

**IMPLEMENTASI METODE *FUZZY* PADA AKUAPONIK DEEP  
WATER CULTURE BERDASARKAN DERAJAT KEASAMAN DAN  
KETINGGIAN AIR**

**SKRIPSI**

**KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Bagus Cakra Jati Kesuma

NIM: 135150301111119



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**



# PENGESAHAN

IMPLEMENTASI METODE FUZZY PADA AKUAPONIK DEEP WATER CULTURE  
BERDASARKAN DERAJAT KEASAMAN DAN KETINGGIAN AIR

SKRIPSI

KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :  
Bagus Cakra Jati Kesuma  
NIM: 135150301111119

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Tibyani, S.T, M.T  
NIP: 19691101 199512 1 002

Dosen Pembimbing II

Mochammad Hannats Hanafi Ichsan., S. ST, M.T  
NIK: 201405 881229 1 001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Informatika



T. 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, 1 Januari 2018



Bagus Cakra Jati Kesuma  
NIM: 135150301111119



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan skripsi yang berjudul “Implementasi Metode *Fuzzy* pada Akuaponik Deep Water Culture Berdasarkan Derajat Keasaman dan Ketinggian Air” dapat disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Komputer di Universitas Brawijaya. Shalawat serta salam semoga selalu terlimpahkan kepada Nabi Besar Nabi Muhammad SAW.

Dalam kesempatan ini, penulis menyadari bahwa tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh sebab itu penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyusunan laporan skripsi, diantaranya:

1. Bapak Tibyani, S.T, M.T dan Bapak Mochammad Hannats Hanafi Ichsan., S. ST, M.T selaku dosen pembimbing skripsi yang telah dengan sabar membimbing dan mengarahkan penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D selaku Ketua Jurusan Informatika.
3. Bapak Sabriansyah Rizqika Akbar, S.T, M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Komputer.
4. Rekan penyusunan dalam penelitian Muhammad Delta Rudi yang telah banyak membimbing dan memberikan bantuan serta semangat selama penulisan skripsi ini.
5. Reza Wahyuni atas semangat, kasih sayang serta waktu yang diberikan kepada penulis selama perkuliahan dan penulisan skripsi sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Sahabat Grup Line “Konco Mesra” yang tak terlupakan penulis : Dimas Alfiyan, Dwinita Meiliasari, Fajar Agustyan, Maulana Dewantara, Muhammad Adirun, Muhammad Elvin Ramadhan, Revi Novitasari sahabat penulis yang selalu berjalan Bersama sejak SMP dan saling mendukung satu sama lain.
7. Sahabat seperjuangan Grup Line “Bocorsquad Reborn” : Billy Gusparentaqi, Hari Yogi Vernando, Raden Galih, Retno Dwi Febriyanti, Yayah Nurjanah, Zahro husna yang selalu ada dan selalu mendukung dalam keadaan senang, sedih, dan suntuk ketika pengerjaan skripsi.

8. Keluarga kontrakan BKK45 atas tumpangan tempat beserta wifi dan segala fasilitasnya sebagai bentuk dukungan yang selalu diberikan kepada penulis. Teman-teman seperjuangan Grup Line “BKK45” : Rudi Agus, Muhammad Delta Rudi, Willy Andika Putra, Muhammad Aji wibowo, Adnan Mahfudzon, Noor Ilmi, Muhammad Fajaruddin, Rizki Putra, Alfian, Adi Putra, Zamzam.
9. Seluruh rekan kuliah di Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
10. Bapak Edy Bambang Ruidyanto dan Ibu Lili Nurfitri atas cinta, kasih sayang, doa dan berbagai bentuk dukungan yang selalu diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat mencapai derajat sarjana strata satu dengan hasil yang memuaskan.
11. Bela Wahyu Rizki dan Bobby Tri jati Kesuma yang telah menjadi adik kesayangan penulis, adik yang sangat luar biasa. Terimakasih telah memberikan berbagai bentuk dukungan sehingga penulis dapat mencapai derajat sarjana strata satu dengan hasil yang memuaskan.
12. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu, mohon maaf atas keterbatasan penulis dalam mengingat jasa dan kontribusi yang telah kalian berikan.

Keterbatasan kemampuan dan ketidak sempurnaan penulis tidak dapat dipungkiri masih ditemukan dalam penulisan skripsi ini, maka penulis sangat mengharapkan kritikan dan sarannya. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembacanya.

Malang, 1 Januari 2018

Penulis

Baguscakrahaha@gmail.com

## ABSTRAK

Akuaponik merupakan pilihan budidaya yang sangat baik untuk diterapkan, sistem ini tumbuh didalam lingkungan yang bersifat saling menguntungkan. Unsur yang sangat penting keberadaan ikan, tanaman dan bakteri. Ketiga unsur tersebut menciptakan suatu hubungan yang saling menguntungkan bisa disebut juga dengan simbiosis mutualisme. Dalam sistem akuaponik, kadar pH dan ketinggian air merupakan komponen yang saling dikontrol untuk dipertahankan pada tingkat tertentu untuk optimalisasi akuaponik, hal ini mendasari adanya sistem kontrol dengan mengimplementasikan metode fuzzy untuk mengolah data derajat keasaman dan ketinggian air akuarium. kemudian diproses didalam mikrokontroller Arduino Uno. Data input didapatkan dari responden kuesioner yang kemudian diolah menjadi nilai input derajat keanggotaanya, kemudian masuk proses implikasi, fungsi implikasi yang digunakan adalah min, masuk ke komposisi aturan sistem fuzzy yaitu max, dari mesin inferensi lanjut pada proses defuzzifikasi dan didapatkan nilai tegas untuk output pompa. Pada pengujian sensor pH dan Ultrasonik mendapatkan hasil bahwa sensor bekerja dengan tingkat error yang rendah. Pada pengujian metode fuzzy Mamdani pengolahan fuzzy dari sistem dan secara manual pengujian dilakukan dengan menganalisis bahwa rumus fuzzy yang diterapkan pada sistem dapat menghasilkan output yang sesuai dengan perhitungan fuzzy. Dari data sample yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa output dari sistem sesuai dengan perancangan yang dilakukan. Hal tersebut dibuktikan dengan membandingkan dengan nilai output dari sistem sama dengan output dari perhitungan manual, dan memiliki akurasi 100% pada pengujian fuzzy yang dilakukan.

**Kata kunci:** *Akuaponik, fuzzy Mamdani, implementasi, Sensor pH, Sensor Ultrasonik*

## ABSTRACT

*Aquaponics is an excellent cultivation choice to apply, this system grows in a mutually beneficial environment. The existence of fish, plants and bacteria is very important. These elements create a mutually beneficial relationship called a symbiotic mutualism. In an aquaponics system, pH and water level are mutually controlled components to be maintained at a certain level for aquaponical optimization, it underlies the existence of a control system by implementing a fuzzy method for processing the data of acidity and aquarium water level. Then it will be processed in Arduino Uno microcontroller. The input data was obtained from respondents using questionnaires which processed into the value of the input of membership degree, then it enter in the implication process, the implication function used is min, go into the composition of the fuzzy system rule is max, from the advanced inference engine in the defuzzification process obtained the fixed value for the pump output. Testing of pH and ultrasonic sensors reveal that the sensor works in a low error rate. In testing of fuzzy Mamdani method, the fuzzy processing of the system and manually testing is done by analyzing that the fuzzy formula applied to the system can produce an output corresponding to the fuzzy calculation. From data obtained samples can be concluded that the output of the system in accordance with the undertaken design. It is proved by comparing to the output value of the system equal to the output of the manual calculation and has a 100% accuracy on fuzzy testing performed.*

**Key words:** *Aquaponics, Fuzzy Mamdani, implementation, Sensor pH, Sensor Ultrasonik*

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACK.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan masalah .....	4
1.6 Metode Penelitian .....	4
1.7 Sistematika pembahasan.....	5
<b>BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN .....</b>	<b>7</b>
2.1 Kajian Pustaka .....	7
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Jenis Ikan Akuaponik.....	8
2.2.2 Jenis Tanaman atau Sayuran untuk Akuaponik .....	9
2.2.2.1 Selada .....	9
2.2.3 Ketinggian Air Ideal Kolam Budidaya .....	9
2.2.4 Pengertian Logika Fuzzy .....	9
2.2.4.1 Himpunan Fuzzy .....	10
2.2.4.2 Metode Fuzzy Mamdani.....	11
2.2.5 Akuaponik.....	13
2.2.5.1 Akuaponik Metode Deep Water Culture.....	13
2.2.5.2 Aerator.....	14
2.2.6 Analog pH Meter Kit.....	15
2.2.6.1 Module pH Meter .....	17
2.2.6.2 Derajat Keasaman pada Budidaya Akuaponik.....	18



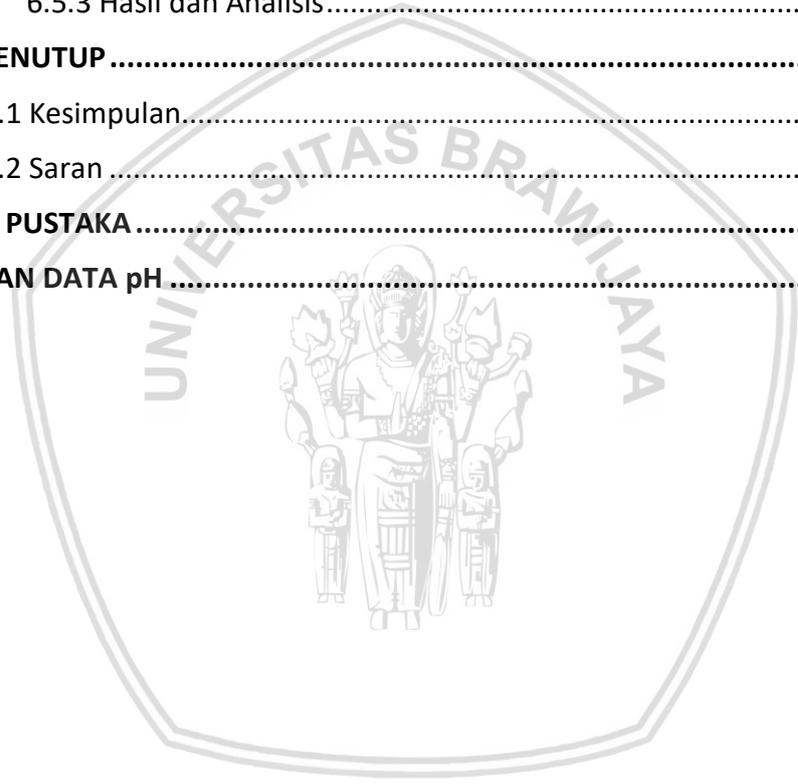
2.2.7 Sensor Ultrasonic HC-SR04 .....	19
2.2.8 Mikrokontroler .....	20
2.2.9 Relay .....	23
2.2.10 Komunikasi Nirkabel .....	25
2.2.10.1 Modul Bluetooth HC-05.....	25
2.2.11 Pompa Air DC 6v.....	27
2.2.12 Android.....	27
2.2.13 App Inventor .....	28
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Studi Literatur .....	29
3.2 Analisis Kebutuhan Sistem.....	30
3.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras.....	30
3.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak (Software) .....	30
3.3 Perancangan Sistem.....	31
3.4 Implementasi .....	32
3.5 Pengujian dan Analisis .....	33
3.6 Penarikan Kesimpulan .....	33
<b>BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN .....</b>	<b>34</b>
4.1 Deskripsi Umum.....	34
4.2 Rekayasa Kebutuhan.....	34
4.2.1 Kebutuhan Antarmuka Sistem .....	34
4.2.2 Kebutuhan Perangkat Keras.....	34
4.2.3 Kebutuhan Perangkat Lunak .....	35
4.2.4 Kebutuhan Komunikasi .....	36
4.2.5 Kebutuhan Fungsional.....	36
4.2.5.1 Fungsi Pengiriman Data pH Meter Kit ke Arduino UNO.....	36
4.2.5.2 Fungsi Pengiriman Data Sensor Ultrasonik ke Arduino UNO ...	36
4.2.5.3 Fungsi Pengiriman Data Pompa Air ke Relay.....	36
4.2.5.4 Fungsi Penentuan Kondisi Menggunakan Metode Fuzzy.....	37
4.2.6 Kebutuhan Non Fungsional.....	37
4.3 Batasan Desain Sistem .....	37
<b>BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI .....</b>	<b>38</b>



5.1 Perancangan Sistem.....	38
5.1.1 Perancangan Perangkat Keras .....	38
5.1.2 Perancangan Perangkat Lunak.....	40
5.1.2.1 Perancangan Logika <i>Fuzzy</i> .....	41
5.1.2.1.1 <i>Fuzzyfikasi</i> .....	41
5.1.2.1.1.1 Variabel Derajat Keasaman.....	42
5.1.2.1.1.2 Variabel Ketinggian air .....	44
5.1.2.1.2 Pembuatan Aturan Dasar (rule) <i>Fuzzy</i> .....	45
5.1.2.1.3 Proses Implikasi Metode MIN .....	46
5.1.2.1.4 Proses Komposisi Aturan .....	47
5.1.2.1.5 Proses <i>Defuzzyfikasi</i> .....	47
5.1.2.1.5.1 <i>Defuzzyfikasi</i> .....	48
5.2 Implementasi Sistem .....	50
5.2.1 Implementasi Perangkat Keras.....	50
5.2.2 Implementasi Perangkat Lunak .....	51
5.2.2.1 Proses Pembacaan Data Analog PH Meter Kit .....	52
5.2.2.2 Proses Pembacaan Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Ketinggian air .....	52
5.2.2.3 Implementasi <i>Fuzzy Mamdani</i> .....	53
5.2.2.4 Implementasi Keluaran Android.....	59
<b>BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS .....</b>	<b>64</b>
6.1 Pengujian Sensor pH .....	64
6.1.1 Tujuan.....	64
6.1.2 Prosedur .....	65
6.1.3 Hasil dan Analisis.....	65
6.2 Pengujian Sensor Ultrasonik.....	67
6.2.1 Tujuan.....	67
6.2.2 Prosedur .....	67
6.2.3 Hasil dan Analisis.....	68
6.3 Pengujian Relay.....	69
6.3.1 Tujuan.....	69
6.3.2 Prosedur .....	69



6.3.3 Hasil dan Analisis .....	70
6.4 Pengujian Pompa Air.....	70
6.4.1 Tujuan.....	70
6.4.2 Prosedur .....	70
6.4.3 Hasil dan Analisis .....	71
6.5 Pengujian Keseluruhan Sistem .....	72
6.5.1 Tujuan.....	72
6.5.2 Prosedur .....	72
6.5.3 Hasil dan Analisis.....	73
<b>BAB 7 PENUTUP .....</b>	<b>77</b>
7.1 Kesimpulan.....	77
7.2 Saran .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN DATA pH .....</b>	<b>81</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ikan Nila.....	8
Gambar 2. 2 Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	10
Gambar 2. 3 Proses <i>Defuzzyfikasi</i> .....	12
Gambar 2. 4 <i>Sistem Deep Water Culture</i> .....	13
Gambar 2. 5 <i>Aeration</i> .....	14
Gambar 2. 6 Sensor PH.....	15
Gambar 2. 7 Rangkaian Elektrode dan Elektrode Refrensi pada PH Meter.....	15
Gambar 2. 8 Diagram Sederhana PH Meter .....	16
Gambar 2. 9 Module PH Meter .....	17
Gambar 2. 10 Skematik liquid PH-014 module sensor dan PH electrode probe BNC.....	18
Gambar 2. 11 Sensor <i>Ultrasonic HC-SR04</i> .....	19
Gambar 2. 12 Skematik <i>Ultrasonic Receiver</i> .....	19
Gambar 2. 13 Arduino UNO .....	20
Gambar 2. 14 Skema Arduino Uno .....	21
Gambar 2. 15 <i>Relay Module</i> .....	24
Gambar 2. 16 Rangkaian <i>interface relay</i> ke rangkaian digital .....	24
Gambar 2. 17 <i>Relay</i> .....	25
Gambar 2. 18 Bentuk fisik Bluetooth HC-05 .....	26
Gambar 2. 19 Skematik <i>Bluetooth HC-05</i> .....	26
Gambar 2. 20 Pompa air DC 6V .....	27
Gambar 2. 21 Perangkat Android .....	27
Gambar 2. 22 Tampilan App Inventor.....	28
Gambar 3. 1 Diagram alur metodologi penelitian.....	29
Gambar 3. 2 Diagram blok sistem.....	31
Gambar 5. 1 Desain Perancangan Sistem Akuaponik DWC .....	38
Gambar 5. 2 Skema Perancangan Perangkat Keras.....	39
Gambar 5. 3 Tampilan Arduino IDE .....	40
Gambar 5. 4 Flowchart Perancangan Keseluruhan .....	41
Gambar 5. 5 Flowchart Proses Fuzzifikasi .....	42



Gambar 5. 6 Himpunan Fuzzy Ph .....	43
Gambar 5. 7 Himpunan Fuzzy Ultrasonik .....	44
Gambar 5. 8 Flowchart Proses Implikasi .....	46
Gambar 5. 9 Flowchart proses komposisi aturan .....	47
Gambar 5. 10 Flowchart Tahap Defuzzifikasi .....	48
Gambar 5. 11 Kurva fungsi keanggotaan output pH .....	49
Gambar 5. 12 Kurva fungsi keanggotaan output ultrasonic .....	50
Gambar 5. 13 Implementasi Akuaponik pada Akuarium .....	51
Gambar 5. 14 Implementasi Arduino dan tandon air .....	51
Gambar 5. 15 Inialisasi program .....	59
Gambar 5. 16 Another Screen pada apps .....	60
Gambar 5. 17 ListPicker Bluetooth Address .....	60
Gambar 5. 18 AfterPicking Bluetooth Connect .....	60
Gambar 5. 19 Bluetooth connected and Receive data .....	60
Gambar 5. 20 Menampilkan Nilai Input Sensor .....	61
Gambar 5. 21 Menampilkan Nilai Output pada Apps .....	62
Gambar 5. 22 Aplikasi yang Terinstall pada Perangkat Android .....	63
Gambar 6. 1 Pohon Pengujian dan Analisis .....	64
Gambar 6. 2 Hasil Pengujian Sensor pH dan pH Meter .....	66
Gambar 6. 3 Perbandingan pembacaan ketinggian menggunakan sensor ultrasonik dan penggaris .....	69
Gambar 6. 4 Hasil Pengujian Pompa .....	72



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 perbandingan penelitian yang dilakukan.....	7
Tabel 2. 2 Spesifikasi Ph Meter.....	16
Tabel 2. 3 Nilai Derajat Keasaman Air (pH) .....	17
Tabel 2. 4 Spesifikasi Arduino Uno .....	22
Tabel 5. 1 Koneksi Pin Perangkat Keras 1 .....	39
Tabel 5. 2 Variabel Derajat Keasaman/PH .....	43
Tabel 5. 3 Variabel Ketinggian air (Ultrasonik).....	44
Tabel 5. 4 Aturan <i>fuzzy</i> .....	45
Tabel 5. 5 Kode Program pH.....	52
Tabel 5. 6 Kode Program Ultrasonik .....	52
Tabel 5. 7 Kode Program Fungsi Keanggotaan pH.....	53
Tabel 5. 8 Kode Program Keanggotaan Ultrasonik.....	55
Tabel 5. 9 Program Rule Based dan Inferensi.....	56
Tabel 5. 10 Kode Program Defuzzifikasi.....	57
Tabel 5. 11 Output sistem .....	59
Tabel 6. 1 Hasil Pengujian Sensor pH.....	65
Tabel 6. 2 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik .....	68
Tabel 6. 3 Hasil Pengujian Relay .....	70
Tabel 6. 4 Hasil Pengujian Pompa.....	71
Tabel 6. 5 Pengujian Keseluruhan Sistem .....	73

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Meningkatnya jumlah penduduk dan pesatnya pembangunan menyebabkan berkurangnya sumber air bersih, khususnya di daerah perkotaan. Padahal, air merupakan sumber utama yang sangat diperlukan dalam bidang perikanan. Kualitas perairan di daerah perkotaan sudah banyak yang tercemar oleh bermacam limbah, baik limbah dari kegiatan rumah tangga dan limbah industri. Sulitnya dalam mendapatkan air yang berkualitas baik dan keterbatasan lahan, mempengaruhi kegiatan budidaya ikan (Nugroho & Sutrisno, 2008). Air yang buruk dapat menyebabkan ikan dapat terserang parasite dan penyakit sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan ikan menjadi terhambat bahkan dapat menyebabkan kematian. Untuk mengatasi sulitnya memperoleh air berkualitas baik dalam budidaya ikan adalah dengan menggunakan kembali air yang telah dipakai, prinsip daur ulang air yaitu sistem akuaponik.

Akuakultur sudah sangat dikenal luas oleh masyarakat sebagai lahan basah tempat dibudidayakannya ikan dan tanaman air. Pada kenyataannya masyarakat sangat tergantung pada sumber daya air saat ini. Sebab ikan merupakan hewan yang menjadi bagian penting dari makanan yang dikonsumsi oleh masyarakat. Selain itu, ikan merupakan sumber pendapatan yang menguntungkan bagi para pembudidaya tentunya. Budidaya menggunakan akuaponik adalah sistem budidaya yang merupakan kombinasi dari akuakultur dan hidroponik (Sani, 2016).

Hidroponik elemen dasar yang terpenting adalah air mengandung cukup cadangan makanan, kemudian cadangan makanan ini diserap oleh akar tanaman untuk tumbuh. Hidroponik diartikan sebagai suatu sistem budidaya tanam tanpa menggunakan media tumbuh dari tanah, namun menggunakan media krikil, serabut kelapa, pecahan batu bata, potongan kayu, atau busa yang digenangi cukup air dan garam mineral (Rosliani & Sumarni, 2005).

Akuaponik merupakan pilihan budidaya yang sangat baik untuk diterapkan. Sistem ini tumbuh didalam lingkungan yang bersifat saling menguntungkan. Unsur yang sangat penting keberadaan ikan, tanaman dan bakteri (Sani, 2016). Ketiga unsur tersebut menciptakan suatu hubungan yang saling menguntungkan atau biasa disebut dengan simbiosis mutualisme. Akuaponik tidaklah susah untuk dikembangkan penyediaan air yang optimal. Penyediaan air yang optimal ini berguna untuk kelangsungan hidup ikan maupun tanaman. Sistem akuaponik juga memanfaatkan sistem resirkulasi. Semua jenis sayuran akan tumbuh dengan baik menggunakan sistem budidaya akuaponik (Sani, 2016).

Akuaponik dikenal sebagai budidaya *low input*. Maksud dari budidaya *low input* ini adalah budidaya perikanan dan pertanian di lahan terbatas. Fungsi penggabungan budidaya perikanan dan pertanian di lahan terbatas ini untuk meningkatkan efisiensi pada tahap produksi. Akuaponik memanfaatkan kembali air yang telah digunakan dalam budidaya ikan, memakai filter biologi dan fisika

yaitu berupa tanaman dan media tanam. Selain itu, sayuran menjadi lebih sehat karena bersifat organik. Akuaponik dapat diterapkan dalam skala besar maupun skala kecil untuk rumahan. (Sani, 2016)

Dalam sistem akuaponik, kadar pH dan ketinggian air merupakan komponen yang saling dikontrol untuk dipertahankan pada tingkat tertentu untuk optimalisasi akuaponik, hal ini mendasari adanya sistem kontrol secara otomatis pada larutan penyetabil pH dan ketinggian akuarium. Pada sistem *akuaponik Deep water Culture*, dimana pada sistem ini memiliki kekurangan yaitu lebih sulit mendapatkan oksigen pada ikan, sistem ini harus menggunakan aerator untuk memastikan ikan dan tanaman tetap mendapatkan cukup oksigen. Sistem akuaponik yang dibuat akan memonitoring dan mengontrol secara otomatis berbasis android. Sehingga mendapatkan hasil yang maksimal.

Implementasi metode fuzzy dikarenakan fleksibel dan dapat beradaptasi dengan ketidakpastian, metode fuzzy yang digunakan dalam penelitian adalah fuzzy Mamdani dikenal sebagai metode min-max (Kusumadewi, 2010). Untuk mendapatkan output diperlukan 4 tahapan pada fuzzy Mamdani, proses awal pembentukan himpunan fuzzy, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan terakhir penegasan (Defuzzy) output metode Mamdani berbentuk himpunan fuzzy, proses dalam metode Mamdani lebih kompleks dibandingkan metode lain, seperti Sugeno dan Tsukamoto. Sistem fuzzy sangat cocok digunakan untuk sistem kontrol. Monitoring sistem menggunakan device android, aplikasi di smartphone memudahkan dalam pengawasan derajat keasaman dan ketinggian air pada sistem akuaponik dari kejauhan.

