

**KONTROL KETINGGIAN AIR PADA BUDIDAYA IKAN DAN  
TANAMAN YUMINA BUMINA MENGGUNAKAN METODE  
FUZZY TAKAGI-SUGENO**

**SKRIPSI**

**KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER**

Disusun oleh:

Tegar Assyidiqi Nugroho

NIM: 135150301111088

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2017



# PENGESAHAN

KONTROL KETINGGIAN AIR PADA BUDIDAYA IKAN DAN TANAMAN YUMINA  
BUMINA MENGGUNAKAN METODE FUZZY TAKAGI-SUGENO

SKRIPSI

KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :

Tegar Assyidiqi Nugroho  
NIM: 135150301111088

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
14 Agustus 2017

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Tibyani, S.T, M.T  
NIP: 196911 01199512 2 001

Rekyan Regasari Mardi Putri, S.T, M.T  
NIK: 201102 770414 2 001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D  
NIP: 19710518 200312 1 001

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 2 Agustus 2017

Tegar Assyidiqi Nugroho  
NIM: 135150301111088



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan juga hidayah-Nya, sehingga laporan skripsi yang berjudul “Kontrol Ketinggian Air Pada Budidaya Ikan dan Tanaman Yumina-Bumina Menggunakan Metode *Fuzzy* Sugeno” ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibunda Wiwik Nindarwati, Ayahanda Akhmad Nugroho, Titan Baihaqi, Khansa Bilqia, Mak tin, Bapak Kahin, Mbah Kediri, Mbak Nur, Mas Kus, Mas Rudi, Fio, dan seluruh keluarga besar atas doa, nasehat, kasih sayang, perhatian, dan segala bentuk dukungannya.
2. Bapak Tibyani S.T, M.T selaku dosen pembimbing pertama yang dengan sabar selalu memberikan dukungan dan arahan dalam mengerjakan skripsi ini.
3. Ibu Rekyan Regasari Mardi Putri, S.T, M.T selaku dosen pembimbing kedua yang dengan sabar selalu membantu dalam menyelesaikan laporan skripsi ini.
4. Bapak Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer.
5. Bapak Sabriansyah Rizqika Akbar, S.T, M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Komputer Fakultas Ilmu Komputer.
6. Teman-teman Kontrakan Kunti SweetHome yaitu, Deni, Echa, Bondjoz, Khoi, Izar, dan Wildan atas semangat, dan kesediannya meluangkan waktu dan tenaga selama pengerjaan skripsi.
7. Rekan satu judul penelitian Kolil dan Kresna atas kerjasama dan bantuannya serta semangat selama melakukan penyelesaian penulisan skripsi ini.
8. Teman-teman Kontrakan BKK45 atas semangat, dan kesediannya meluangkan waktu, tempat, wifi dan tenaga selama pengerjaan skripsi.
9. Teman-teman dan Adik-adik Save Street Child Malang atas semangat selama pengerjaan skripsi.
10. Teman-teman Himpunan Mahasiswa Wibu, Elsan, Noor, Tatit, Reza, Rizki, Adiet yang telah menemani selama menikmati indah hobi.
11. Rachel Florencia Rudy Gunawan atas dukungan, dan kesediannya untuk menjadi semangat selama pengerjaan skripsi.
12. Teman-teman program studi teknik komputer angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian pengerjaan skripsi.
13. Semua orang yang selalu mendoakan dan memberi semangat dalam pengerjaan skripsi yang tidak dapat disebutkan penulis satu persatu, terimakasih atas segala bentuk dukungannya.

Penulis sadar akan banyaknya kekurangan yang ada pada laporan ini, sehingga penulis berharap adanya penyempurnaan oleh pihak-pihak terkait. Semoga laporan ini memberikan manfaat dan juga dapat menjadi referensi dalam penyempurnaan penelitian ini selanjutnya.



Malang, 14 Agustus 2017

Penulis

tegarnugroho41@gmail.com



**ABSTRAK**

Ketinggian air yang kurang dari ideal dapat menyebabkan kurangnya area bebas dan kurangnya oksigen dalam air yang mengakibatkan ikan tidak sehat dan mati dan merusak akar tanaman. Selain itu ketinggian air kolam pada area terbuka juga dipengaruhi oleh air hujan dapat menyebabkan air pada kolam meluap, air menjadi asam yang juga dapat menyebabkan kesehatan ikan terganggu. Berdasarkan masalah tersebut dibuatkan sistem kontrol ketinggian air pada budidaya ikan dan tanaman yamina-bumina menggunakan metode *fuzzy takagi-sugeno*. Pada penelitian ini menggunakan 2 parameter yaitu ketinggian air dan hujan sebagai masukan yang dikontrol oleh arduino dan memberi keluaran berupa pengontrolan pompa untuk mengisi, mengurangi atau mengganti air kolam. Untuk menentukan keluaran menggunakan metode *fuzzy takagi-sugeno*. Pada akhir penelitian dapat disimpulkan sistem ini mampu mengontrol ketinggian air sesuai dengan rancangan awal.

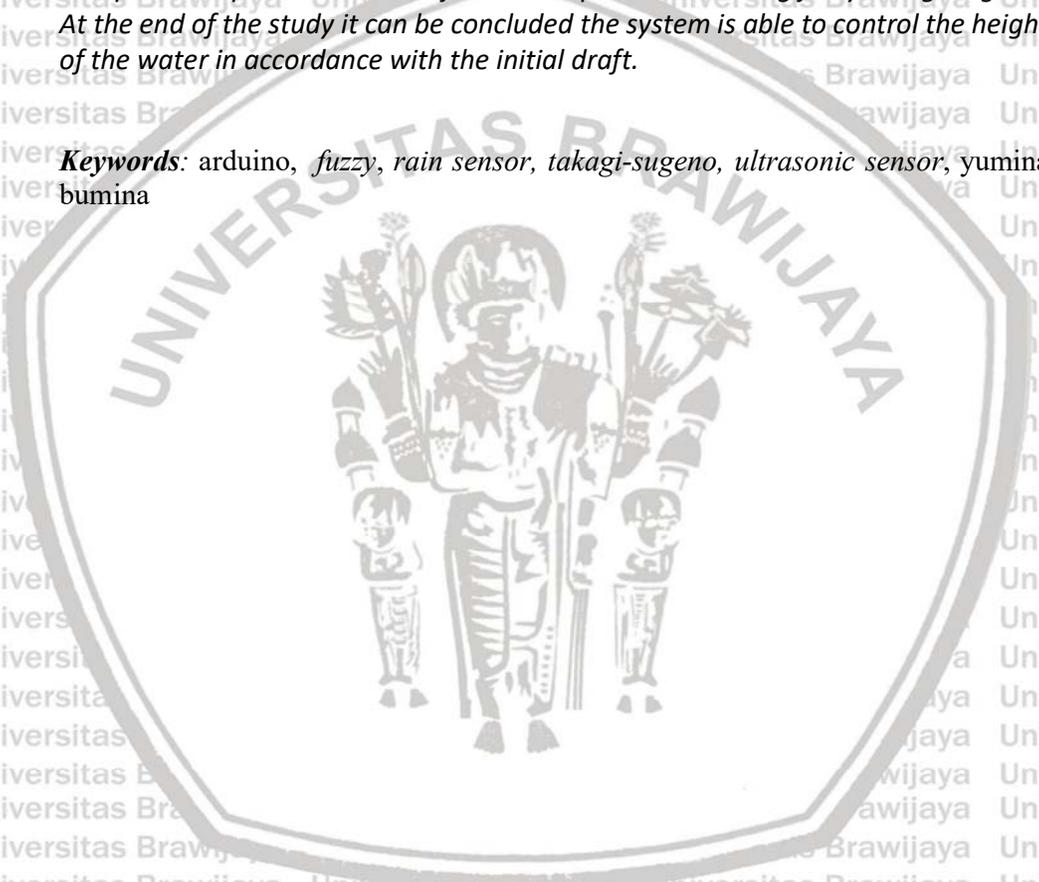
**Kata kunci:** arduino, *fuzzy*, sensor hujan, sensor ultrasonik, *takagi-sugeno*, yamina bumina



### ABSTRACT

The water level is less than ideal can lead to a lack of free areas and the lack of oxygen in the water that results in unhealthy and dying fish and damage plant roots. In addition to the pool water at open area also affected by the rain water can cause the water in the pond overflowed, the water becomes acid can also lead to impaired fish health. Based on the issue of his height control system of water on fish farming and plant yumina-bumina using fuzzy method of takagi-sugeno. This research uses 2 parameter i.e. altitude and rainfall as input that is controlled by the arduino and gives the output form control pumps to fill, reduce or replace the pool water. To define the output method using fuzzy takagi-sugeno. At the end of the study it can be concluded the system is able to control the height of the water in accordance with the initial draft.

**Keywords:** arduino, fuzzy, rain sensor, takagi-sugeno, ultrasonic sensor, yumina bumina



**DAFTAR ISI**

|   |      |
|---|------|
| PENGESAHAN .....                                    | i    |
| PERNYATAAN ORISINALITAS .....                       | iii  |
| KATA PENGANTAR .....                                | iv   |
| ABSTRAK .....                                       | vi   |
| ABSTRACT .....                                      | vii  |
| DAFTAR ISI .....                                    | viii |
| DAFTAR GAMBAR .....                                 | xi   |
| DAFTAR TABEL .....                                  | xii  |
| BAB 1 PENDAHULUAN .....                             | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                            | 1    |
| 1.2 Rumusan masalah .....                           | 2    |
| 1.3 Tujuan.....                                     | 2    |
| 1.4 Manfaat.....                                    | 3    |
| 1.5 Batasan masalah.....                            | 3    |
| 1.6 Sistematika pembahasan .....                    | 3    |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....        | 5    |
| 2.1 Tinjauan Pustaka .....                          | 5    |
| 2.2 Dasar Teori .....                               | 7    |
| 2.2.1 Yumina Bumina .....                           | 7    |
| 2.2.1.1 Yumina Bumina Sistem Rakit Apung .....      | 8    |
| 2.2.2 Ketinggian Air Ideal Kolam Budidaya .....     | 8    |
| 2.2.3 Hujan.....                                    | 8    |
| 2.2.4 Metode <i>Fuzzy</i> .....                     | 9    |
| 2.2.4.1 Metode <i>Fuzzy Takagi-Sugeno</i> .....     | 9    |
| 2.2.5 Mikrokontroler Arduino Uno.....               | 10   |
| 2.2.6 Pemograman C Arduino .....                    | 12   |
| 2.2.7 Pompa Air DC 6v.....                          | 12   |
| 2.2.8 Sensor Ultrasonik HC-SR04.....                | 12   |
| 2.2.9 Sensor Hujan ( <i>Rain Drop Sensor</i> )..... | 13   |
| 2.2.10 Relay 2 Channel.....                         | 14   |
| 2.2.11 LCD 16x2 .....                               | 15   |
| BAB 3 METODE PENELITIAN .....                       | 16   |
| 3.1 Studi Literatur .....                           | 17   |
| 3.2 Analisis Kebutuhan Sistem .....                 | 17   |
| 3.3 Perancangan Sistem.....                         | 17   |





|  |           |
|--|-----------|
| 3.4 Implementasi Sistem.....                       | 18        |
| 3.5 Pengujian dan Analisis.....                    | 19        |
| 3.6 Kesimpulan & Saran .....                       | 19        |
| <b>BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN.....</b>               | <b>20</b> |
| 4.1 Deskripsi Umum.....                            | 20        |
| 4.1.1 Perspektif Sistem.....                       | 20        |
| 4.1.2 Karakteristik Pengguna .....                 | 20        |
| 4.1.3 Lingkungan Operasi Sistem .....              | 20        |
| 4.1.4 Asumsi dan Ketergantungan .....              | 20        |
| 4.2 Rekayasa Kebutuhan .....                       | 20        |
| 4.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras.....               | 21        |
| 4.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak .....              | 22        |
| 4.2.3 Kebutuhan Fungsional.....                    | 22        |
| <b>BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI .....</b>    | <b>24</b> |
| 5.1 Perancangan Sistem .....                       | 24        |
| 5.1.1 Perancangan Perangkat Keras.....             | 24        |
| 5.1.2 Perancangan Perangkat Lunak .....            | 26        |
| 5.2 Implementasi Sistem .....                      | 32        |
| 5.2.1 Implementasi Perangkat Keras.....            | 32        |
| 5.2.2 Implementasi Perangkat Lunak .....           | 34        |
| <b>BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS .....</b>          | <b>40</b> |
| 6.1 Pengujian Sensor Ultrasonik.....               | 40        |
| 6.1.1 Tujuan.....                                  | 40        |
| 6.1.2 Prosedur .....                               | 40        |
| 6.1.3 Hasil dan Analisis .....                     | 41        |
| 6.2 Pengujian Sensor Hujan.....                    | 42        |
| 6.2.1 Tujuan.....                                  | 42        |
| 6.2.2 Prosedur .....                               | 42        |
| 6.2.3 Hasil dan Analisis .....                     | 42        |
| 6.3 Pengujian Relay .....                          | 43        |
| 6.3.1 Tujuan.....                                  | 43        |
| 6.3.2 Prosedur .....                               | 43        |
| 6.3.3 Hasil dan Analisis .....                     | 43        |
| 6.4 Pengujian Pompa Air.....                       | 44        |
| 6.4.1 Tujuan.....                                  | 44        |
| 6.4.2 Prosedur .....                               | 44        |
| 6.4.3 Hasil dan Analisis .....                     | 44        |
| 6.5 Pengujian Fungsional Metode <i>Fuzzy</i> ..... | 45        |
| 6.5.1 Tujuan.....                                  | 45        |
| 6.5.2 Prosedur .....                               | 45        |

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| 6.5.3 Hasil dan Analisis .....       | 45        |
| 6.6 Pengujian Kesesuaian Sistem..... | 47        |
| 6.6.1 Tujuan.....                    | 47        |
| 6.6.2 Prosedur .....                 | 47        |
| 6.6.3 Hasil dan Analisis .....       | 48        |
| <b>BAB 7 PENUTUP.....</b>            | <b>49</b> |
| 7.1 Kesimpulan .....                 | 49        |
| 7.2 Saran.....                       | 50        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>          | <b>51</b> |



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Rakit Apung ..... 8

Gambar 2. 2 Skematik dari Arduino Uno ..... 11

Gambar 2. 3 Pompa Dc 6v ..... 12

Gambar 2. 4 Sensor Ultrasonik ..... 13

Gambar 2. 5 Rangkaian Skematik Sensor Ultrasonik ..... 13

Gambar 2. 6 Sensor Hujan ..... 14

Gambar 2. 7 Rangkaian Skematik Sensor Hujan ..... 14

Gambar 2. 8 Bentuk Fisik Relay ..... 14

Gambar 2. 9 Rangkaian Skematik Relay 2 Channel ..... 15

Gambar 2. 10 Bentuk Fisik LCD 16x2 ..... 15

Gambar 2. 11 Skematik LCD 16x2 ..... 15

Gambar 3. 1 Alur Pelaksanaan ..... 16

Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem ..... 18

Gambar 4. 1 Kebutuhan Perangkat Keras ..... 21

Gambar 5. 1 Skema Perancangan Sensor ..... 24

Gambar 5. 2 Skema Perancangan Aktuator ..... 25

Gambar 5. 3 Skema Perancangan LCD ..... 25

Gambar 5. 4 Flowchart Perancangan Fuzzy ..... 27

Gambar 5. 5 Flowchart Proses Fuzzifikasi ..... 28

Gambar 5. 6 Fungsi Keanggotaan Air ..... 29

Gambar 5. 7 Fungsi Keanggotaan Hujan ..... 30

Gambar 5. 8 Flowchart Proses Inferensi ..... 31

Gambar 5. 9 Flowchart Tahap Defuzzifikasi ..... 32

Gambar 5. 10 Implementasi Prototype Depan ..... 33

Gambar 5. 11 Implementasi Prototype Dalam ..... 33



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka..... 5

Tabel 5. 1 Koneksi Pin Perangkat Keras 1 ..... 26

Tabel 5. 2 Koneksi Pin Perangkat Keras 2 ..... 26

Tabel 5. 3 Aturan Fuzzy ..... 30

Tabel 5. 4 Kode Program Ultrasonik ..... 34

Tabel 5. 5 Kode Program Sensor Hujan ..... 35

Tabel 5. 6 Kode program LCD ..... 35

Tabel 5. 7 Kode Progrm Fungsi Keanggotaan Ketinggian Air ..... 36

Tabel 5. 8 Kode Program Fungsi Keanggotaan Hujan ..... 37

Tabel 5. 9 Program Rule dan Inferensi ..... 38

Tabel 5. 10 Kode Program Defuzzifikasi ..... 38

Tabel 5. 11 Kode Program Output Sistem ..... 38



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Yumina-Bumina adalah konsep budidaya yang memadukan pembudidayaan ikan (*akuakultur*) dan tanaman tanpa media tanah (*hidroponik*). Konsep Yumina adalah konsep budidaya ikan dan sayuran, sedangkan konsep bumina adalah konsep budidaya ikan dan buah-buahan. Kelebihan dari konsep ini adalah ekonomi biru (*blue economy*), ramah lingkungan dan mudah diaplikasikan dimana saja baik didataran tinggi maupun dataran rendah baik untuk skala rumah tangga maupun skala industri dan tidak membutuhkan lahan yang luas. Kelebihan lainnya adalah dapat diterima masyarakat umum karena dapat memberikan kontribusi tambahan sebagai ketahanan pangan (*food crisis*).

Hadirnya kemudahan tersebut bukan berarti membuat banyak orang ikut serta melakukan konsep budidaya yumina bumina. Ada beberapa kendala dalam hal perawatan, jumlah ikan yang terlalu banyak dan tidak sepadan dengan volume air dapat menyebabkan ikan kurang sehat dan mati karena kekurangan area bebas, hal tersebut juga bisa membuat ikan merusak akar tanaman. Selain itu, kolam yang berada di tempat terbuka ketinggian airnya dipengaruhi oleh cuaca. Ketika cuaca sedang terik atau panas air akan cepat berkurang dan membuat area bebas untuk ikan berkurang, sedangkan ketika cuaca hujan dapat meningkatkan volume air pada kolam namun air hujan dapat menyebabkan kadar keasaman kolam meningkat yang dapat menyebabkan ikan stress, mengambang, atau bahkan mati (Gunawan, 2014). Air hujan pada dasarnya bersifat asam (pH 5,6) karena karbondioksida di udara larut dalam air hujan yang menyebabkan air menjadi asam. Keadaan tersebut dapat diatasi dengan melakukan penggantian air kolam, membuang sebagian air kolam dan mengisinya dengan air baru yang akan menetralkan kembali kondisi pH air. Namun hal tersebut memakan banyak waktu karena pembudidaya harus melakukan pengecekan rutin untuk memastikan kolam dalam keadaan normal dan akan sulit dilakukan ketika pembudidaya sedang tidak berada di area kolam mengingat kondisi cuaca yang tidak pasti dan sulit diprediksi.

