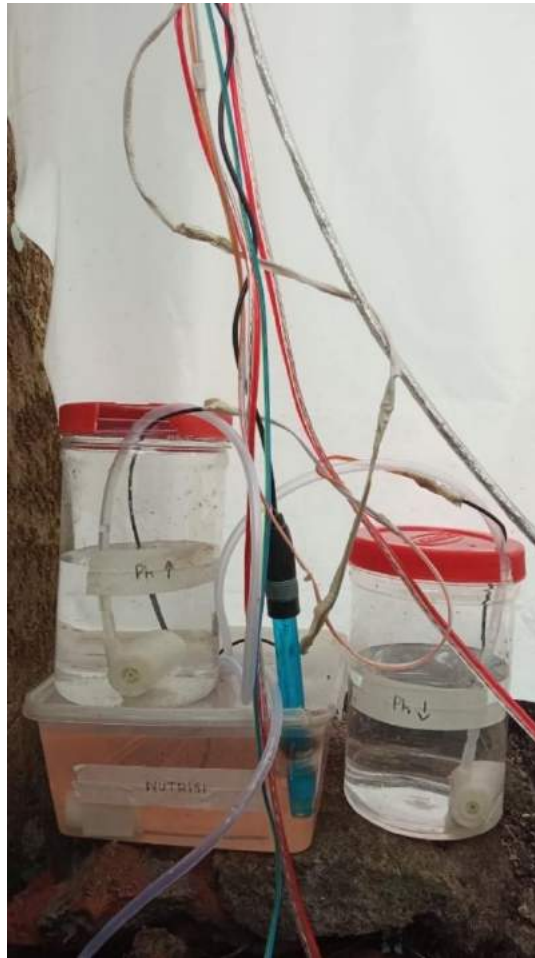
Gambar 4. 9 Ouput pengaturan suhu berupa kipas

#### **4.2.3.4.3 Ouput Pengatur pH**

Berikut output dari pengaturan Ph yang mana berfungsi untuk mengatur nutrisi ph pada air, terdapat cairan ph up dan ph down untuk menghasilkan ph yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Sistem akan otomatis mengatur kadar ph yang sesuai dengan yang dibutuhkan berdasarkan dengan data sensor yang diperoleh menggunakan sensor Ph.



Gambar 4. 10 cairan ph up ph down sebelum diaplikasikan



Gambar 4. 11 Ouput Pengaturan pH

#### 4.2.3.5 Tampilan Greenhouse

Berikut ini merupakan tampilan dari greenhouse yang telah dirancang sebagai wadah untuk melakukan penelitian sistem menggunakan logika fuzzy.





