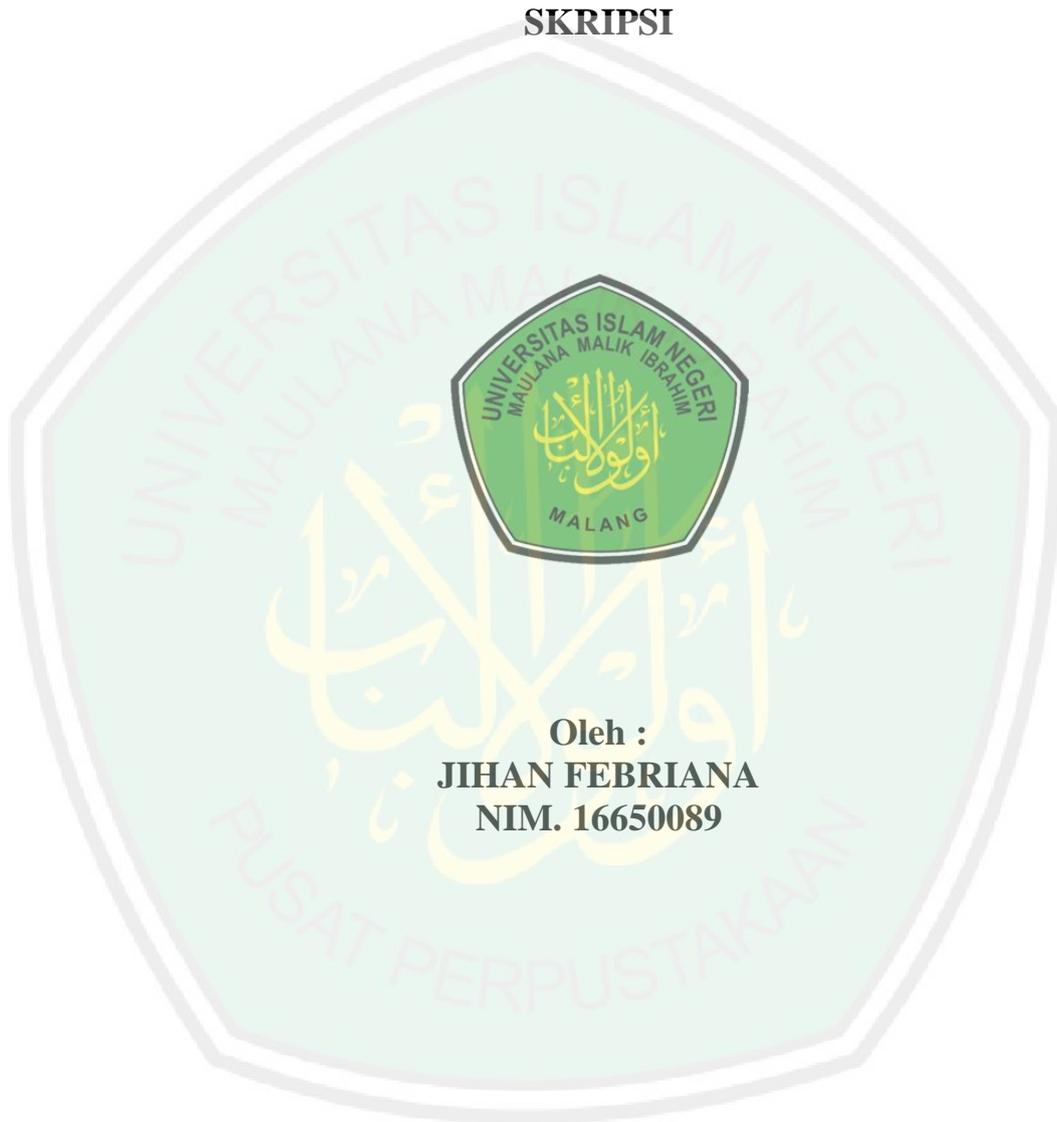


**SISTEM KONTROL DAN MONITORING NUTRISI PADA
TANAMAN HIDROPONIK *NUTRIENT FILM
TECHNIQUE* (NFT) MENGGUNAKAN
LOGIKA FUZZY**

SKRIPSI



Oleh :
JIHAN FEBRIANA
NIM. 16650089

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**SISTEM KONTROL DAN MONITORING NUTRISI PADA TANAMAN
HIDROPONIK *NUTRIENT FILM TECHNIQUE* (NFT)
MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY**

SKRIPSI

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

**Oleh :
JIHAN FEBRIANA
NIM. 16650089**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

LEMBAR PERSETUJUAN

SISTEM KONTROL DAN MONITORING NUTRISI PADA TANAMAN HIDROPONIK *NUTRIENT FILM TECHNIQUE* (NFT) MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY

SKRIPSI

JIHAN FEBRIANA
NIM. 16650089

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal : 14 Desember 2020

Dosen Pembimbing I

Dr. Muhammad Faisal
NIP. 19740510 200501 1 007

Dosen Pembimbing II

Fresy Nugroho, M. T.
NIP. 19830616 201101 1 004

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

Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

LEMBAR PENGESAHAN

SISTEM KONTROL DAN MONITORING NUTRISI PADA TANAMAN HIDROPONIK *NUTRIENT FILM TECHNIQUE* (NFT) MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY

SKRIPSI

Oleh :
JIHAN FEBRIANA
NIM. 16650089

Telah Dipertahankan Di depan Dewan Penguji
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Pada Tanggal 29 Desember 2020

Susunan Penguji		Tanda Tangan
Penguji I	: (<i>Fajar Rohman Hariri, M.Kom</i>) NIP. 19890515 201801 1 001	()
Penguji II	: (<i>Roro Inda M., M.T, M.Sc</i>) NIP. 19780925 200501 2 008	()
Pembimbing I	: (<i>Dr. Muhammad Faisal</i>) NIP. 19740510 200501 1 007	()
Pembimbing II	: (<i>Fresy Nugroho, M.T.</i>) NIP. 19710722 201101 1 001	()

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

Dr. Cahyo Crys dian
NIP. 19740424 200901 1 008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jihan Febriana
NIM : 16650089
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Teknik Informatika
Judul Skripsi : Sistem Kontrol dan Monitoring Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) Menggunakan Logika Fuzzy.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 30 Desember 2020

Yang membuat pernyataan,



(Jihan Febriana.)

NIM. 16650089

HALAMAN MOTTO



HALAMAN PERSEMBAHAN

الحمد لله رب العالمين

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

Dengan segenap hati, penulis mempersembahkan sebuah karya ini kepada:

Kedua orang tua penulis tercinta, Bapak S Yuliantoro dan Ibu Sumarni yang selalu dengan senang hati membimbing dan memotivasi diri penulis, yang selalu mendo'akan penulis, yang selalu mendukung dan memberi kasih sayang yang tak terhingga hingga kapan pun.

Dosen pembimbing penulis, Bapak Dr. M. Faisal, dan Bapak Fresy Nugroho, M.T yang telah dengan sabar membimbing jalannya penelitian skripsi ini dan selalu memberikan stimulus positif untuk tetap semangat menjalani setiap tahap ujian skripsi.

Dosen penguji, Bapak Fajar Rohman Hariri, M.Kom dan Ibu Roro Inda Melani, M.T, M.Sc telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis sehingga tercapai hasil skripsi yang lebih baik.

Seluruh dosen Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, dan seluruh guru-guru penulis yang telah membimbing dan memberikan ilmunya yang sangat bermanfaat.

Sahabat seperjuangan sejak awal masuk kuliah penulis, Etika Suzerein yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk penulis.

Teman-teman seperbimbingan yang selalu membantu dalam menyelesaikan proyek penelitian dengan baik.

Teman SMA, Aasyakur yang membantu dalam memecahkan masalah dalam perangkaian *hardware*.

Sahabat-sahabat SMA dan Kuliah yang selalu mendukung satu sama lain dan selalu semangat dalam belajar bersama, selalu ada dalam keadaan duka dan suka penulis serta selalu membantu penulis dalam berbagai keadaan.

Keluarga Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, terutama keluarga Andromeda (Angkatan 2016) yang telah memberikan semangat dan doanya.

Penulis ucapkan “jazzakumullah khairan katsiiraan”. Semoga ukhuwah kita tetap terjaga dan selalu diridhoi Allah SWT. Aamiin Ya Rabbal ‘Alamiin.



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Kontrol dan Monitoring Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) Menggunakan Logika Fuzzy.” ini dengan lancar dan baik. Dan tak lupa sholawat serta salam selalu kami haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah mengantarkan manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang ini. Tujuan dari penyusunan skripsi ini guna memenuhi salah satu syarat untuk bisa menempuh ujian sarjana komputer pada Fakultas Sains dan Teknologi (FSAINTEK) Program Studi Teknik Informatika di Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

Tentu saja selama proses pengerjaan skripsi ini penulis mendapat banyak sekali dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, di sini penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Cahyo Crys dian, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. M. Faisal dan Fresy Nugroho, M.T, selaku Dosen Pembimbing yang telah dengan sabar membimbing penulis, memberikan masukan serta arahan sehingga penulis tidak hanya mampu menyelesaikan skripsi namun juga dapat memberikan nilai manfaat nantinya dari skripsi ini.

5. Fajar Rohman Hariri, M.Kom dan Roro Inda Melani, M.T, M.Sc, selaku Dosen Penguji yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis sehingga tercapai hasil skripsi yang lebih baik.
6. Juniardi Nur Fadilah, M.T selaku Dosen Wali yang senantiasa memberikan banyak motivasi dan saran untuk kebaikan penulis.
7. Orang tua tercinta yang tak pernah berhenti untuk memberikan do'a dan dukungan kepada penulis secara moril maupun materiil hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
8. Anggota keluarga dan kerabat yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan semangat kepada penulis.
9. Teman-teman Andromeda (Angkatan 2016) yang selalu memberikan semangat dan do'a kepada penulis.
10. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya tanpa mengurangi rasa hormat dan terima kasih.
11. Dan tak lupa pada diri penulis sendiri yang sudah berusaha mengupayakan yang terbaik, yang tak pernah menyerah meski banyak rintangan yang dihadapi, yang selalu bersemangat dalam mengupayakan yang terbaik, dan yang selalu percaya bahwa dari setiap proses tak ada yang sia-sia.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi.

Malang, 29 Desember 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
المخلص.....	xviii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terkait.....	7
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Tanaman Cabai Rawit.....	8
2.2.2 Hidroponik	10
2.2.3 NFT (<i>Nutrient Film Technique</i>).....	11
2.2.4 Nutrisi.....	13
2.2.5 Pengontrolan pH.....	14

2.2.6	Pengontrolan TDS (<i>Total Dissolved Solids</i>).....	15
2.2.7	Arduino Uno.....	16
2.2.8	NodeMCU ESP8266	16
2.2.9	Sensor pH.....	17
2.2.10	Sensor TDS	18
2.2.11	Relay	19
2.2.12	<i>Solenoid Valve</i>	20
2.2.13	Logika <i>Fuzzy</i>	20
2.2.14	Himpunan <i>Fuzzy</i>	21
2.2.15	Penalaran <i>Fuzzy</i> Sugeno.....	22
2.2.16	Fungsi Keanggotaan.....	24
BAB III.....		26
METODOLOGI PENELITIAN		26
3.1	Desain Sistem.....	26
3.1.1	<i>Hardware System</i>	27
3.1.1.1	Arduino Uno	27
3.1.1.2	NodeMCU ESP8266.....	27
3.1.1.3	Sensor DFRobot pH Meter	28
3.1.1.4	Sensor TDS	28
3.1.1.5	Relay	28
3.1.1.6	<i>Solenoid Valve</i> (Katup Solenoid).....	29
3.1.2	<i>Software System</i>	29
3.1.2.1	Arduino IDE	29
3.1.2.2	MySQL	30
3.1.2.2	<i>Web Server</i>	30
3.1.3	Desain Hidroponik NFT (<i>Nutrient Film Technique</i>)	30

3.1.4	Desain Rangkaian Elektronik.....	32
3.1.5	<i>Prototype Aplikasi Web</i>	33
3.2	Implementasi Logika <i>Fuzzy</i>	34
3.2.1	Fuzzifikasi	36
3.2.2	Inferensi (<i>Rule Base</i>).....	42
3.2.3	Defuzzifikasi.....	46
3.3	Prosedur Pelaksanaan Penelitian	47
3.3.1	Penanaman Cabai	47
3.3.2	Pengambilan Data	48
3.3.3	Rencana Uji Coba	48
BAB IV	50
PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	50
4.1	Hasil Pengujian.....	50
4.4.1	Kalibrasi Sensor pH (pH Sensor Module V.1.1 with MSP340)	50
4.4.2	Kalibrasi Sensor TDS (Sensor TDS/SEN0244 Gravity Analog TDS) 52	
4.4.3	Pengujian Mikrokontroler dan Matlab	54
4.2	Pembahasan	58
4.2.1	Perhitungan <i>Fuzzy</i> pada Matlab	58
4.2.2	Algoritma <i>Fuzzy</i> pada Mikrokontroler (Arduino).....	60
4.2.3	Sistem <i>Hardware</i>	67
4.2.3.1	Arduino Uno R3.....	67
4.2.3.2	NodeMCU ESP8266.....	69
4.2.4	Sistem <i>Interface</i>	69
4.2.4.1	Halaman <i>Dashboard</i>	70
4.2.4.2	Tampilan Data pada Halaman <i>Web</i>	70
4.2.5	Kontrol Nutrisi Hidroponik NFT	71

4.2.6	Integrasi Islam.....	73
BAB V.....		76
PENUTUP.....		76
5.1	Kesimpulan.....	76
5.2	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA		78
LAMPIRAN.....		80



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cabai Rawit	9
Gambar 2. 2 Teknik NFT (<i>Nutrient Film Technique</i>)	13
Gambar 2. 3 Arduino Uno	16
Gambar 2. 4 NodeMCU ESP8266.....	17
Gambar 2. 5 Sensor DFRobot pH Meter	18
Gambar 2. 6 Sensor TDS	19
Gambar 2. 7 Relay	19
Gambar 2. 8 <i>Solenoid Valve</i>	20
Gambar 3. 1 Gambaran Umum Sistem.....	26
Gambar 3. 2 Arduino IDE	29
Gambar 3. 3 Rangkaian Hidroponik NFT	31
Gambar 3. 4 <i>Desain</i> Rangkaian Elektronik.....	32
Gambar 3. 5 <i>Prototype</i> Aplikasi Web.....	33
Gambar 3. 6 Alur Kontrol pH.....	34
Gambar 3. 7 Alur Kontrol TDS (ppm)	35
Gambar 3. 8 Fungsi Keanggoaan <i>Input</i> pH.....	36
Gambar 3. 9 Fungsi Keanggotaan input ppm	38
Gambar 3. 10 Fungsi Keanggotaan Output Katup Asam	39
Gambar 3. 11 Fungsi Keanggotaan Output Katup Basa.....	40
Gambar 3. 12 Fungsi Keanggotaan Output Katup Abmix	41
Gambar 3. 13 Fungsi Keanggotaan Output Katup Air	41
Gambar 4. 1 Grafik Uji Coba Sensor pH.....	52
Gambar 4. 2 Gambar Grafik Sensor TDS.....	54
Gambar 4. 3 Pembuktian Perhitungan Matlab.....	60
Gambar 4. 4 Rangkaian Elektronik	68
Gambar 4. 5 NodeMCU pada Sistem	69
Gambar 4. 6 Halaman <i>Dashboard</i>	70
Gambar 4. 7 Tampilan Tabel Data pada <i>Web</i>	71
Gambar 4. 8 Alat Hidroponik dan Rangkaian Elektronik	72
Gambar 4. 9 Peletakan Sensor pada Bak Nutrisi.....	72
Gambar 4. 10 Peletakan Katup Solenoid.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Hidroponik NFT	31
Tabel 3. 2 <i>Rule Base</i>	42
Tabel 3. 3 Rancangan Kalibrasi Sensor pH	48
Tabel 3. 4 Rancangan Kalibrasi Sensor TDS	49
Tabel 3. 5 Rancangan Pengujian Logika Fuzzy	49
Tabel 4. 1 Kalibrasi pH sensor	50
Tabel 4. 2 Kalibrasi TDS Sensor	52
Tabel 4. 3 Pengujian Mikrokontroller dengan Matlab untuk Output Katup Asam	55
Tabel 4. 4 Pengujian Mikrokontroller dengan Matlab untuk Output Katup Basa	56
Tabel 4. 5 Pengujian Mikrokontroller dengan Matlab untuk Output Katup AB mix	56
Tabel 4. 6 Pengujian Mikrokontroller dengan Matlab untuk Output Katup Air ..	57
Tabel 4. 7 Perhitungan <i>Rule</i>	59

ABSTRAK

Febriana, Jihan. 2020. **Sistem Kontrol dan Monitoring Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik *Nutrient Film Technique* Menggunakan Logika Fuzzy**. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (1) Dr. Muhammad Faisal (2) Fresy Nugroho, M.T

Kata kunci: Hidroponik, *Nutrient Film Technique*, *Fuzzy Sugeno*, Arduino Uno, *Web*.

Tak asing lagi ketika mendengar kata hidroponik yang mana budidaya hidroponik ini sudah dilakukan di seluruh daerah di pedesaan maupun perkotaan. Hidroponik merupakan teknik penanaman menggunakan media air. Banyak beberapa teknik hidroponik salah satunya NFT (*Nutrient Film Technique*) yang dimana mengalirkan air secara sirkulasi pada akar tanaman dari dan ke bak nutrisi. Untuk mendapatkan pertumbuhan maksimal maka diperlukan kontrol nutrisi pada bak nutrisi. Pemanfaatan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) terkini mutlak diperlukan yang dapat memudahkan petani dalam mengontrol nutrisi hidroponik. Pengontrolan nutrisi ini berdasarkan nilai pH dan TDS. Untuk mengimplementasi dalam mengontrol nutrisi dibutuhkan sebuah metode. Metode yang digunakan adalah Logika *Fuzzy Sugeno* yang berfungsi untuk mempertahankan nilai pH dan TDS yang diinginkan agar pertumbuhan tanaman cabai tidak terhambat. Hal ini disebabkan metode *Fuzzy Sugeno* relatif mudah dan fleksibel, dirancang dengan tidak melibatkan model matematis yang rumit. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan *hardware* dan *software* untuk monitoring dan kontrol nutrisi pada NFT. Pada *hardware* digunakan mikrokontroler arduino uno sebagai pemroses utama *controlling*. Kemudian *Web* sebagai media monitoring jarak jauh secara *real time*. Berdasarkan system yang telah dibuat didapatkan data pengujian antara system atau mikrokontroler dengan Matlab yaitu nilai error pada outputan Valve Asam 8,99%, Valve Basa 0,14%, Valve ABmix 0,17% dan Valve Air 0,99%.

ABSTRACT

Febriana, Jihan. 2020. **Nutrient Control and Monitoring System in Hydroponic Nutrient Film Technique Plants Using Fuzzy Logic**. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (1) Dr. Muhammad Faisal (2) Fresy Nugroho, M.T

Kata kunci: Hydroponic, *Nutrient Film Technique*, *Fuzzy Sugeno*, Arduino Uno, *Web*.

It is no stranger to hearing the word hydroponics, which hydroponic cultivation has been carried out in all areas in rural and urban areas. Hydroponics is a planting technique using water media. There are several hydroponic techniques, one of which is NFT (Nutrient Film Technique), which circulates water in the plant roots to and from the nutrient tub. To get maximum growth, it is necessary to control the nutrition in the nutrition bath. Utilization of the latest developments in science and technology (IPTEK) is absolutely necessary which can make it easier for farmers to control hydroponic nutrition. This nutrient control is based on pH and TDS values. To implement in controlling nutrition, a method is needed. The method used is the Fuzzy Sugeno Logic which functions to maintain the desired pH and TDS values so that the growth of chili plants is not hampered. This is because the Fuzzy Sugeno method is relatively easy and flexible, designed not to involve complex mathematical models. In this research, hardware and software were made for monitoring and controlling nutrition on NFTs. In hardware, Arduino Uno microcontroller is used as the main processor controlling. Then the Web as a medium for remote monitoring in real time. Based on the system that has been made, the test data obtained between the system or microcontroller with Matlab is the error value at the output of Acid Valve 8.99%, Base Valve 0.14%, Valve ABmix 0.17% and Valve Water 0.99%.

المخلص

فبريانا ، جيهان. ٢٠٢٠. نظام مراقبة ومراقبة المغذيات في نباتات تقنية غشاء المغذيات المائية باستخدام المنطق الضبابي. مقال. قسم المعلوماتية ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة الدولة الإسلامية (UIN) مولانا مالك إبراهيم مالانج. المستشار: (١) د. محمد فيصل ، الماجستير. (II) فريزي نوجروهو ، الماجستير.

