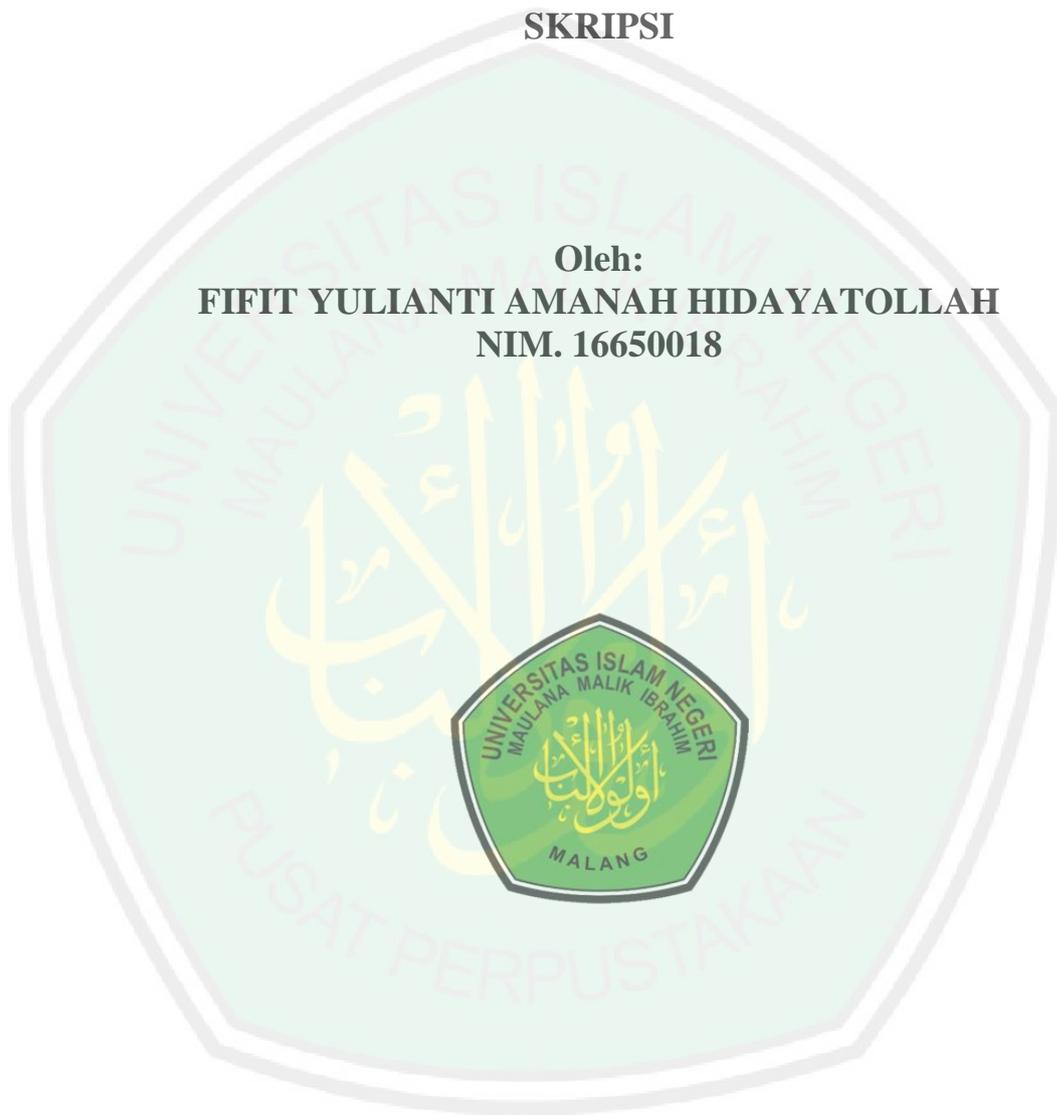


***SMART DRIP IRRIGATION SYSTEM UNTUK BUDIDAYA  
TANAMAN CABAI BERBASIS INTERNET OF THING  
MENGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC***

**SKRIPSI**

**Oleh:  
FIFIT YULIANTI AMANAH HIDAYATOLLAH  
NIM. 16650018**



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

***SMART DRIP IRRIGATION SYSTEM UNTUK BUDIDAYA TANAMAN  
CABAI BERBASIS *INTERNET OF THING* MENGGUNAKAN  
METODE *FUZZY LOGIC****

**SKRIPSI**

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

**Oleh :  
FIFIT YULIANTI AMANAH HIDAYATOLLAH  
NIM. 16650018**

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

# LEMBAR PERSETUJUAN

***SMART DRIP IRRIGATION SYSTEM UNTUK BUDIDAYA TANAMAN  
CABAI BERBASIS INTERNET OF THING MENGGUNAKAN  
METODE FUZZY LOGIC***

**SKRIPSI**

**FIFIT YULIANTI AMANAH HIDAYATOLLAH  
NIM. 16650018**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji

Tanggal : Desember 2020

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Muhammad Faisal  
NIP. 19740510 200501 1 007

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 Crysdiان  
NIP. 19740424 200901 1 008

## LEMBAR PENGESAHAN

**SMART DRIP IRRIGATION SYSTEM UNTUK BUDIDAYA TANAMAN  
CABAI BERBASIS *INTERNET OF THING* MENGGUNAKAN  
METODE *FUZZY LOGIC***

### SKRIPSI

Oleh :

**FIFIT YULIANTI AMANAH HIDAYATOLLAH  
NIM. 16650018**

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

Susunan Penguji		Tanda Tangan
Penguji I	: <u>(Yunifa Miftachul Arif, M.T.)</u> NIP. 19830616 201101 1 004	( )
Penguji II	: <u>(Ajib Hanani, M.T.)</u> NIDT.19840731 20160801 1 076	( )
Pembimbing I	: <u>(Dr. Muhammad Faisal)</u> NIP. 19740510 200501 1 007	( )
Pembimbing II	: <u>(Fresy Nugroho, M.T.)</u> NIP. 19710722 201101 1 001	( )

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

Dr. Cahyo Crysdian  
NIP. 19740424 200901 1 008

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fifit Yulianti Amanah Hidayatollah

NIM : 16650018

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Teknik Informatika

Judul Skripsi : *Smart Drip Irrigation System* Untuk Budidaya Tanaman Cabai Berbasis *Internet Of Thing* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*.

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, 23 Desember 2020

Yang membuat pernyataan,



(Fifit Yulianti Amanah H.)

NIM. 16650018

## MOTTO

“Jangan Biarkan Hari Kemarin  
Merenggut Banyak Hal Hari Ini”

## 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 Muhadi dan Ibu Fitri Setiasih 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 Yunifa Miftachul Arif, M.T dan Bapak Ajib Hanani, M.T 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.

Adik-adik penulis, Alhamda Mutia, Putri Anggrawati Cahyani dan Muhammad Daffa Maulana yang selalu memberikan semangat serta menghibur penulis.

Teman-teman satu bimbingan Skripsi yang selalu bersemangat dalam menyelesaikan project penelitian bersama-sama.

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



## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*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 “ *Smart Drip Irrigation System Untuk Budidaya Tanaman Cabai Berbasis Internet Of Thing Menggunakan Metode Fuzzy Logic.*” 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 Crysdiyan, 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. Yunifa Miftachul Arif, M.T dan Ajib Hanani, M.T, selaku Dosen Penguji yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis sehingga tercapai hasil skripsi yang lebih baik.
6. Dr. M. Amin Hariyadi, 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.

Penulis sadar 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, Desember 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvii</b>
<b>الملخص.....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Pernyataan Masalah.....	6
1.3. Tujuan Penelitian.....	6
1.4. Manfaat Penelitian.....	6
1.5. Batasan Masalah.....	6
1.6. Sistematika Penulisan.....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>8</b>
2.1. Penelitian Terkait .....	8
2.2. Landasan Teori .....	9
2.2.1. Tanaman Cabai.....	9
2.2.1.1. Cabai Rawit.....	9
2.2.1.2. Cabai Besar .....	10
2.2.1.3. Cabai Keriting.....	11
2.2.1.4. Paprika .....	11
2.2.2. Irigasi Tetes ( <i>Drip irrigation</i> ).....	12

2.2.3.	Komponen Elektronik .....	13
2.2.3.1.	Arduino Uno .....	13
2.2.3.2.	NodeMCU-ESP8266 .....	14
2.2.3.3.	Sensor <i>Grove</i> BME280.....	15
2.2.3.4.	<i>Soil Moisture Sensor</i> .....	16
2.2.3.5.	<i>Relay</i> .....	17
2.2.3.6.	<i>Solenoid Valve</i> .....	17
2.2.4.	Metode <i>Fuzzy Logic</i> .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>21</b>
3.1.	Desain Sistem .....	21
3.1.1.	<i>Hardware System</i> .....	22
3.1.1.1.	Arduino .....	22
3.1.1.2.	<i>Adapter</i> .....	22
3.1.1.3.	NodeMCU-ESP8266 .....	23
3.1.1.4.	<i>Soil Moisture Sensor</i> .....	23
3.1.1.5.	Sensor BME280.....	23
3.1.1.6.	<i>Relay</i> .....	24
3.1.1.7.	<i>Solenoid Valve</i> .....	24
3.1.2.	<i>Software System</i> .....	24
3.1.2.1.	Sistem Operasi .....	24
3.1.2.2.	MySQL .....	24
3.1.2.3.	<i>Web Server</i> .....	25
3.1.2.4.	Matlab 2016a .....	25
3.1.2.5.	Arduino IDE .....	25
3.2.	Perancangan Irigasi Tetes.....	25
3.3.	Rangkaian Elektronik .....	26

3.4.	Penerapan Metode .....	27
3.4.1.	Fuzzifikasi .....	28
3.4.2.	Inferensi.....	32
3.4.3.	Defuzzifikasi .....	33
3.5.	Tampilan Data di <i>Web</i> .....	34
3.6.	Prosedur Pelaksanaan Penelitian .....	35
3.6.1.	Penanaman Cabai .....	35
3.6.2.	Perawatan Tanaman .....	35
3.6.3.	Pengamatan .....	35
3.6.4.	Pengambilan Data .....	35
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
4.1.	Hasil Pengujian.....	36
4.1.1.	Pengujian Alat.....	36
4.1.1.1.	Pengujian Sensor BME20 dengan <i>Thermometer</i> .....	36
4.1.1.2.	Pengujian Sensor <i>Soil moisture</i> dengan Higrometer .....	38
4.1.2.	Pengujian Sistem.....	39
4.1.2.1.	Pengujian Perhitungan Mikrokontroler dengan Matlab.....	39
4.1.2.2.	Pengujian Keseluruhan Sistem <i>Hardware</i> .....	41
4.2.	Pembahasan .....	42
4.2.1.	Pembahasan Perhitungan <i>Fuzzy Logic</i> .....	42
4.2.1.1.	Pengujian Perhitungan <i>Fuzzy</i> pada Matlab .....	42
4.2.1.2.	Pengujian Perhitungan <i>Fuzzy</i> pada Sistem .....	45
4.2.2.	Hardware System .....	48
4.2.2.1.	Arduino Uno .....	48
4.2.2.2.	NodeMCU.....	50
4.2.3.	<i>Interface System</i> .....	50

4.2.4. Penyiraman Tanaman.....	51
4.3. Integrasi Islam .....	53
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>54</b>
5.1. Kesimpulan.....	54
5.2. Saran.....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>56</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>58</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Cabai Rawit .....	10
<b>Gambar 2.2</b> Cabai Besar .....	10
<b>Gambar 2.3</b> Cabai Keriting .....	11
<b>Gambar 2.4</b> Paprika .....	12
<b>Gambar 2.5</b> Arduino Uno .....	13
<b>Gambar 2.6</b> NodeMCU-ESP8266 .....	14
<b>Gambar 2.7</b> Sensor <i>Grove</i> BME280 .....	15
<b>Gambar 2.8</b> <i>Soil moisture sensor</i> .....	16
<b>Gambar 2.9</b> <i>Relay</i> .....	17
<b>Gambar 2.10</b> <i>Solenoid Valve</i> .....	18
<b>Gambar 2.11</b> Alur Logika <i>Fuzzy</i> .....	19
<b>Gambar 2.12</b> Kurva Segitiga .....	19
<b>Gambar 2.13</b> Kurva Trapesium .....	19
<b>Gambar 2.14</b> (1) Rumus Kurva Segitiga. (2) Rumus Kurva Trapesium .....	20
<b>Gambar 3.1</b> Desain Sistem .....	21
<b>Gambar 3.2</b> Rancangan Alat Irigasi Tetes .....	26
<b>Gambar 3.3</b> Rangkaian Elektronik .....	26
<b>Gambar 3.4</b> Alur <i>Fuzzy</i> .....	28
<b>Gambar 3.5</b> Fungsi Keanggotaan Suhu .....	29
<b>Gambar 3.6</b> Fungsi Keanggotaan Kelembaban Tanah .....	30
<b>Gambar 3.7</b> Fungsi Keanggotaan Waktu .....	31
<b>Gambar 3.8</b> Tampilan Desain <i>Prototype</i> Pada <i>Web</i> .....	34
<b>Gambar 4.1</b> Membership Suhu .....	42
<b>Gambar 4.2</b> Membership Kelembaban .....	43
<b>Gambar 4.3</b> Pembuktian Perhitungan <i>Fuzzy</i> Pada Matlab .....	45
<b>Gambar 4.4</b> Rangkaian Elektronik .....	49
<b>Gambar 4.5</b> <i>Web</i> Monitoring .....	51
<b>Gambar 4.6</b> Tabel Hasil Perhitungan <i>Fuzzy</i> .....	51
<b>Gambar 4.7</b> Penempatan Tanaman .....	52
<b>Gambar 4.8</b> Penempatan Sensor <i>Soil moisture</i> dan <i>Dripstake</i> .....	52

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi Arduino Uno .....	13
<b>Tabel 2.2</b> Spesifikasi NodeMCU.....	15
<b>Tabel 2.3</b> Spesifikasi Sensor BME280 Grove.....	15
<b>Tabel 2.4</b> Spesifikasi <i>Sensor Soil moisture</i> .....	17
<b>Tabel 3.1</b> Informasi Nilai Keanggotaan <i>Input</i> Suhu.....	29
<b>Tabel 3.2</b> Informasi Nilai Keanggotaan <i>Input</i> Kelembaban Tanah.....	30
<b>Tabel 3.3</b> Informasi Nilai Keanggotaan <i>Output</i> .....	31
<b>Tabel 3.4</b> <i>Rule Base</i> .....	32
<b>Tabel 4.1</b> Perbandingan Nilai Sensor dan <i>Thermometer</i> .....	36
<b>Tabel 4.2</b> Perbandingan Nilai Kelembaban Sensor dengan Higrometer.....	38
<b>Tabel 4.3</b> Perbandingan Nilai <i>Fuzzy</i> Sistem dan Matlab.....	40
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem <i>Hardware</i> .....	41
<b>Tabel 4.5</b> Rule Base <i>Fuzzy</i> pada Matlab .....	44

## ABSTRAK

Hidayatollah, Fifit Yulianti Amanah. 2020. *Smart Drip Irrigation System Untuk Budidaya Tanaman Cabai Berbasis Internet Of Thing Menggunakan Metode Fuzzy Logic*. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Muhammad Faisal, M.T. (II) Fresy Nugroho, M.T.

