



**IMPLEMENTASI FUZZY MAMDANI UNTUK PEMBERIAN NUTRISI  
OTOMATIS PADA TANAMAN SELADA HIDROPONIK BERBASIS  
*INTERNET OF THINGS***

**SKRIPSI**

Oleh :

**Mareta Evelin Muhlisin**

**162410102028**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS JEMBER  
2020**



**IMPLEMENTASI FUZZY MAMDANI UNTUK PEMBERIAN NUTRISI  
OTOMATIS PADA TANAMAN SELADA HIDROPONIK BERBASIS  
*INTERNET OF THINGS***

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**Mareta Evelin Muhlisin**

**162410102028**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS JEMBER  
2020**

## PERSEMBAHAN

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

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya untuk mempermudah dan melancarkan dalam pengerjaan skripsi;
2. Ayahanda Tukiran dan Ibunda Katini;
3. Saudara kandung Eko Pujiono;
4. Guru - guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi dan guru – guruku ngaji mubaligh - mubalighot yang tugas di Banyuwangi Tengah;
5. Almamater Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember;
6. Sahabat-sahabat yang saling mendukung mulai dari awal perjuangan;

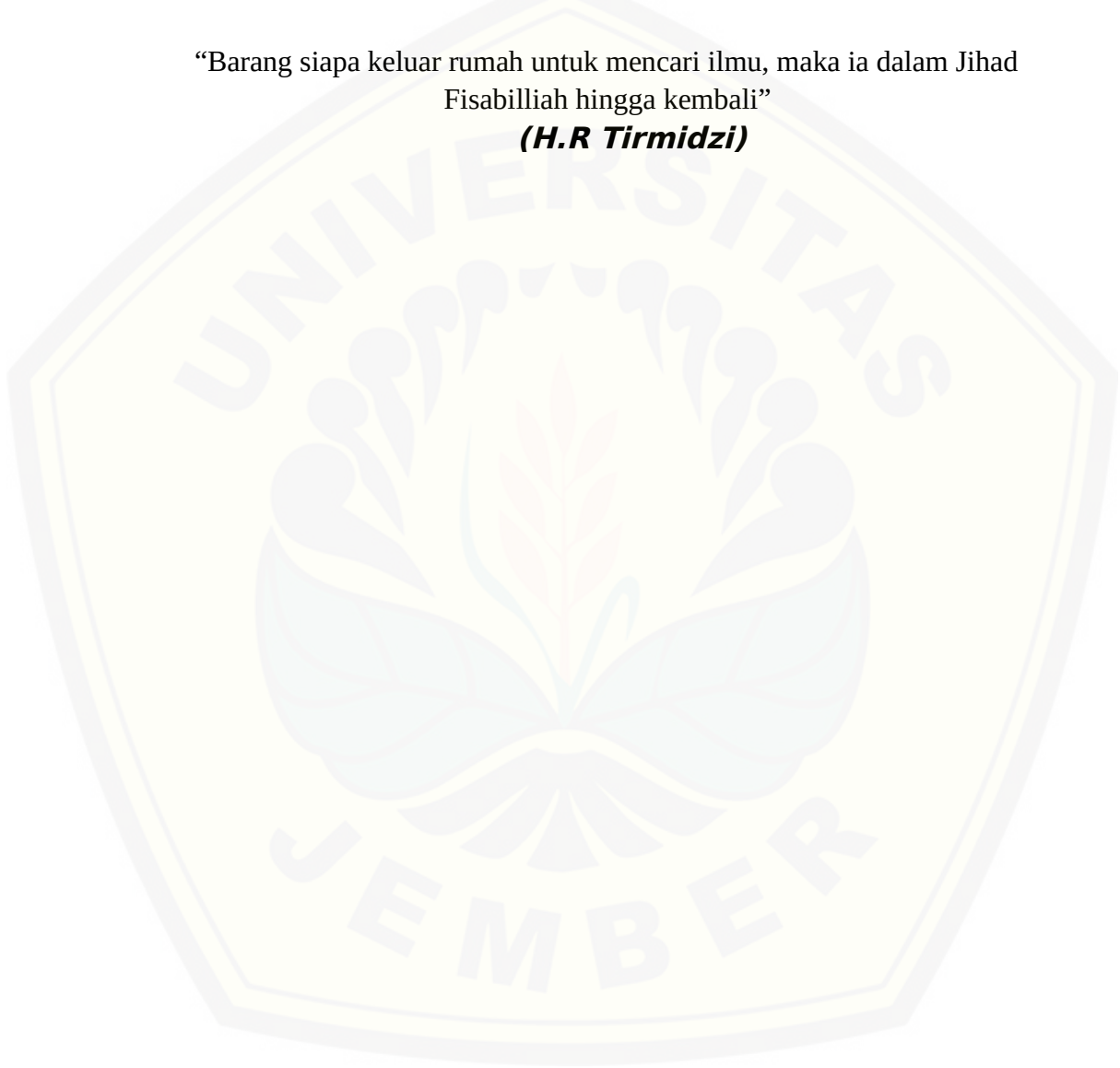
**MOTTO**

”Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah.”

***(Thomas Alva Edison)***

“Barang siapa keluar rumah untuk mencari ilmu, maka ia dalam Jihad Fisabilliah hingga kembali”

***(H.R Tirmidzi)***



## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mareta Evelin Muhlisin

NIM : 162410102028

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Implementasi Fuzzy Mamdani untuk Pemberian Nutrisi Otomatis pada Selada Hidroponik berbasis *Internet of Things*” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi manapun, dan bukti karya diplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Banyuwangi, 08 Juli 2020

Yang menyatakan,



Mareta Evelin Muhlisin  
NIM 162410102028

**SKRIPSI**

**IMPLEMENTASI FUZZY MAMDANI UNTUK PEMBERIAN NUTRISI  
OTOMATIS PADA TANAMAN SELADA HIDROPONIK BERBASIS  
*INTERNET OF THINGS***

Oleh :  
**Mareta Evelin Muhlisin**  
**NIM 162410102028**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Slamin, M.Comp.Sc. Ph.D

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

**PENGESAHAN PEMBIMBING**

Skripsi berjudul **“Implementasi Fuzzy Mamdan untuk Pemberian Nutrisi Otomatis pada Tanaman Selada Hidroponik berbasis *Internet of Things*”** telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jum'at, 17 Juli 2020

tempat : Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Prof. Dr. Slamin, M.Comp.Sc. Ph.D

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

NIP. 196704201992011001

NIP. 198411012015042001

## PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi berjudul “Implementasi Fuzzy Mamdani untuk Pemberian Nutrisi Otomatis pada Tanaman Selada Hidroponik berbasis *Internet of Things*” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 20 September 2020

tempat : Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember

Disetujui oleh :

Penguji I,



Yanuar Nurdiansyah, ST., M.Cs

NIP. 198201012010121004

Penguji II,

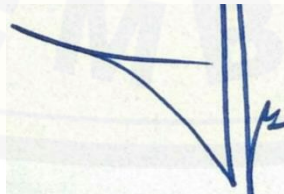


Gayatri Dwi Santika, S. SI., M.Kom

NIP. 760017013

Mengesahkan

Dekan Fakultas Ilmu Komputer,



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

NIP. 196811131994121001



## RINGKASAN

**Implementasi Fuzzy Mamdani untuk Pemberian Nutrisi Otomatis pada Tanaman Selada Hidroponik berbasis *Internet of Things***; Mareta Evelin Muhlisin, 162410102028, 2020; 123 halaman, Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember.

Pemberian nutrisi merupakan salah satu konsep pemberian nutrisi dengan cara otomatis pada bak penampungan air hidroponik yang bertujuan untuk mempermudah dalam pemberian nutrisi pada tanaman hidroponik, sehingga tidak dilakukan secara manual. Pemberian nutrisi ini bisa diterapkan dalam media hidroponik dan media lainnya..

Pemanfaatan teknologi pada pemberian nutrisi menggunakan merupakan salah satu cara yang efektif untuk menjadikannya beroperasi secara otomatis dan mengefisiensi penggunaan nutrisi pada tanaman hidroponik. Mikrokontroler dapat mengubah semua yang awalnya dilakukan secara manual dapat dilakukan secara otomatis dan data yang di hasilkan mikrokontroller dapat di monitoring melalui web. Salah satu metode yang sering digunakan untuk menghasilkan sebuah keputusan adalah sistem inferensi fuzzy. Metode Fuzzy Mamdani merupakan jenis dari sistem inferensi fuzzy. Metode sistem inferensi fuzzy mamdani merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk sistem kendali secara otomatis. Sistem inferensi fuzzy setidaknya membutuhkan minimal dua parameter untuk dapat melakukan proses inferensi.

Penerapan metode fuzzy mamdani pada pemberian nutrisi otomatis untuk tanaman selada. Hasil penelitian ini berjalan dengan baik dan menghasilkan output yang sesuai aturan-aturan yang telah di tentukan dan hasil output dari fuzzy dapat di monitoring. Sistem monitoring berbasis *Internet of Things* berjalan dengan baik, data-data yang di hasilkan sensor, dapat di kirimkan ke server dan di monitoring pada aplikasi yang sudah dibuat.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Implementasi Fuzzy Mamdani untuk Pemberian Nutrisi Otomatis pada Tanaman Selada Hidroponik berbasis *Internet of Things*” Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember.

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

1. Prof. Saiful Bukhori, ST., M.Kom. selaku Pejabat Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember;
2. Prof. Dr. Slamim, M.Comp.Sc. Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Nova El Maidah, S.Si., M.Cs., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan arahan, ilmu dan petunjuk, nasehat, koreksi serta saran dengan penuh kesabaran;
3. Yanuar Nurdiansyah, ST, . M.Cs. selaku dosen penguji utama dan Gayatri Dwi Santika, S. SI., M.Kom. selaku penguji anggota yang telah berkenan untuk menguji skripsi ini dan memberikan masukan serta saran demi sempurnanya skripsi ini;
4. Seluruh Bapak dan Ibu dosen beserta staff karyawan di Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember;
5. Ayahanda tercinta Tukiran dan Ibunda tercinta Katini yang selalu mendukung dan mendoakan;
6. Saudara kandung Eko Pujiono yang telah membantu dan selalu memberikan semangat;
7. Wanita yang hadir untuk memberikan dukungan, nasehat dan semangat serta doa, Fani Koyum Farida dan Kirana Adelweis;
8. Teman tercinta yang telah memberikan semangat dan banyak membantu, Mochammad Febri Hariyadi, S.Kom., Adi Surya S., Muhammad Madzarudin, Trianto Rahmat dan Alfian Cholis;

9. Teman diskusi yang telah banyak membantu dalam pemrograman Wahyu Nurkholis Hadi Syahputra S.T.;
10. Teman nongkrong saat kuliah yang tidak dapat disebutkan satu-persatu;
11. Keluarga besar Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember angkatan 2016 (FIGORA);
12. Keluarga besar Laboratorium GIS dan Laboratorium Jaringan;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

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

Banyuwangi, 08 Juli 2020

Penulis

**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN JUDUL</b>	.....
<b>PERSEMBAHAN</b>	.....
<b>MOTTO</b>	.....
<b>PERNYATAAN</b>	.....
<b>SKRIPSI</b>	.....
<b>PENGESAHAN PEMBIMBING</b>	.....
<b>PENGESAHAN PENGUJI</b>	.....
<b>RINGKASAN</b>	.....
<b>PRAKATA</b>	.....
<b>DAFTAR ISI</b>	.....
<b>DAFTAR TABEL</b>	.....
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	.....
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	.....
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	.....
1.1 Latar Belakang	..... 1
1.2 Rumusan Masalah	..... 2
1.3 Batasan Masalah	..... 3
1.4 Tujuan Penelitian	..... 3
1.5 Manfaat	..... 3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	.....
2.1. Penelitian Terdahulu	..... 4
2.2. Internet of Things (IoT)	..... 6
2.3. Arduino Uno Atmega328p	..... 7
2.4. Ethernet Shield	..... 7
2.5. Sensor DHT22	..... 8
2.6. Ultrasonik	..... 9
2.7. TDS Meter	..... 9
2.8. Relay 4 Channel	..... 10
2.9. Fuzzy Mamdani	..... 11

2.9.1	Pembentukan himpunan fuzzy .....	11
2.9.2	Aplikasi Fungsi Implikasi .....	12
2.9.3	Komposisi Aturan .....	12
2.9.4	Defuzzyfikasi .....	13
2.10	Selada .....	14
2.11	Hidroponik .....	15
2.12	AB MIX.....	16

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....**

3.1	Jenis Penelitian .....	17
3.2	Objek Penelitian .....	17
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian .....	17
3.4	Alat Penelitian .....	17
3.4.1	Alat .....	18
3.4.2	Bahan.....	18
3.5	Tahapan Penelitian .....	18
3.6	Desain dan Perancangan Sistem .....	19
3.7	Permodelan .....	23
3.7.1	Rangkaian Mikrokontroller .....	24
3.7.2	<i>Internet of Things</i> .....	25
3.7.3	Pemasangan Prototipe Pemberian Nutrisi .....	26
3.8	Implementasi Fuzzy Mamdani pada Sistem Pemberian Nutrisi Otomatis .	27
3.8.1	Model Base Fuzzy Mamdani .....	28
3.8.2	Mendefinisikan Variabel pada Kode Program .....	45
3.8.3	Membuat fungsi untuk Kode Program berjalan .....	45
3.8.4	Membuat Fungsi untuk Mengukur Suhu Greenhouse .....	46
3.8.5	Membuat Fungsi untuk Mengambil Data Tinggi Air dan Data Nutrisi	46
3.8.6	Membuat Fungsi untuk Proses Fuzzyfikasi .....	48
3.8.7	Membuat Fungsi untuk Aturan-Aturan Fuzzy .....	48
3.8.8	Membuat Fungsi untuk Proses Inferensi Fuzzy Mamdani .....	48
3.8.9	Membuat Fungsi untuk Proses Defuzzyfikasi Fuzzy Mamdani .....	49

3.8.10	Membuat Fungsi untuk Koneksi Database .....	54
3.8.11	Membuat Fungsi untuk Pompa Nutrisi .....	54
3.9	Pengujian Sistem .....	55
3.10	Gambaran Sistem .....	55
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		
4.1	Hasil dan Pembahasan Implementasi Metode Fuzzy Mamdani .....	57
4.1.1	Implementasi Fuzzyfikasi .....	57
4.1.2	Implementasi Rule Base .....	58
4.1.3	Implementasi Inferensi .....	59
4.1.4	Implementasi Defuzzyfikasi .....	59
4.1.5	Perhitungan Durasi Pompa Nutrisi pada Hidroponik .....	60
4.1.6	Pembahasan Implementasi Fuzzy Mamdani untuk pemberian Nutrisi Otomatis pada Tanaman Selada berbasis <i>Internet of Things</i> .....	62
4.2	Hasil Kalibrasi Sensor TDS Meter .....	63
4.3	Hasil dan Pembahasan Pengujian Sensor Ultrasonik .....	65
4.4	Hasil dan Pembahasan Pengujian Sensor TDS Meter .....	68
4.5	Hasil dan Pembahasan Pengujian Sensor DHT22 .....	70
4.6	Hasil dan Pembahasan Pengujian Relay .....	72
4.7	Hasil Koneksi ke Database .....	73
4.8	Hasil Implimentasi Internet of Things pada Tanaman Selada .....	75
4.9	Hasil dan Pembahasan Pengujian Sistem (Prototipe) .....	76
4.9.1	Pembahasan Pengujian Sistem .....	78
<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>		
5.1	Kesimpulan .....	81
5.2	Saran .....	81
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		
<b>LAMPIRAN .....</b>		



**DAFTAR TABEL**

Table 3.1. Menentukan <i>Rule Base</i> .....	36
Table 3.2. Variabel-variabel dalam perhitungan Mamdani .....	37
Table 4.1. Hasil Pengujian Prototipe .....	77



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1. Arduino UNO Atmega328p ..... 7

Gambar 2.2. Ethernet Shield ..... 8

Gambar 2.3. DHT22 ..... 8

Gambar 2.4. Ultrasonik ..... 9

Gambar 2.5. TDS Meter ..... 10

Gambar 2.6. *Relay 4 cannel*..... 11

Gambar 2.7. Komposisi Aturan Fuzzy ..... 13

Gambar 3.1. Tahapan Penelitian ..... 19

Gambar 3.2. Ilustrasi Smart Greenhouse ..... 20

Gambar 3.3. Sketma kerja sistem ..... 21

Gambar 3.4. *Interface* awal ..... 22

Gambar 3.5. *Interface* login ..... 22

Gambar 3.6. *Interface* Dashboard ..... 23

Gambar 3.7. *Interface* Monitoring ..... 23

Gambar 3.8. Rangkaian Mikrokontroler ..... 24

Gambar 3.9. Topologi Jaringan *Internet of Things*..... 26

Gambar 3.10. Data Sensor ..... 26

Gambar 3.11. Pemasangan Prototipe Pemberian Nutrisi ..... 27

Gambar 3.12. Blok Diagram ..... 28

Gambar 3.13. Fungsi Keanggotaan Ketinggian Air ..... 30

Gambar 3.14. Fungsi Keanggotaan Konsentrasi Pupuk ..... 33

Gambar 3.15. Fungsi Keanggotaan Durasi Pompa Nutrisi ..... 35

Gambar 3.16. Kode Program ..... 46

Gambar 3.17. Void Setup ..... 47

Gambar 3.18. Void Loop ..... 47

Gambar 3.19. Void suhu ..... 47

Gambar 3.20. Void Sensor ..... 48

Gambar 3.21. Void Fuzzyfikasi Air (1) ..... 49

Gambar 3.22. Void Fuzzyfikasi Air (2) ..... 50



Gambar 3.23. Void FuzzyfikasiTDS (1) .....	50
Gambar 3.24. Void FuzzyfikasiTDS (2) .....	51
Gambar 3.25. Void Rule .....	51
Gambar 3.26. Void Inferensi .....	52
Gambar 3.27. Defuzzyfikasi .....	53
Gambar 3.28. void <i>upload</i> .....	54
Gambar 3.29. Void pompa .....	55
Gambar 3.30. Gambaran sistem .....	56
Gambar 4.1. Hasil Proses Fuzzyfikasi .....	57
Gambar 4.2. Hasil Proses Aturan Fuzzy .....	59
Gambar 4.3. Hasil Proses Inferensi .....	59
Gambar 4.4. Hasil Proses Defuzzyfikasi .....	60
Gambar 4.5. Grafik kalibrasi TDS Sensor dan TDS Meter .....	64
Gambar 4.6. <i>Source Code</i> kalibrasi TDS Sensor dan TDS Meter .....	65
Gambar 4.7. <i>Souce code</i> sensor Ultrsonik .....	66
Gambar 4.8. Rangkaian Sensor Ultrasonik .....	66
Gambar 4.9. Serial Monitor Sensor Ultrasonik .....	67
Gambar 4.10. Hasil perancangan alat untuk pengujian sensor ultrasonik .....	67
Gambar 4.11. <i>Source Code</i> Tds Meter .....	68
Gambar 4.12. Serial Monitor sensor TDS Meter .....	69
Gambar 4.13. Rangkaian sensor Tds Meter .....	69
Gambar 4.14. Hasil perancangan alat untuk pengujian sensor TDS Meter .....	70
Gambar 4.15. <i>Source Code</i> DHT22 .....	70
Gambar 4.16. Serial Monitor sensor DHT22 .....	71
Gambar 4.17. Rangkaian sensor DHT22 .....	71
Gambar 4.18. <i>Source Code</i> relay .....	72
Gambar 4.19. Rangkaian <i>Relay</i> .....	73
Gambar 4.20. <i>Source Code</i> koneksi .....	74
Gambar 4.21. Serial monitor hasil koneksi database .....	74
Gambar 4.22. Hasil rangkaian koneksi database .....	75
Gambar 4.23. Data dari Server .....	76

Gambar 4.24. Aplikasi Monitoring .....	76
Gambar 4.25. Hasil kondisi awal Data Sensor .....	78
Gambar 4.26 Data Log Nutrisi .....	79
Gambar 4.27. Pertumbuhan lebar daun selada .....	80
Gambar 4.28. Hasil pertumbuhan selada .....	80



**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Foto-foto Hasil Penerapan Sistem ..... 84  
Lampiran 2. Program Arduino Fuzzy Mamdani berbasis *Internet of Things*. 87



## BAB I PENDAHULUAN

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

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi komunikasi sekarang semakin pesat seiring munculnya istilah *Internet of Things* (IoT). *Internet of Things* memungkinkan semua benda dapat berkomunikasi satu sama lain melalui internet. Konsep *Internet of Things* bisa diterapkan pada berbagai aspek salah satunya adalah aspek pertanian baik pertanian konvensional (media tanah) maupun pertanian hidroponik. *Internet of Things* diterapkan pada di bidang pertanian hidroponik untuk menjadi sistem yang memonitor tumbuhan hidroponik, karena *Internet of Things* (IoT) memiliki peran penting untuk membantu para petani hidroponik. Hidroponik menjadi salah satu alternatif yang bagus untuk menanam sayuran di daerah perkotaan yang umumnya kekurangan lahan untuk pertanian. Hidroponik adalah budidaya menanam dengan memanfaatkan air tanpa menggunakan tanah dengan menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi bagi tanaman. Dalam budidaya tanaman secara hidroponik, pendinginan larutan nutrisi lebih tepat dibandingkan dengan pendinginan udara. Panas jenis air lebih tinggi daripada udara sehingga larutan yang didinginkan akan bertahan pada suhu rendah lebih lama dibandingkan dengan udara (Ciptadi dan Hardyanto, 2018).