Dengan adanya permasalahan tersebut diharapkan adanya sebuah sistem yang mampu mengontrol ketinggian, mengganti dan mengisi air pada kolam. Penelitian sebelumnya yang menjadi dasar penelitian ini yaitu berkaitan dengan pengendalian level air yang dilakukan oleh (Adam, 2016). Pada penelitian tersebut dilakukan pengendalian level air pada tanki menggunakan sensor ultrasonik yang akan dijadikan parameter *input* untuk menghasilkan *output* berupa pengontrolan *valve* dan pompa. Dikarenakan ketinggian air kolam yang berada diluar ruangan dipengaruhi oleh cuaca, penelitian selanjutnya yang dijadikan acuan adalah yang berhubungan dengan pendeteksian hujan yaitu, "buka tutup tirai garasi otomatis dengan sensor hujan serta sensor Idr (*light dependent resistor*) berbasis arduino uno" oleh (Putro, 2017). Pada penelitian ini sistem berhasil mengontrol tirai garasi berdasarkan *input* dari sensor hujan untuk mendeteksi adanya air hujan dan sensor Idr untuk mendeteksi cahaya yang akan menentukan kondisi menutup tirai

menggunakan motor universal ketika dalam keadaan hujan, malam, atau keduanya.

Penelitian lain yang dijadikan acuan dalam penelitian ini adalah yang berkaitan dengan metode pengambilan keputusan yaitu “implementasi sistem monitoring luapan air pada selokan menggunakan metode *fuzzy*” oleh (Anwar, 2017). Pada penelitian tersebut dilakukan monitoring luapan air pada selokan menggunakan dua parameter yaitu, ketinggian air dan debit air. Dimana dalam penelitian tersebut menggunakan metode *fuzzy* sugeno yang merupakan sebuah proses pengambilan keputusan pada aturan yang memiliki tujuan untuk memecahkan masalah, dimana sistem tersebut sulit diilustrasikan atau terdapat banyak ketidakjelasan. Sistem ini berhasil menentukan kondisi aman, waspada dan bahaya terhadap banjir dengan kesesuaian fungsional logika *fuzzy* sebesar 100%.

Dari permasalahan dan penelitian sebelumnya yang telah dijelaskan diatas maka penulis akan membangun sebuah sistem yang dapat mengontrol ketinggian air kolam dengan memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian air dan sensor hujan untuk mendeteksi kondisi cuaca pada area kolam. Data yang diperoleh dari kedua sensor tersebut akan diolah oleh mikrokontroler Arduino Uno dengan menggunakan metode *fuzzy takagi-sugeno* untuk menentukan kondisi apakah perlu pompa *on* atau *off*. Metode *takagi-sugeno* dipilih karena memiliki nilai *output* yang tegas dan sesuai dengan kebutuhan sistem yang akan dibangun. Terakhir data yang telah diukur oleh sensor akan ditampilkan pada LCD yang terpasang pada sistem.

## 1.2 Rumusan masalah

Untuk menentukan solusi yang tepat dalam suatu permasalahan, maka terlebih dahulu permasalahan tersebut dianalisis dan disusun ke dalam bentuk formulasi yang sistematis. Adapun perumusan masalah yang akan dibahas pada skripsi ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan dan implementasi sistem yang memanfaatkan metode *fuzzy takagi-sugeno* agar dapat mengontrol ketinggian air pada kolam berdasarkan ketinggian air dan kondisi hujan?
2. Bagaimana tingkat akurasi pembacaan sensor ultrasonik?
3. Bagaimana proses pembacaan sensor hujan?
4. Bagaimana validasi metode *fuzzy takagi-sugeno* yang diterapkan pada sistem kontrol ketinggian air pada budidaya ikan dan tanaman yumina bumina?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan perancangan dan implementasi sistem yang dapat mengontrol ketinggian air menggunakan metode *fuzzy takagi-sugeno* berdasarkan ketinggian air dan kondisi hujan.

2. Melakukan pengujian akurasi pembacaan sensor ultrasonik dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan penggaris.
3. Melakukan pengujian pembacaan sensor hujan.
4. Melakukan validasi apakah metode *fuzzy* yang digunakan sebagai metode pengambilan keputusan dalam sistem kontrol ketinggian air sudah akurat.

#### 1.4 Manfaat

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Dapat mempermudah dalam mengontrol ketinggian air pada kolam budidaya.
2. Dapat mengurangi tingkat kerugian dalam budidaya *yumina bumina*.
3. Menyediakan pengetahuan untuk pembaca mengenai penggunaan mikrokontroler Arduino Uno, pengukuran ketinggian air, pengukuran hujan, serta penggunaan metode *fuzzy*.

#### 1.5 Batasan masalah

Untuk memfokuskan pada tujuan penelitian maka penulis membatasi ruang lingkup skripsi ini sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini faktor yang dipertimbangkan adalah ketinggian air dan kondisi hujan atau tidak pada lingkungan budidaya.
2. Tingkat keasamaan yang disebabkan oleh hujan tidak diperhitungkan dalam penelitian ini.
3. Metode *fuzzy* yang digunakan adalah *fuzzy takagi-sugeno*.
4. Alat yang dibangun bekerja dalam ukuran prototype.
5. Kolam budidaya berada di luar ruangan.
6. Alat yang digunakan untuk mengganti air adalah pompa air dc 6v.

#### 1.6 Sistematika pembahasan

Sistematika pembahasan skripsi ini dibagi dalam enam bab, masing-masing diuraikan sebagai berikut:

##### BAB 1: PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang pemilihan topik dan judul skripsi, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika pembahasan.

##### BAB 2: LANDASAN KEPUSTAKAAN

Bab ini memuat tentang referensi penunjang yang menjelaskan tentang fungsi dari perangkat-perangkat dan metode-metode yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini.

**BAB 3: METODOLOGI**

Bab ini Menguraikan tentang metode dan langkah kerja yang terdiri dari studi literatur , analisis kebutuhan simulasi, perancangan sistem, implementasi dan analisis serta pengambilan kesimpulan.

**BAB 4: REKAYASA KEBUTUHAN**

Bab ini menjelaskan tentang kebutuhan yang diperlukan untuk membangun sistem yang meliputi, kebutuhan perangkat keras, kebutuhan perangkat lunak dan kebutuhan fungsional.

**BAB 5: PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

Bab ini Menguraikan proses implementasi dari dasar teori yang telah dipelajari sesuai analisis dan perancangan sistem.

**BAB 6: HASIL & PEMBAHASAN**

Bab ini Memuat hasil pengujian dan analisis terhadap sistem yang telah direalisasikan

**BAB 7: PENUTUP**

Bab ini Memuat kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan dan pengujian, serta saran-saran untuk perkembangan lebih lanjut.



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini berisi tinjauan pustaka yang meliputi kajian pustaka dan dasar teori yang diperlukan dalam melakukan penelitian. Kajian pustaka ini membahas penelitian yang sudah ada dan berkaitan dengan penelitian yang diusulkan, sedangkan dasar teori membahas berbagai teori yang diperlukan dalam menyusun penelitian yang diusulkan.

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Kajian pustaka ini membahas penelitian yang sudah ada dan berkaitan dengan penelitian yang diusulkan. Pada penelitian ini, kajian pustaka diambil dengan menelaah beberapa penelitian yang berkaitan dan pernah dilakukan.

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka

| No. | Judul Penelitian   | Nama Peneliti  | Metode              | Hasil Penelitian  |
|-----|--|--|---------------------|---|
| 1.  | Perancangan Alat Ukur Sistem Pengendalian Level Air Berbasis Arduino Mega 2560   | Adam Gilang Reynaldi, Universitas Gajah Mada 2016              | Tanpa metode        | Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik sebagai pengukur ketinggian air pada tanki untuk dijadikan <i>input</i> pengontrolan pompa dan <i>valve</i> .  |
| 2   | Buka Tutup Tirai Garasi Otomatis Dengan Sensor Hujan Serta Sensor LDR ( <i>Light Dependent Resistor</i> ) Berbasis Arduino Uno             | Ivan Fajarianto Putro, Universitas Muhammadiyah Surakarta 2017 | Tanpa Metode        | Pada penelitian ini membuat alat untuk membuka dan menutup tirai otomatis menggunakan inputan sensor hujan dan LDR. Ketika kondisi sensor membaca hujan dan cahaya rendah maka akan menutup tirai dengan motor.   |
| 3   | Implementasi Sistem Monitoring Luapan Air Pada Selokan Menggunakan Metode <i>Fuzzy</i>   | Aulia Tri Wulandari Anwar, Universitas Brawijaya Malang 2017   | <i>Fuzzy Sugeno</i> | Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik dan sensor kecepatan air untuk data parameter yang akan diolah menggunakan metode <i>fuzzy sugeno</i> untuk menentukan kondisi aman, waspada dan bahaya terhadap banjir yang akan dikirim ke node jaga melalui NRF24L01              |
| 4   | Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Metode <i>Fuzzy</i> yang Diimplementasikan Dengan <i>Real Time Operating System</i> (RTOS) | Lavanna Indanus Ramadhan, Universitas Brawijaya 2017           | <i>Fuzzy Sugeno</i> | Pada penelitian ini membangun sistem deteksi kebocoran LPG menggunakan sensor MQ-6 untuk membaca gas propana dan butana dan lm35 untuk membaca suhu. Diolah menggunakan metode <i>fuzzy</i> untuk pengambilan keputusan dan RTOS untuk menentukan prioritas deadline setiap task. |

|   |   |  |              |  |
|---|---|--|--------------|--|
| 5 | Sistem Monitoring Tinggi Air Tandon Berbasis Sensor Ultrasonik  | Masrur Fuadi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga 2012                 | Tanpa Metode | Pada penelitian ini membangun sistem monitoring tinggi muka air menggunakan sensor ultrasonik SRF05. Sistem berhasil menampilkan data hasil pengukuran ketinggian air pada tandon air dengan satuan sentimeter (cm).   |
| 6 | Perancangan Kontrol dan Monitoring Level Ketinggian Air di Waduk Bagian Hulu Untuk Meningkatkan Efektifitas Kinerja PLTA Kota Panjang | Maidi Rizki, Universitas Riau 2016   | Tanpa Metode | Pada penelitian ini berhasil alat kontrol dan monitoring ketinggian air dengan sensor ultrasonik. Dan hasil pengukurannya memiliki nilai <i>error</i> sebesar 0.03%.   |
| 7 | Jemuran Pakaian Otomatis Menggunakan Sensor Hujan dan Sensor LDR Berbasis Arduino Uno   | Desny Siswanto, Universitas Narotama Surabaya 2015                         | Tanpa Metode | Pada penelitian ini membangun sebuah sistem dengan sensor hujan untuk mendeteksi hujan dan sensor ldr untuk mendeteksi cahaya di area jemuran yang menandakan mendung. Dan sistem yang telah dibangun berhasil membaca kedua kondisi dengan baik dengan memberikan output penggerakan motor dc ketika kondisi hujan, mendung atau kedanya.                               |
| 8 | Alarm Prediksi Hujan dengan Sensor Tekanan Udara, Kelembaban Udara, Suhu, dan Sensor Hujan Berbasis Arduino                           | Johanes Maria hantoro Handjono, Universitas Gajah Mada 2016                | Tanpa Metode | Perancangan dan pembuatan alarm prediksi hujan berbasis Arduino berhasil dilakukan. Alat dapat memprediksi terjadinya hujan dengan menggunakan kelembaban udara, Suhu, dan tekanan udara sebagai parameternya. Sebelum terjadinya hujan terjadi penurunan tekanan udara, peningkatan kelembaban udara, dan penurunan Suhu.   |
| 9 | Implementasi Algoritma Fuzzy Sugeno untuk pengaturan <i>clue</i> pada Game Ali and The Labirin  | Fauziah Ayu Lestari, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang | Fuzzy Sugeno | Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian algoritma fuzzy sugeno pada game "Ali and The Labirin", dapat ditarik kesimpulan bahwa fuzzy sugeno dengan 3 variabel <i>input</i> dapat digunakan untuk mengatur <i>clue</i> secara dinamis dengan jumlah keputusan <i>clue</i> menuju 2 box 24,615%, <i>clue</i> menuju 1 box 49,230% dan <i>no clue</i> sebesar 26,153%. |



|    |  |   |                     |  |
|----|--|---|---------------------|--|
| 10 | Implementasi Metode <i>Fuzzy Sugeno Embedded System</i> Untuk Mendeteksi Kondisi Kebakaran dalam Ruang | Rezak Andri Purnomo, Universitas Brawijaya 2017 | <i>Fuzzy Sugeno</i> | Pada penelitian ini menggunakan 3 parameter untuk mendeteksi kebakaran yaitu, suhu, bahan bakar dan oksigen. Penggunaan sensor dht 11, <i>flame</i> dan MQ-2. Sistem ini berhasil membaca kondisi kebakaran menggunakan metode <i>fuzzy sugeno</i> . |
|----|--|---|---------------------|--|

## 2.2 Dasar Teori

Dasar teori membahas berbagai teori yang diperlukan dalam menyusun penelitian yang diusulkan. Dasar teori akan dibahas pada subbab 2.2.1 sampai 2.2.11.

### 2.2.1 Yumina Bumina

*Yumina-Bumina* merupakan suatu inovasi teknologi budidaya ramah lingkungan yang berbasis pada ketahanan pangan untuk keluarga. Pasalnya, karena dengan budidaya *yumina-bumina* maka kebutuhan sumber pangan untuk keluarga seperti protein, lemak, karbohidrat, serat, dan vitamin dapat terpenuhi dengan mudah, murah, serta terjamin kualitasnya.

Secara sederhana, *yumina-bumina* merupakan singkatan atau istilah populer untuk kegiatan yang memadukan antara budidaya tanaman sayuran dengan ikan serta budidaya tanaman buah dengan budidaya ikan. tanaman sayuran dalam konteks *yumina* yaitu tanaman yang cenderung menyukai air, tanaman yang menghasilkan batang dan daun yang dapat dijadikan sayuran konsumsi seperti kangkung, pakcoi, selada, kailan, selada, genjer, sledri, dan lainnya. Untuk tanaman buah dalam konteks *bumina* yaitu tanaman semusim yang dapat menghasilkan buah seperti cabai, tomat, terong, strawberry, dan lainnya). Sementara ikan yang dapat dibudidayakan dengan konsep ini antara lain lele, patin, mas dan nila sebagai ikan konsumsi sedangkan untuk ikan hias berbagai jenis ikan hias dapat dibudidayakan dengan sistem *Yumina-Bumina*.

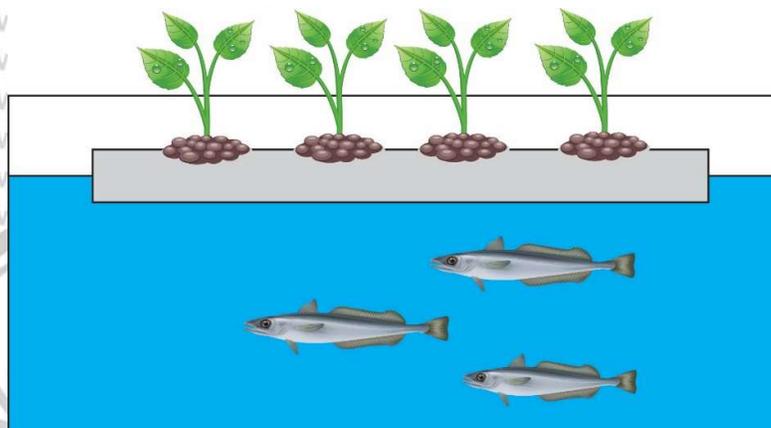
Budidaya *yumina-bumina* merupakan perkembangan dari teknologi akuaponik yang berprinsip hemat air dan hemat lahan dengan memadukan budidaya ikan (akuakultur) dan budidaya tanaman tanpa tanah (hidroponik) yang dirintis dan dikaji pada tahun 2005 oleh Almarhum Prof. Dr. Taufik Ahmad yang diujikan pada budidaya ikan patin dengan sayuran kangkung dan pakcoi. Teknik budidaya akuaponik ini mulai dikembangkan oleh Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Tawar di Bogor, yaitu salah satu UPT dari Kementerian Kelautan dan Perikanan yang mengemban tugas untuk meneliti dan mengembangkan teknologi perikanan budidaya air tawar (Taufik, 2015).

Konsep *Yumina-Bumina* telah dikembangkan dan dihasilkan empat sistem dengan berbagai model adalah sistem rakit, sistem aliran atas, sistem aliran bawah dan sistem pasang surut karena mampu meningkatkan pendapat pembudidaya hingga 3 kali lipat dari budidaya dengan sistem tradisional.



### 2.2.1.1 Yumina Bumina Sistem Rakit Apung

Yumina Bumina sistem rakit apung atau *deep water culture* ini adalah sistem yang nyaris membuat seluruh perakaran tanaman terendam larutan nutrisi yang diberi aerasi dengan pompa udara akuarium dan airstone selama 24 jam. Sehingga sistem ini sangat tepat untuk tanaman yang masa pertumbuhan cepat dan suka banyak air seperti selada dan kangkung. Gambaran yumina bumina sistem rakit apung dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Sistem Rakit Apung

### 2.2.2 Ketinggian Air Ideal Kolam Budidaya

Ketinggian air ideal dalam kolam ikan pada dasarnya adalah  $\frac{3}{4}$  atau lebih dari tinggi maksimal kolam. Misalkan untuk kolam yang berukuran  $1 \times 1 \text{m}^2$  dan kedalaman 1 meter maka tinggi kolam idealnya adalah 0,75m. Ketinggian air berhubungan dengan ketersediaan air yang harus terjamin jumlahnya. Ketika musim kemarau ketersediaan air harus tercukupi agar ikan tidak kekurangan area bebas yang mempengaruhi jumlah oksigen yang berada didalam air sehingga menghambat pertumbuhan ikan bahkan menyebabkan ikan sakit dan mati.