---

Kata Kunci : Tanaman Cabai, Arduino Uno, NodeMCU, Logika Fuzzy, Irigasi Tetes, *Internet of Thing*.

Tanaman cabai adalah salah satu tanaman yang mudah untuk ditemukan dimanapun. Cabai adalah salah satu dari tanaman atau sayuran yang sering digunakan dan dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Banyaknya penggunaan cabai membuat jumlah produksi dan konsumsi cabai menjadi tidak seimbang. Selain itu, dalam proses budidaya tanaman cabai masih terdapat masalah diantaranya kondisi iklim yang kurang kondusif dan budidaya yang kurang intensif. Maka dibutuhkan upaya dalam peningkatan budidaya tanaman cabai, salah satunya adalah dengan menggunakan irigasi. *Smart drip irrigation* adalah sistem penyiraman tetes otomatis. *Smart drip irrigation system* ini menggunakan sensor suhu dan sensor kelembaban tanah. Sensor suhu dan sensor kelembaban tanah dihubungkan ke Arduino Uno. Kedua sensor tersebut mengambil data dari tanaman cabai dan mengirimkannya ke Arduino Uno. Data dari sensor dihitung pada Arduino menggunakan logika *fuzzy*. Hasil perhitungan *fuzzy* pada Arduino menentukan lamanya waktu penyiraman pada tanaman cabai. Data pada Arduino dikirimkan ke NodeMCU untuk disimpan pada basis data. Data tersebut dapat diakses pada *web* yang telah tersedia melalui browser oleh pengguna. Pada penelitian ini, sensor-sensor telah diuji untuk mendapatkan *persentase error* sensor memiliki hasil sensor berjalan dengan baik. Adapun sensor BME280 memiliki rata-rata *persentase error* sebesar 1,35% sedangkan sensor *soil moisture* memiliki rata-rata *persentase error* sebesar 2,01%. Pengujian logika *fuzzy* juga dilakukan dan mendapatkan hasil memiliki rata-rata *persentase error* dari *fuzzy* tersebut sebesar 0,016%.

## ABSTRACT

Hidayatollah, Fifit Yulianti Amanah. 2020. **Smart Drip Irrigation System for Internet of Thing Chili Cultivation Using Fuzzy Logic Method.** Essay. Department of Informatics, Faculty of Science and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisor: (I) Dr. Muhammad Faisal, M.T. (II) Fresy Nugroho, M.T.

---

Keywords : Chili Plant, Arduino Uno, NodeMCU, Fuzzy Logic, Drip Irrigation, *Internet of Thing*.

The chili plant is one of the plants that is easily found anywhere. Chili is a plant or vegetable that is often used and consumed by Indonesian people. The amount of chili uses an unbalanced amount of chili production and consumption. In addition, there are still obstacles in the chili cultivation process, including unfavorable climatic conditions and less intensive cultivation. So that efforts are needed to increase the cultivation of chili plants, one of which is by using irrigation. Smart drip irrigation is an automatic drip irrigation system. This smart drip irrigation system uses a temperature sensor and a soil moisture sensor. Temperature sensors and soil moisture sensors are connected to the Arduino Uno. The two sensors take data from the chili plant and send it to the Arduino Uno. The data from the sensor is calculated on the Arduino using fuzzy logic. The results of the fuzzy calculations on the Arduino determine the length of time to water the chili plants. The data on the Arduino is sent to NodeMCU to be stored in the database. The data can be accessed on the web which is already available through a browser by the user. In this study, the sensor has been tested to get the percentage of sensor error so that the sensor can run properly. The BME280 sensor has an average error percentage of 1.35%, while the soil moisture sensor has an average error percentage of 2.01%. Fuzzy logic testing was also carried out and the results had an average error percentage of 0.016%.

## الملخص

هدايت الله ، فيفيت يوليانتني أمانة. ٢٠٢٠. نظام الري بالتنقيط الذكي لزراعة نباتات الفلفل الحار عبر الإنترنت باستخدام طريقة المنطق الضبابي. مقال. قسم المعلوماتية ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة الدولة الإسلامية (UIN) مولانا مالك إبراهيم مالانج. المستشار: (١) د. محمد فيصل ، الماجستير. (٢) فريزي نوجروهو ، الماجستير.

الكلمات الرئيسية : نباتات الفلفل الحار ، Arduino Uno ، NodeMCU ، المنطق الضبابي ، الري بالتنقيط ، إنترنت الأشياء.

تعتبر نباتات الفلفل الحار من النباتات التي يسهل العثور عليها في أي مكان. الفلفل الحار هو أحد النباتات أو الخضروات التي يستخدمها ويستهلكها الإندونيسيون غالبًا. يستخدم العدد الكبير من الفلفل الحار كمية غير متوازنة من إنتاج واستهلاك الفلفل الحار. بالإضافة إلى ذلك ، لا تزال هناك مشاكل في عملية زراعة نباتات الفلفل الحار ، بما في ذلك الظروف المناخية الأقل ملاءمة والزراعة الأقل كثافة. لذلك يتطلب الأمر جهودًا لزيادة زراعة نباتات الفلفل الحار ، أحدها باستخدام الري. الري بالتنقيط الذكي هو نظام الري بالتنقيط التلقائي. يستخدم نظام الري بالتنقيط الذكي مستشعرات درجة الحرارة وأجهزة استشعار رطوبة التربة. أجهزة استشعار درجة الحرارة وأجهزة استشعار رطوبة التربة متصلة بـ Arduino Uno. يأخذ المستشعران البيانات من نبات الفلفل الحار ويرسلها إلى Arduino Uno. يتم حساب البيانات من المستشعر على Arduino باستخدام منطق غامض. تحدد نتائج الحسابات المبهمة على Arduino طول الوقت اللازم لسقي نباتات الفلفل الحار. يتم إرسال البيانات الموجودة على Arduino إلى NodeMCU ليتم تخزينها في قاعدة البيانات. يمكن الوصول إلى البيانات على شبكة الإنترنت المتوفرة بالفعل من خلال متصفح من قبل المستخدم. في هذا البحث ، تم اختبار المستشعرات للحصول على النسبة المئوية لأخطاء المستشعر التي تعمل بشكل جيد. حساس BME280 لديه متوسط نسبة خطأ 1.35٪ ، بينما حساس رطوبة التربة لديه متوسط نسبة خطأ 2.01٪. كما تم إجراء اختبار المنطق الضبابي وحصلت النتائج على متوسط نسبة خطأ في الضبابي عند 0.016٪.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada masa ini teknologi berkembang dengan sangat pesat. Khususnya teknologi yang dapat sangat membantu dan mempermudah manusia kedepannya dalam melakukan aktivitas. Teknologi berkembang pada berbagai bidang, seperti bidang pendidikan, bidang kesehatan, bidang pertanian, bidang pendidikan dan lain sebagainya. Sehingga hal ini membantu meningkatkan kualitas pada masing-masing bidang tersebut.

Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang memiliki curah hujan yang tinggi. Sehingga Indonesia memiliki beraneka ragam tumbuhan yang dapat hidup dan tumbuh dengan cepat. Hal ini membuktikan bahwa Indonesia sangat memiliki potensi besar dalam bidang pertanian.

Bidang pertanian adalah salah satu kebanggaan dari negara tropis seperti Indonesia. Akan tetapi, Indonesia termasuk salah satu negara dengan perubahan iklim yang sangat ekstrim. Perubahan iklim ini dapat ditandai dengan peningkatan suhu dan permukaan air laut serta kekeringan. Akibat dari perubahan iklim tersebut, sering kali Indonesia mengalami musim kemarau yang berkepanjangan. Luas tanah pertanian di Indonesia mencapai 76 juta hektar dan 89 persen adalah lahan kering (Adhiguna & Rejo, 2018).

Akibat dari kekeringan tersebut petani Indonesia sangat kesulitan mencari air untuk pertanian mereka. Sehingga banyaknya kasus gagal panen pada pertanian Indonesia. Hal ini menyebabkan bidang pertanian Indonesia mengalami banyak

kerugian pada setiap tahunnya setiap musim kemarau berlangsung. Pada tahun 2010 dan 2014 tercatat sekitar 47.653 Hektar dan 44.777 Hektar lahan di provinsi Jawa Tengah yang mengalami kerugian panen akibat musim kemarau yang lebih panjang dari musim hujan (Sumastuti & Pradono, 2016). Salah satu cara untuk mengatasi kekeringan air pada lahan pertanian pada musim kemarau adalah dengan menggunakan irigasi dan pompa air pada sumber air terdekat.

Dalam proses bertani, penyiraman air pada tanaman sangatlah penting bagi pertumbuhan tanaman. Salah satu cara dalam memberikan air pada tanaman pertanian adalah dengan menggunakan irigasi. Irigasi diartikan sebagai pemberian air pada tanah untuk menjaga kelembaban tanah sesuai dengan pertumbuhan optimal serta menghindari bahan-bahan yang berbahaya bagi tanaman. Hal ini menjelaskan bahwa penggunaan air dari proses budidaya tanaman ini sangat penting, seperti yang tercantum dalam ayat Al-Qur'an surat Al-Hijr ayat 22, yang berbunyi :

وَأَرْسَلْنَا الرِّيَّاحَ لَوَاقِحَ فَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ

**Artinya :** *Dan Kami telah meniupkan angin untuk mengawinkan (tumbuh-tumbuhan) dan Kami turunkan hujan dari langit, lalu Kami beri minum kamu dengan air itu, dan sekali-kali bukanlah kamu yang menyimpannya.*

Dalam kitab tafsir Jalalain pada surat Al-Hijr ayat 22 menjelaskan bahwa “ (Dan kami telah meniupkan angin untuk mengumpulkan awan) menggiring mendung sehingga terkumpul lalu penuh dengan air (lalu Kami turunkan dari langit) dari mendung itu (air) air hujan (kemudian Kami beri minum kamu dengan air itu, dan sekali-kali bukanlah kalian yang menyimpannya) artinya, bukanlah

kalian yang menyimpannya dengan upaya tangan kalian.” (Al-Mahally & As-Suyuthi, 2007).

Irigasi memiliki beberapa jenis sesuai dengan kebutuhan pengguna. Salah satu dari jenis irigasi tersebut adalah sistem irigasi tetes (*Drip irrigation System*). Irigasi tetes (*Drip irrigation*) diperkenalkan pertama kali pada tahun 1869 di Jerman. Irigasi tetes adalah irigasi yang efisien dalam penggunaannya. Irigasi ini meneteskan langsung air pada daerah akar pada tumbuhan, sehingga air dipastikan dapat langsung diserap oleh akar (Prastowo, Hardjoamidjojo, & Awang, 2007). Metode irigasi tetes merupakan sebuah metode yang bertujuan memanfaatkan jumlah ketersediaan jumlah air yang terbatas menjadi efisien dan meningkatkan nilai pendayagunaan air.

Pada sistem irigasi ini tangki penampungan air ditempatkan pada posisi yang lebih tinggi dari daerah perakaran tanaman. Air dari tangki dialirkan menggunakan selang kecil menuju alat tetes. Lalu air diteteskan langsung pada daerah perakaran tumbuhan. Pada sistem ini dibutuhkan pengontrolan waktu penyiraman yang tepat untuk mencegah terjadinya kekurangan air dan kelebihan air pada tanaman, sehingga menyebabkan sistem irigasi ini tidak berjalan secara efisien. Serta memonitoring waktu penyiraman pada tanaman. Oleh karena itu diperlukannya peranan ilmu teknologi dalam mengontrol dan memonitoring sistem tersebut.

Dalam perkembangan teknologi IoT (*Internet of thing*) adalah salah satu teknologi yang dapat membantu dalam mengontrol sebuah sistem. Teknologi ini mengontrol sebuah sistem sehingga sistem tersebut dapat dijalankan secara otomatis. Pada tahap pengontrolan sistem tersebut diperlukannya perangkat keras

(*hardware*) sedangkan pada monitoring dibutuhkan perangkat lunak (*software*). *Hardware* yang digunakan terdiri dari mikrokontroler dan beberapa rangkaian elektronik (Kurniawan, Yadarabullah, & Suprayitno, 2018). Dalam mikrokontroler tersebut telah tersimpan program untuk mengontrol sistem.

Pengembangan sistem kontrol dan monitoring pada *Drip irrigation* pada penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Logic*. Metode ini adalah salah satu metode yang umum digunakan. Kebanyakan peneliti menggunakan metode ini karena mudah dipahami, sehingga sangat mudah diimplementasikan. Metode ini adalah metode yang diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh untuk memproses data yang memiliki ketidakpastian pada sebuah keputusan. Logika *fuzzy* ini merupakan metode yang mampu memberikan hasil yang cukup sesuai dalam menghadapi ketidaktepatan pada sebuah keputusan (Meylani, Handayani, & Ciksadan, 2017). Dalam penelitian ini jenis *fuzzy* yang digunakan adalah *fuzzy* Sugeno. Pemilihan *fuzzy* dengan jenis Sugeno dikarenakan jenis *fuzzy* ini mudah untuk diimplementasikan dalam pengambilan keputusan dengan studi kasus yang serupa pada penelitian. Metode ini akan digunakan dalam pengaturan jumlah waktu pengeluaran air, sehingga dapat mudah dikontrol dan dimonitoring.

Sistem irigasi tetes dapat digunakan pada berbagai macam tanaman. Salah satunya adalah tanaman cabai. Tanaman cabai merupakan tanaman yang memiliki nilai ekonomi yang sangat baik di negara Indonesia. Tanaman cabai termasuk salah satu tanaman atau sayuran yang digunakan oleh masyarakat, dimana semakin banyak macam penggunaan tanaman cabai maka semakin besar minat masyarakat pada tanaman ini. Sehingga mengakibatkan tidak seimbang nya kuota produksi

tanaman cabai dengan permintaan masyarakat dan menyebabkan melonjaknya harga pada tanaman cabai.