Untuk mengatasi kendala tersebut, penulis berpendapat bahwa perlu dikembangkan sistem penentuan tingkat derajat keasaman dan ketinggian air pada sistem akuaponik. Oleh karna itu diusulkan implementasi Metode Fuzzy Mamdani Pada Akuaponik Deep Water Culttue Berdasarkan Derajat Keasaman dan Ketinggian Air. Penulis memilih metode fuzzy Mamdani karena Mamdani merepresentasikan kondisi sebenarnya atau lebih mendekati penalaran manusia serta outputnya berupa himpunan fuzzy. pada penelitian ini, proses menentukan pH dan ketinggian air digunakan metode fuzzy untuk menentukan kondisi air pada sistem akuaponik. Perangkat yang dibutuhkan untuk membangun sistem ini yaitu Arduino Uno, Analog pH Meter Kit, Sensor Ultrasonik, dan Module Bluetooth HC-05 sebagai alat komunikasi penghubung mikrokontroller dengan device android. Sistem yang dibuat akan dapat memonitoring menggunakan aplikasi android.

## 1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang perumusan yang dikemukakan adalah:

1. Bagaimana cara merancang sistem akuaponik DWC berdasarkan derajat keasaman dan ketinggian air menggunakan mikrokontroller Arduino Uno?
2. Bagaimana implementasi sistem akuaponik DWC berdasarkan derajat keasaman dan ketinggian air menggunakan metode fuzzy mamdani?

3. Bagaimana hasil sistem akuaponik DWC berdasarkan derajat keasaman dan ketinggian air menggunakan metode fuzzy mamdani?

### 1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang diinginkan penulis dari penyusunan Tugas Akhir ini antara lain:

1. Melakukan perancangan sistem akuaponik DWC berdasarkan derajat keasaman dan ketinggian air menggunakan metode fuzzy mamdani .
2. Menerapkan metode fuzzy mamdani untuk mengontrol derajat keasaman dan ketinggian air.
3. Mengetahui hasil sistem akuaponik DWC berdasarkan derajat keasaman dan ketinggian air dan perhitungan manual menggunakan metode fuzzy mamdani.

### 1.4 Manfaat

Manfaat dari sistem *monitoring* dan *controlling aquaponic deep water culture* berdasarkan derajat keasaman dan ketinggian air berbasis android ialah:

1. Bagi Penulis
  - Menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh selama perkuliahan untuk mengatasi masalah yang ada disekitar.
  - Dapat mengidentifikasi suatu masalah atau fakta secara sistematis
2. Bagi Perguruan Tinggi

Perwujudan dari Tridharma Perguruan Tinggi. Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang bermanfaat bagi masyarakat.
3. Bagi Mahasiswa / Masyarakat
  - Mendapatkan pemahaman mengenai akuaponik, mengetahui derajat keasaman pH dan ketinggian air. Hal ini memudahkan bagi masyarakat untuk hobi dan bisnis.
  - Dijadikan referensi bagi peneliti yang ingin membahas tentang akuaponik. tanaman dan ikan keduanya tumbuh di dalam lingkungan yang saling menguntungkan.

- Dengan adanya sistem ini diharapkan lahan pekarangan rumah yang sempit dapat dimanfaatkan secara maksimal yaitu dengan menerapkan sistem tanam menggunakan metode akuaponik.

#### 4. Bagi Pemerintah

Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan dapat terealisasi untuk masyarakat bahwa akuaponik merupakan hobi dan bisnis yang sangat menarik, Karena sistem ini tumbuh didalam lingkungan yang bersifat saling menguntungkan, selain itu sistem yang dibuat untuk memudahkan user dalam sistem *control* otomatis berbasis android.

### 1.5 Batasan masalah

Agar permasalahan yang telah dirumuskan tidak melebar dari topik, maka penelitian ini dibatasi dalam hal :

1. Tanaman yang diuji adalah tanaman Selada
2. Tanaman yang diuji sebanyak 4 hole
3. Ikan akuakultur yang diuji adalah Nila
4. Ikan akuakultur yang diuji sebanyak 8 ekor
5. Penelitian difokuskan pada derajat keasaman dan ketinggian air akuaponik.
6. Pengoperasian menggunakan *Bluetooth HC-05*, Arduino Uno pada *prototype* akuarium, *Sensor Ultrasonic*, *Sensor pH*, *Relay*, *Water Pump*, *Aerator*.
7. Sistem yang dibuat menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*.
8. Sistem akuaponik dalam menampilkan dan mengontrol secara otomatis tersebut melalui android.
9. Implementasi alat hanya pada akuarium dengan ketinggian 33 cm.
10. Perangkat sistem yang digunakan adalah Mikrokontroler Arduino UNO.

### 1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah:

#### 1. Metode Literatur

Metode Literatur untuk menambah pengetahuan penulis dan untuk mencari referensi bahan dengan membaca literature maupun bahan-bahan teori baik berupa buku, data dari internet yang dapat mambantu pembuatan tugas akhir serta laporan tugas akhir.

## 2. Metode Perancangan dan Pembuatan Alat

Metode ini merupakan perancangan dan pembuatan rangkaian yang meliputi perancangan, pembuatan alat serta pemasangan komponen pada alat tersebut.

## 3. Metode Pengisian Program

Pengisian program kedalam alat yang telah dibuat dilakukan agar alat dapat bekerja.

## 4. Metode Pengujian Alat

Metode Pengujian Alat dilakukan agar dapat mengetahui apakah kerja alat telah sesuai atau belum.

## 5. Studi Lapangan

Studi lapangan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Interview adalah Teknik pengumpulan data dengan mengadakan tanya jawab secara langsung.

## 1.7 Sistematika pembahasan

Secara garis besar sistematika penyusunan penulisan ini sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan latar belakang yang menjadi alasan penelitian yang dilakukan. rumusan masalah yang berisi pertanyaan penelitian, tujuan penelitian tujuan yang akan dicapai pada penelitian, batasan masalah dari penelitian dan sistematika dari pembahasan dan penulisan penelitian "Implementasi Metode fuzzy Mamdani Pada Akuaponik DWC Berdasarkan Derajat Keasaman dan Ketinggian Air".

### **BAB II LANDASAN KEPUSTAKAAN**

Pada bab ini membahas tentang penelitian sebelumnya yang relevan dan memamparkan teori-teori yang didapat dari sumber-sumber yang relevan seperti Logika Fuzzy, Arduino Uno, dan sensor-sensor apa saja yang akan digunakan pada penelitian sebagai panduan dalam penelitian serta penyusunan laporan.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bab ini membahas metode yang digunakan dalam melakukan penelitian dan langkah-langkah analisa, perancangan, implementasi, dan pengujian aplikasi yang akan dibuat.

### **BAB IV ANALISIS KEBUTUHAN**

Bab ini membahas gambaran umum dari sistem yang akan dibuat dan analisis kebutuhan yang meliputi kebutuhan perangkat keras, perangkat

lunak, kebutuhan fungsionalitas dan kebutuhan non fungsionalitas dari sistem.

#### **BAB V PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

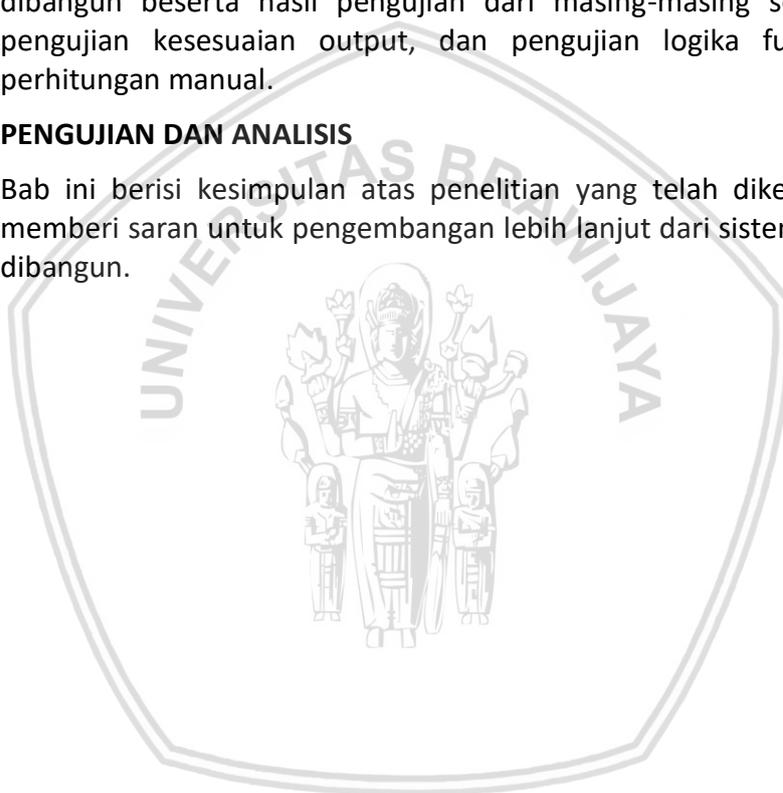
Pada bab ini menguraikan perancangan sistem yang terdiri dari perancangan logika fuzzy, perancangan perangkat keras, yang selanjutnya akan dilakukan implementasi alat dari perancangan yang telah dibuat.

#### **BAB VI PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Pada bab ini memuat hasil dan analisis terhadap sistem yang telah dibangun beserta hasil pengujian dari masing-masing sensor input, pengujian kesesuaian output, dan pengujian logika fuzzy dengan perhitungan manual.

#### **BAB VII PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini berisi kesimpulan atas penelitian yang telah dikerjakan serta memberi saran untuk pengembangan lebih lanjut dari sistem yang telah dibangun.



## BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab ini dijelaskan teori-teori penunjuang yang diperlukan dalam merancang dan merealisasikan penelitian yaitu berupa tentang teori Sistem Akuaponik, *pH Meter*, *Ultrasonic*, *Arduino Uno*, *Module Bluetooth HC-05*.

### 2.1 Kajian Pustaka

Pada penelitian ini, peneliti mencantumkan beberapa hasil penelitian terdahulu sebagai bahan acuan atau pertimbangan dalam penelitian ini.

**Tabel 2. 1 perbandingan penelitian yang dilakukan**

No.	Nama Penulis, Tahun, dan Judul	Persamaan	Perbedaan	
			Penelitian Terdahulu	Rencana Penelitian
1	Aldira [2015] perbedaan jenis tanaman terhadap kualitas air dan pertumbuhan ikan mas ( <i>cyprinus carpio L</i> ) dalam sistem akuaponik. Universitas Brawijaya	Melakukan penerapan mekanisme sistem akuaponik pada jenis tanaman terhadap kualitas air dan pertumbuhan ikan mas	Mengetahui adanya pengaruh dari budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda terhadap kelulusan hidup ikan Mas ( <i>cyprinus carpio L</i> ).	Mengimplementasikan metode <i>fuzzy mamdani</i> pada sistem Akuaponik Deep Water Culture, berdasarkan derajat keasaman dan ketinggian air.
2	MaArif, Amanda Fahmi [2016] Sistem <i>monitoring</i> dan <i>controlling</i> air nutrisi aquaponic menggunakan Arduino uno berbasis web server. Universitas Muhammadiyah Malang.	<i>Monitoring</i> dan <i>controlling</i> menggunakan Arduino Uno dalam bentuk web server sekaligus melakukan aksi otomatis dalam mengontrol kadar pH dan EC.	Membangun sebuah sistem <i>monitoring</i> dan <i>controlling</i> air nutrisi aquaponic (pH dan EC) menggunakan Arduino uno berbasis web	Mengimplementasikan metode <i>fuzzy Mamdani</i> pada sistem Akuaponik Deep Water Culture, sistem mengontrol derajat pH dan ketinggian air berbasis android.
3	Saputri, Fircha Yenris [2015] Rancang Bangun Prototype Pendeteksi Hipotermia Pada Pendaki Gunung Menggunakan Metode <i>Fuzzy Mamdani</i> . Universitas Brawijaya	Menerapkan sistem Metode <i>Fuzzy Mamdani</i> .	Rancang bangun Pendeteksi prototype Hipotermia pada pendaki gunung menggunakan metode <i>Fuzzy Mamdani</i> .	Mengimplementasikan metode <i>fuzzy mamdani</i> pada sistem control otomatis akuaponik deep water culture.



4.	Muhammad, Emirza Alam Firdaus	Implementasi pemberian larutan Ph up/down dan pemberian pupuk AB mix.	Implementasi pemberian larutan ph up/down dan pemberian pupuk abmix pada tanaman hidroponik DFT metode Fuzzy Sugeno.	Mengimplementasikan metode <i>fuzzy mamdani</i> pada sistem Akuaponik Deep Water Culture, berdasarkan derajat keasaman pH dan ketinggian air.
5.	Zulfian Azmi [2016] Sistem Penghitungan pH air pada tambak Ikan Berbasis Mikrokontroller	Sistem perhitungan pH berbasis Mikrokontroller.	Menghitung nilai pH pada kualitas air tambak	Mengimplementasikan metode <i>fuzzy</i> pada sistem Akuaponik Deep Water Culture, berdasarkan derajat keasaman pH dan ketinggian air.

Pada tabel 2.1 diatas merupakan perbandingan peneliti sebelumnya, rencana penelitian yang akan dilakukan yaitu mengimplementasikan fuzzy Mamdani pada sistem akuaponik deep water culture, berdasarkan derajat keasaman dan ketinggian air.

## 2.2 Dasar Teori

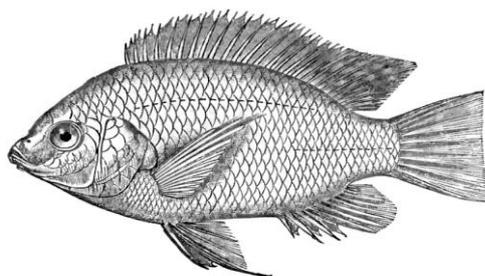
Dalam sub bab ini akan dijelaskan referensi dasar teori sebagai pengetahuan tentang komponen dan teknologi yang digunakan pada penelitian ini.

### 2.2.1 Jenis Ikan Akuaponik

Dalam Sistem Akuaponik, ikan merupakan komponen utama, hampir seluruh nutrisi bagi tanaman disediakan oleh ikan. Ikan di dalam budidaya Akuaponik memegang peranan yang sangat penting.

Ikan menyumbangkan unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman yang dibudidayakan. Di Indonesia budidaya organisme akuatik memiliki urutan-urutan mulai dari yang paling diminati oleh masyarakat, diantaranya adalah Ikan Mujair, Ikan Ikan Lele, Ikan Patin, Ikan Nila dan lain sebagainya. Dalam pengerjaan tugas akhir ini menggunakan jenis Ikan Nila untuk sistem akuaponik.

- Ikan Nila



**Gambar 2. 1 Ikan Nila**

(Sumber : Asyiknya Akuaponik untuk hobi dan bisnis, 2016)

Ikan Nila:

- Ikan Nila dapat hidup di air tawar maupun air payau.
- Ikan Nila dapat hidup pada kisaran pH air 5-11.
- Ikan Nila dapat menjadi peluang usaha yang menguntungkan untuk dibudidayakan sebab pembibitan Ikan Nila tidaklah sulit.

## 2.2.2 Jenis Tanaman atau Sayuran untuk Akuaponik

Dalam Akuaponik, ikan dan tanaman tumbuh dalam satu sistem yang terintegrasi. Budidaya ikan dan tanaman diharapkan mampu menciptakan suatu hubungan yang saling menguntungkan. Akar serabut berfungsi sebagai filter yang kemudian akan mengurai zat racun menjadi zat yang tidak berbahaya bagi ikan. Kemudian akan menyuplai oksigen pada air yang digunakan untuk memelihara ikan. (Sani, 2016)

Semua jenis sayuran akan tumbuh dengan baik menggunakan sistem budidaya Akuaponik. Ikan dan tanaman pada sistem Akuaponik harus memiliki kebutuhan yang sama, baik kadar pH dan ketinggian airnya.

### 2.2.2.1 Selada

Sayuran daun hijau tumbuh baik dalam akuaponik diantaranya adalah Cabai, Sawi, Pakcoy, Kangkung, Bayam, Selada dan lain sebagainya. Dalam pengerjaan ini menggunakan jenis sayuran selada untuk sistem akuaponik. Selada dapat tumbuh dengan baik dengan sistem hidroponik/akuaponik, terlebih selada tidak membutuhkan perhatian yang terlalu rumit agar bisa tumbuh subur.

## 2.2.3 Ketinggian Air Ideal Kolam Budidaya

Ketinggian air yang ideal pada kolam ikan pada dasarnya adalah  $\frac{3}{4}$  atau lebih dari ketinggian maksimal kolam. 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. (Assyidiqi, 2017)

## 2.2.4 Pengertian Logika Fuzzy

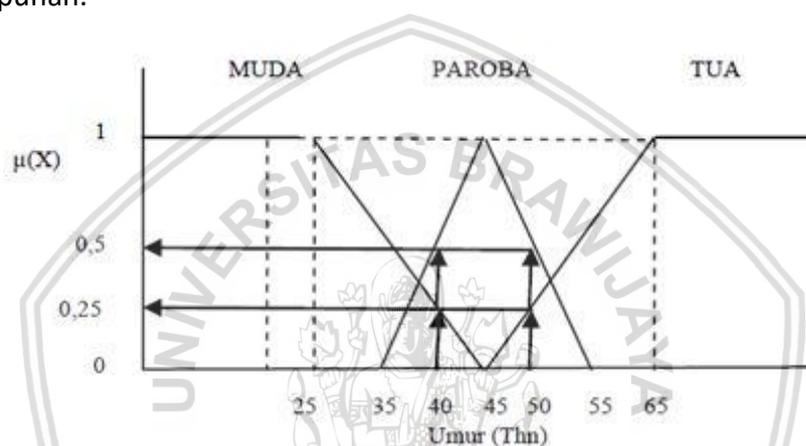
Konsep logika fuzzy diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada 1962. Logika fuzzy adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah, yang cocok diimplementasikan pada sistem, embedded sistem, jaringan PC dan sistem kontrol. Metodologi ini dapat diterapkan pada perangkat keras, perangkat lunak atau kombinasi keduanya. Dalam logika klasik dinyatakan bahwa segala sesuatu bersifat biner, yang artinya adalah hanya mempunyai dua kemungkinan. "Ya atau Tidak", "Benar atau Salah", "Baik atau Buruk", dan lain-lain. Akan tetapi, dalam logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan berada diantara 0 atau 1. Akan tetapi, dalam logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan berada di antara 0 dan

1. Artinya, bisa saja suatu keadaan mempunyai dua nilai “Ya dan Tidak” secara bersamaan, namun besar nilainya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. (T.Sutojo, 2011)

#### 2.2.4.1 Himpunan Fuzzy

Pada himpunan tegas(*crisp*), nilai keanggotaan suatu item  $x$  dalam suatu himpunan  $A$ , yang sering ditulis dengan  $(X)$ , memiliki dua kemungkinan, yaitu:

1. Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau
2. Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.



**Gambar 2. 2 Himpunan Fuzzy**  
(Sumber: docplayer.info, 2016)

Pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa:

1. Seseorang berumur 40 tahun, tergolong dalam himpunan MUDA dengan  $((40)=0,25)$ ; namun juga termasuk dalam himpunan Parobaya  $((40)=0,5)$ .
2. Seseorang berumur 50 tahun, tergolong dalam himpunan TUA dengan  $((50)=0,25)$ ; namun dia juga termasuk juga dalam himpunan PAROBAYA  $((50)=0,5)$ .

Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapat dan keputusan, sedangkan probabilitas mengidentikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang (Kusumadewi, 2010).

Himpunan *Fuzzy* memiliki 2 atribut (Kusumadewi, 2010), yaitu:

1. Linguistik, himpunan keanggotaan yang mewakili keadaan atau kondisi tertentu, seperti: MUDA, PAROBAYA, TUA.
2. Numeris, adalah angka yang menunjukkan ukuran dari suatu variable seperti: 40,25,50, dsb.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* (Kusumadewi, 2010), yaitu:

1. Variabel *fuzzy* yaitu variable yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Sebagai contoh: umur, temperature, permintaan, dsb.
2. Himpunan *fuzzy* mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variable *fuzzy*. Contohnya : variable temperature, terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu: Dingin, Sejuk, Normal, Hangat, dan Panas.
3. Semesta Pembicaraan yaitu keseluruhan nilai yang diperoleh untuk dioperasikan dalam suatu variable *fuzzy*, semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik(bertambah) secara monoton dari kiri kekanan.

#### 2.2.4.2 Metode Fuzzy Mamdani

Metode ini dikenal sebagai metode *Min-Max*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Kusumadewi, 2010). Untuk mendapatkan output diperlukan 4 tahapan, antara lain:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pada Metode Mamdani, variable input maupun *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada Metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi Aturan

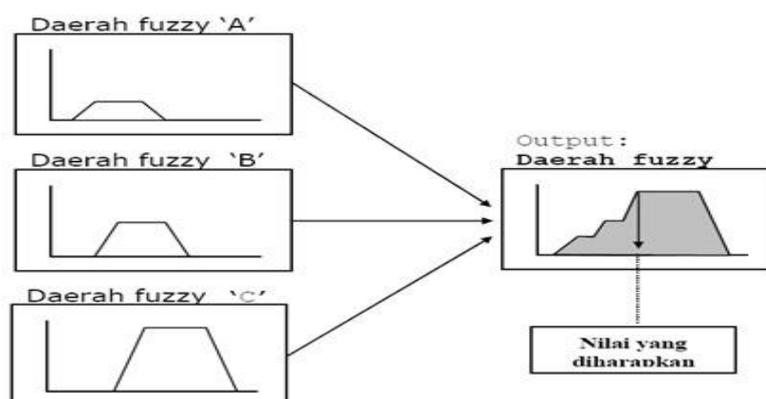
Sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan kolerasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan *inferensi* sistem *fuzzy*, yaitu *max*, *addictive* dan *probabilistic OR (probor)*.

##### a. Metode Maximum

Pada metode ini solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (union). Jika semua proposisi telah dievakuasi maka, output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proporsi

4. Penegasan (*Defuzzy*)

Input dari proses *defuzzyfikasi* adalah suatu himpunan yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu sebagai *output* seperti terlihat pada gambar berikut:



**Gambar 2. 3 Proses Defuzzyfikasi**

(Sumber: Kusumadewi, 2010)

Ada beberapa metode defuzzyfikasi pada komposisi aturan Mamdani antara lain:

a. *Metode Centroid (Composite Moment)*

Pada metode *centroid* solusi *crisp* diperoleh dengan mengambil titik pusat daerah fuzzy.

b. *Metode Bisektor*

Pada metode *bisector* solusi *crisp*, mengambil nilai pada domain yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total keanggotaan pada daerah fuzzy.

c. *Metode Mean of Maximum (MOM)*

Pada metode *mean of maximum*, mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. *Metode Largest of Maksimum (LOM)*

Pada metode *largest of maksimum*, mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. *Metode Smallest of Maximum (SOM)*

Pada metode *smallest of maximum*, mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

## 2.2.5 Akuaponik

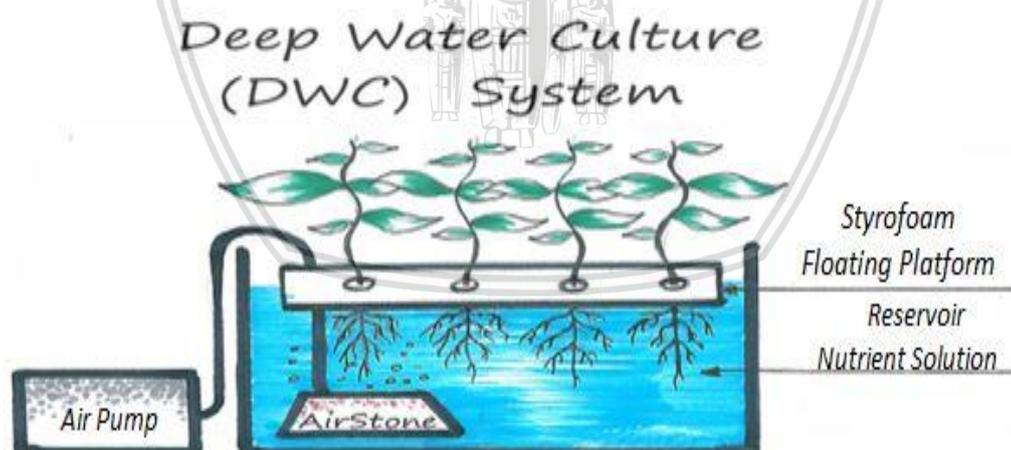
Sistem Akuaponik memberi kontribusi bagi manusia, yaitu sebagai sumber makanan bagi manusia. Sumber makanan tersebut berupa protein yang bersumber dari budidaya ikan dan vitamin bersumber dari budidaya tanaman. sifat tanaman dan ikan dalam sistem akuaponik adalah organik. Prinsip dalam sistem Akuaponik sama dengan proses alami pada lingkungan alamiah.

Sistem Akuaponik dikenal sebagai sistem yang ramah lingkungan. Merupakan sistem yang sangat cocok diterapkan dalam lahan sempit dengan berbagai kreasi lahan. Akuaponik sangat mudah diaplikasikan.