Gambar 4. 12 Tampilan Greenhouse



Gambar 4. 13 Greenhouse tampak samping

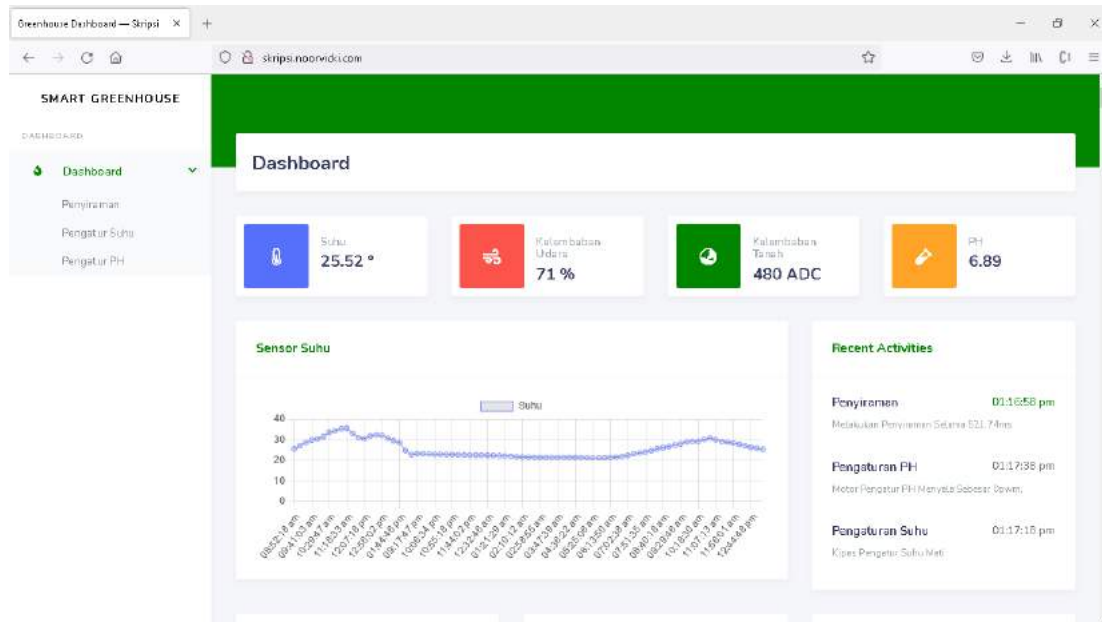


#### **4.2.4 Sistem Interface**

Pembuatan website sistem ini menggunakan Bahasa pemograman PHP native untuk sistem backendnya dan frontendnya menggunakan CSS Bootstrap. Yang kemudian ditempatkan pada hosting untuk dapat diakses melalui jaringan internet. Untuk dapat mengakses website smart greenhouse dengan menggunakan link berikut : <http://skripsi.noorvicki.com/>. Adapun tampilannya sebagai berikut:

##### **4.2.4.1 Dashboard**

Saat pertama kali membuka alamat website tersebut, maka halaman yang pertama kali dilihat adalah halaman dashboard, pada halaman dashboard berisi hasil dari pembacaan sensor suhu, sensor kelembaban udara, sensor kelembaban tanah dan Ph. Yang berada paling atas (4 item) tersebut merupakan data hasil pembacaan sensor yang paling terbaru. Kemudian pada tampilan tersebut juga kita dapat mengetahui grafik pembacaan sensor interval per 15 menit, lengkap dengan waktu pembacaan dan hasil sensornya. Data yang ditampilkan merupakan data yang realtime. Adapun tampilannya sebagai berikut:



Gambar 4. 14 Halaman Dashboard Smart Greenhouse

#### 4.2.4.2 Penyiraman

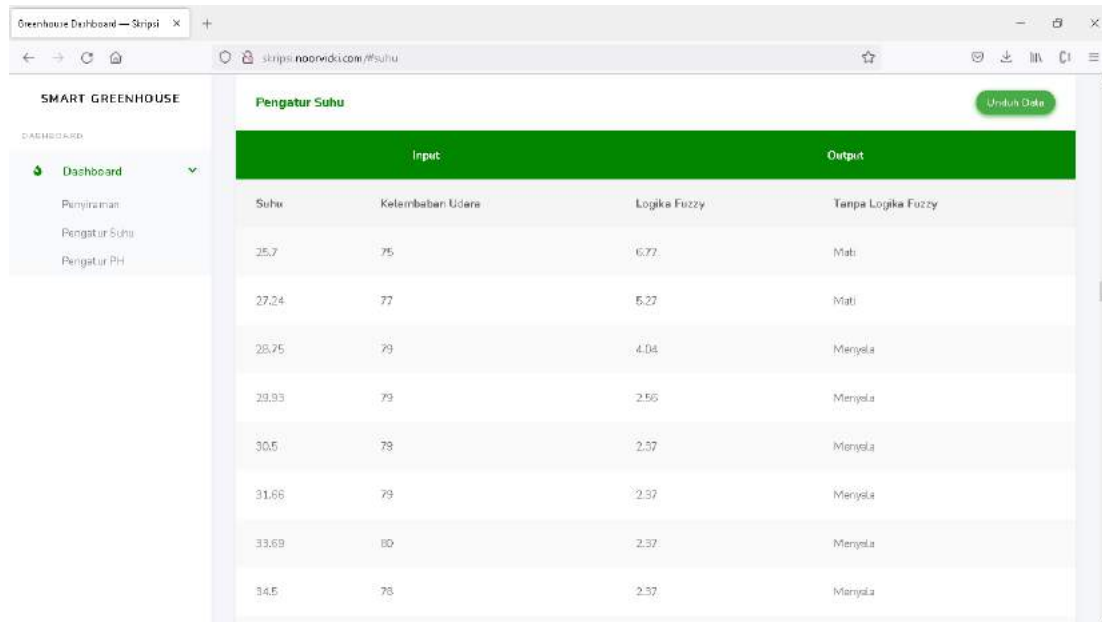
Selanjutnya adalah halaman penyiraman dalam bentuk tabel, dalam tabel tersebut menampilkan pembacaan sensor pada inputan pada fitur penyiraman yakni suhu dan kelembaban tanah, selain itu dalam tabel tersebut juga menampilkan output hasil perhitungan menggunakan logika fuzzy dan output tanpa menggunakan logika fuzzy yang terdiri dari menyala dan mati dan diasumsikan sebagai nilai yang benar. Kedua dari hasil tersebut selanjutnya akan dibandingkan dan kemudian dihitung nilai keakurasiannya pada akhir tahap. Adapun tampilan dari halaman penyiraman adalah sebagai berikut:

| SMART GREENHOUSE |                  |              |                    |
|------------------|------------------|--------------|--------------------|
| Penyiraman       |                  |              |                    |
| Input            |                  | Output       |                    |
| Suhu             | Kelambaban Tanah | Logika Fuzzy | Tanpa Logika Fuzzy |
| 25.7             | 243              | 3605.38      | Menyala            |
| 27.24            | 147              | 5272.68      | Menyala            |
| 28.75            | 542              | 0            | Mati               |
| 29.93            | 611              | 0            | Mati               |
| 30.5             | 667              | 0            | Mati               |
| 31.66            | 679              | 0            | Mati               |
| 33.69            | 897              | 0            | Mati               |
| 34.5             | 703              | 0            | Mati               |

Gambar 4. 15 Halaman Penyiraman

#### 4.2.4.3 Pengatur Suhu

Halaman berikutnya adalah halaman pengatur suhu dalam bentuk tabel, dalam tabel tersebut menampilkan pembacaan sensor pada inputan pada fitur pengaturan suhu yakni suhu dan kelembaban udara, selain itu dalam tabel tersebut juga menampilkan output hasil perhitungan menggunakan logika fuzzy dan output tanpa menggunakan logika fuzzy yang terdiri dari menyala dan mati. Adapun tampilan halaman pengatur suhu adalah sebagai berikut:



| Input |                  | Output       |                    |
|-------|------------------|--------------|--------------------|
| Suhu  | Kelembaban Udara | Logika Fuzzy | Tanpa Logika Fuzzy |
| 25,7  | 75               | 6,77         | Mati               |
| 27,24 | 77               | 5,27         | Mati               |
| 28,75 | 79               | 4,04         | Menyala            |
| 29,83 | 79               | 2,55         | Menyala            |
| 30,5  | 78               | 2,37         | Menyala            |
| 31,66 | 79               | 2,37         | Menyala            |
| 33,69 | 80               | 2,37         | Menyala            |
| 34,5  | 78               | 2,37         | Menyala            |

Gambar 4. 16 Halaman Pengatur suhu

#### 4.2.4.3 Pengatur pH

Berikut ini adalah halaman pengatur pH dalam bentuk tabel, dalam tabel tersebut menampilkan pembacaan sensor pada inputan pada fitur pengaturan pH yakni pH dan selisih pH, selain itu dalam tabel tersebut juga menampilkan output hasil perhitungan menggunakan logika fuzzy dan ouput tanpa menggunakan logika fuzzy yang terdiri dari menyala dan mati. Adapun tampilan halaman pengatur pH adalah sebagai berikut:

| Input |     | Output       |                    |
|-------|-----|--------------|--------------------|
| Ph    | ΔPh | Logika Fuzzy | Tanpa Logika Fuzzy |
| 5.89  | 0   | 0            | Mati               |
| 6.09  | 0   | 0            | Mati               |
| 6.09  | 0   | 0            | Mati               |
| 6.09  | 0   | 0            | Mati               |
| 6.09  | 0   | 0            | Mati               |
| 6.09  | 0   | 0            | Mati               |
| 6.09  | 0   | 0            | Mati               |
| 6.09  | 0   | 0            | Mati               |

Gambar 4. 17 Halaman Pengatur pH

#### 4.2.5 Integrasi Islam

Perkembangan teknologi terus mengalami sebuah perkembangan dan kemajuan dari masa ke masa, sebagai manusia yang dikaruniai akal untuk berpikir maka sudah seharusnya kita mengikuti perkembangan teknologi yang ada, dan ikut berkontribusi kemajuan di dalamnya. Sebagaimana disebutkan dalam Alqur'an surah ke 96 yakni surah Al-Alaq ayat 1-5 yang berbunyi:

اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ (1) خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍ (2) اقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ (3) الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ (4) عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ (5)

Yang artinya:

*(1) Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu yang menciptakan; (2) Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah; (3) Bacalah, dan Tuhanmulah Yang Mahamulia; (4) Yang mengajar (manusia) dengan pena; (5) Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya.*