Salah satu tanaman yang dapat dibudidayakan secara hidroponik yaitu selada. Selain itu selada (*Lactuca sativa*) merupakan salah satu sayuran yang memiliki kandungan kalsium cukup tinggi yaitu sebesar 56 mg/ 100 gram jika dibandingkan dengan sayuran lainnya. Selada dapat dikonsumsi sebagai salah satu pilihan terbaik untuk mencukupi kebutuhan kalsium harian. Pemanfaatan teknologi hidroponik diharapkan mampu memperbaiki produksi selada (Adimihardja *et al*/2013).

Kebutuhan nutrisi tanaman adalah jumlah nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman untuk bertahan dan reproduksi. Semakin besar jumlah unsur yang terlarut

dalam larutan nutrisi, maka nilai EC yang terukur juga akan meningkat secara linier. Akan lebih baik pengendalian nilai EC dilakukan secara berkala, sehingga nilai EC larutan selalu terjaga optimal. Untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan kualitas dari tanaman, diperlukan penyesuaian antara pasokan air dan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jangka waktu yang pendek (Muhadiansyah et al., 2016).

Berdasarkan pernyataan di atas maka dilakukan penelitian tentang implementasi fuzzy Mamdani untuk pemberian nutrisi otomatis pada tanaman selada berbasis *Internet of Things*. Penelitian ini bertujuan agar pemberian nutrisi menjadi lebih teratur secara otomatis pada tanaman selada. Metode Fuzzy Mamdani digunakan untuk memudahkan dalam melakukan pengawasan, pengaturan pH dan suhu ruangan sesuai dengan kebutuhan tanaman tomat, pengaturan dan pemberian larutan pH pada media tanam dan kelembabahan media tanam dan suhu ruangan dapat di kontrol secara otomatis (Prasetya, Boedi, & Hidayatul, 2019). Pemilihan Metode Fuzzy Mamdani dalam penelitian ini digunakan untuk menghasilkan *output* berupa satu nilai pada domain himpunan fuzzy yang di kategorikan ke dalam komponen linguistik dan kesederhanaan logikannya. (Febriany, 2016).

Metode Fuzzy Mamdani merupakan salah satu bagian dari Fuzzy *Inference System* berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak spasti. Proses pengambilan keputusan dengan menggunakan Metode Fuzzy Mamdani untuk memperoleh keputusan yang terbaik, dilakukan dengan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan fuzzy, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan dan defuzzifikasi, Metode Fuzzy Mamdani logikanya yang sederhana. Oleh karena itu, Metode Fuzzy Mamdani sangat cocok digunakan dalam penelitian ini, karena Metode Fuzzy Mamdani lebih akurat dalam menghasilkan suatu output berupa himpunan fuzzy (Kusumadewi dan Purnomo 2010).

## 1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana cara kerja sistem monitoring secara *real time* dengan *Internet of Things*
2. Bagaimana penerapan Metode Fuzzy Mamdani pada sistem pemberian nutrisi otomatis pada tanaman selada hidroponik?

### 1.3 Batasan Masalah

Pengamatan yang dilakukan di ruang terbuka ini berfokus pada hasil data *realtime* EC Meter, dan pemberian nutrisi pada tanaman selada hidroponik tanpa mengamati perubahan nilai pH pada air, nutrisi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan AB MIX. Sistem kontrol otomatis pada pompa nutrisi dan monitoring pada penelitian ini berbasis *Internet of Things*

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kinerja sistem kontrol otomatis pada pompa nutrisi dan monitoring berbasis *Internet of Things* dalam budidaya tanaman selada hidroponik.
2. Dapat memberikan nutrisi pada tanaman selada hidroponik sesuai dengan kebutuhan, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi.

### 1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah:

1. Bagi Pengguna

Sistem kontrol pemberian nutrisi secara otomatis dan monitoring berbasis *Internet of Things* dapat membantu memberikan kemudahan bagi pengguna karena pemberian nutrisi pada tanaman selada hidroponik ini dilakukan secara otomatis, sehingga pengguna tanpa harus memberikan nutrisi pada tanaman secara manual.

2. Bagi Peneliti

Menambah wawasan dan kemampuan berfikir bagi peneliti mengenai penerapan teori yang telah didapat dari perkuliahan dan menambah wawasan baru yang belum di dapatkan dalam perkuliahan.



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini menjelaskan teori-teori serta pustaka yang digunakan untuk penelitian. Teori-teori ini diambil dari berbagai literatur, jurnal dan internet. Teori yang dibahas meliputi teori tentang:

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Prasetya, dkk. (2019) dengan judul “ *Fuzzy Mamdani Pada Tanaman Tomat Hidroponik Drip*” merupakan salah satu metode dari sistem hidroponik yaitu dengan cara meneteskan nutrisi untuk mendapatkan keseimbangan nutrisi, pH pada media tanam dan kelembaban pada media tanam. Pengaturan dan pemberian larutan pH, kelembaban pada media tanam dan suhu ruangan dapat di kontrol secara otomatis dengan menggunakan Fuzzy Mamdani. Data dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa, pada saat kondisi nilai pH media tanam adalah 4, suhu ruangan tanam sebesar 26 dan kelembaban sebesar 30% didapatkan nilai perhitungan defuzzifikasi dan pengukuran pada aktual *output* dengan kondisi sama yaitu:

- a. Fan kondisi sedang selisih pengukuran 4%
- b. Selenoid 1 kondisi besar selisih pengukuran 6%
- c. Selenoid 1 kondisi kecil selisih pengukuran 6%

Tanaman yang diperlakukan secara otomatis dengan menggunakan Metode Fuzzy Mamdani memiliki keunggulan diantaranya yaitu:

- a. Tinggi pohon 70 cm lebih tinggi 9 cm, dibandingkan tanpa kontrol hanya 61 cm.
- b. Jumlah buah lebih banyak 21, tanpa kontrol hanya 12 buah

Penelitian yang telah dilakukan oleh Wijaya dan Rivai (2018) yang berjudul “*Monitoring dan Kontrol Sistem Irigasi Berbasis Internet of Things Menggunakan Banana Pi*” menjelaskan pada sistem ini petani dapat memonitoring kondisi kelembaban tanah dan mengontrol debit air yang akan disiram pada tanaman, sehingga meningkatkan hasil panen dan mengoptimalkan penggunaan air. Penelitian ini dibuat alat untuk memonitoring dan kontrol pada sistem irigasi

berbasis *Internet of Things* menggunakan banana Pi. Konsep *Internet of Things* diterapkan pada *Single Board Computer* Banana Pi dan aplikasi android.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Aditya, (2019) yang berjudul “Implementasi Fuzzy-*Metode Fuzzy Mamdani* untuk Menentukan Jenis Ikan Konsumsi Air Tawar Berdasarkan Karakteristik Lahan Budidaya Perikanan menjelaskan bahwa hasil *running* program yang diujikan dengan data-data yang berbeda disimpulkan bahwa kondisi garam dan ketinggian wilayah sangat berpengaruh rekomendasi ikan, kondisi pH dan O<sub>2</sub> tidak begitu berpengaruh kepada rekomendasi jenis ikan dan fuzzy mamdani bisa diterapkan untuk penyelesaian permasalahan perikanan sebagaimana telah ada penelitian sebelumnya di bidang pertanian.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Yanuar, (2019) yang berjudul “Optimasi Penggunaan Lampu Ruangan dan Suhu Air Conditioner menggunakan *Metode Fuzzy Mamdani*” menjelaskan bahwa Perhitungan optimasi penggunaan lampu dan suhu AC menggunakan fuzzy mamdani menunjukkan bahwa kondisi ruangan dengan intensitas terang memberikan hasil keluaran lampu yang semakin sedikit. Sebaliknya, apabila kondisi intensitas cahaya ruangan redup akan menghasilkan keluaran jumlah lampu yang semakin banyak. Untuk hasil suhu AC yang diperoleh menunjukkan tinggi atau rendahnya suhu dipengaruhi oleh jumlah pengguna ruangan, luas ruangan dan jumlah AC. Dengan menggunakan sistem ini, jumlah pengguna lampu dan besar suhu AC secara flaksibel dapat menyesuaikan dengan keadaan ruangan yang digunakan. Pengujian validasi sistem dengan menggunakan MSE diperoleh hasil 0,025 dan 0,049 yang menunjukkan bahwa perhitungan metode mamdani pada sistem optimal ini akurat.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Bahari, (2017) yang berjudul “*Internet of Things* untuk Pemantau dan Pengendali pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique Sayuran Berbasis *Wireless Sensor Network*” menjelaskan bahwa, penelitian ini berhasil mengimplementasikan *Internet of Things (IoT)* untuk pemantauan dan pengendalian sistem hidroponik *Nutrient Film Technique (NFT)* sayuran berbasis *wireless sensor network* berhasil mengirim data sensor dengan kondisi ketinggian air, kondisi *valve* dan kondisi pendingin ke *sink*



serta melakukan proses kontrol sesuai data parameter kontrol yang di terima dari *sink*Data yang di dapat dari sensor di tampilkan di aplikasi dan data dari sensor tidak di simpan ke *database*

Kesimpulan dari kelima jurnal penelitian dan skripsi yang telah dipaparkan menunjukan bahwa metode mamdani merupakan suatu flaksibel, dimana dalam penerapannya dapat menyesuaikan terhadap penelitian manapun dan inputan manapun. Pada tahap defuzzifikasi, penggunaan metode *centroid* banyak digunakan dalam berbagai penelitian. Hal ini dikarenakan metode *centroid* memiliki tingkat akurasi yang paling tinggi diantara penggunaan metode biosektor, LOM (*Largest of Maximum*), MOM (*Mean of Maximum*) dan SOM (*Smallest of Maximum*) dengan dilakukan pengujian menggunakan MSE (*Mean Square Error*) seperti yang ditunjukkan pada penelitian Rahmawati pada tahun 2015. Kelemahan Metode Fuzzy Mamdani yaitu Metode Fuzzy Mamdani ini kurang cocok untuk digunakan pada pembuatan projek yang menggunakan logika kompleks, sebab Metode Fuzzy Mamdani ini hanya menggunakan algoritma yang sederhana.

## 2.2. Internet of Things (IoT)

Perkembangan teknologi informasi yang sangat cepat telah memberikan dampak pada globalisasi, persaingan bisnis, tuntutan pekerjaan, dan tuntutan gaya hidup menjadi semakin meningkat. Salah satunya yaitu *Internet of Things* (IoT) menghasilkan peluang menghubungkan benda-benda fisik dan sensor. *Internet of Things* (IoT) merupakan suatu konsep dari pemanfaatan jaringan internet atau konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus untuk menghubungkan suatu objek dengan internet sesuai protokol yang ditetapkan. Adapun manfaat *Internet of Things* (IoT) yaitu *sharing* data dan *remote control*. Contohnya bahan pangan, elektronik, koleksi, peralatan apa saja, termasuk benda hidup yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global melalui sensor yang tertanam dan selalu aktif. Pada dasarnya, *Internet of Things* (IoT) mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai representasi virtual dalam struktur berbasis Internet. IoT merupakan kombinasi dari berbagai hardware dan software yang saling terintegrasi satu sama lain melalui jaringan teknologi informasi (Patel, 2016).

### 2.3. Arduino Uno Atmega328p

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis Atmega328 (datasheet). Arduino memiliki pin 14 input dari output digital dimana 6 pin input tersebut digunakan sebagai PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup menghubungkan board arduino ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan adaptor DC 5 volt (Ardiansyah dan Hidyatama, 2013).



Gambar 2.1. Arduino UNO Atmega328p  
(www.arduino.cc)

### 2.4. Ethernet Shield

*Ethernet shield* merupakan modul yang digunakan untuk menghubungkan arduino dengan menggunakan kabel. *Ethernet shield* dibuat berdasarkan pada wiznet W5100 ethernet chip. W5100 menyediakan IP untuk TCP dan UDP, yang mendukung hingga 4 socket secara simultan. *Ethernet shield* bekerja dengan cara memberikan layanan IP kepada arduino dan PC agar terhubung ke internet (satu jurnal dengan dht). *Ethernet shield* memiliki standar RJ-45 koneksi, dengan transformator yang terintegrasi dengan *enabled Power over Ethernet (PoE)*. *Ethernet shield* memiliki slot kartu micro SD yang terintegrasi dan dapat digunakan untuk penyimpanan file untuk meleyani proses dalam jaringan dan cara kerja *Ethernet shield* adalah memberikan ip kepada arduino agar bisa terhubung ke internet (Handoko *at al*, 2018).

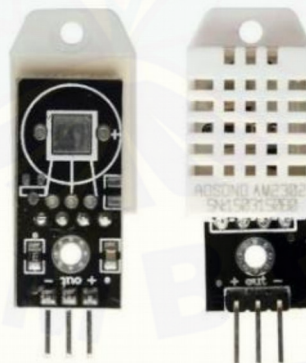


Gambar 2.2. Ethernet Shield

(positrontech.in)

## 2.5. Sensor DHT22

Sensor DHT merupakan sensor gabungan dari sensor (temperature) dan kelembaban (humidity) yang *output* dari sensor dht22 berupa digital yang sudah di kalibrasi, sensor dht22 memiliki 4 pin yang terdiri dari *power supply*, *signal*, *null* dan *ground* (Saptadi, 2014).



Gambar 2.3. DHT22

(indiamart.com)

## 2.6. Ultrasonik

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi ketinggian air dalam suatu bak penampungan air hidroponik, pada sistem ini menggunakan prinsip pantulan gelombang ultrasonik, ketika gelombang ultrasonik dipancarkan oleh sensor ini dan terdapat objek yang menyebabkan gelombang tersebut terpantul, maka sensor tersebut kan memberikan data ke mikrokontroller. Prinsip kerja sensor ultrasonik dapat dilihat pada diagram pewaktuan yang tersaji pada Gambar 2.4 (Alawiah & Rafi Al Tahtawi, 2017).



Gambar 2.4. Ultrasonik

## 2.7. TDS Meter

Sensor ini digunakan untuk mengetahui nilai Electrical Conductivity (EC) dari larutan nutrisi. Nilai ppm dihitung dari EC larutan. EC merupakan penghantar listrik yang ada pada cairan. Nilai EC atau ppm didapat dari pengukuran perlawanan antara dua probe (pin steker) ketika steker terendam dalam cairan. Secara definisi di atas, jika dua plat yang diletakkan dalam suatu larutan dan diberi beda potensial listrik (normalnya berbentuk sinusioda), maka pada plat tersebut akan mengalir arus listrik. Besar nutrisi yang dikukur pada penelitian ini menggunakan satuan part-per million (ppm). Hasil pembacaan nutrisi dari sensor larutan nutrisi digunakan sebagai nilai dari nutrisi air larutan nutrisi yang ada pada wadah hidroponik.

Larutan nutrisi sebagai pasokan air dan mineral yang penting bagi pertumbuhan tanaman, sehingga harus tepat dalam penakaran jumlah, komposisi nutrisi, dan suhu. Pada umumnya kualitas larutan nutrisi ini diketahui dengan

mengukur EC larutan tersebut. Semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi arus listrik yang dihantarkan. Electrical Conductivity (EC) atau daya hantar listrik adalah kemampuan untuk menghantarkan ion-ion listrik yang terkandung di dalam larutan nutrisi ke akar tanaman. EC merupakan parameter yang menunjukkan konsentrasi ion-ion yang terlarut dalam larutan nutrisi. Jika ion yang terlarut semakin banyak, maka semakin tinggi EC larutan nutrisi tersebut. Tinggi rendahnya EC dalam larutan nutrisi mempengaruhi metabolisme tanaman, yaitu kecepatan fotosintesis tanaman, aktivitas enzim dan potensi penyerapan ion-ion larutan oleh akar tanaman (Muhadiansyah *et al*/2016).



Gambar 2.5.TDS Meter  
(dfrobot.com)

## 2.8. Relay 4 Channel

*Relay* merupakan sebuah saklar elektromagnet yang dioperasikan oleh tegangan yang relatif rendah yang dapat diaktifkan pada tegangan yang lebih tinggi. *Relay* dibutuhkan karena dalam implementasinya, sebuah perawngkat elektronika yang beroperasi pada tegangan rendah untuk dapat mengaktifkan perangkat lain dengan tegangan yang lebih tinggi dan *relay* dalam kebutuhan ini dapat digunakan untuk mengakomodir kebutuhan tersebut (Prio dan Handoko, 2016).





Gambar 2.6. Relay 4 channel

## 2.9. Fuzzy Mamdani

Metode Fuzzy Mamdani merupakan metode dalam penarikan kesimpulan yang paling mudah di mengerti oleh manusia, karena paling sesuai dengan naluri manusia. Sehingga dengan menggunakan Metode Fuzzy Mamdani akan menghasilkan keputusan terbaik untuk suatu permasalahan. Selain itu, Metode Fuzzy Mamdani lebih memperhatikan kondisi setiap daerah fuzzy-nya, sehingga menghasilkan hasil yang akurat. Pada Metode Fuzzy Mamdani *output* yang dihasilkan berupa suatu nilai pada domain himpunan fuzzy yang di kategorikan ke dalam komponen linguistik (Febrian, 2016).

Seperti telah dikemukakan pada sebab sebelumnya bahwa proses pengambilan kesimpulan atau eputusan dengan menggunakan Metode Fuzzy Mamdani dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan fuzzy, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan dan defuzzifikasi.

### 2.9.1 Pembentukan himpunan fuzzy

Tahap pertama dari prosedur Metode Fuzzy Mamdani adalah pembentukan himpunan fuzzy atau di kenal dengan fuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan proses yang dilakukan dengan mentransformasi *input* himpunan tegas ke dalam himpunan fuzzy. Hal ini dilakukan karena *input* yang digunakan awalnya adalah salam bilangan tegas (*real*) dari suatu himpunan tegas. Himpunan fuzzy ini didasarkan pada tingkatan linguistiknya yang dikelompokkan dalam suatu variabel fuzzy (Febrian, 2016).

### 2.9.2 Aplikasi Fungsi Implikasi

Tahap kedua dari prosedur Metode Fuzzy Mamdani adalah penerapan fungsi implikasi. Fungsi implikasi merupakan struktur logika yang terdiri atas kumpulan premis dan satu konklusi. Fungsi implikasi berguna untuk mengetahui hubungan antara premis-premis dan konklusi, pada Metode Fuzzy Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah min. Bentuk dari fungsi implikasi ini adalah dengan pernyataan *IF x is A THEN y is B*, dengan  $x$  dan  $y$  adalah skalar, serta  $A$  dan  $B$  adalah dengan himpunan fuzzy (Febrian, 2016).

### 2.9.3 Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri-dari beberapa, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan kolenransi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu max, *additive* dan probabilitistik OR (probot) (Kusumadewi dan Purnomo, 2010). Penelitian ini menggunakan metode max, karena persamaan rumus pada metode max sesuai untuk *set point*, secara umum dapat dituliskan pada Persamaan 2.1 dan untuk menentukan jumlah aturan-aturan dalam fuzzy menggunakan Persamaan 2.2 :

$$\mu_{sf}(x_i) \leftarrow \max(1, \mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i)) \quad (2.1)$$

$$n = xy \quad (2.2)$$

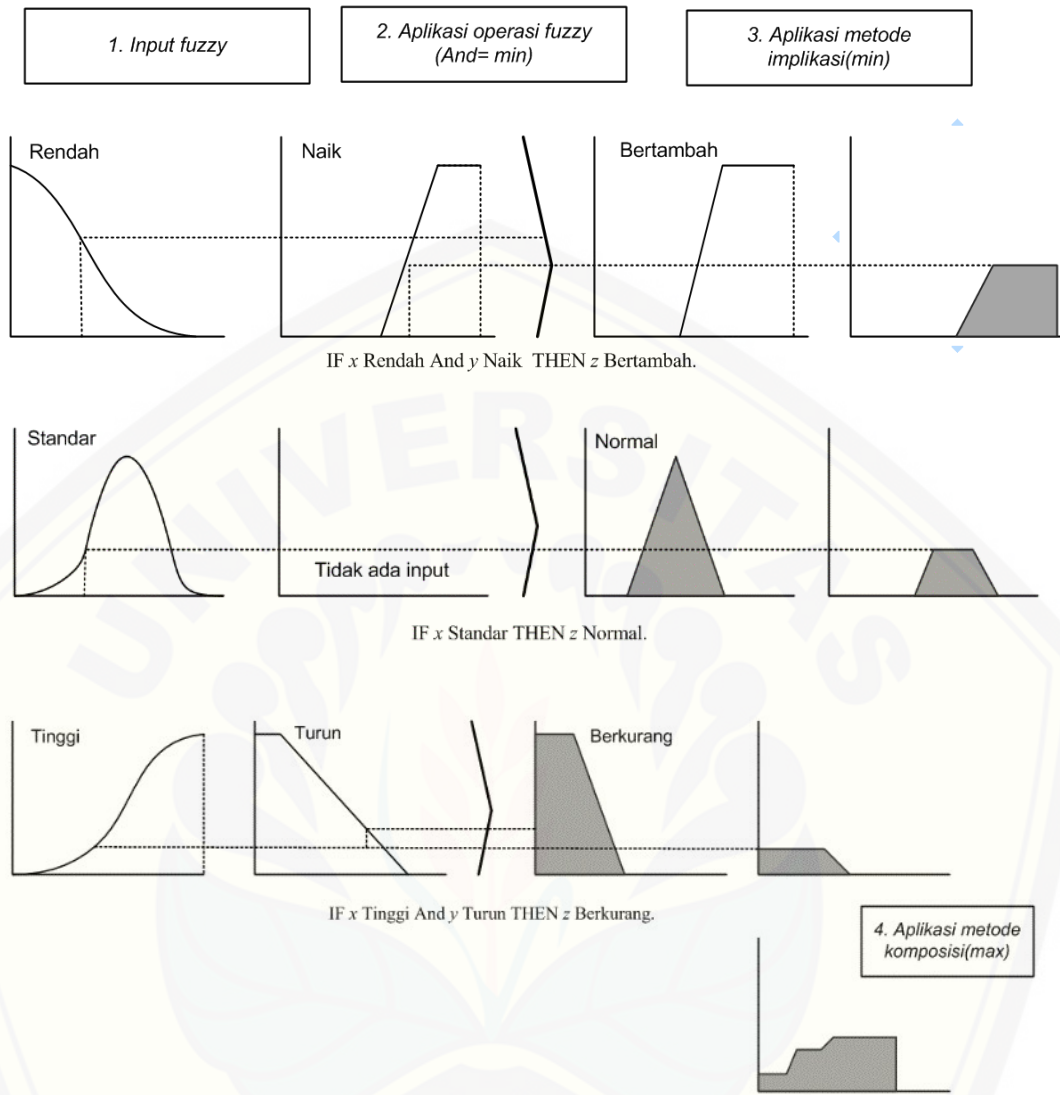
dengan :

$\mu_{sf}(x_i)$  = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i.