الكلمات الرئيسية : الزراعة المائية ، تقنية المغذيات ، سوجينو غامض المنطق ، Arduino Uno ، موقع الكتروني .

لم يسمع أحد بكلمة الزراعة المائية ، حيث تتم الزراعة المائية في جميع المناطق في المناطق لريفية والحضرية. الزراعة المائية هي تقنية زراعة تستخدم وسائط مائية. هناك العديد من تقنيات الزراعة المائية ، إحداها هي تقنية NFT (تقنية فيلم المغذيات) ، والتي تقوم بتوزيع الهواء على جذور النبات من وإلى حوض المغذيات. لتحقيق أقصى قدر من النمو ، من الضروري التحكم في التغذية في حمام التغذية. هناك حاجة إلى الاستعادة من أحدث التطورات في العلوم والتكنولوجيا (IPTEK) والتي يمكن أن تسهل على المزارعين التحكم في التغذية المائية. يعتمد التحكم في المغذيات على قيم الأس الهيدروجيني و TDS لتنفيذ الرقابة في التغذية يتطلب طريقة. الطريقة المستخدمة هي سوجينو غامض المنطق الذي يعمل على الحفاظ على قيم الأس الهيدروجيني و TDS المرغوبة بحيث لا يتم إعاقة نمو نباتات الفلفل الحار. وذلك لأن طريقة سوجينو غامض المنطق سهلة ومرنة نسبيًا ، ومصممة بحيث لا تتضمن نماذج رياضية معقدة. في هذا البحث ، تم تصنيع الأجهزة والبرمجيات للرصد والتغذية على NFT في الأجهزة ، تم استخدام متحكم Arduino Uno كوحدة تحكم رئيسية في المعالج. ثم الويب كوسيط للمراقبة عن بعد في الوقت الحقيقي. بناءً على النظام الذي تم الحصول عليه ، فإن اختبار البيانات بين النظام أو وحدة التحكم الدقيقة و Matlab هو قيمة الخطأ عند خرج مضخة حمض 8.99% ، المضخة الأساسية 0.14% ، مضخة 0.17ABmix% و مضخة مياه 0.99%.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya bekerja sebagai petani. Hal tersebut didukung adanya iklim tropis yang dimiliki Indonesia serta tanah yang subur sehingga sangat cocok untuk bercocok tanam. Namun pada beberapa tahun lalu, pekerja pada sektor pertanian mengalami penurunan. Pekerja di sektor pertanian tercatat 35,7 juta orang atau 28,79 persen dari jumlah penduduk bekerja 124,01 juta jiwa. Sementara di tahun lalu, jumlah pekerja sektor pertanian di angka 35,9 juta orang atau 29,68 persen dari jumlah penduduk bekerja 121,02 juta orang (Gilang, 2018). Salah satu penyebabnya karena lahan untuk bercocok tanam mulai berkurang.

Tanaman memiliki banyak ragam jenis, tetapi jenis tanaman sayuran merupakan tanaman yang sering dan banyak ditanam oleh pembudidaya karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Salah satu sayuran yang memiliki nilai ekonomi yang sangat tinggi adalah tanaman cabai. Belakangan ini kebutuhan akan sayuran cabai ini terus meningkat (Ariati, 2017). Tidak heran jika saat ini banyak menu masakan yang menggunakan cabai.

Cabai merupakan salah satu sayuran yang seringkali digunakan sebagai bumbu atau olahan masakan di berbagai negara. Berdasarkan data dari *Food and Agriculture Organization* (FAO), perkembangan kuantitas kebutuhan ekspor cabai dan paprika hijau di dunia selama kurun waktu 2004-2013, *trend*-nya meningkat dengan rata-rata laju peningkatan sebesar 5,89% per tahun. Pencapaian tertinggi terjadi pada tahun 2013 dengan kuantitas ekspor sebesar 3 juta ton. Di Indonesia

cabai banyak dikonsumsi dalam bentuk sambal, biasanya sambal tersebut selalu di masak sebagai bahan makanan penunjang saat makan. Sambal yang disajikan dibuat sesuai dengan selera kepedasan yang diinginkan. Biasanya sambal dibuat dari cabai segar yang hanya ditumbuk dan dicampur dengan terasi, kacang ataupun rempah lainnya (Yanuarti & Afsari , 2016).

Perkembangan harga cabai di pasar domestik secara nasional dalam kurun waktu 2014 hingga 2016 cenderung fluktuatif. Harga cabai rawit merah mempunyai *trend* lonjakan harga yang lebih tajam dan lebih mahal dibandingkan harga cabai merah besar dan keriting. Puncak tertinggi harga terjadi pada bulan Desember 2015. Harga cabai rawit merah sempat melonjak hingga Rp 90.000/ kg, sedangkan cabai merah besar dan keriting mencapai Rp 70.000/kg, penyebabnya bukan hanya dikonsumsi rumah tangga saja tetapi juga untuk industri horeka (Hotel, Restoran, dan Kafe) (Yanuarti & Afsari , 2016). Karena tinggi permintaan yang tidak diimbangi dengan pasokan yang memadai daripada pembudidaya cabai yang membuat setiap tahunnya harga cabai mengalami fluktuasi. Beberapa penyebabnya adanya penyimpangan iklim cuaca, kekurangan nutrisi serta terserang hama dan penyakit yang membuat para pembudidaya atau petani cabai gagal panen.

Seiring perkembangannya zaman semakin banyak orang yang melakukan bercocok tanam di pedesaan maupun di daerah perkotaan sekaligus. Dengan daerah yang digunakan bertani yang semakin sempit sehingga muncul inovasi – inovasi yang efisien untuk mengembangkan dalam bidang pertanian. Salah satu perkembangannya adalah menanam secara sistem hidroponik. Budidaya secara hidroponik ini sudah populer di kalangan masyarakat.

Anjuran bercocok tanam juga terdapat dalam hadist riwayat Imam Bukhari:

مَا مِنْ مُسْلِمٍ يَغْرِسُ غَرْسًا، أَوْ يَزْرَعُ زَرْعًا فَيَأْكُلُ مِنْهُ طَيْرٌ أَوْ إِنْسَانٌ أَوْ بَهِيمَةٌ إِلَّا كَانَ لَهُ بِهِ صَدَقَةٌ

“Tidaklah seorang muslim menanam pohon, tidak pula menanam tanaman kemudian pohon/ tanaman tersebut dimakan oleh burung, manusia atau binatang melainkan menjadi sedekah baginya.” (HR. Imam Bukhari hadits no. 2321)

Manfaat dalam pandangan agama yaitu berupa pahala atau ganjaran. Tanaman yang kita tanam jika dimakan oleh manusia, binatang baik berupa burung ataupun yang lainnya walaupun hanya satu biji saja sudah merupakan sedekah bagi penanamnya, mau dia kehendaki ataupun tidak. Bahkan jika seseorang itu ketika menanamnya tidak memperdulikan hal ini (hal tentang apa yang dimakan dari tanamannya merupakan sedekah) kemudian apabila terjadi dia memakannya maka itu tetap merupakan sedekah baginya. Dapat disimpulkan bahwa bercocok tanam tak hanya memiliki manfaat bagi seorang muslim saat hidup di dunia tetapi juga di kehidupan akhirat karena mengkonsumsi tanamannya serta sebagai sumber kehidupan bagi makhluk hidup yang ada di dunia (manusia dan binatang) akan menjadi sedekah bagi orang yang menanamnya (Sasongko, 2019).

Hidroponik ialah teknik menumbuhkan tanaman tanpa menggunakan tanah sebagai media yang ditambahkan larutan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Prinsip dasar hidroponik adalah memperkaya air dengan garam-garam nutrisi seperti yang terkandung dalam tanah. Istilah hidroponik pertamakali diperkenalkan dalam sebuah artikel majalah ilmiah (Science, Feb 178: 1) pada tahun 1937 yang ditulis oleh W.F Gericke atas asaran Dr. W. A Setchell dari Universitas California. Dr. Gericke telah memulai eksperimennya

dengan teknik budidaya secara hidroponik sejak akhir tahun 1920-an, namun baru menerbitkan buku pertamanya tentang budidaya tanpa tanah pada tahun 1940, dengan judul “The Complete Guide to soilless Gardening” (Aini & Azizah, 2017).

Pada budidaya hidroponik sendiri memiliki banyak macam teknik, salah satunya adalah *Nutrient Film Technique* (NFT) yang merupakan salah satu teknik yang paling banyak digunakan dari banyak teknik hidroponik yang ada. Teknik yang pertama kali diperkenalkan oleh Allen Cooper ini sudah diterapkan di kalangan masyarakat terutama masyarakat perkotaan yang terbatas area budidayanya. Selain itu juga dianggap sebagai teknik paling cocok untuk skala industri dibanding sistem lain. Konsep dasar Nutrient Film Technique (NFT) ialah salah satu teknik dengan bagian akar tanaman berada dalam larutan nutrisi yang dangkal dan dialiri larutan nutrisi setipis film, yang disirkulasikan secara terus-menerus.

Larutan nutrisi pada budidaya hidroponik berperan penting dalam pengganti unsur hara yang terkandung didalam tanah. Pemberian larutan nutrisi diberikan secara bersamaan dengan irigasi pada tanaman. Dalam budidaya hidroponik yang sangat penting untuk diperhatikan dalam mengontrol larutan nutrisi. Pengontrolan ini harus dilakukan secara rutin supaya konsentrasi unsur-unsur hara dapat disesuaikan dengan fase pertumbuhan dan perkembangan fisiologis tanaman.

Nutrisi yang diserap oleh akar tanaman berhubungan dengan derajat keasaman air atau biasa disebut dengan pH air. Faktor penting dalam mempengaruhi kelarutan nutrisi pada tanaman adalah nilai pH dan TDS. Menjaga kualitas dari larutan nutrisi itu sangatlah penting dengan tujuan supaya pertumbuhan tanaman tidak terhambat. Sehingga pengontrolan nilai pH dan TDS

pada larutan nutrisi adalah aktivitas yang harus dilakukan terutama pada teknik hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*). Petani dalam mengontrol pH dan TDS pada larutan nutrisinya masih menggunakan cara manual yaitu menggunakan pH Meter dan TDS Meter. Jika larutan nutrisi memiliki pH dan TDS yang tidak sesuai yang diinginkan maka petani tersebut harus menambahkan larutan asam ataupun basa dan juga larutan AB mix pada larutan nutrisi sehingga nilai pH dan TDSnya mejadi stabil kembali.

Oleh karena itu pemanfaatan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) terkini mutlak diperlukan yang dapat memudahkan petani dalam mengontrol nutrisi pada tanaman. Pengontrolan nutrisi ini berdasarkan nilai pH dan TDS pada larutan nutrisi yang dialirkan pada instalasi hidroponik. Untuk mengimplementasi dalam mengontrol nutrisi dibutuhkan sebuah metode. Metode yang digunakan adalah Logika *Fuzzy* Sugeno yang berfungsi untuk mempertahankan nilai pH dan TDS yang diinginkan agar pertumbuhan tanaman cabai tidak terhambat. Hal ini disebabkan metode *Fuzzy* Sugeno relatif mudah dan fleksibel, dirancang dengan tidak melibatkan model matematis yang rumit. Dengan demikian, peneliti memilih *Fuzzy* Sugeno untuk diimplementasikan ke dalam sistem kontrol nutrisi hidroponik. Selain mengontrol nutrisi yaitu monitoring tanaman cabai dengan dibangunkanya aplikasi berbasis *web*. Pada aplikasi tersebut nantinya akan memberikan informasi mengenai tanaman yang di tanam secara *real time* sehingga petani tidak perlu ke lapangan dalam pengecekan atau pengontrolan nutrisi tanaman. Dengan demikian tidak menutup kemungkinan dapat meningkatkan produksi cabai dan dapat menyeimbangi antara permintaan cabai dengan pasokan cabai.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan paparan dari latar belakang masalah, dapat diidentifikasi permasalahan yaitu bagaimana membangun sistem kontrol dan monitoring nutrisi pada tanaman hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) menggunakan metode Logika *Fuzzy*?

1.3 Tujuan Penelitian

Merujuk pada identifikasi masalah, maka penelitian diharapkan dapat mencapai tujuan yaitu untuk membangun sistem yang dapat mengontrol nutrisi dan monitoring tanaman menggunakan metode Logika *Fuzzy*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat bagi para petani tanaman cabai hidroponik dalam mengontrol nutrisi dan memonitoring tanaman. Selain itu juga mengurangi resiko gagal panen tanaman cabai karena sudah terkontrol dengan menggunakan metode Logika *Fuzzy*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Output yang dihasilkan berupa lama waktu nyala *valve* larutan asam, basa, ABmix dan air.
- Menggunakan sensor pH dan TDS untuk mendapatkan nilai pH dan ppm yang dijadikan sebagai variabel perhitungan.
- Aplikasi monitoring nutrisi sebagai pemantauan jarak jauh secara *realtime* berbasis *web*.
- Objek yang digunakan adalah tanaman cabai rawit

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

(Judika & Maruf, 2017) pada penelitiannya membangun sistem guna mengoptimalkan penggunaan air sesuai kebutuhan tanaman cabai. Sistem yang dibuat menggunakan beberapa sensor yaitu kelembapan, ph serta EC. Kemudian data yang ditangkap oleh sensor akan diproses pada mikrokontroller Arduino dan akan ditampilkan pada Aplikasi *Web* melalui *Ethernet Shield*. Dari sistem tersebut pembudidaya atau petani dapat mudah dalam memantau tanaman cabai melalui *smartphone* dan juga *realtime*.

(Siregar & Rivai, 2018) dalam penelitiannya dengan system aeroponik telah dirancang sebuah ruang tumbuh *GrowBox* yang dilengkapi dengan sebuah sistem kontrol yang mengatur penyemprotan larutan nutrisi ke akar tanaman, dan dilengkapi juga dengan pemantau temperatur dan kelembapan relatif dari ruang tumbuh melalui internet hasil percobaan dapat mengubah larutan nutrisi menjadi kabut yang dapat meningkatkan nilai kelembapan *GrowBox* yang dirancang sesuai nilai yang ditentukan yaitu 85%.

Dalam penelitian yang dilakukan (Padman , Agus , & Nyoman, 2017) dilatarbelakangi karena tanaman hidroponik memerlukan perhatian khusus pada parameter seperti suhu, air, level air, keasaman (pH) dan konsentrasi nutrisi (EC/PPM). Setelah dilakukan observasi ada petani hidroponik NFT masih dilakukan pengontrolan secara konvensional, sehingga pada penelitian ini dilakukan untuk membuat system pemantauan otomatis hidroponik yang dapat dipantau menggunakan sensor yang terhubung ke mikrokontroler Arduino Uno,

modul *Wi-Fi* ESP8266 dan mikrokomputer Model B Raspberry Pi 2 sebagai server web dengan konsep *Internet of Things*. *Web* digunakan sebagai antarmuka sistem yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol pertanian hidroponik NFT. Hasilnya dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam memantau dan mengendalikan oleh petani hidroponik NFT.

(Heliadi & Kirom, 2018) dalam penelitiannya memakai metode *Fuzzy Logic* dengan menggunakan variabel input berupa nilai EC pada larutan nutrisi. Sistem kontrol yang dibangun menggunakan logika fuzzy agar dapat mempertahankan kebutuhan rentang nilai EC tanaman sawi pakcoy tetap pada nilai 1.5-2 mS/cm selama proses tanam. Dari percobaan diperoleh sistem kontrol logika fuzzy dapat mempertahankan rentang nilai EC sesuai dengan kebutuhan tanaman sawi pakcoy.

2.2 Landasan Teori

Dalam menyelesaikan penelitian ini diperlukan teori-teori atau hal-hal sebagai pendukung yang berkaitan dengan penelitian untuk menyelesaikan masalah. Pada landasan teori ini akan dijelaskan mengenai objek yang akan diteliti, alat-alat yang digunakan dalam membangun sistem dan metode yang akan digunakan dalam penyelesaian masalah.

2.2.1 Tanaman Cabai Rawit

(Purnomo, Harjoko, & Sulis, 2016) Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) merupakan salah satu tanaman hortikultura dari jenis sayuran yang banyak diperlukan oleh masyarakat sebagai penyedap rasa masakan. Kebutuhan cabai rawit cukup tinggi yaitu sekitar 4kg/kapita/tahun (Warisno 2010). Berdasarkan hasil sensus pertanian yang dilakukan BPS (2013), cabai rawit merupakan jenis

tanaman hortikultura semusim yang paling banyak diusahakan oleh rumah tangga di Indonesia (1.116.476 rumah tangga).

Menurut asal-usulnya cabai berasal dari Benua Amerika, tepatnya Amerika Tengah dan Selatan. Di Indonesia cabai ditanam di tanah sawah atau tegalan yang mendapatkan sinar matahari yang cukup dengan kelembapan udara yang lumayan tinggi. Tanaman ini lebih sering ditanam saat musim kemarau dari pada musim hujan tetapi harus rutin disiram karena membutuhkan kelembapan yang tinggi. Cabai dapat tumbuh dan berkembang di Indonesia dengan baik asalkan syarat lingkungan untuk memproduksi tanaman cabai terpenuhi. Pada penelitian ini nilai parameter suhu, kelembapan dan intensitas cahaya ditentukan dari syarat hidup tanaman cabai.

Salah satu jenis sayuran yang memiliki kandungan vitamin A dan C ini memiliki nilai ekonomi yang tinggi dipasaran. Cabai memiliki banyak manfaat bagi kesehatan manusia salah satunya menjaga tubuh dari serangan radikal bebas karena cabai mengandung antioksidan. Selain itu cabai juga dapat dimanfaatkan sebagai penyedap rasa pada makanan. Ciri khas dari cabai ini adalah baunya yang khas dan rasanya pedas dilidah.



Gambar 2. 1 Cabai Rawit

2.2.2 Hidroponik

Hidroponik berasal dari dua suku kata Bahasa Yunani yang digabungkan yaitu “*hydro*” yang artinya air dan “*ponos*” yang berarti tenaga kerja sehingga mempunyai arti bekerja dengan air. Seiring perkembangan zaman, berbagai ahli mengemukakan istilah hidroponik secara berbeda-beda. Menurut (Jones, 2005) pengertian hidroponik berdasarkan uraian Harris tahun 1977 bahwa hidroponik *modern* adalah “ilmu tentang pertumbuhan tanaman yang ditumbuhkan dalam media selain tanah, dengan menggunakan campuran unsur hara esensial tanaman yang dilarutkan dalam air. Penjelasan (Resh, 2013) yang mendefinisikan hidroponik sebagai “ilmu tentang menumbuhkan tanaman tanpa menggunakan tanah, namun mdengan menggunakan media inert (seperti kerikil, pasir, gambut, vermikulit, batu apung atau serbuk gergaji), yang ditambahkan larutan nutrisi yang mengandung semua unsur hara penting yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Pengertian hidroponik sebagai suatu teknik menurut (Wignarajah, 1995) dan (Jensen, 1997) dalam (Jones, 2014) diterangkan bahwa hidroponik adalah teknik untuk menumbuhkan tanaman tanpa tanah dalam kultur cair air atau larutan nutrisi (air yang mengandung pupuk) dengan atau tanpa menggunakan media tidak alami (artifisial) seperti: Pasir, kerikil, vermikulit, *rockwool*, perlite, moss, sabut, atau serbuk gergaji untuk menopang tanaman. Lebih lanjut, Jensen mendefinisikan pertumbuhan tanaman tanpa media sebagai hidroponik cair dan menumbuhkan tanaman menggunakan media sebagai hidroponik agregat. Pengertian lain (Davries, 2001), mendefinisikan hidroponik sebagai suatu upaya yang mana semua nutrisi dipasok ke tanaman melalui air irigasi, dengan media substrat selain

tanah sehingga tanaman dapat tumbuh dan berproduksi untuk tujuan komersial. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pengertian Hidroponik ialah teknik menumbuhkan tanaman tanpa menggunakan tanah sebagai media, yang ditambahkan larutan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Aini & Azizah, 2017).

2.2.3 NFT (*Nutrient Film Technique*)

NFT (*Nutrient Film Technique*) ialah salah satu metode kultur air, dengan bagian akar tanaman berada dalam larutan nutrisi dangkal, setipis plastik film, yang disirkulasikan secara terus menerus, NFT merupakan teknik yang paling populer di antara sistem hidroponik yang lain. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Allen Cooper pada tahun 1976, sebagai metode hidroponik masa depan (Jones, 2005).