### 2.2.3 Hujan

Hujan merupakan peristiwa presipitasi (jatuhnya cairan dari atmosfer yang berwujud cair maupun beku ke permukaan bumi). Hujan memerlukan keberadaan lapisan atmosfer tebal agar dapat menemukan suhu di atas titik leleh es di atas permukaan bumi.

Di bumi, hujan adalah proses kondensasi (perubahan wujud benda ke wujud yang lebih padat) uap air di atmosfer menjadi butiran air yang cukup berat untuk jatuh dan biasanya tiba di daratan. Dua proses tersebut yang memungkinkan terjadi bersamaan dan mendorong udara semakin jenuh menjelang hujan, yaitu proses pendinginan udara atau penambahan uap air ke udara. Hujan memiliki ukuran yang beragam mulai dari butiran besar hingga butiran kecilnya.

## 2.2.4 Metode Fuzzy

Metode *fuzzy* adalah sebuah metode perhitungan yang menggunakan variabel kata-kata (*linguistic variable*) sebagai pengganti perhitungan menggunakan bilangan. Kata-kata yang digunakan dalam metode *fuzzy* memang tidak seakurat bilangan, namun kata-kata dalam metode *fuzzy* jauh lebih dekat dengan intuisi manusia (Naba, 2009). Pada dasarnya metode *fuzzy* tidak semua keputusan dijabarkan dengan 0 atau 1, namun ada kondisi diantara keduanya, daerah diantara keduanya inilah yang disebut dengan *fuzzy* atau tersamar. Secara umum metode *fuzzy* memiliki beberapa konsep, yang dijelaskan dibawah ini:

1. Himpunan tegas (*crisp*) adalah nilai keanggotaan suatu item dalam suatu himpunan tertentu.
2. Himpunan *fuzzy* adalah sebuah himpunan yang digunakan untuk mengatasi kekakuan dari himpunan tegas (*crisp*).
3. Fungsi keanggotaan memiliki nilai interval 0 sampai dengan 1.
4. Variabel Linguistik adalah sebuah variabel yang memiliki nilai berupa kata-kata yang dinyatakan dalam bahasa yang alamiah dan bukan sebuah bilangan.
5. Operasi dasar himpunan *fuzzy* adalah operasi yang bertujuan untuk menggabungkan dan atau memodifikasi sebuah himpunan *fuzzy*.
6. Aturan (*rule*) *if-then fuzzy* adalah sebuah pernyataan *if-then*, dimana beberapa kata dalam pernyataan tersebut ditentukan oleh fungsi keanggotaan.

Dalam penerapan metode *fuzzy*, ada beberapa hal yang harus diperhatikan salah satunya yaitu cara mengolah nilai *input* menjadi nilai *output* melalui tahap inferensi *fuzzy*. Tahap inferensi *fuzzy* atau cara merumuskan pemetaan dari *input* yang diberikan pada *output*. Tahap ini melibatkan fungsi keanggotaan, operasi logika, serta aturan *if-then*. Tahap ini akan menghasilkan *FIS* (*fuzzy inferensi system*). Pada metode *fuzzy* memiliki beberapa jenis *FIS* diantaranya adalah *Tsukamoto*, *Mamdani* dan *Sugeno*.

### 2.2.4.1 Metode Fuzzy Takagi-Sugeno

Metode *fuzzy takagi-sugeno* adalah sebuah inferensi *fuzzy* yang aturannya direpresentasikan dalam bentuk *if-then*, dimana *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, tapi berupa konstanta atau sebuah persamaan linier. Takagi-Sugeno Kang memperkenalkan metode ini pada tahun 1985. Model ini terdapat 3 tahapan untuk mendapatkan *output* :

1. Fuzzifikasi  
Fuzzifikasi merupakan sebuah proses pembentukan himpunan keanggotaan yang digunakan sebagai *input fuzzy*.
2. Penalaran

Penalaran merupakan sebuah proses implikasi dalam menalarkan nilai *input* untuk menentukan nilai *output* sebagai bentuk pengambilan keputusan. Salah satu model penalaran yang banyak digunakan adalah penalaran *min-max*. Pada penalaran ini, tahap pertama yang dilakukan adalah melakukan operasi *min* sinyal *output* lapisan fuzzifikasi, yang dilanjutkan dengan operasi *max* untuk mencari nilai *output* yang kemudian akan ditemukan bentuk keluaran dengan defuzzifikasi.

### 3. Defuzzifikasi

*Input* dari tahap defuzzifikasi merupakan sebuah himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang diperoleh berupa bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan sebuah himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus diperoleh sebuah nilai tegas tertentu sebagai *output*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *high method* yang dikenal dengan prinsip keanggotaan maksimum dikarenakan metode ini memilih nilai tegas yang memiliki derajat keanggotaan maksimum.

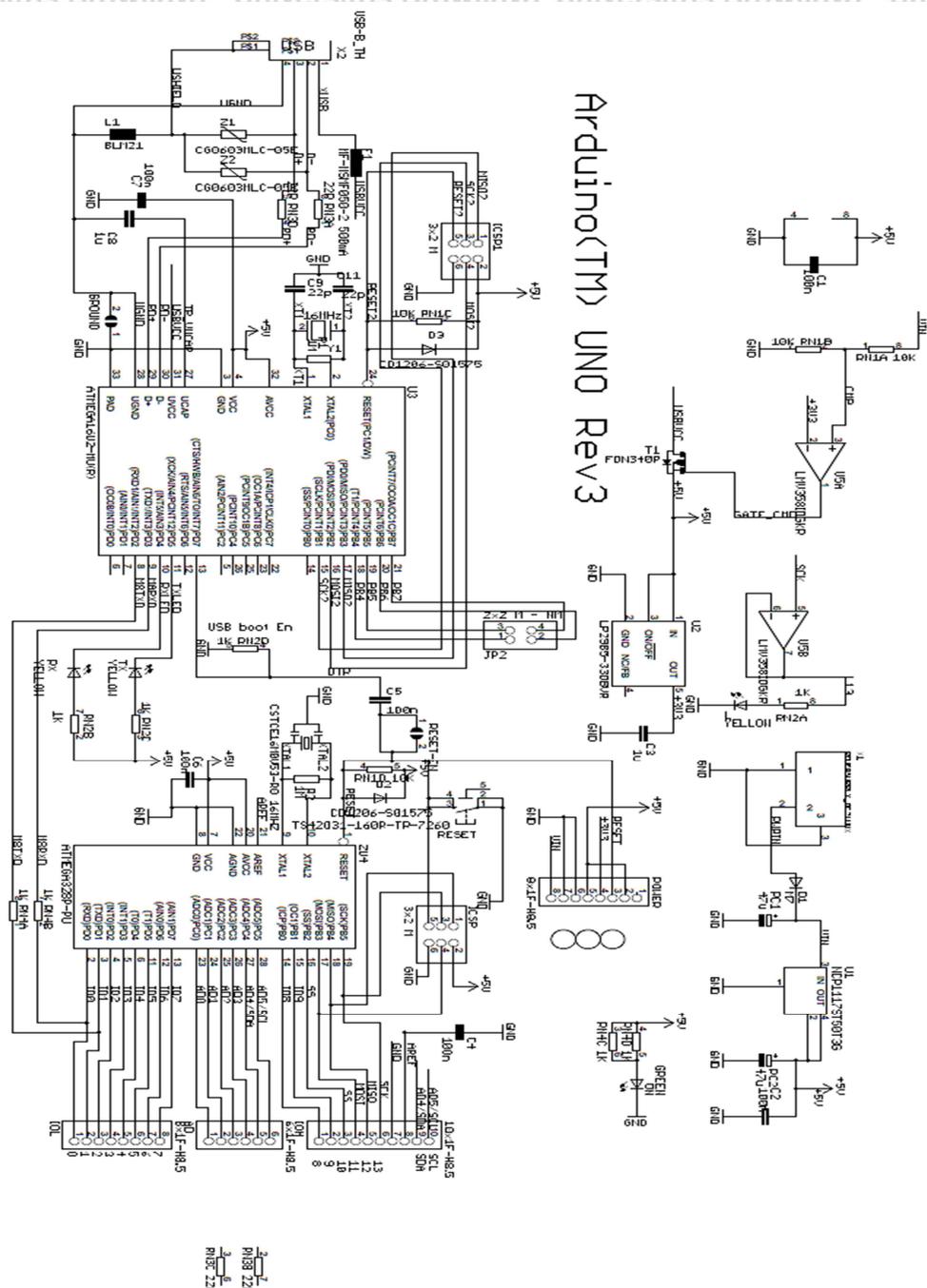
## 2.2.5 Mikrokontroler Arduino Uno

Menurut (Syahwil, 2013), “Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer fungsional yang berada dalam sebuah *chip*. Di dalamnya terdapat sebuah prosesor, memori (*RAM dan ROM*) dan *I/O (Input/Output)*. Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar dari suatu sistem komputer. Meskipun memiliki ukuran yang lebih kecil dari pada sebuah komputer pribadi dan *computer mainframe*, mikrokontroler dibangun dari elemen-elemen dasar yang sama. Fungsinya pun sama seperti komputer pada umumnya yaitu menggerakkan instruksi-instruksi yang diberikan kepadanya, yang berarti bagian utama dari sistem terkomputerisasi adalah program itu sendiri yang dibuat oleh programmer untuk melakukan tugas sesuai yang diinginkan.”

Arduino/ Genuino Uno adalah sebuah board mikrokontroler yang didalamnya tertanam mikrokontroler AVR seri ATmega328P produk dari Atmel. Arduino Uno menyediakan 20 pin *I/O* yang terdiri dari 14 pin *input/ output* digital dengan 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM (*Pulse Width Modulation*), 6 *analog input*, *crystal osilator* 16 MHz, koneksi USB, sebuah sambungan daya, kepala ICSP dan tombol *reset*. Hal tersebut dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler, Board Arduino dapat dioperasikan dengan menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB dan memberikan tegangan dari luar sebesar 6-20 *volt* dengan adaptor AC-DC atau baterai. Tegangan yang direkomendasikan sebesar 7 sampai 12 *volt*, karena jika tegangan kurang dari 7 *volt* board menjadi tidak stabil, jika tegangan lebih dari 12 *volt*, tegangan diregulator akan menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada *board*.

Uno mempunyai arti satu pada bahasa Italia dan dipilih untuk menandai pelepasan *Arduino Software (IDE)* 1.0 (Arduino, 2017). Board Uno dan versi 1.0 dari *Arduino Software (IDE)* adalah versi *referensi* dari Arduino dan sekarang berkembang untuk meluncurkan yang lebih baru. Board Uno adalah yang pertama

dari seri board USB Arduino dan menjadi model referensi untuk platform Arduino, untuk daftar dari ekstensif board yang terbaru dan yang lama untuk melihat indeks dari board Arduino. Skematik diagram dari Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Skematik dari Arduino Uno

Sumber: (Arduino, 2017)

### 2.2.6 Pemrograman C Arduino

Untuk membuat mikrokontroler Arduino berjalan sesuai instruksi yang diinginkan, arduino harus diprogram dengan Integrated Development Environment (*IDE*) Arduino. Pemrograman adalah cara untuk memasukan perintah-perintah yang ingin dijalankan pada mikrokontroler dengan bahasa pemrograman yang dimengerti oleh komputer. Bahasa pemrograman pada komputer sangat beranekaragam, namun bahasa pemrograman yang digunakan Arduino adalah bahasa C/ C++ yang dapat dipanggil dari kode *programmer* kemudian di-*compile* dan di-*upload* (Arduino, 2017). Pemrograman ini merupakan pemrograman tingkat rendah, yang berarti pemrograman dilakukan langsung ke *hardware*. Oleh sebab itu, pemrograman pada Arduino langsung ditunjukkan kepada pin yang digunakan pada *source code*. Semua C dan C++ yang dibangun harus sesuai dengan standar *avr-g++* agar dapat mendukung dan bekerja di Arduino.”

### 2.2.7 Pompa Air DC 6v

Pompa air dc 6v adalah sebuah pompa air kecil berukuran 24mm x 45mm x 33mm yang biasa digunakan untuk sirkulasi, akuarium dan alat penjernih air. Pompa rendam ini mampu mengalirkan air maksimum 2 liter/menit, daya dorong maksimum 2 meter dan memiliki diameter nepel 7mm. Bentuk fisik pompa dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Pompa Dc 6v

Sumber: (Aliexpress, 2017)

### 2.2.8 Sensor Ultrasonik HC-SR04

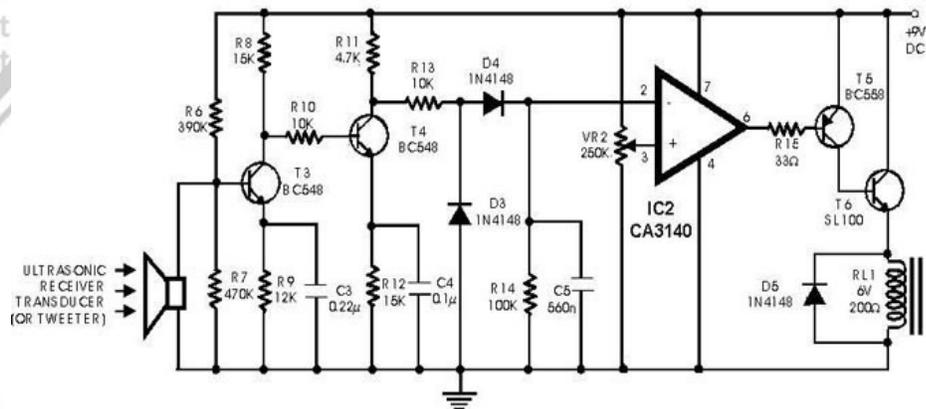
Sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah sensor yang dirancang untuk mengubah energi listrik menjadi mekanik dalam bentuk gelombang suara ultrasonik. Sensor ini memiliki rangkaian pemancar gelombang ultrasonik (*transmitter*) dan rangkaian penerima gelombang ultrasonik (*receiver*). Sensor ini bekerja dengan memancarkan sinyal melalui pemancar gelombang ultrasonik, kemudian sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai bunyi dengan kecepatan 344 m/s. Dan yang terakhir sinyal yang diterima oleh *receiver* akan diproses untuk menghitung jaraknya dalam satuan *centimeter*(cm). Bentuk fisik

sensor dapat dilihat pada gambar 2.4 dan Gambar 2.5 menunjukkan rangkaian skematik sensor.



Gambar 2. 4 Sensor Ultrasonik

Sumber: (Peers, 2017)



Gambar 2. 5 Rangkaian Skematik Sensor Ultrasonik

Sumber: (Sakti, 2017)

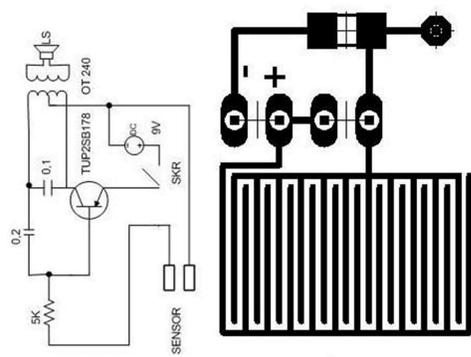
### 2.2.9 Sensor Hujan (Rain Drop Sensor)

Sensor air hujan adalah sebuah komponen elektronika yang diciptakan untuk mendeteksi adanya rintik hujan. Prinsip kerjanya ketika air hujan mengenai panel sensor, maka akan terjadi proses elektrolisis oleh air hujan. Dan karena air hujan termasuk dalam golongan cairan elektrolit, cairan tersebut dapat menghantarkan arus listrik. Dengan kata lain sensor ini dapat digunakan untuk memonitoring kondisi ada tidaknya hujan yang dimana keluarannya dari sensor ini dikonversikan ke beberapa sinyal output digital maupun analog. Bentuk fisik sensor dapat dilihat pada gambar 2.6 dan rangkaian skematik sensor dapat dilihat pada Gambar 2.7.





Gambar 2. 6 Sensor Hujan  
Sumber: (Playground, 2017)



Gambar 2. 7 Rangkaian Skematik Sensor Hujan  
Sumber: (Afiata, 2017)

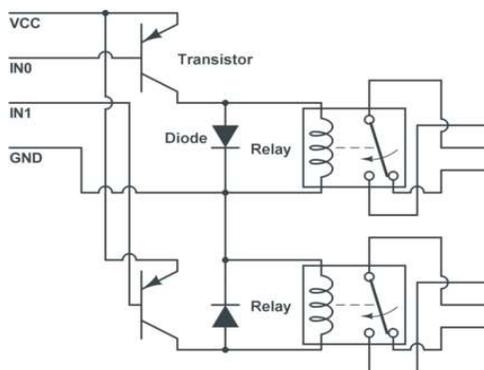
### 2.2.10 Relay 2 Channel

Relay adalah modul relay SPDT (*Single Pole Double Throw*) yang memiliki ketahanan yang baik terhadap arus dan tegangan yang besar, baik dalam bentuk AC maupun DC. Aplikasi driver ini adalah sebagai electronic-switch yang dapat digunakan untuk mengendalikan *ON/OFF* peralatan listrik berdaya besar. Yang digunakan dalam penelitian ini adalah relay 5v 2 channel. Bentuk fisik relay dan rangkaian skematiknya dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan 2.9.