### 2.2.5.1 Akuaponik Metode Deep Water Culture

Sistem Akuaponik ini sangat mudah diaplikasikan. Akuaponik "DWC" adalah salah satu sistem yang dapat digunakan untuk berbagai jenis tanaman khususnya sayuran. Sistem Akuaponik Deep Water Culture sebenarnya diadaptasi dari sistem hidroponik *water culture* atau yang juga dikenal dengan sistem hidroponik rakit apung. Prinsip kerja sistem ini adalah dengan mengapungkan tanaman pada air atau penampungan yang digunakan untuk budidaya ikan. Tanaman diapungkan pada air dengan menggunakan bahan yang terapung seperti *Styrofoam* atau gabus. Sistem ini sangat mudah diaplikasikan pada sistem akuaponik rumahan atau skala kecil.

Prinsip kerja Sistem Metode *Deep Water Culture*:



**Gambar 2. 4 Sistem Deep Water Culture**  
(Sumber: Kata Pena. Asiknya Akuaponik, 2016)

Dalam metode ini tidak ada sirkulasi air yang dialirkan pada tanaman. air tetap berada dalam kolam penampungan ikan dan tanaman akan mengambang di atasnya. Tanaman yang ditanam dengan metode ini akan menyerap nutrisi atau zat hara pada air yang berasal dari kotoran ikan dan sisa-sisa makanannya. Akar tanaman tidak hanya menyerap nutrisi dari kolam akan tetapi juga menyaring dan membersihkan kolam penampung dari kotoran yang dapat meracuni ikan. Kelebihan dan kekurangan Sistem *Akuaponik Deep Water Culture*, Setiap metode tanam memiliki kekurangan dan kelebihannya tersendiri. Berikut kelebihan dan kekurangan sistem *akuaponik deep water culture*:

Kelebihan:

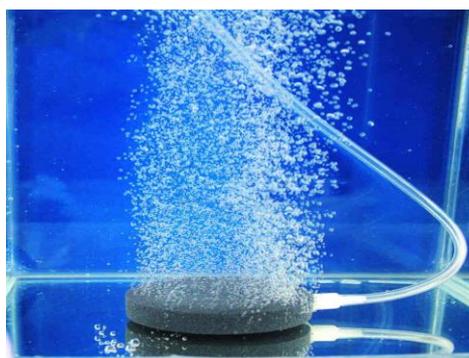
- Biaya yang digunakan dalam pembuatan sistem ini relative lebih murah dibandingkan metode akuaponik lainnya.
- Penggunaan air yang lebih hemat, karna pada sistem ini air tidak mengalir keluar dan terbuang.
- Akar tanaman terpapar air secara langsung sehingga nutrisi dapat didapat dan diserap secara optimal.

Kekurangan Sistem *Akuaponik Deep Water Culture*:

- Hanya cocok digunakan menanam sayuran dengan akar serabut.
- Tanaman lebih sulit mendapatkan oksigen, pada metode ini harus digunakan aerator untuk memastikan ikan dan tanaman tetap mendapatkan cukup oksigen.

#### 2.2.5.2 Aerator

Aerasi adalah suatu proses penambahan oksigen dalam air dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air). Proses aerasi merupakan peristiwa terlarutnya oksigen di dalam air. Fungsi utama aerasi adalah melarutkan oksigen kedalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air dan melepaskan kandungan gas-gas yang terlarut dalam air, serta membantu pengadukan air. Dalam melakukan proses Aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator.



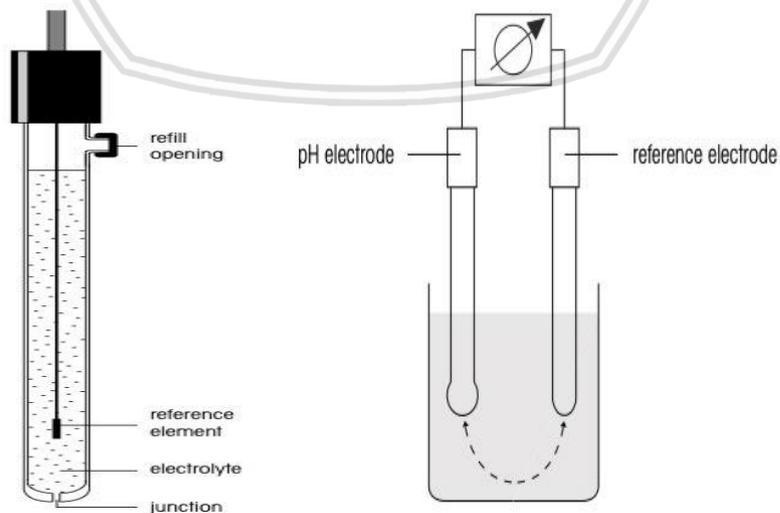
**Gambar 2. 5 Aeration**  
(Sumber: [www.amazon.com](http://www.amazon.com))

### 2.2.6 Analog pH Meter Kit

Sensor Derajat Keasaman (pH) yang digunakan adalah Analog pH Meter Kit DFRobot. Dirancang khusus untuk kontroler Arduino yang memiliki perancangan yang sederhana, mudah dan koneksi fitur yang praktis. Alat ukur keasaman pada air tersebut digunakan untuk mengukur kandungan pH atau kadar keasaman pada air mulai dari pH 0 sampai pH 14 dimana pH normal memiliki nilai 6.5 hingga 7.5 sementara bila nilai  $pH < 6.5$  menunjukkan zat tersebut memiliki sifat asam sedangkan nilai  $pH > 7.5$  menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaan tertinggi (Azmi, 2016). Tegangan keluaran dari elektroda adalah linier, sistem ini terdiri dari jembatan gel elektrolit garam Ag / AgCl sehingga memiliki potensi sangat baik untuk anti-polusi performance.

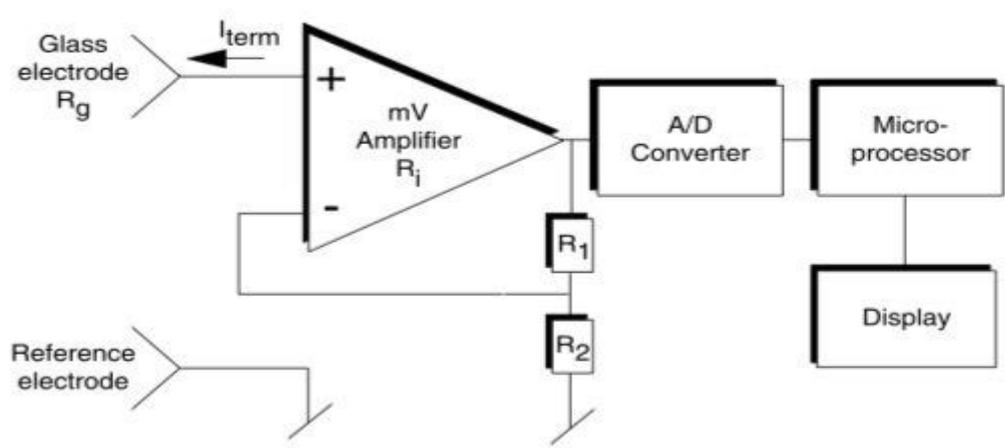


**Gambar 2. 6 Sensor PH**  
(Sumber: [www.world.taobao.com](http://www.world.taobao.com))



**Gambar 2. 7 Rangkaian Elektrode dan Elektrode Refrensi pada PH Meter**  
(Sumber: [www.artikel-teknologi.com](http://www.artikel-teknologi.com))





**Gambar 2. 8 Diagram Sederhana PH Meter**  
 (Sumber: [www.electro.fisica.unlp.edu.ar](http://www.electro.fisica.unlp.edu.ar))

**Tabel 2. 2 Spesifikasi Ph Meter**

SPESIFIKASI PH METER
Module Power : 5V
Ukuran sirkuit <i>board</i> : 43mm x 32mm
Pengukuran range pH: 0 – 14
Akurasi ± 0.1 pH (25°C)
Response waktu : ≤ 1min
pH Sensor with BNC Connector
pH 2.0 interface ( 3foot patch)
Dapat Penyesuaian Potensiometer
Indikator daya LED

Tabel 2. 3 Nilai Derajat Keasaman Air (pH)

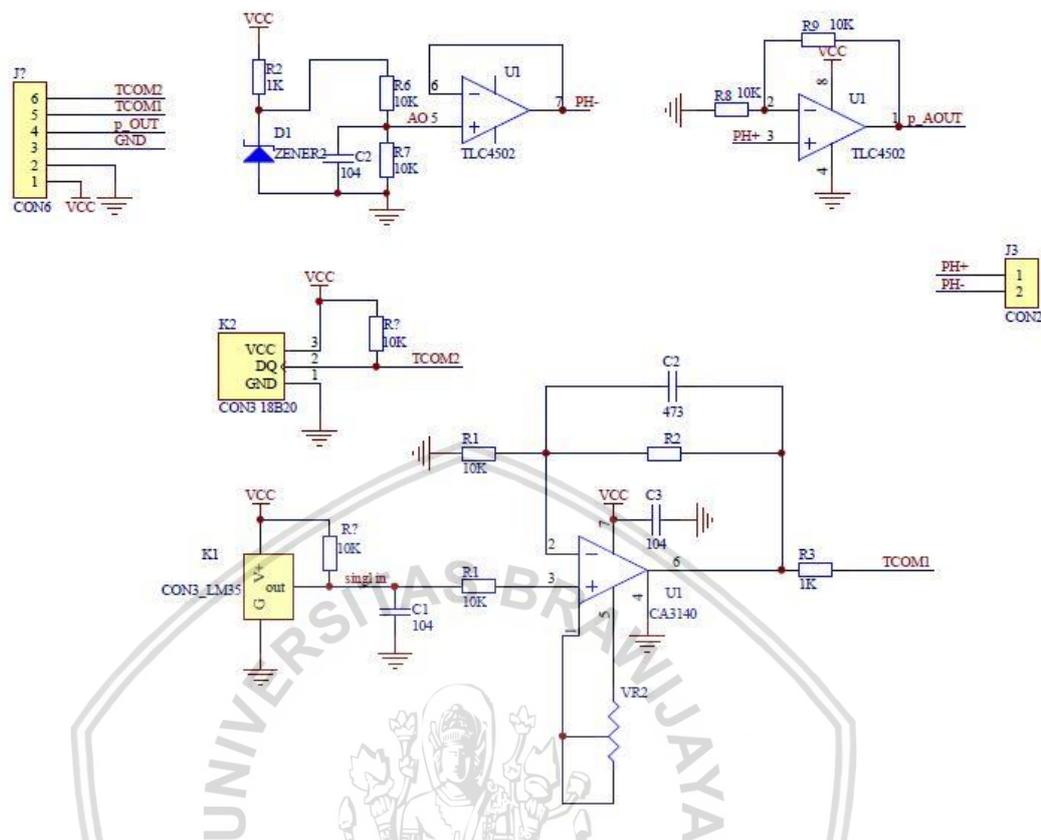
VOLTAGE (mV)	Nilai pH	VOLTAGE (mV)	Nilai pH
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

### 2.2.6.1 Module pH Meter

Modul pH meter di rancang khusus untuk Kontroller Arduino, memiliki peranan penting sebagai penghubung antara sensor pH meter dengan Kontroller Arduino. Dengan adanya modul pH meter sensor pH bisa terbaca dan dikenali nilai dari data yang dikirim sensor pH meter untuk Kontroler Arduino. Untuk cara menggunakannya, hanya menghubungkan sensor pH dengan arduino dimana port keluaran data pada pH meter dihubungkan dengan arduino sebagai masukkan data pada port analog.



**Gambar 2. 9 Module PH Meter**  
(Sumber: <https://core-electronics.com.au>)



Gambar 2. 10 Skematik liquid PH-014 module sensor dan PH electrode probe BNC

(Sumber: www.uctronics.com)

### 2.2.6.2 Derajat Keasaman pada Budidaya Akuaponik

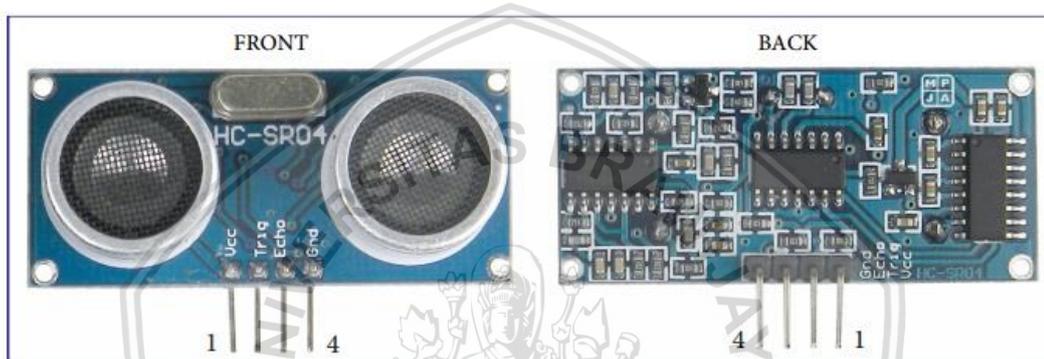
Umumnya derajat keasaman merupakan faktor yang penting untuk dikontrol. Formula nutrisi yang berbeda mempunyai pH yang berbeda, karena garam-garam pupuk mempunyai tingkat keasaman yang berbeda jika dilarutkan dalam air. Garam-garam seperti monokalium fosfat, tingkat keasamannya lebih rendah dari pada kalsium nitrit (Rosaliani, 2005). Umumnya derajat keasaman suatu larutan pupuk berada pada kisaran PH 5.5 - 6.5. Pada kisaran tersebut daya larutan unsur-unsur hara makro dan mikro sangat baik. Bila angkanya berada di bawah 5.5 atau di atas 6.5 maka daya larut unsur hara tidak sempurna lagi. Bahkan, unsur hara mulai mengendap sehingga tidak dapat diserap oleh akar tanaman. akibatnya tanaman menampilkan gejala defisiensi unsur hara tertentu.

Dalam praktik, tahapan pembuatan larutan pupuk adalah sebagai berikut. Botol diisi dengan air bersih dan PH-nya diukur. Bila patokan yang ditetapkan adalah PH 5.5 – 7.5 tetapi terbukti dari pengukuran ternyata PH-nya lebih dari 7.5 maka ditambahkan sedikit demi sedikit larutan Asam Fosfat ( $H_3PO_4$ ) ke dalam akuarium hingga tercapai PH yang sempurna. Sementara bila PH air lebih rendah dari 5.5 maka ditambahkan sedikit demi sedikit larutan Kalium Hidroksida (KOH) ke dalam akuarium hingga tercapai PH yang diinginkan.



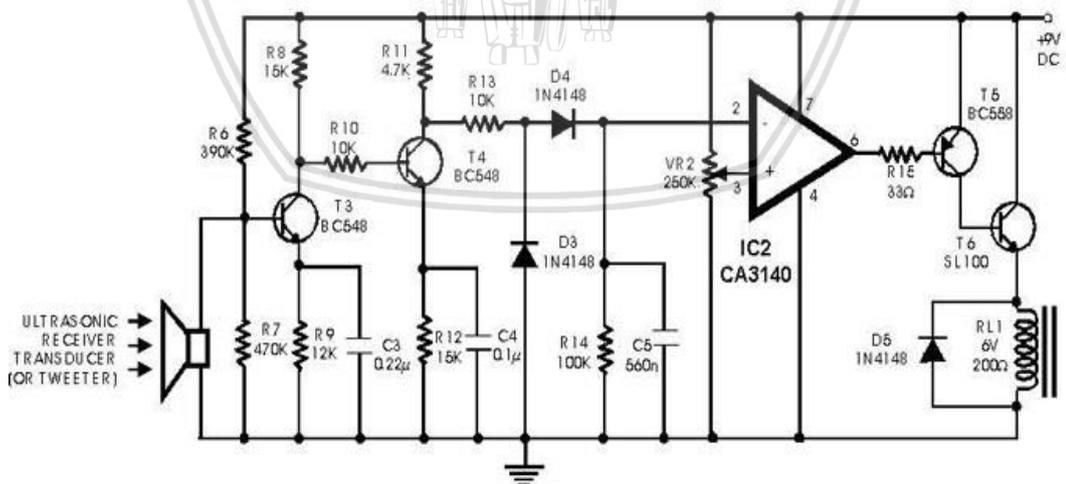
### 2.2.7 Sensor Ultrasonic HC-SR04

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 *ultrasonic*(*transmitter*) dan rangkaian penerima gelombang ultrasonik (*receiver*). Sensor ini bekerja dengan memancarkan sinyal melalui pemancar gelombang *ultrasonic* , 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. Bentuk fisik sensor dapat dilihat pada gambar berikut, dan bentuk rangkaian skematik sensor.



Gambar 2. 11 Sensor Ultrasonic HC-SR04

(Sumber: <https://depokinstruments.com>)



Gambar 2. 12 Skematik Ultrasonic Receiver

(Sumber: <http://www.elangsakti.com>)

## 2.2.8 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah computer yang berukuran mikro dalam satu chip IC (Integrated Circuit) yang terdiri dari processor, memory, dan antar muka yang bisa diprogram. Dengan program yang ditanamkan didalamnya maka komponen-komponen tersebut menjadi sebuah sistem yang berjalan sesuai dengan tugas yang diinginkan.

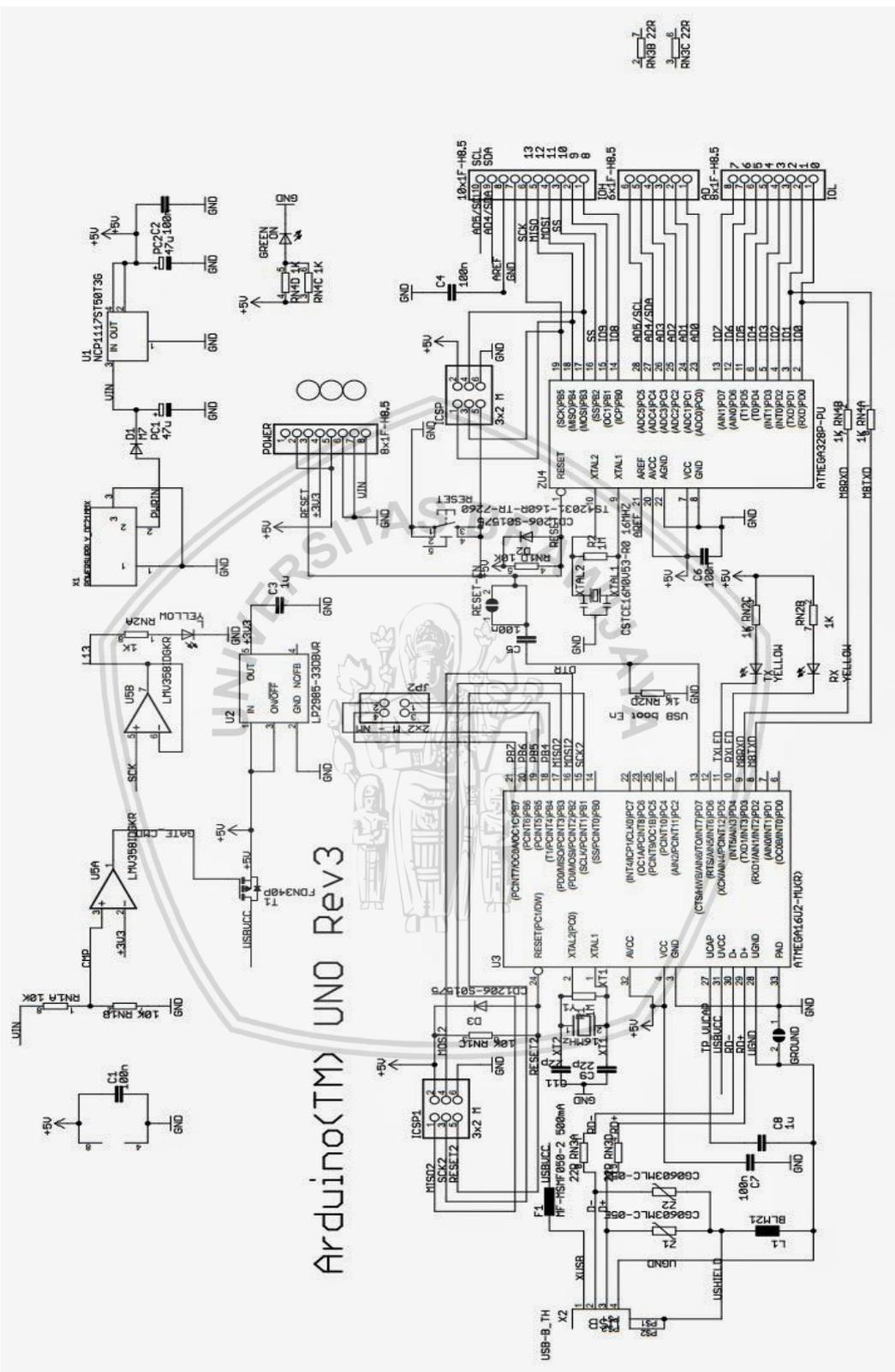
Arduino Uno adalah mikrokontroler yang memiliki mikroprosesor ATmega328. (Arduino.cc, 2018) Arduino memiliki 14 digital pin input/output, mempunyai 6 pin PWM (Pulse Width Modulation), 6 pin input analog, quartz crystal 16 MHz, port USB, port power, header ICSP dan reset. User dapat menghidupkan Arduino dengan menggunakan power AC-DC atau dengan kabel USB, serta dapat mengupload program langsung pada perangkat arduino.

Arduino Uno merupakan papan Arduino pertama Arduino pada saat pelepasan Arduino software (IDE) versi 1.0. (Arduino.cc, 2018). Arduino uno dijadikan sebagai referensi untuk papan Arduino yang sedang dikembangkan dan dirilis lebih baru saat ini. Bentuk fisik Arduino uno pada gambar 2.13, dan rangkaian skema papan Arduino uno dapat dilihat pada gambar 2.14.



**Gambar 2. 13 Arduino UNO**

(Sumber: <https://www.arduino.cc>)



Gambar 2. 14 Skema Arduino Uno  
(Sumber: <http://www.arduino.cc>)

Pada tabel 2.4 merupakan spesifikasi yang dimiliki oleh Arduino Uno yang digunakan pada sistem ini.

**Tabel 2. 4 Spesifikasi Arduino Uno**

(Sumber: <http://www.arduino.cc>)

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (6 PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O	20mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (Atmega328P)
SRAM	2 KB (Atmega328P)
EEPROM	1 KB (Atmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Pada Arduino Uno terdapat 14 pin digital yang dapat digunakan sebagai input maupun output dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan juga `digitalRead()`. Semua pin dapat beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin memberi maupun menerima arus maksimal 40 mA dan mempunyai resistor pull-up internal yang terputus akan secara default sebesar 20-50 Kohm. Selain pin diatas ada beberapa pin yang memiliki fungsi khusus, yaitu:

#### 1. Serial

Terdiri dari 0 (RX) dan 1 (TX). Dimana pin untuk menerima adalah (RX) dan mengirimkan pin untuk mengirimkan data adalah (TX) TTL yang merupakan data serial. Pin terhubung menuju pin yang sesuai dengan chip FTDI USB-to-TTL Serial.

## 2. Interupsi External

Terdiri dari pin 2 dan pin 3 yang bisa dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada nilai yang rendah, meningkat, menurun, atau pada perubahan nilai.

## 3. PWM

Terdiri dari pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11 yang memiliki output PWM 8-bit menggunakan fungsi `analogWrite()`.

## 4. SPI

Terdiri dari pin 10 (SS), 11(MOSI), 12 (MISO), dan 13 (SCK) yang mendukung komunikasi SPI yang tersedia pada hardware.

## 5. LED

Merupakan pin 13 yang tersedia secara built-in di papan Arduino Uno dan terhubung ke pin digital 13. Sehingga jika pin tersebut diset dengan nilai high, LED akan menyala, dan jika pin tersebut diset dengan nilai LOW, maka LED akan mati.

Arduino Uno juga memiliki 8 pin yang digunakan sebagai input analog yang diberi label A0 sampai A7. Dari masing-masing tiap pin menyediakan resolusi 10 bit atau 1024 nilai yang berbeda.

### 2.2.9 Relay

*Relay* adalah saklar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara elektronik (elektro magnetik). Saklar pada *relay* akan terjadi perubahan posisi OFF ke ON pada saat diberikan energi elektro magnetik pada *armature relay* tersebut. *Relay* pada dasarnya terdiri dari 2 bagian utama yaitu saklar mekanik dan sistem pembangkit elektromagnetik (induktor inti besi). saklar atau kontaktor *relay* dikendalikan menggunakan tegangan listrik yang diberikan ke induktor pembangkit magnet untuk menarik *armature* tuas saklar atau kontaktor *relay*.

*Relay* dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus interface antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem power supplynya. Secara fisik antara saklar atau kontaktor dengan elektromagnet *relay* terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah.