Dalam surah tersebut mengajarkan bahwa kemajuan beragama terjadi karena proses belajar, dalam surah tersebut diatas disebutkan bahwa perintah Allah kepada manusia yaitu belajar (Russel & Norvig, 2016). Ayat pertama dalam surah tersebut memiliki arti “bacalah”, kata bacalah tidak melulu tentang membaca sebuah tulisan, akan tetapi bacalah tersebut dapat diartikan dengan membaca sebuah keadaan, kondisi, peluang maupun langkah apa yang harus di ambil. Aktivitas berpikir dan bernalar itulah yang membedakan antara manusia dengan binatang. Sebagaimana disebutkan dalam Al-Qur'an surah Al-a'raf ayat 179:

وَلَقَدْ ذَرَأْنَا لِجَهَنَّمَ كَثِيرًا مِّنَ الْجِنِّ وَالْإِنسِ لَهُمْ قُلُوبٌ لَا يَفْقَهُونَ بِهَا وَلَهُمْ أَعْيُنٌ لَا يُبْصِرُونَ بِهَا وَلَهُمْ أَذَانٌ لَا يَسْمَعُونَ بِهَا أُولَٰئِكَ كَالْأَنْعَامِ بَلْ هُمْ أَضَلُّ أُولَٰئِكَ هُمُ الْغَافِلُونَ

*Artinya: Dan sungguh, akan Kami isi neraka Jahanam banyak dari kalangan jin dan manusia. Mereka memiliki hati, tetapi tidak dipergunakannya untuk memahami (ayat-ayat Allah) dan mereka memiliki mata (tetapi) tidak dipergunakannya untuk melihat (tanda-tanda kekuasaan Allah), dan mereka mempunyai telinga (tetapi) tidak dipergunakannya untuk mendengarkan (ayat-ayat Allah). Mereka seperti hewan ternak, bahkan lebih sesat lagi. Mereka itulah orang-orang yang lengah.*

Dalam ayat-ayat Al-Qur'an tersebut mendorong dan menekan untuk mencari

ilmu pengetahuan serta pengalaman dari diri sendiri, sekitar, sejarah maupun tentang alamiah. Oleh karena itu mengamati dan menelaah lebih lanjut mengenai ilmu pengetahuan sehingga menghasilkan kecakapan pengalaman manusia dari segala aspek. Berangkat dari kedua ayat tersebut, penelitian ini sangat sebanding lurus dan memiliki hubungan yang erat dari ayat tersebut, yang mana selalu berfikir melakukan pembaruan untuk kemajuan keilmuan yakni dalam hal pemanfaatan kecerdasan buatan.

Dalam hal ini penelitian yang dilakukan adalah pembuatan sistem monitoring dan otomasi penyiraman, Pengatur pH, dan Pengatur Suhu Berbasis Internet of Things pada *Greenhouse* Menggunakan Logika *Fuzzy*. Hal tersebut bermanfaat untuk efisiensi waktu dari manual beralih pada sistem otomatisasi, sebagaimana firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surah *Al ash'r* ayat 1-3 berikut ini:

وَالْعَصْرِ (1) إِنَّ الْإِنْسَانَ لَفِي خُسْرٍ (2) إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ وَتَوَّاصَوْا بِالْحَقِّ وَتَوَّاصَوْا  
بِالصَّبْرِ (3)

Artinya: 1) Demi Masa, 2) Sungguh, manusia berada dalam kerugian, 3) Kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan kebajikan serta saling menasihati untuk kebenaran dan saling menasihati untuk kesabaran.

Dalam surah tersebut menjelaskan mengenai memanfaatkan waktu sebaik-baiknya, dikarenakan seseorang yang tidak memanfaatkan waktu sebaik mungkin maka termasuk orang yang merugi. Sebagaimana *tafsir jus* 30 (Vandestra & Hafizhah,

Muhammad AbuAl-Albani, 2017) surah tersebut menjelaskan bahwa Allah bersumpah dengan waktu siang dan malam merupakan ladang bagi manusia untuk beramal. Waktu memiliki kedudukan yang mulia sehingga harus memanfaatkan waktu sebaik mungkin dan tidak diperbolehkan mencelanya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi dari sistem yang telah dibuat, berdasarkan pada ayat surah Alquran yang memiliki arti sebagai mana berikut ini:

*“Sesungguhnya Kami telah mengutus rosul-rosul Kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan telah Kami turunkan bersama mereka Al-Kitab dan neraca (keadilan) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan.....”* (QS. Al-Hadid Ayat 25).