Gambar 2. 8 Bentuk Fisik Relay  
Sumber: (Cerdas, 2017)





**Gambar 2. 9** Rangkaian Skematik Relay 2 Channel

Sumber: (Lab, 2017)

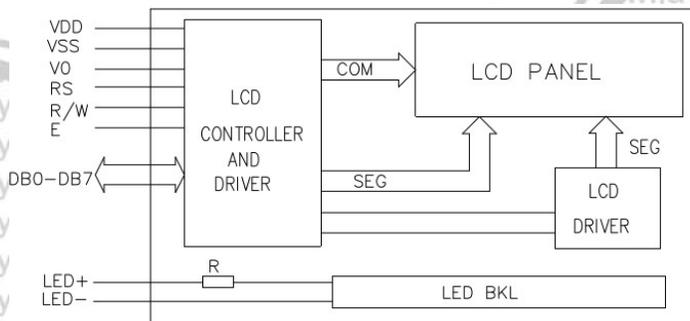
### 2.2.11 LCD 16x2

LCD 16x2 adalah sebuah perangkat elektronik yang berfungsi untuk menampilkan karakter. Pada baris pertama karakter yang ditampilkan berjumlah 16 dan pada baris kedua karakter yang ditampilkan juga berjumlah 16. LCD digunakan sebagai sarana penyampaian keluaran sistem sehingga memudahkan pengguna dalam menggunakan sistem. Berikut bentuk fisik lcd ditunjukkan pada Gambar 2.10 dan skematik LCD pada Gambar 2.11.



**Gambar 2. 10** Bentuk Fisik LCD 16x2

Sumber : (Engineersgarage, 2017)



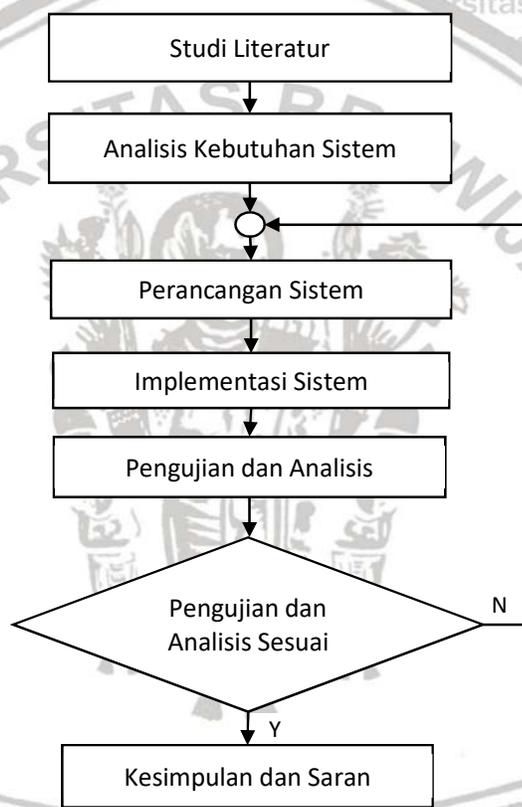
**Gambar 2. 11** Skematik LCD 16x2

Sumber : (Engineersgarage, 2017)



### BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan bagaimana metodologi yang dilakukan agar bisa membuat sebuah sistem kontrol ketinggian air pada budidaya ikan buah dan sayuran bumina yumina menggunakan metode *fuzzy* takagi-sugeno. Tipe penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebuah implementasi perancangan sistem berupa *prototype*. Sistem yang dimaksud pada penelitian ini yaitu meliputi seluruh komponen yang berupa perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang berjalan sesuai dengan tujuan yaitu kontrol ketinggian air. Metode penelitian yang akan digunakan pada skripsi ini ditunjukkan pada diagram alir gambar 3.1 dibawah ini.



**Gambar 3. 1** Alur Pelaksanaan

Gambar 3.1 merupakan diagram alir metode penelitian yang dimulai dari studi literatur yang masih berhubungan dengan tinjauan pustaka dan juga dasar teori tentang tinjauan pustaka dan juga dasar teori tentang riset sebelumnya yang akan berkaitan dengan kontrol ketinggian air yang menggunakan sensor ultrasonik, dan sensor hujan, analisa kebutuhan, perancangan perangkat keras dan lunak, implementasi, pengujian dan analisa, kemudian penarikan kesimpulan.



### 3.1 Studi Literatur

Pada tahap ini akan dibahas mengenai studi literatur yang digunakan yang mendukung dan menjadi landasan dasar pada penelitian Kontrol Ketinggian Air pada Budidaya Ikan, Buah, Sayuran Bumi Yumina Menggunakan Metode *Fuzzy Takagi-Sugeno*. Studi literatur yang digunakan sebagai pendukung tersebut diperoleh dari buku, jurnal, *paper* dan internet. Beberapa literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

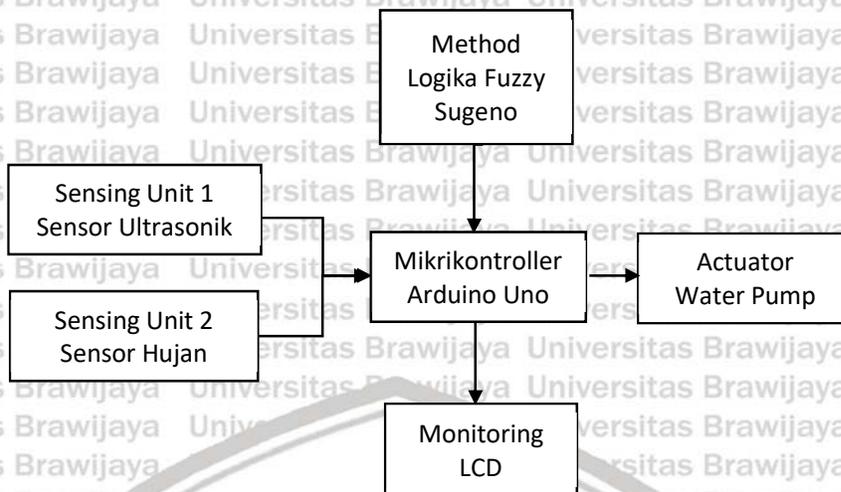
1. Teori mengenai konsep Budidaya *Yumina-Bumina*.
2. Teori mengenai Metode *Fuzzy*.
3. Teori mengenai ketinggian air dan kadar air hujan.
4. Mikrokontroler *Arduino Uno*, pompa air dc 6v, relay, sensor ultrasonik, sensor hujan.

### 3.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisa kebutuhan sistem bertujuan untuk melakukan analisis semua kebutuhan yang diperlukan sistem yang akan dibangun pada penelitian Kontrol Ketinggian Air pada Budidaya Ikan, Buah, Sayuran Bumi Yumina Menggunakan Metode *Fuzzy Takagi-Sugeno* agar dapat dikatakan bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Analisis kebutuhan penelitian dilakukan dengan cara mengidentifikasi masalah yang ada sehingga didapatkan proses apa saja yang akan terjadi, dari proses-proses tersebut akan dilakukan analisa sehingga akan didapatkan kebutuhan *hardware*, *software*, dan juga kebutuhan yang didapatkan melalui uji coba.

### 3.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem adalah tahap yang dilakukan setelah melakukan studi literatur dan juga analisa kebutuhan. Dalam tahap perancangan ini dilakukan 2 tahap yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras meliputi *Arduino Uno*, Sensor Ultrasonik, Sensor Hujan, Pompa Air DC 6v dan LCD. Perancangan perangkat lunak meliputi perancangan program *fuzzy*, perancangan program *arduino*. Diagram blok perancangan sistem kontrol ketinggian air bisa dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



**Gambar 3. 2** Diagram Blok Sistem

Gambar 3.2 diatas adalah diagram blok perancangan sistem pada penelitian ini. Dibawah ini adalah penjelasan dari diagram blok tersebut:

1. Sensing unit 1 pada penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik dengan *input* jarak yang terdeteksi dan akan menghasilkan *output* berupa ketinggian air dalam (cm).
2. Sensing unit 2 pada penelitian ini menggunakan sensor hujan, dengan *input* tetesan air yang terdeteksi pada panel akan menghasilkan output data analog yang kemudian diolah menjadi digital berupa kondisi hujan atau tidak.
3. *Processing unit* pada penelitian ini menggunakan Arduino Uno yang berfungsi sebagai pengolah data dari sensing.
4. Metode yang digunakan dalam mengolah data pada penelitian ini adalah metode *fuzzy* Takagi Sugeno.
5. *Output* pengolahan data dari sistem akan menjalankan pompa dalam kondisi tertentu.
6. *Output* yang digunakan untuk menampilkan data adalah LCD.

### 3.4 Implementasi Sistem

Pada implementasi sistem akan dilakukan penerapan dari Kontrol Ketinggian Air pada Budidaya Ikan, Buah, Sayuran Bumina Yumina Menggunakan Metode *Fuzzy* Takagi-Sugeno dengan cara mengacu pada tahap perancangan sistem, kemudian akan dilakukan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat yang dibangun sudah sesuai yang direncanakan sebelumnya pada penelitian ini meliputi:

1. Implementasi *prototype* kolam dan perangkat keras.
2. Implementasi perangkat lunak yang meliputi perancangan agar sensor berjalan sesuai dengan kebutuhan dan perancangan metode *fuzzy takagi-sugeno*.

### 3.5 Pengujian dan Analisis

Pada pengujian dan analisis sistem dilakukan agar mengetahui apakah sistem kontrol ketinggian air pada budidaya ikan, buah, sayuran bumina yumina menggunakan metode *fuzzy* takagi sugeno sesuai dengan tujuan yang diinginkan atau tidak. Apabila tidak sesuai maka akan dilakukan analisis kesalahan yang mengakibatkan hal tersebut terjadi yang dapat dilihat dari komponen penyusun alat maupun kode program yang telah dibuat. Pengujian sistem yang dilakukan dengan cara menguji alat sesuai skenario pengujian dan hasil uji tersebut barulah dilakukan sebuah analisis. Di bawah ini beberapa skenario pengujian yang akan dilakukan:

1. Pengujian sensor ultrasonik
2. Pengujian sensor hujan
3. Pengujian relay
4. Pengujian pompa air
5. Pengujian metode *fuzzy* takagi sugeno
6. Pengujian kesesuaian sistem

### 3.6 Kesimpulan & Saran

Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah melakukan tahap perancangan, implementasi, pengujian dan analisis sistem telah selesai dilakukan. Kesimpulan diambil dari hasil pengujian dan analisis terhadap sistem yang dibuat. Saran diambil dari Kesimpulan untuk mengetahui tingkat keakuratan keseluruhan sistem dan diharapkan dapat menjadi acuan untuk penelitian lain untuk mengembangkan teknologi pada budidaya ikan, sayuran dan buah-buahan yumina bumina. Pada akhir penulisan yang bertujuan untuk memperbaiki kesalahan dan menyempurnakan penulisan untuk memberi pertimbangan pada pengembangan sistem selanjutnya.

## BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN

### 4.1 Deskripsi Umum

Pada bab ini menguraikan tentang rekayasa kebutuhan yang harus dipenuhi dalam perancangan dan juga implementasi sistem. Sehingga diharapkan pada perancangan dan juga implementasi sistem kontrol ketinggian air pada budidaya ikan dan tanaman yumina bumina sistem rakit apung menggunakan metode *fuzzy takagi-sugeno* dapat berjalan dengan baik.

#### 4.1.1 Perspektif Sistem

Sistem kontrol ketinggian air pada budidaya ikan dan tanaman yumina-bumina menggunakan metode *fuzzy takagi-sugeno* untuk mencegah kegagalan budidaya yang disebabkan oleh kurangnya area bebas dan perubahan kadar keasaman kolam akibat air hujan. Sistem dikatakan dapat bekerja dengan baik apabila sistem mampu menentukan kondisi yang harus dilakukan apabila terjadi perubahan pada ketinggian air dan cuaca pada area kolam.

#### 4.1.2 Karakteristik Pengguna

Karakteristik pengguna dalam sistem ini adalah sistem ini diciptakan untuk masyarakat yang melakukan budidaya yumina bumina namun kesulitan dalam hal mengontrol secara berkala. Sistem ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan yang diperlukan oleh pengguna. Dalam sistem ini dapat mengontrol ketinggian air, serta data yang kontrol akan ditampilkan pada LCD.

#### 4.1.3 Lingkungan Operasi Sistem

Pada penelitian ini kebutuhan lingkungan yang mendukung bekerjanya sistem berada pada ruangan terbuka.

#### 4.1.4 Asumsi dan Ketergantungan

Dibawah ini merupakan sebuah asumsi dan ketergantungan yang ada pada sistem ini diantaranya adalah:

1. Data pada sensor dapat dibaca sistem apabila rangkaian yang digunakan sesuai dengan rangkaian yang telah dirancang sebelumnya.
2. Input yang digunakan bergantung dengan adanya air pada kolam dan hujan untuk mengukur ketinggian air dan keadaan hujan yang digunakan untuk menjalankan pompa.
3. Penempatan LCD berada di sekitar kolam.

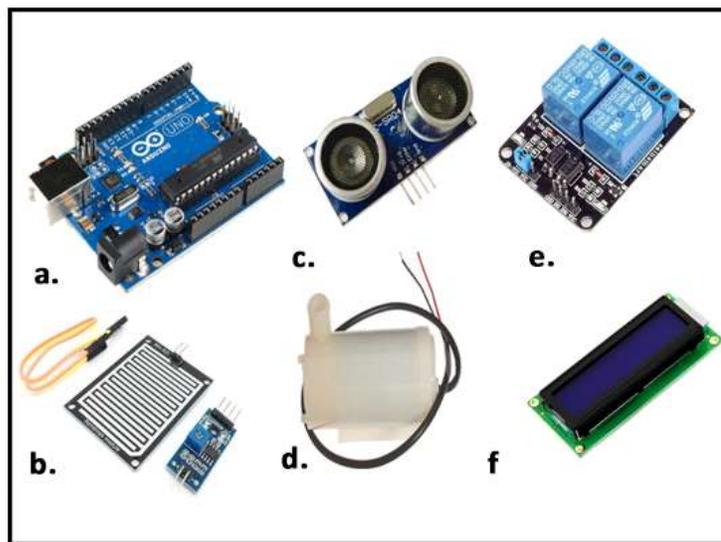
### 4.2 Rekayasa Kebutuhan

Pada bab rekayasa kebutuhan ini akan menguraikan semua kebutuhan yang memiliki tujuan agar sistem kontrol ketinggian air pada budidaya ikan, dan tanaman yumina bumina ini dapat bekerja sesuai dengan tujuan awal yang terdiri

dari kebutuhan fungsional, kebutuhan komunikasi dan kebutuhan lain yang dibutuhkan oleh sistem dan akan dijelaskan pada sub bab dibawah ini.

#### 4.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Gambar 4.1 dibawah ini merupakan kebutuhan perangkat keras yang dibutuhkan pada sistem ini.



**Gambar 4. 1** Kebutuhan Perangkat Keras

Penjelasan kebutuhan perangkat keras yang dipakai dalam sistem ini adalah sebagai berikut:

- a. Dibutuhkan sebuah mikrokontroler yang digunakan untuk mengolah *input* maupun *output* dari rangkaian sensor. Data ketinggian air kolam dari sensor akan menjadi nilai *input* pertama dan data kondisi hujan atau tidak dari sensor akan menjadi nilai *input* kedua, kemudian akan diolah untuk menggerakkan pompa menggunakan Arduino Uno.
- b. Dibutuhkan sebuah sensor yang mampu mendeteksi kondisi sedang hujan atau tidak pada area kolam sehingga diperlukan sensor hujan.
- c. Dibutuhkan sebuah sensor yang mampu mendeteksi ketinggian air pada kolam sehingga diperlukan sensor ultrasonik.
- d. Dibutuhkan sebuah alat untuk menyedot air masuk dan keluar kolam sehingga diperlukan pompa air dc 6v.
- e. Dibutuhkan daya 5v untuk mengaktifkan pompa sehingga diperlukan relay.
- f. Dibutuhkan media untuk menampilkan informasi pada area kolam sehingga diperlukan lcd 16x2.

## 4.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam membuat program pada setiap bagian sistem adalah sebagai berikut.

### 1. Arduino IDE

Perangkat lunak ini digunakan untuk menuliskan program, mengkompilasi program dan mengupload program pada perangkat arduino sehingga sistem dapat berjalan sesuai dengan keinginan.

## 4.2.3 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional sistem adalah kebutuhan yang harus dipenuhi agar sistem dapat dikatakan telah bekerja sesuai dengan tujuan. Beberapa kebutuhan fungsional yang diperlukan sistem ini akan dijelaskan pada beberapa sub bab dibawah ini:

### 4.2.3.1 Fungsi Pembacaan Data Sensor Ultrasonik

Fungsi ini mengharuskan sistem mampu membaca data sensor yang berupa ukuran tinggi air pada kolam yang menjadi nilai *input* pada mikrokontroler. Fungsi ini merupakan fungsi yang diprioritaskan karena data ketinggian air merupakan salah satu data utama yang akan digunakan dalam sistem ini. Nilai yang didapatkan berupa ketinggian air dalam *centimeter* (cm).

### 4.2.3.1 Fungsi Pembacaan Data Sensor Hujan

Fungsi ini mengharuskan sistem mampu membaca data sensor yang berupa kondisi lingkungan sedang hujan atau tidak pada kolam yang menjadi nilai *input* pada mikrokontroler. Fungsi ini merupakan fungsi yang diprioritaskan karena data hujan merupakan salah satu data utama yang akan digunakan dalam sistem ini. Nilai yang didapatkan berupa data kondisi hujan atau tidak hujan.

### 4.2.3.3 Fungsi Pengontrolan Pompa dengan relay

Fungsi ini mengharuskan sistem mampu mengaktifkan dan mengontrol berjalannya pompa untuk mengisi dan mengurangi air dalam kolam. Fungsi ini merupakan fungsi yang diprioritaskan karena pengisian dan pengurangan air merupakan output utama dalam sistem ini.

### 4.2.3.4 Fungsi Penentuan Kondisi Menggunakan Metode Fuzzy

Fungsi ini mengharuskan sistem mampu menentukan kondisi sesuai dengan input yang diterima dan diolah pada Arduino Uno yang hasilnya digunakan untuk mengontrol pompa. Fungsi ini merupakan fungsi yang diprioritaskan karena merupakan tujuan utama dari sistem yaitu sistem mampu menentukan output yang akan dijalankan.

### 4.2.3.5 Fungsi Menampilkan hasil olahan data

Fungsi ini mengharuskan sistem mampu menampilkan data yang sudah dibaca sensor dan diolah oleh mikrokontroler pada LCD. Fungsi ini merupakan



fungsi yang diprioritaskan karena menampilkan informasi data merupakan salah satu point utama yang akan digunakan dalam sistem ini.



## BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

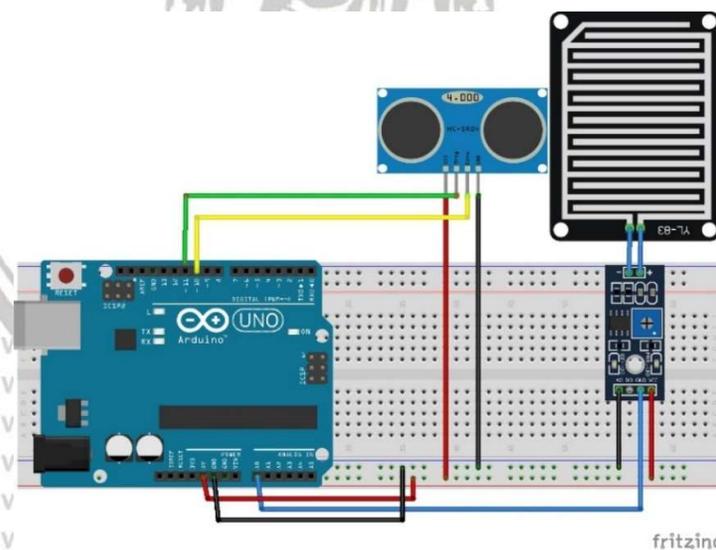
Pada bab ini akan membahas mengenai perancangan dan implementasi dari sistem yang akan dibuat dalam penelitian ini yaitu “Kontrol Ketinggian Air Pada budidaya ikan, dan tanaman yumina-bumina menggunakan metode *fuzzy takagi-sugeno*”. Tahap perancangan sistem terdiri dari perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*).

### 5.1 Perancangan Sistem

Perangkat yang akan di bangun adalah perangkat yang mampu mengontrol ketinggian air berdasarkan ketinggian air dalam kolam dan kondisi lingkungan kolam yang sedang hujan atau tidak hujan. *Input* dari ketinggian air dan kondisi hujan atau tidak hujan tersebut akan diolah menggunakan mikrokontroler. *Output* yang dihasilkan sistem ini untuk menentukan kondisi saat mengontrol ketinggian air dengan perhitungan *fuzzy takagi-sugeno*.

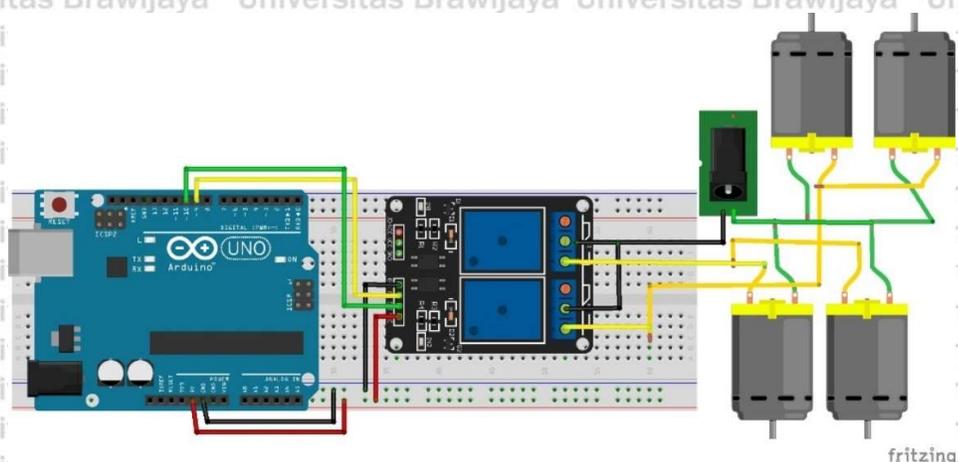
#### 5.1.1 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam membangun sistem yang mendukung mikrokontroler untuk menerapkan metode *fuzzy takagi-sugeno* sebagai metode pengambilan keputusan *output* dalam sistem kontrol ketinggian air ini. Mikrokontroler yang digunakan dalam sistem ini untuk mengolah data *input* dari sensor adalah Arduino Uno R3. Sensor yang digunakan untuk memperoleh ketinggian air adalah sensor ultrasonik, dan untuk memperoleh *input* kondisi hujan atau tidak hujan menggunakan sensor hujan.



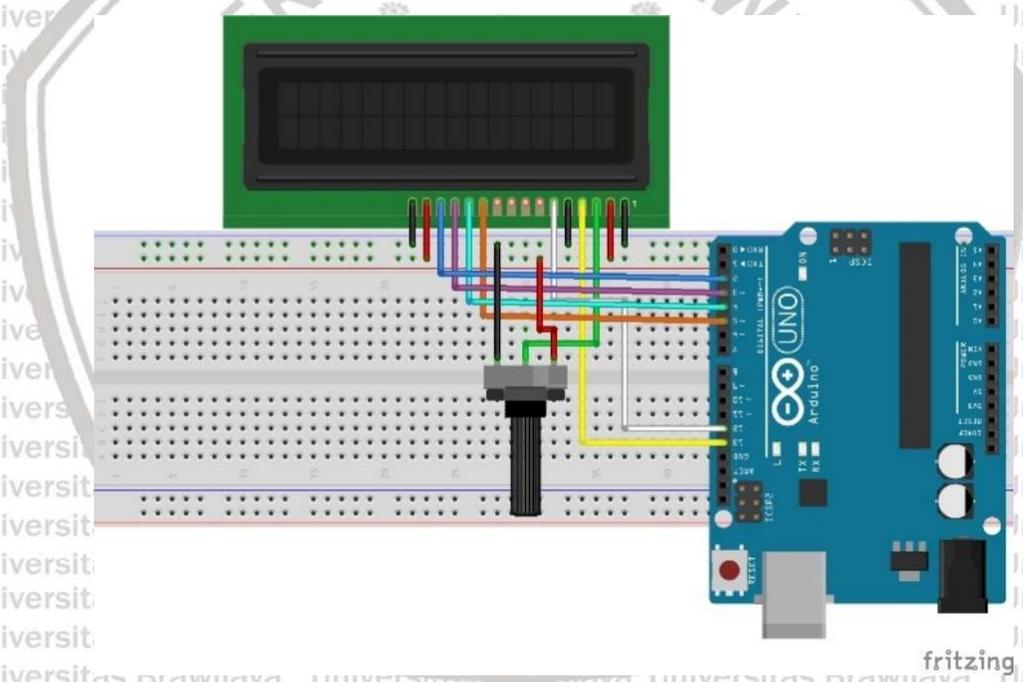
Gambar 5. 1 Skema Perancangan Sensor

Pada Gambar 5.1 menunjukkan skema perancangan sensor yang digunakan untuk melakukan pembacaan keadaan dalam sistem yang akan dibangun.



Gambar 5. 2 Skema Perancangan Aktuator

Pada Gambar 5.2 menunjukkan skema perancangan aktuator yang digunakan untuk menjalankan *output* dari keadaan yang dibaca oleh sensor dalam sistem yang akan dibangun.



Gambar 5. 3 Skema Perancangan LCD

Pada Gambar 5.3 menunjukkan skema perancangan LCD yang digunakan untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor dan *output* yang diberikan dalam sistem yang akan dibangun.

Koneksi pin dari perancangan perangkat keras yang digunakan oleh sistem ditunjukkan pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 berikut.



**Tabel 5. 1 Koneksi Pin Perangkat Keras 1**

| Pin Arduino Uno | Pin Sensor Ultrasonik | Pin Sensor Hujan | Pin LCD 16x2 | Pin Potensiometer | Relay 2 Channel |
|-----------------|-----------------------|------------------|--------------|-------------------|-----------------|
| Vcc             | Vcc                   | Vcc              | VCC          | Vcc               | Vcc             |
| GND             | GND                   | GND              | GND          | GND               | GND             |
| A0              | -                     | A0               | -            | -                 | -               |
| D2              | -                     | -                | -            | D7                | -               |
| D3              | -                     | -                | -            | D6                | -               |
| D4              | -                     | -                | -            | D5                | -               |
| D5              | -                     | -                | -            | D4                | -               |
| D7              | TRIGGER               | -                | -            | -                 | -               |
| D8              | ECHO                  | -                | -            | -                 | -               |
| D10             | -                     | -                | -            | -                 | INP1            |
| D11             | -                     | -                | -            | -                 | INP2            |
| D12             | -                     | -                | -            | EN                | -               |
| D13             | -                     | -                | -            | RS                | -               |

**Tabel 5. 2 Koneksi Pin Perangkat Keras 2**

| Jack Power | Relay Channel | Pompa DC 6v Kolam | Pompa DC 6v 2 Tandon |
|------------|---------------|-------------------|----------------------|
| Vcc        | COM1          | -                 | -                    |
| Vcc        | COM2          | -                 | -                    |
| -          | NO1           | Red               | -                    |
| -          | NO2           | -                 | Red                  |
| GND        | -             | White             | -                    |

### 5.1.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dalam sistem ini berupa rangkaian *code* program yang dibuat dalam *software* mikrokontroler yang bernama Arduino IDE. Program yang dibuat dengan menerapkan metode *fuzzy takagi-sugeno* sebagai metode pengambilan keputusan *output* berdasarkan *input* dari sensor Ultrasonik untuk mengetahui ketinggian air pada kolam, dan sensor hujan untuk mengetahui kondisi lingkungan hujan atau tidak hujan. Data input dari kedua sensor tersebut akan disimpan dalam suatu variabel yang akan diolah menggunakan metode *fuzzy takagi-sugeno* untuk menentukan kondisi himpunan *fuzzy* dari masing-masing variabel.

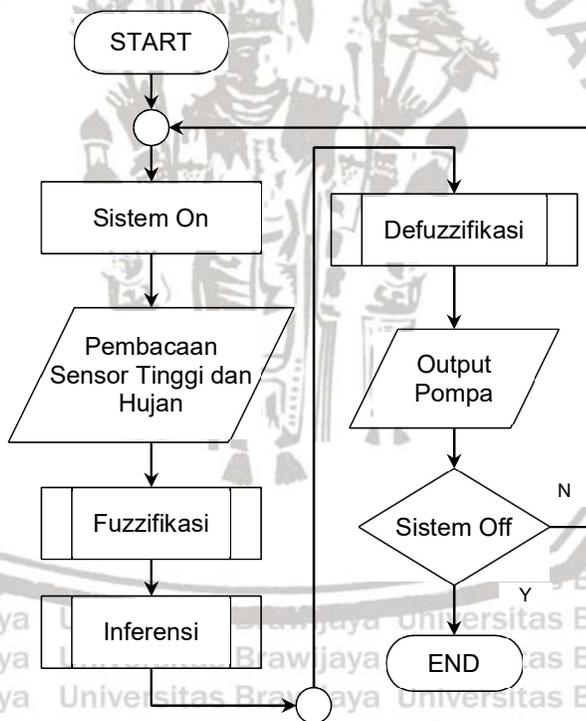
Penerapan metode *fuzzy takagi-sugeno* kedalam sistem kontrol ketinggian air pada budidaya ikan dan tanaman *yumina-bumina* yang akan diteliti, akan



dibuat suatu variabel array yang memiliki fungsi untuk menyimpan hasil dari proses fuzzifikasi, juga terdapat variabel inferensi fuzzy dan defuzzifikasi. Proses inferensi fuzzy dilakukan dengan menggunakan metode *min* yang memiliki untuk menentukan *output* sebagai bentuk pengambilan keputusan. Sedangkan variabel defuzzifikasi menggunakan metode *high method* untuk melakukan pemetaan himpunan fuzzy ke himpunan tegas (*crisp*) sehingga akan diperoleh *output* dari sistem. *Output* dari sistem kontrol ketinggian air pada budidaya ikan dan tanaman yamina-bumina berupa pompa menyala dan menampilkan kondisi pada LCD yang merupakan hasil dari proses defuzzifikasi.

### 5.1.2.1 Perancangan Fuzzy

Perancangan sistem menggunakan metode fuzzy memerlukan beberapa tahap agar keputusan yang menjadi *output* dari sistem sesuai dengan perhitungan metode fuzzy. Tahap tersebut adalah fuzzifikasi, inferensi fuzzy dan defuzzifikasi. Pada gambar 5.4 menunjukkan tahapan pada kontrol fuzzy memiliki fungsi yang saling berhubungan dengan tahapan yang lain sehingga tahapan yang dihasilkan akan menjadi input dari tahapan berikutnya sampai menjadi *output* akhir dari sistem.

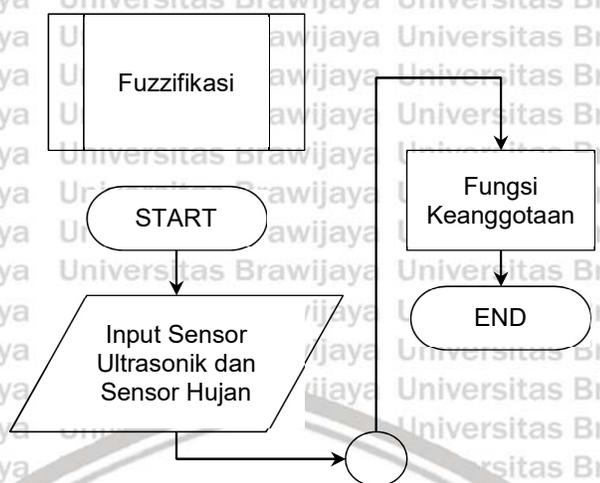


Gambar 5.4 Flowchart Perancangan Fuzzy

#### 5.1.2.1.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah suatu perubahan nilai tegas dalam fungsi keanggotaan fuzzy. Gambar 5.5, pada tahapan fuzzifikasi akan menerima proses *input* dari sensor ultrasonik yang memiliki fungsi untuk *input* data ketinggian air dan sensor hujan untuk *input* data hujan. Berikut ini adalah *flowchart* tahap fuzzifikasi.





Gambar 5. 5 Flowchart Proses Fuzzifikasi

Sistem kontrol ketinggian air pada budidaya ikan dan tanaman yuminabumina menggunakan metode takagi-sugeno memiliki 2 input dari sensor yaitu ketinggian air dan hujan. Pada variabel ketinggian air dibagi menjadi 3 himpunan keanggotaan yaitu rendah, normal dan tinggi. Sedangkan variabel hujan dibagi menjadi 2 himpunan keanggotaan yaitu tidak hujan, hujan biasa, hujan lebat.

5.1.2.1.1.1 Variabel Ketinggian Air

Pada ketinggian air, menetapkan nilai normal ketinggian air adalah ¾ tinggi kolam dan diperoleh nilai 12cm, batas rendah ketinggian air adalah 7cm dan batas tinggi air adalah 16cm. Ketika nilai ketinggian air berada diantara dua kondisi ketinggian air yang telah ditentukan maka diperlukan adanya pembuatan variabel ketinggian air yang akan dijadikan variabel linguistik yang akan diolah pada proses inferensi metode fuzzy. Berikut ini adalah himpunan pada variabel ketinggian air.

- Rendah [0 12]  
Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu[Rendah] = \begin{cases} 1, & x \leq 7 \\ \frac{12-x}{12-7}, & 7 < x \leq 12 \\ 0, & x > 12 \end{cases} \quad (5.1)$$

- Normal [7 16]  
Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan sebagai berikut.

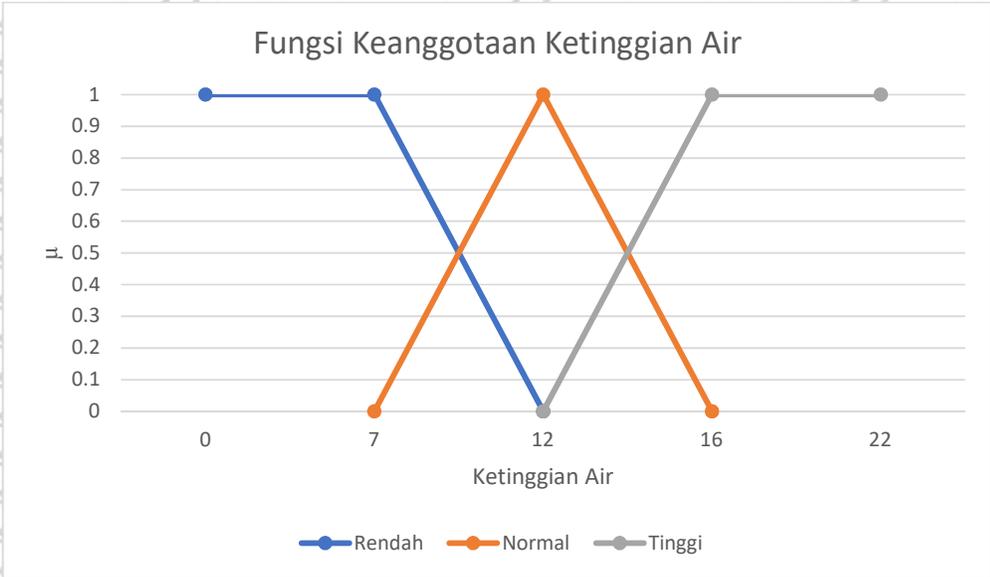
$$\mu[Normal] = \begin{cases} 0, & x \leq 7 \text{ atau } \geq 16 \\ \frac{x-7}{12-7}, & 7 < x \leq 12 \\ \frac{16-x}{16-12}, & 12 < x \leq 16 \\ 1, & x = 12 \end{cases} \quad (5.2)$$

- Tinggi [12 22]  
Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu[Tinggi] = \begin{cases} 1, & x \geq 16 \\ \frac{x-12}{16-12}, & 12 < x < 16 \\ 0, & x \leq 12 \end{cases} \quad (5.3)$$

Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy rendah, normal dan tinggi dari variabel ketinggian air dapat digambarkan seperti gambar 5.6 dibawah ini.





Gambar 5. 6 Fungsi Keanggotaan Air

5.1.2.1.1.2 Variabel Hujan

Percobaan pengukuran sensor hujan menghasilkan nilai perbatasan pembacaan air oleh sensor, nilai tegangan menunjukkan nilai 577 atau 8 ketika sensor mulai membaca adanya air dan 390 atau 12 ketika ada semakin banyak air yang ada diatas panel. Nilai 8 dan 12 adalah nilai hasil konversi dari nilai analog. Ketika nilai hujan berada diantara nilai 8 dan 12 maka diperlukan sebuah cara untuk menentukan nilai abu-abu tersebut masuk ke variabel apa. Dari hal tersebut diperlukan pembuatan variabel hujan dan akan dijadikan variabel linguistik yang akan diolah pada proses inferensi fuzzy. Hasilnya adalah sebagai berikut.