$\mu_{kf}(x_i)$  = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i.

Misalkan ada 3 aturan (proposisi) sebagai berikut :

1. [R1] IF  $x$ Rendah And  $y$ Naik THEN  $z$ Bertambah.
2. [R2] IF  $x$ Standar THEN  $z$ Normal.
3. [R3] IF  $x$ Tinggi And  $y$ Turun THEN  $z$ Berkurang.



Gambar 2.7. Komposisi Aturan Fuzzy  
(Kusumadewi dan Purnomo, 2010)

Keterangan :

$x$ = kosentrasi EC

$y$ = volume air

$z$ = pemberian nutrisi

#### 2.9.4 Defuzzyfikasi

Tahapan terakhir adalah defuzzifikasi. Defuzzifikasi merupakan himpunan fuzzy yang di peroleh dari aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan



merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Salah satu dari defuzzifikasi adalah metode *centroid*. Metode *centroid* dapat disebut *Center of Gravity* adalah metode yang paling banyak diusulkan banyak oleh peneliti untuk digunakan, rumus metode *centroid* dapat di tuliskan pada Persamaan (2.2) (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

$$z = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{i=1}^n \mu(z_j)} \quad (2.3)$$

## 2.10 Selada

Selada merupakan sayuran yang termasuk ke dalam famili Compositae dengan nama latin *Lactuca sativa*. Asal tanaman ini diperkirakan dari dataran Mediterania Timur, hal ini terbukti dari lukisan di kuburan di Mesir yang menggambarkan bahwa penduduk Mesir telah menanam selada sejak tahun 4500 SM. Berikut ini adalah klasifikasi selada:

Divisio	: Spermatophyta
Subdivisio	: Angiospermae
Kelas	: Dicotylodoneae
Ordo	: Asterales
Famili	: Asteraceae (Compositae)
Genus	: Lactuca
Spesies	: Lactuca sativa

Selada memiliki banyak manfaat antara lain dapat memperbaiki organ dalam, mencegah panas dalam, melancarkan metabolisme, membantu menjaga kesehatan rambut, mencegah kulit menjadi kering, dan dapat mengobati insomnia. Kandungan gizi yang terdapat pada selada adalah serat, provitamin A (karotenoid), kalium dan kalsium (Bagus Nugroho & Herlina, 2017).

Suhu ideal untuk produksi selada berkualitas tinggi adalah 15-25 °C. Suhu yang lebih tinggi dari 30°C dapat menghambat pertumbuhan, merangsang tumbuhnya tangkai bunga (bolting), dan dapat menyebabkan rasa pahit. Sedangkan untuk tipe selada kepala suhu yang tinggi dapat menyebabkan bentuk kepala

longgar. Selada tipe daun longgar umumnya beradaptasi lebih baik terhadap kisaran suhu yang lebih tinggi ketimbang tipe bentuk kepala.

Suhu larutan hara pada pagi hari untuk setiap perlakuan relatif sama yaitu sekitar 25-27°C, siang hari 26-30°C dan pada sore hari 25-28°C. Suhu larutan hara pada keempat perlakuan ketika siang hari cenderung mengalami peningkatan. Nilai EC larutan hara cenderung menurun dengan bertambahnya umur tanaman. Perlakuan EC 0.75 mS.cm<sup>-1</sup>, 1.50 mS.cm<sup>-1</sup> dan 2.25 mS.cm<sup>-1</sup> memiliki kecenderungan nilai EC yang menurun selama penelitian (0.77 menjadi 0.76 mS.cm<sup>-1</sup> pada perlakuan EC 0.75, 1.55 menjadi 1.44 mS.cm<sup>-1</sup> pada perlakuan EC 1.50 mS.cm<sup>-1</sup> dan 2.31 menjadi 2.18 mS.cm<sup>-1</sup> pada perlakuan EC 2.25 mS.cm<sup>-1</sup>), sedangkan nilai EC larutan kontrol memiliki kecenderungan meningkat dari 0.13 menjadi 0.20 mS.cm<sup>-1</sup> (Muhadiansyah *et al*/2016).

## 2.1 Hidroponik

Hidroponik atau istilah asingnya hydroponics, adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan cara bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai tempat menanam tanaman. Hidroponik berasal dari bahasa Latin yang terdiri dari kata hydro yang berarti air dan kata ponos yang berarti kerja. Jadi definisi hidroponik adalah pengerjaan atau pengelolaan air yang digunakan sebagai media tumbuh tanaman dan tempat akar tanaman mengambil unsur hara yang diperlukan. Umumnya media tanam yang digunakan bersifat porous, seperti pasir, arang sekam, batu apung, kerikil, rockwool (Roidah, 2014).

Berdasarkan penggunaan larutan nutrisinya, hidroponik digolongkan menjadi dua, yaitu hidroponik sistem terbuka dan hidroponik sistem tertutup. Pada hidroponik sistem terbuka, larutan nutrisi dialirkan ke daerah perakaran tanaman dan kelebihannya dibiarkan hilang. Sedangkan hidroponik sistem tertutup, kelebihan larutan nutrisi yang diberikan, ditampung dan disirkulasikan kembali ke daerah perakaran tanaman. Pada hidroponik sistem tertutup, kandungan unsur-unsur hara dalam larutan nutrisi akan berubah seiring dengan penyerapannya oleh tanaman (Muhadiansyah *et al*/2016).

## 2.12B MIX

Nutrisi AB Mix Merupakan larutan nutrisi yang sangat berpengaruh untuk tanaman hidroponik yang dapat digunakan sebagai suplai hara, baik makro maupun mikro untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang optimum. Nutrisi hidroponik tersebut terdiri dari dua larutan, yaitu A Mix yang mengandung unsur hara makro dan B Mix yang mengandung unsur hara mikro (Pohan dan Oktoyournal, 2019).

Nutrisi hidroponik atau AB Mix ada yang berbentuk cair dalam kemasan botol 500 ml dan ada yang berbentuk padat (serbuk). Pada dasarnya nutrisi yang berbentuk cair itu berasal dari serbuk yang sudah di larutkan sehingga pembeli tidak perlu susah membuat larutan AB Mix, karena larutan ini terdiri dari nutrisi A dan nutrisi B yang dikemas terpisah. Sebenarnya pembuatan nutrisi AB Mix serbuk ke cair cukup mudah (Pohan dan Oktoyournal, 2019).

1. Menyiapkan nutrisi hidroponik AB Mix serbuk dalam kemasan 250gram.
2. Menyiapkan juga 2 botol 500 ml dan dikasih label A dan B supaya kedua nutrisi tidak tertukar.
3. Mengisikan air ke dalam botol A dan B sebanyak 400 ml, lalu menuangkan serbuk A Mix ke botol A dan B Mix ke botol B.
4. Menutup kedua botol yang sudah diberi air dan serbuk hingga rapat, kemudian mengkocok kedua botol tersebut dan pastikan nutrisi telah benar – benar larut dengan air.
5. Tambahkan air bersih dengan ketinggian hingga leher botol, lalu mengkocok perlahan agar larutan tercampur sempurna

## **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

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

### **3.1 Jenis Penelitian**

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

### **3.2 Objek Penelitian**

Objek penelitian merupakan hidroponik yang beralamatkan Jln. Diponegoro V, No. 09, RT/RW: 01/V, Lingkungan Kampung Proliman, Kel. Kaliploso, Kec. Cluring, Kab. Banyuwangi, Jawa Timur. Pada penelitian ini dalam pemberian nutrisi otomatis dilakukan menggunakan sensor TDS Meter yang di letakan di dalam bak air yang terdapat pada hidroponik, sehingga sensor akan mendeteksi larutan nutrisi yang terkandung pada bak air di hidroponik tersebut.

### **3.3 Tempat dan Waktu Penelitian**

Tahap penelitian ini dimulai pada bulan April 2020 sampai bulan Juni 2020. Sedangkan untuk tempat pelaksanaannya akan dilakukan di Jln. Diponegoro V, No. 09, RT/RW: 01/V, Lingkungan Kampung Proliman, Kel. Kaliploso, Kec. Cluring, Kab. Banyuwangi, Jawa Timur.

### **3.4 Alat Penelitian**

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

### 3.4.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini :

- |                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| a. Instalasi Hidroponik   | i. <i>Relay 4 cannel</i>        |
| b. TDS Meter              | j. <i>Power Sumpplay 5 volt</i> |
| c. Meteran Roll           | k. <i>Projek board</i>          |
| d. Arduino Uno Atmega328p | l. Kabel Jumper                 |
| e. <i>Ethernet Shield</i> | m. Kabel LAN                    |
| f. Sensor DHT22           | n. Aplikasi Arduino IDE         |
| g. Sensor EC Meter        | o. Laptop                       |
| h. Ultrasonik             | p. <i>Box acces point</i>       |

### 3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

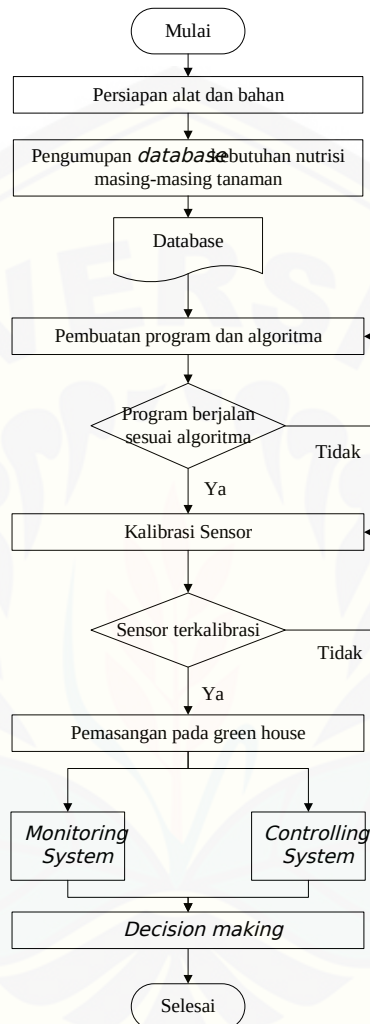
- AB Mix
- Koneksi Internet
- Bak Air Hidroponik
- Bak Nutrisi

## 3.5 Tahapan Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian yang dilaksanakan meliputi persiapan alat dan bahan, pembuatan program dan algoritma, pembibitan tanaman, penanaman, pengambilan data, pengolahan dan analisis data. Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian yang akan dilaksanakan yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang meliputi komponen sensor dan mikrokontroller. Database sangat diperlukan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan data pada tanaman selada dan kebutuhan nutrisi. Sehingga perlu dilakukan pengumpulan database terlebih dahulu yaitu dengan dari penelitian terdahulu mengenai perilaku dan perawatan tanaman selada.

Setelah database terkumpul, maka tahap selanjutnya memasukkan algoritma menggunakan metode fuzzy mamdani dengan pada sistem, sehingga sistem dapat mengatur proses budidaya tanamn sesuai database. Output dari sistem ini yaitu berupa data pompa akan menyala untuk mengalirkan nutrisi pada bak air pada

hidroponik, data kondisi lingkungan, dan pengambilan keputusan yang dilakukan oleh sistem sesuai database yang dimasukkan. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 3.1.

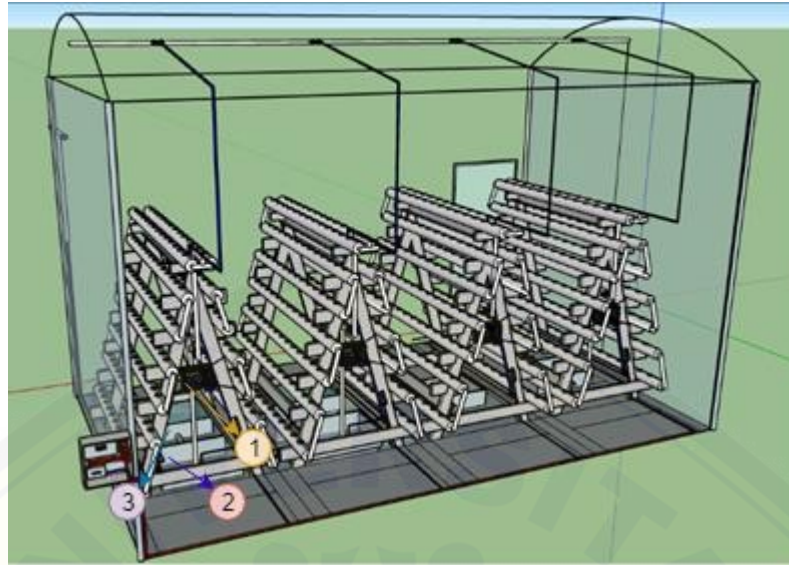


Gambar 3.1. Tahapan Penelitian

### 3.6 Desain dan Perancangan Sistem

Tahapan ini merupakan tahapan prototipe, komponen elektronika di rangkai berdasarkan desain dan pembuatan perangkat keras dari komponen yang telah di pilih.





Gambar 3.2. Ilustrasi Smart Greenhouse

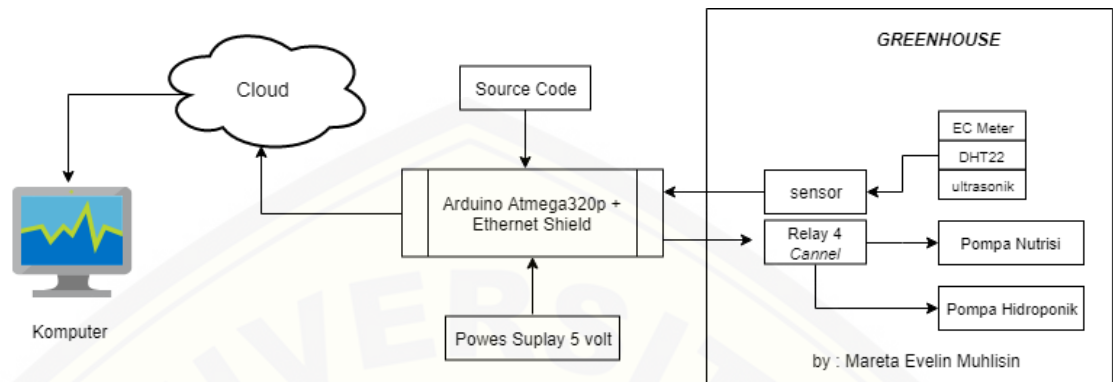
Keterangan :

1. Box *Access Point* didalamnya sudah ada mikrokontroller yang siap digunakan untuk pemberian nutrisi otomatis.
2. Bak air hidroponik
3. Bak nutrisi

Pembuatan *smart greenhouse* bertujuan untuk memudahkan pengawasan dan kontrol kondisi tanaman. *Greenhouse* akan bekerja sesuai dengan *set point* yang telah di *upload* pada mikrokontroller. Adapun beberapa rangkaian yang digunakan untuk pembuatan sistem pemberian nutrisi otomatis pada tanaman selada yaitu sebagai berikut.

1. DHT 22 untuk mengukur suhu udara dan kelembaban
2. TDS meter untuk mengukur total padatan yang larutan didalam air
3. EC meter untuk mengukur salinitas air
4. Ultrasonik untuk mengukur ketinggian air supaya tetap stabil
5. Relay sebagai aktuator
6. *Ethernet shield* untuk menghubungkan mikrokontroller ke jaringan internet.
7. Arduino sebagai mikrokontroller.

Sketma kerja dari rangkaian sistem kontrol otomatis pada mikrokontroller diilustrasikan pada gambar di Gambar 3.3 berikut.

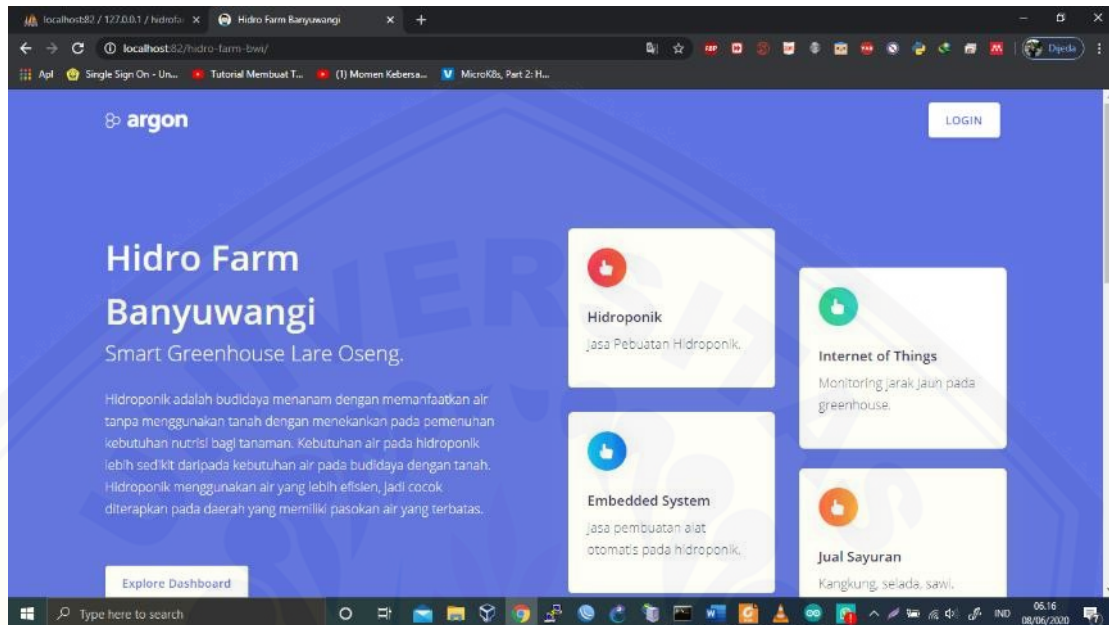


Gambar 3.3. Sketma kerja sistem

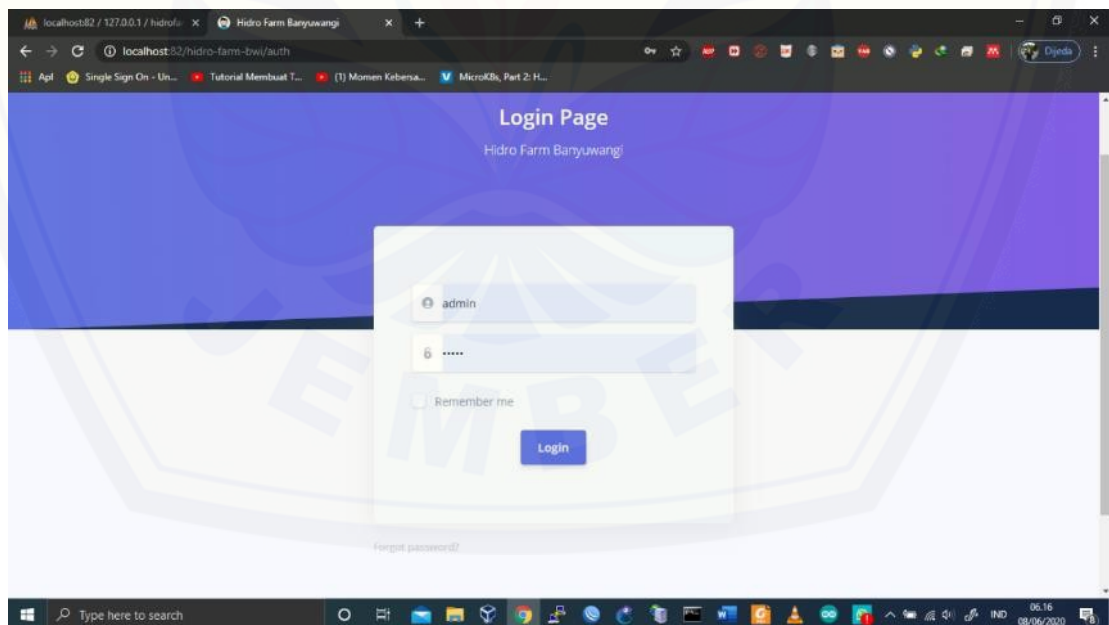
Tahapan ini menjelaskan tentang prinsip kerja dari alat ini, yaitu semua akan dihubungkan dengan Arduino Uno Atmega320p sebagai mikrokontroller. Arduino Uno Atmega320p terkoneksi dengan router supaya Arduino Uno Atmega320p dapat terhubung dengan jaringan internet. Sensor-sensor tersebut akan mendeteksi parameter sesuai dengan tugasnya masing-masing. DHT 22 akan mendeteksi suhu lingkungan sekitar (suhu dan kelembaban) pada *greenhouse*. Sensor EC akan mendeteksi kadar nutrisi pada media tanam. Jika dosis nutrisi pada tanaman berkurang maka akan diatur sistem pemberian nutrisi sesuai *set point* awal, sedangkan jika dosis nutrisi pada tanaman berlebihan maka air akan naik sesuai kebutuhan air pada media tanam. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian air dalam penampungan bak air. Nilai yang ditangkap oleh sensor kemudian ditransfer ke Arduino Uno Atmega320p yang telah terhubung ke jaringan internet akan mentransfer data yang terekam oleh sensor ke penyimpanan cloud yaitu pada web dengan cara memasukkan ip address, subnet, ip gateway dan ip server pada program yang dibuat, sistem monitoring ini berbasis web dan data sensor bisa di monitoring pada web yang sudah di buat. Sistem kontrol pada pemberian nutrisi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sistem kontrol pemberian nutrisi otomatis yang menggunakan pompa untuk mengalirkan nutrisi. Pompa akan dihubungkan dengan *relay* sebagai alat untuk memutus atau