Ayat tersebut menjelaskan mengenai dasar keadilan bagi para matematikawan dan statistika, berdasarkan ayat tersebut para ahli matematika dan juga ahli statistika harus menghitung secara tepat, yang mengakibatkan semua pihak yang memiliki kepentingan dapat merasakan keadilan dari perhitungannya. Perhitungan harus dilakukan dengan akurat untuk mendapatkan hasil yang benar. Ketepatan dan akurasi yang dilakukan bukan hanya untuk menjamin keadilan, akan tetapi juga dilakukan untuk memperoleh informasi yang tepat berdasarkan dengan angka yang disajikan (Rahman, 2007).

Sehingga pada proses pembuatan sistem ini dilakukan guna untuk mencapai kemaslahatan umat dengan berbekal ilmu pengetahuan dan mengamalkan isi



kandungan dari surah *Al-Alaq* ayat 1-5, surah *Al-a'raf* ayat 179, surah *Al ashhr* ayat 1-3 dan surah *Al-Hadid* Ayat 25. Guna untuk memajukan umat khususnya umat islam bidang profesi petani maupun non petani dalam mengiringi kemajuan jaman dan teknologi.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

1. Perancangan sistem otomasi penyiraman, pengatur suhu dan pengatur Ph telah berhasil dan dapat berfungsi sebagaimana mestinya, semua sensor dan sistem otomasi juga berfungsi dengan baik dan menghasilkan output berdasarkan kondisi perhitungan logika fuzzy. Perhitungan sistem pada penelitian ini menggunakan logika fuzzy metode mamdani, dengan tahapan fuzzifikasi, pembuatan rule base, dan kemudian defuzzifikasi. Sistem terdiri dari 3 fitur yakni penyiraman, pengaturan suhu, dan pengaturan Ph. Data yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebanyak 168 data pada masing-masing fitur, dengan interval pembacaan data selama 15 menit. Hasil dari perhitungan fuzzy yang telah didapatkan kemudian dibandingkan dengan hasil tanpa logika fuzzy, yang mana output tanpa logika fuzzy diasumsikan sebagai output yang benar. Hasil perbandingan tersebut kemudian dapat diketahui berapa jumlah data output dengan logika fuzzy dan tanpa logika fuzzy yang sesuai. Selanjutnya adalah dilakukan perhitungan akurasi dari sistem yang telah dibuat, adapun nilai akurasi pada fitur pengaturan penyiraman adalah sebesar 98,2%, dan pada fitur pengaturan suhu nilai akurasinya sebesar

91,07%, pada fitur pengaturan Ph memiliki nilai akurasi sebesar 95,238%.

Adapun rata-rata nilai akurasi pada keseluruhan sistem adalah sebesar 94,8%.

## **5.2 SARAN**

Saran yang dapat disampaikan oleh penulis untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada saat perakitan alat dalam proses pembuatan sistem, untuk kedepannya diharapkan menggunakan PCB cetak agar lebih rapi dan efisien rangkainnya.
2. Diharapkan pada penelitian selanjutnya, sistem dapat terintegrasi dengan notifikasi via aplikasi chatting seperti telegram untuk mengetahui kondisi tanaman dan aksi atau output yang telah di lakukan oleh sistem secara otomatis.
3. Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan greenhouse belum memenuhi standar greenhouse yang baik, oleh karena ini penulis berharap pada ahli-ahli greenhouse untuk dapat membuat greenhouse sesuai standart dan memutakhirkan sistem yang telah dibuat oleh penulis.
4. Penulis menyarankan waktu penelitian yang lebih lama agar terdapat banyak variasi data terutama pada pH yang sangat sulit untuk berubah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abrori Muchammad, H. P., & Amrul. (2015). *Aplikasi Logika Fuzzy Metode Mamdani*. XI(2), 91–99.
- Admindpu. (2020). *Jenis-Jenis Irigasi*. DPU Kulon Progo.  
<https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/320/jenis-jenis-irigasi>
- Afifah, N. N., Priramadhi, R. A., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2020). Sistem Pengontrolan Pengairan Budidaya Tanaman Tomat Berdasarkan Kelembaban dan Suhu Tanah berbasis Artificial Intelligence. *E-Proceeding of Engineering*, 7(3), 8791–8801.
- Agrapana. (2020). *Internet of Things (IoT) dalam Industri Pertanian 4.0*.  
<https://himarekta.sith.itb.ac.id/?p=419>
- Alam, R. L., & Nasuha, A. (2020). *Sistem Pengendali pH Air dan Pemantauan Lingkungan Tanaman Hidroponik menggunakan Fuzzy Logic Controller berbasis IoT*. 5(1), 11–20. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v5i1.34587>
- Ali, T. A. A. (2018). Precision Agriculture Monitoring System using Internet of Things (IoT). *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 6(4), 2961–2970.  
<https://doi.org/10.22214/ijraset.2018.4493>
- Alim, M. F. (2019). *Konsep dan Manfaat Greenhouse*. Pusat Manajemen Pengetahuan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gajah Mada.  
<http://kmc.tp.ugm.ac.id/kms/konsep-dan-manfaat-greenhouse/>