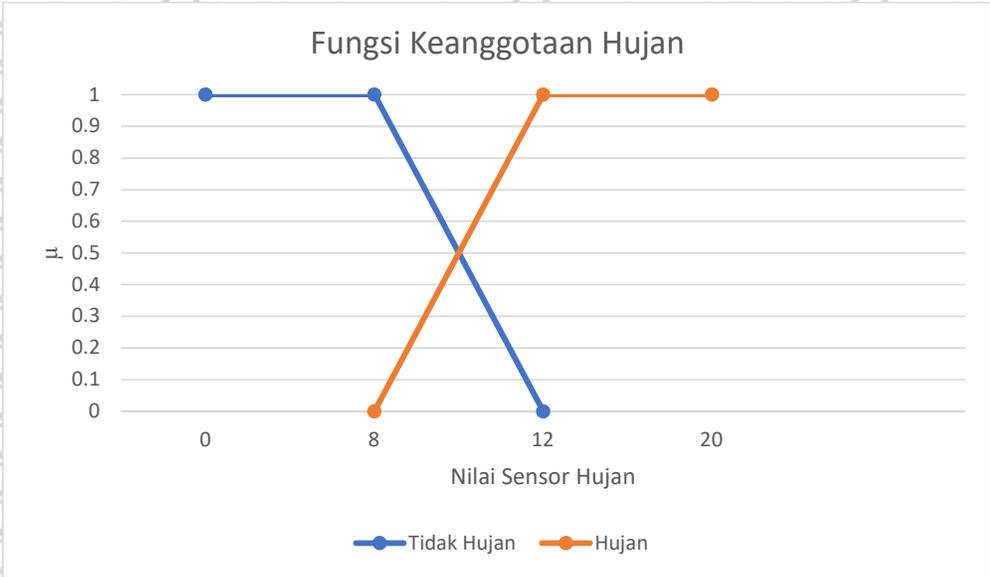
- Tidak hujan [0 12]  
Fungsi keanggotaan dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu[\text{Tidak Hujan}] = \begin{cases} 1, & x \leq 8 \\ \frac{12-x}{12-8}, & 8 < x \leq 12 \\ 0, & x > 12 \end{cases} \quad (5.4)$$

- Hujan [8 20]  
Fungsi keanggotaan dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu[\text{Hujan}] = \begin{cases} 1, & x \geq 12 \\ \frac{x-8}{12-8}, & 8 < x \leq 12 \\ 0, & x \leq 8 \end{cases} \quad (5.5)$$

Berikut adalah Gambar 5.7 yang menggambarkan fungsi keanggotaan variabel hujan.



Gambar 5. 7 Fungsi Keanggotaan Hujan

5.1.2.1.2 Pembuatan Aturan Dasar (rule) fuzzy

Aturan dasar (rule based) merupakan bentuk dari aturan implikasi *if-then*. Fungsi implikasi merupakan proses penyusunan aturan yang menyatakan relasi antara variabel *input* dan *output*. Dalam *fuzzy takagi-sugeno*, fungsi implikasi yang dipakai adalah fungsi *min*. Dalam pembuatan aturan, penulis membuat dengan "IF" dan "AND" dan menghasilkan perintah "THEN". Aturan fuzzy yang dipakai untuk menentukan kondisi *output* yang berupa pompa mengisi kolam, pompa mengganti air kolam, dan pompa off yang dijelaskan pada tabel 5.3 dibawah ini.

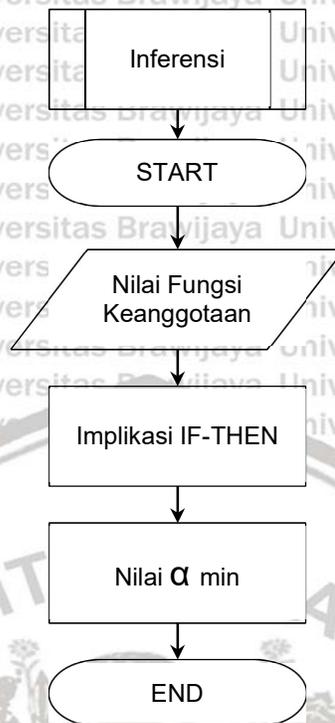
Tabel 5. 3 Aturan Fuzzy

| Rule | Ketinggian Air | Hujan       | Kondisi Pompa        |
|------|----------------|-------------|----------------------|
| 0    | Rendah         | Tidak Hujan | Mengisi Air Kolam    |
| 1    | Rendah         | Hujan       | OFF                  |
| 2    | Normal         | Tidak Hujan | OFF                  |
| 3    | Normal         | Hujan       | Mengganti Air Kolam  |
| 4    | Tinggi         | Tidak Hujan | Mengurangi Air Kolam |
| 5    | Tinggi         | Hujan       | Mengganti Air Kolam  |

5.1.2.1.3 Penalaran (inferensi) Fuzzy

Penalaran (inference) adalah tahap implikasi untuk menguraikan nilai *input* untuk menentukan nilai *output* sebagai bentuk pengambilan keputusan. Berdasarkan pembuatan aturan pada tabel 5.3 akan ditentukan nilai  $\alpha$  pada setiap aturan.  $\alpha$  adalah nilai keanggotaan baru hasil operasi 2 himpunan atau lebih. Fungsi yang digunakan adalah fungsi *min* pada setiap fungsi implikasi. Dibawah ini adalah *flowchart* tahap inferensi untuk mendapatkan nilai  $\alpha$  untuk memperoleh nilai keanggotaan baru.





Gambar 5. 8 Flowchart Proses Inferensi

Pada Gambar 5.8 digambarkan bahwa tahap inferensi membutuhkan *input* dari nilai fungsi keanggotaan yang didapatkan pada tahap fuzzifikasi. Nilai dari fungsi keanggotaan akan dicocokkan dengan aturan yang telah dibuat. Ketika didapatkan aturan yang cocok, akan diterapkan metode *min* untuk mencari nilai yang terkecil dari setiap aturan sehingga didapatkan nilai  $\alpha$  yang merupakan nilai keanggotaan baru.

Jika dalam sebuah perhitungan fuzzifikasi diperoleh nilai ketinggian air rendah 0,25 dan nilai hujan lebat 1, maka contoh penggunaan inferensi untuk memperoleh nilai keanggotaan baru adalah sebagai berikut.

- RULE [1]: IF KETINGGIAN AIR RENDAH AND HUJAN THEN POMPA OFF

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat}_1 &= \min (\mu_{\text{airRendah}} \cap \mu_{\text{hujan}}) \\ &= \min (0,25 \cap 1) \\ &= 0,25 \end{aligned} \tag{5.6}$$

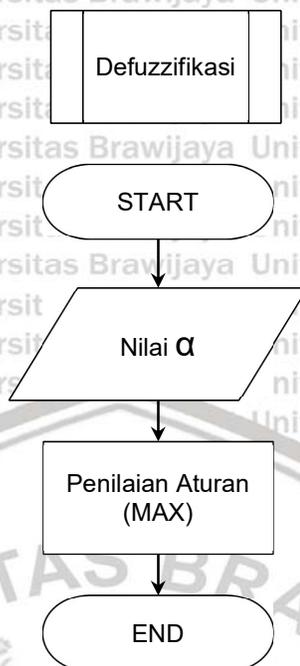
- RULE[3]: IF KETINGGIAN AIR NORMAL AND HUJAN LEBAT THEN POMPA MENGGANTI AIR KOLAM

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat}_2 &= \min (\mu_{\text{airNORMAL}} \cap \mu_{\text{hujan}}) \\ &= \min (0,75 \cap 1) \\ &= 0,75 \end{aligned} \tag{5.7}$$

### 3.1.2.14 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan tahap pengolahan dari himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas (*crisp*). Setelah memperoleh nilai  $\alpha$ , berdasarkan metode *high method* setiap variabel akan menilai setiap *rule* untuk mencari nilai tertinggi (*max*). Dibawah ini adalah *flowchart* tahap defuzzifikasi.





**Gambar 5. 9** Flowchart Tahap Defuzzifikasi

Pada Gambar 5.9 dijelaskan dalam tahap defuzzifikasi membutuhkan *input* dari nilai  $\alpha$  nilai dari keanggotaan baru yang diperoleh dari tahap inferensi. Jika nilai  $\alpha$  telah diperoleh, maka akan dilakukan *rule evaluation* menggunakan metode *max* untuk memperoleh nilai terbesar yang akan menjadi nilai *output* dari sistem.

- Mengisi air kolam: rule0; (5.8)
- Mengurangi air kolam: rule4; (5.9)
- Mengganti air kolam: max (rule3, rule5); (5.10)
- Off: max(rule1,rule2); (5.11)

## 5.2 Implementasi Sistem

Pada sub bab ini akan menjelaskan tentang proses implementasi sistem yang meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. Implementasi sistem yang diterapkan harus sesuai dengan perancangan sistem yang telah dilakukan sebelumnya.

### 5.2.1 Implementasi Perangkat Keras

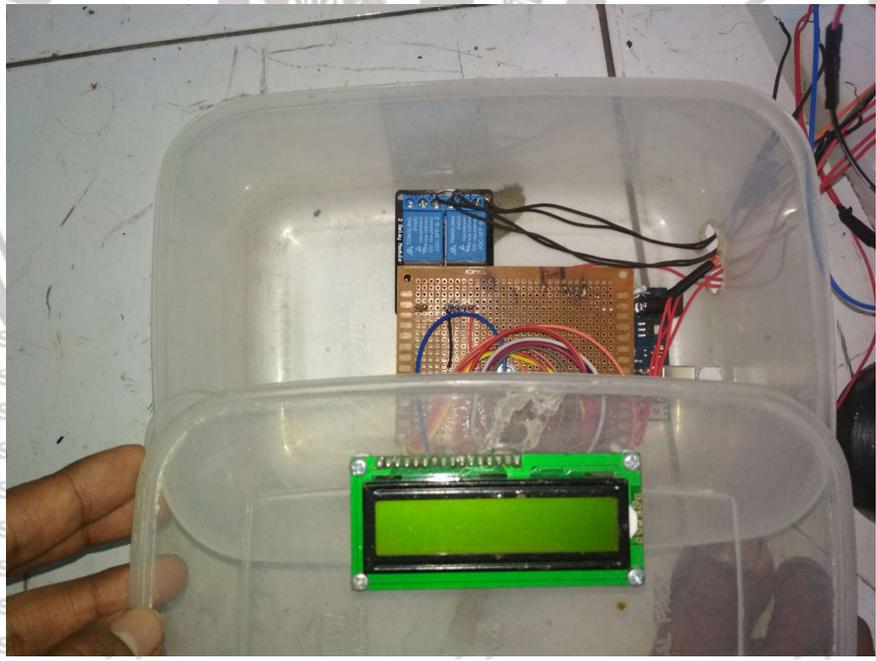
Pada tahap implementasi perangkat keras adalah hasil dari perancangan agar sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Sistem ini menggunakan komponen-komponen elektronik sebagai berikut, mikrokontroler arduino uno yang bertugas mengolah data yang masuk dan memberi keluaran. Sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian air dan sensor hujan untuk mendeteksi hujan yang digunakan sebagai *input* sistem. Pompa dc 6v berfungsi sebagai output sistem, dan LCD untuk menampilkan data sensor dan nilai hasil *fuzzy*. Pada



Gambar 5.10 dan 5.11 adalah gambar implementasi perangkat keras yang telah dilakukan.



Gambar 5. 10 Implementasi *Prototype* Depan



Gambar 5. 11 Implementasi *Prototype* Dalam

Pada Gambar 5.10 menunjukkan implementasi perangkat keras yang dirancang dari wadah plastik sebagai *prototype* kolam dan tandon air yang didalamnya terdapat pompa untuk mengurangi dan mengisi air pada kolam. Pada

sisi atas menggunakan *acrylic* untuk wadah peletakan sensor ultrasonik dan sampingnya dilapisi *acrylic* lagi ke dasar kolam sebagai pembatas pelampung pemantul gelombang dari sensor ultrasonik dan sensor hujan diletakan diatas dan berposisi miring agar air yang jatuh ke panel segera mengalir dan tidak mengendap diatas panel. Pada Gambar 5.11 terdapat mikrokontroler sebagai otak dari sistem. Terdapat juga relay 2 channel yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengaktifkan pompa dan terdapat LCD untuk menampilkan data hasil pengolahan.

### 5.2.2 Implementasi Perangkat Lunak

Pada implementasi perangkat lunak adalah hasil dari tahap perancangan sistem yang sudah dibuat. Dalam bagian ini memiliki beberapa bagian untuk membaca nilai sensor, proses pengolahan nilai *input* menggunakan metode *fuzzy* untuk menentukan nilai *output* dari sistem. Penulisan kode program dalam sistem ini menggunakan bahasa C yang digunakan oleh arduino.

#### 5.2.2.1 Implementasi Pembacaan Sensor Ultrasonik sebagai sensor ketinggian air

Implementasi yang diterapkan pada sensor ultrasonik ini bertujuan agar sensor dapat membaca data ketinggian air pada kolam. Kode program untuk sensor ultrasonik dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan sistem ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. 4 Kode Program Ultrasonik

```

1 #include <NewPing.h>
2 NewPing sonar(10, 11, 27);
3 void setup() {
4   float ambilJarak() //
5     {
6       unsigned int uS = sonar.ping();
7       Serial.print("Ping: ");
8       Serial.print(uS / US_ROUNDTRIP_CM);
9       Serial.println("cm");
11      float tinggiair = 24 - (uS / US_ROUNDTRIP_CM);
12      return tinggiair; }
13 }

```

Tabel 5.4 diatas menunjukkan bahwa dalam perancangannya sensor ultrasonik menggunakan pin D10 dan D11 untuk *trigger* dan *echo*. dan nilai 24 adalah nilai dari sensor ke permukaan pelampung ketika tidak ada air. Untuk memperoleh ketinggian air pada kolam nilai tersebut dikurangi nilai hasil pembacaan sensor ke permukaan pelampung ketika kolam terisi air maka akan didapatkan data ketinggian air pada kolam tersebut.

#### 5.2.2.2 Implementasi Pembacaan Sensor Hujan

Implementasi sensor hujan dilakukan agar sensor dapat membaca cuaca hujan, hujan lebat dan tidak hujan pada lingkungan kolam sesuai dengan kebutuhan sistem. Sensor hujan membaca sinyal analog dengan nilai rentang 1023-0, nilai 1023 merepresentasikan tidak ada air pada panel sensor kemudian apabila panel sensor membaca adanya air sensor akan memberikan nilai semakin



rendah tergantung banyaknya air yang berada pada panel sensor. Nilai analog tersebut kemudian dikonversi menjadi 0-20 untuk memudahkan dalam pengolahan datanya. Kode program dijelaskan pada Tabel 5.5 dibawah ini.

**Tabel 5. 5 Kode Program Sensor Hujan**

```

1 int sensorHujanPin = 0;
2 void setup() {
3   Serial.begin(9600); // baudrate 9600
4   pinMode (sensorHujanPin, INPUT);
5   float ambilHujan()
6   {
7     float sensorHujan = analogRead (sensorHujanPin);
8     float val = 1023 - sensorHujan;
9     val = map (val, 0, 1023, 0, 20);
10    return val; } }

```

**5.2.2.3 Implementasi Penampilan Data Pada LCD**

Pada tahap ini akan menjelaskan tentang implementasi penampilan data pada LCD sesuai dengan data yang didapat sensor dan data yang telah di olah oleh mikrokontroler. Kode program dari proses ini dijelaskan pada Tabel 5.6 dibawah ini.

**Tabel 5. 6 Kode program LCD**

```

1 #include <LiquidCrystal.h>
2 LiquidCrystal lcd(13,12, 5, 4, 3, 2);
3 void setup() {
4
5   Serial.begin(9600); // baudrate 9600
6   lcd.begin(16,2);
7 }
8 void loop() {
9
10  lcd.setCursor(0,0);
11  lcd.print("t : ");
12  lcd.print(t);
13  lcd.print("r : ");
14  lcd.print(r);
15  lcd.setCursor(0,1);
16 }

```

**5.2.2.4 Implementasi Fuzzy Takagi-Sugeno**

Pada sub-bab ini akan menjelaskan tentang implementasi perancangan fuzzy yang telah dilakukan kedalam kode program agar mikrokontroler dapat mengolah data *input* yang diterima dan menghasilkan output sesuai dengan perancangan. Dalam metode ini, terdapat 4 tahapan yaitu tahap fuzzifikasi, tahap penalaran (*inferensi*), tahap pembentukan aturan dasar (*rule based*) dan tahap defuzzifikasi. Tahapan-tahapan tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

**1. Fuzzifikasi**

Pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 dibawah ini adalah kode program fuzzifikasi untuk menentukan fungsi keanggotaan ketinggian air dan cuaca hujan.



**Tabel 5. 7 Kode Progrm Fungsi Keanggotaan Ketinggian Air**

```

1 float tinggi [2];
2 void setup() {
3     float trimf(int a,int b,int c, float x)
4     {
5         float alfa = 0.0;
6         if(x>a && x<=b)
7         {
8             alfa = (x - a) / float((b - a));
9         }
10        else if (x>b && x<c)
11        {
12            alfa = (c - x)/float((c - b));
13        }
14        else
15        {
16            alfa = 0.0;
17        }
18        return alfa;
19    }
20    double trapmf(int a,int b,int c,int d,double x)
21    {
22        double alfa = 0.0;
23        if(x>a && x<=b)
24        {
25            alfa = (x - a) / double((b - a));
26        }
27        else if (x>b && x<c)
28        {
29            alfa = 1.0;
30        }
31        else if (x>=c && x<d)
32        {
33            alfa = (d - x)/double((d - c));
34        }
35        else
36        {
37            alfa = 0.0;
38        }
39        return alfa;
40    }
41    }
42 }
43 Void loop(){
44     r = ambilJarak();
45     tinggi[0] = trapmf(-1,0,8,12,t); // Rendah
46     tinggi[1] = trimf(8,12,16,t); // Normal
47     tinggi[2] = trapmf(12,16,22,26,t); // Tinggi}

```

Pada Tabel 5.8 diatas adalah kode program untuk menentukan fungsi keanggotaan ketinggian air. Pada program diatas variabel r memanggil fungsi pembacaan sensor ketinggian. Dan pada variabel himpunan keanggotaan tinggi masing-masing memanggil fungsi yang berisi rumus fungsi keanggotaan sesuai bentuk kurva yang digunakan.