Pada proses budidaya tanaman cabai masih terdapat banyak masalah yang dihadapi diantaranya kondisi iklim yang kurang kondusif dan budidaya yang kurang intensif. Maka dengan ini diperlukan adanya upaya untuk meningkatkan proses budidaya cabai dengan menggunakan sistem irigasi tetes. Selama ini masyarakat masih belum banyak menggunakan irigasi tetes pada tanaman cabai (Ekaputra, Yanti, Saputra, & Irsyad, 2017).

Dalam penelitian ini tanaman yang digunakan adalah tanaman cabai dikarenakan tanaman cabai adalah jenis tanaman yang relatif mudah tumbuh dan berkembang biak dimanapun. Selain itu, tanaman cabai dapat dikembang biakan dengan berbagai metode termasuk metode irigasi tetes. Tanaman cabai juga memiliki waktu pertumbuhan yang relatif singkat. Serta dalam perawatan tanaman tersebut tidak memerlukan biaya yang banyak.

Dari latar belakang permasalahan ini, maka perlu dibuatnya sebuah *Drip Irrigation System* untuk membantu memudahkan petani dalam proses mengontrol dan memonitoring setiap proses budidaya tanaman cabai sehingga proses budidaya tanaman cabai dapat lebih efisien pengerjaannya dan hasil yang didapatkan lebih optimal tanpa harus menggunakan cara manual. Sehingga menurunkan kemungkinan terjadinya masalah selama proses budidaya tanaman cabai dan meningkatkan produksi pada tanaman cabai serta lebih efisien dalam memanfaatkan jumlah air yang terbatas.

## 1.2. Pernyataan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang maka pernyataan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana sistem *Smart Drip irrigation* dapat mengontrol dan memonitoring proses budidaya tanaman cabai berbasis IoT (*Internet of Thing*) dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic*?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada pernyataan masalah, maka penelitian diharapkan dapat mencapai tujuan yaitu untuk mengetahui bahwa sistem *Smart Drip irrigation* dapat mengontrol dan memonitoring proses budidaya tanaman cabai berbasis IoT (*Internet of Thing*) dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic*.

## 1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah terbangunnya sebuah sistem *Smart Drip irrigation* untuk membantu dalam mengontrol dan memonitor proses budidaya tanaman cabai.

## 1.5. Batasan Masalah

Agar diperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan yang diharapkan, maka perlu diberikan batasan-batasan masalah, yaitu :

- Dalam penelitian ini sistem yang digunakan hanya sistem irigasi tetes (*Drip irrigation System*).
- Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman cabai. Cabai yang digunakan adalah jenis cabai rawit.
- Menggunakan web untuk memonitoring jalannya sistem.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Skripsi ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Dalam bab ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, serta sistematika penulisan laporan.

### **BAB II STUDI PUSTAKA**

Pada bab ini membahas tentang teori-teori yang menjadi acuan dalam pembuatan analisa dan pemecahan dari permasalahan yang dibahas.

### **BAB III DESAIN DAN PERANCANGAN SISTEM**

Pada bab ini membahas tentang pembuatan desain dan perancangan sistem pada skripsi.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan proses penelitian serta implementasi sistem yang telah dibuat secara menyeluruh dan melakukan pengujian terhadap sistem sehingga mengetahui apakah sistem yang dibuat sudah sesuai untuk menyelesaikan masalah.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian serta saran kemungkinan pengembangan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terkait

(Bennis, Fouchal, Zytoune, & Aboutajdine, 2015) dalam penelitiannya mempresentasikan arsitektur model untuk sistem irigasi tetes dengan menggunakan *wireless sensor actuator network* (WSAN). Model ini meliputi sensor kelembaban, suhu dan tekanan tanah untuk memantau proses irigasi. Khususnya untuk kasus kegagalan sistem seperti kebocoran pipa dan lainnya. Selain itu peneliti membedakan dua jalur utama untuk mengirimkan informasi dari WSAN dan menggunakan protokol routing berbasis prioritas untuk mencapai kinerja QoS yang tinggi. Menurut peneliti simulasi ini dapat dinyatakan efektif. Hasil membuktikan bahwa solusi peneliti memberikan kinerja yang lebih baik dalam hal keterlambatan.

(Agrawal & Singhal, 2015) dalam penelitiannya menyajikan desain sistem irigasi tetes pintar yang dapat menyiram tanaman secara otomatis. Dalam penelitian ini perangkat yang digunakan adalah *raspberry pi*, mikrokontroler Arduino, modul *xbee* dan papan *relay*. Penggunaan komponen-komponen ini dapat menghasilkan implementasi sistem yang efektif, terukur dan keseluruhan. Perintah di proses pada *raspberry pi* menggunakan Bahasa python. Mikrokontroler Arduino digunakan untuk menerima perintah *on/off* dari *raspberry* menggunakan protokol *zigbee*. Topologi *star zigbee* digunakan sebagai konektor antara *raspberry* dengan perangkat akhir.

(Anand, Jayakumar, Muthu, & Amirneni, 2015) pada penelitiannya mengoptimalkan penggunaan air untuk tanaman pertanian menggunakan sensor

nirkabel terdiri dari banyak *node sensor*, *hub* dan unit kontrol. Sensor mengumpulkan data pada waktu nyata lalu data dikirimkan ke *hub* menggunakan teknologi nirkabel. *Hub* memproses data menggunakan logika *fuzzy* dan memutuskan durasi terbukanya katup. Karena itu, sistem irigasi diterapkan pada waktu tertentu.

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Tanaman Cabai

Cabai (*Capsicum annum L.*) adalah salah satu jenis tanaman hortikultura. Cabai termasuk jenis tanaman terung-terungan (*Solanaceae*). Cabai sangat penting untuk dibudidayakan, hal ini disebabkan karena cabai memiliki kandungan gizi yang cukup dan nilai ekonomi yang tinggi yang banyak digunakan atau dikonsumsi masyarakat.

Tanaman cabai dapat tumbuh di berbagai ketinggian tempat. Hal ini dapat didukung dengan pernyataan bahwa jenis cabai merah dapat tumbuh dengan suhu optimal berkisar 21°C – 27°C (Nurlenawati, Jannah, & Nimih, 2010). Cabai dapat tumbuh pada jenis ketinggian rendah, sedang hingga tinggi tetapi hal ini tentu akan mempengaruhi hasil dari tanaman cabai tersebut. Cabai memiliki banyak sekali jenis di dunia, namun hanya beberapa jenis cabai yang banyak dibudidaya dan yang mudah untuk ditemukan (Afrilia). Adapun jenis-jenis cabai tersebut yaitu:

#### 2.2.1.1. Cabai Rawit

Cabai rawit merupakan cabai yang memiliki ukuran kecil. Tanaman cabai ini memiliki tinggi sekitar 150 cm. Cabai jenis ini banyak tumbuh di negara-negara Asia Tenggara termasuk Indonesia, Thailand dan lainnya.

Jenis cabai ini memiliki tingkat kepedasan yang tinggi. Biasanya cabai ini banyak digunakan untuk bahan-bahan masakan atau konsumsi masyarakat.



**Gambar 2.1** Cabai Rawit

Sumber: <https://hot.liputan6.com/read/4188867/7-cara-menanam-cabai-rawit-yang-mudah-hasil-melimpah>

#### **2.2.1.2. Cabai Besar**

Cabai besar adalah jenis cabai yang memiliki ukuran relatif besar. Jenis cabai ini memiliki tingkat kepedasan yang tidak terlalu tinggi. Biasanya cabai ini digunakan sebagai bahan-bahan dapur. Cabai ini adalah cabai yang paling banyak dibudidayakan serta yang paling penting secara ekonomis. Tanaman cabai ini memiliki tangkai horizontal dengan Panjang hingga 4,5 cm.



**Gambar 2.2** Cabai Besar

Sumber: <https://katalogkuliner.com/2016/05/tips-menghaluskan-cabai-merah-besar.html>

### 2.2.1.3. Cabai Keriting

Cabai kering adalah jenis cabai yang memiliki ukuran sedang-besar. Cabai ini memiliki tekstur yang kasar dan mengkerut. Tingkat kepedasan pada cabai ini lebih pedas daripada cabai besar tapi masih dibawah cabai rawit. Cabai ini juga biasa digunakan untuk bahan-bahan masakan.



**Gambar 2.3** Cabai Keriting

Sumber: <https://www.beritasatu.com/paulus-c-nitbani/ekonomi/408152/harga-cabai-keriting-di-bengkulu-tembus-rp-56000-per-kg>

### 2.2.1.4. Paprika

Paprika adalah salah satu jenis cabai yang memiliki bentuk paling berbeda dari cabai lainnya. Paprika memiliki 4 varian warna yaitu merah, hijau, kuning dan orange. Paprika dikelompokkan dalam jenis cabai yang kurang pedas atau “*sweet peppers*”. Bentuk dari paprika sendiri menyerupai lonceng sehingga paprika sering kali disebut sebagai *Bell Pepper*. Jenis cabai ini memiliki tekstur yang renyah dan keras dan bagian dalamnya berongga. Paprika digunakan sebagai bahan pelengkap makanan.



**Gambar 2.4** Paprika

Sumber: <https://bobo.grid.id/read/08956807/apakah-paprika-dengan-warna-yang-berbeda-berasal-dari-pohon-yang-sama?page=all>

### 2.2.2. Irigasi Tetes (*Drip irrigation*)

Irigasi memiliki beberapa metode dalam pemberian air pada tanaman, yaitu penggenangan (*flooding*), penyemprotan (*sprinkling*), dan tetes (*trickling*). Metode pemberian air dengan menggunakan aliran air kecil atau tetes pada daerah perakaran disebut irigasi tetes. Irigasi ini pertama kali diterapkan di Jerman pada tahun 1869, namun perkembangan irigasi tetes baru terjadi sekitar tahun 1960 di Israel. Irigasi ini memiliki efisiensi paling tinggi dibandingkan irigasi lainnya (Prastowo, Hardjoamidjojo, & Awang, 2007).

Irigasi tetes merupakan salah satu jenis irigasi mikro. Irigasi ini berguna untuk menghemat penggunaan air pada tanaman serta menjaga kelembaban pada media tanam. Irigasi tetes merupakan metode pemberian air dalam jumlah yang sedikit secara berkelanjutan pada tanaman. Cara kerja irigasi ini adalah air akan mengalir dari tangki utama ke selang pvc yang berukuran kecil lalu air akan ditetaskan oleh *dripstake* (penetes) pada tanah atau daerah perakaran (Adhiguna & Rejo, 2018).

### 2.2.3. Komponen Elektronik

#### 2.2.3.1. Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang berbasis *microchip* Atmega328. Perangkat ini bersifat *open source* sehingga sangat mudah digunakan pada perangkat keras dan perangkat lunak lainnya. Dalam penggunaannya, alat ini dapat disambungkan pada komputer dengan menggunakan kabel *USB*.

Arduino Uno Atmega328 adalah papan mikrokontroler yang memiliki VIN sebagai sumber daya tegangan yang memiliki daya sebesar 7-12 *volt*. Pada Arduino ini juga terdapat *jack power 5 volt*. Selain itu, Arduino Uno juga memiliki 6 pin *analog input* yang dinamakan A0 hingga A5 dengan 10 bit resolusi (1024) pada masing-masing pin (Rajagukguk, Poekoel, & Putro, 2018).



Gambar 2.5 Arduino Uno

Sumber: <https://coretanqolam.blogspot.com/2017/10/mengenal-Arduino-uno.html>

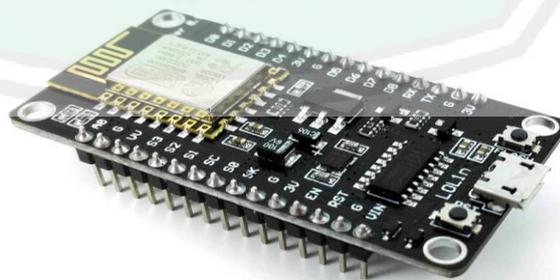
Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Uno

Parameter	Keterangan
Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan Pengoprasian	5V
Tegangan <i>Out</i> yang disarankan	7 – 12V

Batas Tegangan <i>Input</i>	6 – 20V
Jumlah Pin I/O <i>Digital</i>	14 Pin (6 Pin diantaranya menyediakan keluaran PMW).
Jumlah <i>Analog</i> Pin	6 Pin
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50 mA
<i>Memory Flash</i>	32 KB (Atmega) sekitar 0,5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (ATmega 328)
EPROM	1 KB (ATmega 328)
<i>Clock Speed</i>	16 Hz

### 2.2.3.2. NodeMCU-ESP8266

NodeMCU merupakan mikrokontroler yang berukuran sangat kecil. Pada *board* ini telah dilengkapi oleh fitur *wifi* dan *firmware* yang bersifat *open source*. *Board* ini dapat menghubungkan alat-alat elektronik lainnya dengan menggunakan koneksi fitur *wifi* yang tersedia. NodeMCU dapat menggunakan aplikasi Arduino sehingga bahasa pemrograman yang digunakan sama pada Arduino umumnya. Selain itu NodeMCU juga menggunakan bahasa pemrograman Lua yang memiliki logika dan susunan pemrograman yang hampir sama dengan bahasa C (Susanto, Pramono, & Kundono, 2018).



**Gambar 2.6** NodeMCU-ESP8266

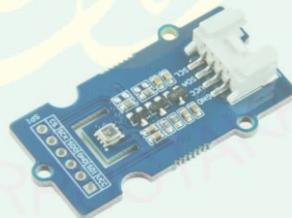
Sumber: <https://th.cytron.io/p-nodemcu-lua-v3-esp8266-wifi-with-ch340c>

**Tabel 2.2** Spesifikasi NodeMCU

<b>Parameter</b>	<b>Keterangan</b>
Vendor Pembuat	Lolin
Tipe ESP8266	ESP-12E
<i>USB port</i>	<i>Micro USB</i>
GPIO Pin	13
ADC	1 pin (10 bit)
<i>USB to Serial Converter</i>	CH340G
<i>Power Input</i>	4.5V – 9V
Dimensi	31 x 58 mm

### 2.2.3.3. Sensor Grove BME280

Sensor *Grove BME280* adalah sensor yang memiliki 3 fitur yaitu pembaca suhu, kelembaban dan tekanan barometrik dalam satu sensor. Sensor ini memiliki batasan tegangan 5V. BME280 dapat membaca suhu dengan rentan  $-40^{\circ}\text{C}$  hingga  $85^{\circ}\text{C}$  dengan akurasi  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$  lalu pembacaan kelembaban 0% hingga 100% dengan akurasi  $\pm 3\%$  (Bosch Sensortec, 2018).