- Antonio, T. T. (2019). *Green House Sebagai Alternatif Budidaya Tanaman Perkotaan*. Cybext. <http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/81943/Green-House-Sebagai-Alternatif-Budidaya-Tanaman-Perkotaan/>
- Asih, M. S. (2018). *Sistem Pendukung Keputusan Fuzzy Mamdani pada Alat Penyiraman Tanaman Otomatis*. 5341(April), 41–52.
- Boedi Setiawan, A., Prasetya, B., & Febrinda Hidayatulail, B. (2019). Fuzzy Mamdani Pada Tanaman Tomat Hidroponik (Mamdani Fuzzy on Hydroponics Tomato Plants). *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, 3(2), 228. <https://doi.org/10.21070/jeee-u.v3i2.2471>
- Caesar Pats Yahwe, Isnawaty, L. . F. A. (2016). Rancang Bangun Prototype System Monitoring Kelembaban Tanah Melalui Sms Berdasarkan Hasil Penyiraman Tanaman System Monitoring Kelembaban Tanah Melalui Sms Berdasarkan Hasil Penyiraman Tanaman. *SemanTIK*, 2(1), 97–110. <https://doi.org/doi:10.1016/j.ccr.2005.01.030>
- Ekaputra, E., Yanti, D., Saputra, D., & Irsyad, F. (2017). Rancang Bangun Sistem Irigasi Tetes untuk Budidaya Cabai ( *Capsicum Annum L .* ) dalam Greenhouse di Nagari Biaro , Kecamatan Ampek Angkek , Kabupaten DESIGN OF DRIP IRRIGATION SYSTEM FOR CHILI ( *CAPSICUM ANNUM L .* ) CULTIVATION IN GREENHOUSE IN NAGARI BIARO. *Jurnal Irigasi*, 11(2), 103–112.
- Elijah, O., Member, S., Rahman, T. A., & Orikumhi, I. (2018). *An Overview of Internet of Things ( IoT ) and Data Analytics in Agriculture : Benefits and*

*Challenges. June.* <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2844296>

Ghosh, A., Chakraborty, D., & Law, A. (2018). Artificial intelligence in Internet of things. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, 3(4), 208–218.  
<https://doi.org/10.1049/trit.2018.1008>

Ginanjar, R., Candra, R., & Kembaren, S. B. (2018). Kendali Dan Pemantauan Kelembaban Tanah, Suhu Ruangan, Cahaya Untuk Tanaman Tomat. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 23(3), 166–174.  
<https://doi.org/10.35760/ik.2018.v23i3.2372>

Gunawan, E. P. (2020). *ARTIFICIAL INTELLIGENCE OF THINGS (AIOT)*. Binus.Ac.Id. <https://binus.ac.id/malang/2020/11/artificial-intelligence-of-things-aiot/>

Gunawan, R., Andhika, T., . S., & Hibatulloh, F. (2019). Monitoring System for Soil Moisture, Temperature, pH and Automatic Watering of Tomato Plants Based on Internet of Things. *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan*, 7(1), 66–78.  
<https://doi.org/10.34010/telekontran.v7i1.1640>

Hari, Y., Utama, Y. A. K., & Budijanto, A. (2017). Pengembangan Sistem Kendali Cerdas dan Monitoring Pada Budidaya Buah Tomat. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan V*, 151–156.

Irvan. (2019). *Budidaya tomat*. Cybex.  
<http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/84547/BUDIDAYA--TOMAT/>

Jaya, A. M. A. P. (2021). PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS DENGAN