*Relay* elektro mekanik memiliki kondisi saklar atau kontaktor dalam 3 posisi. Ketiga posisi saklar atau kontaktor *relay* ini akan berubah pada saat *relay* mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya. Ketiga posisi saklar *relay* tersebut adalah :

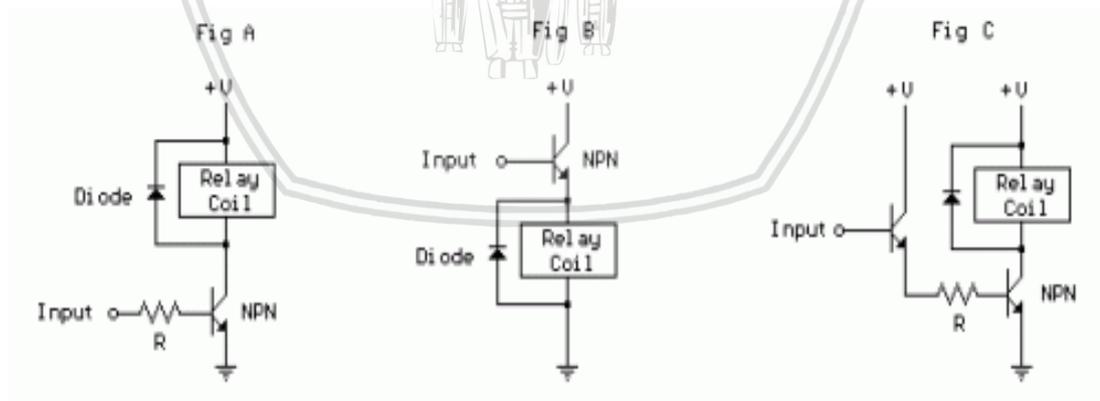
1. **Posisi Normally Open (NO)**, Kondisi ini akan terjadi pada saat *relay* mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya.

2. **Posisi Normally Colse (NC)**, Kondisi ini terjadi pada saat *relay* tidak mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya.
3. **Posisi Change Over (CO)**, Kondisi ini terjadi saat sumber tegangan diberikan ke elektromagnet atau saat sumber tegangan diputus dari elektromagnet *relay*.

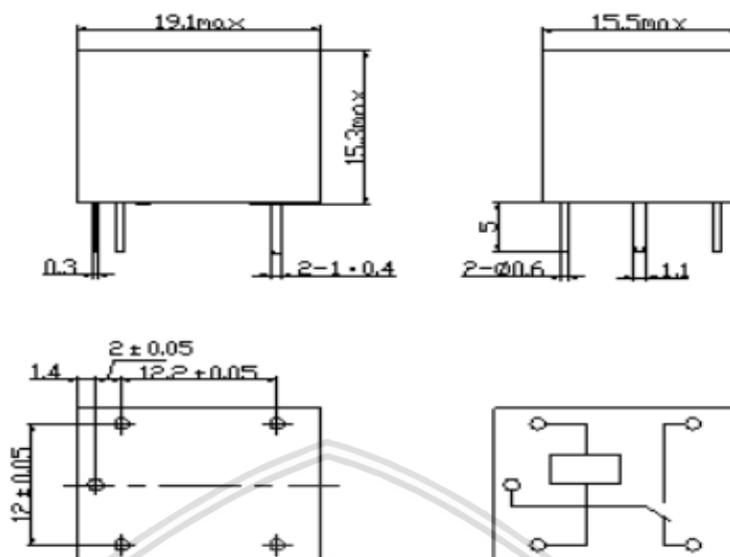
*Relay* Modul 4 Channel 5V menyediakan 4 input optik terisolasi yang menerima berbagai macam tegangan, termasuk 3VDC dan 5VDC sinyal yang tersedia pada Arduino. Ini adalah cara yang bagus untuk mengaktifkan atau menonaktifkan AC atau DC beban menggunakan Arduino.



**Gambar 2. 15 Relay Module**  
(Sumber: nexuscycber.com)



**Gambar 2. 16 Rangkaian *interface relay* ke rangkaian digital**  
(Sumber: www.elektronika-dasar.web.id)



**Gambar 2. 17 Relay**  
(Sumber: SngleRelay)

## 2.2.10 Komunikasi Nirkabel

Komunikasi Nirkabel adalah teknologi penransferan data dari satu *node* atau ke titik lainnya. Dimana perantaranya atau media transmisinya tidak berupa kabel fisik. Komunikasi nirkabel juga disebut dengan *wireless* karna memiliki arti yang sama, *wireless* adalah media transmisi radiasi elektromagnetik yang dipancarkan melalui udara terbuka yang dapat berupa mikro gelombang, sistem satelit, sinar infra merah. Teknologi Nirkabel yang dibahas ialah *Modul Bluetooth HC-05*.

### 2.2.10.1 Modul Bluetooth HC-05

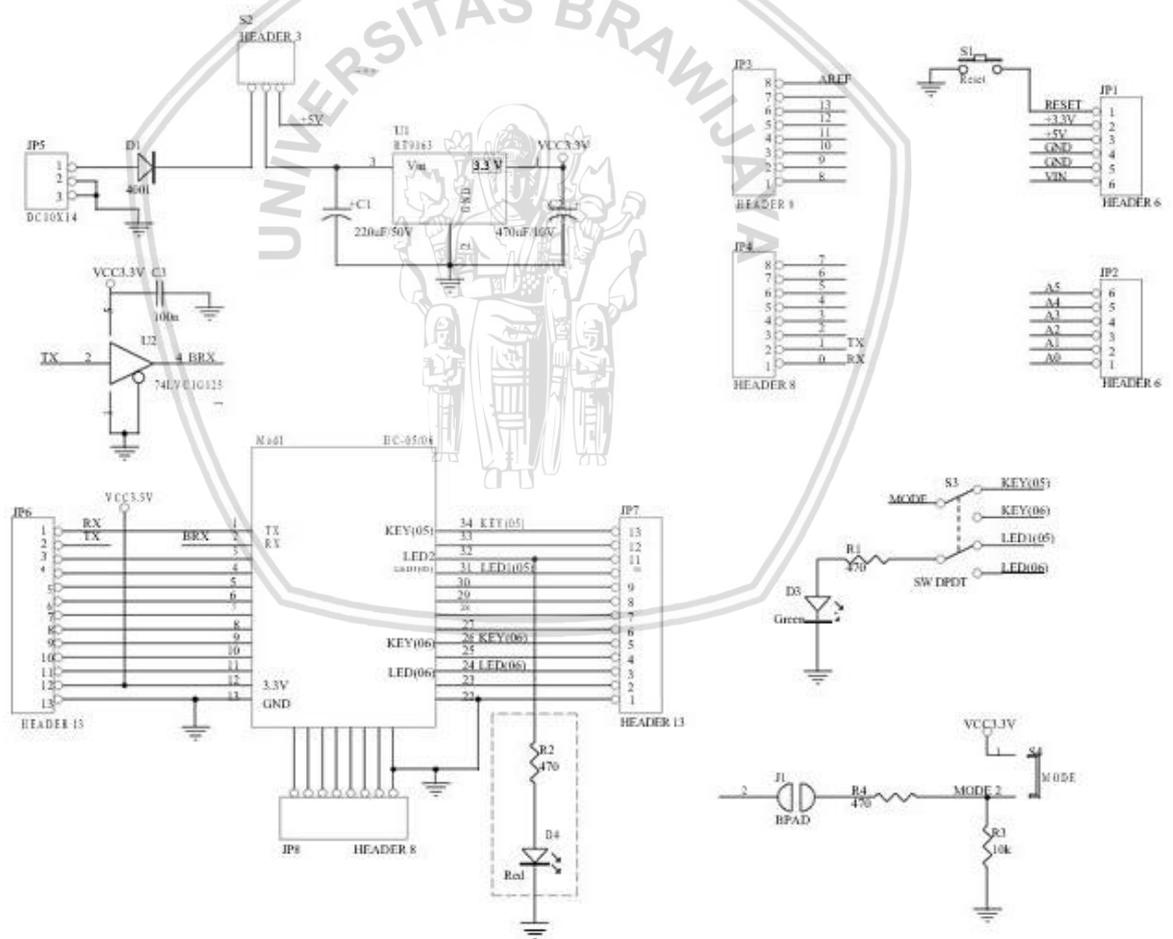
*Bluetooth HC-05* merupakan module komunikasi nirkabel pada frekuensi 2.4GHz dengan pilihan koneksi bisa sebagai *slave*, ataupun sebagai master. Module HC-05 sangat mudah digunakan dengan mikrokontroler untuk membuat aplikasi *wireless*. *Interface* yang digunakan adalah serial RXD, TXD, VCC dan GND. Built in LED sebagai *indicator* koneksi *Bluetooth*.

*Module Bluetooth* digunakan sebagai alat komunikasi penghubung mikrokontroler dengan *device* android. Memudahkan user dalam *memonitoring* sistem. Berikut adalah gambar dari *module Bluetooth HC-05*.



**Gambar 2. 18 Bentuk fisik Bluetooth HC-05**

(Sumber: [http://ledsee.com/datasheet\\_ledsee/HC-05%20blue%20tooth%20schema.jpg](http://ledsee.com/datasheet_ledsee/HC-05%20blue%20tooth%20schema.jpg))



**Gambar 2. 19 Skematik Bluetooth HC-05**

(Sumber: [http://ledsee.com/datasheet\\_ledsee/HC-05%20blue%20tooth%20schema.jpg](http://ledsee.com/datasheet_ledsee/HC-05%20blue%20tooth%20schema.jpg))

### 2.2.11 Pompa Air DC 6v

Pompa air dc 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 2.20



**Gambar 2. 20 Pompa air DC 6V**  
(Sumber: Aliexpress, 2017)

### 2.2.12 Android

Perangkat android merupakan sistem operasi yang bersifat open source. Sehingga bebas digunakan dan dikembangkan. Pada sistem ini android berfungsi sebagai menerima data dari mikrokontroler melalui *bluetooth HC-05* untuk *memonitoring*.



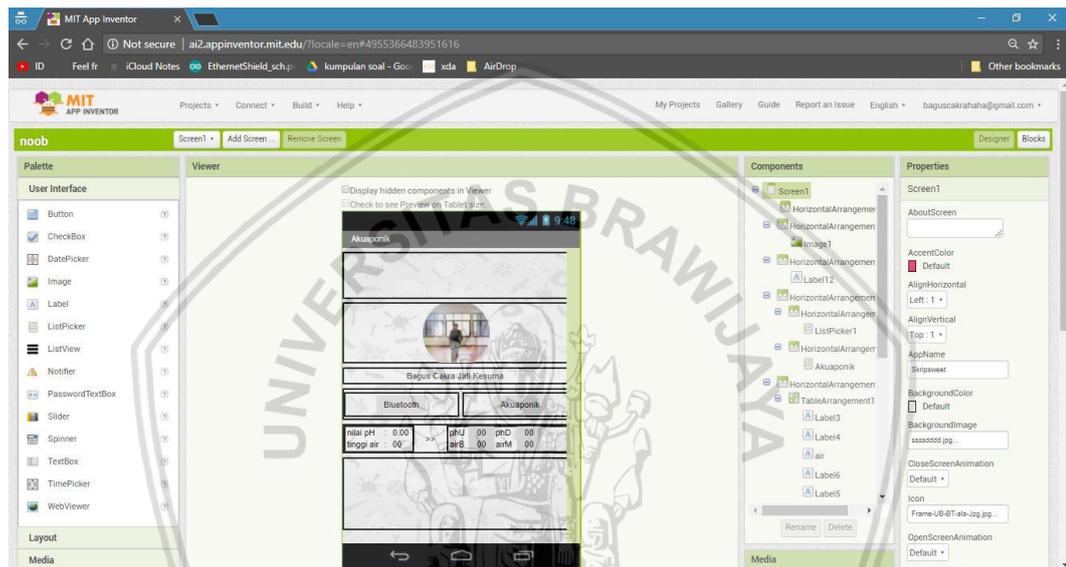
**Gambar 2. 21 Perangkat Android**  
(Sumber: www.samsung.com)



### 2.2.13 App Inventor

App Inventor merupakan sebuah aplikasi berbasis web yang dikembangkan oleh google dan sekarang ini dikelola oleh Massachusetts Institute of Technology (MIT). Aplikasi ini merupakan open source sehingga bebas digunakan dan dikembangkan. Aplikasi ini memudahkan pengguna untuk membuat aplikasi berbasis android. fitur *drag n drop* sangat membantu dalam pembuatan aplikasi.

Pada sistem ini app inventor digunakan untuk membuat interface tampilan yang akan menampilkan keluaran dari sistem yang dihubungkan menggunakan Bluetooth. Gambar 2. 22 merupakan gambaran dari app inventor.

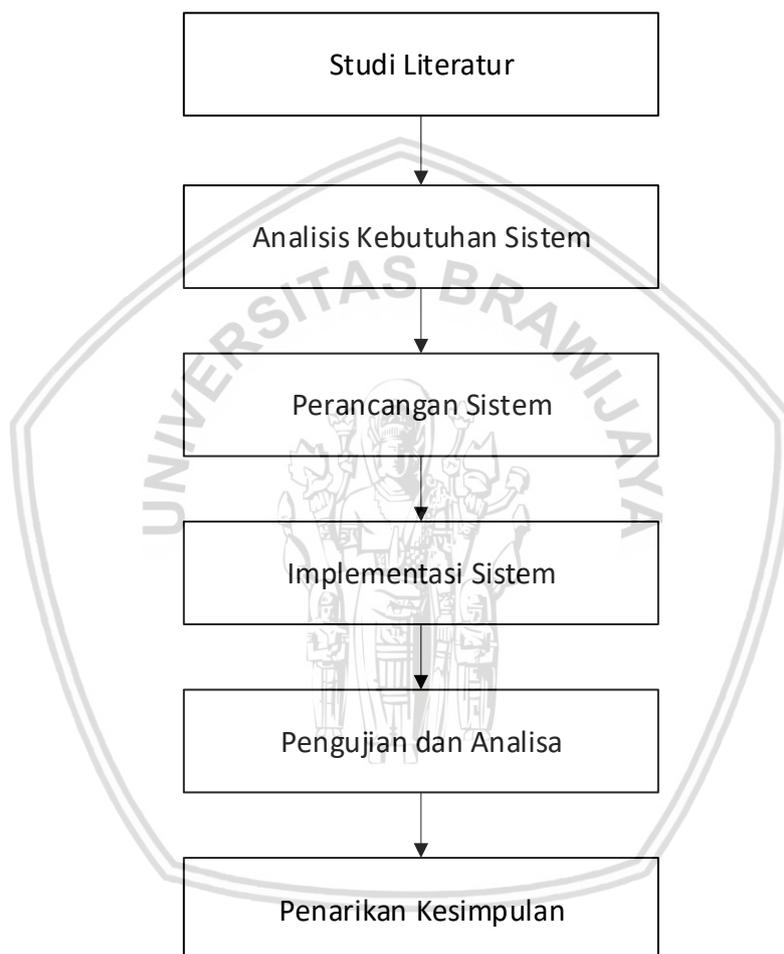


**Gambar 2. 22 Tampilan App Inventor**  
(Sumber :<http://ai2.appinventor.mit.edu>)



## BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai langkah-langkah dan metode yang digunakan dalam *memonitoring* dan *controlling* pada budidaya ikan, tanaman pada sistem akuaponik. Gambaran umum tahapan metodologi penelitian disajikan dalam diagram alir pada gambar 3.1.



**Gambar 3. 1 Diagram alur metodologi penelitian**

### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap mencari dan melakukan penyusunan teori dasar dan referensi yang mendukung penelitian yang dibuat sebagai penunjang penelitian. Dalam melaksanakan penelitian ini, mendapatkan segala bentuk pengetahuan mengenai *monitoring* dan *controlling* sistem akuaponik otomatis. Penerapan *Sensor pH Meter SEN0161* dan *Sensor Ultrasonic*. Yang mana pengetahuan tersebut didapatkan dari banyak literatur dari buku, artikel di

*internet, jurnal* dan *interview*. Karena untuk membuat sebuah sistem, maka sangat diperlukan pengetahuan lebih mengenai apa yang harus ada pada sistem tersebut.

Materi pertama seperti Embedded System serta Jaringan Nirkabel dan Kecerdasan buatan sebagai dasar perancangan hardware diperoleh dari buku, jurnal maupun artikel di *internet*. Sedangkan materi kedua yang membahas mengenai teori materi mengenai metode yang digunakan untuk klasifikasi yaitu metode *Fuzzy Mamdani* diperoleh dari buku, jurnal dan berbagai penelitian.

## 3.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Kebutuhan Sistem ditunjukkan untuk melakukan analisis pada beberapa kebutuhan yang diperlukan sistem yang akan dibangun pada penelitian kontrol pH dan ketinggian air pada akuaponik menggunakan metode *fuzzy mamdani* agar dapat berkerja sesuai dengan tujuan penelitian. Pada rekayasa kebutuhan terdapat beberapa bagian yaitu deskripsi untuk umum sistem, kebutuhan antarmuka eksternal, kebutuhan perangkat keras dan kebutuhan perangkat lunak, dan juga kebutuhan yang didapatkan melalui uji coba.

### 3.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Analisa Kebutuhan perangkat keras yaitu menganalisa hardware apa saja yang digunakan untuk mewujudkan sistem pada penelitian ini. Adapun *hardware* yang digunakan, yaitu:

- Model Perangkat : Acer Aspire S3
- *Processor* : Intel® Core™ i5-3337U CPU @ 1.80GHz(4 CPUs), ~1.8GHz
- RAM : 4GB
- Mikrokontroler Arduino UNO
- Analog pH Meter Kit SEN0161
- *Sensor Ultrasonic*
- *Relay*
- 4 Unit motor DC (*Water Pump*)
- 1 Unit *Breadboard*
- *Bluetooth Module HC-05*
- *Aerator*

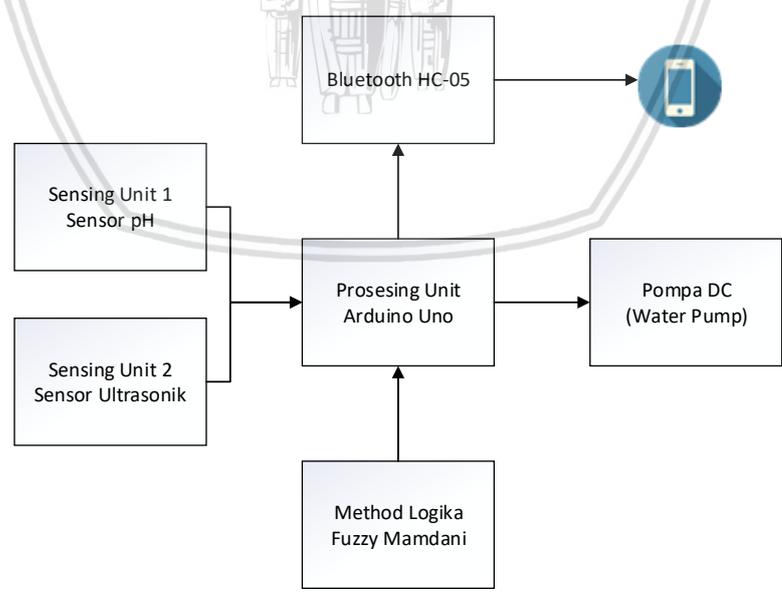
### 3.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak (Software)

Analisis kebutuhan perangkat lunak (software) yaitu menganalisis kebutuhan perangkat lunak apa saja yang digunakan untuk mewujudkan sistem pada penelitian ini. Adapun software yang digunakan, ialah:

- Sistem operasi, sistem operasi yang digunakan untuk menjalankan perangkat lunak adalah Windows 10
- Software Arduino IDE, sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat program yang dibutuhkan pada pembuatan sistem implementasi *monitoring* dan *controlling* pH dan Ketinggian air otomatis dan kemudian akan disimpan pada Mikrokontroler Arduino UNO.
- Software Android sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat aplikasi android MIT sebagai interface pada *monitoring* dan *controlling* sistem akuaponik.

### 3.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem terdapat gambaran umum dari keseluruhan sistem Akuaponik. Perancangan dilakukan apabila seluruh kebutuhan sistem telah terpenuhi. Model perancangan sistem menjelaskan mengenai cara kerja sistem secara terstruktur. Perancangan sistem dibagi kedalam dua bagian utama yaitu perancangan hardware, dan perancangan sistem yang dibangun menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani*. Perancangan Hardware berisi rangkaian sistem dalam bentuk blok diagram serta merancang sistem secara utuh. Bagian kedua merupakan perancangan sistem dengan diimplementasikan menggunakan metode *fuzzy mamdani* yang dibangun menggunakan program arduino menggunakan software Arduino IDE yang diimplementasikan pada Mikrokontroler Arduino UNO.



Gambar 3. 2 Diagram blok sistem

Diagram blok sistem

1. Bagian Input ada dua parameter Sensor pH dan Ketinggian air.
2. Bagian proses merupakan bagian yang ada di dalam Mikrokontroller Arduino Uno, terdiri dari 2 bagian pertama yaitu pin digital sebagai pemroses data data digital dari sensor *pH* dan *sensor Ultrasonic*, yang kedua metode *Fuzzy* yang meliputi *fuzzyfikasi* dan *rule*, sebagai kontrol otomatis pada sistem akuaponik.
3. Bagian output terdiri 4 aktuator sebagai media untuk pengontrolan kualitas air akuaponik, dan Android sebagai media untuk *memonitoring* air kolam.

### 3.4 Implementasi

Pada tahap implementasi ini akan dijelaskan keseluruhan sistem terdapat beberapa tahap yaitu:

- Analisa setiap bagian rangkaian sistem (hardware). Implementasi rangkaian *pH Meter*, *Ultrasonic*, *relay*, *Water pump 3-6V*, *Airator* serta keseluruhan rangkaian.
- Algoritma program yang ditanamkan dalam hardware. Terdiri dari algoritma program pendeteksi derajat keasaman pH dan ketinggian air. Program algoritma *fuzzy* mamdani dan program keseluruhan.

Berdasarkan dari implementasi yang disebutkan diatas, diharapkan sistem dapat berjalan sesuai perancangan, antara lain:

- Sistem dapat membaca inputan dari kedua sensor yaitu, sensor pH Meter dan Ultrasonik yang terkalibrasi. dimana sensor pH untuk pendeteksi derajat keasaman, sedangkan sensor Ultrasonik untuk mengontrol ketinggian air pada sistem akuaponik.
- Sistem dapat memproses berdasarkan input sensor tersebut sehingga dihasilkan output yaitu sensor pH Meter dapat mendeteksi tingkat keasaman pada akuaponik, pH normal memiliki nilai 5.5 sampai 7.5 Sementara Ph > 7.5 menunjukkan memiliki sifat basa, sedangkan nilai pH < 5.5 menunjukkan keasaman. Pada sensor Ultrasonik membaca  $\frac{3}{4}$  nilai normal pada ketinggian air akuarium. Sedangkan Mikrokontroller Arduino akan memproses dan mengirimkan data melalui Module Bluetooth HC-05 untuk menampilkan dan dapat mengkontrol kadar pH dan ketinggian air secara otomatis. *Relay* sistem kendali sebagai power suplay pada Motor DC (Water Pump), yang akan memberikan cairan pH apabila mengalami perubahan.

### 3.5 Pengujian dan Analisis

Pengujian pada penelitian ini dilakukan atas beberapa tahapan mulai dari pengujian untuk membaca inputan dari sensor yang dibaca oleh pemroses. Lalu dilakukan pengujian pada penentu klasifikasi level kondisi kadar pH dan ketinggian air berdasarkan metode *fuzzy mamdani* untuk mengetahui apakah hasil dari masing-masing inputan benar dan berjalan dengan baik. Dan apakah sistem berjalan dengan sesuai dengan yang diharapkan. Hasil analisis akan didapatkan kesimpulan metode *fuzzy mamdani* dapat dijadikan alternative untuk sistem *monitoring* dan *controlling* pada sistem akuaponik. Dibawah ini beberapa skenario pengujian yang akan dilakukan:

1. Pengujian *pH meter E-201C*
2. Pengujian *Sensor Ultrasonic*
3. Pengujian *relay*
4. Pengujian *water pump*
5. Pengujian metode *fuzzy mamdani*
6. Pengujian keseluruhan sistem

### 3.6 Penarikan Kesimpulan

Kesimpulan akan bisa didapatkan setelah melakukan perancangan, implementasi, pengujian dan analisis sistem. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil dari pengujian dan analisis yang dibuat. Isi kesimpulan diharapkan dapat menjadi acuan pada penelitian lain untuk mengembangkan sistem kontrol derajat keasaman dan ketinggian air pada sistem akuaponik berdasarkan derajat keasaman pH. Didalam penulisan akhir terdapat saran yang bertujuan untuk memberikan kemudahan kepada peneliti selanjutnya, apabila akan meneruskan penelitian ini.

## BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN

Bab ini menjelaskan secara rinci tentang rekayasa kebutuhan yang harus dipenuhi untuk perancangan hingga implementasi sistem. Sehingga diharapkan implementasi metode *fuzzy* untuk mengontrol pH dan ketinggian air pada akuaponik deep water culture berbasis android ini dapat berjalan dengan baik.