**Gambar 2.7** Sensor *Grove BME280*

Sumber: <https://www.seeedstudio.com/Grove-Temperature-Humidity-Pressure-and-Gas-Sensor-for-Arduino-BME680.html>

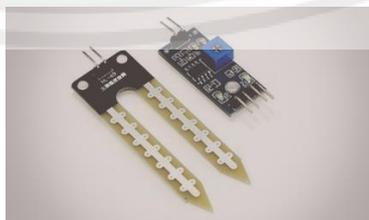
**Tabel 2.3** Spesifikasi Sensor BME280 Grove

<b>Parameter</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Input voltage</i>	3.3V atau 5V
<i>I/O voltage</i>	3.3V atau 5V
<i>Operating current</i>	0.4mA

<i>Operating temperature</i>	-40 – 85 °C
<i>Atmospheric pressure sensor measurement range</i>	300 - 1100 hPa (1 hPa= <i>one hundred Pa</i> ) with $\pm 1.0$ hPa accuracy
<i>Temperature sensor measurement range</i>	-40 - 85 °C, with $\pm 1.0^\circ\text{C}$ accuracy
<i>Humidity sensor measurements range</i>	0% - 100% <i>relative humidity</i> , with $\pm 3\%$ accuracy
<i>Measurement modes</i>	<i>Piezo &amp; Temperature, forced or periodic</i>
<i>Chip</i>	BME280
<i>Weight</i>	3.2 g (for breakout board), 9.3 g for whole package each piece
<i>Dimensions</i>	40 (length) $\times$ 20 (width) mm
<i>I2C</i>	0x76(default) or 0x77

#### 2.2.3.4. Soil Moisture Sensor

*Soil moisture sensor* adalah sensor yang membaca nilai kelembaban pada tanah. Sensor ini memiliki 2 *probe* yang dapat menghantarkan listrik pada sensor untuk mengetahui jumlah air dalam tanah. Semakin banyak air maka semakin mudah untuk menghantarkan listrik sebaliknya jika semakin sedikit air pada tanah maka semakin sulit untuk menghantarkan listrik. Sensor ini memiliki tegangan *input* sebesar 5 volt atau 3.3 volt, tegangan *output* 0 hingga 4.2 volt, arus sebesar 35 mA, dan *value range* ADC mulai dari 0-1023 bit (Anggara, Rohmah, & Sugianto, 2018).



**Gambar 2.8** *Soil moisture sensor*

Sumber: <https://www.instructables.com/Soil-Moisture-Sensor-Raspberry-Pi/>

**Tabel 2.4** Spesifikasi *Sensor Soil moisture*

Parameter	Keterangan
Tegangan Pengoperasian	3.3V atau 5V
Arus Pengoperasian	35mA
<i>Output</i> Digital	0V – 5V
<i>Input</i> Analog	0V – 5V
Ukuran PCB	3,2 cm x 1,4 cm
Desain	LM393

#### 2.2.3.5. *Relay*

*Relay* merupakan saklar yang menggunakan listrik. *Relay* terdiri dari lilitan *switch* mekanik. *Relay* dikontrol oleh mikrokontroler. *Relay* berfungsi untuk mengontrol *solenoid valve*. Adapun karakteristik *relay* adalah memiliki tegangan 5V, prinsip kerja mekaniknya menggunakan engsel dan kontak relatif kecil (Pratama, 2018).

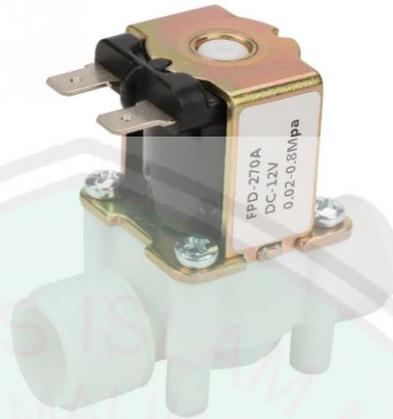
**Gambar 2.9** *Relay*

Sumber: <https://sunupradana.info/tkr/2017/07/15/modul-dua-relay/>

#### 2.2.3.6. *Solenoid Valve*

*Solenoid valve* merupakan katup yang dapat digunakan menggunakan energi listrik. *Solenoid valve* dapat digerakan dengan arus DC maupun AC. Adapun tugas dari *solenoid valve* adalah *shut-off*, *release*,

*dose, distribute* atau *mix fluids*. *Solenoid valve* akan dikontrol menggunakan *relay* (Pratama, 2018).



**Gambar 2.10** *Solenoid Valve*

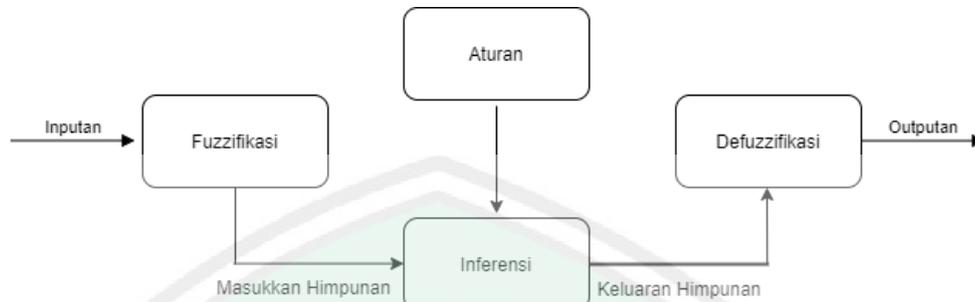
Sumber: <https://www.bukalapak.com/p/elektronik/komponen-elektronik/e2vn9f-jual-katup-solenoid-air-elektrik-water-electric-solenoid-valve-12v-220v>

#### 2.2.4. Metode *Fuzzy Logic*

Sistem logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh untuk memproses informasi dan data yang memiliki nilai ketidakpastian pada sebuah keputusan. Metode ini dapat menyelesaikan masalah ketidakpastian dan ketidaktepatan. Sistem logika *fuzzy* ini membuat formula matematis dari ilmu dasar dapat diimplementasikan kedalam dunia nyata. Hal ini menarik perhatian banyak peneliti.

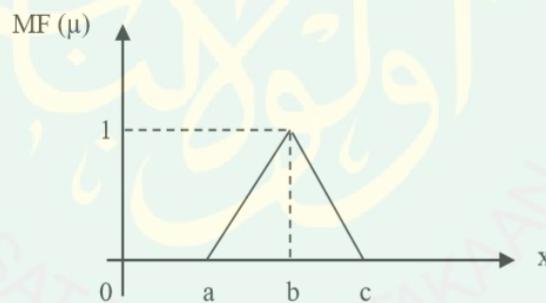
*Type-1 Fuzzy Logic System* (T1FLS) merupakan tipe *fuzzy* yang paling sering digunakan karena mudah untuk diimplementasikan. Pada T1FLS terdapat 3 proses utama, yaitu fuzzifikasi, penentuan *rule base* (inferensi), dan defuzzifikasi. Pada T1FLS, elemen-elemennya terdapat nilai derajat keanggotaan, sehingga nilai pada himpunan tidak sepenuhnya salah atau benar. Derajat keanggotaan bernilai 0 dan 1,

sehingga nilai diambil dari interval 0 dan 1 (Meylani, Handayani, & Ciksadan, 2017).



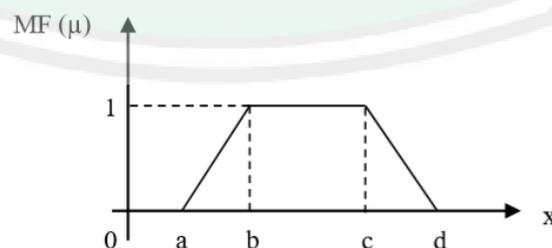
**Gambar 2.11** Alur Logika *Fuzzy*

Pada *fuzzy* terdapat dua jenis kurva, yaitu kurva segitiga dan kurva trapesium. Penggunaan kurva ditentukan dari banyaknya parameter yang ada. Pada kurva segitiga, jumlah parameter adalah tiga yaitu  $\{a,b,c\}$  sedangkan pada trapesium, jumlah parameter ada empat  $\{a,b,c,d\}$ . kurva dapat digambarkan seperti gambar dibawah.



**Gambar 2.12** Kurva Segitiga

Sumber: (Suryatini, Maimunah, & Fauzandi, 2019)



**Gambar 2.13** Kurva Trapesium

Sumber: (Suryatini, Maimunah, & Fauzandi, 2019)

Selain kurva, rumus untuk menghitung nilai *fuzzy* juga berbeda antara kurva segitiga dan trapesium. Berikut adalah rumus tersebut.

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

$$\mu(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (2)$$

**Gambar 2.14** (1) Rumus Kurva Segitiga. (2) Rumus Kurva Trapesium  
Sumber: (Suryatini, Maimunah, & Fauzandi, 2019)

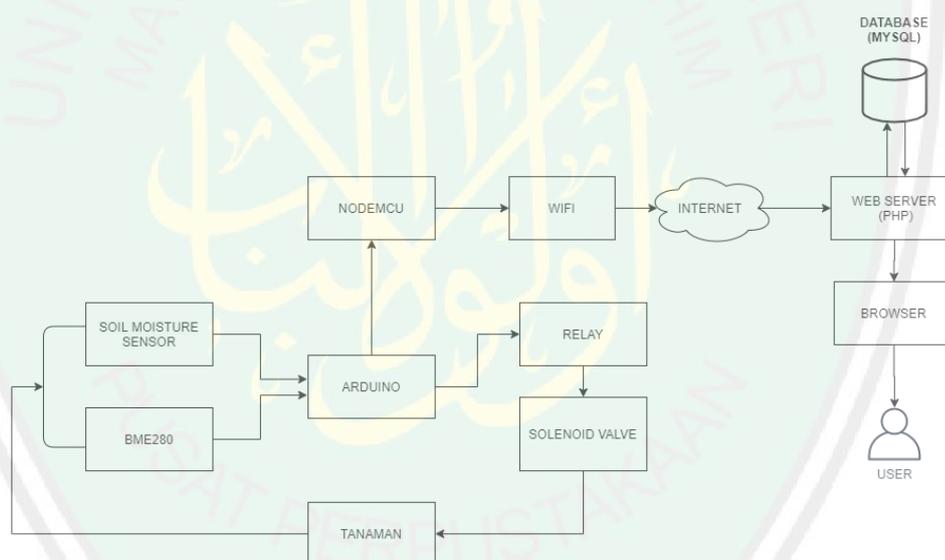
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan pada penelitian yang akan dilakukan dalam membuat sistem *smart* irigasi tetes (*smart drip irrigation system*) pada tanaman cabai dan menyelesaikan masalah dalam pembuatan sistem serta mengimplementasikan metode *Fuzzy Logic*.

#### 3.1. Desain Sistem

Desain alur sistem dibuat agar dapat mudah dipahami dalam alur kerja sistem yang dibuat. Adapun alur sistem yang dibuat sebagai berikut.



**Gambar 3.1** Desain Sistem

*Soil moisture sensor* atau sensor kelembaban akan diletakkan pada tanaman dan terhubung dengan Arduino untuk membaca nilai kelembaban tanah. *Probe* sensor akan menancap pada tanah tanaman. Lalu sensor BME280 nantinya juga akan terhubung dengan Arduino guna membaca nilai suhu. Setelah itu, nilai yang dibaca oleh sensor akan langsung dihitung menggunakan logika *fuzzy* yang telah di

program di Arduino. Hasil dari perhitungan *fuzzy* di Arduino dikirim ke *relay* untuk menjalankan proses penyiraman di *solenoid valve*. Secara bersamaan nilai yang dibaca oleh sensor beserta hasil perhitungan *fuzzy* dikirimkan ke NodeMCU.

Data dari NodeMCU dikirimkan ke *web server* melalui *wifi* yang terhubung *internet* dengan cara mengatur 'SSID' dan 'Password' dari *wifi* tersebut di dalam NodeMCU. Data tersebut diproses oleh *web server* kemudian disimpan ke *database*. Lalu *user* dapat mengakses data tersebut melalui *browser* dengan melakukan *request* HTTP ke *web server*. Kemudian *web server* memberikan respon berupa halaman *web monitoring* beserta data sensor dan hasil perhitungan *fuzzy* yang telah tersimpan pada *database*.

### 3.1.1. *Hardware System*

#### 3.1.1.1. *Arduino*

Arduino disini berperan sebagai mikrokontroler yang akan mengontrol jalannya sistem. Arduino akan terhubung dengan beberapa komponen. Pada Arduino juga terjadi proses pengambilan data dan perhitungan *fuzzy*. Data yang telah diambil dan diproses akan dikirimkan ke NodeMcu yang kemudian akan disimpan pada *database* dan dapat diakses *user* dengan menggunakan *web server*.

#### 3.1.1.2. *Adapter*

*Adapter* merupakan salah satu komponen yang terhubung dengan Arduino, NodeMCU dan *relay*. Komponen ini digunakan untuk memberikan sumber listrik untuk pada komponen elektronik yang lainnya agar dapat menyala dan digunakan.

### 3.1.1.3. NodeMCU-ESP8266

NodeMCU merupakan perangkat yang menghubungkan Arduino dengan *web server*. Pada NodeMCU terdapat fitur *wifi*. Fitur ini membantu Arduino untuk dapat mengirim atau menyimpan data pada *database* sehingga dapat di akses oleh *user* di *web*.

### 3.1.1.4. Soil Moisture Sensor

*Soil moisture sensor* adalah sensor yang bertugas membaca kelembaban pada tanah tanaman. Sensor ini terhubung dengan Arduino. Dalam penggunaannya, sensor ini memiliki 2 *probe* yang ditancapkan pada tanah tanaman. Kedua *probe* tersebut akan dapat membaca nilai kelembaban tanah dengan menggunakan arus listrik yang mengalir dari tanah ke sensor. Semakin basah tanah tersebut maka semakin cepat arus listrik yang dialirkan. Sebaliknya, semakin sedikit air pada tanah maka semakin susah listrik untuk dialirkan.

### 3.1.1.5. Sensor BME280

Sensor BME280 dirangkai dengan Arduino. Sensor ini digunakan untuk membaca nilai suhu dan kelembaban pada tanaman. Dalam penggunaannya, presisi alat ini pada suhu mencapai  $-40^{\circ}\text{C}$  hingga  $85^{\circ}\text{C}$  dengan tingkat akurasi  $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$  sedangkan pada kelembaban dari *range* 0% hingga 100% dengan tingkat akurasi  $\pm 3\%$ . Sensor ini akan dibaca dengan Arduino menggunakan bahasa C.