Sistem NFT dapat didesain dalam ukuran yang bervariasi, mulai dari skala laboratorium, kebun pekarangan hingga skala komersial untuk industri, karena prinsip dasar desain NFT yang dibutuhkan sama. Komponen penting yang harus ada dalam desain system NFT terdiri dari:

1. Bedengan atau talang yang disebut dengan *gully*

Gully ialah tempat tanaman ditumbuhkan, biasanya berbentuk segi empat panjang yang terbuat dari *fiberglass* yang dirancang khusus atau bisa digunakan talang, di mana nutrisi mengalir dan akar tanaman tersuspensi (terendam) di dalamnya.

2. Tandon nutrisi

Tandon berfungsi sebagai wadah larutan nutrisi yang dipompa ke *gully* dan menampung larutan yang keluar dari *system*.

3. Pompa air

Pompa digunakan untuk memompa larutan nutrisi dari tendon ke *gully* melalui pipa dan selang.

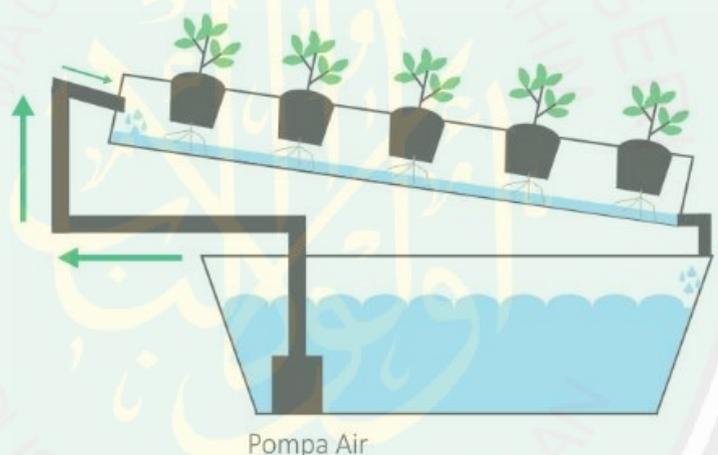
4. Perangkat irigasi

Perangkat irigasi berupa pipa PVC, talang penampung nutrisi dan selang *inlet*, yaitu selang kecil yang berfungsi untuk mengalirkan larutan nutrisi dari pipa masuk ke dalam *gully*.

Cara kerja sistem NFT adalah dengan mengalirkan larutan nutrisi yang dangkal, setipis lapisan *film* (0,5 mm), secara terus-menerus (berulang) dengan menggunakan pompa. Tanaman ditumbuhkan pada potongan rockwool atau spons berukuran kecil (2 x 2 x 2 cm), yang dimasukkan ke dalam pot kecil (*netpot*), kemudian netpot dimasukkan ke dalam lubang-lubang *gully*. *Rockwool* dan *netpot* harus menyentuh aliran nutrisi yang mengalir dalam *gully* supaya akar tanaman dapat menyerap hara mineral yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman.

Pengecekan aliran nutrisi harus dilakukan setiap hari untuk memastikan tidak ada penyumbatan pada aliran nutrisi. Apabila terjadi penyumbatan, akar tanaman tidak mendapatkan asupan air dan hara sehingga bisa mengakibatkan tanaman kering dan mati. Penyumbatan bisa terjadi karena lumut yang tumbuh dalam selang inlet atau sepanjang *gully* yang terkena pancaran cahaya matahari. Lumut merupakan masalah utama dalam system hidroponik NFT karena menjadi kompetitor bagi tanaman yang dibudidayakan. Oleh karena itu, perangkat NFT harus rajin dibersihkan secara berkala, misalnya satu minggu sekali untuk meminimalisir pertumbuhan lumut.

Prinsip utama sistem hidroponik NFT adalah sirkulasi larutan nutrisi, artinya air dan nutrisi digunakan secara berulang-ulang setelah melewati akar tanaman. Dengan sistem berulang tersebut, penggunaan air dan nutrisi lebih hemat dibandingkan sistem lain. Secara garis besar alur sirkulasi NFT dimulai dari larutan nutrisi yang dipompakan dari tendon nutrisi, didistribusikan ke *gully* melewati pipa PVC, kemudian larutan nutrisi dialirkan ke *setiap* *gully* melalui selang inlet. Tanaman tumbuh dengan mengambil nutrisi dari aliran larutan yang mengalir di *gully* tersebut. Pada ujung *gully*, larutan nutrisi ditampung dan dialirkan kembali melalui pipa ke tendon nutrisi, kemudian siklus tersebut berulang kembali (Aini & Azizah, 2017).



Gambar 2. 2 Teknik NFT (*Nutrient Film Technique*)

2.2.4 Nutrisi

Larutan nutrisi pada sistem hidroponik merupakan hal utama dan mutlak diperlukan karena media tanam yang digunakan, baik air maupun substrat, sedikit atau bahkan sama sekali tidak mengandung unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Larutan ini dibuat dengan cara melarutkan garam-garam nutrisi yang mengandung semua unsur esensial bagi tanaman, baik hara makro maupun mikro, pada kepekatan tertentu. Larutan nutrisi pada hidroponik diberikan bersamaan

dengan irigasi yang disebut dengan fertigasi dan diaplikasikan dengan frekuensi tertentu pula.

Pengontrolan larutan nutrisi adalah salah satu aktivitas yang harus dilakukan dalam pengelolaan larutan nutrisi hidroponik, baik pada sistem terbuka maupun tertutup. Pengontrolan ini harus dilakukan secara berkala, agar konsentrasi unsur-unsur hara dapat disesuaikan dengan fase pertumbuhan dan perkembangan fisiologis tanaman. Hal ini juga dilakukan karena sering terjadi akumulasi garam-garam mineral pada media sehingga menimbulkan perubahan konsentrasi unsur hara yang diserap tanaman secara bertahap atau tiba-tiba (Aini & Azizah, 2017).

2.2.5 Pengontrolan pH

Pengontrolan pH merupakan hal yang penting dalam budidaya tanaman, baik yang ditanam dengan media tanah maupun nontanah. Nilai pH sangat penting dalam mempengaruhi kelarutan nutrisi dan menentukan ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Apabila pH tidak sesuai, akan mengakibatkan tanaman kehilangan kemampuannya untuk menyerap nutrisi. Nilai pH menunjukkan konsentrasi *ion hydrogen* (H^+) dan *hidroksil* (OH^-). *Ion hydrogen* bersifat asam sedangkan *ion hidroksil* bersifat basa. Air netral atau murni memiliki keseimbangan *ion hydrogen* dan *hidroksil*. pH ditunjukkan oleh kisaran skala dari 0 hingga 14. Nilai pH 7 menunjukkan kondisi netral, pH dengan angka dibawah 7 menunjukkan kondisi asam sedangkan angka di atas 7 menunjukkan basa. Secara umum, kisaran pH yang disarankan untuk sebagian besar larutan hidroponik adalah antara 5,8 hingga 6,5.

Selama proses produksi tanaman secara hidroponik, nilai pH larutan nutrisi selalu mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, pengontrolan

pH larutan nutrisi harus dilakukan secara kontinu. Penyesuaian nilai pH ini harus dilakukan setiap hari karena sistem hidroponik memiliki kapasitas *buffering* (penyeimbangan) yang rendah. Penyesuaian pH dapat dilakukan dengan penambahan larutan penurun pH (*pH-down*) yang bersifat asam atau penaik pH larutan nutrisi berada di atas kisaran pH optimal atau penaik (*pH-up*) yang bersifat alkali jika pH larutan di bawah kisaran pH optimal (Aini & Azizah, 2017).

2.2.6 Pengontrolan TDS (*Total Dissolved Solids*)

Total Dissolved Solid merupakan alat untuk mengukur seberapa banyak padatan yang terlarut pada sebuah larutan. Sehingga sangat penting dalam pengontrolan nutrisi tanaman hidroponik. Alternatif lain dalam pengontrolan nutrisi juga penggunaan EC (*Electrical Conductivity*) yang berfungsi mengetahui seberapa kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik. Factor yang mempengaruhi kepekatan larutan ialah konsentrasi garam total dan akumulasi *ion-ion* di dalamnya. Konsentrasi larutan yang semakin tinggi karena kadar garam yang semakin pekat, akan meningkat daya hantar listriknya. *Electrical Conductivity* (EC) dinyatakan dengan satuan $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ atau $\text{mmho}\cdot\text{cm}^{-1}$. Sedangkan untuk TDS memiliki satuan ppm atau *part per million*.

Pengukuran TDS larutan nutrisi dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan penambahan unsur hara yang dibutuhkan supaya konsentrasinya berada dalam kondisi optimal. Selain itu, pengaturan kepekatan larutan nutrisi yang dinyatakan dalam nilai TDS ini dapat digunakan sebagai upaya mengatur *ritme* pertumbuhan tanaman, misalnya untuk mendorong pertumbuhan pada beberapa jenis tanaman sayuran daun. Peningkatan kepekatan larutan hingga mencapai 3-3,5 dapat mempercepat umur panen. Nilai TDS yang terlampaui tinggi

menyebabkan efisiensi akar dalam penyerapan hara semakin turun akibat melampaui titik jenuh (Aini & Azizah, 2017).

2.2.7 Arduino Uno

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya (Adriansyah & Hidyatama, 2013).



Gambar 2. 3 Arduino Uno

2.2.8 NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan sebuah platform *Internet of Thing* (IoT) yang bersifat *opensource*. NodeMCU ini berupa *System On Chip* ESP8266 dari ESP8266 buatan *Espressif System*, juga *firmware* serta menggunakan bahasa pemrograman *scripting* Lua. Istilah NodeMCU sebenarnya sebenarnya mengacu pada *firmware* yang digunakan pada perangkat keras *development kit*. NodeMCU

disebut sebagai board arduino-nya ESP8266. Dalam seri tutorial ESP8266 *embeddednesia* pernah dijelaskan bahwa bagaimana memprogram ESP8266 yang sedikit merepotkan. Penyebabnya yaitu diperlukan beberapa teknik *wiring* dan tambahan modul USB to serial ketika mengunduh program. Tetapi NodeMCU telah me-*package* ESP8266 ke dalam sebuah *board* yang lengkap dengan berbagai fitur seperti mikrokontroler. Awal adanya NodeMCU berdekatan dengan munculnya ESP8266 pada 30 Desember 2013, *Espressif Systems* selaku pencipta ESP8266 memulai produksi ESP8266 yang merupakan SoC Wi-Fi yang terintegrasi dengan prosesor Tensilica Xtensa LX106.



Gambar 2. 4 NodeMCU ESP8266

2.2.9 Sensor pH

DFRobot Analog pH Meter Sensor Kit adalah kit PH meter alias pengukur keasaman buatan DFROBOT dengan kualitas pengukuran yang terjamin dan akurat rentang pengukuran pH dari 0 sampai dengan 14 pH. Ini merupakan pH meter *analog* yang dirancang khusus untuk pengontrol Arduino dan memiliki koneksi dan fitur yang sederhana, nyaman dan praktis. Ini memiliki LED yang berfungsi sebagai Indikator Daya, konektor BNC dan antarmuka sensor PH2.0.

Untuk menggunakannya, cukup menyambungkan sensor pH dengan konektor BNC, dan menyambungkan antarmuka PH2.0 ke port *input analog* dari setiap pengontrol Arduino. Untuk memastikan keakuratan probe pH harus menggunakan solusi standar untuk mengkalibrasi secara teratur. Umumnya, periode tersebut sekitar setengah tahun. Jika ketika mengukur larutan berair yang kotor maka perlu meningkatkan frekuensi kalibrasi.



Gambar 2. 5 Sensor DFRobot pH Meter

2.2.10 Sensor TDS

Sensor TDS (*Total Dissolve Solid*) merupakan sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat TDS (Total Dissolve Solid) dalam air. TDS sendiri adalah tingkat konsentrasi benda padat yang terlarut dalam air. Semakin tinggi nilai TDS, semakin banyak air keruh, dan sebaliknya. Semakin rendah nilai TDS semakin jernih airnya.



Gambar 2. 6 Sensor TDS

2.2.11 Relay

Relay adalah suatu peranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor yang tersusun atau sebuah saklar elektronik yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Kontaktor akan tertutup (menyala) atau terbuka (mati) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar, pergerakan kontaktor (*on* atau *off*) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik.



Gambar 2. 7 Relay

2.2.12 Solenoid Valve

Solenoid Valve adalah katup yang digerakan oleh energi listrik melalui solenoida, mempunyai kumparan sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC, *solenoid valve pneumatic* atau katup (*valve*) solenoida mempunyai lubang keluaran, lubang masukan dan lubang *exhaust*. Lubang masukan, berfungsi sebagai terminal/tempat udara bertekanan masuk atau *supply (service unit)*, sedangkan lubang keluaran berfungsi sebagai terminal atau tempat tekanan angin keluar yang dihubungkan ke *pneumatic*, dan lubang *exhaust*, berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan udara bertekanan yang terjebak saat plunger bergerak atau pindah posisi ketika *solenoid valve pneumatic* bekerja.



Gambar 2. 8 Solenoid Valve

2.2.13 Logika Fuzzy

Sistem yang didasari atas pengetahuan (*knowledge-based*) atau sistem yang didasari atas kaidah-kaidah atau aturan-aturan (*rule-based*). Inti dari sistem *fuzzy* adalah basis pengetahuan yang terdiri atas aturan-aturan yang dituliskan sebagai kumpulan pernyataan-pernyataan antisidenkonsekwen “Jika-Maka: sebagai contoh untuk mengatur *Brighthness* sebuah layar televisi kita gunakan

sebagai aturan seperti: “Jika (Jarak pemirsa Dekat) dan (Ruangan Sangat Gelap) Maka (*Brightness* Kecil)” Dimana “Dekat”, “Sangat Gelap”, dan “*Brightness* Kecil” digambarkan dengan fungsi keanggotaan. Sistem *fuzzy* dapat dibangun dengan mengumpulkan aturan-aturan seperti itu. Sistem *fuzzy* sering digunakan sebagai kontroler yang sering disebut sebagai kontroler *fuzzy*.

Ada tiga jenis sistem *fuzzy* yang sering dijelaskan dalam literature yaitu (Wang, 1997):

1. Sistem *fuzzy* murni yang masukan dan keluarannya merupakan himpunan *fuzzy*, sehingga untuk tidak dapat diterapkan pada sistem rekayasa yang masukan dan keluarannya bernilai riil (*crisp*).
2. Sistem *fuzzy* Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) yang menggunakan nilai pada bagian konsewennya menggunakan pernyataan matematis sehingga bagian konsekwen itu tidak dapat memformulasikan pengetahuan manusia.
3. Sistem *fuzzy* dengan *fuzzifier* dan *defuzzifier* yang mengatasi segala kekurangan dua sistem yang lain yaitu dengan menambahkan bagian fuzzifikasi dan defuzzifikasi yang berturut-turut bertindak sebagai antarmuka dari nilai *fuzzy* dan dari nilai *fuzzy* ke nilai riil (*crisp*).

Dari tiga jenis di atas maka jika sistem *fuzzy* tersebut digunakan dalam sistem rekayasa maka sistem *fuzzy* yang paling banyak digunakan adalah sistem *fuzzy* dengan *fuzzifier* dan *defuzzifier* (Rusli, Dasar Perancangan Kendali Logika Fuzzy, 2017).

2.2.14 Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* memiliki tidak hanya elemen-elemen, namun juga pada setiap elemen diberikan tingkat keanggotaannya. Bentuk semacam itu merupakan

ekspansi dari himpunan klasik. Bentuk semacam itu merupakan ekspansi dari himpunan klasik. Karena pada himpunan klasik, elemen yang dicantumkan pada suatu himpunan adalah mempunyai nilai keanggotaan 1 yang berarti anggota penuh dari himpunan. Tidak demikian dengan himpunan *fuzzy*, setiap anggota terkadang memiliki level keanggotaan setengah atau seperempat anggota. Karena derajat keanggotaan elemen himpunan fuzi tidak harus penuh, maka satu elemen dapat merupakan anggota lebih dari satu himpunan fuzi dalam satu semesta. Elemen-elemen himpunan fuzi dipetakan ke derajat keanggotannya dengan fungsi keanggotaan ke dalam interval 0 dan 1 atau $\mu_A(x) \in [0,1]$ sebagai contoh untuk himpunan fuzi A dalam semesta X (Rusli, Dasar Perancangan Kendali Logika Fuzzy, 2017).

2.2.15 Penalaran *Fuzzy Sugeno*

Metode *fuzzy Sugeno* memiliki kemiripan dengan metode mamdani, perbedaan terletak pada output. Pada logika *fuzzy Sugeno*, sistem berupa konstanta tidak berupa himpunan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan pada metode *fuzzy Sugeno* disebut fungsi *singleton* yaitu fungsi keanggotaan yang memiliki nilai keanggotaan 1 pada fungsi aktual tunggal dan 0 pada fungsi aktual yang lain. Proses defuzzifikasi pada metode Sugeno lebih efisien daripada metode mamdani. Hal ini dikarenakan metode *fuzzy Sugeno* menghitung fungsi output rule ke-i, akhir, dan *output* adalah sebuah *weight average*. Dibanding dengan metode mamdani yang harus menghitung luas di bawah kurva fungsi keanggotaan variabel keluaran. Kelebihan dari logika *fuzzy Sugeno* adalah dengan orde nol seringkali sesuai untuk berbagai kebutuhan permodelan.

Dalam proses inferensinya, metode Sugeno melalui tahapan sebagai berikut :

a) Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi merupakan suatu proses perubahan *variabel numerik* menjadi *variabel linguistik*. *Variabel numerik* disebut juga *variabel non fuzzy* dan *variabel linguistik* disebut juga sebagai *variabel fuzzy*. Pengendali *fuzzy* mengubah nilai *variabel* pada nilai masukan yang masih dalam bentuk *numerik* yang sudah melalui proses kuantisasi. Proses ini disebut fuzzifikasi yaitu proses mengubah fungsi keanggotaan dalam bentuk nilai-nilai yang telah disusun menjadi informasi *fuzzy*.

b) Pembentukan Basis Pengetahuan

Pembentukan basis pengetahuan menentukan jumlah himpunan *fuzzy* yang akan digunakan dan himpunan *rule* yang berkaitan dengan aturan yang digunakan untuk menentukan *output*.

c) Mesin Inferensi

Mesin inferensi mengandung mekanisme pola pikir sebuah sistem yang digunakan oleh pakar dan fungsi berpikir. Mekanisme tersebut mencari jawaban terbaik dengan cara menganalisa suatu masalah tertentu menggunakan aturan *fuzzy*. Inti dari relasi *fuzzy* adalah aturan yang dinyatakan dalam bentuk "IF...THEN". Relasi *fuzzy* disebut juga implikasi *fuzzy*. Aturan "IF...THEN" dapat dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan operator manusia, selanjutnya dapat dilakukan dengan berdasarkan data-data masukan dan keluaran menggunakan algoritma pelatihan.

d) Defuzzifikasi

Sistem inferensi *fuzzy* memiliki beberapa komponen yang terdiri dari data *variabel input*, data *variabel output*, dan data aturan. Untuk menentukan nilai keanggotaan dan penggunaan operator dibutuhkan 2 jenis fungsi fuzzifikasi. Fungsi tersebut antara lain yaitu fungsi aktual (*crisp*) dan fungsi kabur (*fuzzy*). Fungsi aktual melakukan proses fuzzifikasi yaitu mengubah nilai aktual menjadi nilai kabur (*fuzzy*). Fungsi kabur merupakan fungsi defuzzifikasi yang digunakan menentukan kembali nilai kabur menjadi nilai *actual*. Setelah menentukan nilai *fuzzy* selanjutnya diubah menjadi nilai yang menyatakan solusi permasalahan. (Oktavia & Maulidi, 2019)

2.2.16 Fungsi Keanggotaan

Nilai keanggotaan berkaitan dengan suatu keanggotaan sebuah elemen pada suatu himpunan. Kalau pada teori klasik himpunan menyebutkan, bahwa sebuah elemen yang berada pada semesta tertentu misalnya saja $x \in X$, memiliki karakteristik yang sangat ditentukan oleh keanggotaan elemen tersebut pada himpunan itu sendiri.

Sedangkan karakteristik himpunan itu sendiri sangat ditentukan oleh fungsi keanggotaannya. Sebagai misalnya, diketahui sebuah himpunan hewan, sebut saja B misalnya, yang merupakan anggota dari semesta makhluk hidup, maka manusia yang terdefinisi sebagai makhluk hidup sama sekali bukan merupakan anggota dari himpunan B tersebut. Oleh karenanya elemen manusia mempunyai nilai keanggotaan 0 (sama sekali bukan anggota) dari himpunan B. secara numerik keanggotaan sepenuhnya atau sama sekali bukan anggota dinyatakan dengan 1 (anggota sepenuhnya) dan nol (sama sekali bukan anggota). Konsep himpunan ini dikenal sebagai konsep ekstrem (*Crisp*). Dalam konsep ini sebuah elemen

hanyalah mempunyai dua kemungkinan, anggota sepenuhnya atau tidak sama sekali (Rusli, Dasar Perancangan Kendali Logika Fuzzy, 2017).

a) Representasi kurva segitiga

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$

b) Representasi kurva trapesium

$$\mu(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai beberapa tahapan penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini. Sistem yang akan dibangun pada penelitian ini adalah sistem pengontrolan nutrisi pada tanaman cabai dengan teknik hidroponik NFT serta monitoring pada sebuah aplikasi berbasis *web* dengan mengimplementasikan metode Logika *Fuzzy*.