Tabel 5. 8 Kode Program Fungsi Keanggotaan Hujan

```

1 float hujan [1];
2 void setup() {
3     float trimf(int a,int b,int c, float x)
4     {
5         float alfa = 0.0;
6         if(x>a && x<=b)
7         {
8             alfa = (x - a) / float((b - a));
9         }
10        else if (x>b && x<c)
11        {
12            alfa = (c - x)/float((c - b));
13        }
14        else
15        {
16            alfa = 0.0;
17        }
18        return alfa;
19    }
20    double trapmf(int a,int b,int c,int d,double x)
21    {
22        double alfa = 0.0;
23        if(x>a && x<=b)
24        {
25            alfa = (x - a) / double((b - a));
26        }
27        else if (x>b && x<c)
28        {
29            alfa = 1.0;
30        }
31        else if (x>=c && x<d)
32        {
33            alfa = (d - x)/double((d - c));
34        }
35        else
36        {
37            alfa = 0.0;
38        }
39        return alfa;
40    }
41    }
42 }
43 Void loop() {
44     t = ambilHujan();
45     hujan[0] = trapmf(-1,0,8,12,r); // Tidak Hujan
46     hujan[1] = trapmf(8,12,16,21,r); // Hujan}

```

Pada Tabel 5.7 diatas adalah kode program untuk menentukan fungsi keanggotaan hujan. Pada program data variabel r memanggil fungsi pembacaan sensor hujan. Dan pada variabel himpunan keanggotaan tinggi masing-masing memanggil fungsi yang berisi rumus fungsi keanggotaan sesuai bentuk kurva yang digunakan.

2. Inferensi dan Aturan dasar (*rule based*)

Aturan *fuzzy* dibuat dari gabungan antara himpunan-himpunan keanggotaan yang ada dan dalam sistem ini terdapat 9 *rule fuzzy*. *Rule* tersebut dibuat menggunakan fungsi implikasi yang dalam metode sugeno digunakan fungsi *min* dimana fungsi ini. Dari *rule* yang ada terdapat



kemungkinan bahwa *output* yang dihasilkan sama, jika hal tersebut terjadi maka digunakan fungsi *max* untuk menentukan salah satu aturan yang akan diambil. Seperti yang ditunjukkan Tabel 5.9 dibawah ini.

**Tabel 5. 9 Program Rule dan Inferensi**

```

1 rule0 = min (tinggi[0],hujan[0]); //ONin
2 rule1 = min (tinggi[0],hujan[1]); //OFF
3 rule2 = min(tinggi[1],hujan[0]); //OFF
4 rule3 = min (tinggi[1],hujan[1]); //ONout
5 rule4 = min (tinggi[2],hujan[0]); //ONout1
6 rule5 = min (tinggi[2],hujan[1]); //ONout
    
```

**3. Defuzzifikasi**

**Tabel 5. 10 Kode Program Defuzzifikasi**

```

1 off = max(rule1, rule2);
2 onin = rule0;
3 onout1 = rule4;
4 onout = max (rule3, rule5);
5 defuz = max(onout, max(onout1, max(onin, off)));
    
```

Tabel 5.10 diatas berisi kode program defuzzifikasi dengan menggunakan fungsi *max*. Dimana fungsi ini akan membandingkan *rule* yang berada dalam output tersebut, kemudian mengambil *rule* dengan nilai tertinggi.

**4. Output Sistem**

Tabel 5.11 dibawah ini adalah kode program untuk menjalankan *output* sistem. Ketika nilai *output* sesuai dengan salah satu *if-else* maka akan menjalankan perintah yang ada didalamnya. Dalam *output* sistem ini berupa tampilan LCD dan pengaktifan pompa air.

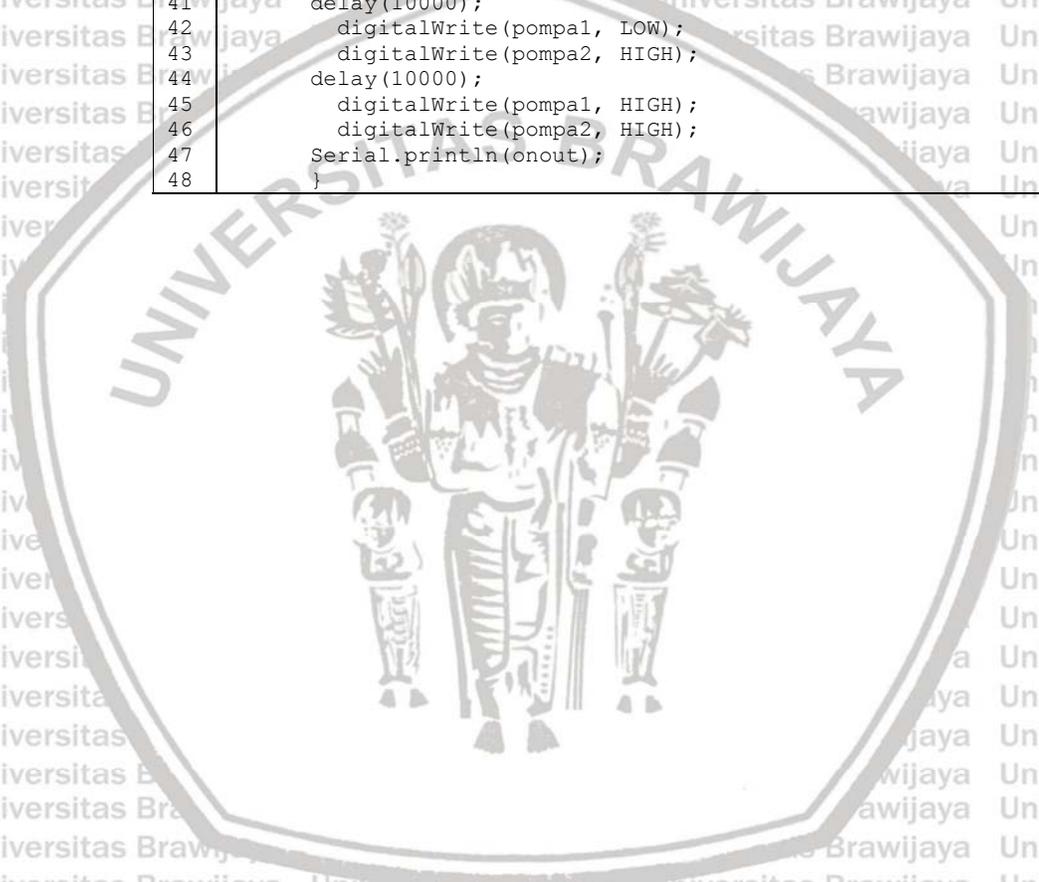
**Tabel 5. 11 Kode Program Output Sistem**

```

1 if(defuz == off){
2     Serial.println("Pompa OFF");
3     lcd.print("Pompa OFF");
4     digitalWrite (pompal, HIGH);
5     digitalWrite (pompa2, HIGH);
6     Serial.println(off);
7 }
8 else if(defuz == onin) {
9     Serial.println("Mengisi Air Kolam");
10    digitalWrite (pompal, HIGH);
11    digitalWrite (pompa2, HIGH);
12    delay(1000);
13    digitalWrite (pompal, HIGH);
14    digitalWrite (pompa2, LOW);
15    lcd.print("POMPA ONIN");
16    delay(10000);
17    digitalWrite (pompal, HIGH);
18    digitalWrite (pompa2, HIGH);
19    Serial.println(onin);
20 } else if(defuz == onout1) {
21    Serial.println("Mengurangi Air Kolam");
22    digitalWrite (pompal, HIGH);
23    digitalWrite (pompa2, HIGH);
24    delay(1000);
    
```

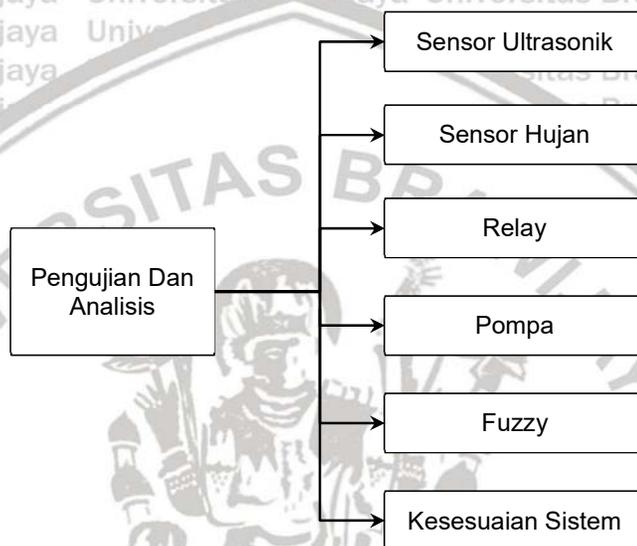


```
25 digitalWrite(pompal, LOW);  
26 digitalWrite(pompa2, HIGH);  
27 lcd.print("POMPA ONOUT1");  
28 delay(10000);  
29 digitalWrite(pompal, HIGH);  
30 digitalWrite(pompa2, HIGH);  
31 Serial.println(onin);  
32 }  
33 else if(defuz == onout){  
34 Serial.println("Mengganti Air Kolam");  
35 digitalWrite(pompal, HIGH);  
36 digitalWrite(pompa2, HIGH);  
37 delay(1000);  
38 digitalWrite(pompa2, HIGH);  
39 digitalWrite(pompal, LOW);  
40 lcd.print("POMPA ONOUT");  
41 delay(10000);  
42 digitalWrite(pompal, LOW);  
43 digitalWrite(pompa2, HIGH);  
44 delay(10000);  
45 digitalWrite(pompal, HIGH);  
46 digitalWrite(pompa2, HIGH);  
47 Serial.println(onout);  
48 }
```



## BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan membahas tentang tahap pengujian pada penelitian yang telah dilakukan yaitu tentang “Kontrol Ketinggian Air pada Budidaya Ikan dan Tanaman Yumina-Bumina Sistem Rakit Apung Menggunakan Metode *Fuzzy Takagi-Sugeno*”. Dalam penelitian ini dilakukan 6 pengujian yaitu, pengujian akuisisi data dari sensor ultrasonik untuk mendapatkan data ketinggian air kolam, sensor hujan untuk mendapatkan data cuaca, pengujian fuzzifikasi, pengujian relay, pompa, dan pengujian kesesuaian sistem. Tahap pengujian tersebut digambarkan pada Gambar 6.1.



Gambar 6. 1 Pohon Pengujian dan Analisis

### 6.1 Pengujian Sensor Ultrasonik

#### 6.1.1 Tujuan

Tujuan pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk mengetahui apakah sensor ultrasonik mampu mengukur ketinggian air pada kolam dengan akurat. *Output* dari sensor ultrasonik telah dikalibrasi agar dapat mengukur ketinggian air dengan mengurangi nilai ketinggian wadah saat kosong dengan nilai pengukuran sensor ke permukaan air saat wadah berisi air. Pengujian dilakukan dengan menambahkan air dalam wadah secara berkala dan membandingkan dengan pengukuran manual menggunakan penggaris.

#### 6.1.2 Prosedur

Prosedur yang harus dilakukan dalam pengujian sensor ultrasonik antara lain adalah:

1. Merancang sensor ultrasonik dengan arduino uno menggunakan kabel *jumper* agar sensor dan mikrokontroler dapat terhubung dengan pin yang digunakan.

2. Buka Arduino IDE kemudian tuliskan kode program agar sensor ultrasonik dapat mengukur ketinggian dan mengkalibrasi *output* dari sensor agar berupa nilai ketinggian air(cm).
3. *Compile* dan *upload* kode program yang sudah ditulis.
4. Mengamati hasil output dan mencatat setiap data ketinggiannya.
5. Menambah volume air sebagai masukan sensor sebanyak 10 kali perubahan.
6. Melakukan pengukuran manual menggunakan penggaris setiap perubahan ketinggian air.
7. Kesimpulan

### 6.1.3 Hasil dan Analisis

Berikut adalah Tabel 6.1 yang menunjukkan nilai hasil dari pengukuran sensor ultrasonik setelah melalui prosedur yang telah dibuat dan dibandingkan dengan nilai hasil pengukuran manual menggunakan penggaris.

**Tabel 6. 1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik**

| No. | Pengukuran Sensor(cm) | Pengukuran Manual(cm) |
|-----|-----------------------|-----------------------|
| 1   | 3                     | 3                     |
| 2   | 4                     | 4                     |
| 3   | 5                     | 5                     |
| 4   | 6                     | 6                     |
| 5   | 7                     | 7                     |
| 6   | 8                     | 8                     |
| 7   | 11                    | 11                    |
| 8   | 12                    | 12                    |
| 9   | 13                    | 13                    |
| 10  | 15                    | 15                    |

Pada Tabel 6.1 diatas menunjukkan bahwa pengujian sensor ultrasonik telah berhasil dilakukan. Sensor mengukur jarak permukaan pelampung di wadah tanpa air sebesar 24cm yang kemudian dikurangi dengan ketinggian sensor ke permukaan pelampung ketika ada air. Hasilnya dibandingkan dengan pengukuran manual ketinggian air dari dasar wadah ke permukaan air. Dari data tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa data yang dibaca sensor akurat karena nilai nya sama dengan pengukuran manual.



## 6.2 Pengujian Sensor Hujan

### 6.2.1 Tujuan

Tujuan dilakukan pengujian sensor hujan adalah untuk mengetahui apakah sensor hujan mampu membaca kondisi hujan melalui tetesan air. *Output* dari sensor hujan telah dimapping agar mempermudah dalam pengolahan dalam metode *fuzzy*. Pengujian dilakukan dengan meneteskan air pada panel sensor.

### 6.2.2 Prosedur

Prosedur yang harus dilakukan dalam pengujian sensor hujan antara lain adalah:

1. Merancang Sensor Hujan dengan Arduino Uno menggunakan kabel *jumper* agar sensor dan mikrokontroler terhubung dengan pin yang digunakan.
2. Buka Arduino IDE lalu tuliskan kode program agar sensor mampu membaca tetesan air dan kemudian di mapping menjadi 0-20.
3. *Compile* dan *upload* kode program yang telah dituliskan.
4. Mengamati hasil *output* pada serial monitor Arduino IDE.
5. Memberi masukan berupa tetesan air pada panel sensor.
6. Mengamati nilai hasil dari sensor yang sudah mendapat data dari tetesan air dan mengambil 8 sampel dari pembacaan tersebut.

### 6.2.3 Hasil dan Analisis

Berikut adalah Tabel 6.2 yang menunjukkan hasil dari pembacaan sensor hujan setelah melalui berbagai prosedur sehingga diperoleh data sebagai berikut.

**Tabel 6. 2 Hasil Pengujian Sensor Hujan**

| No. | Kondisi     | Nilai Analog | Nilai Hasil Konversi |
|-----|-------------|--------------|----------------------|
| 1   | Tidak Hujan | 1018         | 0                    |
| 2   |             | 929          | 1                    |
| 3   |             | 725          | 5                    |
| 4   |             | 577          | 8                    |
| 5   |             | 766          | 5                    |
| 6   |             | 449          | 11                   |
| 7   |             | 390          | 12                   |
| 8   |             | 280          | 14                   |
| 9   |             | 507          | 10                   |
| 10  |             | 448          | 11                   |

Dari Tabel 6.2 dapat dilihat bahwa pengujian sensor hujan telah berhasil dilakukan. Ketika sensor belum menerima data dari tetesan air nilai hujan menunjukkan angka 0 dengan nilai analog sebesar 1018. Hal tersebut menunjukkan bahwa disekitar sensor tidak terjadi hujan. Ketika panel sensor diberi tetesan air menunjukkan ada perubahan nilai yaitu 0, 1, 5 menunjukkan tidak hujan, kemudian 11, 12, 14 yang menunjukkan hujan deras. Dari hasil pengujian pengujian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa sensor berhasil mendeteksi hujan dengan baik.

### 6.3 Pengujian Relay

#### 6.3.1 Tujuan

Pengujian relay dilakukan untuk mengetahui apakah relay mampu menyambung dan memutuskan arus listrik seperti bagaimana saklar manual bekerja.

#### 6.3.2 Prosedur

1. Merancang relay dengan arduino uno menggunakan kabe *jumper* agar relay dan mikrokontroler dapat terhubung sesuai dengan pin yang dibutuhkan.
2. Buka Arduino IDE dan tuliskan program untuk menyambungkan dan memutus arus listrik.
3. *Compile* dan *upload* kode program yang telah dituliskan.
4. Amati hasil keluaran yang ditunjukkan relay.
5. Kesimpulan.

#### 6.3.3 Hasil dan Analisis

Berikut adalah data hasil pengujian relay yang ditunjukkan oleh Tabel 6.3 dibawah ini.

**Tabel 6. 3 Hasil Pengujian Relay**

| No. | Kondisi | Input 1  | Input 2  |
|-----|---------|----------|----------|
| 1   | Membuka | Berhasil | Berhasil |
| 2   | Menutup | Berhasil | Berhasil |
| 3   | Membuka | Berhasil | Berhasil |
| 4   | Menutup | Berhasil | Berhasil |
| 5   | Membuka | Berhasil | Berhasil |
| 6   | Menutup | Berhasil | Berhasil |

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa relay dapat bekerja dengan benar dapat menyambung dan memutus arus listrik dengan akurat.

## 6.4 Pengujian Pompa Air

### 6.4.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian pompa air adalah untuk mengetahui apakah pompa dapat mengalirkan air dari satu tempat ke tempat yang lain dan berapa kemampuan pompa dalam mengalirkan air dalam waktu yang telah ditentukan.

### 6.4.2 Prosedur

Pengujian dilakukan dengan mengaktifkan pompa melalui arduino, relay dan sumber daya dari adaptor. Berikut adalah prosedur yang harus dilakukan untuk melakukan pengujian pompa air.

1. Merancang pompa dengan arduino uno, relay dan power dari adaptor menggunakan kabel *jumper* agar komponen tersebut terhubung sesuai dengan pin yang digunakan.
2. Letakan pompa dalam wadah berisi air.
3. Buka Arduino IDE kemudian tuliskan kode program untuk menhidupkan dan mematikan pompa.
4. *Compile* dan *upload* kode program yang sudah ditulis.
5. Ukur berapa banyak air yang dialirkan pompa dalam waktu 5, 10 dan 15 detik.
6. Kesimpulan.