### 4.1 Deskripsi Umum

Sistem *Monitoring* dan *controlling* pada Akuaponik ini mengontrol secara otomatis tanpa dikendalikan user, dimana sistem ini mengukur kondisi pH dan ketinggian air yang akan di proses dengan mengimplemetasikan metode *fuzzy* oleh mikrokontroller Arduino UNO untuk melakukan perintah terhadap water pump.

Sistem ini dirancang menggunakan metode *fuzzy* mamdani, terdapat 2 inputan sebagai parameter yang diuji yaitu, pH meter digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat larutan dan sensor Ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian air akuarium. Pada level pH meter terdapat 3 kondisi yaitu kondisi asam, normal, dan basa. Sedangkan pada level Ultrasonik terdapat 3 kondisi juga yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Dari kedua input-an tersebut akan menghasilkan suatu output-an *defuzzifikasi* berbentuk lama waktu pemberian larutan pH, pembuangan air dan pengisian air.

### 4.2 Rekayasa Kebutuhan

Pada bab rekayasa kebutuhan ini akan menguraikan semua kebutuhan yang memiliki tujuan agar sistem kontrol derajat keasaman pH dan ketinggian air pada budidaya sistem akuaponik deep water culture 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 Antarmuka Sistem

Antarmuka pada sistem yang akan ditampilkan menggunakan Ponsel Android. Antarmuka ini digunakan oleh user untuk melihat apa yang sedang dilakukan pada saat itu. Antarmuka sistem ini menampilkan nilai kondisi pH dan ketinggian air pada sistem akuaponik.

#### 4.2.2 Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras untuk membangun sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop untuk menjalankan program Arduino Uno dengan spesifikasi minimal yaitu:
  - Sistem operasi windows (32 atau 64 bit)

- RAM 2GB
- DISK Space 2GB
- Screen Resolution 12800 x 800

## 2. *Arduino UNO*

Mikrokontroler ATmega328 yang digunakan untuk mengolah data dan mengirim data pada user.

## 3. Analog pH Meter Kit

pH meter berfungsi untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu larutan.

## 4. *Sensor Ultrasonic*

Ultrasonik berfungsi untuk mengukur ketinggian air pada implementasi akuarium akuaponik.

## 5. *Relay 4 Channel*

*Relay 4 Channel* yang berfungsi sebagai saklar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara elektronik, yang dapat merubah kondisi pompa air menjadi ON atau OFF.

## 6. *Water Pump*

Pompa berfungsi sebagai sebuah mesin yang mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik yang kemudian dapat mengalirkan cairan nutrisi pada kolam ikan.

## 7. Module Bluetooth HC-05

Bluetooth HC-05 digunakan sebagai alat komunikasi penghubung mikrokontroler dengan device android.

### 4.2.3 Kebutuhan Perangkat Lunak

Adanya perangkat lunak ini sangat berguna untuk memberi dukungan pada perangkat keras yang ada. Walaupun perangkat keras sudah lengkap dan memenuhi syarat dalam pembuatan sistem, tidak akan berjalan tanpa adanya perangkat lunak ini. Untuk pembuatan aplikasi android *monitoring* data sensor menggunakan perangkat lunak, yaitu:

#### 1. Sistem Operasi Windows

Perangkat lunak ini digunakan untuk menjalankan perangkat keras dan perangkat lunak pendukung yang lainnya.

#### 2. Compiler Arduino

Perangkat lunak ini digunakan untuk menuliskan program, kompilasi dan upload program ke mikrokontroler. Selain itu pada perangkat lunak terdapat fitur

yang dapat digunakan untuk membantu *komputer* untuk melakukan *monitoring* jalannya program, yaitu serial monitor.

### 3. ApplInventor

Perangkat lunak ini digunakan untuk menuliskan program blok dalam pembuatan aplikasi android, aplikasi tersebut digunakan untuk memudahkan user dalam *memonitoring* kondisi air pada sistem akuaponik.

#### 4.2.4 Kebutuhan Komunikasi

Komunikasi antar PC dan Arduino dilakukan dengan cara mengirim data dari Arduino ke Bluetooth dan ditampilkan data ke android. Pemrograman sketch Arduino menggunakan gaya Bahasa C tapi pada pembuatan librarynya menggunakan C++ yang menerapkan pemrograman Objek (class) (Djuandi, 2011).

Pemrograman code Arduino (sketch) untuk komunikasi serial dapat menggunakan fungsi-fungsi yang sudah tersedia dalam class untuk komunikasi serial. Data yang dikirim ke serial port akan dikirim ke buffer pengirim (Tx buffer) begitu juga data yang diterima adalah data yang diambil dari buffer penerima (Rx buffer) (Djuandi, 2011).

#### 4.2.5 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional adalah kebutuhan yang harus dipenuhi agar suatu sistem dapat bekerja sesuai dengan tujuan. Apabila kebutuhan fungsional ini tidak terpenuhi maka sistem tidak berjalan dengan baik atau dapat dikatakan sistem dapat mengalami kegagalan.

##### 4.2.5.1 Fungsi Pengiriman Data pH Meter Kit ke Arduino UNO

Fungsi ini mengharuskan pin sensor pH dapat tersambung ke mikrokontroller Arduino UNO. Dengan mengatur pin sensor P0, VCC, GND ke Arduino supaya sensor dapat membaca dan mengirim data dan diimplementasikan pada sistem dengan outputan ditampilkan di android dengan data berupa bentuk kondisi derajat keasaman pada kondisi air tersebut.

##### 4.2.5.2 Fungsi Pengiriman Data Sensor Ultrasonik ke Arduino UNO

Fungsi ini mengharuskan pin sensor Ultrasonik dapat tersambung ke Mikrokontroller Arduino UNO dengan mengatur mode pin 12, 13, VCC, GND dan pin analog tersambung ke pin Arduino UNO. Dengan mengatur pin sensor ke Arduino supaya sensor dapat membaca dan mengirim data dan diimplementasikan pada sistem dengan outputan ditampilkan di android dengan data berupa bentuk kondisi ketinggian air tersebut.

##### 4.2.5.3 Fungsi Pengiriman Data Pompa Air ke Relay

Fungsi ini mengharuskan pin Pompa air dapat tersambung ke *Relay* 4 Channel yang berfungsi sebagai saklar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara elektronik, yang dapat merubah kondisi pompa air menjadi *ON/OFF* secara

otomatis membuka / menutup pompa air dengan melihat pembacaan kondisi pH dan ketinggian pada sensor atas perintah Arduino.

#### 4.2.5.4 Fungsi Penentuan Kondisi Menggunakan Metode Fuzzy

Fungsi ini mengharuskan sistem mampu menentukan kondisi sesuai dengan input yang diterima oleh sensor dan diolah pada mikrokontroler 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.

#### 4.2.6 Kebutuhan Non Fungsional

Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan non fungsional dari sistem, sehingga dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Memperlihatkan kemungkinan kesulitan yang dihadapi oleh user. Salah satunya dengan pertimbangan pembuatan langkah *use case* yang tidak terlalu rumit.
2. *Prototype* alat pada sistem akuaponik di desain se-familiar mungkin untuk memudahkan pengguna.
3. Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* untuk memetakan dalam beberapa kondisi.
4. *Prototype* alat pada sistem didesain secara portable yang dapat digunakan pada sistem akuaponik manapun.

#### 4.3 Batasan Desain Sistem

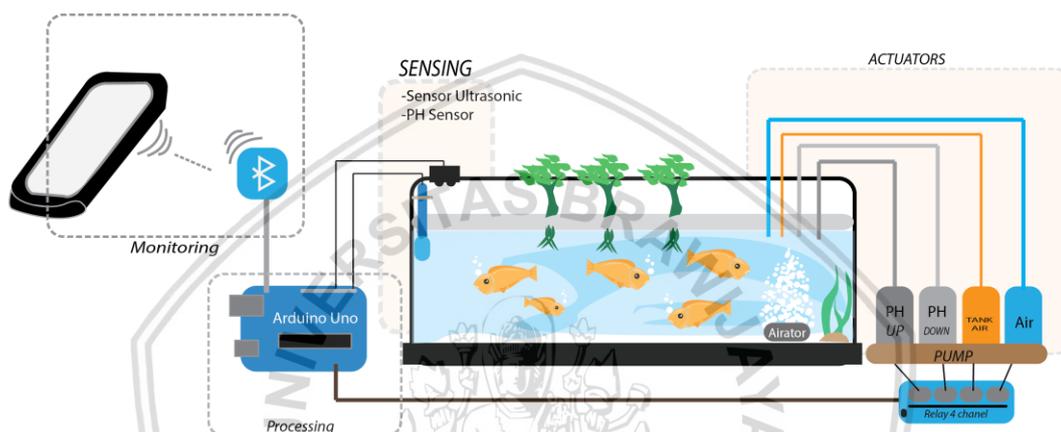
Implementasi metode *fuzzy* untuk mengontrol kondisi air pada akuaponik *deep water culture* berbasis android agar dapat dilakukan sesuai dengan yang diharapkan, maka diperlukan Batasan-batasan implementasi desain sistem, antara lain sebagai berikut:

1. Sistem yang digunakan bersifat portable.
2. Sistem yang digunakan menggunakan metode *fuzzy mamdani*.
3. Sistem yang dibuat dapat mengontrol pH dan ketinggian air pada akuarium, pemberian cairan pH, pengisian air dan pembuangan air menggunakan pompa.

## BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini membahas mengenai perancangan dan implementasi yang dilakukan pada penelitian ini. Perancangan membahas mengenai persiapan dan inialisasi sistem sehingga siap untuk di implementasikan. Sedangkan implementasi berisi mengenai penerapan perancangan sistem sesuai dengan perancangan yang sudah dilakukan sebelumnya.

### 5.1 Perancangan Sistem



Gambar 5. 1 Desain Perancangan Sistem Akuaponik DWC

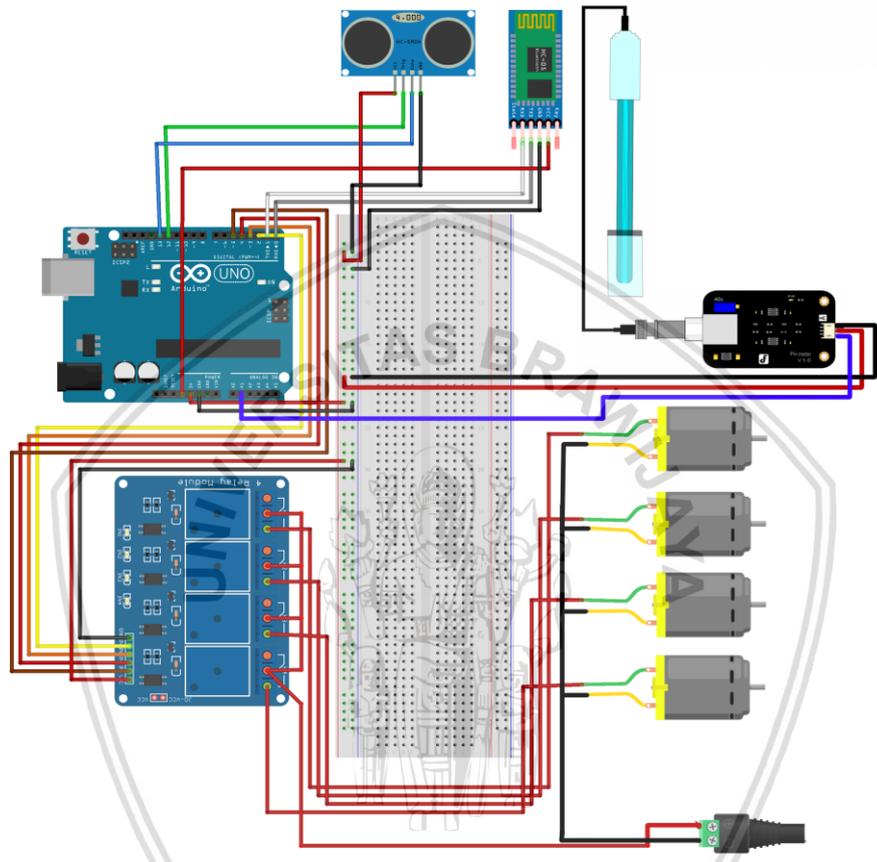
Pada bagian ini berisi mengenai perancangan dan implementasi pada penelitian “Implementasi metode *fuzzy* untuk mengontrol pH dan ketinggian air pada akuaponik deep water culture berbasis android”. Pada perancangan sistem akan dijelaskan bagaimana sistem dibangun agar mampu terkoneksi dengan baik antar perangkat satu dengan perangkat yang lain. Pada bagian perancangan terdapat dua perancangan sistem, yaitu perancangan perangkat lunak dan perancangan perangkat keras. Pada bagian implementasi sistem terdiri dari implementasi perangkat keras dan implementasi perangkat lunak.

#### 5.1.1 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat Keras disusun menggunakan beberapa komponen diantaranya Arduino Uno sebagai mikrokontroler, Module HC-05, Water Pump, Analog PH Meter Kit dan Sensor Ultrasonik. Rancangan sistem ini dibangun secara keseluruhan untuk menggambarkan konsep dan cara kerja sistem *monitoring* dan kontroling pH dan ketinggian air akuaponik.

Arduino Uno terintegrasi langsung dengan *Bluetooth* melalui pin *header* male dan female yang dimiliki oleh module tersebut. Sementara untuk *Relay* module memiliki 4 channel dimana masing-masing akan terhubung dengan Motor DC (*Water Pump*) dan 4 pin *input* yang memberi inputan ke *Arduino Uno*. *Arduino Uno* terhubung dengan adaptor 5 volt sebagai supply power *Relay* dan *Water Pump* menggunakan adapter 6 volt sebagai power supply.

Analog PH Meter Kit menggunakan pin Arduino 5V sebagai power supply sensor, pin GND untuk ground, dan pin A0 untuk output sensor yang dihubungkan pada Probe PH dan Probe PH terhubung dengan Sensor Analog PH Meter Kit. Sensor Ultrasonik yang dimana sensor Ultrasonik menggunakan pin Arduino 12, 13, VCC pin 5v untuk power supply sensor dan pin GND untuk ground.



Gambar 5. 2 Skema Perancangan Perangkat Keras

Tabel 5. 1 Koneksi Pin Perangkat Keras 1

Pin Arduino Uno	Pin Sensor pH	Pin Sensor Ultrasonik	Relay 4 Channel	Pompa 6V	Bluetooth HC-05
VCC	VCC	VCC	VCC	VCC (Adaptor)	VCC 3V
GND	GND	GND	GND	GND (Adaptor)	GND
A1	A1				
RX					TX

TX					RX
Pin 12		Trig			
Pin 13		Echo			
Pin 2			Pump 1		
Pin 3			Pump 2		
Pin 4			Pump 3		
Pin 5			Pump 4		

**5.1.2 Perancangan Perangkat Lunak**

Perangkat lunak pendukung yang digunakan dalam pembuatan sistem ini adalah Arduino IDE. Program yang dibuat dengan menggunakan metode *fuzzy* Mamdani sebagai pengambilan keputusan untuk menentukan rule dan outputnya berdasarkan inputannya dari sensor PH dan sensor Ultrasonik. Perancangan perangkat lunak dimulai dari inputan masing-masing sensor yaitu sensor pH Meter SEN0161 dan Sensor Ultrasonik. Dari 2 inputan sensor akan di proses menggunakan metode *Fuzzy* mamdani untuk menentukan himpunan *Fuzzy*.

Pada penerapan implementasi *Fuzzy* mamdani kedalam sistem *monitoring* kadar pH dan ketinggian air yang akan diteliti, maka akan dibuat sebuah variable array yang digunakan sebagai penyimpan hasil *fuzzyfikasi* dari inputan sensor PH dan sensor Ultrasonik.

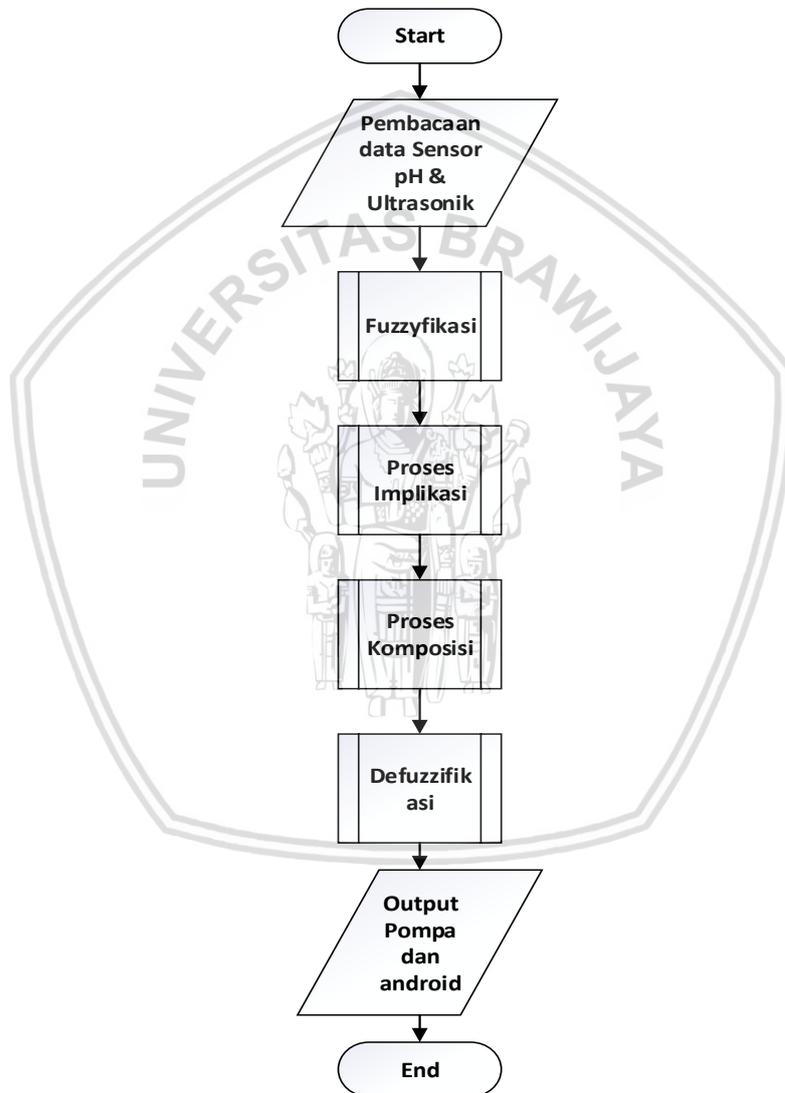


**Gambar 5. 3 Tampilan Arduino IDE**

merupakan gambar sketch pad Arduino IDE yang digunakan untuk mengetikkan kode program yang akan diupload pada mikrokontroler.

### 5.1.2.1 Perancangan Logika Fuzzy

Perancangan sistem ini menggunakan metode *fuzzy* mamdani memerlukan beberapa tahap agar keputusan yang menjadi output dari sistem sesuai dengan beberapa perhitungan metode *fuzzy*. Tahap tersebut adalah *fuzzyfikasi*, inferensi *fuzzy* dan *defuzzyfikasi*. Pada gambar berikut menunjukkan bahwa tahapan pada implementasi metode *fuzzy* pada kontrol pH dan ketinggian air akuaponik deep water 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.



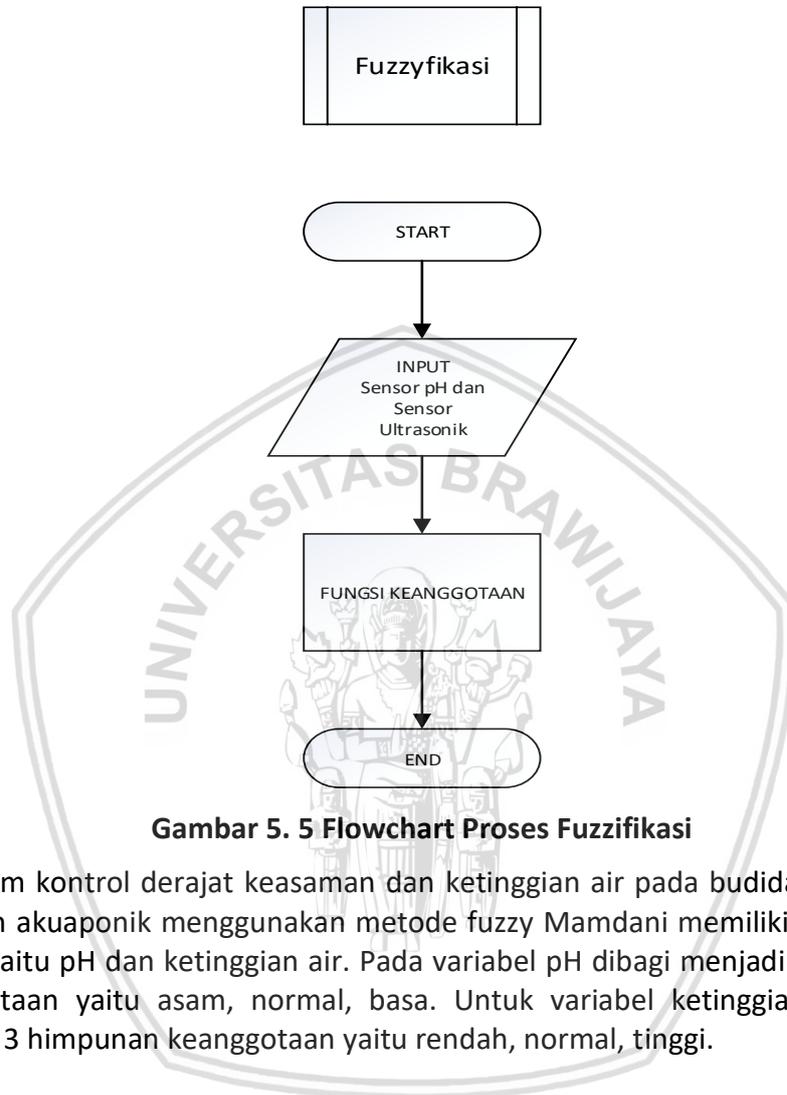
Gambar 5. 4 Flowchart Perancangan Keseluruhan

#### 5.1.2.1.1 Fuzzyfikasi

*Fuzzyfikasi* adalah suatu perubahan nilai tegas dalam fungsi keanggotaan *fuzzy*. Pada gambar 5.5, pada tahapan *fuzzyfikasi* akan menerima proses input dari



sensor pH yang memiliki fungsi untuk input data derajat keasaman air dan sensor Ultrasonik untuk *input* data ketinggian air. Berikut ini adalah flowchart tahap *fuzzyfikasi*.



**Gambar 5. 5 Flowchart Proses Fuzzifikasi**

Sistem kontrol derajat keasaman dan ketinggian air pada budidaya ikan dan tanaman akuaponik menggunakan metode fuzzy Mamdani memiliki 2 input dari sensor yaitu pH dan ketinggian air. Pada variabel pH dibagi menjadi 3 himpunan keanggotaan yaitu asam, normal, basa. Untuk variabel ketinggian air dibagi menjadi 3 himpunan keanggotaan yaitu rendah, normal, tinggi.

**5.1.2.1.1.1 Variabel Derajat Keasaman**

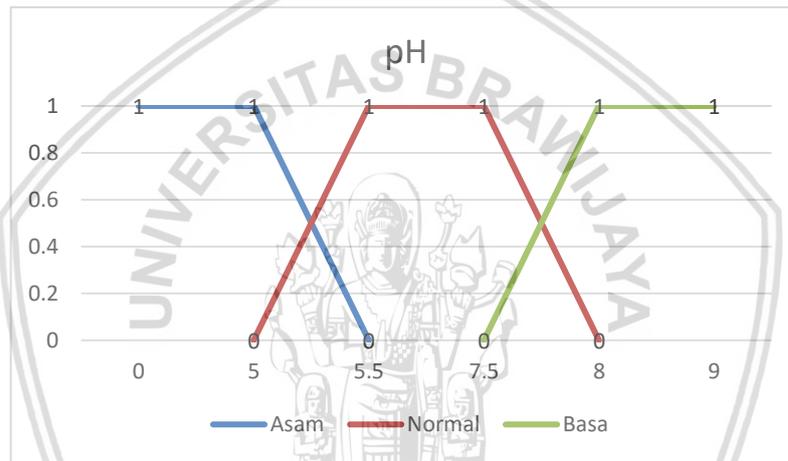
Pada variable derajat keasaman, menggunakan 3 variabel linguistik yang diperoleh dari 3 kali percobaan pengukuran. Proses perhitungan *Fuzzy* diawali dengan pendefinisian variable input dan output yang akan digunakan. Variable input yang digunakan pada penelitian ini yang pertama adalah derajat keasaman pada akuaponik. Pengkategorian variable derajat keasaman didefinisikan pada Tabel berikut.