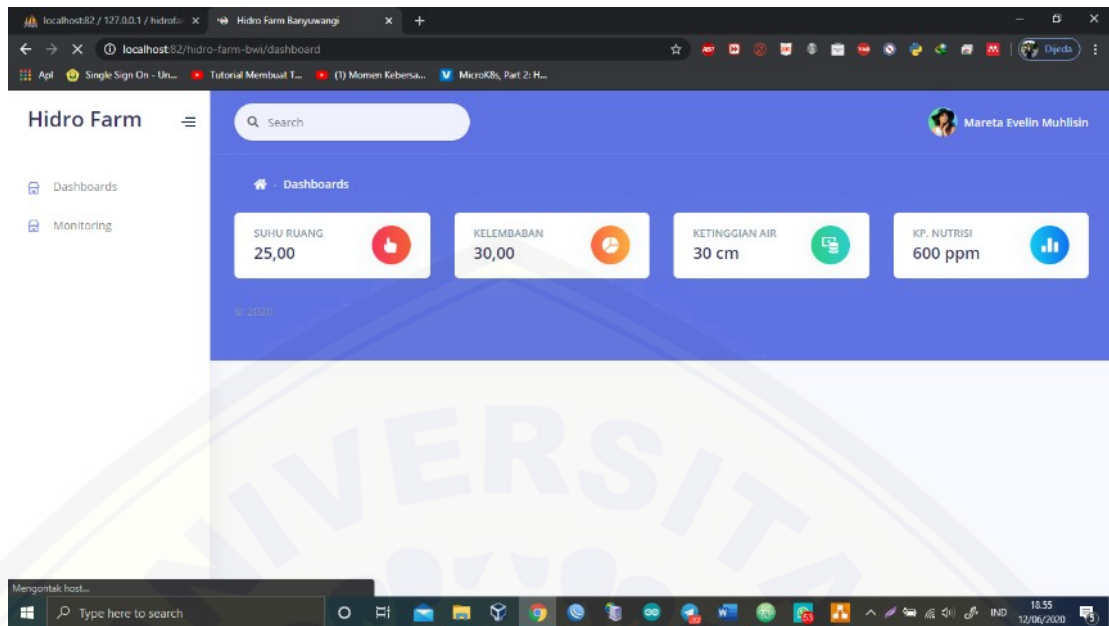
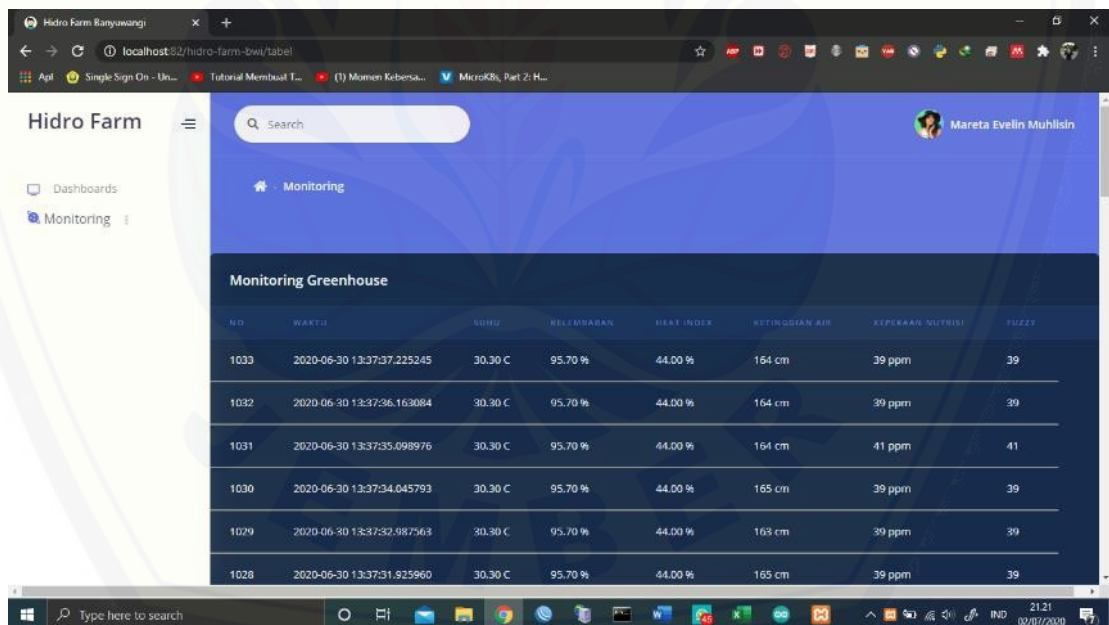
menyambungkan arus listrik yang menuju pompa sehingga pompa akan *on/off* sesuai dengan perintah yang telah di program. Dibawah ini merupakan *interface* yang di hasilkan untuk sistem montoring.



Gambar 3.4. *Interface* awal



Gambar 3.5. *Interface* login

Gambar 3.6. *Interface* DashboardGambar 3.7. *Interface* Monitoring

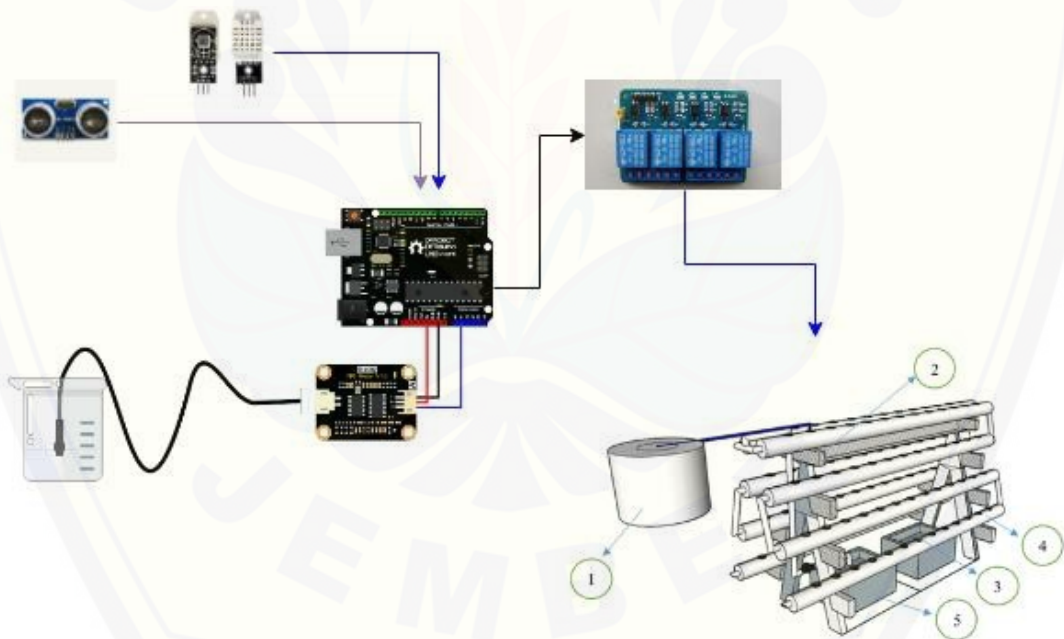
### 3.7 Permodelan

Tahap ini merupakan proses pembuatan sebuah model dari sistem. Tujuan dari pemodelan digunakan untuk menganalisa dan memberikan suatu prediksi yang

dapat mendekati kenyataan sebelum menerapkan kedalam sistem. Pemodelan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sistem Inferensi fuzzy Mamdani. Untuk mendapatkan *output* diperlukan 4 tahapan yaitu pembentukan himpunan fuzzy, aplikasi implikasi, komposisi aturan dan penegasan (*defuzzy*

### 3.7.1 Rangkaian Mikrokontroller

Tahapan ini merupakan tahap pemasangan rangkaian mikrokontroller dengan sensor (ec meter dan dht22) dan relay yang dihubungkan ke arduino UNO Atmega328p dan *ethernet shield* selanjutnya arduino UNO Atmega328p dan *ethernet shield* dihubungkan ke laptop dengan menggunakan kabel USB. Setelah terhubung ke laptop, arduino UNO Atmega328p sudah dapat diisi dengan kode program agar dapat mengambil data sensor dan memproses semua sesuai kode program tersebut. Pemasangan Arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Rangkaian Mikrokontroller

Keterangan :

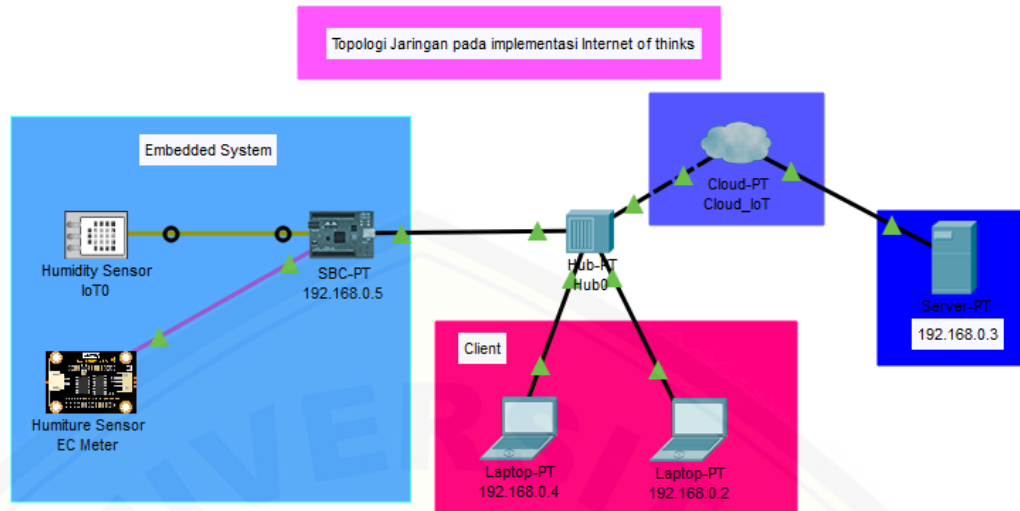
- 1) Bak tempat nutrisi
- 2) Rangkai kayu
- 3) Net pot
- 4) Pipa

5) Bak tempat air

### 3.7.2 *Internet of Things*

Tahapan ini merupakan alur mentrasfer data digital melalui jaringan internet melalui *gateway*. *Gateway* ini adalah perantara dan menyediakan konektivitas diantara *things* dan internet. *Gateway* ini juga akan melakukan *preprocessing* pemrosesan awal sebelum di kirim ke *cloud*. Selanjutnya masuk ke *cloud gateway* yang berperan sebagai kompresi data, lapisan keamanan, serta pemindahan data secara cepat dan rendah daya dengan memilih teknologi transmisi serta protokol yang tepat, contoh teknologinya yaitu WIFI, *Narrow Band*, jaringan GSM, dan lain-lain serta protokolnya yaitu MQTT, CoAP, dan lain-lain. Data yang telah masuk ke *cloud gateway* selanjutnya ke *Streaming Data Processor* untuk memastikan transisi dari input data ke data *lake* berjalan dengan baik, data *lake* berfungsi untuk penampungan *raw* data dari berbagai *device* dan untuk selanjutnya diolah dalam *Big Data Warehouse*. Data yang telah diolah sebelumnya akan menjadi aksi yang akan di kirimkan ke akuator yang biasanya disebut *control application*, contohnya menyalahkan pompa nutrisi, lampu, kipas, mematikan mesin dan lain-lain. Dalam *control application* ada 2 (dua) pendekatan yaitu secara *Rule Based* dan *Machine Learning Based*. Tahap yang terakhir yaitu *User Applications*. *User Applications* merupakan antar muka untuk pengguna dapat berupa *mobile applications* dan *web applications*. Aplikasi ini digunakan untuk monitoring, control serta konfigurasi *behavior* dari *device Internet of Things*. Topologi Jaringan *Internet of Things* di lihat pada Gambar 3.9.





Gambar 3.9. Topologi Jaringan *Internet of Things*

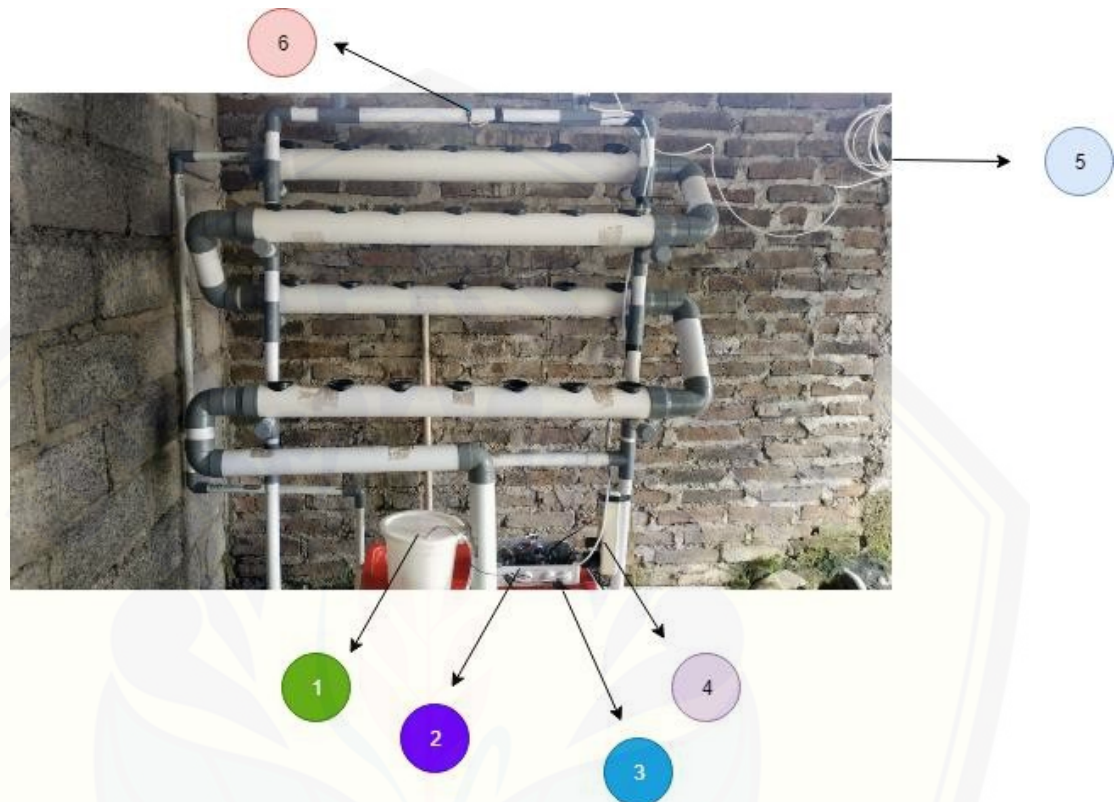
id	waktu	suhu	kelembaban	heat_indexC	TDS	EC
7037	2020-03-25 12:57:52.891274	31.90	68.00	39.41	40.67	92.88
7036	2020-03-25 12:57:50.845821	31.90	68.00	39.41	40.67	92.88
7035	2020-03-25 12:57:48.785096	31.90	68.00	39.41	40.67	92.88
7034	2020-03-25 12:57:46.737367	31.90	68.00	39.41	40.67	92.88
7033	2020-03-25 12:57:44.689290	31.90	68.00	39.41	40.67	92.88
7032	2020-03-25 12:57:42.657004	31.90	68.00	39.41	40.67	92.88
7031	2020-03-25 12:57:40.605806	31.90	68.00	39.41	40.67	92.88
7030	2020-03-25 12:57:38.562457	31.90	68.00	39.41	40.67	92.88
7029	2020-03-25 12:57:36.516724	31.90	68.00	39.41	40.67	92.88
7028	2020-03-25 12:57:34.461338	31.90	68.00	39.41	40.67	92.88
7027	2020-03-25 12:57:32.407182	31.90	68.00	39.41	40.67	92.88
7026	2020-03-25 12:57:30.371915	31.90	68.00	39.41	40.67	92.88
7025	2020-03-25 12:57:28.314121	31.90	68.00	39.41	40.67	92.88

Gambar 3.10. Data Sensor

### 3.7.3 Pemasangan Prototipe Pemberian Nutrisi

Tahapan ini merupakan tahap pertama pemasangan prototipe untuk pemberian nutrisi ke tanaman hidroponik yaitu menyiapkan hidropinik dengan sistem DFT dan tempat bak penampungan air dan nutrisi, bak air berukuran besar sedangkan bak nutrisi berukuran kecil. Selanjutnya, letakkan sensor di pompa

akuarium (besar) di bak air yang mengalir di hidroponik dan pompa akuarium (kecil) di letakkan bak nutrisi yang berukuran kecil. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Pemasangan Prototipe Pemberian Nutrisi

Keterangan :

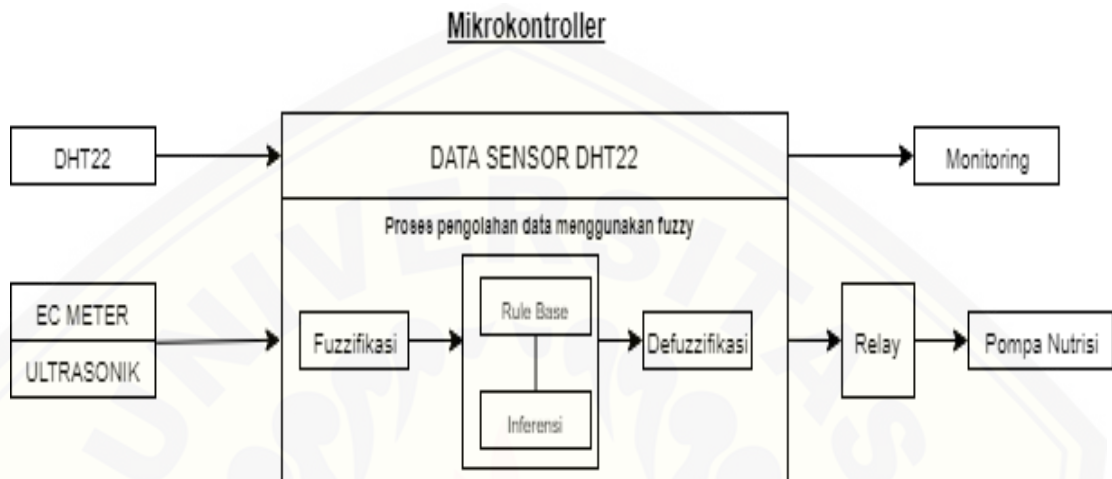
1. Bak Nutrisi
2. Mikrokontroller
3. Sensor TDS Meter
4. Power Suplay 5 *volt*
5. Kabel LAN
6. DHT22

### 3.8 Implementasi Fuzzy Mamdani pada Sistem Pemberian Nutrisi Otom

Tahap ini merupakan proses pembuatan sebuah model dari sistem. Tujuannya digunakan untuk menganalisa dan memberikan suatu prediksi yang dapat mendekati kenyataan sebelum menerapkan kedalam sistem. Pemodelan yang



digunakan dalam penelitian ini menggunakan Fuzzy Mamdani. Terdapat tiga tahapan secara umum dalam menerapkan Fuzzy Mamdani, yaitu Fuzzifikasi, Komposisi Aturan, Inferensi dan Defuzzifikasi. Tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Blok Diagram

### 3.8.1 Model Base Fuzzy Mamdani

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah secara umum untuk menentukan data-data yang digunakan dalam proses perhitungan metode mamdani, yaitu: fuzzifikasi, rule base, inferensi, dan defuzzifikasi (Abrori & Prihamayu, 2015). Berikut adalah langkah-langkah yang digunakan dalam proses perhitungan :

#### 1. Fuzifikasi

Pembentukan himpunan fuzzy merupakan langkah pertama yang dilakukan saat menggunakan Metode Mamdani. Ada tiga variabel fuzzy yang akan dimodelkan, yaitu:

- Ketinggian Air, terdiri-dari tiga himpunan fuzzy,yaitu rendah, normal dan tinggi.
- Konsentrasi Pupuk, terdiri-dari tiga himpunan fuzzy, yaitu kurang, normal dan tinggi.
- Durasi Pompa Nutrisi, terdiri-dari tiga himpunan fuzzy,yaitu cepat, sedang dan lama.

### A. Variabel Ketinggian Air

Diketahui ketinggian air dalam bak penampungan air hidroponik yaitu 24 cm, sehingga variabel ketinggian air terdiri dari 4 himpunan fuzzy, yaitu Rendah, Normal dan Tinggi. Nilai linguistik untuk masing-masing himpunan air, yaitu Rendah (0-15)cm, Normal (10-25)cm dan Tinggi (20-30)cm. Sehingga bentuk pemodelan seperti pada Gambar 3.13.