### 3.1.1.6. *Relay*

*Relay* adalah saklar yang mengontrol arus listrik. Pada *relay* hanya terdapat dua sinyal yaitu *HIGH* dan *LOW*. Arus listrik tersebut nantinya akan dialiri kepada *solenoid valve*. Pada *solenoid valve*, *relay* akan mengontrol lama aliran air yang akan dikeluarkan. Sedangkan pada pompa air, *relay* akan mengontrol dalam proses pengisian bak air.

### 3.1.1.7. *Solenoid Valve*

*Solenoid valve* merupakan katup otomatis yang bersifat elektronik. Katup ini berguna untuk mengaliri air pada tanaman serta menghentikan aliran. Katup ini nantinya akan dikontrol oleh *relay*.

## 3.1.2. *Software System*

### 3.1.2.1. *Sistem Operasi*

Sistem operasi yang digunakan adalah *Windows*. Hal ini karena windows adalah sistem operasi yang sangat umum dalam penggunaannya. Dan dalam penelitian ini tidak dibutuhkan sistem operasi khusus.

### 3.1.2.2. *MySQL*

Database yang digunakan pada penelitian ini adalah *MySQL Server*. Data yang telah didapatkan akan disimpan pada *database MySQL*. Data tersebut dapat diakses menggunakan *PhpMyAdmin*. Data yang akan disimpan pada *database* adalah suhu, kelembaban, dan durasi penyiraman. Sehingga setelah data tersimpan data dapat diakses pada *web*. Kelebihan dari database tersebut adalah *MySQL* bersifat *open source*.

### 3.1.2.3. *Web Server*

*Web server* dapat dihubungkan ke halaman *web*. Pada *web* data seperti suhu, kelembaban dan durasi penyiraman ditampilkan. Untuk membuat tampilan pada *web* digunakan PHP. Pemakaian PHP sesuai dengan keinginan pengguna. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, dalam pemakaiannya dapat dikombinasikan dengan HTML.

### 3.1.2.4. **Matlab 2016a**

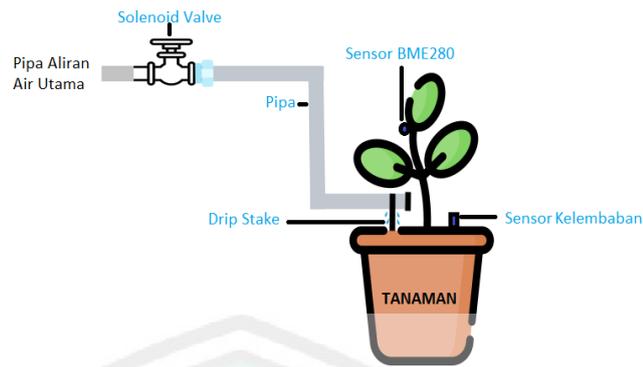
*Software* Matlab 2016a adalah aplikasi yang digunakan untuk menghitung *fuzzy*. Aplikasi ini digunakan untuk melakukan pengujian pada penelitian. Hasil perhitungan *fuzzy* pada aplikasi Matlab akan dibandingkan dengan perhitungan *fuzzy* yang dilakukan sistem atau mikrokontroler. Hasil dari perbandingan tersebut akan memastikan apakah *fuzzy* pada sistem bekerja dengan baik.

### 3.1.2.5. **Arduino IDE**

Arduino IDE adalah aplikasi pemrograman untuk Arduino. Bahasa yang digunakan dalam aplikasi ini adalah C atau C++. Aplikasi ini adalah aplikasi resmi yang dikeluarkan oleh Arduino. Kode program yang digunakan pada aplikasi ini disebut Arduino “*sketch*” dengan ekstensi file source code.ino.

## 3.2. **Perancangan Irigasi Tetes**

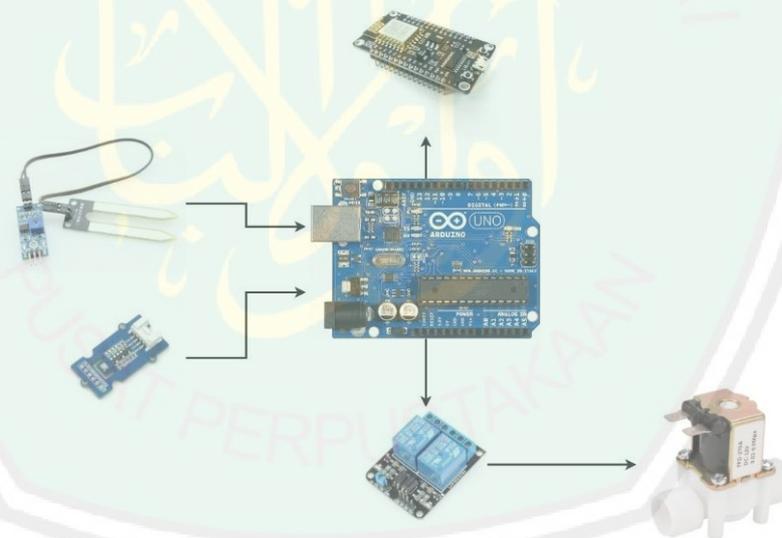
Alat irigasi tetes dirancang sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Berikut adalah gambar rancangan dari alat irigasi tetes.



**Gambar 3.2** Rancangan Alat Irigasi Tetes

### 3.3. Rangkaian Elektronik

Untuk lebih mudah memahami visualisasi pada rangkaian, maka peneliti membuat desain rangkaian elektronik. Untuk melihat lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 3.3** Rangkaian Elektronik

Pada gambar 3.3 menampilkan alat-alat elektronik yaitu Arduino Uno, sensor BME280, sensor kelembaban tanah, NodeMCU, *relay*, dan *solenoid valve*. Pada rangkaian elektronik diatas menjelaskan tentang hubungan antara alat-alat yang digunakan. Pada gambar diatas Arduino Uno berperan sebagai mikrokontroler

utama. Pada Arduino data terkumpul dan diproses dalam perhitungan *fuzzy*. Pada bagian kiri gambar sensor BME280 dan sensor kelembaban terhubung dengan Arduino untuk mengirimkan data yang didapatkan. Kemudian pada bagian bawah gambar, *relay* terhubung dengan Arduino dan *solenoid valve*. *Relay* akan mendapatkan perintah dari Arduino untuk mengontrol *solenoid valve* dalam proses penyiraman. Selanjutnya, pada bagian atas gambar terdapat NodeMCU. Alat ini terhubung dengan mikrokontroler. NodeMCU akan menerima data nilai suhu, nilai kelembaban dan hasil perhitungan *fuzzy* dari Arduino. Kemudian, NodeMCU mengirimkan data tersebut ke *web server* menggunakan *wifi* yang telah tersedia.

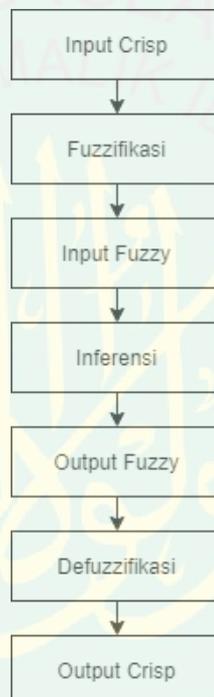
#### 3.4. Penerapan Metode

Berjalannya proses irigasi tetes otomatis ini berdasarkan dari hasil perhitungan *fuzzy* yang telah dilakukan. Variabel yang akan digunakan adalah suhu dan kelembaban tanah. Setelah kedua variabel dihitung maka hasil tersebut berbentuk lama penyiraman pada tanaman. Setelah mendapatkan hasil kemudian proses dijalankan ke *relay* untuk menghidupkan dan menjalankan *solenoid valve* dengan waktu penyiraman yang telah didapatkan.

Pada penelitian ini jenis *fuzzy* yang digunakan adalah *fuzzy* Sugeno. Pada jenis *fuzzy* ini proses pembuatan *rule base* direpresentasikan dalam bentuk “*IF-THEN*”. Nilai *output* tidak berupa himpunan *fuzzy* melainkan berupa konstanta. Lalu hasil defuzzifikasi didapatkan dengan mencari nilai rata-rata (*weighted average*).

Perhitungan dimulai dari proses *input crisp*. Setelah itu nilai *input-an* diproses pada fuzzifikasi untuk mengubah nilai tegas *crisp* menjadi nilai *fuzzy* dalam bentuk fungsi keanggotaannya masing-masing. Selanjutnya hasil dari fuzzifikasi dibuatkan

*rule* pada proses inferensi. Penggunaan *rule* pada proses ini menggunakan “*IF-THEN*”. Setelah data diolah sesuai *rule* maka akan menghasilkan nilai *output fuzzy*. Setelah itu, nilai *output* tersebut digunakan untuk proses defuzzifikasi. Proses ini berupa perubahan nilai *output fuzzy* menjadi data pasti. Nilai ini nantinya akan menentukan lama dari penyiraman. Adapun variabel waktu dari lama penyiraman yaitu sangat cepat, cepat, sedang, lama, dan sangat lama. Berikut merupakan alur proses *fuzzy* pada gambar dibawah.



**Gambar 3.4** Alur *Fuzzy*

### 3.4.1. Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi adalah proses nilai tegas (*crisp*) atau nilai variabel menjadi himpunan *fuzzy* dengan menggunakan fungsi keanggotaan. Pada penelitian ini fungsi keanggotaan didapatkan pada penelitian sebelumnya. Terdapat 2 variabel yaitu variabel suhu dan variabel kelembaban tanah. Pada suhu terdapat 4 variabel linguistik yaitu dingin, sejuk, normal dan panas sedangkan pada kelembaban tanah

terdapat 3 variabel linguistik yaitu kering lembab basah (Suryatini, Maimunah, & Fauzandi, 2019).

### 1. Variabel Suhu

Variabel suhu dibuat dengan range 15°C hingga 40°C. Gambar dibawah mempresentasikan nilai untuk fungsi keanggotaan *input* suhu. Berikut adalah gambar dari fungsi keanggotaan *input* suhu dan tabel untuk informasi keanggotaan *input* suhu.



Gambar 3.5 Fungsi Keanggotaan Suhu

Tabel 3.1 Informasi Nilai Keanggotaan *Input* Suhu

Variabel Linguistik	Nilai pada fungsi keanggotaan
Dingin	15°C - 23°C {Trapezium: 10 15 18 23}
Sejuk	19°C - 27°C {Segitiga: 19 23 27}
Normal	23°C - 31°C {Segitiga: 23 27 31}
Panas	27°C - 35°C {Trapezium: 27 32 40 42}

Setelah mendapatkan fungsi keanggotaan variabel *input* suhu maka dilakukan perhitungan fuzzifikasi. Contoh suhu terbaca oleh sensor pada tanaman senilai 29,5 °C. Nilai suhu tersebut berada diantara kurva turun keanggotaan normal dan kurva naik keanggotaan panas. Maka berikut adalah perhitungannya.

$$x = 29,5^{\circ}\text{C}$$

$$\mu_{\text{Normal}} = \frac{c-x}{c-b} = \frac{31-29,5}{31-27} = 0,375$$

$$\mu_{\text{Panas}} = \frac{x-a}{b-a} = \frac{29,5-27}{32-27} = 0,5$$

Pada perhitungan diatas nilai  $x$  mempunyai hasil 0,375 pada keanggotaan normal dan 0,5 pada keanggotaan panas.

## 2. Variabel Kelembaban Tanah

Variabel Kelembaban Tanah memiliki *range* mulai dari 0 sampai dengan 100. Gambar dibawah mempresentasikan nilai untuk fungsi keanggotaan *input* kelembaban tanah. Berikut adalah gambar dari fungsi keanggotaan *input* kelembaban tanah dan tabel untuk informasi keanggotaan *input* kelembaban tanah.



Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan Kelembaban Tanah

Tabel 3.2 Informasi Nilai Keanggotaan *Input* Kelembaban Tanah

Variabel Linguistik	Nilai pada fungsi keanggotaan
<b>Kering</b>	0 - 30% {Trapezium: -10 0 20 30}
<b>Lembab</b>	28 - 70% {Segitiga: 28 55 70}
<b>Basah</b>	68 - 100% {Trapezium: 68 85 100 110}

Seperti pada keanggotaan suhu, setelah mendapatkan fungsi keanggotaan variabel *input* kelembaban tanah maka dilakukan perhitungan fuzzifikasi. Contoh kelembaban tanah terbaca oleh sensor pada tanaman senilai 75%. Nilai tersebut berada pada kurva naik keanggotaan basah. Berikut adalah perhitungannya.

$$\mu_{\text{Basah}} = \frac{x-a}{b-a} = \frac{75-68}{85-68} = 0,4117$$

Menurut perhitungan tersebut, nilai  $x$  diatas mempunyai hasil 0,412 pada keanggotaan basah.

### 3. Variabel Waktu (lama penyiraman)

Variabel waktu adalah hasil dari perhitungan variabel suhu dan variabel kelembaban tanah. Variabel ini memiliki range 0 hingga 840 detik. Pada variabel waktu terdapat 5 variabel linguistik yaitu sangat cepat, cepat, sedang, lama, dan sangat lama. Berikut adalah gambar dari fungsi keanggotaan *output* waktu dan tabel untuk informasi keanggotaan *output* waktu.



Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan Waktu

Tabel 3.3 Informasi Nilai Keanggotaan *Output*

Sangat Cepat	Cepat	Sedang	Lama	Sangat Lama
120	240	480	720	840

### 3.4.2. Inferensi

*Fuzzy Rule* adalah suatu aturan yang dibuat untuk memenuhi syarat dari sebuah *output* yang terjadi.

**Tabel 3.4 Rule Base**

Kelembaban Tanah (KT) / Suhu (S)	(S) Dingin	(S) Sejuk	(S) Normal	(S) Panas
(KT) Kering	Sedang	Lama	Sangat Lama	Sangat Lama
(KT) Lembab	Cepat	Sedang	Sedang	Sedang
(KT) Basah	Sangat Cepat	Sangat Cepat	Cepat	Cepat

Berdasarkan Tabel 3.4 *Fuzzy Rule* diatas, dapat dijabarkan *rule* yang akan digunakan dalam pengerjaan penelitian ini. Terdapat 12 *rule* yang tercipta, diantaranya:

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

(R11) *IF* Kelembaban *is* Basah *AND* Suhu *is* Normal *THEN* Timer *is* Cepat.