**Tabel 5. 2 Variabel Derajat Keasaman/PH**

Linguistik	Numerik
Asam	$\leq 5$
Normal	5.5 – 7.5
Basa	$\geq 8$

Pada Tabel 5.2 didapatkan data derajat keasaman (ph) yang dikategorikan ke dalam 3 kategori. Data tersebut didapatkan dari kuesioner. Berdasarkan data tersebut maka dapat diolah derajat keasaman yang menjadi salah satu variable input dalam penelitian ini. Berikut gambar 5.6 menunjukkan himpunan dari variabel pH.



**Gambar 5. 6 Himpunan Fuzzy Ph**

- Fungsi keanggotaan asam dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu[\text{Asam}] = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{5.5-x}{5.5-5}, & 5 < x \leq 5.5 \\ 0, & x > 5.5 \end{cases} \quad (5.1)$$

- Fungsi keanggotaan normal dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu[\text{Normal}] = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \text{ atau } \geq 8 \\ \frac{x-5}{5.5-5}, & 5 < x \leq 5.5 \\ \frac{8-x}{8-7.5}, & 7.5 < x \leq 8 \\ 1, & x = 7.5 \end{cases} \quad (5.2)$$



- Fungsi keanggotaan basa dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu[\text{Basa}] = \begin{cases} 1, & x \geq 8 \\ \frac{x-7.5}{8-7.5} & 7.5 < x \leq 8 \\ 0, & x \leq 7.5 \end{cases} \quad (5.3)$$

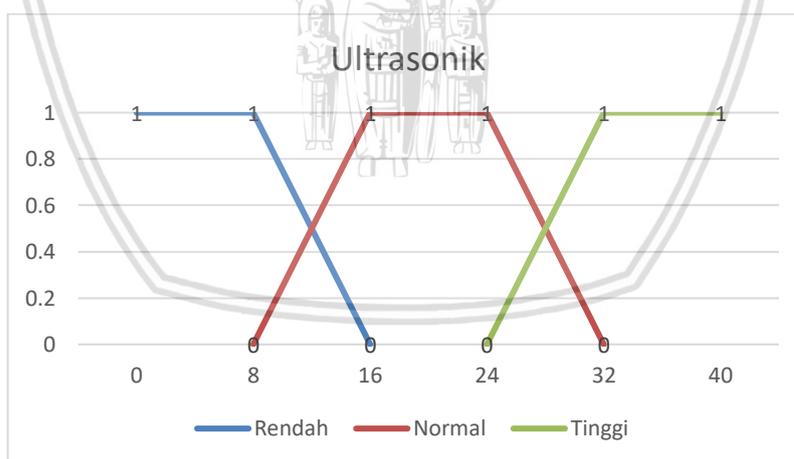
### 5.1.2.1.1.2 Variabel Ketinggian air

Variabel input kedua ketinggian air pada akuaponik deep water culture. Pendefinisian variable ketinggian air dalam bentuk linguistic maupun numerik yang diperoleh dari hasil 3 kali percobaan pengukuran jarak. akan didefinisikan pada table berikut.

**Tabel 5. 3 Variabel Ketinggian air (Ultrasonik)**

Linguistik	Numerik
Rendah	$\leq 8$ cm
Normal	16 – 24 cm
Tinggi	$\geq 32$ cm

Nilai normal diperoleh dari  $\frac{3}{4}$  tinggi akuarium atau lebih. Tinggi akuarium yang ditentukan disini adalah 33cm. berikut gambar 5.7 himpunan variabel dari ketinggian air.



**Gambar 5. 7 Himpunan Fuzzy Ultrasonik**

- Fungsi keanggotaan rendah dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu[\text{Rendah}] = \begin{cases} 1, & x \leq 8 \\ \frac{16-x}{16-8} & 8 < x \leq 16 \\ 0, & x > 16 \end{cases} \quad (5.4)$$

- Fungsi keanggotaan normal dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu[\text{Normal}] = \begin{cases} 0, & x \leq 8 \text{ atau } \geq 32 \\ \frac{x-8}{16-8}, & 8 < x \leq 16 \\ \frac{32-x}{32-24}, & 24 < x \leq 32 \\ 1, & x = 24 \end{cases} \quad (5.5)$$

- Fungsi keanggotaan tinggi dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu[\text{Tinggi}] = \begin{cases} 1, & x \geq 32 \\ \frac{x-24}{32-24}, & 24 < x \leq 32 \\ 0, & x \leq 24 \end{cases} \quad (5.6)$$

#### 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 variable input dan output. Dalam metode *fuzzy mamdani*, fungsi implikasi yang dipakai adalah fungsi min. Dalam pembuatan aturan, penulis membuat dengan “IF” dan “AND” dan menghasilkan perintah “THAN”. Aturan *fuzzy* yang dipakai untuk menentukan kondisi *output* yang berupa pompa mengisi air dan nutrisi pada akuaponik, dan pompa off yang dijelaskan pada table 5.4 dibawah ini.

Tabel 5. 4 Aturan fuzzy

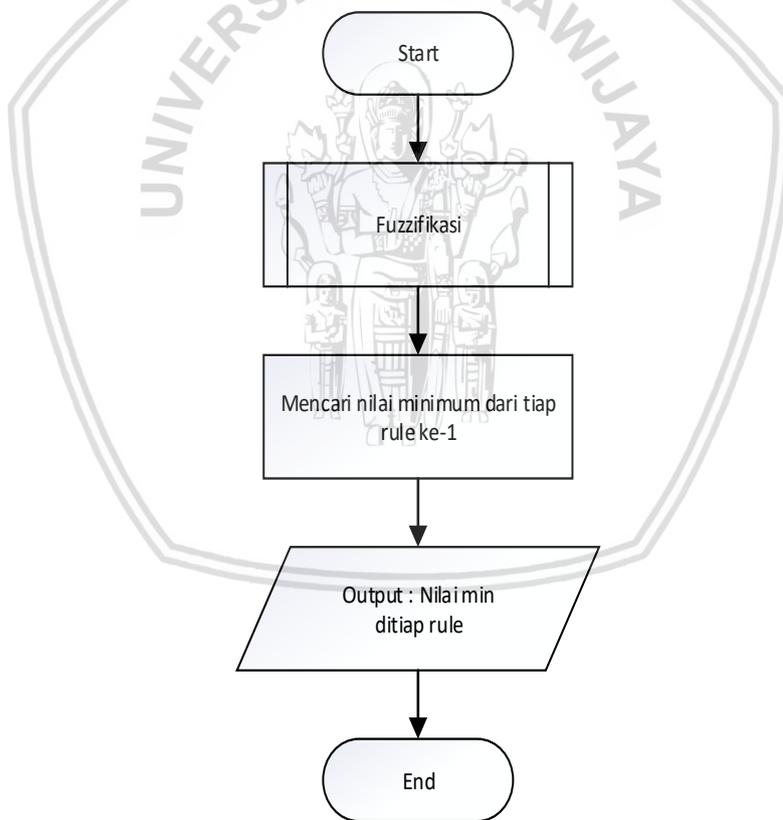
Input		Output (Water Pump)			
Ph	Ultrasonik	pH Up	pH Down	Membuang air akuarium	Mengisi air akuarium
Asam	Rendah	Sebentar	OFF	OFF	Lama
Asam	NormalUS	Sebentar	OFF	OFF	OFF
Asam	Tinggi	Lama	OFF	Lama	OFF
Normal	Rendah	OFF	OFF	OFF	Sebentar
Normal	NormalUS	OFF	OFF	OFF	OFF



Normal	Tinggi	OFF	OFF	Sebentar	OFF
Basa	Rendah	OFF	Sebentar	OFF	Lama
Basa	NormalUS	OFF	Sebentar	OFF	OFF
Basa	Tinggi	OFF	lama	lama	OFF

**5.1.2.1.3 Proses Implikasi Metode MIN**

Langkah berikutnya adalah proses implikasi metode MIN. Proses dilakukan setelah diperoleh nilai masing-masing derajat keanggotaan tiap parameter dan untuk mencari nilai minimum tiap rule (aturan).



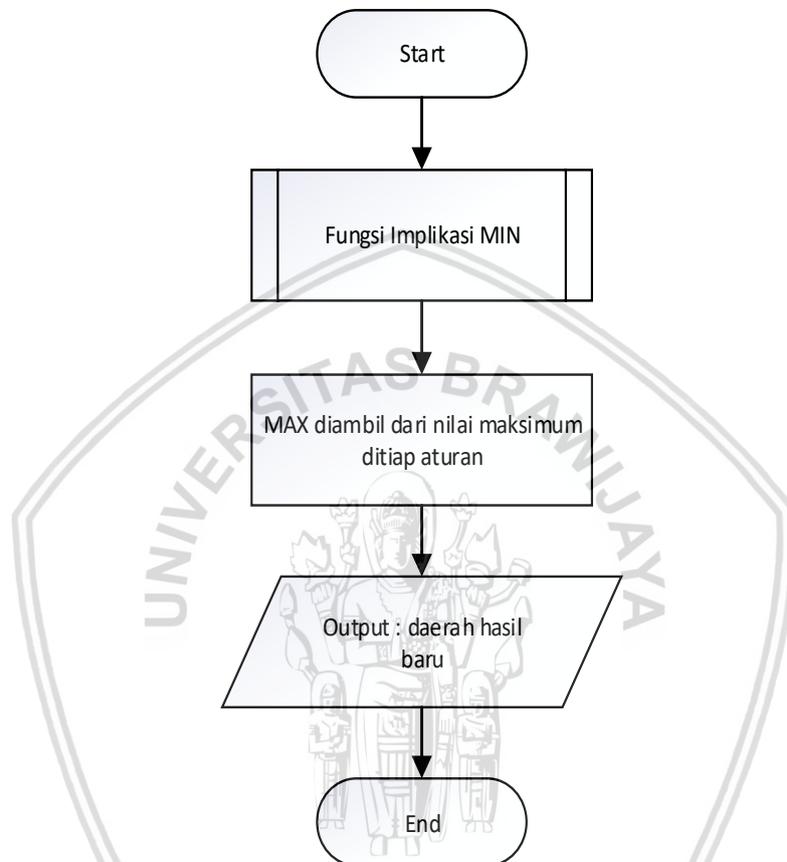
**Gambar 5. 8 Flowchart Proses Implikasi**

Pada gambar 5. 8 digambarkan bahwa tahap proses implikasi metode MIN. Proses ini dilakukan setelah diperoleh nilai masing-masing derajat keanggotaan tiap parameter dan untuk mencari nilai minimum tiap rule.



**5.1.2.1.4 Proses Komposisi Aturan**

Dengan mengetahui nilai minimum dari tiap rule, selanjutnya menentukan nilai maksimum. Pada proses ini dilakukan dengan mengelompokkan output yang sama dari semua rule untuk mencari nilai terbesar.

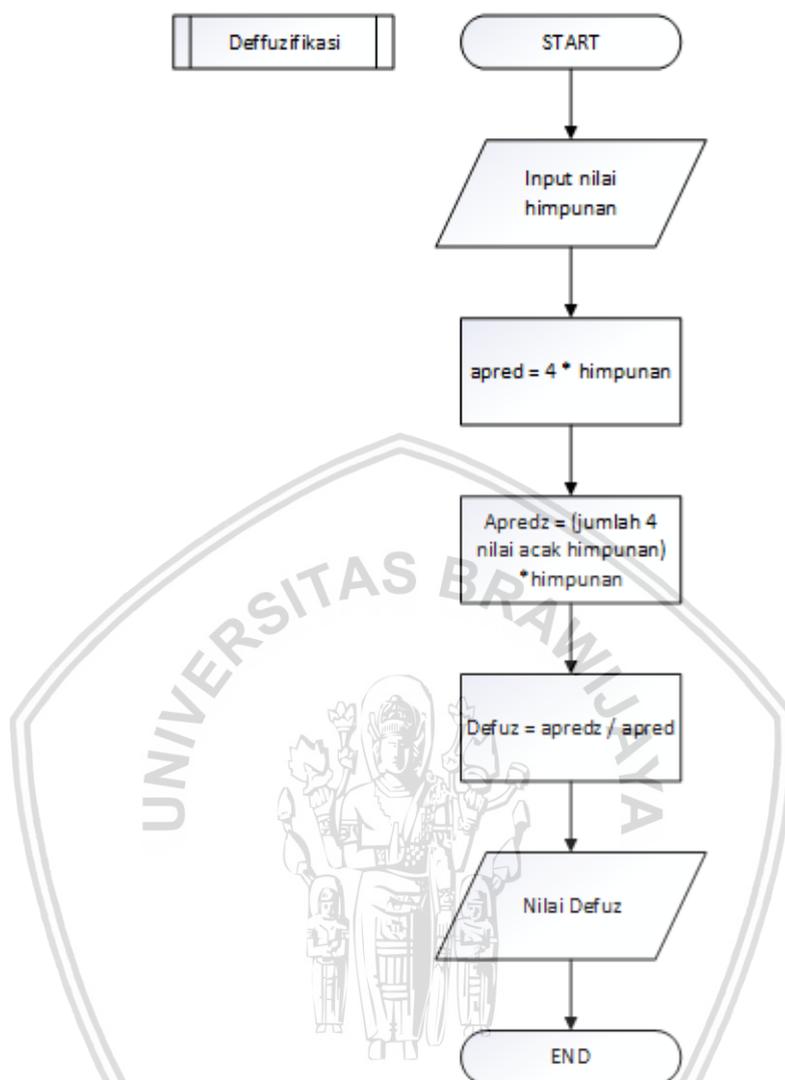


**Gambar 5. 9 Flowchart proses komposisi aturan**

menentukan nilai maksimum, proses ini dilakukan dengan mengelompokkan output yang sama dari semua rule untuk mencari nilai terbesar. Terdapat 9 aturan fuzzy yang digunakan untuk menentukan komposisi aturan

**5.1.2.1.5 Proses Defuzzyfikasi**

Defuzzyfikasi merupakan tahap mengubah fuzzy output menjadi crisp value berdasarkan fungsi keanggotan yang telah ditentukan. Setelah memperoleh nilai  $\alpha$  berdasarkan min, max method, setiap variable akan menilai setiap rule untuk mencari hasil inferensi min, max . dibawah ini adalah flowchart tahapan defuzzyfikasi.



**Gambar 5. 10 Flowchart Tahap Defuzzifikasi**

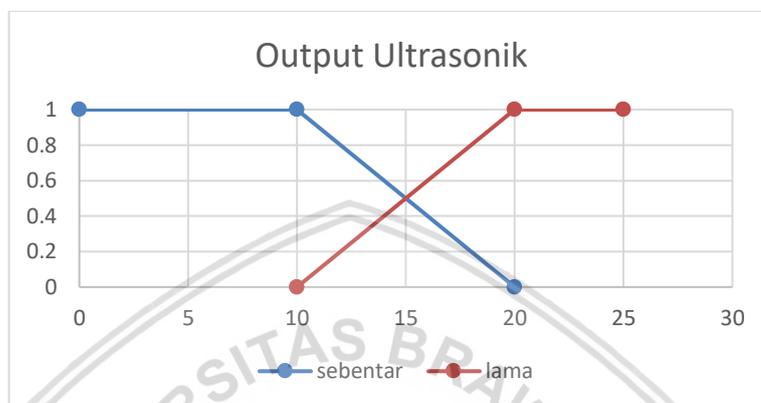
Pada gambar 5.10 dijelaskan dalam tahap defuzzifikasi membutuhkan input dari nilai  $\alpha$ , nilai dari keanggotaan baru yang diperoleh dari tahap inferensi. Jika nilai  $\alpha$  telah diperoleh, digunakan Centroid Method untuk proses defuzzifikasi. Titik-titik area abu-abu ditentukan secara acak sehingga akan didapatkan satu titik pusat area (Center of area atau center of gravity).

#### 5.1.2.1.5.1 Defuzzyfikasi

1. Fungsi keanggotaan output pompa pH

Pada output pompa terdapat 2 fungsi keanggotaan yaitu sebentar, lama. Masing-masing *domain range* diambil dari hasil pengujian sendiri. Dilakukan beberapa percobaan saat mengambil nilai output pH, percobaan pertama mencari lama waktu mengubah kondisi awal pH air adalah 4 yang akan

dinaikan menjadi pH normal yaitu pH 6.8 membutuhkan lama waktu 20 detik dengan waktu delay satu menit, percobaan kedua kondisi pH 5 yang akan dinaikan menjadi pH normal yaitu 6.8 membutuhkan lama waktu 10 detik. Fungsi keanggotaan output pH dibentuk menggunakan representasi kurva trapesium.



Gambar 5. 11 Kurva fungsi keanggotaan output pH

Berikut ini adalah himpunan pada variabel output pH. Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan sebagai berikut.

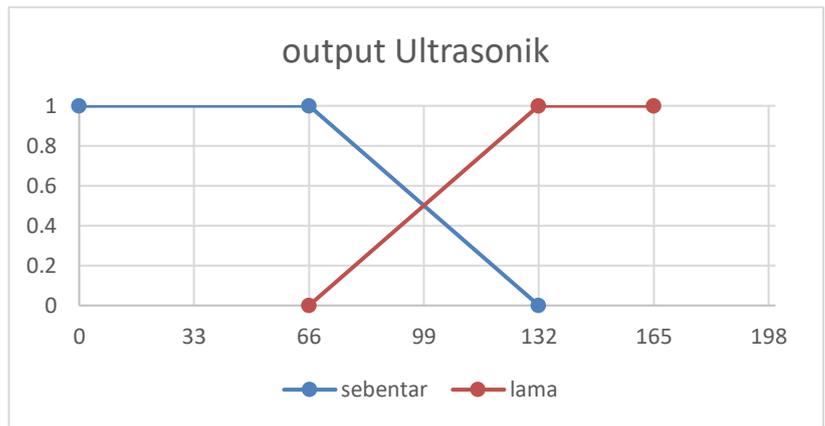
$$\mu[\text{sebentar}] = \begin{cases} 1, & x \leq 10 \\ \frac{20-x}{20-10} & 10 < x \leq 20 \\ 0, & x \geq 20 \end{cases} \quad (5.7)$$

$$\mu[\text{lama}] = \begin{cases} 0, & x \leq 10 \\ \frac{x-10}{20-10} & 10 < x \leq 20 \\ 1, & x \geq 20 \end{cases} \quad (5.8)$$

2. Fungsi keanggotaan output pompa ultrasonic

Pada output pompa terdapat 2 fungsi keanggotaan yaitu sebentar, lama. Masing-masing domain range diambil dari hasil pengujian sendiri. Dilakukan percobaan untuk pengambilan nilai output untuk 1cm air pada akuarium yang digunakan membutuhkan lama waktu 66 detik. Fungsi keanggotaan output ultrasonic dibentuk menggunakan representasi kurva trapezium karena nilai output sistem memiliki nilai batas yang cukup lama sertiap membershipnya.





Gambar 5. 12 Kurva fungsi keanggotaan output ultrasonic

Berikut ini adalah himpunan pada variabel output ultrasonik. Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu[\text{sebentar}] = \begin{cases} 1, & x \leq 66 \\ \frac{132-x}{132-66} & 66 < x \leq 132 \\ 0, & x \geq 132 \end{cases} \quad (5.9)$$

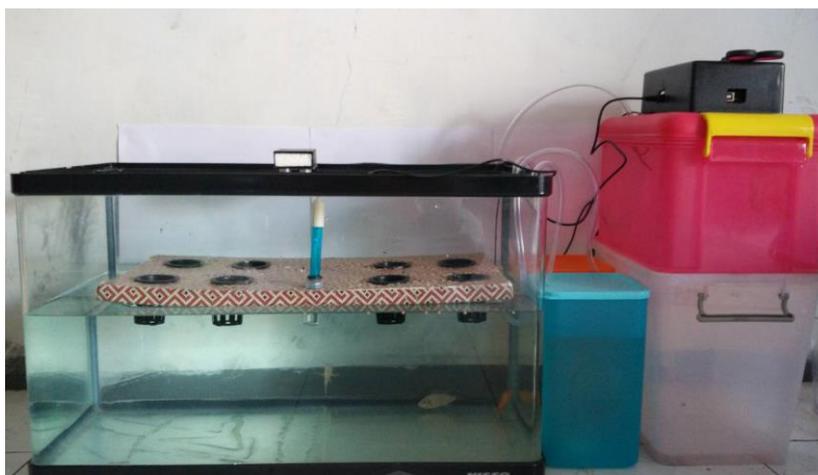
$$\mu[\text{lama}] = \begin{cases} 0, & x \leq 66 \\ \frac{x-66}{132-66} & 66 < x \leq 132 \\ 1, & x \geq 132 \end{cases} \quad (6.0)$$

## 5.2 Implementasi Sistem

Pada sub bab ini menjelaskan tentang implementasi sistem pada perangkat keras dan perangkat lunak.

### 5.2.1 Implementasi Perangkat Keras

Pada bagian implementasi perangkat keras adalah hasil dari perancangan sistem yang telah jadi serta dapat digunakan sesuai dengan fungsinya. Sistem ini menggunakan beberapa komponen yaitu mikrokontroller, sensor, android dan pompa. Mikrokontroller yang digunakan adalah arduino uno, kemudian sensor pH yang digunakan adalah pH Meter Kit SEN0161 dan sensor Ultrasonik HC-05. Sedangkan untuk outputnya akan ditampilkan melalui ponsel berbasis android dan menyalakan pompa secara otomatis.



**Gambar 5. 13 Implementasi Akuaponik pada Akuarium**

Pada gambar 5. 13 menunjukkan implementasi perangkat keras terbuat dari bahan kaca dan *box plastic* yang bertujuan agar user dapat mengamati kualitas kolam dalam bentuk prototype. Sensor Ultrasonik berada diatas akuarium dan Sensor pH berada dalam akuarium yang berada di tengah stereof foam. Sedangkan pompa berada di dalam masing-masing box plastic.



**Gambar 5. 14 Implementasi Arduino dan tandon air**

Pada gambar 5. 14 menunjukkan implementasi perangkat keras ini merupakan bentuk fisik sistem berada paling atas dan masing-masing box plastic berisikan pH up, down lalu ada 2 tandon kotak merah dan putih dibawahnya untuk mengisi air dan pembuangan air dalam akuarium.

### **5.2.2 Implementasi Perangkat Lunak**

Implementasi perangkat lunak yaitu hasil dari perancangan sistem yang telah dibuat. Pada bagian implementasi ini terdapat beberapa bagian yaitu program

pembacaan sensor, pembentukan fuzzifikasi, pembuatan rule base sebagai hasil kombinasi himpunan, melakukan inferensi penalaran dan defuzzifikasi sebagai fungsi untuk menentukan outputan sistem. Program ini menggunakan Bahasa C pada Arduino IDE dan Appinventor sebagai pembuatan aplikasi pada android.

**5.2.2.1 Proses Pembacaan Data Analog PH Meter Kit**

Berikut merupakan *Source Code* program pada *Compiler Arduino* untuk memproses pembacaan nilai pada sensor, bertujuan agar sensor dapat membaca data derajat keasaman pada air akuarium. kode program untuk sensor pH dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan sistem ditunjukkan pada table dibawah ini.

**Tabel 5. 5 Kode Program pH**

No	Kode Program pH
1	<code>float sensor, adc, temp_sensor, analog;</code>
2	
3	<code>void setup() {</code>
4	<code>  Serial.begin(9600);</code>
5	<code>}</code>
6	
7	<code>void loop() {</code>
8	<code>  for (int i = 0; i &lt; 500; i++) {</code>
9	<code>    sensor = analogRead(A1);</code>
10	<code>    temp_sensor += sensor;</code>
11	<code>  }</code>
12	<code>  analog = temp_sensor / 500;</code>
13	<code>  adc = (0.06 * analog) - 17.202; //rumus regresi linear</code>
14	<code>  temp_sensor = 0;</code>
15	<code>  Serial.print("Analog = "); Serial.println(analog);</code>
16	<code>  Serial.print("ADC = "); Serial.println(adc);</code>
17	<code>  Serial.println("");</code>
18	<code>  delay(1000);</code>
19	<code>}</code>

Tabel 5.5 diatas menunjukkan bahwa dalam perancangannya sensor pH menggunakan pin VCC, GND, A1 pada module probe pH. digunakan sistem perulangan untuk pengambilan sample data pH. Dan menggunakan rumus regresi linear proses kalibrasi mencari nilai perbandingan rumus linear dari grafik excel.

**5.2.2.2 Proses Pembacaan Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Ketinggian air**

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

**Tabel 5. 6 Kode Program Ultrasonik**

No	Kode Program Ultrasonik
1	<code>#include &lt;Ultrasonic.h&gt;</code>
2	<code>Ultrasonic ultrasonic(12, 13);</code>

```

3 void setup() {
4   Serial.begin(9600);
5 }
6 void loop() {
7   Serial.print("Distance in CM: ");
8   int sensorUS = 33 - ultrasonic.distanceRead();
9   delay(1000);
10 }

```

Tabel 5.6 diatas menunjukkan bahwa dalam perancangannya sensor ultrasonic menggunakan pin 12 dan 13 untuk trigger dan echo. Dan nilai 33 adalah nilai batas tinggi air pada akuarium yang telah ditetapkan. Untuk memperoleh ketinggian air pada akuarium nilai batas tinggi air dikurangi nilai hasil pembacaan sensor ke permukaan air maka akan didapatkan data ketinggian air pada akuarium tersebut.