- METODE FUZZY MAMDANI. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komputer*, 7(1), 106–112.
- Komaludin, D. (2018). Penerapan Teknologi Internet of Thing (IoT) pada Bisnis Budidaya Tanaman Hidroponik sebagai Langkah Efisiensi Biaya Perawatan. *Festival Riset Ilmiah Manajemen & Akuntansi*, 682–690.
- Konstruksi, P. P. D. P. S. D. A. D. (2018). *Modul 10 Kebutuhan Air*.  
[https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/07/947a7\\_Modul\\_10\\_Kebutuhan\\_Air.docx](https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/07/947a7_Modul_10_Kebutuhan_Air.docx)
- Kurniawan, R., Kurniawan, W., & Maulana, R. (2019). *Prototype Rancang Bangun Sistem Cerdas Pengatur Otomasi Suhu , Kelembaban , dan Sirkulasi Udara Pada Greenhouse Menggunakan Metode Fuzzy logic*. 3(8), 7981–7989.
- Kusuma, S. R., Hartati, R. S., & Sukerayasa, I. W. (2020). Metode Fuzzy Logic Terhadap Hasil Peramalan Beban Listrik Jangka Panjang. *Jurnal SPEKTRUM*, 7(1), 18–24.
- M. Sugeng Riadi, Erli Saputra, D. U. (2016). *Penerapan AI pada Game Card Battle Menggunakan Algoritma Fuzzy Logic Sugeno*. 2016(x), 1–10.  
<http://eprints.mdp.ac.id/id/eprint/1855>
- Mat, I., Mohd Kassim, M. R., Harun, A. N., & Mat Yusoff, I. (2016). IoT in Precision Agriculture applications using Wireless Moisture Sensor Network. *ICOS 2016 - 2016 IEEE Conference on Open Systems*, 24–29.  
<https://doi.org/10.1109/ICOS.2016.7881983>
- Maulana, E. (2010). *Pengaruh Interval Waktu Pemberian Air terhadap Produktivitas*

- Tanaman Tomat Di Lahan kering Dataran Rendah pada Musim Kemarau The Effect of Irrigation Water Interval towards Tomato Plants Productivity at Lowland Dry Farming in Dry Season. 10(3), 207–212.*
- Maulana, M. R., Hannats, M., Ichsan, H., & Purnomo, S. (2018). *Penerapan Metode Logika Fuzzy Untuk Alat Kontrol Kelembapan Tanah Pada Greenhouse Laboratorium Tanah BPTP Jawa Timur. 2(11).*
- Muanah, M., Karyanik, K., & Romansyah, E. (2020). Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Penerapan Teknik Irigasi Tetes Pada Lahan Kering. *Jurnal Agrotek Ummat, 7(2), 103.* <https://doi.org/10.31764/jau.v7i2.3128>
- Munir, R. (n.d.). *Pengantar Logika Fuzzy.*
- Negara, i dewa gede jaya, Budianto, m. bagus, Supriyadi, A., & Saidah, H. (2020). Analisis Kebutuhan Air Tanaman Dengan Metode Caoli. *GARA, 14(1), 419–425.*
- News, C. (2016). *Hemat dan Efisien, Petani Tomat di Batu Terapkan Irigasi Tetes.* Cendananews.Com. <https://www.cendananews.com/amp/2016/02/hemat-dan-efisien-petani-tomat-di-batu-terapkan-irigasi-tetes.html>
- Nusantara, E. V., Ardiansah, I., & Bafdal, N. (2021). Desain Sistem Otomatisasi Pengendalian Suhu Rumah Kaca Berbasis Web Pada Budidaya Tanaman Tomat. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem, 9(1), 34–42.* <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2021.009.01.05>
- Osuwa, A. A., Ekhorgbon, E. B., & Fat, L. T. (2019). The application of artificial intelligence in the internet of things. *Proceedings - 2019 International*



- Conference on Information Technology and Computer Application, ITCA 2019*, 141–144. <https://doi.org/10.1109/ITCA49981.2019.00038>
- Pertanian, D. D. (2015). *Pedoman Teknis Budidaya Tomat*.  
[Http://Distan.Jogjaprovo.go.id/](http://Distan.Jogjaprovo.go.id/).  
<http://distan.jogjaprovo.go.id/?s=Pedoman+Teknis+Budidaya+Tomat>
- Pollo, D. E. D. G. (2019). *Automatic Watering Device for Tomato Using Soil Moisture Sensor*. April.
- Prasetya, B., Setiawan, A. B., & Hidayatulail, B. F. (2019). Pengaturan pH Media Tanam Dan Suhu Tanaman Tomat Pada Sistem Hidroponik Drip Menggunakan Fuzzy Mamdani. *SinarFe7*, 220–224.
- Prathibha, S. R., Hongal, A., & Jyothi, M. P. (2017). IOT Based Monitoring System in Smart Agriculture. *Proceedings - 2017 International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology, ICRAECT 2017*, 81–84. <https://doi.org/10.1109/ICRAECT.2017.52>
- Produksi Tanaman Sayuran di Provinsi Jawa Timur Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Tanaman (ton), 2017 dan 2018*. (2019). Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. <https://jatim.bps.go.id/statictable/2019/10/08/1588/produksi-tanaman-sayuran-di-provinsi-jawa-timur-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-tanaman-ton-2017-dan-2018.html>
- Putri, A. R., Suroso, & Nasron. (2019). Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis pada Miniatur Greenhouse Berbasis IOT. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri 2019*, 155–159.