3.1 Desain Sistem

Adapun gambaran secara umum sistem yang akan dibuat sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Gambaran Umum Sistem

Dari gambar alur di atas menjelaskan data yang akan diolah adalah data nutrisi tanaman hidroponik diambil melalui serangkaian peralatan elektronik yang salah satunya terpasang sensor pH dan TDS yang digunakan sebagai variabel pada perhitungan *fuzzy* nantinya. Kemudian pada rangkaian elektronik tersebut data tersebut diolah atau dihitung dengan metode *fuzzy* untuk mendapatkan *output* yang diinginkan. Setelah selesai proses perhitungan kemudian keluarlah sebuah *output* yang akan dikirimkan ke tanaman hidroponik.

Hasil pembacaan data oleh serangkaian elektronik dari Arduino yang tersambung dengan NodeMCU yang kemudian akan dikirimkan ke dalam database *MySQL* pada server melalui *WiFi*. Lalu data yang diterima server akan ditampilkan ke dalam sebuah halaman web dimana user dapat mengakses data

secara realtime untuk memonitoring tanaman hidroponik tanpa harus terjun ke lapangan.

3.1.1 Hardware System

Pengontrolan nutrisi pada tanaman merupakan aktivitas yang selalu dilakukan pembudidaya dalam menanam tanaman terutama secara hidroponik supaya tanaman dapat tumbuh dengan baik. Dalam mempermudah mengontrol maka perlu dibangunnya sebuah sistem kontrol secara otomatis yang dirangkai dari beberapa peralatan sebagai berikut.

3.1.1.1 Arduino Uno

Arduino merupakan sebuah mikrokontroler yang dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan *assembler* yang relative sulit tetapi Bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan libraries. Arduino yang digunakan pada proyek ini adalah Arduino UNO R3 Atmega 328P-PU Atmega 16U2 DIP.

3.1.1.2 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 merupakan pengembangan dari *System on Chip* ESP8266-12E, dengan firmware berbasis e-Lua, dilengkapi dengan micro USB port untuk pemrograman dan suplai daya, serta adanya tombol push button reset dan flash. NodeMCU ESP8266 berfungsi untuk mengembangkan perangkat berbasis internet karena sudah terdapat modul komunikasi *wireless* (WiFi). Ketika terdapat beberapa perangkat NodeMCU ESP8266 dengan sensor bekerja bersama, dapat disebut sebagai *Wireless Sensor Network*.

3.1.1.3 Sensor DFRobot pH Meter

DFRobot pH Meter merupakan sensor pH meter berfungsi untuk mengukur kadar pH (derajat keasaman atau kebasaan) pada suatu cairan. Pada penelitian ini, sensor ini akan mengukur pH pada larutan nutrisi yang ada pada bak nutrisi hidroponik. Sensor ini dirancang khusus agar dapat dengan mudah digunakan pada Mikrokontroler. Sensor ini juga menggunakan elektroda industri dan memiliki koneksi praktis, mudah dalam penggunaan dan tahan lama, sehingga sangat cocok untuk pemantauan online atau pembuatan sistem monitoring.

3.1.1.4 Sensor TDS

Sensor TDS berfungsi untuk mengukur tingkat TDS (*Total Dissolve Solid*) dalam air. Pada penelitian ini, sensor yang digunakan sensor TDS DF-Robot yang mana sensor ini akan mengukur Elektronika Konduktivitas dengan satuan ppm pada larutan nutrisi yang dialirkan ke dalam instalasi hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT).

3.1.1.5 Relay

Relay berupa saklar elektronik atau switch yang digerakkan oleh arus listrik yang nantinya dapat mengontrol pompa air pada bak nutrisi. Secara umum, relay merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (*solenoid*) di dekatnya. Pada saat solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena terdapat gaya magnet yang ada pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup. Ketika arus dihentikan, gaya magnet yang ada akan hilang, tuas akan kembali pada posisi semula dan kontak saklar akan kembali terbuka.

3.1.1.6 Solenoid Valve (Katup Solenoid)

Katup solenoid berfungsi sebagai pintu masuk dan keluarnya air yang dikendalikan katup sehingga membutuhkan tekanan untuk mengalirkannya. Pada sistem ini menggunakan katup solenoid 12V digunakan untuk mengalirkan cairan asam, basa, ab mix dan air ke dalam bak nutrisi hidroponik dimana bak nutrisi akan mengalirkan nutrisi pada *gully* hidroponik.

3.1.2 Software System

Sistem monitoring pada penelitian ini dibuat berbasis *website* yang bermanfaat bagi pembudidaya untuk memudahkan dalam memonitoring secara jarak jauh tanamannya. Pada penelitian ini pembuatan sistem monitoring dibutuhkan beberapa *software system* antara lain sebagai berikut.

3.1.2.1 Arduino IDE

Arduino IDE adalah sebuah text editor untuk membuat sebuah kode program pada Arduino. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Bahasa C atau C++. Istilah “sketch” merupakan *source code* pada Arduino dengan ekstensi file *.ino*. Berikut tampilan Arduino IDE.



Gambar 3. 2 Arduino IDE

3.1.2.2 MySQL

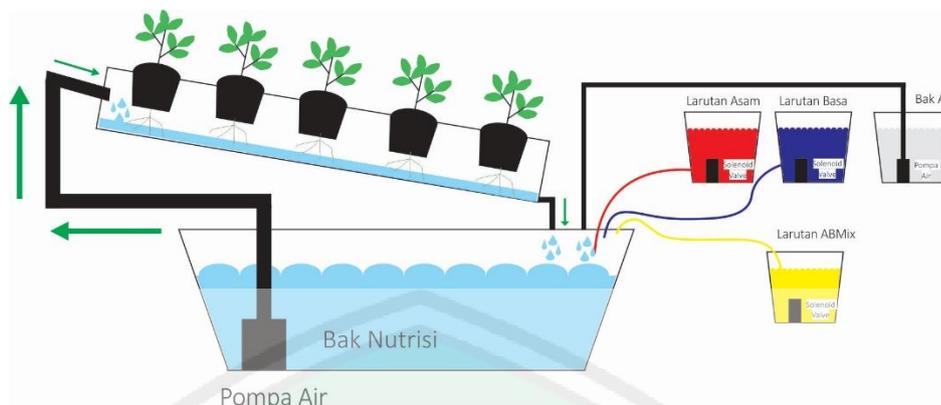
Pemakaian perangkat lunak selanjutnya yaitu *MySQL Server* sebagai *database* yang dipakai. Segala penyimpanan yang dilakukan pada *web* tersimpan pada *database* ini. *MySQL* merupakan *database management system (DBMS)* yang *querinya* memakai *structured query language*. *MySQL Server* dipilih karena beberapa kelebihanannya dibanding dengan *database* lain, salah satunya karena *software* ini bersifat *open source*. Data hasil pembacaan sensor nantinya akan disimpan ke dalam *MySQL*.

3.1.2.2 Web Server

Web server merupakan sebuah aplikasi *server* yang berfungsi untuk menerima permintaan *HTTP* atau *HTTPS* dari browser dan mengirimkannya kembali dengan menampilkan berupa halaman-halaman *web*. Halaman *web* tersebut yang dikirim oleh *web server* biasanya berupa file-file *HTML* dan *CSS* serta *PHP* yang diolah oleh *browser* sehingga menjadi halaman-halaman *web* yang menarik dan mudah digunakan.

3.1.3 Desain Hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*)

Pada penelitian ini menggunakan prototype hidroponik *NFT*. Gambaran hidroponik *NFT* akan dibuat seperti pada gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 3 Rangkaian Hidroponik NFT

Alat dan bahan yang perlu disiapkan untuk membuat instalasi hidroponik NFT ini sebagai berikut:

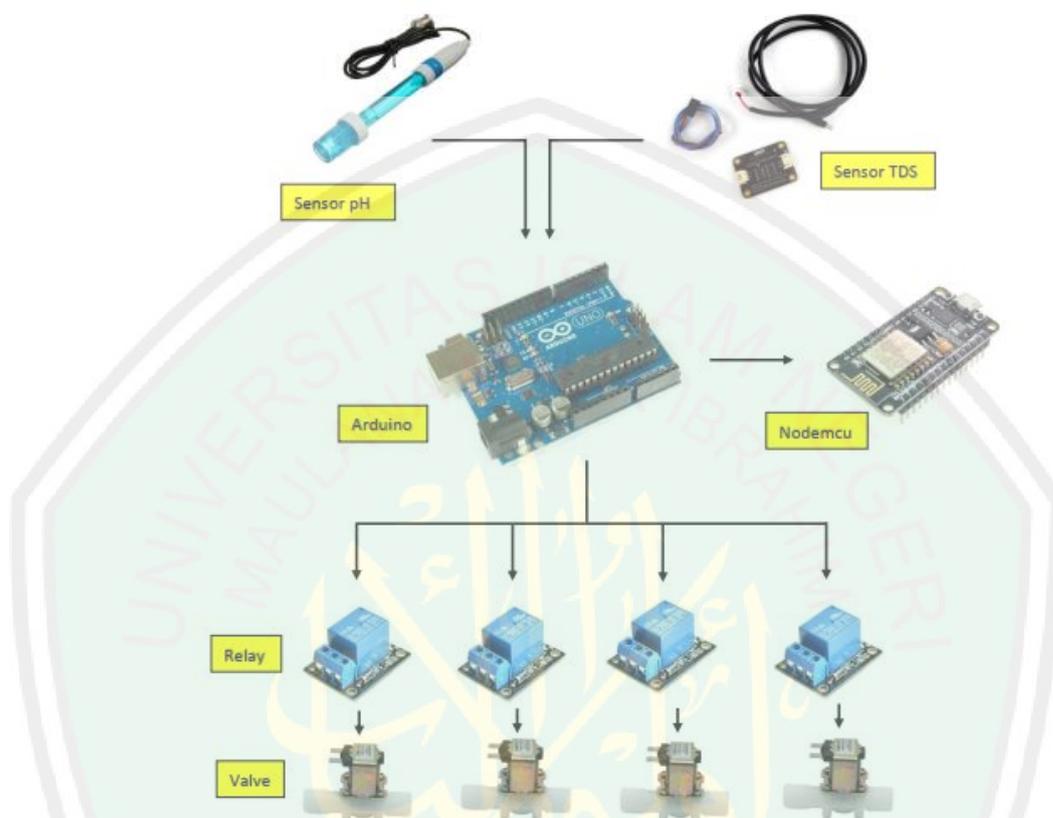
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Hidroponik NFT

No.	Alat dan Bahan
1	<i>Gully</i>
2	<i>Rockwool</i>
3	Selang
4	Pompa Air
5	Bak Nutrisi (Wadah)
6	Pipa
7	Netpot

Cara kerja sistem NFT ini dengan mengalirkan larutan nutrisi yang dangkal, setipis lapisan *film* (0,5 mm), secara terus menerus (berulang) dengan menggunakan pompa. Tanaman ditumbuhkan pada potongan *rockwool* atau spons setebal $\pm 5-7$ cm kemudian ditegakkan dalam lubang *gully*. Tanaman dapat pula ditumbuhkan pada potongan *rockwool* atau spons berukuran kecil (2 x 2 x 2 cm), yang dimasukkan ke dalam pot kecil (*netpot*), kemudia *netpot* dimasukkan ke dalam lubang-lubang *gully*. *Rockwol* dan *netpot* harus menyentuh aliran nutrisi yang mengalir dalam *gully* supaya akar tanaman dapat menyerap hara mineral yang dibuthkan untuk pertumbuhan tanaman.

3.1.4 Desain Rangkaian Elektronik

Rangkaian elektronik pada penelitian ini membutuhkan beberapa komponen. Gambaran rangkaian elektronik terdapat pada gambar 3.3 berikut.



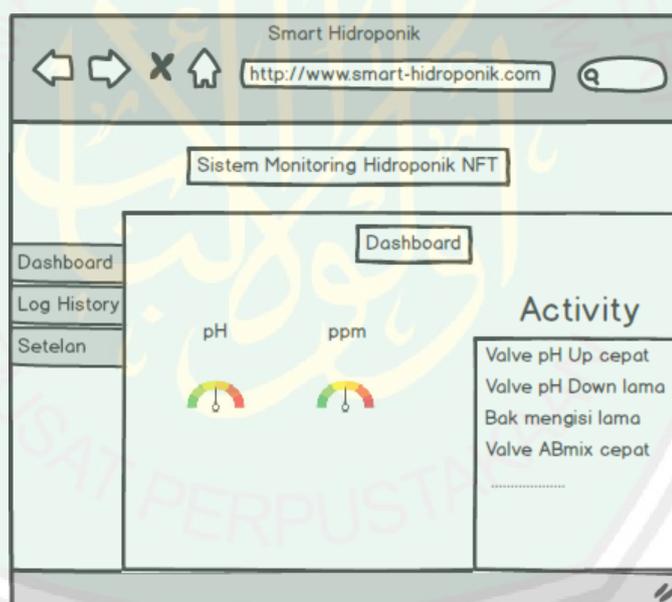
Gambar 3. 4 Desain Rangkaian Elektronik

Berdasarkan gambar rangkaian di atas, sensor yang digunakan 3 macam sensor yaitu sensor DFRobot pH meter, sensor TDS dan sensor Ultrasonik. Ketiga sensor tersebut akan diletakkan pada bak nutrisi hidroponik yang memiliki nilai pH tertentu dan disekitar tempat tanaman hidroponik. Sensor TDS digunakan untuk mendapatkan nilai TDS larutan pada bak nutrisi. Sensor Ultrasonik berfungsi sebagai mendeteksi jarak atau tinggi air pada bak nutrisi. Sedangkan sensor DFRobot pH meter digunakan sebagai pendeteksi nilai pH pada nutrisi dalam bak.

Ketiga sensor itu akan memberikan data pada NodeMCU dan kemudian NodeMCU akan mengirimkan pada mesin otak utama yaitu Arduino. Disini data akan dihitung menggunakan logika *fuzzy* untuk mendapatkan output. Setelah data diproses dalam raspberry menggunakan logiak *fuzzy* kemudian outputnya akan dikirimkan ke *solenoid valve* berupa seberapa lama waktu nyala katup mengeluarkan cairan asam, basa, ab mix dan juga air.

3.1.5 *Prototype Aplikasi Web*

Desain aplikasi berbasis dirancang untuk memudahkan pembuatan aplikasi yang berjalan berdasarkan kebutuhan sistem. Berikut adalah *prototype* dari aplikasi monitoring pada hidroponik tanaman cabai berbasis *web*.



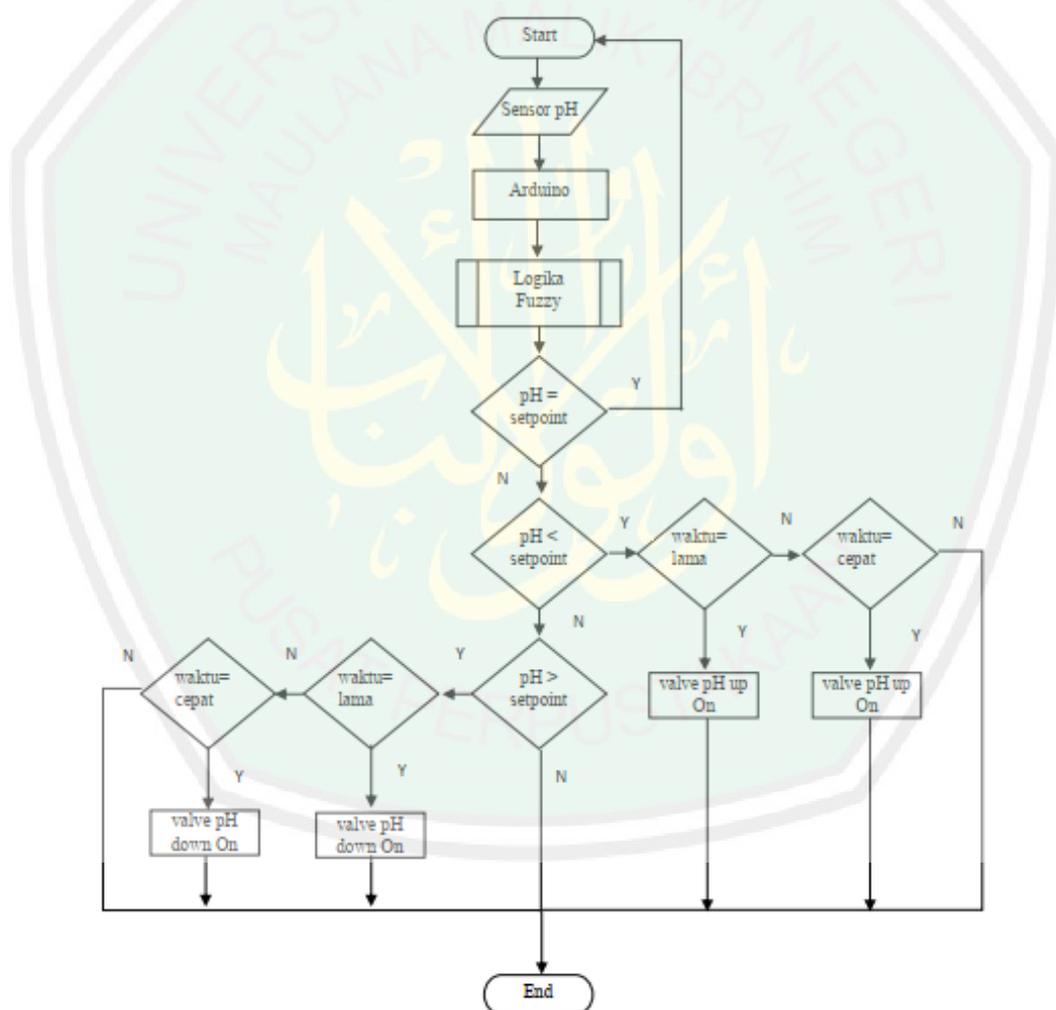
Gambar 3. 5 *Prototype Aplikasi Web*

Aplikasi Monitoring berbasis *web* nantinya akan dibuat secara *real time*. Sistem Monitoring dan Kontrol ini dapat digunakan oleh pembudidaya tanaman hidroponik khususnya tanaman cabai di wilayah tropis seperti Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan khususnya pulau Jawa. Sistem monitoring ini dibuat

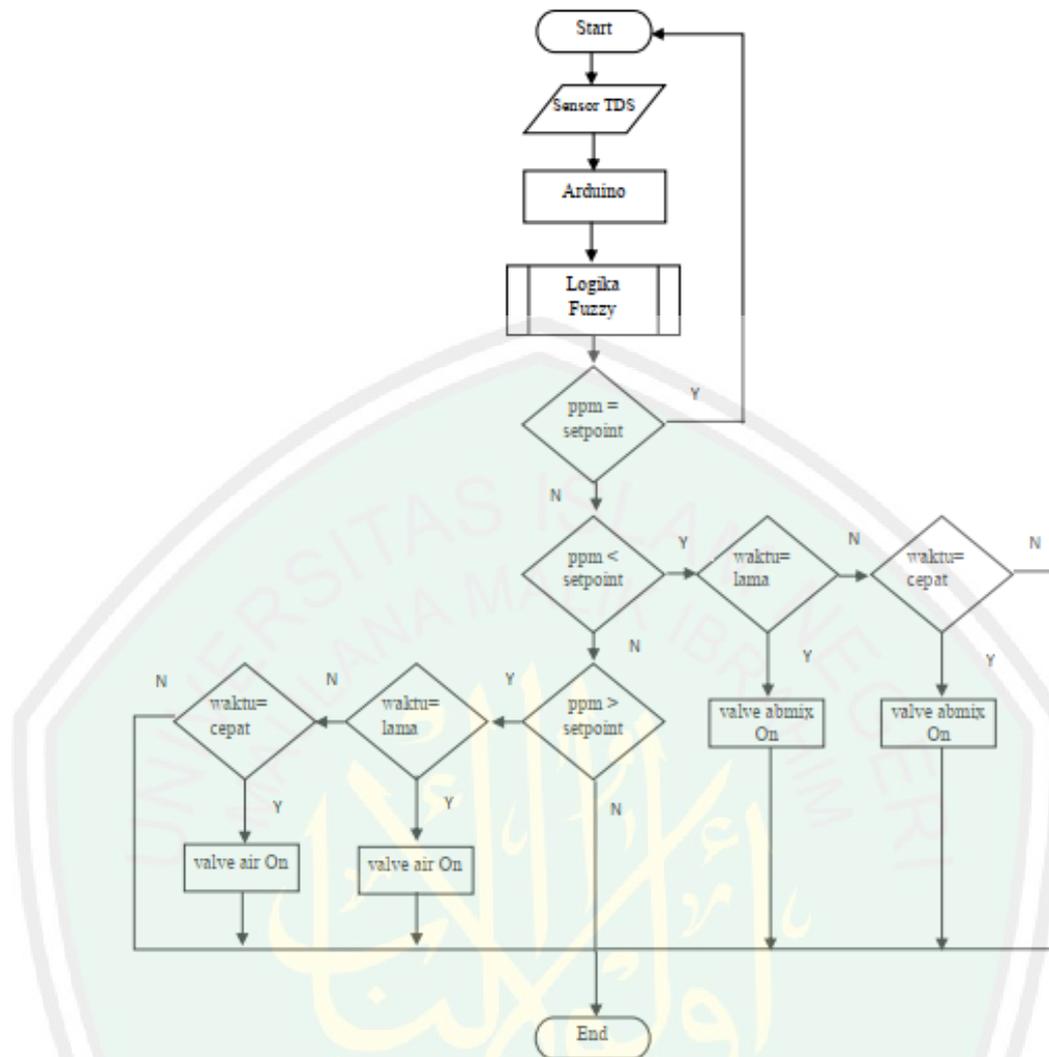
user friendly sehingga dapat mudah dipahami dan dibaca oleh semua kalangan pembudidaya.