Fungsi keanggotaan untuk masing-masing nilai linguistik antara lain:

#### 1.) Fungsi keanggotaan fuzzy Rendah

Himpunan fuzzy rendah di gambarkan bentuk kurva bahu kiri memiliki domain (0-15) yang disimbolkan dengan dengan nilai 1 sebagai derajat nilai keanggotaan tertinggi yang terletak pada nilai 10. Pada grafik di tunjukkan bahwa sisi miring pada bahu kiri berubah dari keanggotaan 1 ke derajat keanggotaan 0 guna mepresentasikan nilai ketinggian air yang rendah menjadi ketinggian air yang normal. Jika nilai melebihi 10 maka kondisi ketinggian air mendekati kondisi normal. Adapun persamaan yang menyatakan hal tersebut ditunjukkan pada Persamaan (3.1);

$$\mu_{\text{Rendah}}(x) = \begin{cases} 1 & , x \leq 10 \\ \frac{x-10}{15-10} & , 10 \leq x \leq 15 \\ 0 & , x \geq 15 \end{cases} \quad (3.1)$$

#### 2.) Fungsi keanggotaan fuzzy Normal

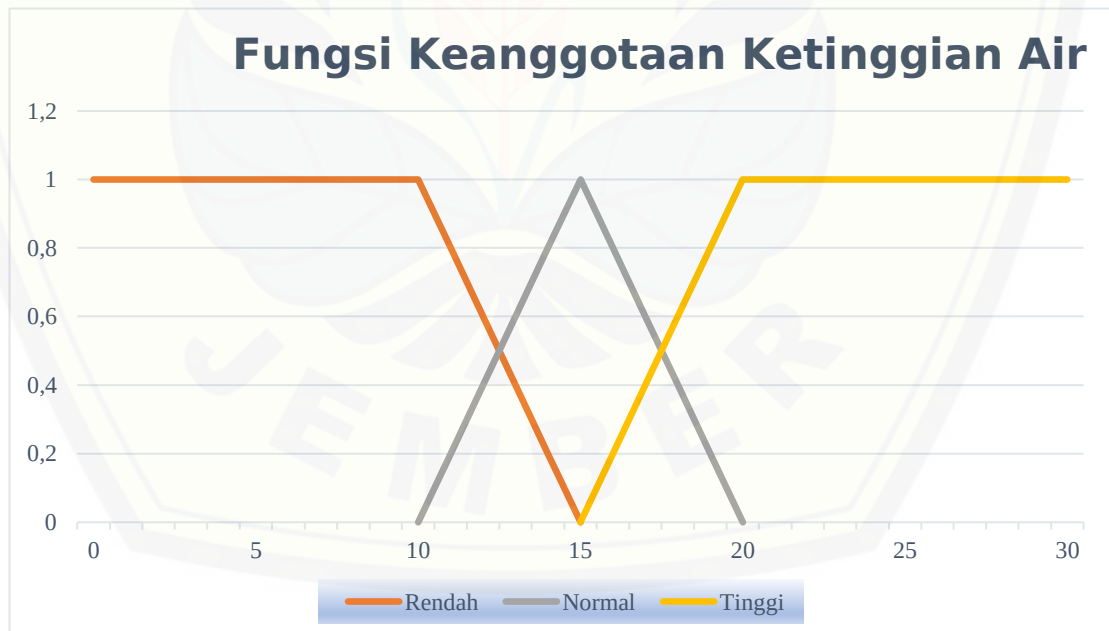
Himpunan fuzzy normal di gambarkan bentuk kurva segitiga memiliki domain (10-25) yang disimbolkan dengan dengan nilai 1 sebagai derajat nilai keanggotaan tertinggi yang terletak pada nilai 20. Pada grafik di tunjukkan bahwa sisi miring pada bahu kiri dan kanan berubah dari keanggotaan 0 ke derajat keanggotaan 1 dan kembali lagi kederajat keanggotaan 0 guna mepresentasikan nilai ketinggian air yang rendah menjadi ketinggian air yang tinggi. Jika nilai melebihi 15 maka kondisi ketinggian air mendekati kondisi normal. Adapun persamaan yang menyatakan hal tersebut ditunjukkan pada Persamaan (3.2);

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 10 \text{ atau } x \leq 25 \\ \frac{x-10}{15-10}, & 10 \leq x \leq 15 \\ \frac{25-x}{25-15}, & 15 \leq x \leq 25 \end{cases} \quad (3.2)$$

### 3.) Fungsi keanggotaan untuk fuzzy Tinggi

Himpunan fuzzy tinggi di gambarkan bentuk kurva bahu kanan memiliki domain (20-30) yang disimbolkan dengan dengan nilai 1 sebagai derajat nilai keanggotaan tertinggi yang terletak pada nilai 20. Pada grafik di tunjukkan bahwa sisi miring pada bahu kanan berubah dari keanggotaan 0 ke derajat keanggotaan 1 guna mepresentasikan nilai ketinggian air yang normal menjadi ketinggian air yang tinggi. Jika nilai melebihi 20 maka kondisi ketinggian air mendekati kondisi normal. Adapun persamaan yang menyatakan hal tersebut ditunjukkan pada Persamaan (3.3);

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 15 \\ \frac{x-20}{30-20}, & 20 \leq x \leq 30 \\ 1, & x \geq 30 \end{cases} \quad (3.3)$$



Gambar 3.13. Fungsi Keanggotaan Ketinggian Air

## B. Variabel Konsentrasi Pupuk

Variabel kelembapan tanah terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu Sangat Kurang, Kurang, Normal dan Tinggi. Nilai linguistik untuk masing-masing himpunan kelembapan tanah, yaitu Sangat Kurang (350-550), Kurang (450 – 650), Normal (550 - 750), dan Tinggi (650 – 850). Sehingga bentuk pemodelan seperti pada Gambar 4.2. Fungsi keanggotaan untuk masing-masing nilai linguistik antara lain:

### 1.) Fungsi Keanggotaan Sangat Kurang

Himpunan fuzzy sangat kurang di gambarkan bentuk kurva bahu kiri memiliki domain (350-550) yang disimbolkan dengan dengan nilai 1 sebagai derajat nilai keanggotaan tertinggi yang terletak pada nilai 450. Pada grafik di tunjukkan bahwa sisi miring pada bahu kiri berubah dari keanggotaan 1 ke derajat keanggotaan 0 guna mepresentasikan nilai konsentrasi pupuk yang rendah menjadi konsentrasi pupuk yang kurang. Jika nilai melebihi 450 maka kondisi konsentrasi pupuk mendekati kondisi kurang. Adapun persamaan yang menyatakan hal tersebut ditunjukkan pada Persamaan (3.4);

$$\mu_{pSKurang}(y) = \begin{cases} 1, & y \leq 350 \\ \frac{550-y}{550-350}, & 350 \leq y \leq 550 \\ 0, & y \geq 550 \end{cases} \quad (3.4)$$

### 2.) Fungsi keanggotaan fuzzy Kurang

Himpunan fuzzy kurang di gambarkan bentuk kurva warna segitiga abu-abu memiliki domain (450-650) yang disimbolkan dengan dengan nilai 1 sebagai derajat nilai keanggotaan tertinggi yang terletak pada nilai 550. Pada grafik di tunjukkan pada kurva warna sigitiga abu-abu berubah dari keanggotaan 0 ke derajat keanggotaan 1 dan turun lagi ke derajat keanggotaan 0 guna mepresentasikan nilai konsentrasi pupuk yang rendah menjadi konsentrasi pupuk yang normal. Jika nilai melebihi 550 maka kondisi konsentrasi pupuk mendekati kondisi normal. Adapun persamaan yang menyatakan hal tersebut ditunjukkan pada Persamaan (3.5);

$$\mu_{pKurang}(y) = \begin{cases} 0, & y \geq 450 \text{ atau } y \leq 650 \\ \frac{y-450}{650-450}, & 450 \leq y \leq 550 \\ \frac{650-y}{650-550}, & 550 \leq y \leq 650 \end{cases} \quad (3.5)$$

### 3.) Fungsi keanggotaan fuzzy Normal

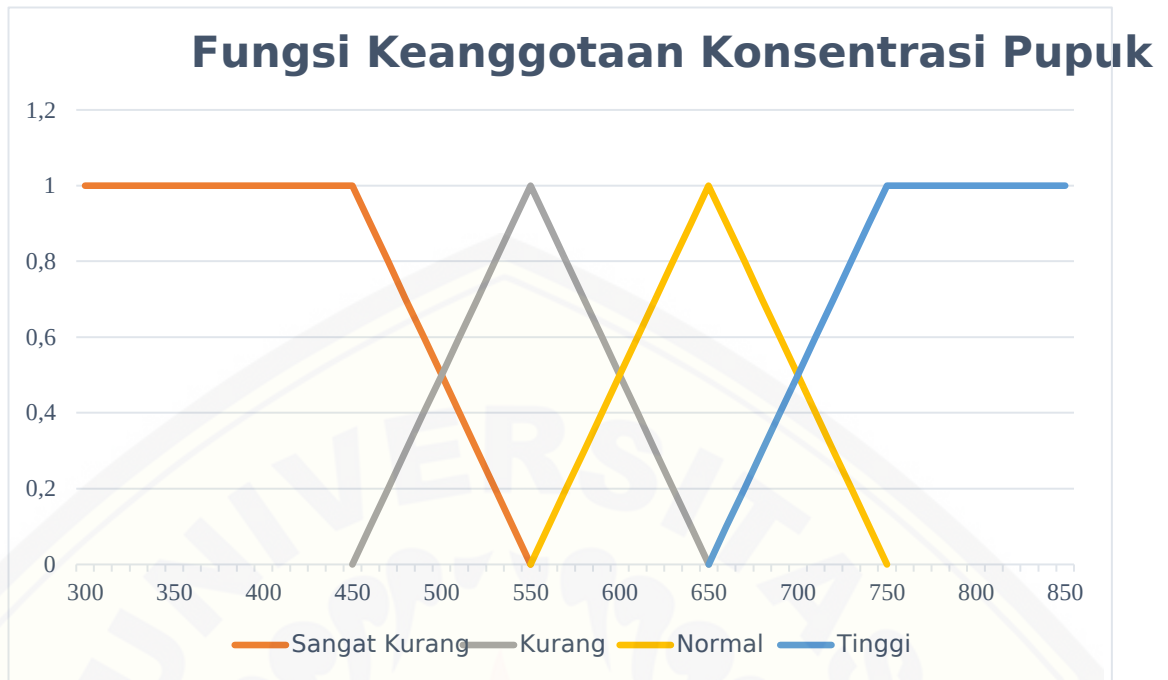
Himpunan fuzzy normal di gambarkan bentuk kurva segitiga kuning memiliki domain (550-750) yang disimbolkan dengan dengan nilai 1 sebagai derajat nilai keanggotaan tertinggi yang terletak pada nilai 650. Pada grafik di tunjukkan bahwa sudut lancip pada kurva segitiga kuning berubah dari keanggotaan 0 ke derajat keanggotaan 1 dan turun lagi ke derajat keanggotaan 0 guna mepresentasikan nilai konsentrasi pupuk yang rendah menjadi konsentrasi pupuk yang tinggi. Jika nilai melebihi 650 maka kondisi konsentrasi pupuk mendekati kondisi tinggi. Adapun persamaan yang menyatakan hal tersebut ditunjukkan pada Persamaan (3.6);

$$\mu_{pNormal}(y) = \begin{cases} 0, & y \geq 550 \text{ atau } y \leq 750 \\ \frac{y - 550}{750 - 550}, & 550 \leq y \leq 650 \\ \frac{750 - y}{750 - 650}, & 650 \leq y \leq 750 \end{cases} \quad (3.6)$$

### 4.) Fungsi keanggotaan fuzzy Tinggi

Himpunan fuzzy tinggi di gambarkan bentuk kurva bahu kanan memiliki domain (650-850) yang disimbolkan dengan dengan nilai 1 sebagai derajat nilai keanggotaan tertinggi yang terletak pada nilai 750. Pada grafik di tunjukkan bahwa sisi miring pada bahu kanan berubah dari keanggotaan 0 ke derajat keanggotaan 1 guna mepresentasikan nilai konsentrasi pupuk yang normal menjadi konsentrasi pupuk yang tinggi. Jika nilai melebihi 750 maka kondisi konsentrasi pupuk mendekati kondisi tertinggi. Adapun persamaan yang menyatakan hal tersebut ditunjukkan pada Persamaan (3.7);

$$\mu_{pTinggi}(y) = \begin{cases} 0, & y \geq 850 \\ \frac{y - 650}{850 - 650}, & 650 \leq y \leq 750 \\ 1, & y = 750 \end{cases} \quad (3.7)$$



Gambar 3.14. Fungsi Keanggotaan Konsentrasi Pupuk

### C. Fungsi Keanggotaan Durasi Pompa Nutrisi

Fungsi keanggotaan untuk penentuan durasi dibuat seperti segitiga untuk masing-masing variabel, karena untuk penentuan *output* pompa nutrisi menggunakan *delay* yang sudah ditentukan. Variabel untuk durasi pompa nutrisi terdiri dari 4 himpunan fuzzy, yaitu Sangat Cepat, Cepat, Sedang, dan Lama. Nilai linguistik untuk masing-masing himpunan durasi pompa nutrisi, yaitu Sangat Cepat (0-1) menit, Cepat (1-2) menit, Sedang (2-3) menit, dan Lama (3-4) menit. Sehingga bentuk pemodelan seperti pada Gambar 4.3. Fungsi keanggotaan untuk masing-masing nilai linguistik antara lain:

#### 1.) Fungsi keanggotaan untuk durasi Pompa Nutrisi Sangat Cepat

Himpunan fuzzy Sangat Cepat digambarkan dengan bentuk kurva segitiga memiliki domain (0-1) dengan derajat keanggotaan tertinggi (=1) terletak pada nilai 0,5. Pernyataan matematika dapat dilihat pada Persamaan (3.8).

$$\mu_{\text{SangatCepat}}(z) = \begin{cases} 0 & , z \geq 1 \\ \frac{z-0}{1-0} & , 0 \leq z \leq 1 \\ 1 & , z = 0 \end{cases} \quad (3.8)$$



2.) Fungsi keanggotaan untuk durasi Pompa Nutrisi Cepat

Himpunan fuzzy Cepat digambarkan dengan bentuk kurva segitiga memiliki domain (1-2) dengan derajat keanggotaan tertinggi (=1) terletak pada nilai 1,5. Pernyataan matematika dapat dilihat pada Persamaan (3.9).

$$\mu_{nCepat}(z_2) = \begin{cases} 0 & , z_2 \geq 2 \\ \frac{z_2-1}{2-1} & , 1 \leq z_2 \leq 2 \\ 1 & , z_2 = 1 \end{cases} \quad (3.1)$$

3.) Fungsi keanggotaan untuk durasi Pompa Nutrisi Sedang

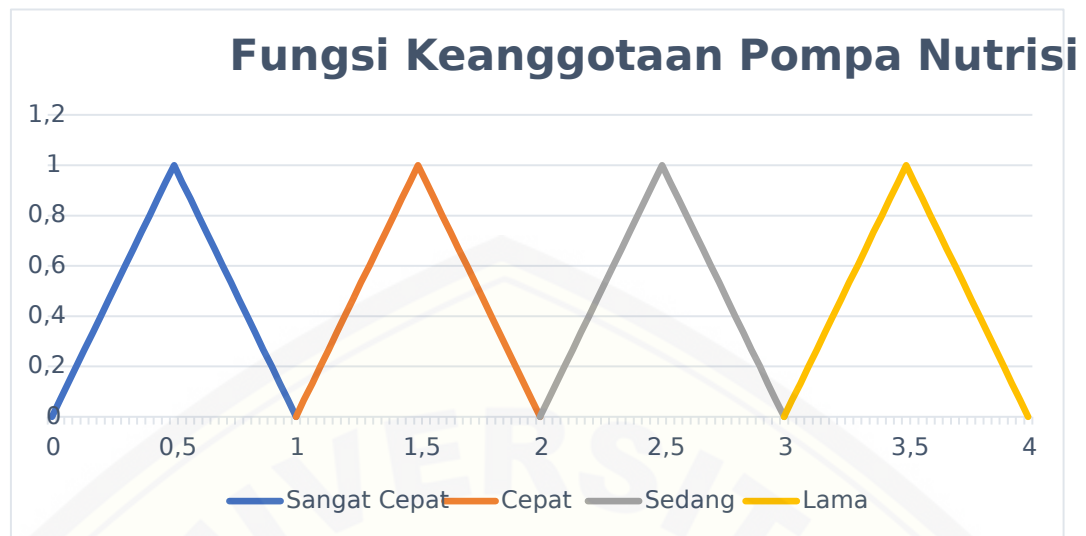
Himpunan fuzzy Sedang digambarkan dengan bentuk kurva segitiga memiliki domain (2-3) dengan derajat keanggotaan tertinggi (=1) terletak pada nilai 1,5. Pernyataan matematika dapat dilihat pada Persamaan (3.10).

$$\mu_{nSedang}(z_3) = \begin{cases} 0 & , z_3 \geq 3 \\ \frac{z_3-2}{3-2} & , 2 \leq z_3 \leq 3 \\ 1 & , z_3 = 2 \end{cases} \quad (3.2)$$

4.) Fungsi keanggotaan untuk durasi pompa nutrisi lama

Himpunan fuzzy Lama digambarkan dengan bentuk kurva segitiga memiliki domain (3-4) dengan derajat keanggotaan tertinggi (=1) terletak pada nilai 3,5. Pernyataan matematika dapat dilihat pada Persamaan (3.11).

$$\mu_{nLama}(z_4) = \begin{cases} 0 & , z_4 \geq 4 \\ \frac{z_4-3}{4-3} & , 3 \leq z_4 \leq 4 \\ 1 & , z_4 = 3 \end{cases} \quad (3.3)$$



Gambar 3.15. Fungsi Keanggotaan Durasi Pompa Nutrisi

## 2. Implikasi

Implikasi pada metode fuzzy mamdani mengambil nilai Minimal dari hasil fuzzyfikasi dan menerapkan aturan yang sesuai.  $\alpha$  - *predikat* sebagai hasil operasi diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan yang bersangkutan. Fungsi implikasi secara umum mengikuti Persamaan 3.12.

$$\alpha_i \cap \mu_{Ci} \quad (3.12)$$

dimana

$$\alpha_i = \mu_A \cap B = \min(\mu_A(x_i), \mu_B(y_i)) \quad (3.13)$$

Keterangan :

$\mu_A(x_i)$  : derajat keanggotaan himpunan fuzzy A pada aturan ke-i

$\mu_B(y_i)$  : derajat keanggotaan himpunan fuzzy B pada aturan ke-i

$\alpha_i$  : nilai minimum dari himpunan fuzzy A dan B pada aturan ke-i

$\mu_{Ci}$  : derajat keanggotaan konsekuen himpunan fuzzy C pada aturan ke-i

## 3. Rule Base

Tahap selanjutnya setelah fuzzyfikasi adalah menentukan aturan-aturan fuzzy atau *rule base*. Aturan-aturan ini digunakan untuk *output* yang akan digunakan sebagai parameter untuk mengendalikan berapa lama pompa nutrisi akan aktif.

Aturan-aturan yang akan pada sistem pemberian nutrisi otomatis menggunakan kendali fuzzy berjumlah 12 aturan yang disimbolkan sebagai **R1-R12**, jumlah 12 aturan tersebut diperoleh dari Persamaan 2.2. Tabel 3.1 untuk menentukan **R1-R12**.