(R12) *IF* Kelembaban *is* Basah *AND* Suhu *is* Panas *THEN* Timer *is* Cepat.

Setelah *rule base* tersusun, penentuan implikasi pada setiap *rule*. Pada penelitian ini menggunakan operasi logika *fuzzy AND*, metode implikasi *min* dan agregasi *max*.

### 3.4.3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses akhir dari logika *fuzzy*. Defuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai tegas. Pada penelitian ini defuzzifikasi menggunakan metode *weighted average*. Metode ini biasanya digunakan pada persamaan biasa. Berikut adalah rumus dari *weighted average*.

$$Z = \frac{w_1.z_1 + w_2.z_2}{w_1 + w_2}$$

Keterangan:

Z = Hasil perhitungan akhir atau *output*

w1 dan w2 = nilai dari fuzzifikasi

z1 dan z2 = nilai dari keanggotaan *output*

Dari rumus diatas, dapat dihitung hasil yang nantinya akan menjadi *output* lama penyiraman air pada tanaman. Berikut adalah contoh perhitungannya.

Suhu:             $\mu_{\text{Normal}} = 0,375$

$\mu_{\text{Panas}} = 0,5$

Kelembaban Tanah:  $\mu_{\text{Basah}} = 0,4117$

Lalu tentukan persamaan dengan menggunakan *rule base* yang ada.

$$\mu_{\text{Normal}} < \mu_{\text{Basah}} = 0,375 = \text{Cepat}$$

$$\mu_{\text{Panas}} > \mu_{\text{Basah}} = 0,4117 = \text{Cepat}$$

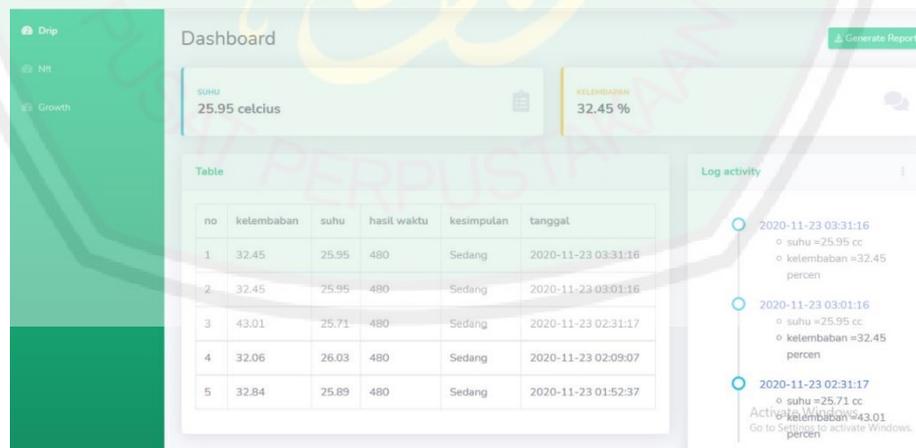
Setelah itu aplikasikan rumus *weighted average*.

$$Z = \frac{(0,375 \cdot 240) + (0,4117 \cdot 240)}{(0,375 + 0,4117)} = 240.$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai *output* adalah 240 detik yang mana berarti lama penyiraman akan berstatus Cepat.

### 3.5. Tampilan Data di Web

Data yang didapatkan telah disimpan pada *database* dan diolah menggunakan *fuzzy*. Data akan ditampilkan pada *web* yang telah disiapkan. Data yang ditampilkan adalah suhu, kelembaban tanah dan durasi penyiraman serta log aktivitas. Pada *web* pengguna dapat melihat data secara langsung (*realtime*). *Website* dibuat senyaman mungkin bagi pengguna. Berikut merupakan tampilan desain *web interface*.



**Gambar 3.8** Tampilan Desain *Prototype* Pada *Web*

### **3.6. Prosedur Pelaksanaan Penelitian**

Dalam proses pelaksanaan penelitian ada beberapa prosedur yang harus rutin dilakukan. Prosedur tersebut merupakan upaya agar tidak terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan selama proses pelaksanaan penelitian. Berikut adalah prosedur pelaksanaan penelitian.

#### **3.6.1. Penanaman Cabai**

Penanaman cabai menggunakan bibit cabai yang bagus dan segar. Bibit cabai yang telah tumbuh sekitar 2 minggu lalu dipindahkan kedalam *polybag* dan ditempatkan pada tempat yang cahaya matahari relatif sedikit. Setelah tanaman dipindahkan tanaman langsung dipasang alat irigasi tetes.

#### **3.6.2. Perawatan Tanaman**

Perawatan dilakukan setiap 2 hari sekali secara berkala. Hal ini dilakukan untuk melihat perkembangan fisik tanaman. Lalu memastikan bahwa tanaman bebas dari organisme yang merugikan tanaman.

#### **3.6.3. Pengamatan**

Seperti halnya perawatan, pengamatan juga dilakukan 2 hari sekali secara berkala. Hal ini mencegah adanya kegagalan pada perangkat. Dan memastikan sistem berjalan dengan baik.

#### **3.6.4. Pengambilan Data**

Data yang diambil pada penelitian ini adalah data suhu dan data kelembaban. Setelah itu kedua data tersebut akan dihitung menggunakan metode *fuzzy*.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Pengujian

Penelitian ini melakukan pengujian terhadap kinerja sistem irigasi tetes menggunakan metode *fuzzy*. Pada bab ini, pengujian yang dilakukan meliputi 2 hal, yaitu pengujian alat dan pengujian sistem. Pada pengujian alat akan dilakukan pengujian sensor-sensor yang digunakan pada *hardware*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa sensor berjalan dengan baik. Kemudian pada pengujian sistem akan dilakukan pengujian pada perhitungan *fuzzy* yang dilakukan oleh mikrokontroler dan pengujian keseluruhan pada jalannya sistem *hardware*. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui bahwa proses perhitungan *fuzzy* pada mikrokontroler dan sistem *hardware* bekerja dengan baik dan benar.

##### 4.1.1. Pengujian Alat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai *error* pada sensor sehingga dapat diketahui bahwa sensor berjalan dengan baik.

##### 4.1.1.1. Pengujian Sensor BME20 dengan *Thermometer*

Hasil nilai suhu dari pembacaan sensor BME280 dibandingkan dengan pembacaan sensor manual (*thermometer*). Berikut hasil pengujian yang didapatkan yang dicantumkan dalam tabel.

**Tabel 4.1** Perbandingan Nilai Sensor dan *Thermometer*

No	Suhu (BME280) (°C)	<i>Thermometer</i> (°C)	<i>Error</i> (%)
1	30,69	30,4	0,95

2	30,71	30,44	0,88
3	31,51	30,8	2,3
4	31,38	31,16	0,7
5	31,27	30,8	1,52
6	29,18	28,75	1,49
7	29,7	29,03	2,3
8	28,01	27,6	1,48
9	27,86	27,42	1,6
10	25,89	25,8	0,34
Rata-rata <i>Error</i> (%)			1,35

Data diatas merupakan data suhu yang telah diambil menggunakan sensor BME280 dan *Thermometer*. Selanjutnya data diatas dihitung *error* serta rata-rata *error*. Untuk menemukan *error* maka kedua data tersebut dilakukan perhitungan *relative error*. Berikut adalah perhitungan *error* menggunakan data pertama dari BME280 dan *thermometer*.

$$Error = \frac{Suhu\ sensor\ BME280 - Suhu\ thermometer}{Suhu\ thermometer} \times 100\%$$

$$Error = \frac{30,69 - 30,4}{30,4} \times 100\%$$

$$Error = \frac{0,29}{30,4} \times 100\%$$

$$Error = 0,95 \%$$

Hasil perhitungan *error* yang didapatkan dari data pertama suhu sensor BME280 dengan suhu *thermometer* adalah 0,95 %. Selanjutnya, berikut adalah perhitungan rata-rata *error* pada sensor BME280 dengan *thermometer*.

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

$$\text{Rata - rata Error} = \frac{13,5}{10}$$

$$\text{Rata - rata Error} = 1,35$$

Dari perbandingan suhu sensor BME280 dengan suhu *thermometer* yang telah diperoleh menghasilkan rata-rata *error* sebesar 1,35 %.

#### 4.1.1.2. Pengujian Sensor *Soil moisture* dengan Higrometer

Hasil nilai kelembaban tanah dari pembacaan sensor *Soil moisture* dibandingkan dengan pembacaan sensor manual (higrometer). Berikut hasil pengujian yang didapatkan yang dicantumkan dalam tabel.

**Tabel 4.2** Perbandingan Nilai Kelembaban Sensor dengan Higrometer

No	<i>Soil moisture</i> (%)	Higrometer (%)	<i>Error</i> (%)
1	51,91	51,23	1,32
2	51,8	50,67	2,23
3	52,49	51	2,92
4	53,96	52,4	2,97
5	54,77	53,81	1,78
6	55,62	54,85	1,40
7	56,79	55,2	2,88
8	60,31	59,53	1,31
9	60,4	59,6	1,3
10	61,58	60,32	2,08
Rata-rata <i>Error</i> (%)			2,01

Data diatas adalah data nilai kelembaban yang diambil oleh *soil moisture sensor* dan higrometer. Data ini kemudian dihitung nilai *error* serta rata-rata nilai *error*. Berikut adalah perhitungan *error* menggunakan data pertama dari *soil moisture sensor* dan higrometer.

$$Error = \frac{\text{Nilai kelembaban sensor} - \text{Nilai kelembaban higrometer}}{\text{Nilai kelembaban higrometer}} \times 100\%$$

$$Error = \frac{51,91 - 51,23}{51,23} \times 100\%$$

$$Error = \frac{0,68}{51,23} \times 100\%$$

$$Error = 1,32 \%$$

Dari perhitungan diatas, nilai *error* data pertama dari kelembaban sensor *soil moisture* dengan higrometer adalah sebanyak 1,32%. Selanjutnya, berikut adalah perhitungan rata-rata *error* sensor pada sensor *soil moisture* dengan higrometer.

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

$$\text{Rata - rata Error} = \frac{20,19}{10}$$

$$\text{Rata - rata Error} = 2,01\%$$

Dari perhitungan diatas, maka nilai rata-rata *error* yang didapat adalah sebanyak 2,01%.

#### 4.1.2. Pengujian Sistem

##### 4.1.2.1. Pengujian Perhitungan Mikrokontroler dengan Matlab

Data nilai suhu dan nilai kelembaban yang telah didapatkan dari sensor kemudian dihitung menggunakan *fuzzy* untuk mendapatkan nilai *output* berupa waktu dalam satuan detik. Hasil *fuzzy* yang telah dijalankan pada mikrokontroler kemudian dibandingkan dengan hasil *fuzzy* yang didapatkan dengan menggunakan Matlab. Berikut data perbandingan yang tercantum dalam tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Perbandingan Nilai *Fuzzy* Sistem dan Matlab

No	Input		Output (detik)		Error %
	Suhu	Kelembaban	Matlab	Sistem	
1	28.16	68.33	444	444.52	0,11
2	28.12	68.04	476	476.27	0,05
3	29	76.25	240	240	0
4	29.12	74.1	240	240	0
5	29.16	70.38	240	240	0
6	28.64	42.71	480	480	0
7	28.55	57.67	480	480	0
8	27	66.08	480	480	0
9	27.89	55.03	480	480	0
10	27.69	65.03	480	480	0
Rata-rata <i>Error</i>					0.016

Dari data perhitungan *fuzzy* menggunakan mikrokontroler dan Matlab diatas telah didapatkan hasil perhitungan *error*. Setelahnya dilakukan perhitungan untuk mencari rata-rata *error*. Berikut adalah perhitungan *error* yang didapatkan dengan menggunakan data pertama.

$$Error = \frac{Fuzzy\ Sistem - Fuzzy\ Matlab}{Fuzzy\ Matlab} \times 100\%$$

$$Error = \frac{444,52 - 444}{444} \times 100\%$$

$$Error = \frac{0,52}{444} \times 100\%$$

$$Error = 0.11 \%$$

Dari perhitungan di atas dengan nilai *fuzzy* pada sistem sebanyak 444,5 dan nilai *fuzzy* pada Matlab sebanyak 444 maka hasil perhitungan *error* yang didapatkan adalah 0,11%. Setelah nilai *error* didapatkan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk rata-rata *error*.

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

$$\text{Rata - rata Error} = \frac{0,16}{10}$$

$$\text{Rata - rata Error} = 0,016.$$

Dari perhitungan *fuzzy* pada mikrokontroler dan Matlab didapatkan rata-rata *error* sebesar 0,016.

#### 4.1.2.2. Pengujian Keseluruhan Sistem *Hardware*

Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan bahwa metode *fuzzy* berjalan dengan baik ketika dilakukan percobaan pada sistem, serta membuktikan bahwa sistem *hardware* dapat beroperasi dengan baik dan benar.

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem *Hardware*

Uji Coba Ke-	Input		Perkiraan waktu penyiraman (detik)	Waktu (detik) dari hasil perhitungan metode <i>Fuzzy</i>	Persentasi keberhasilan perhitungan waktu penyiraman (%)	Solenoid Valve
	Suhu	Kelembaban				
1	28.16	68.33	444	444.52	99,88	Nyala
2	28.12	68.04	476	476.27	99,94	Nyala
3	29	76.25	240	240	100	Nyala
4	29.12	74.1	240	240	100	Nyala
5	29.16	70.38	240	240	100	Nyala
6	28.64	42.71	480	480	100	Nyala
7	28.55	57.67	480	480	100	Nyala
8	27	66.08	480	480	100	Nyala
9	27.89	55.03	480	480	100	Nyala
10	27.69	65.03	480	480	100	Nyala
Rata-rata persentasi keberhasilan perhitungan waktu penyiraman					99,98	Nyala

Hasil dari tabel pengujian diatas menunjukkan bahwa sistem berjalan dengan baik. Data diatas menunjukkan bahwa pada setiap uji coba, hasil persentasi keberhasilan perhitungan waktu penyiraman bernilai

sebesar 99,98 %. Hasil dari uji coba juga menunjukkan bahwa *solenoid valve* menyala setiap sistem mendapatkan hasil perhitungan fuzzy. Selain itu, dengan adanya data diatas menunjukkan bahwa NodeMCU berhasil mengirimkan data pada *web server* untuk disimpan.