### 6.4.3 Hasil dan Analisis

Berikut adalah data hasil pengujian pompa air yang telah dilakukan. Data tersebut ditunjukkan pada Tabel 6.4.

**Tabel 6. 4 Hasil Pengujian Pompa**

| No | Waktu (detik) | Jumlah (liter) |
|----|---------------|----------------|
| 1  | 15            | 1,5            |
| 2  | 10            | 1              |
| 3  | 5             | 0,5            |

Dari data yang ditunjukkan pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa pompa berhasil mengalirkan air 0,5 liter dalam waktu 5 detik sampai 1,5 liter dalam waktu 15 detik. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pompa berhasil bekerja baik dan benar.



## 6.5 Pengujian Fungsional Metode *Fuzzy*

### 6.5.1 Tujuan

Tujuan dilakukan pengujian fungsionalitas metode *fuzzy* adalah untuk mengetahui keberhasilan sistem dalam menentukan kondisi pompa berdasarkan perhitungan *fuzzy*.

### 6.5.2 Prosedur

Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai hasil perhitungan *fuzzy* melalui sistem dan nilai hasil perhitungan manual *fuzzy*. sistem dapat dikatakan berhasil apabila nilai dari perhitungan melalui sistem hasilnya sesuai dengan perhitungan manual. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan data yang digunakan sebagai *input fuzzy* dimasukan manual pada kode program. Berikut adalah prosedur yang harus dilakukan dalam pengujian fungsionalitas *fuzzy*.

1. Menyambungkan arduino ke pc.
2. Buka Arduino IDE, kemudian tuliskan program agar sistem berjalan menggunakan metode *fuzzy*.
3. *Compile* dan *upload* kode program yang telah dituliskan.
4. Buka serial monitor pada Arduino IDE untuk mengamati hasil pengolahan *fuzzy*.
5. Mengubah nilai *input* sebanyak 10 kali, *upload* dan amati hasilnya yang merepresentasikan kondisi pompa *off, onin, onout*.
6. Melakukan perhitungan *fuzzy* secara manual yang akan digunakan untuk pembanding untuk perhitungan dari sistem.
7. Kesimpulan.

### 6.5.3 Hasil dan Analisis

Berikut adalah data hasil pengolahan *fuzzy* dari sistem dan secara manual. Data tersebut ditunjukkan pada Tabel 6.5.

Tabel 6. 5 Hasil Pengujian Fungsionalitas Metode *fuzzy*

| No. | Pembacaan Sensor Ultrasonik | Pembacaan Sensor Hujan | Output Perhitungan Sistem | Output Perhitungan manual | Kondisi |
|-----|-----------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------|
| 1   | 10                          | 0                      | 0,6                       | 0,6                       | OFF     |
| 2   | 12                          | 1                      | 1                         | 1                         | OFF     |
| 3   | 4                           | 5                      | 1                         | 1                         | ONIN    |
| 4   | 15                          | 8                      | 0,75                      | 0,75                      | ONOUT1  |
| 5   | 10                          | 5                      | 0,6                       | 0,6                       | OFF     |



|    |    |    |      |      |       |
|----|----|----|------|------|-------|
| 6  | 10 | 11 | 0,6  | 0,6  | ONOUT |
| 7  | 3  | 12 | 1    | 1    | OFF   |
| 8  | 13 | 14 | 0,75 | 0,75 | ONOUT |
| 9  | 6  | 10 | 0,5  | 0,5  | OFF   |
| 10 | 12 | 11 | 0,75 | 0,75 | ONOUT |

Berdasarkan Tabel 6.5 pengujian fungsionalitas fuzzy menggunakan 10 sampel dengan menggunakan input dan output yang berbeda yaitu off, onin, onout1, onout. Pengujian yang dilakukan adalah dengan menganalisis bahwa rumus fuzzy yang diterapkan pada sistem dapat menghasilkan output yang sesuai dengan perhitungan fuzzy. dari 10 sampel yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa output dari sistem sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan. Hal tersebut dibuktikan dengan membandingkan nilai output dari sistem sama dengan output dari perhitungan manual. Berikut adalah pengujian secara manual yang dilakukan berdasarkan rumus perhitungan fuzzy. Diambil data dari sampel pada Tabel 6.5 percobaan ke 6.

- Ketinggian Air: 10cm
- Hujan: 11

**1. Fuzzifikasi**

Ketinggian Air

Rendah :  $\frac{12-10}{12-7} = \frac{2}{5} = 0,4$

Normal :  $\frac{10-7}{12-7} = \frac{3}{5} = 0,6$

Tinggi : 0

Hujan

Tidak Hujan :  $\frac{12-11}{12-8} = \frac{1}{4} = 0,25$

Hujan :  $\frac{11-8}{12-8} = \frac{3}{4} = 0,75$

**2. Inferensi Fuzzy**

RULE[0]: IF KETINGGIAN AIR RENDAH && TIDAK HUJAN THEN POMPA

ONIN

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \min(\mu_{air\ Rendah} \cap \mu_{hujan\ TidakHujan})$$

$$= \min(0,4 \cap 0,25)$$

$$= 0,25$$

RULE[1]: IF KETINGGIAN AIR RENDAH && HUJAN THEN POMPA OFF

$$\alpha\text{-predikat}_2 = \min(\mu_{air\ Rendah} \cap \mu_{hujan\ Hujan})$$

$$= \min(0,4 \cap 0,75)$$

$$= 0,4$$



RULE[2]: IF KETINGGIAN AIR NORMAL && TIDAK HUJAN THEN POMPA OFF

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_3 &= \min (\mu_{\text{airNormal}} \cap \mu_{\text{hujanTidakHujan}}) \\ &= \min (0,6 \cap 0,25) \\ &= 0,25 \end{aligned}$$

RULE[3]: IF KETINGGIAN AIR NORMAL && HUJAN THEN POMPA ONOUT

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \min (\mu_{\text{airNormal}} \cap \mu_{\text{hujanHujan}}) \\ &= \min (0,6 \cap 0,75) \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

Apabila terdapat *output* yang sama, maka penyelesaian proses inferensi adalah dengan mencari nilai anggota baru yang memiliki nilai tertinggi dari masing-masing *output*. Berikut ini adalah proses penyelesaian dengan mencari nilai yang terbesar dari masing-masing *output*.

- *Output OFF:*  
 $\max (0,4 \cap 0,25) = 0,4$

### 3. Defuzzifikasi

$$\max = (\text{onout}, \text{onout1}, \text{onin}, \text{off})$$

$$\max = (0,6, 0, 0,25, 0,4.)$$

$$\max(0,6) = \text{onout}$$

Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa *output* dari sistem adalah *ONOUT* dan bernilai tegas 0,6. *Output ONOUT* diperoleh karena Nilai dari *ONOUT* adalah nilai tertinggi. Nilai *output* perhitungan manual tersebut hasilnya sama dengan nilai *output* dari perhitungan sistem. Hal tersebut membuktikan bahwa sistem sudah berjalan dengan benar dan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kesesuaian perhitungan *fuzzy* melalui sistem dan manual memiliki tingkat kesesuaian 100%.

## 6.6 Pengujian Kesesuaian Sistem

### 6.6.1 Tujuan

Tujuan dilakukan pengujian kesesuaian sistem adalah untuk mengetahui apakah setiap komponen sistem dapat bekerja secara bersamaan dengan baik dan benar.

### 6.6.2 Prosedur

Untuk melakukan pengujian kesesuaian sistem, prosedur yang harus dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Merangkai sensor ultrasonik, sensor hujan, arduino uno, relay, pompa air, dan LCD menggunakan kabel *jumper* agar setiap komponen terhubung sempurna dan sesuai dengan pin yang digunakan.
2. Buka Arduino IDE, kemudian tuliskan program agar seluruh sistem berjalan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.

3. *Compile* dan *Upload* kode program yang telah dituliskan.
4. Amati saat kesesuaian sistem saat berjalan.
5. Kesimpulan.

### 6.6.3 Hasil dan Analisis

Berikut adalah data hasil dari pengujian kesesuaian sistem yang ditunjukkan pada Tabel 6.6.

**Tabel 6. 6 Hasil Pengujian Kesesuaian Sistem**

| No | Nilai Ketinggian Air (cm) | Nilai Pembacaan Hujan |               | Nilai Ketinggian Air Sebenarnya (cm) | Kondisi Cuaca Sebenarnya | Keluaran Sistem      | Keluaran Sistem Seharusnya |
|----|---------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|
|    |                           | Nilai                 | Kondisi Cuaca |                                      |                          |                      |                            |
| 1  | 0                         | 0                     | Tidak Hujan   | 0                                    | Tidak Hujan              | Mengisi Air Kolam    | Mengisi Air Kolam          |
| 2  | 3                         | 9                     | Tidak Hujan   | 3                                    | Tidak Hujan              | Mengisi Air Kolam    | Mengisi Air Kolam          |
| 3  | 4                         | 12                    | Hujan         | 4                                    | Hujan                    | Pompa Off            | Pompa Off                  |
| 4  | 18                        | 0                     | Tidak Hujan   | 18                                   | Tidak Hujan              | Mengurangi Air Kolam | Mengurangi Air Kolam       |
| 5  | 15                        | 10                    | Hujan         | 15                                   | Hujan                    | Mengganti Air Kolam  | Mengganti Air Kolam        |

Berdasarkan data hasil pengujian kesesuaian sistem yang ditunjukkan pada Tabel 6.6. dapat dilihat sistem mampu mengukur ketinggian air dan membaca kondisi hujan serta mengolah data hasil pembacaan sensor menggunakan metode *fuzzy takagi-sugeno* dengan akurat. Dengan hasil pengolahan sensor tersebut sistem juga dapat memberikan *output* berupa pompa mati, pompa mengisi air kolam, pompa mengurangi air kolam dan pompa mengganti air kolam, tergantung kondisi yang telah diolah menggunakan metode tersebut. Dengan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem berhasil dibuat sesuai dengan rancangan awal.



## BAB 7 PENUTUP

Pada bab ini membahas tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan yaitu “Kontrol Ketinggian Air Pada Budidaya Ikan dan Tanaman Yumina-Bumina Sistem Rakit Apung Menggunakan Metode *Fuzzy Takagi-Sugeno*” dan saran-saran untuk pengembangan skripsi atau penelitian lebih lanjut.

### 7.1 Kesimpulan

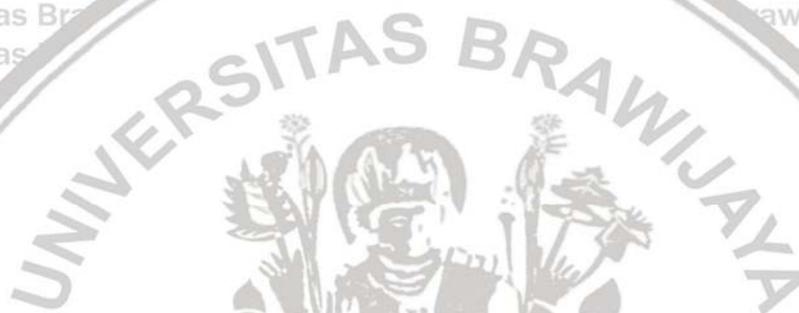
Kesimpulan yang diperoleh dari pengujian dan analisa yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Pada Akhir penelitian ini, perancangan dan implementasi sistem yang dapat mengontrol ketinggian air memanfaatkan metode *fuzzy takagi-sugeno* pada kolam berdasarkan ketinggian air dan kondisi hujan berhasil dirancang dan diimplementasikan. Terbukti sistem mampu membaca ketinggian air, kondisi hujan dan megolah data tersebut menggunakan metode *fuzzy*.
2. Pada proses perancangan pembacaan ketinggian air peneliti menggunakan sensor ultrasonik. Keluaran berupa jarak antara sensor ke permukaan air. Untuk mengetahui ketinggian air dilakukan pengurangan jarak dari sensor ke dasar kolam ketika tidak ada air dengan jarak dari sensor ketika tidak ada air. Hasil keluaran tersebut dilakukan perbandingan dengan pengukuran ketinggian air manual menggunakan penggaris. Pada hasil pengujian tersebut hasil dari pembacaan sensor sesuai dengan hasil pengukuran manual. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sensor bekerja dengan akurat.
3. Pada proses perancangan pembacaan hujan peneliti menggunakan sensor hujan. Dimana keluaran dari sensor tersebut berupa nilai analog antara 1023 – 0, yang kemudian dikonversi menjadi 0 – 20 untuk mempermudah proses pengolahan datanya. Pada hasil pengujian, sensor memberikan nilai analog 10 atau lebih tinggi ketika ada hujan dan 9 atau lebih rendah ketika tidak ada hujan atau air yang ada pada panel sensor. Dengan demikian dapat disimpulkan sensor dapat bekerja dengan baik.
4. Pada implementasi metode *fuzzy takagi-sugeno* pada sistem kontrol ketinggian air ini menunjukkan bahwa hasil dari pengujian sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Sistem mampu menentukan *output* berupa pompa *off*, pompa onin, pompa onout1 dan pompa onout dengan memanfaatkan input dari sensor ketinggian air dan hujan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tahap implementasi metode *fuzzy* pada sistem telah berhasil dikakukan.

## 7.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian perancangan dan pengujian sistem kontrol ketinggian air pada budidaya ikan dan tanaman yumi-na-bumi-na sistem rakit apung menggunakan metode *fuzzy takagi-sugeno*, saran yang bisa diberikan oleh peneliti untuk pengembangan sistem selanjutnya adalah:

1. Menggunakan sensor curah hujan, sebagai *input* untuk membedakan volume air yang harus diganti ketika hujan gerimis, sedang dan lebat.
2. Menggunakan sensor Ph sebagai parameter tambahan yang bisa dijadikan *input* pada sistem. Agar sistem memiliki banyak parameter untuk menentukan kondisi dalam melakukan pengontrolan air kolam.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adam, R. (2016). Perancangan Alat Ukur Pengendalian Level Air Berbasis Arduino Mega 2560. Universitas Gajah Mada. *Perancangan Alat Ukur Pengendalian Level Air Berbasis Arduino Mega 2560. Universitas Gajah Mada.*
- Afiata. (2017, 5 20). *Rain Water Sensor Circuit*. Diambil kembali dari Afiata: <http://www.afiata.com/rain-water-sensor-circuit/>
- Aliexpress. (2017, 5 20). *1 pcs AIYIMA Bisu Pompa Submersible Pompa Air DC 3 V 5 V Untuk PC Pendingin Sirkulasi Air DIY*. Diambil kembali dari Aliexpress: <https://id.aliexpress.com/item/Mute-Submersible-Pump-Water-Pump-DC-3V-5V-For-PC-Cooling-Water-Circulation-DIY/32717325894.html?spm=2114.45010408.3.53.clB9DQ>
- Andi Kurniawan Nugroho. (2010). Pengendali Logika Fuzzy Suhu Hipotermia Berbasis Visual Basic dan Akuisisi Berbasis USB. *Pengendali Logika Fuzzy Suhu Hipotermia Berbasis Visual Basic dan Akuisisi Berbasis USB.*
- Anwar, A. T. (2017). Implementasi Sistem Monitoring Luapan Air Pada Selokan Menggunakan Metode Fuzzy. *Implementasi Sistem Monitoring Luapan Air Pada Selokan Menggunakan Metode Fuzzy.*
- Arduino. (2017). Arduino Uno R3. *Arduino Uno R3.*
- Cerdas, G. (2017, 5 20). *Relay 2 Channel*. Diambil kembali dari Gerai Cerdas: <http://www.geraicerdas.com/mikrokontroler/module/relay-2-channel-detail>
- Gunawan, S. (2014). *Kupas Tuntas Budidaya dan Bisnis Lele*. Penebar Swadaya.
- Lab, C. (2017, 5 20). *2 Channel Relay Circuit*. Diambil kembali dari Circuit Lab: <https://www.circuitlab.com/circuit/vrd476/2-channel-relay-shield-circuit/>
- Naba, A. (2009). Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB.*
- Nasution. (2012). Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan. *Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan.*
- Okpara, M. (2013). The Design of an Embedded Self-Diagnostic Hybrid Aquarium Control System. *The Design of an Embedded Self-Diagnostic Hybrid Aquarium Control System.*
- Peers, E. (2017, 5 20). *HC SR04 Ultrasonic Sensor*. Diambil kembali dari Elab Peers: <http://www.elabpeers.com/hc-ultrasonic-sensor.html>
- Playground, I. (2017, 5 20). *ESP8266 WiFi water leak (rain, soil moisture) sensor*. Diambil kembali dari Iot Playground: <http://iot-playground.com/blog/2-uncategorised/18-esp8266-wifi-leak-rain-soil-moisture-sensor>
- Putro, I. F. (2017). Buka Tutup Tirai Garasi Otomatis dengan Sensor Hujan Serta Sensor LDR(Light Dependent Resistor) Berbasis Arduino Uno. *Buka Tutup Tirai Garasi Otomatis dengan Sensor Hujan Serta Sensor LDR(Light Dependent Resistor) Berbasis Arduino Uno.*
- Sakti, E. (2017, 5 20). *Cara Kerja Sensor Ultrasonik, Rangkaian, & Aplikasinya*. Diambil kembali dari Elang Sakti: <http://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>



Syahwil, M. (2013). . *Panduan Mudah Simulasi dan Praktik Mikrokontroler*. Yogyakarta: ANDI.

Taufik, I. (2015). Panen Ikan, Sayur dan Buah dengan Teknik Yumina Bumina. *Panen Ikan, Sayur dan Buah dengan Teknik Yumina Bumina*.

Wardhani, N. K. (2015). Studi Tingkat Keasaman Air Hujan Berdasarkan Kandungan Gas CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> Di Udara (Studi Kasus Balai Pengamatan Dirgantara Pontianak). *Studi Tingkat Keasaman Air Hujan Berdasarkan Kandungan Gas CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> Di Udara (Studi Kasus Balai Pengamatan Dirgantara Pontianak)*.

Wicaktini, A. (2014). Pengantar Konservasi Sumberdaya Alam II Konservasi Flora di Indonesia. *Pengantar Konservasi Sumberdaya Alam II Konservasi Flora di Indonesia*.