Table 3.1. Menentukan *Rule Base*

	<b>Sangat Kurang</b>	<b>Kurang</b>	<b>Normal</b>	<b>Tinggi</b>
<b>Rendah</b>	Lama	Lama	Sedang	Sedang
<b>Normal</b>	Lama	Sedang	Cepat	Cepat
<b>Tinggi</b>	Cepat	Sangat Cepat	Sangat Cepat	Sangat Cepat

- [R1] Jika Air **Rendah** dan Nutrisi **Sangat Kurang** maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu **Lama**
- [R2] Jika Air **Normal** dan Nutrisi **Sangat Kurang** maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu **Lama**
- [R3] Jika Air **Tinggi** dan Nutrisi **Sangat Kurang** maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu **Cepat**
- [R4] Jika Air **Rendah** dan Nutrisi **Kurang** maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu **Lama**
- [R5] Jika Air **Normal** dan Nutrisi **Kurang** maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu **Sedang**
- [R6] Jika Air **Tinggi** dan Nutrisi **Kurang** maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu **Sangat Cepat**
- [R7] Jika Air **Rendah** dan Nutrisi **Normal** maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu **Sedang**

- [R8] Jika Air **Normal** dan Nutrisi **Normal** maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu **Cepat**
- [R9] Jika Air **Tinggi** dan Nutrisi **Normal** maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu **Sangat Cepat**
- [R10] Jika Air **Rendah** dan Nutrisi **Tinggi** maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu **Sedang**
- [R11] Jika Air **Normal** dan Nutrisi **Tinggi** maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu **Cepat**
- [R12] Jika Air **Tinggi** dan Nutrisi **Tinggi** maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu **Sangat Cepat**

#### 4. Inferensi

Setelah menentukan aturan-aturan fuzzy, langkah selanjutnya adalah proses inferensi. Berdasarkan 12 aturan fuzzy yang sudah ditentukan, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai  $\alpha$  dan  $z$  untuk masing-masing aturan dengan mengambil fungsi minimum pada setiap aturan karena operasi himpunan yang digunakan adalah AND. Nilai  $\alpha$  adalah nilai keanggotaan anteseden dari setiap aturan, sedangkan  $z$  adalah nilai perkiraan durasi pompa nutrisi yang akan aktif. Variable-variabel perhitungan mamdani dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Table 3.2. Variabel-variabel dalam perhitungan Mamdani

No.	Variabel linguistik	Keterangan
1	$\mu_{tRendah}(x)$	Nilai keanggotaan himpunan rendah dari variabel Ketinggian Air
2	$\mu_{tNormal}(x)$	Nilai keanggotaan himpunan normal dari variabel Ketinggian Air
3	$\mu_{tTinggi}(x)$	Nilai keanggotaan himpunan tinggi dari variabel Ketinggian Air
4	$\mu_{smSKurang}(y)$	Nilai keanggotaan himpunan sangat kurang dari variabel konsentrasi nutrisi

5	$\mu_{smKurang}(y)$	Nilai keanggotaan himpunan kurang dari variabel konsentrasi nutrisi
6	$\mu_{smNormal}(y)$	Nilai keanggotaan himpunan normal dari variabel konsentrasi nutrisi
7	$\mu_{smTinggi}(y)$	Nilai keanggotaan himpunan tinggi dari variabel konsentrasi nutrisi
8	$\mu_{nSangatCepat}(z)$	Nilai keanggotaan himpunan sangat cepat dari variabel durasi pompa nutrisi
9	$\mu_{nCepat}(z)$	Nilai keanggotaan himpunan cepat dari variabel durasi pompa nutrisi
10	$\mu_{nSedang}(z)$	Nilai keanggotaan himpunan sedang dari variabel durasi pompa nutrisi
11	$\mu_{nLama}(z)$	Nilai keanggotaan himpunan lama dari variabel durasi pompa nutrisi
12	$\alpha_1$	$\alpha$ dari aturan fuzzy [R1]
13	$\alpha_2$	$\alpha$ dari aturan fuzzy [R2]
14	$\alpha_3$	$\alpha$ dari aturan fuzzy [R3]
15	$\alpha_4$	$\alpha$ dari aturan fuzzy [R4]
16	$\alpha_5$	$\alpha$ dari aturan fuzzy [R5]
17	$\alpha_6$	$\alpha$ dari aturan fuzzy [R6]
18	$\alpha_7$	$\alpha$ dari aturan fuzzy [R7]
19	$\alpha_8$	$\alpha$ dari aturan fuzzy [R8]
20	$\alpha_9$	$\alpha$ dari aturan fuzzy [R9]
21	$\alpha_{10}$	$\alpha$ dari aturan fuzzy [R10]
22	$\alpha_{11}$	$\alpha$ dari aturan fuzzy [R11]
23	$\alpha_{12}$	$\alpha$ dari aturan fuzzy [R12]
24	$z_1$	Nilai $z$ dari aturan fuzzy [R6]
25	$z_1$	Nilai $z$ dari aturan fuzzy [R9]
26	$z_1$	Nilai $z$ dari aturan fuzzy [R12]
27	$z_2$	Nilai $z$ dari aturan fuzzy [R3]
28	$z_2$	Nilai $z$ dari aturan fuzzy [R8]
29	$z_2$	Nilai $z$ dari aturan fuzzy [R11]
30	$z_3$	Nilai $z$ dari aturan fuzzy [R5]
31	$z_3$	Nilai $z$ dari aturan fuzzy [R7]
32	$z_3$	Nilai $z$ dari aturan fuzzy [R10]
33	$z_4$	Nilai $z$ dari aturan fuzzy [R1]
34	$z_4$	Nilai $z$ dari aturan fuzzy [R2]
35	$z_4$	Nilai $z$ dari aturan fuzzy [R4]
36	$Z^*$	Nilai hasil inferensi metode Mamdani
37	$z$	Durasi <i>output</i> pompa nutrisi

Berikut adalah langkah-langkah untuk mengkonversikan 12 aturan fuzzy sehingga akan diperoleh nilai  $\alpha$  dan  $z$  dari setiap aturan:

**[R1] Jika Air Rendah dan Nutrisi Sanga Kurang maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimal membutuhkan waktu Lama;**

Nilai keanggotaan anteseden untuk *rule base* fuzzy [R1] akan dinotasikan dengan  $\alpha_1$  diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \mu_{aRendah} \cap \mu_{pSKurang} \\ &= \min (\mu_{aRendah} \cap \mu_{pSKurang})\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan durasi pompa nutrisi lama pada Persamaan (3.11) maka diperoleh Persamaan (3.14).

$$\frac{z_4 - 3}{4 - 3} = a_1 \quad (3.14)$$

Sehingga dari Persamaan (3.14), diperoleh Persamaan (3.15) untuk mencari nilai output durasi pompa dengan kategori lama.

$$z_4 = a_1 (4 - 3) + 3 \quad (3.15)$$

$z_4$  adalah nilai  $z$  untuk aturan fuzzy [R1].

**[R2] Jika Air Normal dan Nutrisi Kurang maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu Lama;**

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R2] akan dinotasikan dengan  $\alpha_2$  diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= \mu_{aNormal} \cap \mu_{pKurang} \\ &= \min (\mu_{aNormal} \cap \mu_{pKurang})\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan durasi pompa nutrisi lama pada Persamaan (3.11) maka diperoleh Persamaan 3.16).

$$\frac{z_2 - 3}{4 - 3} = a_2 \quad (3.16)$$

Sehingga dari Persamaan (3.16), diperoleh Persamaan (3.17) untuk mencari nilai  $z_2$ .

$$z_2 = a_2 (4 - 3) + 3 \quad (3.17)$$

$z_2$  adalah nilai  $z$  untuk aturan fuzzy [R2].



**[R3] Jika Air Tinggi dan Nutrisi Sangat Kurang maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu Cepat;**

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R3] akan dinotasikan dengan  $\alpha_3$  diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_3 &= \mu_{aTinggi} \cap \mu_{pSKurang} \\ &= \min (\mu_{aTinggi} \cap \mu_{pSKurang})\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan durasi pompa nutrisi cepat pada Persamaan (3.9) maka diperoleh Persamaan (3.18).

$$\frac{z-1}{2-1} = a_3 \quad (3.18)$$

Sehingga dari Persamaan (4.18), diperoleh Persamaan (4.19) untuk mencari nilai  $z_3$ .

$$z_3 = a_3 (2 - 1) + 1 \quad (3.19)$$

$z_3$  adalah nilai  $z$  untuk aturan fuzzy [R3].

**[R4] Jika Air Rendah dan Nutrisi Kurang maka durasi yang dibutuhkan bak penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu Lama;**

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R4] akan dinotasikan dengan  $\alpha_4$  diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_4 &= \mu_{aRendah} \cap \mu_{pKurang} \\ &= \min (\mu_{aRendah} \cap \mu_{pKurang})\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan durasi pompa nutrisi lama pada Persamaan (3.11) maka diperoleh Persamaan (3.20).

$$\frac{z-3}{4-3} = a_4 \quad (3.20)$$

Sehingga dari Persamaan (3.20), diperoleh Persamaan (3.21) untuk mencari nilai  $z_4$ .

$$z_4 = a_4 (4 - 3) + 3 \quad (3.21)$$

$z_4$  adalah nilai  $z$  untuk aturan fuzzy [R4].

**[R5] Jika Air Normal dan Nutrisi Kurang maka durasi yang dibutuhkan penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu Sedang;**

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R5] akan dinotasikan dengan  $\alpha_5$  diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_4 &= \mu_{aNormal} \cap \mu_{pKurang} \\ &= \min (\mu_{aNormal} \cap \mu_{pKurang})\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan durasi pompa nutrisi sedang pada Persamaan (3.10) maka diperoleh Persamaan (3.22).

$$\frac{z_3 - 3}{3 - 2} = a_5 \quad (3.22)$$

Sehingga dari Persamaan (3.22), diperoleh Persamaan (3.23) untuk mencari nilai  $z_5$ .

$$z_3 = a_5 (3 - 2) + 2 \quad (3.23)$$

$z_3$  adalah nilai  $z$  untuk aturan fuzzy [R5].

**[R6] Jika Air Tinggi dan Nutrisi Kurang maka durasi yang dibutuhkan penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu Sangat Cepat;**

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R6] akan dinotasikan dengan  $\alpha_6$  diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_6 &= \mu_{aTinggi} \cap \mu_{pKurang} \\ &= \min (\mu_{aTinggi} \cap \mu_{pKurang})\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan durasi pompa nutrisi sangat cepat pada Persamaan (3.8) maka diperoleh Persamaan (3.24).

$$\frac{z_1 - 0}{1 - 0} = a_6 \quad (3.24)$$

Sehingga dari Persamaan (3.24), diperoleh Persamaan (3.25) untuk mencari nilai  $z_6$ .

$$z_1 = a_6 (1 - 0) + 0 \quad (3.25)$$

$z_1$  adalah nilai  $z$  untuk aturan fuzzy [R6].

**[R7] Jika Air Rendah dan Nutrisi Normal maka durasi yang dibutuhkan penampungan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu Sedang;**

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R7] akan dinotasikan dengan  $\alpha_7$  diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_7 &= \mu_{aRendah} \cap \mu_{pNormal} \\ &= \min (\mu_{aRendah} \cap \mu_{pNormal})\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan durasi pompa nutrisi sedang pada Persamaan (3.10) maka diperoleh Persamaan (3.26).

$$\frac{z_3 - 2}{3 - 2} = \alpha_7 \quad (3.26)$$

Sehingga dari Persamaan (3.26), diperoleh Persamaan (3.27) untuk mencari nilai  $z_3$ .

$$z_3 = \alpha_7 (3 - 2) + 2 \quad (3.27)$$

$z_3$  adalah nilai  $z$  untuk aturan fuzzy [R7].

**[R8] Jika Air Normal dan Nutrisi Normal maka durasi yang dibutuhkan penampungan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu Cepat;**

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R8] akan dinotasikan dengan  $\alpha_8$  diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_8 &= \mu_{aNormal} \cap \mu_{pNormal} \\ &= \min (\mu_{aNormal} \cap \mu_{pNormal})\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan durasi pompa nutrisi cepat pada Persamaan (3.9) maka diperoleh Persamaan (3.28).

$$\frac{z_2 - 1}{2 - 1} = \alpha_8 \quad (3.29)$$

Sehingga dari Persamaan (3.29), diperoleh Persamaan (3.30) untuk mencari nilai  $z_2$ .

$$z_2 = \alpha_8 (2 - 1) + 1 \quad (3.30)$$

$z_2$  adalah nilai  $z$  untuk aturan fuzzy [R8].

**[R9] Jika Air Tinggi dan Nutrisi Normal maka durasi yang dibutuhkan penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu sangat Cepat;**

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R9] akan dinotasikan dengan  $\alpha_9$  diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_9 &= \mu_{t\text{Hangat}} \cap \mu_{sm\text{Basah}} \\ &= \min(\mu_{t\text{Hangat}} \cap \mu_{sm\text{Basah}})\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan durasi pompa nutrisi sangat cepat pada Persamaan (3.8) maka diperoleh Persamaan (3.31).

$$\frac{z_1 - 3}{6 - 3} = a_9 \quad (3.31)$$

Sehingga dari Persamaan (3.31), diperoleh Persamaan (3.32) untuk mencari nilai  $z_1$ .

$$z_1 = a_9 (6 - 3) + 3 \quad (3.32)$$

$z_1$  adalah nilai  $z$  untuk aturan fuzzy [R9].

**[R10] Jika Air Rendah dan Nutrisi Tinggi maka durasi yang dibutuhkan penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu sangat Sedang;**

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R10] akan dinotasikan dengan  $\alpha_{10}$  diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_{10} &= \mu_{a\text{Rendah}} \cap \mu_{p\text{Tinggi}} \\ &= \min(\mu_{a\text{Rendah}} \cap \mu_{p\text{Tinggi}})\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan durasi pompa nutrisi sedang pada Persamaan (3.10) maka diperoleh Persamaan (3.33).

$$\frac{z_3 - 2}{3 - 2} = a_{10} \quad (3.33)$$

Sehingga dari Persamaan (3.33), diperoleh Persamaan (3.34) untuk mencari nilai  $z_3$ .

$$z_3 = a_{10} (3 - 2) + 2 \quad (3.34)$$

$z_3$  adalah nilai  $z$  untuk aturan fuzzy [R10].

**[R11] Jika Air Normal dan Nutrisi Tinggi maka durasi yang dibutuhkan penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu sangat Cepat;**

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R11] akan dinotasikan dengan  $\alpha_{11}$  diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_{11} &= \mu_{aNormal} \cap \mu_{pTinggi} \\ &= \min (\mu_{aNormal} \cap \mu_{pTinggi})\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan durasi pompa nutrisi cepat pada Persamaan (3.9) maka diperoleh Persamaan (3.35).

$$\frac{z_2 - 1}{2 - 1} = a_{11} \quad (3.35)$$

Sehingga dari Persamaan (3.51), diperoleh Persamaan (3.36) untuk mencari nilai  $z_{11}$ .

$$z_2 = a_{11} (2 - 1) + 1 \quad (3.36)$$

$z_2$  adalah nilai  $z$  untuk aturan fuzzy [R11].

**[R12] Jika Air Tinggi dan Nutrisi Tinggi maka durasi yang dibutuhkan penampung larutan untuk mencapai kondisi optimum membutuhkan waktu sangat Sangat Cepat;**

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R12] akan dinotasikan dengan  $\alpha_{12}$  diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_{12} &= \mu_{aTinggi} \cap \mu_{pNutrisi} \\ &= \min (\mu_{aTinggi} \cap \mu_{pNutrisi})\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan durasi pompa nutrisi sangat cepat pada Persamaan (3.8) maka diperoleh Persamaan (3.37).

$$\frac{z_1 - 0}{1 - 0} = a_{12} \quad (3.37)$$

Sehingga dari Persamaan (3.37), diperoleh Persamaan (3.38) untuk mencari nilai  $z_{12}$ .

$$z_1 = a_{12} (1 - 0) + 0 \quad (3.38)$$

$z_1$  adalah nilai  $z$  untuk aturan fuzzy [R12].

Setelah mencari nilai min dari masing-masing *rule base* selanjutnya mencari nilai max dari masing-masing *rule base* maka diperoleh persamaan (3.39); (3.40); (3.41); (3.42);

$$z1 = \max ((\max (rule6, rule9) ), rule12) \quad (3.39)$$

$$z2 = \max ((\max (rule3, rule8) ), rule11) \quad (3.40)$$

$$z3 = \max ((\max (rule5, rule7) ), rule10) \quad (3.41)$$

$$z4 = \max ((\max (rule1, rule2) ), rule4) \quad (3.42)$$

## 5. Defuzifikasi

Proses defuzzyfikasi metode mamdani dilakukan untuk menentukan nilai crisp luaran mengacu pada Persamaan (2.2). Berdasarkan variabel-variabel hasil inferensi yang digunakan dalam penelitian ini maka Persamaan (2.2) diselesaikan seperti Persamaan (3.43).

$$Z = \frac{(rule1*z4) + (rule2*z4) + (rule3*z2) + (rule4*z4) + (rule5*z3) + (rule6*z1) + (rule7*z3) + (rule8*z2) + (rule9*z1) + (rule10*z3) + (rule11*z2) + (rule12*z1)}{a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8+a9+a10+a11+a12} \quad (3.43)$$

### 3.8.2 Mendefinisikan Variabel pada Kode Program

Variable didefinisikan sebelum membuat program yang digunakan untuk menampung data di memori yang memiliki nilai berubah-ubah selama proses program berjalan. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.13.

### 3.8.3 Membuat fungsi untuk Kode Program berjalan

Membuat fungsi void setup dan void loop. Fungsi void setup digunakan untuk menginisialisasi variable, mendeklarasikan pin yang digunakan, menggunakan library, dll. Fungsi void setup hanya akan dijalankan sekali setiap Arduino dimulai. Sedangkan fungsi void loop digunakan untuk mengeksekusi dan menjalankan program yang sudah dibuat. Fungsi void loop dijalankan setelah fungsi void setup. Fungsi void loop akan dijalankan berulang kali oleh Arduino secara berkala. Kode program fungsi void setup, void loop pada Gambar 3.17 dan Gambar 3.18.



### 3.8.4 Membuat Fungsi untuk Mengukur Suhu Greenhouse

Membuat fungsi void suhu berisi kode program untuk mengukur suhu ruangan. Fungsi ini nantinya berisi perintah agar mikrokontroler dapat mengambil nilai yang telah didapatkan dari sensor. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.19.

### 3.8.5 Membuat Fungsi untuk Mengambil Data Tinggi Air dan Data Nutrisi

Membuat fungsi void sensor berisi kode program untuk mengambil data ketinggian air dan data kepekaan nutrisi yang terdapat dalam bak penampungan air. Fungsi ini nantinya berisi perintah agar mikrokontroler dapat mengambil nilai yang telah didapatkan dari sensor. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.20.



```
14 //Untuk Ketinggian
15 int trig = 3; // membuat variabel trig yang di set ke-pin 3
16 int echo = 2; // membuat variabel echo yang di set ke-pin 2
17 int output;
18 long durasi, jarak; // membuat variabel durasi dan jarak
19
20 DHT dht (DHTPIN, DHTTYPE);
21
22 //-----Peng-IP-an-----
23 byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
24 byte ip[] = {192, 168, 0, 4 }; //IP punya ethernet shield
25 byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 }; //Netmask
26 byte gateway[] = { 192, 168, 0, 254 }; //Gawe Gateway
27 byte serv[] = {192, 168, 0, 2} ; //IP punya server database
28 EthernetClient client;
29 //-----
30 float temp;
31 float nutrisi [4];
32 float air [3];
33 float rule [3][4];
34 float rule1, rule2, rule3, rule4, rule5, rule6, rule7, rule8, rule9, rule10, rule11, rule12;
35 float Cog;
36 float CogSC, CogC, CogS, CogL;
37 float CogxSC, CogxC, CogxS, CogxL;
38 float hasilSC, hasilC, hasilS, hasilL;
39 float output1,output2,hasil_output1;
40 float SCepat, Cepat, Sedang, Lama;
41 float temperature = 25, tdsValue = 0;
42
43 int hasil_output2;
44
```

Gambar 3.16. Kode Program

```

Fuzzy_Mamdani
44
45 void setup() {
46   // put your setup code here, to run once:
47   Serial.begin(115200); //baud rate gawe 115200
48   Ethernet.begin(mac, ip);
49   gravityTds.setPin(A0);
50   gravityTds.setAref(5.0); //tegangan referensi pada ADC, default 5.0V pada Arduino UNO
51   gravityTds.setAdcRange(1024); //1024 untuk 10 bit ADC, 4096 untuk 12 bit ADC
52   gravityTds.begin(); //inisialisasi
53   dht.begin();
54
55   pinMode(trig, OUTPUT); // set pin menjadi OUTPUT
56   pinMode(echo, INPUT); // set pin echo menjadi INPUT
57   pinMode(pompa01, OUTPUT);
58   pinMode(buzzer, OUTPUT);
59
60   Serial.println("=====");
61   Serial.println("-----KONDISI AWAL-----");
62   Serial.println("Pompa Nutrisi Mati ");
63   sensor();
64 }
65

```

Gambar 3.17. Void Setup

```

Fuzzy_Mamdani
65
66 void loop() {
67   // put your main code here, to run repeatedly:
68   Serial.println("=====");
69   Serial.println("-----MUKHLIS GREENHOUSE - HIDRO FARM-----");
70   Serial.println("=====");
71   Serial.println("FUZIFIKASI KETINGGIAN AIR");
72   FuzzyfikasiAir();
73   Serial.println("FUZIFIKASI KEPEKAAN NUTRISI");
74   FuzzyfikasiTDS();
75   Serial.println("RULE BASE");
76   RuleBase();
77   Serial.println("INFERENSI");
78   Inferensi();
79   Serial.println("DEFUZZIFIKASI");
80   Defuzzyfikasi();
81   Serial.println("STATUS POMPA");
82   pompa();
83   Serial.println("=====");
84   Serial.println("-----UPLOAD DATABASE-----");
85   upload();
86   delay(5000);
87 }
88

```

Gambar 3.18. Void Loop

```

Fuzzy_Mamdani $
107 //=====
108
109 void suhu(){
110   //dht = suhu ruangan
111   float hum = dht.readHumidity(); //Membaca humidity and menyimpan
112   float temp = dht.readTemperature(); //Membaca temperatur dalam Celsius dan menyimpan
113   float fah = dht.readTemperature(true); //Membaca temperatur dalam Fahrenheit
114   float heat_index = dht.computeHeatIndex(fah, hum); //Membaca heat index dalam Fahrenheit
115   float heat_indexC = dht.convertFtoC(heat_index); //Convert heat index dalam Celsius
116 }
117
118 //=====

```

Gambar 3.19. Void suhu

```

Fuzzy_Mamdani
89 void sensor()
90 {
91     //=====
92     //ultrasonik
93     digitalWrite(trig, LOW);
94     delayMicroseconds(8);
95     digitalWrite(trig, HIGH);
96     delayMicroseconds(8);
97     digitalWrite(trig, LOW);
98     delayMicroseconds(8);
99
100     durasi = pulseIn(echo, HIGH); // menerima gelombang ultrasonic
101     jarak = (durasi / 2) / 29.1; // mengubah durasi menjadi jarak (cm)
102
103     //=====
104     gravityTds.setTemperature(temperature); // atur suhu dan lakukan kompensasi suhu
105     gravityTds.update(); //sampel dan hitung
106     tdsValue = gravityTds.getTdsValue(); // lalu dapatkan nilainya
107
108     //=====
109     //dht = suhu ruangan
110     float hum = dht.readHumidity(); //Membaca humidity and menyimpan
111     float temp = dht.readTemperature(); //Membaca temperatur dalam Celsius dan menyimpan
112     float fah = dht.readTemperature(true); //Membaca temperatur dalam Fahrenheit
113     float heat_index = dht.computeHeatIndex(fah, hum); //Membaca heat index dalam Fahrenheit
114     float heat_indexC = dht.convertFtoC(heat_index); //Convert heat index dalam Celsius
115
116     //=====

```

Gambar 3.20. Void Sensor

### 3.8.6 Membuat Fungsi untuk Proses Fuzzyfikasi

Membuat fungsi void FuzzyUltra dan void FuzzyTDS berisi kode program untuk proses fuzzyfikasi ketinggian air dan kepekaan nutrisi. Fungsi ini nantinya berisi perintah agar data yang telah diperoleh dari sensor akan diproses ke tahap selanjutnya yaitu tahap fuzzyfikasi. Kode program fuzzyfikasi ketinggian air dapat dilihat pada Gambar 3.21, Gambar 3.22 dan fuzzyfikasi kepekaan nutrisi dapat dilihat pada Gambar 3.23, Gambar 3.24.