- Ragil, C. A., Liestiany, E., & Soedijo, S. (2019). Uji Efektivitas Serbuk Putri Malu ( *Mimosa pudica* L .) Terhadap Serangan Nematoda *Meloidogyne* spp . Pada Tanaman Tomat. *Proteksi Tanaman Tropika*, 2(03), 143–150.
- Rahman, A. (2007). *Ensiklopedia Ilmu Dalam Al-Quran: Rujukan Terlengkap Isyarat-Isyarat Ilmiah*. Mizana.
- <https://books.google.co.id/books?id=AsHG4YFniD8C&pg=PA129&lpg=PA129&dq=ayat+alquran+mengenai+akurasi+ketepatan+perhitungan&source=bl&ots=zMqiXeepezX&sig=ACfU3U0MEtaLwS28ivhBmAwt1pdN6JLr5w&hl=id&sa=X&ved=2ahUKEwix5rfkgdXzAhXVR30KHb88D58Q6AF6BAgoEAM#v=onepage&q=ayat alquran mengenai akurasi ketepatan perhitungan&f=false>
- Rohmawati, N., Karlina, L., Lasahido, S., Sari, R., & Puspitasari, L. (2014). *Pengendalian Temperature Fermentor Yogurt Menggunakan Fuzzy Logic*.
- Russel, S. J., & Norvig, P. (2016). Artificial Intelligence Connections Artificial Intelligence &. *Encyclopedia Britannica.*, 9(2), 1–1095.
- <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>
- Sapei, A. (2006). Irigasi tetes. *Teknik Tanah Dan Air Departemen Teknik Pertanian Fateta IPB*, 1–44.
- Susila, A. D., Suarni, S., Pramono, H., & Aksari, O. (2011). APLIKASI ZAT PENGATUR TUMBUH PADA BUDIDAYA TOMAT CHERRY (*Lycopersicon esculentum* Var. *Cerasiforme*) SECARA HIDROPONIK. *Prosiding Seminar Nasional PERHORTI, November, 23–24*.
- Syadza, Q., Permana, A. G., & Ramadan, D. N. (2018). Pengontrolan dan Monitoring

- Prototype Greenhouse Menggunakan Mikrokontroler dan Firebase. *Eproceeding Telkom University Open Library*, 4(1), 192–197.
- Tajrie, A. M., Sumaryo, S., Ekaputri, C., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2017). *OTOMATIS PADA SMART GREENHOUSE MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY AUTOMATIC LIGHTING AND WATERING PLANTS CONTROL SYSTEM ON*. 4(3), 3216–3223.
- Tando, E. (2019). Review : Pemanfaatan Teknologi Greenhouse Dan Hidroponik Sebagai Solusi Menghadapi Perubahan Iklim Dalam Budidaya Tanaman Hortikultura. *Buana Sains*, 19(1), 91. <https://doi.org/10.33366/bs.v19i1.1530>
- Tani, P. (2020). *Pentingnya Penggunaan IoT Di Bidang Pertanian Saat Pandemi*. <https://paktanidigital.com/artikel/pentingnya-penggunaan-iot-di-bidang-pertanian-saat-pandemi/#.YIQzbJAzbIU>
- Vandestra, M., & Hafizhah, Muhammad AbuAl-Albani, S. M. N. (2017). *Kitab Tafsir Juz Amma Edisi Bilingual Bahasa Indonesia & Bahasa Arab*.
- Zhang, P., Zhang, Q., Liu, F., Li, J., Cao, N., & Song, C. (2017). The Construction of the Integration of Water and Fertilizer Smart Water Saving Irrigation System Based on Big Data. *Proceedings - 2017 IEEE International Conference on Computational Science and Engineering and IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, CSE and EUC 2017*, 2, 392–397. <https://doi.org/10.1109/CSE-EUC.2017.258>
- Zulkarnain, M. F., Lienjte, K. T., & Mawara, J. M. (2017). ANALISIS KETERSEDIAAN AIR UNTUK TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum*

esculentum Mill) DAN JAGUNG (*Zea mays* L.) DI TONSEWER. *Cocos*, 1(5).