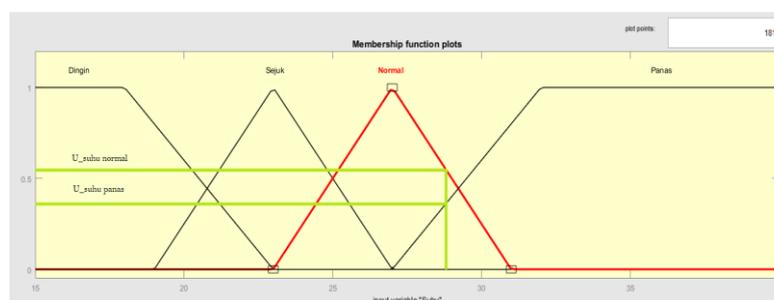
## 4.2. Pembahasan

### 4.2.1. Pembahasan Perhitungan *Fuzzy Logic*

#### 4.2.1.1. Pengujian Perhitungan *Fuzzy* pada Matlab

Perhitungan *fuzzy* ini dilakukan menggunakan aplikasi Matlab 2016A. Adapun langkah dari perhitungan *fuzzy* menggunakan Matlab adalah sebagai berikut. Buka aplikasi Matlab yang tersedia. Kemudian untuk membuka *Fuzzy Interface System* (FIS) ketik kata “*fuzzy*” pada *Command Window* Matlab. Selanjutnya akan masuk kedalam *Fuzzy Logic Designer*. Setelah itu atur *input*, FIS dan *output* sesuai dengan yang telah ditentukan.

Contoh perhitungan yang akan dilakukan menggunakan data ke-6 dalam perhitungan *fuzzy*. Data ke-6 bernilai suhu  $28.64^{\circ}\text{C}$  dan nilai kelembaban 42.71%. Nilai keanggotaan suhu dapat dilihat pada gambar dibawah.



**Gambar 4.1** Membership Suhu

Nilai pada keanggotaan suhu normal didapatkan dari perhitungan berikut.

$$\mu_{\text{Suhu normal}} = \frac{c - x}{c - b}$$

$$\mu_{\text{Suhu normal}} = \frac{31 - 28,64}{31 - 27}$$

$$\mu_{\text{Suhu normal}} = \frac{2,36}{4}$$

$$\mu_{\text{Suhu normal}} = 0,59$$

Dari perhitungan diatas  $\mu_{\text{Suhu normal}}$  didapatkan nilai sebesar 0,59.

Selanjutnya perhitungan untuk suhu panas sebagai berikut.

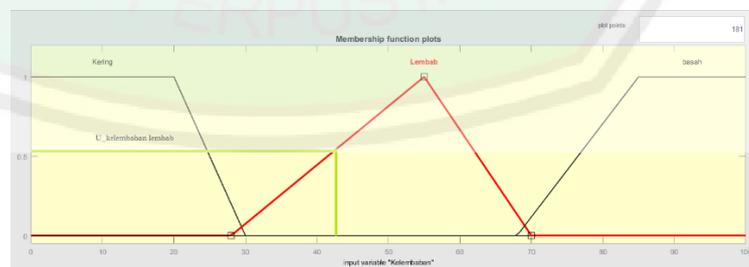
$$\mu_{\text{Suhu panas}} = \frac{x - a}{b - a}$$

$$\mu_{\text{Suhu panas}} = \frac{28,64 - 27}{32 - 27}$$

$$\mu_{\text{Suhu panas}} = \frac{1,64}{5}$$

$$\mu_{\text{Suhu panas}} = 0,328$$

Dari perhitungan tersebut  $\mu_{\text{Suhu panas}}$  didapatkan nilai sebesar 0,328. Selanjutnya adalah nilai keanggotaan kelembaban yang dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 4.2** Membership Kelembaban

Nilai pada keanggotaan kelembaban lembab dihitung sebagai berikut.

$$\mu_{\text{Kelembaban Lembab}} = \frac{x - a}{b - a}$$

$$u_{\text{Kelembaban Lembab}} = \frac{42,71 - 28}{55 - 28}$$

$$u_{\text{Kelembaban Lembab}} = \frac{14,71}{27}$$

$$u_{\text{Kelembaban Lembab}} = 0,54$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai  $u_{\text{Kelembaban lembab}}$  sebesar 0,54.

Selanjutnya dalam proses *fuzzy* pada Matlab, dilakukan pembuatan *rule base*. Untuk dapat membuat *rule base* maka diperlukan untuk membandingkan nilai fuzzifikasi pada setiap *input*-an. Nilai fuzzifikasi yang dibandingkan menggunakan fungsi MIN untuk menentukan nilai terkecil. Berikut adalah pengaturan *rule base* pada penelitian ini.

**Tabel 4.5** Rule Base *Fuzzy* pada Matlab

No. Rule Base	Suhu	Kelembaban	Nilai Rule Base
Rule 1	Dingin	Kering	0
Rule 2	Sejuk	Kering	0
Rule 3	Normal	Kering	0
Rule 4	Panas	Kering	0
Rule 5	Dingin	Lembab	0
Rule 6	Sejuk	Lembab	0
Rule 7	Normal	Lembab	0,54
Rule 8	Panas	Lembab	0,328
Rule 9	Dingin	Basah	0
Rule 10	Sejuk	Basah	0
Rule 11	Normal	Basah	0
Rule 12	Panas	Basah	0

Langkah selanjutnya adalah proses defuzzifikasi. Pada metode defuzzifikasi menggunakan metode *weighted average*. Dengan metode ini

akan didapatkan hasil *fuzzy* dalam satuan detik. Pada metode ini nilai yang dibutuhkan untuk perhitungan adalah nilai fuzzifikasi yang diibaratkan dengan  $w$  dan nilai keanggotaan *output* yang diibaratkan dengan  $z$ . Berikut perhitungan defuzzifikasi.

$$Z = \frac{w1.z1 + w2.z2}{w1 + w2}$$

$$Z = \frac{(0*480) + (0*720) + (0*840) + (0*840) + (0*240) + (0*480) + (0,54*480) + (0,328*480) + (0*120) + (0*120) + (0*240) + (0*240)}{0+0+0+0+0+0+0,54+0,328+0+0+0+0}$$

$$Z = 480$$

Hasil yang didapatkan dari defuzzifikasi nilai diatas adalah 480 detik, yang mana didefinisikan sebagai Sedang. Berikut adalah gambar perhitungan *fuzzy* pada Matlab.



**Gambar 4.3** Pembuktian Perhitungan *Fuzzy* Pada Matlab

#### 4.2.1.2. Pengujian Perhitungan *Fuzzy* pada Sistem

Perhitungan *fuzzy* diprogram didalam mikrokontroler Arduino menggunakan bahasa C atau C++ dengan menggunakan aplikasi Arduino IDE. Langkah pertama yang dilakukan adalah nilai *input* harus mengetahui

nilai keanggotaan yang mana yang tepat. Berikut adalah *source code* untuk mengetahui fungsi keanggotaan nilai *input*.

```

member_suhu =0;
sensor_suhu1 (a=10, b=15, c=18, d=23);
dingin=member_suhu;
sensor_suhu2 (a=19, b=23, c=27);
sejuk=member_suhu;
sensor_suhu2 (a=23, b=27, c=31);
normal=member_suhu;
sensor_suhu1 (a=27, b1=32, c1=40, d=42);
panas=member_suhu;

member_klmbp=0;
sensor_klmbp1 (a=-10, b1=0, c1=20, d=30);
kering=member_klmbp;
sensor_klmbp2 (a=28, b=55, c=70);
lembab=member_klmbp;
sensor_klmbp1 (a=68, b1=85, c1=100, d=110);
basah=member_klmbp;

```

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai fuzzifikasi dari nilai *input* yang telah didapatkan. Dalam perhitungan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu perhitungan dengan grafik segitiga dan dengan grafik trapesium dikarenakan adanya perbedaan jumlah crisp dalam grafik tersebut. Berikut adalah *source code* perhitungan fuzzifikasi.

```

void sensor_suhu1(float a, float b, float c, float d){
//Trapesium
if ((suhu <= a) || (suhu >= d)){
    member_suhu = 0;
}
if ((suhu >= b) && (suhu <= c)){
    member_suhu = 1;
}
if ((suhu >= a) && (suhu <= b)){
    member_suhu = (suhu - a)/(b - a);
}
if ((suhu >= c) && (suhu <= d)){
    member_suhu = (d - suhu)/(d - c);
}
}
void sensor_suhu2 (float a, float b, float c){
// Segitiga
if ((suhu <=a) || (suhu >= c)){
    member_suhu = 0;
}
if ((suhu >=a) && (suhu <= b)){
    member_suhu = (suhu - a)/ ( b - a);
}
}

```

```

    if ((suhu >=b) && (suhu <= c)){
        member_suhu = (c - suhu)/ (c - b);
    }
}
void sensor_klmbp1(float a, float b, float c, float d){
    // Trapesium
    if ((klmbp <= a) || (klmbp >= d)){
        member_klmbp = 0;
    }
    if ((klmbp >= b) && (klmbp <= c)){
        member_klmbp = 1;
    }
    if ((klmbp >= a) && (klmbp <= b)){
        member_klmbp = (klmbp - a)/(b1 - a);
    }
    if ((klmbp >= c) && (klmbp <= d)){
        member_klmbp = (d - klmbp)/(d - c);
    }
}
void sensor_klmbp2 (float a, float b, float c){
    // Segitiga
    if ((klmbp <=a) || (klmbp >= c)){
        member_klmbp = 0;
    }
    if ((klmbp >=a) && (klmbp <= b)){
        member_klmbp = (klmbp - a)/ ( b - a);
    }
    if ((klmbp >=b) && (klmbp <= c)){
        member_klmbp = (c - klmbp)/ (c - b);
    }
}

```

Langkah selanjutnya adalah menentukan rule base atau inferensi.

Pada penentuan rule base menggunakan fungsi nilai MIN. Berikut adalah *source code* untuk menentukan rule base pada *fuzzy*.

```

rule1 = min (dingin,kering);
rule2 = min (dingin,lembab);
rule3 = min (dingin,basah);
rule4 = min (sejuk,kering);
rule5 = min (sejuk,lembab);
rule6 = min (sejuk,basah);
rule7 = min (normal,kering);
rule8 = min (normal,lembab);
rule9 = min (normal,basah);
rule10 = min (panas,kering);
rule11 = min (panas,lembab);
rule12 = min (panas,basah);

```

Setelah mendapatkan rule base dengan fungsi nilai MIN selanjutnya proses yang dilakukan adalah melakukan defuzzifikasi. Dalam defuzzifikasi rumus yang digunakan adalah *weighted average*. Nilai rule base dikali dengan nilai *output* yang telah ditentukan kemudian dilakukan proses sesuai

perumusan. Berikut adalah proses defuzzifikasi pada pemrograman *fuzzy* di dalam mikrokontroler.

```
A= rule1*S; B= rule2*CP; C= rule3*SC;
D= rule4*LM; E= rule5*S; F= rule6*SC;
G= rule7*SL; H= rule8*S; I= rule9*CP;
J= rule10*SL; K= rule11*S; L= rule12*CP;

Z= (A+B+C+D+E+F+G+H+I+J+K+L) /
(rule1+rule2+rule3+rule4+rule5+rule6+rule7+rule8+rule9+rule10+rule11+rule12);
```

Setelah diketahui hasil nilai defuzzifikasi langkah selanjutnya adalah menentukan hasil *output* dari perhitungan diatas.

```
if (Z <= 120) {
    hasilFuzzy = "Sangat Cepat";
}
if (Z >=121 && Z <= 240){
    hasilFuzzy = "Cepat";
}
if (Z >=241 && Z <= 480){
    hasilFuzzy = "Sedang";
}
if (Z >=481 && Z <= 720){
    hasilFuzzy = "Lama";
}
if (Z >=721 && Z <= 840){
    hasilFuzzy = "Sangat Lama";
}
```

Dengan *source code* diatas maka didapatkan hasil *output* waktu penyiraman.

## 4.2.2. Hardware System

### 4.2.2.1. Arduino Uno

Arduino uno digunakan sebagai mikrokontroler. Dalam penelitian ini Arduino adalah tempat sensor untuk terhubung. Sensor-sensor yang digunakan dihubungkan ke Arduino untuk dapat membaca nilai data yang diperlukan. Sensor yang terhubung dengan Arduino adalah sensor BME280

dan sensor kelembaban. Kedua sensor tersebut yang akan mengambil data dan diproses pada Arduino.

Setelah pengambilan data telah dilakukan, Arduino juga melakukan proses perhitungan pada data. Dalam Arduino telah diprogram perhitungan *fuzzy logic*. Perhitungan *fuzzy* yang terjadi didalam Arduino akan diproses menjadi perintah *output* untuk penyiraman. Setelah hasil dari perhitungan ditemukan Arduino mengirim perintah pada relay untuk melakukan penyiraman dengan solenoid valve.

Selain terhubung dengan sensor Arduino juga terhubung dengan NodeMCU. Arduino tidak memiliki fitur untuk dapat mengirim data pada web atau sebagainya. Sehingga tugas ini diberikan kepada NodeMCU. Data yang telah dibaca oleh sensor di Arduino dan juga telah dilakukan perhitungan *fuzzy* dikirimkan ke NodeMCU. Berikut adalah rangkaian pada Arduino.



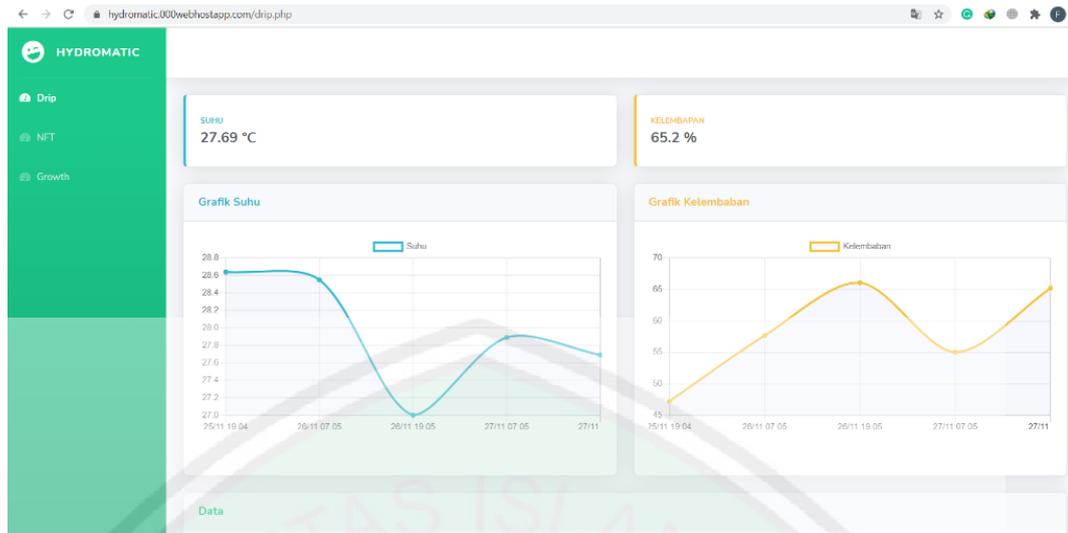
**Gambar 4.4** Rangkaian Elektronik

#### 4.2.2.2. NodeMCU

NodeMCU pada penelitian ini digunakan sebagai penghubung antara rangkaian elektronik dengan *web*. Pada NodeMCU terdapat salah satu fitur yang tidak dimiliki Arduino yaitu *wifi*. Sehingga untuk mengirimkan data pada *database* yang tersedia Arduino perlu untuk disambungkan oleh NodeMCU. Data yang telah diproses Arduino dikirim ke NodeMCU menggunakan pin komunikasi D2 dan D3. Setelah itu NodeMCU mengirimkan datanya melalui *wifi* ke *database*. Data yang telah berada pada *database* dapat diakses oleh user pada *web*.