### 3.8.7 Membuat Fungsi untuk Aturan-Aturan Fuzzy

Membuat fungsi void FuzzyRule berisi kode program untuk menentukan aturan-aturan fuzzy yang sudah ditentukan sebelumnya. Fungsi ini nantinya berisi perintah agar setelah proses fuzzyfikasi selesai nilai tersebut akan masuk ke aturan-aturan sesuai yang telah ditentukan dengan mengambil nilai minimum pada tiap-tiap nilai yang masuk. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.25.

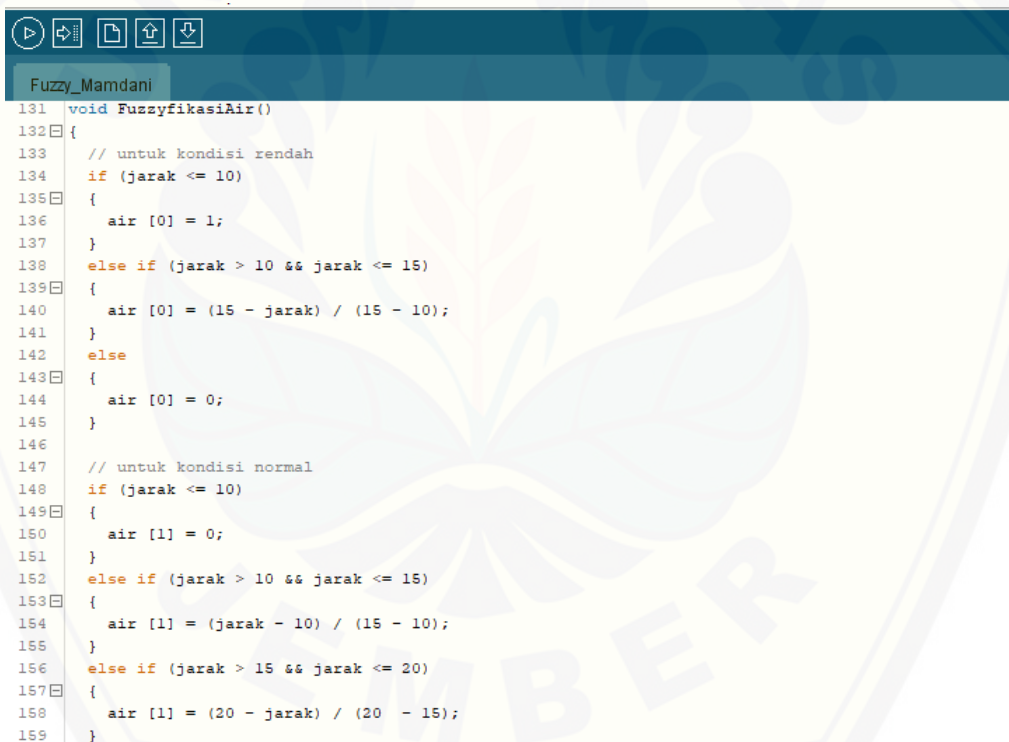
### 3.8.8 Membuat Fungsi untuk Proses Inferensi Fuzzy Mamdani

Membuat fungsi void Inferensi berisi kode program untuk melakukan proses inferensi Fuzzy dengan menggunakan metode mamdani. Proses ini dilakukan untuk pengecekan pada aturan masing-masing yang telah ditentukan sehingga

menghasilkan keluaran fuzzy. Fungsi ini nantinya berisi perintah proses inferensi setelah tahap penentuan aturan-aturan Fuzzy. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.26.

### 3.8.9 Membuat Fungsi untuk Proses Defuzzyfikasi Fuzzy Mamdani

Membuat fungsi void Defuzzyfikasi berisi kode program untuk melakukan proses defuzzyfikasi dengan menggunakan metode . Tahap ini adalah tahap terakhir dalam Fuzzy. Proses ini dilakukan agar keluaran fuzzy diubah menjadi nilai crisp berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Fungsi ini nantinya berisi perintah proses defuzzyfikasi mamdani. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.27.



```
131 void FuzzyfikasiAir()
132 {
133     // untuk kondisi rendah
134     if (jarak <= 10)
135     {
136         air [0] = 1;
137     }
138     else if (jarak > 10 && jarak <= 15)
139     {
140         air [0] = (15 - jarak) / (15 - 10);
141     }
142     else
143     {
144         air [0] = 0;
145     }
146
147     // untuk kondisi normal
148     if (jarak <= 10)
149     {
150         air [1] = 0;
151     }
152     else if (jarak > 10 && jarak <= 15)
153     {
154         air [1] = (jarak - 10) / (15 - 10);
155     }
156     else if (jarak > 15 && jarak <= 20)
157     {
158         air [1] = (20 - jarak) / (20 - 15);
159     }
}
```

Gambar 3.21. Void FuzzyfikasiAir (1)

```
160     else
161     {
162         air [1] = 0;
163     }
164
165     // untuk kondisi tinggi
166     if (jarak <= 20)
167     {
168         air [2] = 0;
169     }
170     else if (jarak > 20 && jarak <= 30)
171     {
172         air [2] = (jarak - 20) / (30 - 20);
173     }
174     else
175     {
176         air [2] = 1;
177     }
178
179     Serial.print(" Rendah = ");
180     Serial.print(air[0]);
181     Serial.print(" Normal = ");
182     Serial.print(air[1]);
183     Serial.print(" Tinggi = ");
184     Serial.println(air[2]);
185 }
```

Gambar 3.22. Void FuzzyfikasiAir (2)



```
Fuzzy_Mamdani
187 void FuzzyfikasiTDS()
188 {
189     // untuk sangat kurang
190     if (tdsValue <= 450)
191     {
192         nutrisi [0] = 1;
193     }
194     else if (tdsValue > 450 && tdsValue <= 550)
195     {
196         nutrisi [0] = (500 - tdsValue) / (550 - 450);
197     }
198     else
199     {
200         nutrisi [0] = 0;
201     }
202
203     // untuk kurang
204     if (tdsValue <= 450)
205     {
206         nutrisi [1] = 0;
207     }
208     else if (tdsValue > 450 && tdsValue <= 550)
209     {
210         nutrisi [1] = (tdsValue - 450) / (550 - 450);
211     }
212     else if (tdsValue > 550 && tdsValue <= 650)
213     {
214         nutrisi [1] = (650 - tdsValue) / (650 - 550);
215     }
216 }
```

Gambar 3.23. Void FuzzyfikasiTDS (1)

```

216     else
217     {
218         nutrisi [1] = 0;
219     }
220
221     // untuk normal
222     if (tdsValue <= 650)
223     {
224         nutrisi [2] = 0;
225     }
226     else if (tdsValue > 550 && tdsValue <= 650)
227     {
228         nutrisi [2] = (tdsValue - 550) / (650 - 550);
229     }
230     else if (tdsValue > 650 && tdsValue <= 750)
231     {
232         nutrisi [2] = (35 - tdsValue) / (650 - 650);
233     }
234     else
235     {
236         nutrisi [2] = 0;
237     }
238
239     // untuk tinggi
240     if (tdsValue <= 650)
241     {
242         nutrisi [3] = 0;
243     }
244     else if (tdsValue > 650 && tdsValue <= 750)
245     {
246         nutrisi [3] = (tdsValue - 650) / (750 - 650);

```

Gambar 3.24. Void FuzzyfikasiTDS (2)

```

Fuzzy_Mamdani §
264 void RuleBase() { //Mukhlis Hidro farm
265     int i, j;
266     int no = 1;
267     for ( i = 0; i <= 3; i = i + 1)
268     {
269         for ( j = 0; j <= 2; j = j + 1)
270         {
271             temp = min(nutrisi[i], air[j]);
272             rule [i][j] = temp;
273             Serial.print("Aturan ke-");
274             Serial.print(no++);
275             Serial.print(" : ");
276             Serial.println( rule [i][j]);
277         } }
278     rule1 = rule[0][0]; // (Rendah,Sangat Kurang = Lama)
279     rule2 = rule[0][1]; // (Normal,Sangat Kurang = Lama)
280     rule3 = rule[0][2]; // (Tinggi,Sangat Kurang = Cepat)
281
282     rule4 = rule[1][0]; // (Rendah,Kurang = Lama)
283     rule5 = rule[1][1]; // (Normal,Kurang = Sedang)
284     rule6 = rule[1][2]; // (Tinggi,Kurang = Sangat Cepat)
285
286     rule7 = rule[2][0]; // (Rendah,Normal = Sedang)
287     rule8 = rule[2][1]; // (Normal,Normal = Cepat)
288     rule9 = rule[2][2]; // (Tinggi,Normal = Sangat Cepat)
289
290     rule10 = rule[3][0]; // (Rendah,Tinggi = Sedang)
291     rule11 = rule[3][1]; // (Normal,Tinggi = Cepat)
292     rule12 = rule[3][2]; // (Tinggi,Tinggi = Sangat Cepat)

```

Gambar 3.25. Void Rule



```
296  
297 // Proses Inferensi Fuzzy Mamdani  
298 void Inferensi()  
299 {  
300     SCepat = max((max(rule6, rule9)), rule12);  
301     Cepat = max((max(rule3, rule8)), rule11);  
302     Sedang = max((max(rule5, rule7)), rule10);  
303     Lama = max((max(rule1, rule2)), rule4);  
304  
305     Serial.print(" Sangat Cepat = ");  
306     Serial.print(SCepat);  
307     Serial.print(" Cepat = ");  
308     Serial.print(Cepat);  
309     Serial.print(" Sedang = ");  
310     Serial.print(Sedang);  
311     Serial.print(" Lama = ");  
312     Serial.println(Lama);  
313 }  
314
```

Gambar 3.26. Void Inferensi



### 3.8.10 Membuat Fungsi untuk Koneksi Database

Membuat fungsi void `upload` berisi kode program yang digunakan untuk mengupload data sensor ke server, sehingga nanti data akan di simpan di database. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.28.



```
349 void upload()
350 {
351     //-----
352     //-----upload-----
353     if (client.connect(serv, 82) //Jika Device terhubung ke server maka...
354     {
355         Serial.println("Terkoneksi");
356         client.print("GET /uji-teknologi-hidro-farm/data.php?"); //Informasi di kirim ke Database
357         client.print("temperature=");
358         client.print(temp);
359         client.print("&humidity=");
360         client.print(hum);
361         client.print("&heat_index=");
362         client.print(heat_indexC);
363         client.print("&ultrasonik_air=");
364         client.print(jarak);
365         client.print("&tds_nutrisi=");
366         client.print(tdsValue, 0);
367         client.print("&fuzzy=");
368         client.println(hasil_output1);
369         client.stop(); //Putuskan koneksi
370     }
371 }
372 else
373 {
374     //-----Jika server tidak merespon-----
375     Serial.println("Koneksi Gagal");
376 }
377 delay(1000);
```

Gambar 3.28. void *upload*

### 3.8.11 Membuat Fungsi untuk Pompa Nutrisi

Membuat fungsi void pompa ini digunakan untuk menyalakan pompa nutrisi yang di hasilkan dari output fuzzy. Kode program dapat dilihat pada Gambar 3.29.

```
379 void pompa()  
380 {  
381     digitalWrite(pompa01, HIGH);  
382     digitalWrite(buzzer, HIGH);  
383     Serial.print("POMPA ON SELAMA = ");  
384     Serial.println(hasil_output2);  
385     delay(hasil_output2);  
386     digitalWrite(pompa01, LOW);  
387     digitalWrite(buzzer, LOW);  
388     Serial.println("POMPA OFF ");  
389 }
```

Gambar 3.29. Void pompa

### 3.9 Pengujian Sistem

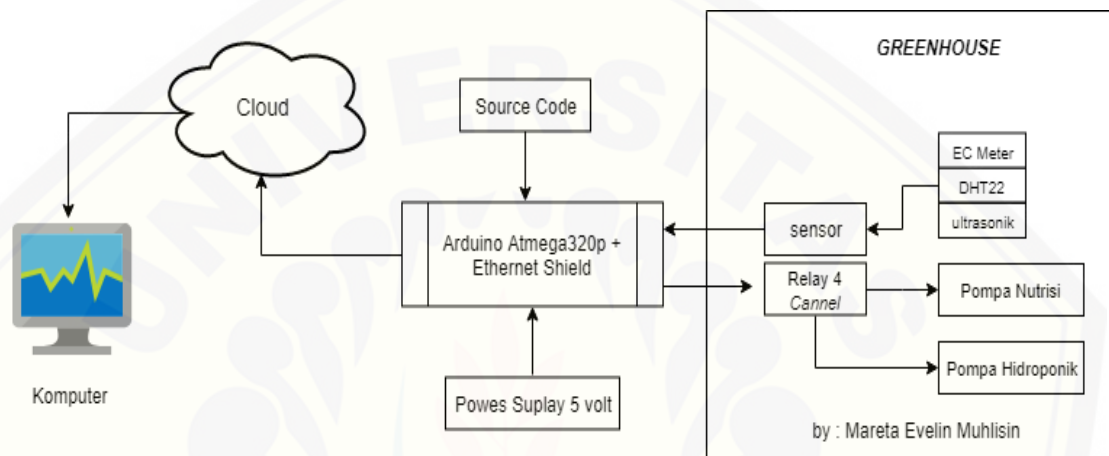
Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan sistem mampu berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian sistem akan dilakukan dengan menggunakan pengujian *black box*. Pengujian *black box* merupakan uji fungsionalitas sistem apakah sudah cukup atau masih ada kekurangan. Pengujian dengan menggunakan metode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

### 3.10 Gambaran Sistem

Tahapan ini menjelaskan tentang prinsip kerja dari alat ini, yaitu semua akan dihubungkan dengan Arduino Uno Atmega320p sebagai mikrokontroler. Arduino Uno Atmega320p terkoneksi dengan router supaya Arduino Uno Atmega320p dapat terhubung dengan jaringan internet. Sensor-sensor tersebut akan mendeteksi parameter sesuai dengan tugasnya masing-masing. DHT 22 akan mendeteksi suhu lingkungan sekitar (suhu dan kelembaban) pada *greenhouse*. Sensor EC akan mendeteksi kadar nutrisi pada media tanam. Jika dosis nutrisi pada tanaman berkurang maka akan diatur sistem pemberian nutrisi sesuai set point awal, sedangkan jika dosis nutrisi pada tanaman berlebihan maka air akan naik sesuai kebutuhan air pada media tanam.

Nilai yang ditangkap oleh sensor kemudian ditransfer ke Arduino Uno Atmega320p yang telah terhubung ke jaringan internet akan mentransfer data yang terekam oleh sensor ke penyimpanan cloud yaitu pada web dengan cara memasukkan ip address, subnet, ip gateway dan ip server pada program yang dibuat, sistem monitoring ini berbasis web dan data sensor bisa di monitoring pada web

yang sudah di buat. Sistem kontrol pada pemberian nutrisi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sistem kontrol pemberian nutrisi otomatis yang menggunakan pompa untuk mengalirkan nutrisi. Pompa akan dihubungkan dengan *relay* sebagai alat untuk memutus atau menyambungkan arus listrik yang menuju pompa sehingga pompa akan *on/off* sesuai dengan perintah yang telah di program. Bisa di lihat lebih jelasnya untuk gambaran sistem bisa dilihat pada Gambar 3.30.



Gambar 3.30. Gambaran sistem

## BAB 5 PENUTUP

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

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Implementasi *internet of things* (IoT) memiliki peranan utama dalam membangun *smart greenhouse* dan menerapkan *smart farming*. Penerapan *internet of things* (IoT) membuat sistem *monitoring* dan *controlling* parameter lingkungan pada budidaya tanaman selada hidroponik. Suhu, kelembaban udara, volume air serta kebutuhan nutrisi akan terecord secara *continuos* pada database yang dibangun.
- 2) Penerapan *fuzzy logic* mendampingi pada pemberian nutrisi hidroponik secara otomatis memiliki tingkat keberhasilan 99%, hal tersebut ditunjukkan oleh akurasi yang tinggi serta tingkat error yang rendah dengan nilai rata-rata *error* -0,92 (ultrasonik) untuk kondisi ketinggian air dan 0,976 (TDS Meter) untuk kondisi kepekaan nutrisi. Uji sistem yang telah dilakukan mampu berjalan dengan baik sesuai dengan *set point* yang diperintahkan, sehingga dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman baik tinggi maupun lebar daun selada. Sistem mampu menakar kebutuhan nutrisi pada tanaman selada hidroponik berdasarkan parameter volume air dan kepekaan larutan yang terdapat pada bak penampung.

### 5.2 Saran

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

- 1) Menambahkan parameter pengamatan agar hasilnya lebih baik misalnya tingkat keasaman larutan.
- 2) Upgrade mikrokontroler pada spesifikasi yang lebih tinggi.
- 3) Membuat sistem monitoring yang dapat di akses secara *public*



**DAFTAR PUSTAKA**

- Abrori, M., & Prihamayu, A. H. (2015). Aplikasi Logika Fuzzy Metode Mamdani Dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Produksi. *Kaunia X*(2), 91–99.
- Adimihardja, S. A., Hamid, G., & Rosa, E. (2013). Pengaruh Pemberian Kombinasi Kompos Sapi dan Ferimix Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Dua Kultivar Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) Dalam Sistem Hidroponik Rakit Apung. *Pertanian*(1), 6–20.
- Alawiah, A., & Rafi Al Tahtawi, A. (2017). Sistem Kendali dan Pemantauan Ketinggian Air pada Tangki Berbasis Sensor Ultrasonik. *KOPERTIP: Jurnal Ilmiah Manajemen Informatika Dan Komputer* 1(1), 25–30. <https://doi.org/10.32485/kopertip.v1i1.7>
- Bagus Nugroho, D., & Herlina, M. dan N. (2017). PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa* L.) AKIBAT PEMBERIAN BIOURIN SAPI DAN KASCING GROWTH AND YIELD OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) WITH COW'S BIOURINE AND VERMICOMPOST. *Jurnal Produksi Tanaman* 5(4), 600–607. <http://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/viewFile/419/422>
- Ciptadi, P. W., & Hardyanto, R. H. (2018). Penerapan Teknologi IoT pada Tanaman Hidroponik menggunakan Arduino dan Blynk Android. *Jurnal Dinamika Informatika* 2(2), 29–40.
- Eka, D., Manik, P., Nababan, F. D., Ramadani, F., Wirman, S. P., & Riau, U. M. (2019). *SISTEM OTOMASI PADA TANAMAN HIDROPONIK NFT UNTUK* 1–6.
- Febriany, N. (2016). *Bab iii metode fuzzy mamdani* 2019.
- Muhadiansyah, T. O., Setyono, & Adimihardja, S. A. (2016). Efektivitas Pencampuran Pupuk Organik Cair Dalam Nutrisi Hidroponik pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.). *J. Agronida* 2(April), 37–46.