**5.2.2.3 Implementasi Fuzzy Mamdani**

Pada sub-bab ini akan menjelaskan tentang implementasi perancangan fuzzy yang telah dilakukan kedalam kode program Arduino IDE dengan library seluruh pin yang dibutuhkan oleh perangkat keras kedalam Arduino dan void setup. Dalam menerapkan metode fuzzy kedalam sistem, langkah pertama yang dilakukan adalah membaca inputan sensor yaitu sensor pH dan Ultrasonik. Sensor yang menggunakan output analog maupun digital dapat menghasilkan data yang akurat sangat berfungsi pada pembuatan fuzzifikasi. Program fuzzifikasi pada variable pH adalah sebagai berikut:

**1. Fuzzifikasi**

Pada Table 5.7 dan 5.8 dibawah ini adalah kode program *Fuzzifikasi* untuk menentukan fungsi keanggotaan derajat keasaman (Ph) dan ketinggian air.

**Tabel 5. 7 Kode Program Fungsi Keanggotaan pH**

No	Kode Program Fungsi Keanggotaan pH
1	//fuzzifikasi pH
2	void fuzzyPH(float value){
3	//Himpunan Asam
4	float pHasam[] = {0, 5, 5.5};
5	if (value >= pHasam[0] && value <= pHasam[1]){
6	pFuzzy[0] = 1;
7	}
8	else if (value > pHasam[1] && value < pHasam[2]){
9	pFuzzy[0] = (pHasam[2] - value)/(pHasam[2] - pHasam[1]);

```

10 }
11 else {
12     pFuzzy[0] = 0;
13 }
14
15 //Himpunan Normal
16 float pHnormal[] = {5, 5.5, 7.5, 8};
17 if (value >= pHnormal[1] && value <= pHnormal[2]){
18     pFuzzy[1] = 1;
19 }
20 else if (value > pHnormal[0] && value < pHnormal[1]){
21     pFuzzy[1] = (value - pHnormal[0]) / (pHnormal[1] -
22 pHnormal[0]);
23 }
24 else if (value > pHnormal[2] && value < pHnormal[3]){
25     pFuzzy[1] = (pHnormal[3] - value) / (pHnormal[3] -
26 pHnormal[2]);
27 }
28 else {
29     pFuzzy[1] = 0;
30 }
31 //Himpunan Basa
32 float pHbasa[] = {7.5, 8, 9};
33 if (value >= pHbasa[1] && value <= pHbasa[2]){
34     pFuzzy[2] = 1;
35 }
36 else if (value > pHbasa[0] && value < pHbasa[1]){
37     pFuzzy[2] = (value - pHbasa[0]) / (pHbasa[1] - pHbasa[0]);
38 }
39 else {
40     pFuzzy[2] = 0;
41 }

```

Pada Tabel 5.7 diatas adalah kode program untuk menentukan fungsi keanggotaan pH. Pada program diatas variable himpunan keanggotaan pH masing-masing memanggil fungsi yang berisi rumus keanggotaan sesuai bentuk kurva yang digunakan. Kode program diatas menggunakan kurva trapesium.

**Tabel 5. 8 Kode Program Keanggotaan Ultrasonik**

No	Kode Program Keanggotaan Ultrasonik
1	//fuzzifikasi Ultrasonik
2	void fuzzyUS(float value){
3	//Himpunan Rendah
4	float USrendah[] = {0, 8, 16};
5	if (value >= USrendah[0] && value <= USrendah[1]){
6	uFuzzy[0] = 1;
7	}
8	else if (value > USrendah[1] && value < USrendah[2]){
9	uFuzzy[0] = (USrendah[2] - value)/(USrendah[2] -
10	USrendah[1]);
11	}
12	else {
13	uFuzzy[0] = 0;
14	}
15	//Himpunan Normal
16	float USnormal[] = {8, 16, 24, 32};
17	if (value >= USnormal[1] && value <= USnormal[2]){
18	uFuzzy[1] = 1;
19	}
20	else if (value > USnormal[0] && value < USnormal[1]){
21	uFuzzy[1] = (value - USnormal[0])/(USnormal[1] -
22	USnormal[0]);
23	}
24	else if (value > USnormal[2] && value < USnormal[3]){
25	uFuzzy[1] = (USnormal[3] - value)/(USnormal[3] -
26	USnormal[2]);
27	}
28	else {
29	uFuzzy[1] = 0;
30	}
31	
32	//Himpunan Tinggi
33	float UStinggi[] = {24, 32, 40};
34	if (value >= UStinggi[1] && value <= UStinggi[2]){
35	uFuzzy[2] = 1;

```

36     }
37     else if (value > UStinggi[0] && value < UStinggi[1]){
38         uFuzzy[2] = (value - UStinggi[0])/(UStinggi[1] -
39 UStinggi[0]);
40     }
41     else {
42         uFuzzy[2] = 0;
43     }
44 }

```

Pada Tabel 5.8 diatas adalah kode program untuk menentukan fungsi keanggotaan ketinggian air. Pada variable himpunan keanggotaan Ultrasonik masing-masing memanggil fungsi yang berisi rumus fungsi keanggotaan sesuai bentuk kurva yang digunakan. Kode program diatas menggunakan kurva trapesium.

**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 Mamdani digunakan fungsi min. dari rule yang ada terdapat kemungkinan bahwa output yang dihasilkan sama. Seperti yang ditunjukkan pada table 5.9 dibawah ini.

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

No	Program Rule Based dan Inferensi
1	//inferensi
2	void inferensi(){
3	int p, q;
4	for ( p=0; p<=2; p=p+1){
5	for ( q=0; q<=2; q=q+1){
6	apred = min(pFuzzy[p], uFuzzy[q]);
7	rule[p][q] = apred;
8	}
9	}
10	rule00 = rule [0][0];//01
11	rule01 = rule [0][1];//02
12	rule02 = rule [0][2];//03
13	rule10 = rule [1][0];//04
14	rule11 = rule [1][1];//05
15	rule12 = rule [1][2];//06



16	rule20 = rule [2][0];//07
17	rule21 = rule [2][1];//08
18	rule22 = rule [2][2];//09

### 3. Defuzzifikasi

**Tabel 5. 10 Kode Program Defuzzifikasi**

No	Kode Program Defuzzifikasi
1	//defuzzifikasi
2	float pHupsebentar;
3	float pHuplama;
4	pHupsebentar = max (rule00, rule01);
5	pHuplama = rule02;
6	sum_apred = (4*pHupsebentar) + (4*pHuplama);
7	pHupsebentar = (1 + 3 + 6 + 9)*pHupsebentar;
8	pHuplama = (21 + 23 + 26 + 29)*pHuplama;
9	sum_apredZ = pHupsebentar + pHuplama;
10	
11	if(sum_apred > 0){
12	phup = sum_apredZ / sum_apred;
13	}
14	else{
15	phup = 0;
16	}
17	
18	float pHdownsebentar;
19	float pHdownlama;
20	pHdownsebentar= max (rule20, rule21);
21	pHdownlama = rule22;
22	
23	sum_apred = (4*pHdownsebentar) + (4*pHdownlama);
24	pHdownsebentar = (1 + 3 + 6 + 9)*pHdownsebentar;
25	pHdownlama = (21 + 23 + 26 + 29)*pHdownlama;
26	sum_apredZ = pHdownsebentar + pHdownlama;
27	
28	if(sum_apred > 0){
29	phdown = sum_apredZ / sum_apred;

```
30     }
31     else{
32         phdown = 0;
33     }
34
35     float buangairsebentar;
36     float buangairlama;
37     buangairlama = max(rule02, rule22);
38     buangairsebentar = rule12;
39     sum_apred = (4*buangairsebentar) + (4*buangairlama);
40     buangairsebentar = (16 + 32 + 48 + 64)*buangairsebentar;
41     buangairlama = (133 + 149 + 165 + 181)*buangairlama;
42     sum_apredZ = buangairsebentar + buangairlama;
43
44     if(sum_apred > 0){
45         buangair = sum_apredZ / sum_apred;
46     }
47     else{
48         buangair = 0;
49     }
50
51     float mengisiairsebentar;
52     float mengisiairlama;
53     mengisiairlama = max(rule00, rule20);
54     mengisiairsebentar = rule10;
55     sum_apred = (4*mengisiairsebentar) + (4*mengisiairlama);
56     mengisiairsebentar = (16 + 32 + 48 + 64)*mengisiairsebentar;
57     mengisiairlama = (133 + 149 + 165 + 181)*mengisiairlama;
58     sum_apredZ = mengisiairsebentar + mengisiairlama;
59
60     if(sum_apred > 0){
61         isiair = sum_apredZ / sum_apred;
62     }
63     else{
64         isiair = 0;
65     }
66 }
```

Pada table 5. 10 diatas berisi kode program defuzzifikasi. Dimana fungsi ini akan membandingkan rule yang berada dalam output tersebut, kemudian mengambil rule dengan pengambilan hasil inferensi max dan menggunakan metode Centroid untuk proses defuzzifikasi.

#### 4. Output Sistem

Tabel 5. 11 dibawah ini adalah kode program untuk menjalankan fuzzy output sistem. Ketika nilai output sesuai dengan salah satu fuzzy output maka akan menjalankan perintah yang ada didalamnya. Dalam output sistem ini berupa tampilan dari smartphone dan pengaktifan pompa air.

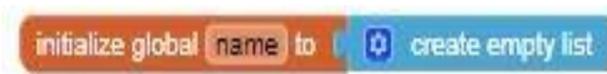
**Tabel 5. 11 Output sistem**

No	Output Sistem
1	//memanggil program
2	Serial.print("pHup : ");Serial.println(phup);
3	Serial.print("pHdown : ");Serial.println(phdown);
4	Serial.print("buangair : ");Serial.println(buangair);
5	Serial.print("airmasuk : ");Serial.println(isiair);
6	Serial.println("");
7	delay(5000);
8	}

#### 5.2.2.4 Implementasi Keluaran Android

Pada keluaran android, sistem menggunakan app Inventor untuk membuat dan merancang aplikasi yang dipakai pada keluaran sistem. Aplikasi ini akan menerima data menggunakan Bluetooth dan kemudian mengeluarkan keluaran pada layer perangkat android. Hasil keluaran ini berupa data nilai derajat keasaman, ketinggian air dan data keluaran dari perhitungan sistem. Implementasi pada app inventor dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

1. Proses Inisialisasi pada program AppInventor



**Gambar 5. 15 Inisialisasi program**

2. Berikut merupakan layer tambahan pada apps yang dibuat, pada layer 2 apps tersebut menjelaskan mengenai sistem akuaponik

```

when Akuaponik .BeforePicking
do open another screen screenName Screen2
    
```

Gambar 5. 16 Another Screen pada apps

3. Process BeforePicking Listpicker adalah komponen antarmuka untuk menampilkan daftar perangkat Bluetooth(AddressAndNames) yang tersedia.

```

when ListPicker1 .BeforePicking
do set ListPicker1 .Elements to BluetoothClient1 .AddressesAndNames
    
```

Gambar 5. 17 ListPicker Bluetooth Address

4. Setelah perangkat dipilih, maka status berubah beluetoothClient terhubung.

```

when ListPicker1 .AfterPicking
do set ListPicker1 .Selection to call BluetoothClient1 .Connect
address ListPicker1 .Selection
    
```

Gambar 5. 18 AfterPicking Bluetooth Connect

5. Ketika perangkat telah terhubung atau koneksi telah diterima dan bytesavailabletoreceive memberitahu berapa banyak data yang tersedia (satu karakter teks sama dengan satu "byte" data). Jika nol, maka tidak ada data yang tersedia. Tetapi jika nilainya lebih besar dari nol, maka background berubah menjadi hijau.

```

when Clock1 .Timer
do if BluetoothClient1 .IsConnected and call BluetoothClient1 .BytesAvailableToReceive > 0
then set ListPicker1 .BackgroundColor to #00FF00
    
```

Gambar 5. 19 Bluetooth connected and Receive data

6. gambar 5.20 menunjukkan bahwa Bluetooth telah menerima data dilihat dari index 1 OK, pada index 2-3 untuk menampilkan nilai input dari 2 parameter sensor yang digunakan.

```
set global name to split text call BluetoothClient.ReceiveText
                                                                    numberOfBytes call BluetoothClient.BytesAvailableToReceive
                                                                    at 0
if length of list list get global name >= 1
then if compare texts select list item list get global name = OK
                                                                    index 1
then if length of list list get global name >= 2
then set ph.Text to select list item list get global name
                                                                    index 2
if length of list list get global name >= 3
then set air.Text to select list item list get global name
                                                                    index 3
if length of list list get global name >= 4
then if compare texts select list item list get global name = 0
                                                                    index 4
then set phUP.BackgroundColor to green
else set phUP.BackgroundColor to grey
set phUP.Text to select list item list get global name
                                                                    index 4
if length of list list get global name >= 5
```

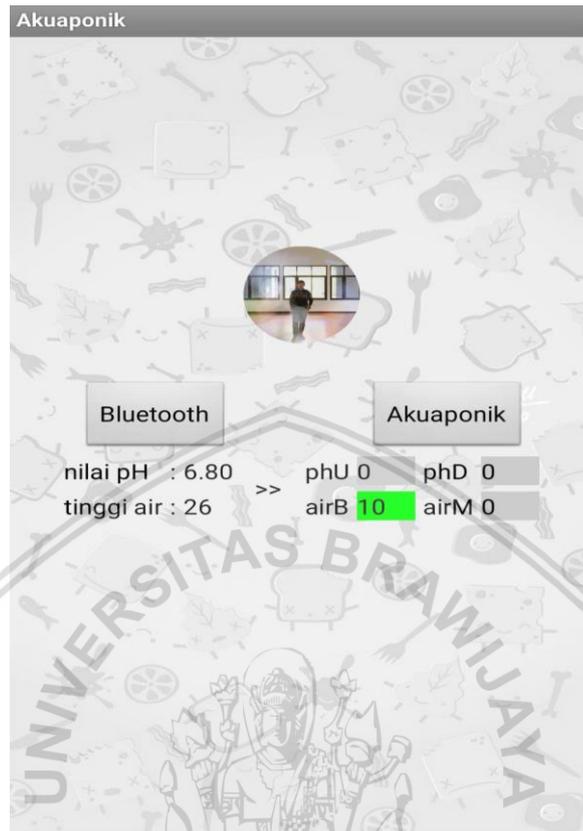
Gambar 5. 20 Menampilkan Nilai Input Sensor

- 7. Pada index 4-7 menunjukan nilai dari output sistem yang ditampilkan oleh apps, apabila sistem nilai keluaran lebih dari nol akan menampilkan background hijau

The image shows three Scratch code blocks. Each block starts with an 'if' block that compares the text of a selected list item (at a specific index) to the string '0'. If the value is greater than '0', the background color of a specific variable is set to green. Otherwise, it is set to grey. The text of the variable is then set to the selected list item.

```
then if [compare texts: select list item list: get global name > '0']  
  then set [phDOWN: BackgroundColor] to green  
  else set [phDOWN: BackgroundColor] to grey  
  set [phDOWN: Text] to [select list item list: get global name: index 5]  
if [length of list list: get global name >= 8]  
  then if [compare texts: select list item list: get global name > '0']  
    then set [airBUANG: BackgroundColor] to green  
    else set [airBUANG: BackgroundColor] to grey  
    set [airBUANG: Text] to [select list item list: get global name: index 6]  
  if [length of list list: get global name >= 7]  
    then if [compare texts: select list item list: get global name > '0']  
      then set [airMASUK: BackgroundColor] to green  
      else set [airMASUK: BackgroundColor] to grey  
      set [airMASUK: Text] to [select list item list: get global name: index 7]
```

Gambar 5. 21 Menampilkan Nilai Output pada Apps

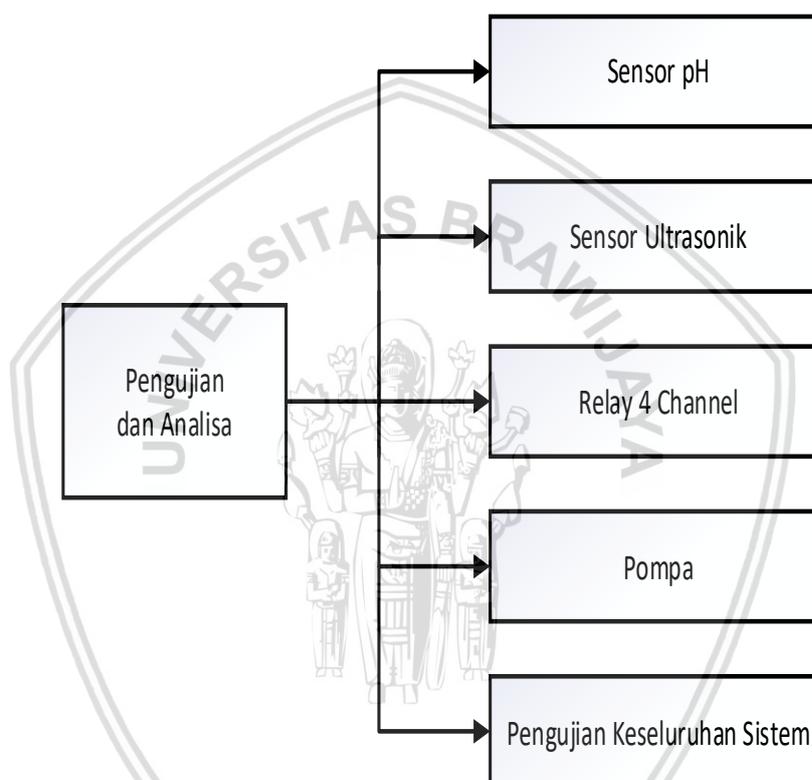


**Gambar 5. 22 Aplikasi yang Terinstall pada Perangkat Android**

Pada gambar 5. 22 merupakan tampilan dari aplikasi yang dibuat, untuk menampilkan hasil kondisi air pada akuaponik pada device android.

## BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan membahas tentang tahap pengujian pada penelitian yang telah dilakukan yaitu tentang “Implementasi Metode *Fuzzy* Pada Akuaponik *Deep Water Culture* Berdasarkan Derajat Keasaman Dan Ketinggian air”. Dalam penelitian ini dilakukan 5 pengujian yaitu, pengujian akuisisi data dari Sensor pH untuk mengetahui derajat keasaman air, Sensor Ultrasonik untuk mengetahui ketinggian air pada akuarium, pengujian *relay*, pompa dan pengujian keseluruhan sistem. Tahapan pengujian tersebut digambarkan pada gambar 6.1.



Gambar 6. 1 Pohon Pengujian dan Analisis

### 6.1 Pengujian Sensor pH

#### 6.1.1 Tujuan

Tujuan pengujian sensor Analog pH Meter dilakukan untuk mengetahui apakah sensor pH mampu mengukur derajat keasaman pada sistem akuaponik dengan akurat. Output dari sensor pH telah dikalibrasi agar dapat mengukur pH air. Pengujian dilakukan dengan menambahkan larutan pH up dan down secara berkala dan membandingkan dengan pH Meter untuk mengukur apakah nilai yang dibaca sensor sama dengan pH Meter.

### 6.1.2 Prosedur

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

1. Merancang sensor pH dengan Arduino uno menggunakan kabel jumper agar sensor dan mikrokontroler dapat terhubung dengan pin yang digunakan.
2. Buka Arduino uno kemudian tuliskan kode program agar sensor pH dapat mengukur derajat keasaman pada sistem akuaponik
3. Compile dan upload kode program yang sudah ditulis.
4. Mengamati hasil output dan mencatat setiap data pH.
5. Menambah nutrisi air menggunakan pH up dan down sebanyak 20 kali perubahan.
6. Melakukan perbandingan dengan menggunakan pH meter.
7. Menentukan sensor erro (%) dengan menggunakan rumus :  

$$\text{Sistem error(\%)} = \frac{\text{pH Meter} - \text{Sensor pH}}{\text{pH Meter}} \times 100$$
8. Kesimpulan

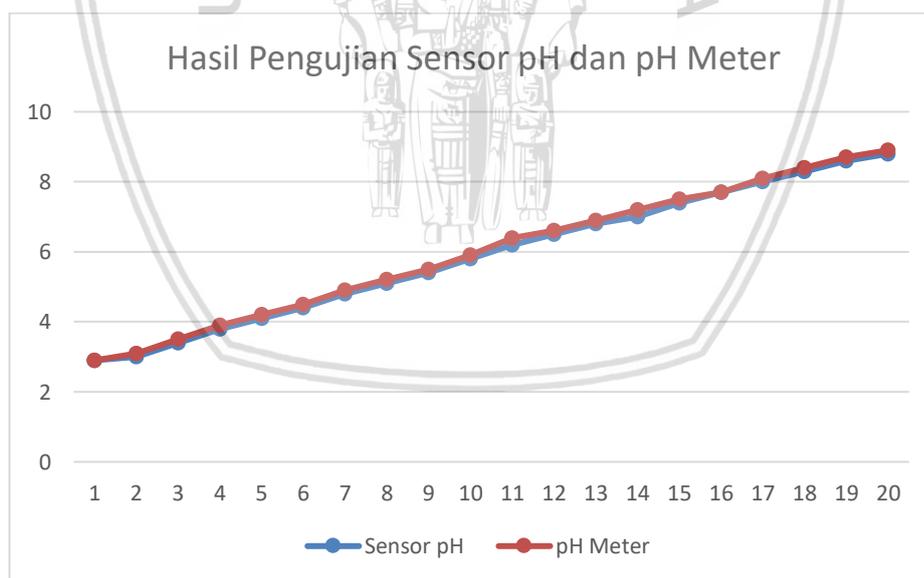
### 6.1.3 Hasil dan Analisis

Berikut adalah table 6.1 yang menunjukkan nilai hasil pengukuran sensor pH setelah melalui prosedur yang telah dibuat dan dibandingkan dengan nilai hasil pengukuran pH Meter.

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

No	Sensor pH	pH Meter	Error
1	2.9	2.9	0%
2	3.0	3.1	3.2%
3	3.4	3.5	2.8%
4	3.8	3.9	2.5%
5	4.1	4.2	2.3%
6	4.4	4.5	2.2%
7	4.8	4.9	2.0%
8	5.1	5.2	1.9%

9	5.4	5.5	1.8%
10	5.8	5.9	1.6%
11	6.2	6.4	3.1%
12	6.5	6.6	1.5%
13	6.8	6.9	1.4%
14	7.0	7.2	2.7%
15	7.4	7.5	1.3%
16	7.7	7.7	0%
17	8.0	8.1	1.2%
18	8.3	8.4	1.1%
19	8.6	8.7	1.1%
20	8.8	8.9	1.1%



**Gambar 6. 2 Hasil Pengujian Sensor pH dan pH Meter**

Pada gambar 6. 2 dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan antara pembacaan yang dilakukan oleh Sensor pH dan pH Meter. Selain itu dapat dilihat bahwa pembacaan sensor tidak stabil namun perbedaan diantara Sensor pH dan pH Meter tidak terlalu besar.

## 6.2 Pengujian Sensor Ultrasonik

### 6.2.1 Tujuan

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

### 6.2.2 Prosedur

Prosedur yang harus dilakukan dalam pengujian sensor ultrasonic 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 air pada akuarium 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 20 kali perubahan.
6. Melakukan pengukuran manual menggunakan penggaris setiap perubahan ketinggian air.
7. Menentukan sensor erro (%) dengan menggunakan rumus :

$$\text{Sistem error(\%)} = \frac{\text{penggaris-ultrasonik}}{\text{penggaris}} \times 100$$

8. Kesimpulan

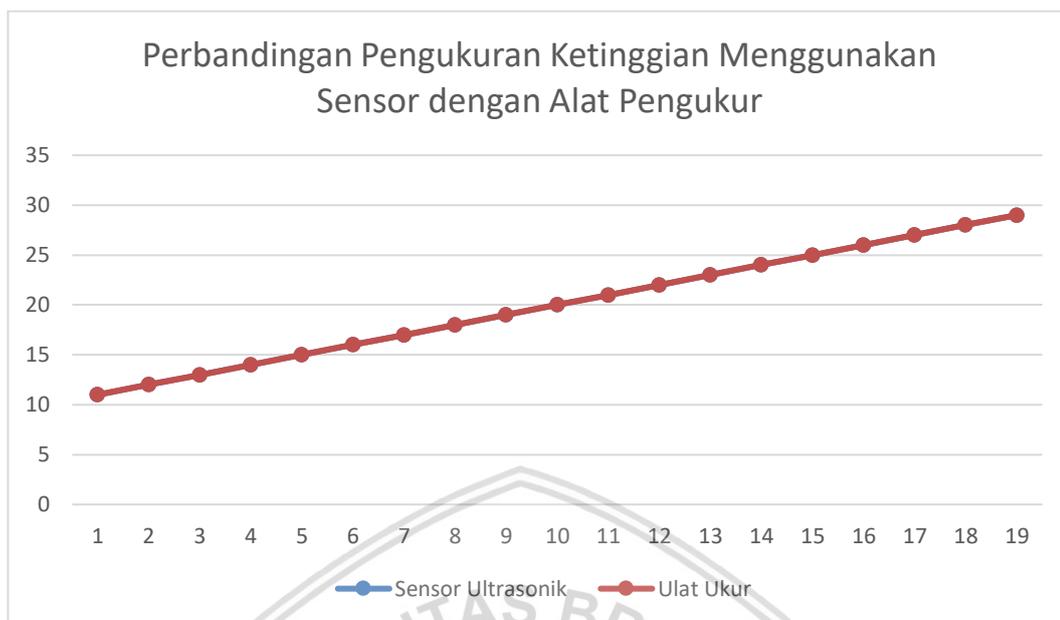
### 6.2.3 Hasil dan Analisis

Berikut adalah Tabel 6.2 yang menggunakan hasil dari pembacaan sensor ketinggian air setelah melalui berbagai prosedur sehingga diperoleh data sebagai berikut.