#### 4.2.3. Interface System

*Interface system* pada penelitian ini dibangun menggunakan PHP dan CSS Bootstrap. Pada *interface* ini data yang muncul adalah data yang telah berada pada *database* yang telah diambil oleh sensor. Pada *web* ini terdapat data suhu dan kelembaban yang ditampilkan. Data suhu dan kelembaban ditampilkan juga dalam bentuk grafik. Lalu terdapat tabel hasil perhitungan *fuzzy* terhadap data suhu dan kelembaban. Berikut adalah alamat *web monitoring* dalam penelitian ini '<https://hydromatic.000webhostapp.com/drip.php>'.



Gambar 4.5 Web Monitoring

Timestamp	Kelembapan	Suhu	Hasil Waktu	Hasil Kesimpulan
27-11-2020 19:05	65.2 %	27.69 °C	480 detik	Sedang
27-11-2020 07:05	55.03 %	27.89 °C	480 detik	Sedang
26-11-2020 19:05	66.08 %	27 °C	480 detik	Sedang
26-11-2020 07:05	57.67 %	28.55 °C	480 detik	Sedang
25-11-2020 19:04	47.21 %	28.64 °C	480 detik	Sedang
25-11-2020 07:04	70.38 %	29.16 °C	240 detik	Cepat
24-11-2020 19:04	74.1 %	29.12 °C	240 detik	Cepat
24-11-2020 07:04	76.25 %	29 °C	240 detik	Cepat
23-11-2020 19:04	68.04 %	28.12 °C	476.27 detik	Sedang
23-11-2020 07:04	68.33 %	28.16 °C	444.54 detik	Sedang

Showing 1 to 10 of 59 entries

Gambar 4.6 Tabel Hasil Perhitungan *Fuzzy*

#### 4.2.4. Penyiraman Tanaman

Penyiraman tanaman dilakukan setiap 12 jam sekali. Tanaman diletakkan didalam ruangan yang tidak selalu terkena sinar matahari, tapi cukup untuk pertumbuhan tanaman cabai. Tanaman cabai ditanam didalam pot. Antara tanaman cabai diberikan jarak yang cukup untuk tumbuh. Berikut adalah gambar penempatan tanaman cabai.



**Gambar 4.7** Penempatan Tanaman

Pemasangan sensor *soil moisture* ditancapkan pada tanah yang terdapat dalam pot tanaman. Penempatan sensor tepat berada disebelah tanaman tetapi tidak boleh terlalu dekat agar sensor tidak merusak akar tanaman tersebut. Berikut adalah gambar penempatan sensor *soil moisture*.



**Gambar 4.8** Penempatan Sensor *Soil moisture* dan *Dripstake*

Pada gambar diatas juga terdapat *dripstake* yang tertancap di tanah dalam pot tanaman. *Dripstake* sendiri berfungsi untuk meneteskan air dari pipa atau selang besar diatasnya. Penempatan *dripstake* relatif dekat dengan tanaman tetapi tentu saja tetap harus berhati-hati terhadap akar tanaman tersebut. *Dripstake* ditancapkan dekat dengan tanaman karena untuk memudahkan akar mendapatkan air yang

keluar dari *dripstake* tersebut. Air dari penyiraman dialirkan oleh *solenoid valve* yang bertugas membuka tutup sekat kumpakan pada valve tersebut. Penggunaan *solenoid valve* disebabkan agar air hanya mengalir secara tenang dan tidak memiliki tekanan. Karena tekanan air dapat mempengaruhi banyak air yang akan menetes pada *dripstake*. Karena tidak dibutuhkannya tekanan, maka agar air mengalir dengan tenang sumber air pada penyiraman diletakkan lebih tinggi dari tanaman.

### 4.3. Integrasi Islam

Air merupakan salah satu komponen terpenting dalam kehidupan. Semua makhluk hidup didunia baik itu manusia, tanaman dan hewan membutuhkan air untuk kehidupan sehari-hari. Karena hal itu air sangat penting bagi kita semua, seperti yang telah dijelaskan pada Firman Allah S.W.T dalam Al-Qur'an surat Al-Hijr ayat 22, yang berbunyi:

وَأَرْسَلْنَا الرِّيَّاحَ لَوَاقِحَ فَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ

**Artinya :** *Dan Kami telah meniupkan angin untuk mengawinkan (tumbuh-tumbuhan) dan Kami turunkan hujan dari langit, lalu Kami beri minum kamu dengan air itu, dan sekali-kali bukanlah kamu yang menyimpannya.*

Dalam kitab tafsir Jalalain pada surat Al-Hijr ayat 22 menjelaskan bahwa “ (Dan kami telah meniupkan angin untuk mengumpulkan awan) menggiring mendung sehingga terkumpul lalu penuh dengan air (lalu Kami turunkan dari langit) dari mendung itu (air) air hujan (kemudian Kami beri minum kamu dengan air itu, dan sekali-kali bukanlah kalian yang menyimpannya) artinya, bukanlah kalian yang menyimpannya dengan upaya tangan kalian.” (Al-Mahally & As-Suyuthi, 2007).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini yang dapat diambil adalah penyiraman tanaman dengan metode *Drip irrigation* dengan menggunakan *Internet Of Thing* telah berhasil. Dengan menggunakan Arduino Uno dalam rangkaian untuk membaca sensor BME280 dan *soil moisture sensor* serta mengendalikan relay untuk penyiraman. Dan NodeMcu yang mengirimkan data pada aplikasi *web* yang telah dibuat. Sensor-sensor telah diuji untuk mendapatkan *persentase error* sensor memiliki hasil sensor berjalan dengan baik. Adapun sensor BME280 memiliki *error* sebesar 1,35% sedangkan sensor *soil moisture* memiliki *error* sebesar 2,01%.

Sistem perhitungan *fuzzy* di program kedalam mikrokontroler Arduino Uno menggunakan aplikasi Arduino IDE dan menggunakan Bahasa pemrograman C atau C++. Pada penelitian ini pengujian logika *fuzzy* menggunakan perbandingan logika *fuzzy* yang terdapat pada mikrokontroler dan pada aplikasi Matlab. Hasil *error* dari perbandingan kedua *fuzzy* tersebut sebesar 0,016%.

#### 5.2. Saran

Dalam penelitian ini masih banyak hal-hal yang kurang dan harus diperbaiki. Sehingga penulis memiliki saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Perancangan elektronik pada penelitian selanjutnya diharapkan memiliki visualisasi yang lebih rapi dalam perangkaian.

2. Dalam penelitian selanjutnya disarankan menggunakan parameter yang lebih lengkap, seperti nutrisi.
3. Dalam penelitian selanjutnya dapat diupgrade dari yang berbasis *Web* menjadi *Android*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adhiguna, R. T., & Rejo, A. (2018). TEKNOLOGI IRIGASI TETES DALAM MENGOPTIMALKAN EFISIENSI PENGGUNAAN AIR DI LAHAN PERTANIAN. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018*, (pp. 107-116). Palembang.
- Afrilia. (n.d.). *Beragam Jenis Cabai di Dunia Oleh: Afrilia*. Retrieved from <http://kaltim.litbang.pertanian.go.id/>
- Agrawal, N., & Singhal, S. (2015). Smart Drip Irrigation System using Raspberry pi and Arduino . *International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA2015)* (pp. 928-932). IEEE.
- Al-Mahally, I. J., & As-Suyuthi. (2007). *Tafsir Jalalain Terjemahan*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Anand, K., Jayakumar, C., Muthu, M., & Amirneni, S. (2015). Automatic Drip Irrigation System Using Fuzzy Logic And Mobile Technology . *International Conference on Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR 2015)* (pp. 54-58). IEEE.
- Anggara, B. T., Rohmah, M. F., & Sugianto. (2018). SISTEM PENGUKUR KELEMBABAN TANAH PERTANIAN DAN PENYIRAMAN OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) .
- Bennis, Fouchal, H., Zytoone, O., & Aboutajdine, D. (2015). Drip Irrigation System using Wireless Sensor Networks. *Federated Conference on Computer Science and Information Systems* (pp. 1297-1302). IEEE.
- Bosch Sensortec. (2018). *BME280 Datasheet* . Bosch Sensortec.
- Ekaputra, E. G., Yanti, D., Saputra, D., & Irsyad, F. (2017). RANCANG BANGUN SISTEM IRIGASI TETES UNTUK BUDIDAYA CABAI (CAPSICUM ANNUM L.) DALAM GREENHOUSE DI NAGARI BIARO, KECAMATAN AMPEK ANGKEK, KABUPATEN AGAM, SUMATERA BARAT . *Jurnal Irigasi*, 103-112.
- Kurniawan, D., Yadarabullah, & Suprayitno, G. (2018). Implementasi Internet of Things pada Sistem Irigasi Tetes dalam Membantu Pemanfaatan Urban Farming. *The 7th Research Colloquium 2018* (pp. 106-117). Surakarta: ResearchGate.
- Meylani, A., Handayani, A. S., & Ciksadan. (2017). Perbandingan Kinerja Sistem Logika Fuzzy Tipe-1 dan Interval Tipe-2 pada Aplikasi Mobile Robot . *Prosiding Annual Research Seminar 2017* , (pp. 209-214).
- Nugraha, F. (2015). *Tugas Sensor Ultrasonik*. Makassar.
- Nurlenawati, N., Jannah, A., & Nimih. (2010). RESPON PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN CABAI MERAH (*Capsicum annum L.*) VARIETAS PRABU TERHADAP BERBAGAI DOSIS PUPUK FOSFAT DAN BOKASHI JERAMI LIMBAH JAMUR MERANG. *AGRIKA*, (pp. 9-20).
- Prastowo, Hardjoamidjojo, S., & Awang, Y. K. (2007). Rancangan Hidrolika Irigasi Tetes Untuk Tanaman Semangka Di Lahan Kelompok Tani Seropan Makmur, Kabupaten Gunung Kidul, D.I. Yogyakarta. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 37-44.
- Pratama, S. A. (2018). *RANCANG BANGUN PENYIRAMAN AIR OTOMATIS DAN PROTEKSI HAMA TANAMAN MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROL* . Yogyakarta: UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA .

- Rajagukguk, F. T., Poekoel, V. C., & Putro, M. D. (2018). Implementasi WSN Pada Robot Penyiram Tanaman Otomatis. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 63-72.
- Sumastuti, E., & Pradono, N. S. (2016). DAMPAK PERUBAHAN IKLIM PADA TANAMAN PADI DI JAWA TENGAH. *Journal of Economic Education*, 31-38.
- Suryatini, F., Maimunah, & Fauzandi, F. I. (2019). Implementasi Sistem Kontrol Irigasi Tetes Menggunakan Konsep IoT Berbasis Logika Fuzzy Takagi-Sugeno . *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 115-124.
- Susanto, Pramono, B. A., & Kundono, R. N. (2018). RANCANG BANGUN AUTOMASI LAMPU RUMAH DENGAN PERINTAH SUARA. *Prosiding SNATIF Ke -5 Tahun 2018*, (pp. 573-584).



## LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Uji Pembacaan Sensor Suhu dan Sensor Kelembaban Tanah Pada Tanaman Cabai serta Hasil Output Perhitungan Logika *Fuzzy* Pada Mikrokontroler.

Kelembaban	Suhu	Waktu	Keterangan
62.07	29.59	480	Sedang
59.53	29.37	480	Sedang
58.65	29.51	480	Sedang
58.75	29.5	480	Sedang
58.36	29.47	480	Sedang
59.53	29.59	480	Sedang
57.77	29.66	480	Sedang
53.18	29.77	480	Sedang
58.06	29.8	480	Sedang
57.87	29.82	480	Sedang
57.18	29.79	480	Sedang
59.53	29.76	480	Sedang
59.04	29.74	480	Sedang
58.75	29.73	480	Sedang
58.55	29.7	480	Sedang
58.46	29.67	480	Sedang
64.42	31.08	480	Sedang
63.83	31.03	480	Sedang
64.22	30.72	480	Sedang
66.18	30.49	480	Sedang
67.84	30.45	480	Sedang
65.1	30.43	480	Sedang
57.87	30.41	480	Sedang
61.49	30.33	480	Sedang
63.54	30.31	480	Sedang
67.94	30.29	480	Sedang
61	30.28	480	Sedang

62.66	30.27	480	Sedang
68.04	30.25	476.27	Sedang
68.13	30.23	465.81	Sedang
61.78	30.22	480	Sedang
63.83	30.21	480	Sedang
67.94	30.2	480	Sedang
64.81	30.19	480	Sedang
62.27	30.13	480	Sedang
63.64	30.14	480	Sedang
62.76	30.12	480	Sedang
62.85	30.12	480	Sedang
62.85	30.13	480	Sedang
38.51	26.91	480	Sedang
36.66	26.81	480	Sedang
36.46	26.58	480	Sedang
36.85	26.44	480	Sedang
34.6	26.21	480	Sedang
32.84	25.89	480	Sedang
32.06	26.03	480	Sedang
43.01	25.71	480	Sedang
32.45	25.95	480	Sedang
68.33	28.16	444.54	Sedang
68.04	28.12	476.27	Sedang
76.25	29	240	Cepat
74.1	29.12	240	Cepat
70.38	29.16	240	Cepat
47.21	28.64	480	Sedang
57.67	28.55	480	Sedang
66.08	27	480	Sedang
55.03	27.89	480	Sedang
65.2	27.69	480	Sedang
73.12	27.44	240	Cepat
60.8	27.66	480	Sedang