- Nurdiansyah, Y., Auliya, Y. A., & Tajuddin, M. (2020). *Effect Of Growth Lettuce Varieties With Automation System Application Temperature And Humidity Sensor Using Microcontroller W*. *International Journal Of Scientific & Technology research* (2020), 980–986. [www.ijstr.org](http://www.ijstr.org)
- Pohan, S. A., & Oktojournal, O. (2019). Pengaruh Konsentrasi Nutrisi A-B Mix Terhadap Pertumbuhan Caisim Secara Hidroponik (Drip system). *Lambung* 1(1), 20–32. <https://doi.org/10.32530/lambung.v1i1.179>
- Prio.handoko@upj.ac.id, & Fakultas. (2016). *Sistem Kendali Alat Elektronika Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno R3 Dan Ethernet Shield Dengan Antarmuka Berbasis Android* 14(September 2015), 1–7. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4140.6165>
- Roidah, I. S. (2014). Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik. *Jurnal Universitas Tulungagung BONOROWO* 1(2), 43–50. <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/14-22-1-SM.pdf>
- Saptadi, A. H. (2014). Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22. *JURNAL INFOTEL - Informatika Telekomunikasi Elektroika* 6(1), 49. <https://doi.org/10.20895/infotel.v6i2.16>

## LAMPIRAN

### Lampiran Foto-foto Hasil Penerapan Sistem



Gambar Lampiran 1.1. Pemberian Nutrisi Otomatis(1)





Gambar Lampiran 1.2. Pemberian Nutrisi Otomatis(2)



Gambar Lampiran 1.3. Selada Hidroponik

```

COMS
08:40:08.039 ->
08:40:09.640 ->
08:40:09.675 ->
08:40:09.775 -> Pompa dan Valve Mati
08:40:09.810 -> Kelembaban Tanah : 432 atau 60.00 % Temperature : 30.50 C
08:40:09.843 ->
08:40:09.945 ->
08:40:09.979 ->
08:40:10.003 -> Suhu Dingin : 0.00
08:40:10.118 -> Suhu Normal : 0.00
08:40:10.118 -> Suhu Hangat : 0.90
08:40:10.152 -> Suhu Panas : 0.10
08:40:10.152 ->
08:40:10.254 ->
08:40:10.318 ->
08:40:10.389 -> Kering : 0.00
08:40:10.424 -> Lembap : 0.60
08:40:10.424 -> Basah : 0.00
08:40:10.424 ->
08:40:10.828 ->
08:40:10.559 ->
08:40:10.663 -> Aturan ke-1 : 0.00
08:40:10.698 -> Aturan ke-2 : 0.00
08:40:10.698 -> Aturan ke-3 : 0.00
08:40:10.765 -> Aturan ke-4 : 0.00
08:40:10.765 -> Aturan ke-5 : 0.00
08:40:10.765 -> Aturan ke-6 : 0.00
08:40:10.796 -> Aturan ke-7 : 0.00
08:40:10.796 -> Aturan ke-8 : 0.60
08:40:10.831 -> Aturan ke-9 : 0.00
08:40:10.831 -> Aturan ke-10 : 0.00
08:40:10.866 -> Aturan ke-11 : 0.10
08:40:10.899 -> Aturan ke-12 : 0.00
08:40:10.899 ->
08:40:11.000 ->
08:40:11.034 ->
08:40:11.135 -> Defuz Rule 8 : 6.00
08:40:11.170 -> Defuz Rule 11 : 6.30
08:40:11.170 ->
08:40:11.274 ->
08:40:11.308 ->
08:40:11.411 -> Defuzzyfikasi : 6.04 menit adalah Sedang
08:40:11.446 -> Lama Valve Menyala adalah 362571 detik
08:40:11.481 -> Suhu atau Kelembapan Tanah tidak Ideal
08:40:11.552 -> Valve akan diaktifkan
08:40:14.330 ->
08:40:14.652 -> Ketinggian air : 21 cm
08:40:14.652 -> Ketinggian air saat ini rendah pompa akan diaktifkan
08:40:19.357 ->
08:40:19.628 ->
08:40:19.691 ->
08:40:19.794 -> Kelembaban Tanah : 446 atau 56.00 % Temperature : 30.50 C
08:40:19.829 ->
 Autoscroll  Show timestamp

```

Gambar Lampiran 1.4. Tampilan Sistem Melakukan Proses Fuzzy

**Lampiran 2. Program Arduino Fuzzy Mamdani berbasis *Internet of Thin***

```
//-----Peng-IP-an-----
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
byte ip[] = {192, 168, 0, 4 }; //IP punya ethernet shield
byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 }; //Netmask
byte gateway[] = { 192, 168, 0, 254 }; //Gawe Gateway
byte serv[] = {192, 168, 0, 2} ; //IP punya server database
EthernetClient client;

//-----inialisasi-----
float temp;
float nutrisi [4];
float air [3];
float rule [3][4];
float rule1, rule2, rule3, rule4, rule5, rule6, rule7, rule8, rule9, rule10, rule11,
rule12;
float hasilSC, hasilC, hasilS, hasilL;
float output1,output2,hasil_output;//hasil_output=Z
float SCepat, Cepat, Sedang, Lama;
float averageVoltage = 0,tdsValue = 0,temperature = 25, ec = 0, x = 0, z = 0;

int hasil_output2;

long delayPompaNutrisi = 0;

//-----Kalibrasi Sensor EC DAN TDS-----
float compensationCoefficient=1.0+0.02*(temperature-25.0);
float compensationVolatge=averageVoltage/compensationCoefficient;

z=(133.42*compensationVolatge*compensationVolatge*compensationVolatge -
255.86*compensationVolatge*compensationVolatge+857.39*compensationVolatge)*0.5; //convert voltage value to tds value
x= (1.4285*z*1000)/1000;//1.4285k = konfersi tds to ec

float ec = (0.3285 * x) + 92.876; //-----EC Kalibrasi satuannya
micro, ec bisa mengukur tingkat salinitas(garam).

float tdsValue = (0.2262 * z) + 40.671; //-----TDS Kalibrasi ppm
//temperature = readTemperature(); //add your temperature sensor and read it
```



```

//-----void setup-----
----
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600); //baud rate gawe 115200
  Ethernet.begin(mac, ip);
  pinMode(TdsSensorPin,INPUT);
  dht.begin();

  pinMode(trig, OUTPUT);      // set pin menjadi OUTPUT
  pinMode(echo, INPUT);      // set pin echo menjadi INPUT
  pinMode(pompa01, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);

  Serial.println("=====
=====");
  Serial.println("-----KONDISI AWAL-----
-----");
  Serial.println("Pompa Nutrisi Mati ");
  sensor();
}

//-----void loop-----
---
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

  Serial.println("=====
=====");
  Serial.println("-----MUKHLIS GREENHOUSE - HIDRO FARM-----
-----");

  Serial.println("=====
=====");
  Serial.println("FUZIFIKASI KETINGGIAN AIR");
  FuzzyfikasiAir();
  Serial.println("FUZIFIKASI KEPEKAAN NUTRISI");
  FuzzyfikasiTDS();
  Serial.println("RULE BASE");
  RuleBase();
}

```

```
Serial.println("INFERENSI");
Inferensi();
Serial.println("DEFUZZYFIKASI");
Defuzzyfikasi();

Serial.println("=====
=====");
Serial.println("-----UPLOAD DATABASE-----
-----");
upload();
}

//-----void FuzzyfikasiAir-----
----
void FuzzyfikasiAir()
{
// untuk kondisi rendah
if (jarak <= 10)
{
air [0] = 1;
}
else if (jarak > 10 && jarak <= 15)
{
air [0] = (15 - jarak) / (15 - 10);
}
else
{
air [0] = 0;
}

// untuk kondisi normal
if (jarak <= 10)
{
air [1] = 0;
}
else if (jarak > 10 && jarak <= 15)
{
air [1] = (jarak - 10) / (15 - 10);
}
else if (jarak > 15 && jarak <= 20)
```

```
{
  air [1] = (20 - jarak) / (20 - 15);
}
else
{
  air [1] = 0;
}

// untuk kondisi tinggi
if (jarak <= 20)
{
  air [2] = 0;
}
else if (jarak > 20 && jarak <= 30)
{
  air [2] = (jarak - 20) / (30 - 20);
}
else
{
  air [2] = 1;
}

Serial.print(" Rendah = ");
Serial.print(air[0]);
Serial.print(" Normal = ");
Serial.print(air[1]);
Serial.print(" Tinggi = ");
Serial.println(air[2]);
}

//-----void FuzzyfikasiTDS-----
----
void FuzzyfikasiTDS()
{
  // untuk sangat kurang
  if (tdsValue <= 450)
  {
    nutrisi [0] = 1;
  }
  else if (tdsValue > 450 && tdsValue <= 550)
```

```
{
  nutrisi [0] = (500 - tdsValue) / (550 - 450);
}
else
{
  nutrisi [0] = 0;
}

// untuk kurang
if (tdsValue <= 450)
{
  nutrisi [1] = 0;
}
else if (tdsValue > 450 && tdsValue <= 550)
{
  nutrisi [1] = (tdsValue - 450) / (550 - 450);
}
else if (tdsValue > 550 && tdsValue <= 650)
{
  nutrisi [1] = (650 - tdsValue) / (650 - 550);
}
else
{
  nutrisi [1] = 0;
}

// untuk normal
if (tdsValue <= 550)
{
  nutrisi [2] = 0;
}
else if (tdsValue > 550 && tdsValue <= 650)
{
  nutrisi [2] = (tdsValue - 550) / (650 - 550);
}
else if (tdsValue > 650 && tdsValue <= 750)
{
  nutrisi [2] = (35 - tdsValue) / (650 - 650);
}
else
```

```
{
  nutrisi [2] = 0;
}

// untuk tinggi
if (tdsValue <= 650)
{
  nutrisi [3] = 0;
}
else if (tdsValue > 650 && tdsValue <= 750)
{
  nutrisi [3] = (tdsValue - 650) / (750 - 650);
}
else
{
  nutrisi [3] = 1;
}
Serial.print(" Nutrisi Sangat Kurang = ");
Serial.print(nutrisi[0]);
Serial.print(" Nutrisi Kurang = ");
Serial.print(nutrisi[1]);
Serial.print(" Nutrisi Normal = ");
Serial.print(nutrisi[2]);
Serial.print(" Nutrisi Tinggi = ");
Serial.println(nutrisi[3]);
}

//-----void RuleBase-----
----
//RuleBase
void RuleBase()
{
  int i, j;
  int no = 1;
  for ( i = 0; i <= 3; i = i + 1)
  {
    for ( j = 0; j <= 2; j = j + 1)
    {
      temp = min(nutrisi[i], air[j]);
```

```

rule [i][j] = temp;
Serial.print("Aturan ke-");
Serial.print(no++);
Serial.print(" : ");
Serial.println( rule [i][j]);
}
}
rule1 = rule[0][0]; // (Rendah,Sangat Kurang = Lama)
rule2 = rule[0][1]; // (Normal,Sangat Kurang = Lama)
rule3 = rule[0][2]; // (Tinggi,Sangat Kurang = Cepat)

rule4 = rule[1][0]; // (Rendah,Kurang = Lama)
rule5 = rule[1][1]; // (Normal,Kurang = Sedang)
rule6 = rule[1][2]; // (Tinggi,Kurang = Sangat Cepat)

rule7 = rule[2][0]; // (Rendah,Normal = Sedang)
rule8 = rule[2][1]; // (Normal,Normal = Cepat)
rule9 = rule[2][2]; // (Tinggi,Normal = Sangat Cepat)

rule10 = rule[3][0]; // (Rendah,Tinggi = Sedang)
rule11 = rule[3][1]; // (Normal,Tinggi = Cepat)
rule12 = rule[3][2]; // (Tinggi,Tinggi = Sangat Cepat)
}

//-----void Inferensi-----
----
void Inferensi()
{
SCepat = max((max(rule6, rule9)), rule12);//SCepat = z1
Cepat = max((max(rule3, rule8)), rule11);//Cepat = z2
Sedang = max((max(rule5, rule7)), rule10);//Sedang = z3
Lama = max((max(rule1, rule2)), rule4);//Lama = z4

Serial.print(" Sangat Cepat = ");
Serial.print(SCepat);
Serial.print(" Cepat = ");
Serial.print(Cepat);
Serial.print(" Sedang = ");
Serial.print(Sedang);
Serial.print(" Lama = ");

```



```

Serial.println(Lama);
}

//-----void Defuzzyfikasi-----
-----
void Defuzzyfikasi()
{
  //float hasilSC, hasilC, hasilS, hasilL;
  output1 = ((rule1*Lama) + (rule2*Lama) + (rule3*Cepat) + (rule4*Lama) +
  (rule5*Sedang) +
  (rule6*SCepat) + (rule7*Sedang) + (rule8*Cepat) + (rule9*SCepat) +
  (rule10*Sedang) + (rule11*Cepat) +
  (rule12*SCepat));
  output2 =
  ((rule1+rule2+rule3+rule4+rule5+rule6+rule7+rule8+rule9+rule10+rule11+rule12
  ));
  hasil_output = (output1 / output2);
  delayPompaNutrisi = (hasil_output*60000);

  if (hasil_output >= 0.00 && hasil_output <= 1.00){
    digitalWrite(pompa01,HIGH);
    delay(hasil_output);
    Serial.print("Defuzzyfikasi : ");
    Serial.print(hasil_output);
    Serial.println(" menit adalah Sangat Cepat");
  }
  else if (hasil_output > 1.00 && hasil_output <= 2.00){
    digitalWrite(pompa01,HIGH);
    delay(hasil_output);
    Serial.print("Defuzzyfikasi : ");
    Serial.print(hasil_output);
    Serial.println(" menit adalah Cepat");
  }
  else if (hasil_output > 2.00 && hasil_output <= 3.00){
    digitalWrite(pompa01,HIGH);
    delay(hasil_output);
    Serial.print("Defuzzyfikasi : ");
    Serial.print(hasil_output);
    Serial.println(" menit adalah Sedang");
  }
}

```

```

else if (hasil_output > 3.00 && hasil_output <= 4.00){
    digitalWrite(pompa01,HIGH);
    delay(hasil_output);
    Serial.print("Defuzzyfikasi : ");
    Serial.print(hasil_output);
    Serial.println(" menit adalah Lama");
}
Serial.print("Lama Pompa Nutrisi Menyala adalah ");
Serial.print(delayPompaNutrisi);
Serial.println(" detik");
}

//-----void Upload-----
----
void upload()
{

//=====
=====

//dht = suhu ruangan
float hum = dht.readHumidity(); //Membaca humidity and menyimpan
float temp = dht.readTemperature(); //Membaca temperatur dalam Celsius dan
menyimpan
float fah = dht.readTemperature(true); //Membaca temperatur dalam Fahrenheit
float heat_index = dht.computeHeatIndex(fah, hum); //Membaca heat index dalam
Fahrenheit
float heat_indexC = dht.convertFtoC(heat_index); //Convert heat index dalam
Celsius

//=====
=====

//-----upload-----
if (client.connect(serv, 82)) //Jika Device terhubung ke server maka...
{
    Serial.println("Terkoneksi");
    client.print("GET /hidro-farm/data.php?"); //Informasi di kirim ke Database
    client.print("temperature=");
    client.print(temp);
}

```

```

client.print("&humidity=");
client.print(hum);
client.print("&heat_index=");
client.print(heat_indexC);
client.print("&ultrasonik_air=");
client.print(jarak);
client.print("&tds_nutrisi=");
client.print(tdsValue, 0);
client.print("&fuzzy=");
client.println(hasil_output);
client.stop(); //Putuskan koneksi

//=====
=====
}
else
{
//-----Jika server tidak merespon-----
Serial.println("Koneksi Gagal");
}
delay(1000);
}

//=====PROGRAM
WEBSITE=====
//-----DATABASE CONNECTION-----
--
<?php
defined('BASEPATH') OR exit('No direct script access allowed');

$active_group = 'default';
$query_builder = TRUE;

$db['default'] = array(
    'dsn' => "",
    'hostname' => 'localhost',
    'username' => 'root',
    'password' => "",
    'database' => 'hidrofarm',

```

```

        'dbdriver' => 'mysqli',
        'dbprefix' => "",
        'pconnect' => FALSE,
        'db_debug' => (ENVIRONMENT !== 'production'),
        'cache_on' => FALSE,
        'cachedir' => "",
        'char_set' => 'utf8',
        'dbcollat' => 'utf8_general_ci',
        'swap_pre' => "",
        'encrypt' => FALSE,
        'compress' => FALSE,
        'stricton' => FALSE,
        'failover' => array(),
        'save_queries' => TRUE
    );
    //-----INSERT DATA SENSOR-----
    ----
    <?php
    include ('connection.php');
    $sql_insert = "INSERT INTO tbl_sensor
    (suhu, kelembaban, heat_indexC, ultrasonik_air, tds_nutrisi, fuzzy)
    VALUES      (".$_GET["temperature"].",          "._GET["humidity"].",
    "._GET["heat_index"].",          "._GET["ultrasonik_air"].",
    "._GET["tds_nutrisi"].", "._GET["fuzzy"].")";
    if(mysqli_query($con,$sql_insert))
    {
    echo "Selesai";
    mysqli_close($con);
    }
    else
    {
    echo "Error ".mysqli_error($con );
    }
    ?>

    //-----TABEL MODEL-----
    <?php
    class Monitoring_tabel extends CI_Model{

        //get data from database

```

```

function get_data(){
    $this->db-
>select('waktu,suhu,kelembaban,heat_indexC,utrasonik_air,tds_nutrisi');
    $result = $this->db->query("SELECT * from tbl_sensor ORDER BY id DESC
limit 50");
    return $result->result();
}

}

//-----TABEL CONTROLLER-----
---
<?php
defined('BASEPATH') OR exit('No direct script access allowed');

class Tabel extends CI_Controller {

    function __construct(){
        parent::__construct();

        if (!isset($this->session->userdata['username'])){
            $this->session->set_flashdata('pesan','<div class="alert
alert-danger alert-dismissible fade show" role="alert">
                Anda Belum Login!
                <button type="button" class="close" data-
dismiss="alert"
                    aria-label="Close">
                        <span
                            aria-
hidden="true">&times;</span>
                </button>
            </div>');
            redirect('auth');
        }

        //load chart_model dari model
        $this->load->model('monitoring_tabel');
    }

    public function index()
    {
        $data_tabel['st'] = $this->monitoring_tabel->get_data();
    }
}

```

```

        $this->load->view('template/header');
    $this->load->view('template/navbar');
        $this->load->view('template/container');
    $this->load->view('template/tabel',$data_tabel);
    $this->load->view('template/footer');
    }
    public function data_tabel()
    {
        $data['st'] = $this->monitoring_tabel->get_data();
    }
}

//-----VIEWTABEL MONITORING-----
---
<?php
$url=$_SERVER['REQUEST_URI'];
header("Refresh: 5; URL=$url"); // Refresh the webpage every 5 seconds
?>

<!-- Header -->
<div class="header bg-primary pb-6">
    <div class="container-fluid">
        <div class="header-body">
            <div class="row align-items-center py-4">
                <div class="col-lg-6 col-7">
                    <nav aria-label="breadcrumb" class="d-none d-md-inline-block ml-md-4">
                        <ol class="breadcrumb breadcrumb-links breadcrumb-dark">
                            <li class="breadcrumb-item"><a href="#"><i class="fas fa-
home"></i></a></li>
                            <li class="breadcrumb-item"><a href="#">Monitoring</a></li>
                        </ol>
                    </nav>
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>
</div>

<!-- Dark table -->
<div class="row mt-5">
    <div class="col">

```



```

<div class="card bg-default shadow">
  <div class="card-header bg-transparent border-0">
    <h3 class="text-white mb-0">Monitoring Greenhouse</h3>
  </div>
  <div class="table-responsive">
    <table class="table align-items-center table-dark table-flush">
      <thead class="thead-dark">
        <tr>
          <th scope="col">No</th>
          <th scope="col">Waktu</th>
          <th scope="col">Suhu</th>
          <th scope="col">Kelembaban</th>
          <th scope="col">Heat Index</th>
          <th scope="col">Ketinggian Air</th>
          <th scope="col">Kepekaan Nutrisi</th>
          <th scope="col">Fuzzy</th>
          <th scope="col"></th>
        </tr>
      </thead>
      <?php
        foreach ($st as $dt) {
          ?>
          <tbody>
            <td><?php echo $dt->id ?></td>
            <td><?php echo $dt->waktu ?></td>
            <td><?php echo $dt->suhu ?> C </td>
            <td><?php echo $dt->kelembaban ?> % </td>
            <td><?php echo $dt->heat_indexC ?> % </td>
            <td><?php echo $dt->ultrasonik_air ?> cm </td>
            <td><?php echo $dt->tds_nutrisi ?> ppm </td>
            <td><?php echo $dt->fuzzy ?></td>
          </tbody>
          <?php } ?>
        </table>
      </div>
    </div>
  </div>
</div>

```

```
//----- VIEWDASHBOARD-----
<!-- Header -->
<div class="header bg-primary pb-6">
  <div class="container-fluid">
    <div class="header-body">
      <div class="row align-items-center py-4">
        <div class="col-lg-6 col-7">
          <nav aria-label="breadcrumb" class="d-none d-md-inline-block ml-md-4">
            <ol class="breadcrumb breadcrumb-links breadcrumb-dark">
              <li class="breadcrumb-item"><a href="<?php echo base_url(); ?>"><i
class="fas fa-home"></i></a></li>
              <li class="breadcrumb-item"><a href="#">Dashboards</a></li>
            </ol>
          </nav>
        </div>
      </div>
      <?php foreach ($sak as $ds)
      {
      ?>
      <!-- Card stats -->
      <div class="row">
        <div class="col-xl-3 col-md-6">
          <div class="card card-stats">
            <!-- Card body -->
            <div class="card-body">
              <div class="row">
                <div class="col">
                  <h5 class="card-title text-uppercase text-muted mb-0">Suhu
Ruang</h5>
                  <span class="h2 font-weight-bold mb-0"><?php echo $ds->suhu ?>
C</span>
                </div>
                <div class="col-auto">
                  <div class="icon icon-shape bg-gradient-red text-white rounded-
circle shadow">
                    <i class="ni ni-active-40"></i>
                  </div>
                </div>
              </div>
              <div class="mt-3 mb-0 text-muted text-sm">
```

```

        <span class="text-nowrap"><?php echo $ds->waktu ?></span>
    </p>
</div>
</div>
</div>
<div class="col-xl-3 col-md-6">
    <div class="card card-stats">
        <!-- Card body -->
        <div class="card-body">
            <div class="row">
                <div class="col">
                    <h5 class="card-title text-uppercase text-muted mb-0">kelembaban</h5>
                    <span class="h2 font-weight-bold mb-0"><?php echo $ds->kelembaban ?> % </span>
                </div>
                <div class="col-auto">
                    <div class="icon icon-shape bg-gradient-orange text-white rounded-circle shadow">
                        <i class="ni ni-chart-pie-35"></i>
                    </div>
                </div>
                <div class="col">
                    <p class="mt-3 mb-0 text-muted text-sm">
                        <span class="text-nowrap"><?php echo $ds->waktu ?></span>
                    </p>
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>
</div>
<div class="col-xl-3 col-md-6">
    <div class="card card-stats">
        <!-- Card body -->
        <div class="card-body">
            <div class="row">
                <div class="col">
                    <h5 class="card-title text-uppercase text-muted mb-0">Ketinggian
Air</h5>
                    <span class="h2 font-weight-bold mb-0"><?php echo $ds->ultrasonik_air ?> cm</span>
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>
</div>

```

```

    <div class="col-auto">
      <div class="icon icon-shape bg-gradient-green text-white rounded-
circle shadow">
        <i class="ni ni-money-coins"></i>
      </div>
    </div>
  </div>
</div>
<div class="col-xl-3 col-md-6">
  <div class="card card-stats">
    <!-- Card body -->
    <div class="card-body">
      <div class="row">
        <div class="col">
          <h5 class="card-title text-uppercase text-muted mb-0">Kp.
Nutrisi</h5>
          <span class="h2 font-weight-bold mb-0"><?php echo $ds-
>tds_nutrisi ?> ppm</span>
        </div>
        <div class="col-auto">
          <div class="icon icon-shape bg-gradient-info text-white rounded-
circle shadow">
            <i class="ni ni-chart-bar-32"></i>
          </div>
        </div>
      </div>
      <p class="mt-3 mb-0 text-muted text-sm">
        <span class="text-nowrap"><?php echo $ds->waktu ?></span>
      </p>
    </div>
  </div>
</div>
</div>
<?php } ?>
</div>

```

```
</div>  
</div>  
<!-- Page content -->  
<div class="container-fluid mt--6">
```