3.2 Implementasi Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* pada penelitian ini digunakan sebagai penentu nilai outputan yang akan dihasilkan. Pada sistem kontrol dan monitoring yang akan dibuat terdapat 2 variabel sebagai penentu outputan berdasarkan perhitungan logika fuzzy, yaitu pH dan TDS/ppm.



Gambar 3. 6 Alur Kontrol pH



Gambar 3. 7 Alur Kontrol TDS (ppm)

Logika *Fuzzy* secara umum terdiri dari tiga proses utama yaitu fuzzifikasi, pengambilan keputusan (inferensi), dan defuzzifikasi. Pada himpunan *fuzzy*, elemen-elemennya memiliki nilai derajat keanggotaan sehingga nilai pada himpunan tidak sepenuhnya benar atau salah. Derajat keanggotaan ini mengambil nilai pada *interval* antara 0 - 1.

Pengontrolan pH dan TDS/ppm merupakan hal yang penting dalam budidaya tanaman hidroponik. Nilai pH dan ppm dapat mempengaruhi kelarutan nutrisi dan ketersediaan nutrisi pada tanaman. Pada penelitian ini bertujuan untuk

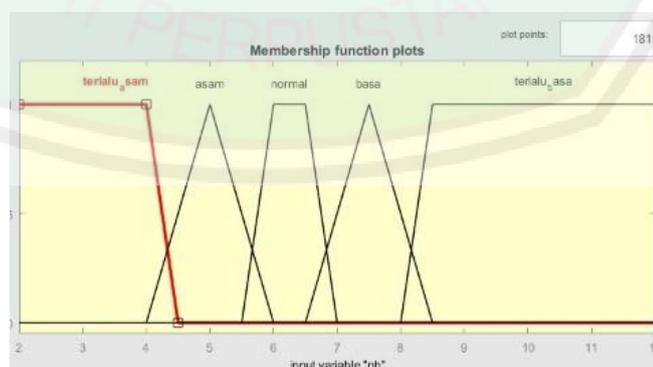
mempertahankan nilai pH dan ppm pada larutan nutrisi tanaman hidroponik agar tanaman mampu menyerap nutrisi dengan baik.

3.2.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses pemetaan nilai tegas dari masukan menjadi himpunan *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan. Data pH dan ppm didapatkan dari pembacaan data pada sensor pH dan TDS. Inputan pH dan ppm dibagi menjadi 5 fungsi keanggotaan. Pada fungsi keanggotaan output terdiri dari durasi waktu nyala larutan asam, basa, AB mix dan air dengan parameter Cepat dan Lama.

a) Variabel pH

Variabel pH dibuat dengan range 0 sampai 14. Nilai pH ini diperoleh dari hasil pembacaan dari sensor pH. Parameter yang digunakan dibagi menjadi lima bagian berdasarkan penelitian sebelumnya, Rancang Bangun Sistem Pengendalian Nutrisi Air Hidroponik dengan metode Logika Fuzzy oleh Miftah Farid (2017), yaitu: Terlalu Asam, Asam, Normal, Basa dan Terlalu Basa. Adapun gambar di bawah ini merepresentasikan nilai untuk fungsi keanggotaan *input* pH.



Gambar 3. 8 Fungsi Keanggoaan *Input* pH

Berdasarkan pada gambar diatas, dapat dijelaskan sebagai berikut:

	1 ;	$x \leq 4$
Terlalu Asam	$\frac{4,5 - x}{4,5 - 4}$	$4 \leq x \leq 4,5$
	0 ;	$x \geq 4,5$
Asam	0	$x \leq 4$ atau $x \geq 6$
	$\frac{x - 4}{5 - 4}$	$4 \leq x \leq 4,5$
Normal	$\frac{6 - x}{6 - 5}$	$5 \leq x \leq 6$
	0 ;	$x \leq 5,5$ atau $x \geq 7$
	$\frac{x - 5,5}{6 - 5,5}$	$5,5 \leq x \leq 6$
	1 ;	$6 \leq x \leq 6,5$
Basa	$\frac{7 - x}{7 - 6,5}$	$6,5 \leq x \leq 7$
	0 ;	$x \leq 6,5$ atau $x \geq 8,5$
	$\frac{x - 6,5}{7,5 - 6,5}$	$6,5 \leq x \leq 7,5$
Terlalu Basa	$\frac{8,5 - x}{8,5 - 7,5}$	$7,5 \leq x \leq 8,5$
	0 ;	$x \leq 8$
	$\frac{x - 8,5}{8,5 - 8}$	$8 \leq x \leq 8,5$
	1 ;	$x \geq 8,5$

Contoh nilai pH menunjukkan nilai = 4,2, jika kita kalkulasikan secara manual maka akan diperoleh seperti berikut ini:

$$\mu_{\text{Terlalu Asam}} = \frac{d-x}{d-c} = \frac{4,5-4,2}{4,5-4} = 0,6$$

$$\mu_{\text{Asam}} = \frac{x-a}{b-a} = \frac{4,2-4}{5-4} = 0,2$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa pH 4,2 memiliki derajat keanggotaan sebesar 0,6 pada fungsi keanggotaan Terlalu Asam dan 0,2 pada fungsi keanggotaan Asam.

b) Variabel TDS/ppm

Variabel ppm dibuat dengan range 800 sampai 1900. Nilai ppm ini diperoleh dari hasil pembacaan sensor TDS. Parameter yang digunakan

dibagi menjadi lima bagian berdasarkan penelitian sebelumnya, Rancang Bangun Sistem Pengendalian Nutrisi Air Hidroponik dengan metode Logika Fuzzy oleh Miftah Farid (2017), yaitu: Terlalu Rendah, Rendah, Normal, Tinggi dan Terlalu Tinggi. Adapun gambar di bawah ini merepresentasikan nilai untuk fungsi keanggotaan *input* ppm.



Gambar 3.9 Fungsi Keanggotaan input ppm

Pada gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

Terlalu Rendah	1 ;	$x \leq 1050$
	$\frac{1150 - x}{1150 - 1050}$;	$1050 \leq x \leq 1150$
Rendah	0 ;	$x \geq 1150$
	$\frac{x - 1050}{1150 - 1050}$;	$1050 \leq x \leq 1150$
Normal	0 ;	$x \leq 1050$ atau $x \geq 1260$
	$\frac{x - 1200}{1260 - 1200}$;	$1200 \leq x \leq 1260$
Tinggi	1 ;	$1260 \leq x \leq 1540$
	$\frac{1600 - x}{1600 - 1540}$;	$1540 \leq x \leq 1600$
Terlalu Tinggi	0 ;	$x \leq 1540$ atau $x \geq 1750$
	$\frac{x - 1540}{1750 - 1540}$;	$1540 \leq x \leq 1650$
	0 ;	$x \leq 1650$

$$\frac{x - 1650}{1750 - 1650} ; \quad 1650 \leq x \leq 1750$$

$$1 ; \quad x \geq 1750$$

Contoh nilai TDS/ppm menunjukkan nilai = 1100, jika kita kalkulasikan secara manual maka akan diperoleh seperti berikut ini:

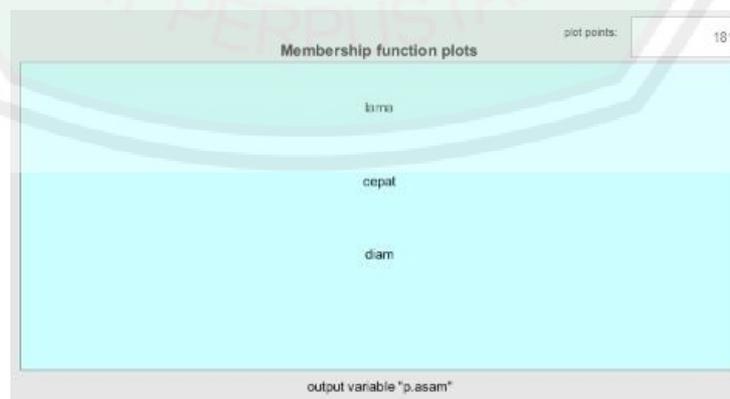
$$\mu_{\text{TerlaluRendah}} = \frac{d-x}{d-c} = \frac{1150-1100}{1150-1050} = 0,5$$

$$\mu_{\text{Rendah}} = \frac{x-a}{b-a} = \frac{1100-1050}{1150-1050} = 0,5$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa TDS/ppm 410 memiliki derajat keanggotaan sebesar 0,5 pada fungsi keanggotaan Terlalu Rendah dan 0,5 pada fungsi keanggotaan Rendah.

c) Variabel Waktu Katup Asam

Variabel waktu pada katup asam (durasi) merupakan output/hasil dari perhitungan variabel pH dan ppm. Variabel waktu memiliki 3 parameter yaitu Mati, Cepat dan Lama dengan masing-masing memiliki nilai 0 detik, 10 detik, 25 detik. Lama waku katup solenoid terbuka menentukan seberapa banyak cairan asam yang dikeluarkan. Adapun pada gambar dibawah himpunan output pada Katup Asam.



Gambar 3. 10 Fungsi Keanggotaan Output Katup Asam

d) Variabel Waktu Katup Basa

Variabel waktu pada katup basa (durasi) merupakan output/hasil dari perhitungan variabel pH dan ppm. Variabel waktu memiliki 3 parameter yaitu Mati, Cepat dan Lama dengan masing-masing memiliki nilai 0 detik, 10 detik, 25 detik. Lama waku katup solenoid terbuka menentukan seberapa banyak cairan basa yang dikeluarkan. Adapun pada gambar dibawah himpunan output pada Katup Basa.



Gambar 3. 11 Fungsi Keanggotaan Output Katup Basa

e) Variabel Waktu Katup AB mix

Variabel waktu pada katup ab mix (durasi) merupakan output/hasil dari perhitungan variabel pH dan ppm. Variabel waktu memiliki 3 parameter yaitu Mati, Cepat dan Lama dengan masing-masing memiliki nilai 0 detik, 17 detik, 24 detik. Lama waku katup solenoid terbuka menentukan seberapa banyak cairan ab mix yang dikeluarkan. Adapun pada gambar dibawah himpunan output pada Katup AB mix.



Gambar 3. 12 Fungsi Keanggotaan Output Katup Abmix

f) Variabel Waktu Katup Air

Variabel waktu pada katup air (durasi) merupakan output/hasil dari perhitungan variabel pH dan ppm. Variabel waktu memiliki 3 parameter yaitu Mati, Cepat dan Lama dengan masing-masing memiliki nilai 0 detik, 10 detik, 25 detik. Lama waktu katup solenoid terbuka menentukan seberapa banyak air yang dikeluarkan. Adapun pada gambar dibawah himpunan output pada Katup Air.



Gambar 3. 13 Fungsi Keanggotaan Output Katup Air

3.2.2 Inferensi (*Rule Base*)

Inferensi merupakan sistem pengambilan keputusan pada konsep logika *fuzzy*. Dimana derajat keanggotaan yang dihasilkan dari proses sebelumnya digabungkan berdasarkan aturan tertentu. Kemudian, kaidah-kaidah yang aktif dipotongkan ke himpunan kesimpulan. Untuk *rule base* yang diterapkan pada sistem ini mengikuti Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 *Rule Base*

pH/PPM	Terlalu Rendah	Rendah	Normal	Tinggi	Terlalu Tinggi
Terlalu Asam	MLLM	MLCM	MLMM	MLMC	MLML
Asam	MCLM	MCCM	MCMM	MCMC	MCML
Normal	MMLM	MMCM	MMMM	MMMC	MMML
Basa	CMLM	CMCM	CMMM	CMMC	CMML
Terlalu Basa	LMLM	LMCM	LMMM	LMMC	LMML

Keterangan:

M = Mati C = Cepat L = Lama

Berdasarkan Tabel *Rule Base* diatas, dapat dijabarkan *rule* yang akan digunakan dalam pengerjaan proyek akhir ini , diantaranya:

1. Jika pH terlalu Asam dan PPM air terlalu rendah, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (L) lama dan katup cairan AB mix (L) lama dan katup air (M) mati.
2. Jika pH terlalu Asam dan PPM air rendah, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (L) lama dan katup cairan AB mix (C) cepat dan katup air (M) mati.

3. Jika pH terlalu Asam dan PPM air normal, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (L) lama dan katup cairan AB mix (M) mati dan katup air (M) mati.
4. Jika pH terlalu Asam dan PPM air terlalu tinggi, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (L) lama dan katup cairan AB mix (M) mati dan katup air (C) cepat.
5. Jika pH terlalu Asam dan PPM air terlalu tinggi, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (L) lama dan katup cairan AB mix (M) mati dan katup air (L) cepat.
6. Jika pH Asam dan PPM air terlalu rendah, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (C) cepat dan katup cairan AB mix (L) lama dan katup air (M) mati.
7. Jika pH Asam dan PPM air rendah, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (C) cepat dan katup cairan AB mix (C) cepat dan katup air (M) mati.
8. Jika pH Asam dan PPM air normal, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (C) cepat dan katup cairan AB mix (M) mati dan katup air (M) mati.
9. Jika pH Asam dan PPM air tinggi, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (C) cepat dan katup cairan AB mix (M) mati dan katup air (C) cepat.
10. Jika pH Asam dan PPM air terlalu tinggi, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (C) cepat dan katup cairan AB mix (M) mati dan katup air (L) lama.

11. Jika pH Normal dan PPM air terlalu rendah, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (L) lama dan katup air (M) mati.
12. Jika pH Normal dan PPM air rendah, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (C) cepat dan katup air (M) mati.
13. Jika pH Normal dan PPM air normal, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (M) Mati dan katup air (M) mati.
14. Jika pH Normal dan PPM air tinggi, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (L) lama dan katup air (M) mati.
15. Jika pH Normal dan PPM air terlalu tinggi, maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (L) lama dan katup air (L) lama.
16. Jika pH basa dan PPM air terlalu rendah, maka katup cairan asam (C) cepat dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (L) lama dan katup air (M) mati.
17. Jika pH basa dan PPM air rendah, maka katup cairan asam (C) cepat dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (C) cepat dan katup air (M) mati.
18. Jika pH basa dan PPM air normal, maka katup cairan asam (C) cepat dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (M) mati dan katup air (M) mati.

19. Jika pH basa dan PPM air tinggi, maka katup cairan asam (C) cepat dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (M) mati dan katup air (C) cepat.
20. Jika pH basa dan PPM air terlalu tinggi, maka katup cairan asam (C) cepat dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (M) mati dan katup air (L) lama.
21. Jika pH terlalu basa dan PPM air terlalu rendah, maka katup cairan asam (L) lama dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (L) lama dan katup air (M) mati.
22. Jika pH terlalu basa dan PPM air rendah, maka katup cairan asam (L) lama dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (C) cepat dan katup air (M) mati.
23. Jika pH terlalu basa dan PPM air normal, maka katup cairan asam (L) lama dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (M) mati dan katup air (M) mati.
24. Jika pH terlalu basa dan PPM air tinggi, maka katup cairan asam (L) lama dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (M) mati dan katup air (C) cepat.
25. Jika pH terlalu basa dan PPM air terlalu tinggi, maka katup cairan asam (L) lama dan katup cairan basa (M) mati dan katup cairan AB mix (M) mati dan katup air (L) lama.

Pada perhitungan sebelumnya didapatkan *rule* sebagai berikut.

Terlalu asam \cap terlalu rendah $\min\mu(0,6 \cap 0,5) = 0,5$

Jika pH terlalu Asam dan PPM air terlalu rendah, maka pompa cairan asam (M) mati dan pompa cairan basa (L) lama dan pompa cairan AB mix (L) lama dan pompa air (M) mati.

$$\text{Terlalu asam} \cap \text{rendah} \min\mu(0,6 \cap 0,5) = 0,5$$

Jika pH terlalu Asam dan PPM air rendah, maka pompa cairan asam (M) mati dan pompa cairan basa (L) lama dan pompa cairan AB mix (C) cepat dan pompa air (M) mati.

$$\text{Asam} \cap \text{terlalu rendah} \min\mu(0,2 \cap 0,5) = 0,2$$

Jika pH Asam dan PPM air terlalu rendah, maka pompa cairan asam (M) mati dan pompa cairan basa (C) cepat dan pompa cairan AB mix (L) lama dan pompa air (M) mati.

$$\text{Asam} \cap \text{rendah} \min\mu(0,2 \cap 0,5) = 0,2$$

Jika pH Asam dan PPM air rendah, maka pompa cairan asam (M) mati dan pompa cairan basa (C) cepat dan pompa cairan AB mix (C) cepat dan pompa air (M) mati.

3.2.3 Defuzzifikasi

Pada defuzzifikasi digunakan metode *Weighted of Average*. Metode ini mengambil rata-rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan. Rumus untuk *Weighted of Average* sebagai berikut.

$$Y = \sum \frac{\mu(y)y}{\mu(y)}, \text{ dimana } y \text{ adalah nilai crisp dan } \mu(y) \text{ adalah derajat keanggotaan } y.$$

Dari hasil perhitungan sebelumnya maka didapatkan nilai *Weighted of Average*.

Output Pompa Asam:

$$Y = \frac{(0,5 \times 0) + (0,5 \times 0) + (0,2 \times 0) + (0,2 \times 0)}{0,5 + 0,5 + 0,2 + 0,2} = 0 \text{ detik}$$

Maka solenoid asam tidak menyala.

Output Pompa Basa:

$$Y = \frac{(0,5 \times 25) + (0,5 \times 25) + (0,2 \times 10) + (0,2 \times 10)}{0,5 + 0,5 + 0,2 + 0,2} = 20,71 \text{ detik}$$

Maka solenoid basa menyala selama 20,71 detik.

Output Pompa AB mix:

$$Y = \frac{(0,5 \times 24) + (0,5 \times 17) + (0,2 \times 24) + (0,2 \times 17)}{0,5 + 0,5 + 0,2 + 0,2} = 20,5 \text{ detik}$$

Maka solenoid ab mix menyala selama 20,5 detik.

Output Pompa Air:

$$Y = \frac{(0,5 \times 0) + (0,5 \times 0) + (0,2 \times 0) + (0,2 \times 0)}{0,5 + 0,5 + 0,2 + 0,2} = 0 \text{ detik}$$

Maka katup solenoid asam tidak menyala.

Sehingga dapat disimpulkan, dengan nilai input ph = 4,2 dan TDS = 1100 ppm maka didapatkan output katup basa menyala selama 20,71 detik sedangkan katup ab mix menyala 20,5 detik.

3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian menjelaskan langkah-langkah apa saja dalam pelaksanaan penelitian sehingga mempermudah peneliti dalam melakukan penelitian mulai dari penanaman cabai sampai perencanaan uji coba pada sistem.

3.3.1 Penanaman Cabai

Penanaman cabai dimulai dengan menanam dari benih cabai (Penyemaian). Setelah pembibitan kurang lebih 4 minggu, bibit cabai dipindahkan ke instalasi hidroponik NFT yang telah dibuat. Alternatif lain jika dari benih tidak tumbuh dengan baik dengan cara penanaman cabai dimulai dari bibit cabai umur kurang lebih 1 bulan yang berawal dari tanah kemudian dibersihkan tanahnya lalu

dipindah ke dalam *gully* NFT. Pada *gully* NFT ini akan terus mengalirkan aliran nutrisi ke dalam *gully* sehingga menyentuh akar dari tanaman cabai tersebut. Perlu diperhatikan pada aliran listrik yang digunakan jika terjadi pemadaman maka pompa nutrisi akan mati sehingga cabai tidak teraliri oleh air nutrisi yang dapat mengakibatkan tanaman layu. Tempat penanaman cabai dilakukan di ruang terbuka tapi tidak langsung terkena sinar matahari.