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

NO.	Pengukuran Sensor Ultrasonik (cm)	Pengukuran Manual (cm)	Error
1	11 cm	11 cm	0%
2	12 cm	12 cm	0%
3	13 cm	13 cm	0%
4	14 cm	14 cm	0%
5	15 cm	15 cm	0%
6	16 cm	16 cm	0%
7	17 cm	17 cm	0%
8	18 cm	18 cm	0%
9	19 cm	19 cm	0%
10	20 cm	20 cm	0%
11	21 cm	21 cm	0%
12	22 cm	22 cm	0%
13	23 cm	23 cm	0%
14	24 cm	24 cm	0%
15	25 cm	25 cm	0%
16	26 cm	26 cm	0%
17	27 cm	27 cm	0%
18	28 cm	28 cm	0%
19	29 cm	29 cm	0%
20	30 cm	30 cm	0%

Pada Tabel 6. 2 diatas menunjukkan bahwa pengujian sensor ultrasonic telah berhasil dilakukan. Sesor mengukur jarak permukaan pelampung di wadah tanpa air sebesar 33cm yang kemudian dikurangi nilai dari tebal stereof foam.



**Gambar 6. 3 Perbandingan pembacaan ketinggian menggunakan sensor ultrasonik dan penggaris**

Pada gambar 6. 3 merupakan grafik perbandingan data ketinggian sensor unltasonik dengan alat ukur. Selain itu dapat dilihat bahwa proses pembacaan sensor ketinggian sangat stabil dibandingkan dengan alat ukur penggaris.

## 6.3 Pengujian Relay

### 6.3.1 Tujuan

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

### 6.3.2 Prosedur

1. Merancang relay dengan Arduino Uno menggunakan kabel jumper agar relay dan mikrokontroller dapat terhubung sesuai dengan pin yang dibutuhkan.
2. Buka Arduino IDE dan tuliskan program untuk menyambungkan dan memutuskan 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 table 6.3 dibawah ini.

**Tabel 6. 3 Hasil Pengujian Relay**

No	Kondisi	Input 1	Input 2	Input 3	Input 4
1	Membuka	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
2	Menutup	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
3	Membuka	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
4	Menutup	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
5	Membuka	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
6	Menutup	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
7	Membuka	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
8	Menutup	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
9	Membuka	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
10	Menutup	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil

Dari table tersebut dapat disimpulkan bahwa relay dapat bekerja dengan benar dapat menyambung dan memutuskan 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 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 menghidupkan dan mematikan pompa.

4. Compile dan upload kode program yang sudah ditulis.
5. Ukur berapa banyak air yang dialirkan pompa dalam waktu 2, 4, 6, 8 dan 10 detik.
6. Kesimpulan.

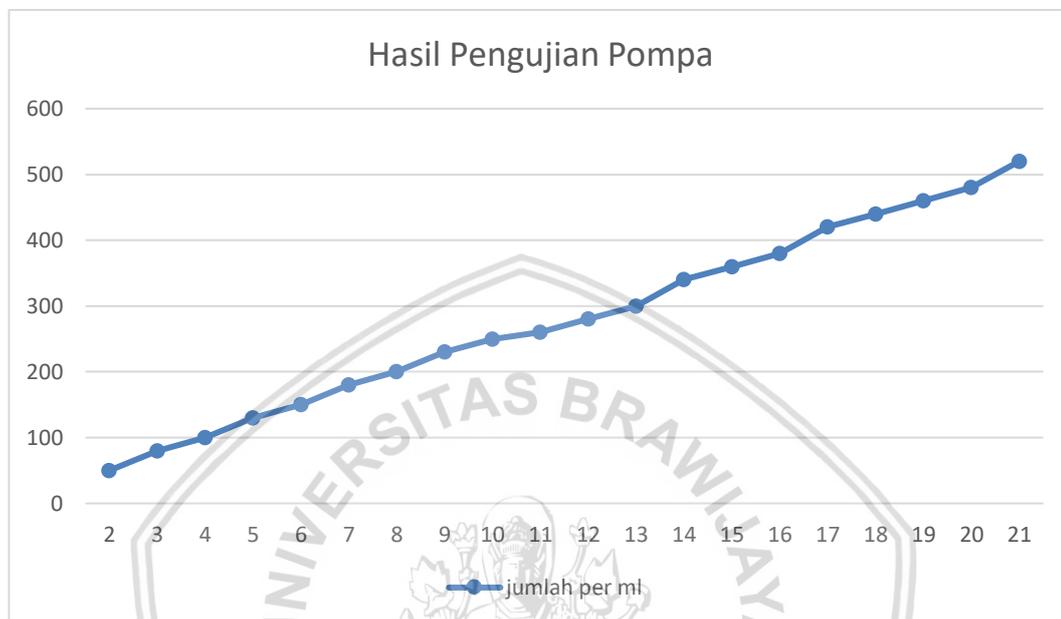
### 6.4.3 Hasil dan Analisis

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

**Tabel 6. 4 Hasil Pengujian Pompa**

No	Waktu (detik)	Jumlah ml
1	2	50 ml
2	3	80 ml
3	4	100 ml
4	5	130 ml
5	6	150 ml
6	7	180 ml
7	8	200 ml
8	9	230 ml
9	10	250 ml
10	11	260 ml
11	12	280 ml
12	13	300 ml
13	14	340 ml
14	15	360 ml
15	16	380 ml
16	17	420 ml
17	18	440 ml
18	19	460 ml
19	20	480 ml
20	21	520 ml

Dari data yang ditunjukkan pada table tersebut dapat dilihat bahwa pompa berhasil mengalirkan air 50 ml dalam waktu 2 detik sampai 520 ml dalam waktu 21 detik. Data hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pompa berhasil bekerja baik dan benar.



**Gambar 6. 4 Hasil Pengujian Pompa**

Pada Gambar 6. 4 menunjukkan bahwa pola pembacaan dari pompa air didapatkan hasil selalu meningkat keatas dikarenakan pengujian kondisi air dimulai dari waktu sebentar sampai lama.

## 6.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

### 6.5.1 Tujuan

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

### 6.5.2 Prosedur

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

1. Merangkai sensor pH, Ultrasonik, Arduino uno, relay, pompa air dan menggunakan kabel jumper agar setiap komponen terhubung satu sama lain dan sesuai dengan pin yang digunakan.
2. Buka Arduino IDE, kemudian tuliskan program agar sistem berjalan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.
3. *Compile* dan *upload* kode program yang telah dituliskan.

4. Amati saat keseluruhan sistem berjalan.
5. Kesimpulan.

### 6.5.3 Hasil dan Analisis

Berikut adalah data hasil dari pengujian keseluruhan sistem yang ditunjukkan pada tabel 6.5.

**Tabel 6. 5 Pengujian Keseluruhan Sistem**

No	Nilai pH Meter	Nilai Sensor pH	Nilai Ketinggian Air Sensor	Nilai Ketinggian air (penggaris)	Keluaran Sistem				Keluaran Sistem Seharusnya			
					pHup	pH down	Buang Air	Air Masuk	pH up	pH Down	Buang Air	Air Masuk
1	6.5	6.6	25 cm	25 cm	-	-	40 detik	-	-	-	40 detik	-
2	4	4.2	27 cm	27 cm	12.2 detik	-	157 detik	-	12.2 detik	-	40 detik	-
3	4	4.2	14 cm	14 cm	4.75 detik	-	-	157 detik	4.75 detik	-	-	157 detik
4	4	4,2	18 cm	18 cm	-4.75 detik	-	-	-	-4.75 detik	-	-	-
5	6.6	6.7	13 cm	13 cm	-	-	-	40.0 detik	-	-	-	40 detik
6	7.7	7.8	20 cm	20 cm	-	4.75 detik	-	-	-	4.75	-	-
7	7.7	7.8	30 cm	30 cm	-	18.8 detik	110.2 detik	-	-	18.8 detik	110.2 detik	-
8	7.7	7.8	12 cm	12 cm	-	4.75 detik	-	105.0 detik	-	4.75 detik	-	105.0 detik
9	5	5.2	19 cm	19 cm	4.75 detik	-	-	-	4.75 detik	-	-	-
10	5	5.2	25 cm	25 cm	8.20 detik	-	98.5 detik	-	8.20 detik	-	98.5 detik	-

Berdasarkan data hasil pengujian keseluruhan sistem yang ditunjukkan pada tabel 6.5 dapat dilihat sistem mampu mengukur kadar pH dan ketinggian air serta mengolah data hasil pembacaan sensor menggunakan metode fuzzy Mamdani dengan akurat. Dengan hal tersebut dapat disimpulkan sistem berhasil dibuat dengan sesuai rancangan awal.

Perhitungan manual fuzzy diambil dari data sample pada tabel 6. 5 percobaan ke1  
 Contoh Kasus:



Misal input yang didapat sebagai berikut:

- Kondisi pH : 6.6
  - Ketinggian air : 25 CM
1. Fuzzifikasi, menghitung derajat keanggotaan masing-masing variable.

Derajat Keasaman

Asam [6.6] = 0  
 Normal [6.6] = 1  
 Basa [6.6] = 0

Ketinggian Air

Rendah [25] = 0  
 Normal [25] = 0.87  
 Tinggi [25] = 0.125

2. Fungsi implikasi (MIN)

$$\begin{aligned} R1 \text{ MIN} &= \text{MIN} (\mu_{\text{pHAsam}} \cap \mu_{\text{ultrasonikRendah}}) \\ &= \text{MIN} (0 \cap 0) \\ &= \text{MIN} 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R2 \text{ MIN} &= \text{MIN} (\mu_{\text{pHAsam}} \cap \mu_{\text{ultrasonikNormal}}) \\ &= \text{MIN} (0 \cap 0.87) \\ &= \text{MIN} 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R3 \text{ MIN} &= \text{MIN} (\mu_{\text{pHAsam}} \cap \mu_{\text{ultrasonikNormal}}) \\ &= \text{MIN} (0 \cap 0.125) \\ &= \text{MIN} 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R4 \text{ MIN} &= \text{MIN} (\mu_{\text{pHNormal}} \cap \mu_{\text{ultrasonikRendah}}) \\ &= \text{MIN} (1 \cap 0) \\ &= \text{MIN} 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R5 \text{ MIN} &= \text{MIN} (\mu_{\text{pHNormal}} \cap \mu_{\text{ultrasonikNormal}}) \\ &= \text{MIN} (1 \cap 0.87) \\ &= \text{MIN} 0.87 \end{aligned}$$

$$R6 \text{ MIN} = \text{MIN} (\mu_{\text{pHNormal}} \cap \mu_{\text{ultrasonikTinggi}})$$



$$= \text{MIN} ( 1 \cap 0.125 )$$

$$= \text{MIN} 0.125$$

$$\text{R7 MIN} = \text{MIN} ( \mu_{\text{pHBasa}} \cap \mu_{\text{ultrasonikRendah}} )$$

$$= \text{MIN} ( 0 \cap 0 )$$

$$= \text{MIN} 0$$

$$\text{R8 MIN} = \text{MIN} ( \mu_{\text{pHBasa}} \cap \mu_{\text{ultrasonikNormal}} )$$

$$= \text{MIN} ( 0 \cap 0.875 )$$

$$= \text{MIN} 0$$

$$\text{R9 MIN} = \text{MIN} ( \mu_{\text{pHBasa}} \cap \mu_{\text{ultrasonikTinggi}} )$$

$$= \text{MIN} ( 0 \cap 0.125 )$$

$$= \text{MIN} 0$$

### 3. Komposisi Aturan (MAX)

$$\text{pH up sebentar} = \text{MAX} ( \text{R1}, \text{R2} )$$

$$\text{MAX} ( 0 ; 0 ) = \text{MAX} 0$$

$$\text{pH up lama} = \text{MAX} ( \text{R3} )$$

$$\text{MAX} ( 0 ) = \text{MAX} 0$$

$$\text{pH down sebentar} = \text{MAX} ( \text{R7}, \text{R8} )$$

$$\text{MAX} ( 0 ; 0 ) = \text{MAX} 0$$

$$\text{pH down lama} = \text{MAX} ( \text{R9} )$$

$$\text{MAX} ( 0 ) = \text{MAX} 0$$

$$\text{Buang air sebentar} = \text{MAX} ( \text{R6} )$$

$$\text{MAX} ( 0,125 ) = \text{MAX} 0.125$$

$$\text{Buang air lama} = \text{MAX} ( \text{R3}; \text{R9} )$$

$$\text{MAX} ( 0 ; 0 ) = \text{MAX} 0$$

$$\text{Air Masuk sebentar} = \text{MAX} ( \text{R4} )$$

$$\text{MAX} ( 0 ) = \text{MAX} 0$$

$$\begin{aligned} \text{Air Masuk lama} &= \text{MAX} (R1; R7) \\ &= \text{MAX} (0; 0) = \text{MAX} 0 \end{aligned}$$

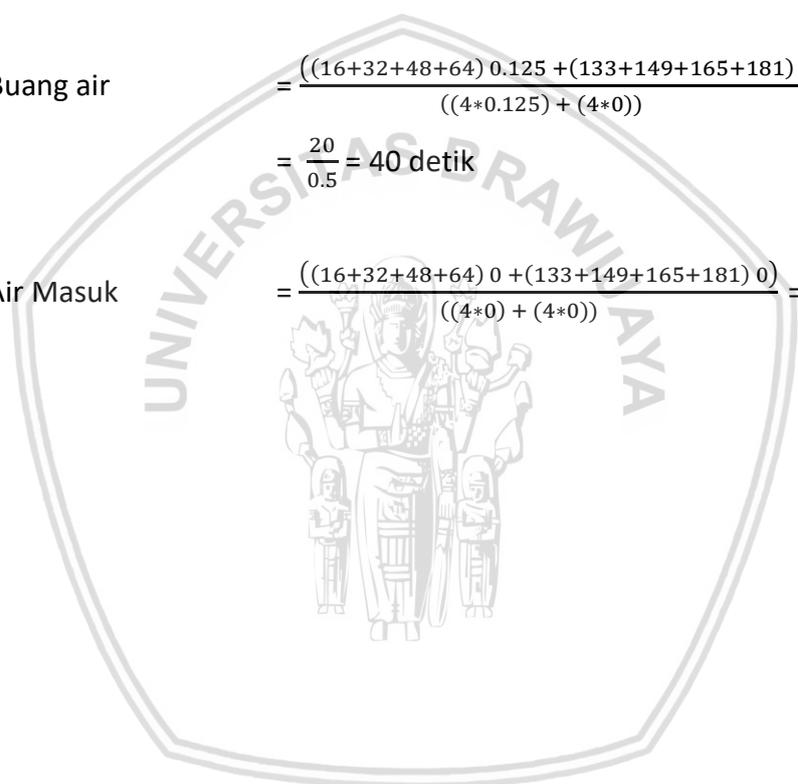
4. Defuzzifikasi

$$\text{pH up} = \frac{((1+3+6+9) 0 + (21+23+26+29) 0)}{((4*0) + (4*0))} = 0$$

$$\text{pH down} = \frac{((1+3+6+9) 0 + (21+23+26+29) 0)}{((4*0) + (4*0))} = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Buang air} &= \frac{((16+32+48+64) 0.125 + (133+149+165+181) 0)}{((4*0.125) + (4*0))} \\ &= \frac{20}{0.5} = 40 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\text{Air Masuk} = \frac{((16+32+48+64) 0 + (133+149+165+181) 0)}{((4*0) + (4*0))} = 0$$



## BAB 7 PENUTUP

Pada bab ini membahas tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan yaitu "Implementasi Metode *Fuzzy* pada Akuaponik Deep Water Culture Berdasarkan Derajat Keasaman dan Ketinggian Air" dan saran-saran untuk pengembangan skripsi atau penelitian lebih lanjut.

### 7.1 Kesimpulan

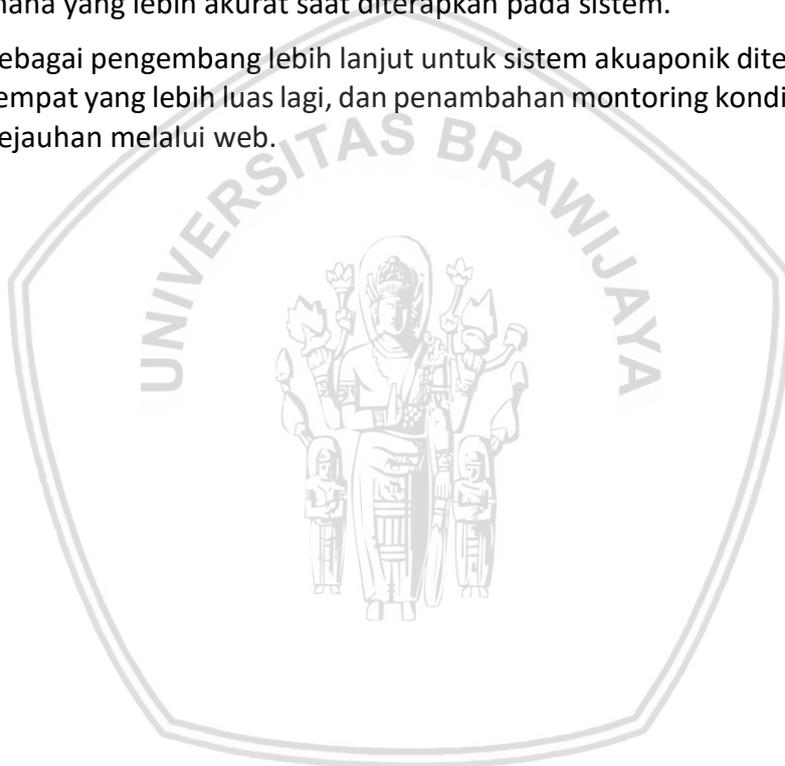
Kesimpulan yang diperoleh dari pengujian dan Analisa yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Proses perancangan sistem monitoring Ph dan ketinggian air pada Akuaponik DWC menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, serta menggunakan menggunakan sensor pH dan sensor untrasonik yang saling terhubung. Proses pembacaan sensor pH meliputi ph air dan sensor ultrasonik mengukur ketinggian air. Terbukti sistem dapat mengetahui derajat keasaman dan ketinggian air pada Akuaponik DWC.
2. Implementasi logika fuzzy Mamdani pada sistem terdapat 4 proses yaitu proses fuzzifikasi, implikasi, kpmposisi aturan, defuzzifikasi. Pada proses fuzzifikasi (menentukan membership function) terdapat 2 variabel yaitu variabel pH dan Ultrasonik. Variabel pH terdapat 3 himpunan yaitu asam, nomal, basa. Dan pada variabel ultrasonic terdapat 3 himpunan yaitu rendah, normal, tinggi. Langkah berikutnya proses implikasi metode MIN. Proses ini dilakukan setelah diperoleh nilai masing-masing derajat keanggotaan tiap parameter dan untuk mencari nilai minimum tiap rule. Dengan mengetahui nilai minimum dari tiap rule, selanjutnya menentukan nilai maksimum, proses ini dilakukan dengan mengelompokan output yang sama dari semua rule untuk mencari nilai terbesar. Terdapat 9 aturan fuzzy yang digunakan untuk menentukan komposisi aturan. proses yang terakhir adalah defuzzyfikasi, proses defuzzifikasi menggunakan metode centroid dan menggunakan rumus summation untuk menentukan nilai z.
3. Pengujian terhadap logika fuzzy dilakukan perbandingan antara perhitungan manual dengan perhitungan sistem. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan hasil yang sama, baik perhitungan secara manual maupun secara sistem. Dari hasil pengujian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa sensor berhasil mengukur tingkat derajat keasaman dan ketinggian air dengan baik serta sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Pada pengujian perhitungan fuzzy ini sistem juga dapat menentukan berbagai kondisi output pompa yaitu sebentar dan lama.

## 7.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian perancangan dan pengujian sistem kontrol derajat keasaman pH dan ketinggian air pada budidaya ikan dan tanaman akuaponik DWC menggunakan metode fuzzy Mamdani, saran yang bisa diberikan oleh peneliti untuk pengembangan sistem selanjutnya adalah:

1. Sebagai pengembangan lebih lanjut diharapkan ada penambahan parameter baru yang meliputi pakan ikan otomatis dan nutrisi tanaman kadar garam pada sistem akuaponik. Dikarenakan kualitas air dan nutrisi bagi tanaman dan ikan pun sangat berperan penting.
2. Sistem menggunakan metode lain selain fuzzy untuk mengetahui metode mana yang lebih akurat saat diterapkan pada sistem.
3. Sebagai pengembang lebih lanjut untuk sistem akuaponik diterapkan pada tempat yang lebih luas lagi, dan penambahan monitoring kondisi kolam dari kejauhan melalui web.



## DAFTAR PUSTAKA

- Assyidiqi, T., 2017. Kontrol Ketinggian Air Pada Budidaya Ikan Dan Tanaman Yumina Bumina Menggunakan Metode Fuzzy Takagisugeno. *Jurnal pengembangan teknologi informasi dan ilmu komputer*, Volume 2, p. 7.
- Apriyanti, R. N., 2016. *Akuaponik Praktis*. [Online] Available at: [https://books.google.co.id/books?id=Q1RLDgAAQBAJ&dq=akuponik&hl=id&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.co.id/books?id=Q1RLDgAAQBAJ&dq=akuponik&hl=id&source=gbs_navlinks_s) [Accessed 18 5 2018].
- Arduino.cc, 2018. *what is arduino?*. [Online] Available at: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3> [Accessed 12 05 2018].
- Azmi, Z., 2016. SISTEM PENGHITUNG PH AIR PADA TAMBAK IKAN BERBASIS MIKROKONTROLLER. *Jurnal Ilmiah Saindikom*, Volume 15, p. 102.
- DFRobot, 2016. *PH\_meter(SKU:\_SEN0161)*. [Online] Available at: [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH\\_Meter\\_\(SKU:\\_SEN0161\)](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_Meter_(SKU:_SEN0161))
- Djuandi, F., 2011. *Arduino pemrograman c dan c++*. Jakarta: Elexmedia.
- Edo, A., 2018. Rancang bangun pengenadli pintu air sungai dengan menggunakan logika fuzzy dan simple additive weighting. *Jurnal Pengembang Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Volume 2.
- E, N. & S., 2008. *Budidaya ikan dan sayuran dengan sistem akuaponik..* Jakarta: Penebar Swadaya.
- Feira, S., 2012. *eFLL - A Fuzzy Library for Arduino and Embeded System*. [Online] Available at: <http://www.zerokol.com/2012/09/arduino-fuzzy-library-for-arduino.html> [Accessed 28 september 2018].
- Kusumadewi, S., 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy*. 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- kho, D., 2018. *Pengertian relay dan fungsinya*. [Online] Available at: <https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/> [Accessed 18 5 2018].
- Nugroho & Sutrisno, 2008. *Budidaya ikan dan sayuran dengan sistem akuaponik*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- nyebarilmu, 2017. *Tutorial arduino mengakses module bluetooth HC-05*. [Online] Available at: <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-module-bluetooth-hc-05/> [Accessed 5 09 2017].
- Onny, 2018. *Komponen pH Meter*. [Online] Available at: <http://artikel-teknologi.com/komponen-ph-meter/> [Accessed 5 11 2017].
- Prasetya, A. E., 2018. Rancang Bangun Pengendali Pintu Air Sungai Dengan Menggunakan Logika Fuzzy Dan Simple Additive Weighting. *Jurnal*

*Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Volume  
VOI 2.*

Publications, T., 2005. *Freshwater Aquarium Setup & care*. s.l.:T.F.H. Publications.

Rosaliani, R., 2005. *Budidaya Tanaman Sayuran dengan Sistem Hidroponik*. p. 8.

Roslani, R. & Sumarni, N., 2005. *Budidaya tanaman sayuran dengan sistem hidroponik*. Bandung: Balai Penelitian Tanaman Sayuran.

Sani, B., 2016. *Asyiknya Akuaponik Untuk Hobi dan Bisnis*. Jogjakarta: Kata Pena.

Santoso, H., 2014. *Cara kerja sensor ultrasonik, rangkaian dan aplikasinya*.  
[Online] Available at: <https://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>[Accessed 5 11 2017].

T.Sutojo, S., 2011. *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET.