3.3.2 Pengambilan Data

Data yang diambil dan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa data pH dan TDS. Data pH dan TDS dari sensor kemudian dihitung menggunakan logika *fuzzy*.

3.3.3 Rencana Uji Coba

Pengujian pertama yang dilakukan yaitu pengujian kalibrasi sensor pH dan TDS. Dimana peneliti ingin membandingkan nilai berdasarkan pembacaan sensor pH dan TDS dengan pH dan TDS Meter untuk membandingkan nilai pH dan TDS nutrisi. Tabel berikut merupakan tabel pengujian kalibrasi sensor pH dan TDS.

Tabel 3. 3 Rancangan Kalibrasi Sensor pH

No.	Jenis Cairan	Sensor pH	pH Meter	Error (%)
1.				
2.				
Rata-rata Error				

Tabel 3. 4 Rancangan Kalibrasi Sensor TDS

No.	Jenis Cairan	Sensor TDS	TDS Meter	Error (%)
1.				
2.				
Rata-rata Error				

Pengujian untuk mengetahui metode logika *fuzzy* yang digunakan sudah bekerja dengan baik atau tidak maka diperlukan membandingkan antara perhitungan menggunakan matlab dan juga perhitungan secara manual. Hasil dari perhitungan matlab akan dibandingkan dengan perhitungan secara manual sehingga dapat didapat presentase *error* dari sistem. Dari hasil presentase *error* nantinya dapat mengetahui seberapa akuratnya sistem bekerja. Berikut merupakan tabel untuk melakukan pengujian Logika *Fuzzy*.

Tabel 3. 5 Rancangan Pengujian Logika Fuzzy

No.	Input		Output		Error (%)
	pH	TDS	Matlab	Manual	
1.					
2.					

BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Pada penelitian ini pengujian dilakukan pengujian alat dan pengujian pada sistem. Pengujian alat dengan membandingkan hasil berdasarkan alat manual dengan sensor yang akan digunakan sedangkan pengujian system membandingkan perhitungan pada sistem atau mikrokontroller dengan perhitungan Matlab. Tujuan utama pengujian alat dan sistem ini adalah untuk memastikan apakah alat dan system yang dibuat berfungsi dengan baik. Hasil dari pengujian akan diproses ke dalam *Microsoft Excel* yang kemudian akan didapatkan nilai *error*nya (kesalahan).

4.4.1 Kalibrasi Sensor pH (pH Sensor Module V.1.1 with MSP340)

Pengujian sensor pH menggunakan sensor pH ini akan dibandingkan dengan alat manual pembacaan pH yaitu pH Meter. Berikut data dari hasil pengujian dengan menggunakan 10 larutan yang berbeda-beda.

Tabel 4. 1 Kalibrasi pH sensor

No.	Jenis Cairan	Sensor pH	pH Meter	Error (%)
1.	Air Cuka	2,23	2,1	6,19
2.	Air Minuman (Floridina)	3,47	3,3	5,15
3.	Lautan Buffer	4	3,9	2,54
4.	Air Garam	4,7	4,7	0
5.	Air hujan	7,05	7,1	0,70
6.	Air Sabun	7,31	7,3	0,14

7.	Air Sumur	7,89	7,9	0,13
8.	Air Kolam	7,94	7,9	0,51
9.	Air Aqua	8,03	8	0,37
10.	Air Soda	9	8,9	1,12
Rata-rata <i>Error</i> (%)				1,52%

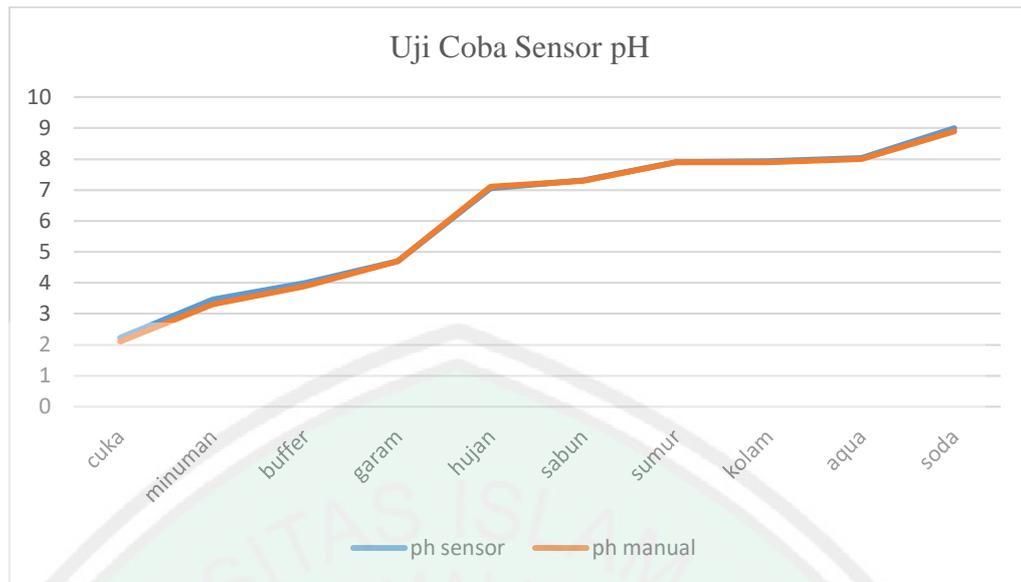
Dari data pada tabel diatas didapatkan nilai *error* atau kesalahan kedua alat dari rumus berikut.

$$Error = \frac{\text{Nilai Sensor pH} - \text{Nilai pH Meter}}{\text{Nilai pH Meter}} \times 100\%$$

Berikut perhitungan rata-rata *error* pada nilai pH diatas:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Error} &= \frac{\sum \text{Error}}{\sum \text{Uji Coba}} \\ &= \frac{15,22}{10} \\ &= 1,52\% \end{aligned}$$

Hasil dari pengujian sensor pH Module V.1.1 with MSP340 dengan pH Meter dengan 10 larutan berbeda mendapatkan nilai rata-rata *error* 1,52%.



Gambar 4. 1 Grafik Uji Coba Sensor pH

Pada data yang ditampilkan secara grafik menghasilkan persamaan dimana persamaan ini digunakan untuk mendapatkan nilai pH pada sensor pH yang sesuai. Sehingga persamaannya didapatkan sebagai berikut.

$$y = -0,154987046947314 + 1,01671325007259x \dots\dots\dots(1)$$

4.4.2 Kalibrasi Sensor TDS (Sensor TDS/SEN0244 Gravity Analog TDS)

Pengujian sensor pH menggunakan sensor TDS dari DF-Robot ini akan dibandingkan dengan alat manual pembacaan TDS yaitu TDS Meter. Berikut data dari hasil pengujian dengan pengujian 10 larutan dengan nilai ppm yang berbeda.

Tabel 4. 2 Kalibrasi TDS Sensor

No.	Jenis Cairan	Sensor TDS	TDS Meter	Error (%)
1.	Larutan 1	87	97	10,31
2.	Larutan 2	245	244	0,41
3.	Larutan 3	252	258	2,33
4.	Larutan 4	382	374	2,14

5.	Larutan 5	427	457	6,56
6.	Larutan 6	584	607	3,79
7.	Larutan 7	608	562	8,19
8.	Larutan 8	736	646	13,93
9.	Larutan 9	1020	840	21,43
10.	Larutan 10	1052	842	24,94
Rata-rata <i>Error</i> (%)				4,8%

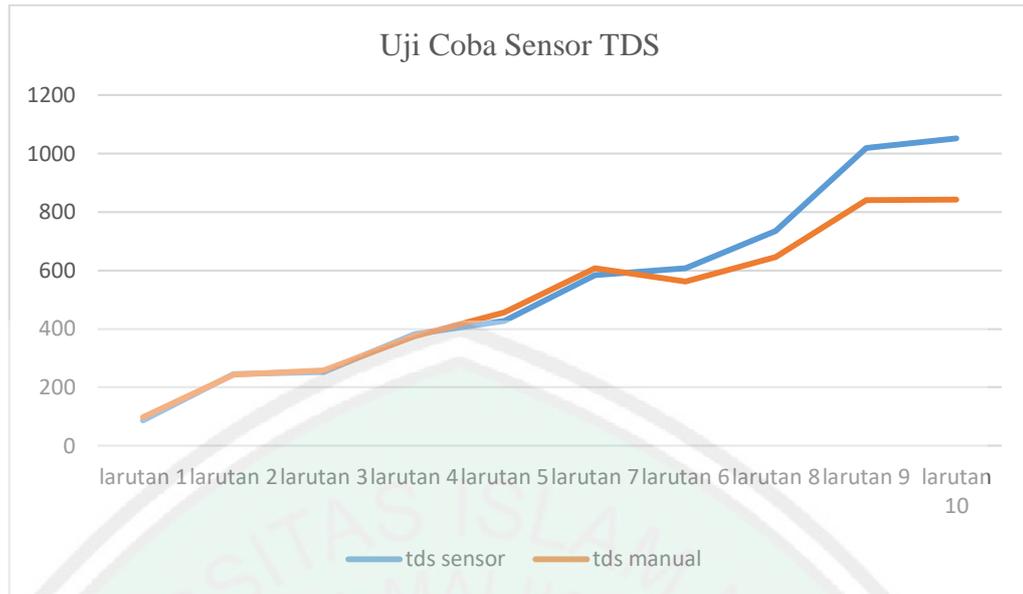
Dari data pada tabel diatas didapatkan nilai *error* atau kesalahan dari kedua alat dari rumus berikut.

$$Error = \frac{\text{Nilai Sensor TDS} - \text{Nilai TDS Meter}}{\text{Nilai TDS Meter}} \times 100\%$$

Berikut perhitungan rata-rata *error* pada nilai TDS diatas:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata } Error &= \frac{\sum Error}{\sum \text{Uji Coba}} \\ &= \frac{48,05}{10} \\ &= 4,8\% \end{aligned}$$

Hasil dari pengujian sensor TDS dengan TDS Meter menggunakan 10 larutan berbeda mendapatkan nilai rata-rata *error* 4,8%.



Gambar 4. 2 Gambar Grafik Sensor TDS

Pada data yang ditampilkan secara grafik menghasilkan persamaan dimana persamaan ini digunakan untuk mendapatkan nilai TDS pada sensor TDS yang sesuai. Sehingga persamaannya didapatkan sebagai berikut.

$$y = 79,42114374 + 0,7663246x \dots\dots\dots(2)$$

4.4.3 Pengujian Mikrokontroler dan Matlab

Dalam pengujian sistem dilakukan beberapa kali uji coba yang pertama pengambilan data sensor dilakukan 4 jam sekali dan untuk kontrol nutrisi (penambahan cairan) dilakukan sehari satu kali yang bekerja pada jam yang telah ditentukan. Namun dalam seminggu data yang didapat selisih antar nilai input kecil sehingga nilai cenderung stabil dengan demikian output yang keluar cenderung sama. Dan uji coba yang kedua dengan memberikan larutan asam, basa dan ab mix pada bak nutrisi untuk mendapatkan nilai yang berbeda sehingga bisa membandingkan hasil ke empat output *fuzzy* pada sistem dengan hasil output pada Matlab. Data dari pembacaan sensor pH dan sensor TDS akan dihitung

menggunakan logika *fuzzy* untuk menentukan seberapa lama solenoid asam, basa, AB mix dan air menyala ketika nilai pH dan nilai TDS tidak pada kondisi normal. Kemudian akan dibandingkan hasil perhitungan pada mikrokontroler (Arduino) dengan hasil perhitungan pada Matlab seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 3 Pengujian Mikrokontroler dengan Matlab untuk Output Katup Asam

No.	Input		Output		Error (%)
			Katup Asam		
	pH	TDS	Mikrokontroler	MATLAB	
1.	11,99	1315	125	125	0
2.	6,35	800	0	0	0
3.	7,37	800	50	50	0
4.	5,64	931	0	0	0
5.	5,6	1815	0	0	0
6.	6,52	1555	2,42	1,02	57,8
7.	6,46	1546	0	0	0
8.	6,33	1451	0	0	0
9.	8,45	1481	120,71	121	0,24
10.	6,67	1234	14,98	10,2	31,9
Rata-rata <i>Error</i> (%)					8,99

Tabel 4. 4 Pengujian Mikrokontroller dengan Matlab untuk Output Katup Basa

No.	Input		Output		Error (%)
			Katup Basa		
	pH	TDS	Mikrokontroller	MATLAB	
1.	11,99	1315	0	0	0
2.	6,35	800	0	0	0
3.	7,37	800	0	0	0
4.	5,64	931	28,01	28,1	0,32
5.	5,6	1815	33,68	33,3	1,13
6.	6,52	1555	0	0	0
7.	6,46	1546	0	0	0
8.	6,33	1451	0	0	0
9.	8,45	1481	0	0	0
10.	6,67	1234	0	0	0
Rata-rata <i>Error</i> (%)					0,14

Tabel 4. 5 Pengujian Mikrokontroller dengan Matlab untuk Output Katup AB mix

No.	Input		Output		Error (%)
			Katup AB mix		
	pH	TDS	Mikrokontroller	MATLAB	
1.	11,99	1315	0	0	0
2.	6,35	800	70	70	0
3.	7,37	800	70	70	0
4.	5,64	931	70	70	0

5.	5,6	1815	0	0	0
6.	6,52	1555	0	0	0
7.	6,46	1546	0	0	0
8.	6,33	1451	0	0	0
9.	8,45	1481	0	0	0
10.	6,67	1234	10,68	8,83	17,32
Rata-rata <i>Error</i> (%)					0,17

Tabel 4. 6 Pengujian Mikrokontroller dengan Matlab untuk Output Katup Air

No.	Input		Output		<i>Error</i> (%)
	pH	TDS	Katup Air		
			Mikrokontroller	MATLAB	
1.	11,99	1315	0	0	0
2.	6,35	800	0	0	0
3.	7,37	800	0	0	0
4.	5,64	931	0	0	0
5.	5,6	1815	3000	3000	0
6.	6,52	1555	272,99	246	9,89
7.	6,46	1546	91,43	91,4	0,03
8.	6,33	1451	0	0	0
9.	8,45	1481	0	0	0
10.	6,67	1234	0	0	0
Rata-rata <i>Error</i> (%)					0,99

Dari data pada tabel diatas didapatkan nilai error atau nilai perbedaan dari hasil perhitungan mikrokontroller dengan perhitungan Matlab.

$$Error = \frac{\text{Nilai Matlab} - \text{Nilai Mikrokontroller}}{\text{Nilai Mikrokontroller}} \times 100\%$$

Berikut perhitungan rata-rata *error* pada nilai TDS diatas:

$$\text{Rata-rata Error} = \frac{\sum \text{Error}}{\sum \text{Uji Coba}}$$

Hasil dari uji coba mikrokontroller dengan Matlab yang telah diambil 10 data percobaan mendapatkan nilai rata-rata *error* 8,99% untuk Katup Asam, 0,14 untuk Katup Basa, 0,17% untuk Katup ABmix dan 0,99% untuk Katup Air.

4.2 Pembahasan

Pada pembahasan ini akan menjelaskan perhitungan logika *fuzzy* berdasarkan Matlab dan algoritma logika *fuzzy* pada mikrokontroller Arduino serta hasil pembuatan sistem *hardware* dan *software*.

4.2.1 Perhitungan *Fuzzy* pada Matlab

Software untuk perhitungan Logika *Fuzzy* menggunakan Matlab R2010a. Langkah-langkah perhitungan logika *fuzzy* pada Matlab, pertama buka *software* Matlab kemudian akan muncul *Command Window* lalu ketik *fuzzy* dan *enter* untuk membuka *Window fuzzy* pada Matlab. Setelah muncul *window* untuk *fuzzy setting* himpunan input dan output yang akan digunakan pada penelitian.

Contoh perhitungan menggunakan data ke-4 dari hasil uji percobaan yang didapatkan nilai pH 5,64 dan TDS 931 ppm. Perhitungan nilai keanggotaan pH dapat dilihat dibawah ini.

Perhitungan nilai keanggotaan pH asam sebagai berikut.

$$\mu_{\text{pH Asam}} = \frac{c-x}{c-b}$$

$$= \frac{6-5,64}{6-5}$$

$$= 0,36$$

$$\mu_{\text{pH Netral}} = \frac{x-a}{b-a}$$

$$= \frac{5,64-5,5}{6-5,5}$$

$$= 0,28$$

Perhitungan nilai keanggotaan pH asam sebagai berikut.

$\mu_{\text{TDS Terlalu Rendah}} = 1$

Setelah mendapatkan nilai μ untuk masing-masing keanggotaan kemudian dilakukan perbandingan dengan cara mencari nilai min dengan fungsi MIN di setiap rule.

Tabel 4. 7 Perhitungan *Rule*

pH	TDS	Nilai MIN tiap rule
Asam = 0,36	Terlalu Rendah = 1	Aturan 6 = 0,36
Netral = 0,28		Aturan 11 = 0,28

Langkah selanjutnya adalah proses defuzifikasi dengan menggunakan metode *Weighted of Average* yaitu metode yang mengambil nilai rata-rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan sebagai berikut.

$$\text{Defuzifikasi (WoA)} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{rule}(i)(\mu_{\text{rule}(i)})}{\sum_{i=1}^n \text{rule}(i)}$$

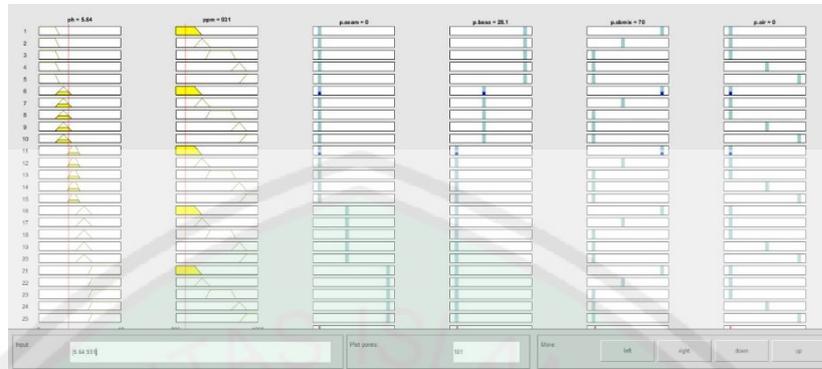
$$\text{WoA(katup asam)} = \frac{(0,36 \times 0) + (0,28 \times 0)}{0,36 + 0,28} = 0 \text{ detik (Mati)}$$

$$\text{WoA(katup basa)} = \frac{(0,36 \times 50) + (0,28 \times 0)}{0,36 + 0,28} = 28,125 \text{ detik (Nyala Cepat)}$$

$$\text{WoA(katup ab mix)} = \frac{(0,36 \times 70) + (0,28 \times 70)}{0,36 + 0,28} = 70 \text{ detik (Nyala Lama)}$$

$$WoA(\text{katup air}) = \frac{(0,36 \times 0) + (0,28 \times 0)}{0,36 + 0,28} = 0 \text{ detik (Mati)}$$

Berikut pembuktian hasil perhitungan menggunakan Matlab.



Gambar 4. 3 Pembuktian Perhitungan Matlab

Perhitungan dengan inputan nilai pH 5,64 dan nilai TDS 931 ppm didapatkan hasil akhir yaitu untuk lama waktu katup asam menyala selama 0 detik, katup basa 28,1 detik, katup ab mix 70 detik dan katup air 0 detik.

4.2.2 Algoritma *Fuzzy* pada Mikrokontroler (Arduino)

Langkah pertama, mencari nilai fuzzifikasi dari tiap inputan. Nilai fuzzifikasi diatas didapatkan dari hasil perhitungan fuzzifikasi dengan *source code* sebagai berikut.

Source code fuzzifikasi pH:

```
// ===== Membership =====
// 1. Sensor pH
member_ph = 0;
sensor_ph2(a=0, b=2, c=4, d=4.5);
terlalu_asam = member_ph;
sensor_ph1(a=4, b=5, c=6);
asam = member_ph;
sensor_ph2(a=5.5, b=6, c=6.5, d=7);
netral = member_ph;
sensor_ph1(a=6.5, b=7.5, c=8.5);
basa = member_ph;
sensor_ph2(a=8, b=8.5, c=13, d=14);
terlalu_basa = member_ph;

void sensor_ph1(float a, float b, float c){
//segitiga
  if ((ph < a) || (ph > c)){
    member_ph = 0;
  }
  if ((ph >=a) && (ph < b)){
    member_ph = (ph - a)/(b - a);
  }
  if ((ph >=b) && (ph <= c)){
    member_ph = (c - ph)/(c - b);
  }
}

void sensor_ph2(float a, float b, float c, float d){
//trapesium
  if ((ph < a) || (ph > d)){
    member_ph = 0;
  }
  if ((ph >= a) && (ph < b)){
    member_ph = (ph - a)/(b - a);
  }
  if ((ph >= b) && (ph < c)){
    member_ph= 1;
  }
  if ((ph >= c) && (ph <= d)){
    member_ph = (d - ph)/(d - c);
  }
}
```

Dari *source code* di atas, terdapat 2 versi perhitungan yaitu kurva segitiga dan kurva trapezium. Perbedaannya terdapat pada parameter yang digunakan. Jika ketika berada di kurva segitiga maka ada 3 parameter yang digunakan sedangkan ketika berada di kurva trapezium maka ada 4 parameter yang digunakan dalam perhitungan. Hasil akhir fuzzifikasi akan disimpan pada variabel terlalu asam, asam, netral, basa dan terlalu basa.

Source code fuzzifikasi TDS:

```
// ===== Membership =====
// 2. Sensor TDS/ppm
member_tds=0;
sensor_tds2(a=700, b=800, c=1050, d=1150);
terlalu_rendah = member_tds;
sensor_tds1(a=1050, b=1150, c=1260);
rendah = member_tds;
sensor_tds2(a=1200, b=1260, c=1540, d=1600);
normal = member_tds;
sensor_tds1(a=1540, b=1650, c=1750);
tinggi = member_tds;
sensor_tds2(a=1650, b=1750, c=1900, d=2000);
terlalu_tinggi = member_tds;

void sensor_tds1(float a, float b, float c){
// Segitiga
if ((tds < a) || (tds > c)){
    member_tds = 0;
}
if ((tds >=a) && (tds < b)){
    member_tds = (tds - a)/ ( b - a);
}
if ((tds >=b) && (tds <= c)){
    member_tds = (c - tds)/ (c - b);
}
}
```

```

void sensor_tds2(float a, float b, float c, float d){
//trapesium
if ((tds < a) || (tds > d)){
    member_tds = 0;
}
if ((tds >= a) && (tds < b)){
    member_tds = (tds - a)/(b - a);
}
if ((tds >= b) && (tds < c)){
    member_tds= 1;
}
if ((tds >= c) && (tds <= d)){
    member_tds = (d - tds)/(d - c);
}
}
}

```

Dari source code di atas sama seperti fuzzifikasi pH, terdapat 2 versi perhitungan yaitu kurva segitiga dan kurva trapezium. Perbedaannya terdapat pada parameter yang digunakan. Jika ketika berada di kurva segitiga maka ada 3 parameter yang digunakan sedangkan ketika berada di kurva trapezium maka ada 4 parameter yang digunakan. Hasil akhir fuzzifikasi akan disimpan pada variabel terlalu rendah, rendah, normal, tinggi dan terlalu tinggi.

Langkah kedua, yaitu menentukan aturan *fuzzy* dengan cara membandingkan hasil fuzzifikasi setiap inputan. Maka dilakukan perhitungan menggunakan fungsi MIN yaitu mencari nilai terkecil dari setiap perbandingan. Berikut *source code* pada arduino untuk aturan *fuzzy*.

Source code rule:

```

rule1 = min (terlalu_asam,terlalu_rendah);
rule2 = min (terlalu_asam,rendah);
rule3 = min (terlalu_asam,normal);
rule4 = min (terlalu_asam,tinggi);
rule5 = min (terlalu_asam,terlalu_tinggi);
rule6 = min (asam,terlalu_rendah);
rule7 = min (asam,rendah);
rule8 = min (asam,normal);
rule9 = min (asam,tinggi);
rule10 = min (asam,terlalu_tinggi);
rule11 = min (netral,terlalu_rendah);
rule12 = min (netral,rendah);
rule13 = min (netral,normal);
rule14 = min (netral,tinggi);
rule15 = min (netral,terlalu_tinggi);
rule16 = min (basa,terlalu_rendah);
rule17 = min (basa,rendah);
rule18 = min (basa,normal);
rule19 = min (basa,tinggi);
rule20 = min (basa,terlalu_tinggi);
rule21 = min (terlalu_basa,terlalu_rendah);
rule22 = min (terlalu_basa,rendah);
rule23 = min (terlalu_basa,normal);
rule24 = min (terlalu_basa,tinggi);
rule25 = min (terlalu_basa,terlalu_tinggi);

```

Dari source code diatas, karena setiap inputan memiliki masing-masing 5 parameter sehingga menghasilkan aturan fuzzy 25 rule. Langkah terakhir, yaitu defuzzifikasi dengan menggunakan *Weight of Average*. Pada metode ini hasil didapatkan dari perkalian setiap aturan dengan parameter output. Berikut *source code* untuk perhitungan defuzzifikasi dengan 4 output.

Source code Defuzfikasi:

```
// katup-asam
a11= rule1*M; b11= rule2*M; c11= rule3*M; d11= rule4*M; e11= rule5*M;
f11= rule6*M; g11= rule7*M; h11= rule8*M; i11= rule9*M; j11= rule10*M;
k11= rule11*M; l11= rule12*M; m11= rule13*M; n11= rule14*M; o11=
rule15*M;
p11= rule16*C_ph; q11= rule17*C_ph; r11= rule18*C_ph; s11=
rule19*C_ph; t11= rule20*C_ph;
u11= rule21*L_ph; v11= rule22*L_ph; w11= rule23*L_ph; x11=
rule24*L_ph; y11= rule25*L_ph;

// katup-basa
a22= rule1*L_ph; b22= rule2*L_ph; c22= rule3*L_ph; d22= rule4*L_ph;
e22= rule5*L_ph;
f22= rule6*C_ph; g22= rule7*C_ph; h22= rule8*C_ph; i22= rule9*C_ph;
j22= rule10*C_ph;
k22= rule11*M; l22= rule12*M; m22= rule13*M; n22= rule14*M; o22=
rule15*M;
p22= rule16*M; q22= rule17*M; r22= rule18*M; s22= rule19*M; t22=
rule20*M;
u22= rule21*M; v22= rule22*M; w22= rule23*M; x22= rule24*M; y22=
rule25*M;

// katup-abmix
a33= rule1*L_ab_mix; b33= rule2*C_ab_mix; c33= rule3*M; d33=
rule4*M; e33= rule5*M;
f33= rule6*L_ab_mix; g33= rule7*C_ab_mix; h33= rule8*M; i33= rule9*M;
j33= rule10*M;
k33= rule11*L_ab_mix; l33= rule12*C_ab_mix; m33= rule13*M; n33=
rule14*M; o33= rule15*M;
p33= rule16*L_ab_mix; q33= rule17*C_ab_mix; r33= rule18*M; s33=
rule19*M; t33= rule20*M;
u33= rule21*L_ab_mix; v33= rule22*C_ab_mix; w33= rule23*M; x33=
rule24*M; y33= rule25*M;
```

```

// katup-air
a44= rule1*M; b44= rule2*M; c44= rule3*M; d44= rule4*C; e44= rule5*L;
f44= rule6*M; g44= rule7*M; h44= rule8*M; i44= rule9*C; j44= rule10*L;
k44= rule11*M; l44= rule12*M; m44= rule13*M; n44= rule14*C; o44=
rule15*L;
p44= rule16*M; q44= rule17*M; r44= rule18*M; s44= rule19*C; t44=
rule20*L;
u44= rule21*M; v44= rule22*M; w44= rule23*M; x44= rule24*C; y44=
rule25*L;

// Weight of Average
//katup-asam
Z1 =
(a11+b11+c11+d11+e11+f11+g11+h11+i11+j11+k11+l11+m11+n11+o11+p1
1+q11+r11+s11+t11+u11+v11+w11+x11+y11)/(rule1+rule2+rule3+rule4+ru
le5+rule6+rule7+rule8+rule9+rule10+rule11+rule12+rule13+rule14+rule15+ru
le16+rule17+rule18+rule19+rule20+rule21+rule22+rule23+rule24+rule25);

//katup-basa
Z2 =
(a22+b22+c22+d22+e22+f22+g22+h22+i22+j22+k22+l22+m22+n22+o22+p2
2+q22+r22+s22+t22+u22+v22+w22+x22+y22)/(rule1+rule2+rule3+rule4+ru
le5+rule6+rule7+rule8+rule9+rule10+rule11+rule12+rule13+rule14+rule15+ru
le16+rule17+rule18+rule19+rule20+rule21+rule22+rule23+rule24+rule25);

//katup-abmix
Z3 =
(a33+b33+c33+d33+e33+f33+g33+h33+i33+j33+k33+l33+m33+n33+o33+p3
3+q33+r33+s33+t33+u33+v33+w33+x33+y33)/(rule1+rule2+rule3+rule4+ru
le5+rule6+rule7+rule8+rule9+rule10+rule11+rule12+rule13+rule14+rule15+ru
le16+rule17+rule18+rule19+rule20+rule21+rule22+rule23+rule24+rule25);

//katup-air
Z4 =
(a44+b44+c44+d44+e44+f44+g44+h44+i44+j44+k44+l44+m44+n44+o44+p4
4+q44+r44+s44+t44+u44+v44+w44+x44+y44)/(rule1+rule2+rule3+rule4+ru
le5+rule6+rule7+rule8+rule9+rule10+rule11+rule12+rule13+rule14+rule15+ru
le16+rule17+rule18+rule19+rule20+rule21+rule22+rule23+rule24+rule25);

```

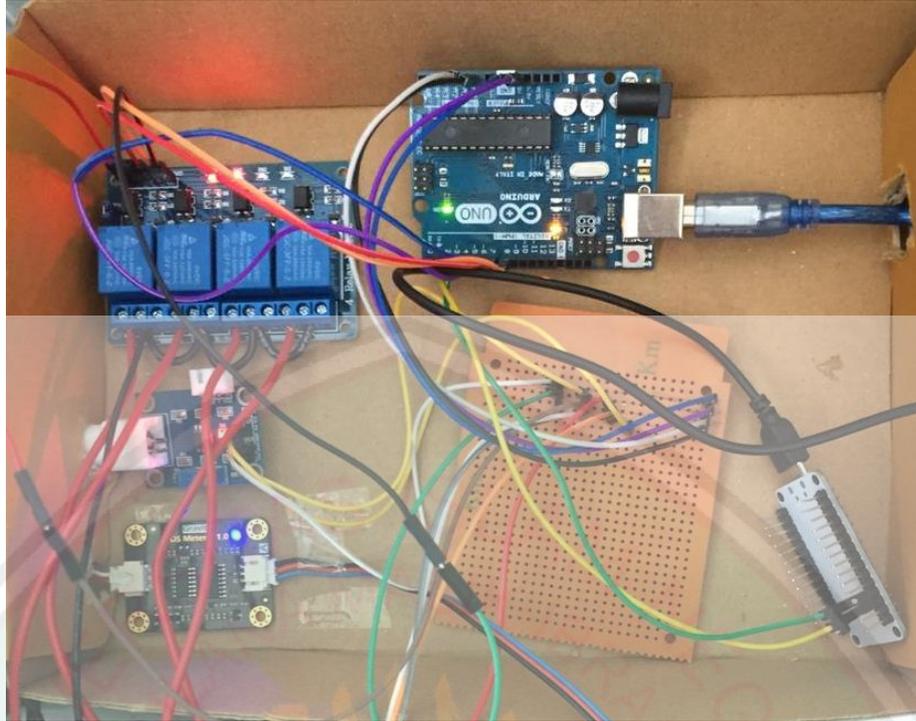
Dari *source code* diatas, hasil akhir disimpan pada variabel Z yang dimana nilai Z adalah lama waktu katup solenoid menyala.

4.2.3 Sistem *Hardware*

Pada sistem *hardware* ini berfungsi sebagai pengontrol nutrisi secara otomatis. Dalam pembuatan *hardware* ini dibutuhkan sebuah mikrokontroler. Pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler jenis Arduino Uno yang seringkali digunakan oleh para *hardware developer*. Arduino Uno akan mendapatkan inputan dari sensor pH dan sensor TDS yang kemudian akan diolah pada Arduino IDE. Pada Arduino IDE ini dilakukan pemrograman sehingga didapatkan nilai lama waktu katup solenoid pada asam, basa, ab mix dan air untuk membuka. Selain itu NodeMCU memiliki peran penting dalam membangun sebuah sistem monitoring secara *real time* yang dimana NodeMCU ini bekerja untuk mengirim data dari Arduino ke *database*.

4.2.3.1 Arduino Uno R3

Jenis Arduino yang digunakan adalah Arduino Uno R3 Atmega 328P-PU Atmega 16U2 DI. Arduino disini berfungsi sebagai mikrokontroler untuk mengatur jalannya program. Mulai dari pembacaan sensor pH dan TDS, memberikan perintah pada relay untuk mengatur nyala mati nya katup solenoid. Selain itu, pada arduino inilah logika *fuzzy* di atur yang menghasilkan lama katup solenoid menyala. Data yang ditangkap oleh arduino kemudian akan dikirim ke *server* melalui NodeMCU.



Gambar 4. 4 Rangkaian Elektronik

Pada gambar di atas merupakan rangkaian elektronik yang sudah terangkai untuk kontrol nutrisi secara otomatis. Port yang digunakan sensor pH antara lain PO, GND dan VCC dimana PO terhubung dengan port analog A0 pada arduino dan untuk sensor TDS port yang digunakan A, GND dan VCC dimana port A terhubung dengan port analog A1 pada arduino. VCC yang digunakan pada kedua sensor adalah 5V.

Relay disini berfungsi sebagai saklar katup solenoid untuk memberikan perintah mati atau menyala. Relay yang dipakai menggunakan 4 channel karena untuk mengatur 4 katup solenoid Asam, Basa, ABmix dan Air. Relay memiliki 3 port NC, COM, NO. Dalam pembuatan sistem ini hanya menggunakan port COM yang akan terhubung ke adaptor 12 v dan port NO yang akan terhubung ke katup solenoid. Kemudian relay tersambung dengan arduino melalui port digital yaitu D5, D6, D7 dan D8.

4.2.3.2 NodeMCU ESP8266

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan NodeMCU tipe ESP8266 yang dimana merupakan tipe yang banyak digunakan oleh para *hardware developer*. Selain itu juga harga yang terjangkau dan dalam pemrograman hanya membutuhkan kabel USB.



Gambar 4.5 NodeMCU pada Sistem

Fungsi NodeMCU disini sebagai perantara pengiriman data kepada *server* untuk ditampilkan pada halaman *web*. Arduino akan mengirimkan data yang telah di olah dengan logika *fuzzy* kemudian data tersebut diterima oleh NodeMCU melalui port digital D2 dan D3. Setelah data diterima oleh NodeMCU akan dikirimkan lagi ke *server* melalui *Wi-Fi*.

4.2.4 Sistem Interface

Interface sistem pada penelitian ini dibangun dengan menggunakan PHP (*Hypertext Preprocessor*) *Native* dan menggunakan CSS *Bootstrap*.

4.2.4.1 Halaman *Dashboard*

Halaman *dashboard* merupakan halaman utama ketika *user* pertama kali mengakses *website*. *Dashboard* ini menampilkan data secara visualisasi berupa grafik atau diagram. Tujuan utama *dashboard* pada *web* ini membantu pengguna dalam menampilkan data secara *real time*.

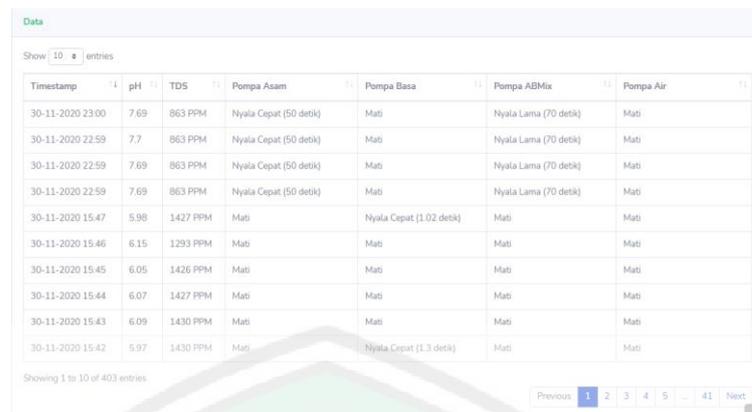


Gambar 4. 6 Halaman *Dashboard*

Pada halaman ini memberikan informasi nilai pH dan TDS pada bak nutrisi hidroponik NFT secara *real time* yang ditampilkan pada *dashboard*. Selain itu juga memberikan informasi apakah katup solenoid dalam keadaan mati atau menyala. Dengan adanya *web* ini diharapkan dapat memudahkan pembudidaya dalam memonitoring secara jarak jauh.

4.2.4.2 Tampilan Data pada Halaman *Web*

Data yang masuk ke dalam *database* akan ditampilkan pada tabel data seperti pada Gambar 4.7. Tabel tersebut akan menyimpan informasi kondisi tanaman hidroponik dan rangkaian elektronik yang sebelumnya.



Timestamp	pH	TDS	Pompa Asam	Pompa Basa	Pompa ABMix	Pompa Air
30-11-2020 23:00	7.69	863 PPM	Nyala Cepat (50 detik)	Mati	Nyala Lama (70 detik)	Mati
30-11-2020 22:59	7.7	863 PPM	Nyala Cepat (50 detik)	Mati	Nyala Lama (70 detik)	Mati
30-11-2020 22:59	7.69	863 PPM	Nyala Cepat (50 detik)	Mati	Nyala Lama (70 detik)	Mati
30-11-2020 22:59	7.69	863 PPM	Nyala Cepat (50 detik)	Mati	Nyala Lama (70 detik)	Mati
30-11-2020 15:47	5.98	1427 PPM	Mati	Nyala Cepat (1.02 detik)	Mati	Mati
30-11-2020 15:46	6.15	1293 PPM	Mati	Mati	Mati	Mati
30-11-2020 15:45	6.05	1426 PPM	Mati	Mati	Mati	Mati
30-11-2020 15:44	6.07	1427 PPM	Mati	Mati	Mati	Mati
30-11-2020 15:43	6.09	1430 PPM	Mati	Mati	Mati	Mati
30-11-2020 15:42	5.97	1430 PPM	Mati	Nyala Cepat (1.3 detik)	Mati	Mati

Gambar 4. 7 Tampilan Tabel Data pada *Web*

Pembacaan data oleh sensor yang kemudian diproses dengan logika *fuzzy* yang menghasilkan output setiap katup solenoid ditampung dalam sebuah tabel seperti pada gambar di bawah ini.

4.2.5 Kontrol Nutrisi Hidroponik NFT

Kontrol nutrisi hidroponik NFT dilakukan pada sistem *hardware* yaitu rangkaian elektronik berupa mikrokontroler Arduino Uno, Sensor pH, Sensor TDS, Relay dan Solenoid *Valve* (Katup Solenoid). Pemroses utama pada kontrol nutrisi ini dilakukan oleh mikrokontroler Arduino Uno dan juga implementasi logika *fuzzy* yang menghasilkan keputusan yang akan dikirimkan kepada relay sebagai saklar pada katup solenoid.



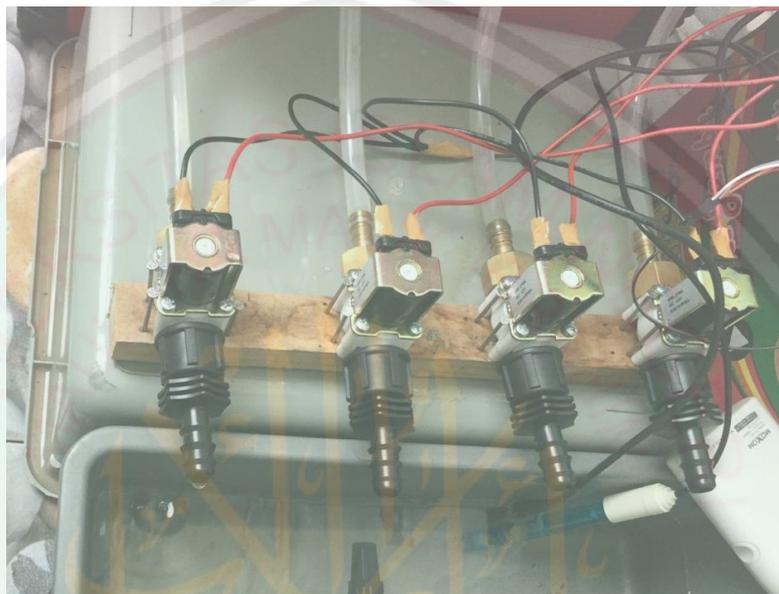
Gambar 4. 8 Alat Hidroponik dan Rangkaian Elektronik

Pada kontrol nutrisi secara otomatis ini menggunakan *prototype* hidroponik NFT dengan bak nutrisi menggunakan ukuran 30cm x 25 cm dan volume kurang lebih 5 liter. Bak nutrisi ini berada dibawah *gully* tanaman yang dimana dia menampung air sirkulasi tanaman.



Gambar 4. 9 Peletakan Sensor pada Bak Nutrisi

Peletakkan sensor pH dan TDS berada di tempat yang sama yaitu di samping bak yang menempel pada dinding bak dan menyentuh air. Sensor ditempelkan pada dinding bak supaya sensor-sensor yang digunakan tidak tenggelam yang menyebabkan kabel menjadi basah.



Gambar 4. 10 Peletakan Katup Solenoid

Untuk outputan menggunakan 4 katup solenoid yang dihubungkan dengan selang kecil. Katup solenoid akan mengalir jika terdapat tekanan sehingga tempat penampung asam, basa, AB mix dan air berada lebih tinggi daripada katup solenoid untuk mendapatkan tekanan dan dapat mengalir ke dalam bak nutrisi.

4.2.6 Integrasi Islam

Manusia dan tumbuhan sangat erat hubungannya dalam kehidupan. Banyak sekali manfaat bagi manusia yang didapatkan dari tumbuhan. Dengan adanya tumbuh-tumbuhan dapat memenuhi kebutuhan manusia sehari-hari. Manfaat dari tumbuhan telah dijelaskan dalam ayat Al-Qur'an sebagai berikut.

وَهُوَ الَّذِي أَنْشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أَكْلُهُ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُتَشَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ ۗ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَءَاتُوا حَقَّهُ يَوْمَ حَصَادِهِ ۗ وَلَا تُسْرِفُوا ۚ إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ ﴿١٤١﴾

“Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebon yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon kurma, tanam-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya). makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila Dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan disedekahkan kepada fakir miskin); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan.” (Al-An‘ām [6] ayat 141)

Berdasarkan ayat diatas, Jauhari, T (dalam Fuadi, 2016:136) menjelaskan bahwa Allah telah menciptakan dan membuat kebun-kebon yang sangat luas di atas bumi seperti tanah yang tidak tumbuh suatu tumbuhan, kemudian penuh dengan buah semangka, dan seperti buah anggur yang melindungi di atas hamparan bumi yang terbentang luas, dan pohon anggur yang seperti bentuk atap, dan dikatakan bahwa Allah telah menjadikan kebun-kebon yang berjunjung seperti berbentuk atap. Dan menjadikan pohon anggur sebagai tempat berteduh. Adapun pohon anggur dan yang semacamnya, sesuatu yang di atas tempat berteduh dan sesuatu yang dibentangkan di atas bumi, di antaranya buah semangka, buah mentimun, dan pepohonan yang lain, dan tanah yang tidak tumbuh suatu tumbuhan. Pada setiap yang demikian itu kebun-kebon yang berjunjung adalah yang dibentangkan di atas bumi dan sesuatu yang lebih banyak darinya, dan sesuatu yang dijadikan sebagai tempat berteduh adalah yang salah satu macamnya adalah pohon anggur. Dan kebun-kebon yang tidak berjunjung

adalah sesuatu yang berdiri di atas tersebut berupa pohon kurma, tumbuh-tumbuhan, dan pepohonan yang semacamnya.

Kemudian Jauhari, T (dalam Fuadi, 2016:137) juga menjelaskan keajaiban yang terdapat pada tumbuh-tumbuhan. Ketahuilah bahwa bagian paling kecil yang telah dilihat manusia dari kebun-kebun yang berjunjung dan yang tidak berjunjung. Sedangkan bagian yang paling besar darinya adalah jenis-jenis ladang dan kebun-kebun yang terlihat berlumut ketika dilihat dari permukaan air di kolam yang menggenang. Tumbuhan yang ada di kebun-kebun terlihat besar, tempat bunga yang indah. Yang demikian itu tidak dapat melebihi tingginya dua dinding, atap, dan ranting pohon.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah sistem kontrol dan monitoring nutrisi pada tanaman hidroponik NFT berhasil dibangun dengan menerapkan metode logika *fuzzy* yang sebagai penentu outputan. Perancangan system ini dimulai dari perancangan *hardware* yaitu Arduino Uno sebagai mikrokontroler dan sensor-sensor yang digunakan adalah sensor pH module V.1.1 dan sensor TDS DF Robot SEN041. NodeMCU pada rancangan ini berfungsi untuk menerima data dari Arduino dan mengirimkannya ke *database* melalui jaringan *Wi-Fi*. Selain membaca data sensor Arduino juga memproses logika *fuzzy* kemudian dikirimkan pada relay dimana relay adalah saklar untuk setiap katup solenoid. Sensor-sensor yang digunakan bekerja dengan baik, baik sensor pH dengan nilai *error* 1,52 % dan sensor TDS dengan nilai 4,8% kemudian dilakukan kalibrasi sehingga mendapatkan persamaan untuk nilai pH dan nilai TDS.

Metode logika *fuzzy* diterapkan dalam mikrokontroler arduino dengan menggunakan bahasa pemrograman C. Pada algoritma logika *fuzzy* terdapat beberapa tahapan untuk mendapatkan nilai outputan yaitu tahapan fuzzifikasi, pembuatan *rule* kemudian defuzifikasi. Hasil akhir perbandingan antaran sistem atau mikrokontroler dengan Matlab didapatkan nilai *error* pada outputan Katup Asam 8,99%, Katup Basa 0,14%, Katup AB mix 0,17% dan Katup Air 0,99%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diatas, masih terdapat banyak kekurangan saat melakukan penelitian. Sehingga penulis mempunyai saran untuk melakukan penelitian lanjutan sebagai berikut.

1. Perancangan sistem kontrol dan monitoring tanaman hidroponik tergolong masih dasar. Untuk penelitian selanjutnya bisa ditambahkan variabel lain seperti suhu dan kelembapan supaya tanaman lebih terkontrol lagi.
2. TDS meter (manual) yang digunakan untuk kalibrasi terkadang kurang akurat sehingga sulit mendapatkan nilai perbandingan antara nilai sensor dan TDS meter (manual).
3. Untuk penampung air yang digunakan untuk menurunkan nilai ppm sebaiknya menggunakan pompa DC karena penggunaan solenoid terlalu lama sehingga kurang efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, A., & Hidyatama, O. (2013). RANCANG BANGUN PROTOTIPE ELEVATOR MENGGUNAKAN MICROCONTROLLER ARDUINO ATMEGA 328P. *Jurnal Teknologi Elektro*, 100-112.
- Aini, N., & Azizah, N. (2017). *Teknologi Budidaya Tanaman Sayuran Secara Hidroponik*. Malang: UB Press.
- Ariati, P. E. (2017). PRODUKSI BEBERAPA TANAMAN SAYURAN DENGAN SISTEM VERTIKULTUR DI LAHAN PEKARANGAN. *AGRIMETA*, 77-79.
- Atzori, L., Lera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Elsevier*, 2787-2805.
- Febriany, N. (2016). APLIKASI METODE FUZZY MAMDANI DALAM PENENTUAN STATUS GIZI DAN KEBUTUHAN KALORI HARIAN BALITA MENGGUNAKAN SOFTWARE MATLAB. *Universitas Pendidikan Indonesia*, 29-49.
- Fuadi, M. A. (2016). *AYAT-AYAT PERTANIAN DALAM AL-QUR'AN (Studi Analisis Terhadap Penafsiran Thanthawi Jauhari dalam Kitab Al-Jawāhir fī Tafṣīr Al-Qur'an Al-Karīm)*. Semarang: Walisongo Repository.
- Gilang, A. (2018, 11 5). *Jumlah Petani Berkurang, Tingkat Pengangguran Di Desa Naik*. Diambil kembali dari CNN Indonesia: <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20181105141729-532-344096/jumlah-petani-berkurang-tingkat-pengangguran-di-desa-naik>
- Heliadi, G. G., & Kirom, M. R. (2018). MONITORING DAN KONTROL NUTRISI PADA SISTEM HIDROPONIK NFT BERBASIS KONDUKTIVITAS ELEKTRIK . *e-Proceeding of Engineering*, 885-893.
- Jauhari, T. (1350 H). *Al-Jawāhir fī Tafṣīr Al-Qur'an Al-Karīm*. Beirut: Dar alFikr.
- Judika, & Maruf. (2017). Smart IoT Water Sprinkle and Monitoring System for Chili Plant. *International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS)* , 212-216.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Oktavia, C. A., & Maulidi, R. (2019). PENERAPAN LOGIKA FUZZY SUGENO UNTUK PENENTUAN REWARD PADA GAME EDUKASI AKU BISA. *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 117-124.
- Padman , Agus , K., & Nyoman, I. (2017). Hommons: Hydroponic Management and Monitoring System for an IOT Based NFT Farm Using Web Technology. *International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, 1-6.
- Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Triwulan II-2018*. (2018). Badan Pusat Statistik.
- Purnomo, J., Harjoko, D., & Sulis, T. D. (2016). BUDIDAYA CABAI RAWIT SISTEM HIDROPONIK SUBSTRAT DENGAN VARIASI MEDIA DAN NUTRISI. *Journal of Sustainable Agriculture*, 129-136.
- Putra, J. S. (2019). PENGEMBANGAN ROBOT TROLI PENGIKUT MANUSIA OTOMATIS DENGAN KAMERA MENGIKUTI BENTUK. *Seminar Hasil Elektro*, 1-12.
- Rahakbauw , D. L. (2015). PENERAPAN LOGIKA FUZZY METODE SUGENO UNTUK MENENTUKAN JUMLAH PRODUKSI ROTI

BERDASARKAN DATA PERSEDIAAN DAN JUMLAH PERMINTAAN (STUDI KASUS: PABRIK ROTI SARINDA AMBON).
Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan , 121 - 134 .

- Rusli, M. (2017). *Dasar Perancangan Kendali Logika Fuzzy*. Malang: UB Press.
- Sasongko, A. (2019, 19). *Anjuran Rasulullah Bercocok Tanam*. Diambil kembali dari REPUBLIKA: <https://republika.co.id/berita/pl207g313/anjuran-rasulullah-bercocok-tanam>
- Siregar , S., & Rivai, M. (2018). *Monitoring dan Kontrol Sistem Penyemprotan Air untuk Budidaya Aeroponik Menggunakan NodeMCU* . Surabaya: JURNAL TEKNIK ITS.
- ss. (2010). xcsa. Dalam xs, *ijik* (hal. 8). malang: aa.
- Statistik Pertanian*. (2018). Pusat Data dan Sistem Informasi .
- Sudradjat. (2008). *Dasar Dasar Fuzzy Logic*. Bandung.
- Suhartono, Sidqi Zaed ZM, R., & Ach, K. (2008). Pengaruh Interval Pemberian Air Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (Glicine Max(L) Merrill) Pada Berbagai Jenis Tanah). *Embryo*, 98-112.
- Yanuarti, A. R., & Afsari , M. D. (2016). *PROFIL KOMODITAS BARANG KEBUTUHAN POKOK DAN BARANG PENTING KOMODITAS CABAI*. Jakarta: Kementerian Perdagangan.
- Yanwari, M. I. (2017). PENGANTAR ELEMEN LOGIKA FUZZY. *POROS TEKNIK*, 1-4.



LAMPIRAN

Lampiran I. Tabel Data Uji Coba Pembacaan Sensor pH dan TDS dan Hasil

Output Logika Fuzzy pada Mikrokontroler.

pH	TDS	Valve Asam		Valve Basa		Valve Abmix		Valve Air	
11.78	1350	125	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
11.77	1355	125	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
6.35	800	0	Mati	0	Mati	70	Lama	0	Mati
6.34	800	0	Mati	0	Mati	70	Lama	0	Mati
6.34	800	0	Mati	0	Mati	70	Lama	0	Mati
6.33	800	0	Mati	0	Mati	70	Lama	0	Mati
6.34	800	0	Mati	0	Mati	70	Lama	0	Mati
6.33	800	0	Mati	0	Mati	70	Lama	0	Mati
6.32	800	0	Mati	0	Mati	70	Lama	0	Mati
7.37	800	50	Cepat	0	Mati	70	Lama	0	Mati
7.97	887	50	Cepat	0	Mati	70	Lama	0	Mati
7.9	887	50	Cepat	0	Mati	70	Lama	0	Mati
7.88	888	50	Cepat	0	Mati	70	Lama	0	Mati
7.93	888	50	Cepat	0	Mati	70	Lama	0	Mati
8.53	972	125	Lama	0	Mati	70	Lama	0	Mati
5.64	931	0	Mati	28.01	Cepat	70	Lama	0	Mati
4.75	807	0	Mati	50	Cepat	70	Lama	0	Mati
4.33	809	0	Mati	87.48	Lama	70	Lama	0	Mati
4.23	807	0	Mati	102.21	Lama	70	Lama	0	Mati
4.14	809	0	Mati	112.43	Lama	70	Lama	0	Mati
4.18	809	0	Mati	108.97	Lama	70	Lama	0	Mati
4.17	809	0	Mati	109.86	Lama	70	Lama	0	Mati
4.17	809	0	Mati	109.86	Lama	70	Lama	0	Mati
4.18	809	0	Mati	108.06	Lama	70	Lama	0	Mati
4.17	809	0	Mati	109.27	Lama	70	Lama	0	Mati
4.17	807	0	Mati	109.56	Lama	70	Lama	0	Mati
4.17	809	0	Mati	109.86	Lama	70	Lama	0	Mati
4.81	1807	0	Mati	50	Cepat	0	Mati	3000	Lama
4.71	1811	0	Mati	50	Cepat	0	Mati	3000	Lama
5.37	1811	0	Mati	50	Cepat	0	Mati	3000	Lama
5.2	1815	0	Mati	50	Cepat	0	Mati	3000	Lama
4.69	1815	0	Mati	50	Cepat	0	Mati	3000	Lama
5.6	1815	0	Mati	33.68	Cepat	0	Mati	3000	Lama
5.48	1815	0	Mati	50	Cepat	0	Mati	3000	Lama

6.12	1772	0	Mati	0	Mati	0	Mati	3000	Lama
6.25	1682	0	Mati	0	Mati	0	Mati	2048	Lama
6.13	1699	0	Mati	0	Mati	0	Mati	2286	Lama
6.3	1691	0	Mati	0	Mati	0	Mati	2174	Lama
6.19	1688	0	Mati	0	Mati	0	Mati	2132	Lama
6.31	1549	0	Mati	0	Mati	0	Mati	140.49	Cepat
6.52	1555	2.42	Cepat	0	Mati	0	Mati	272.99	Cepat
6.28	1549	0	Mati	0	Mati	0	Mati	140.49	Cepat
6.46	1546	0	Mati	0	Mati	0	Mati	91.43	Cepat
6.56	1549	5.75	Cepat	0	Mati	0	Mati	216.34	Cepat
6.35	1546	0	Mati	0	Mati	0	Mati	91.43	Cepat
6.24	1544	0	Mati	0	Mati	0	Mati	60	Cepat
6.24	1544	0	Mati	0	Mati	0	Mati	60	Cepat
6.33	1544	0	Mati	0	Mati	0	Mati	60	Cepat
6.21	1537	0	Mati	0	Mati	0	Mati	0	Mati
6.33	1451	0	Mati	0	Mati	0	Mati	0	Mati
6.25	1451	0	Mati	0	Mati	0	Mati	0	Mati
6.23	1449	0	Mati	0	Mati	0	Mati	0	Mati
6.38	1489	0	Mati	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.24	1486	50	Mati	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.24	1489	50	Mati	0	Mati	0	Mati	0	Mati
6.99	1489	48.4	Cepat	0	Mati	0	Mati	0	Mati
8.45	1481	120.71	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
8.44	1473	119.79	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
8.34	1473	111.01	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
8.44	1470	120.02	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
8.73	1465	125	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
8.63	1393	125	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
8.64	1386	125	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
8.74	1327	125	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
8.74	1319	125	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
8.44	1329	120.02	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.71	1374	50	Cepat	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.3	1391	50	Cepat	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.36	1418	50	Cepat	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.26	1418	50	Cepat	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.25	837	50	Cepat	0	Mati	70	Lama	0	Mati
7.56	1389	50	Cepat	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.26	943	50	Cepat	0	Mati	70	Lama	0	Mati
7.71	1393	50	Cepat	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.09	850	50	Cepat	0	Mati	70	Lama	0	Mati
7.07	831	50	Cepat	0	Mati	70	Lama	0	Mati

7.07	831	50	Cepat	0	Mati	70	Lama	0	Mati
7.15	1269	50	Cepat	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.15	1280	50	Cepat	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.15	1280	50	Cepat	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.15	1279	50	Cepat	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.16	1279	50	Cepat	0	Mati	0	Mati	0	Mati
7.01	1279	50	Cepat	0	Mati	0	Mati	0	Mati
6.79	1251	20.93	Cepat	0	Mati	5.59	Cepat	0	Mati
6.81	1249	23.27	Cepat	0	Mati	6.76	Cepat	0	Mati
7.15	1241	50	Cepat	0	Mati	6.26	Cepat	0	Mati
6.91	1236	31.46	Cepat	0	Mati	12.14	Cepat	0	Mati
6.67	1234	14.98	Cepat	0	Mati	10.68	Cepat	0	Mati
6.67	1234	14.81	Cepat	0	Mati	10.66	Cepat	0	Mati
7.05	1234	50	Cepat	0	Mati	9.03	Cepat	0	Mati
6.91	1225	33.15	Cepat	0	Mati	13.77	Cepat	0	Mati
6.87	1218	28.44	Cepat	0	Mati	15.92	Cepat	0	Mati
6.93	1193	38.48	Cepat	0	Mati	30	Cepat	0	Mati
6.81	1200	22.76	Cepat	0	Mati	30	Cepat	0	Mati
6.9	1198	32.91	Cepat	0	Mati	30	Cepat	0	Mati
6.9	1198	32.91	Cepat	0	Mati	30	Cepat	0	Mati
6.65	1200	10.79	Cepat	0	Mati	30	Cepat	0	Mati
6.54	1200	3.75	Cepat	0	Mati	30	Cepat	0	Mati
6.54	1200	3.75	Cepat	0	Mati	30	Cepat	0	Mati
6.69	1200	13.09	Cepat	0	Mati	30	Cepat	0	Mati
9.91	1365	125	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
9.58	1365	125	Lama	0	Mati	0	Mati	0	Mati
8.48	866	123.34	Lama	0	Mati	70	Lama	0	Mati
8.48	801	123.77	Lama	0	Mati	70	Lama	0	Mati
8.47	801	122.92	Lama	0	Mati	70	Lama	0	Mati
8.48	801	123.34	Lama	0	Mati	70	Lama	0	Mati
8.46	801	122.27	Lama	0	Mati	70	Lama	0	Mati
8.45	801	120.93	Lama	0	Mati	70	Lama	0	Mati
8.45	801	120.93	Lama	0	Mati	70	Lama	0	Mati
8.44	801	120.02	Lama	0	Mati	70	Lama	0	Mati
8.44	801	119.79	Lama	0	Mati	70	Lama	0	Mati

Lampiran II. Tabel Data Uji selama 1 minggu dengan pembacaan data 4 jam sekali dan kontrol nutrisi sehari satu kali pada jam 19.00.

Tanggal	Waktu	pH	TDS
15/11/2020	7.12	6,78	1231
15/11/2020	11.12	6,83	1236
15/11/2020	15.12	7,03	1241
15/11/2020	19.12	6,86	1325
16/11/2020	7.09	6,56	1358
16/11/2020	11.09	6,58	1358
16/11/2020	15.09	6,59	1358
16/11/2020	19.09	6,57	1358
17/11/2020	7.01	6,53	1358
17/11/2020	11.01	6,69	1360
17/11/2020	15.01	6,55	1360
17/11/2020	19.01	6,45	1367
18/11/2020	7.17	6,47	1365
18/11/2020	11.17	6,5	1367
18/11/2020	15.17	6,48	1365
18/11/2020	19.17	6,53	1365
19/11/2020	7.11	6,5	1363
19/11/2020	11.11	6,49	1365
19/11/2020	15.11	6,61	1365
19/11/2020	19.11	6,53	1365
20/11/2020	7.21	6,49	1365
20/11/2020	11.21	6,51	1367
20/11/2020	15.21	6,6	1363
20/11/2020	19.21	6,57	1363
21/11/2020	7.07	6,43	1365
21/11/2020	11.07	6,47	1360
21/11/2020	15.07	6,51	1361
21/11/2020	19.07	6,52	1360