

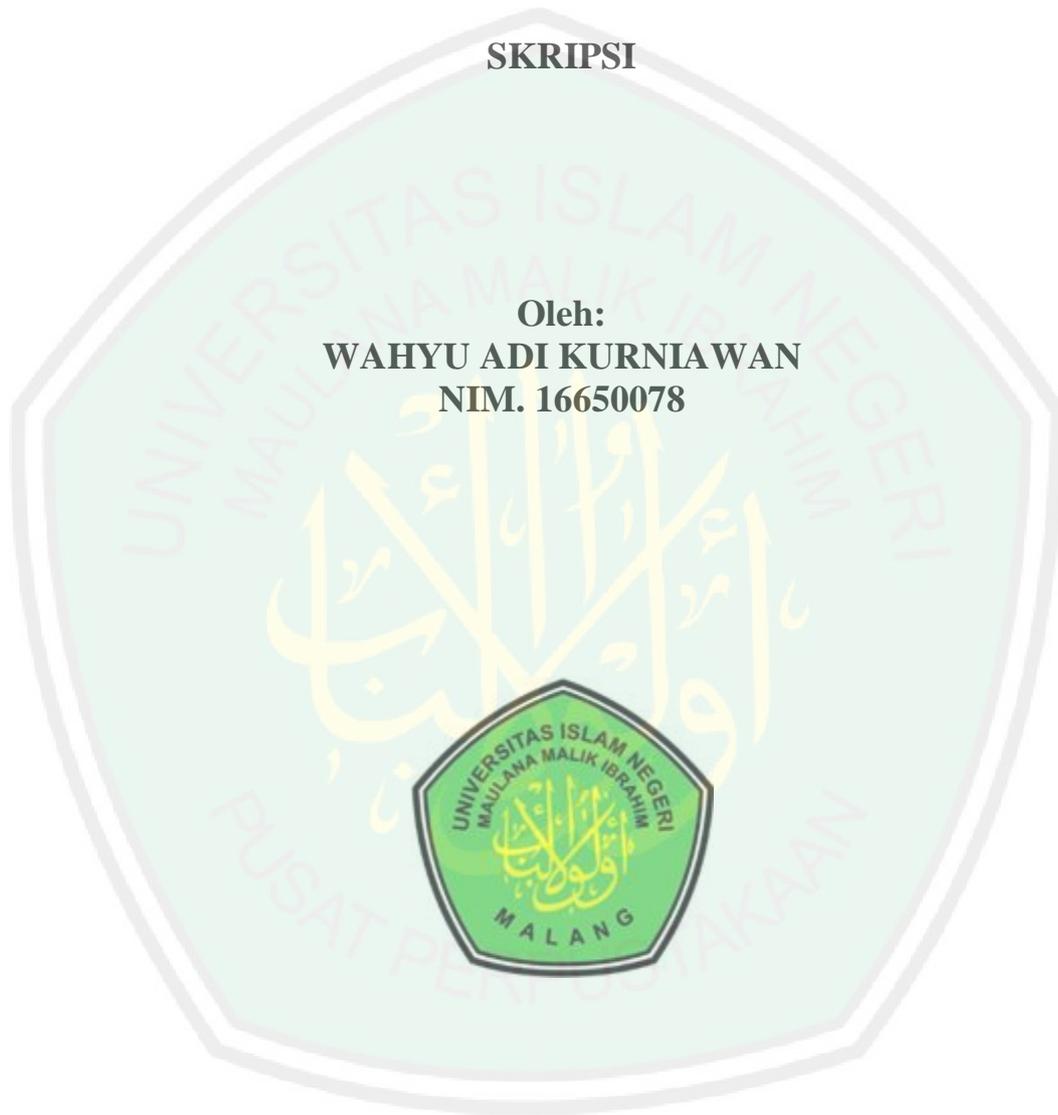
**IMPLEMENTASI SISTEM PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS
DAN MONITORING BERBASIS *INTERNET OF THINGS*
MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROL***

SKRIPSI

Oleh:

WAHYU ADI KURNIAWAN

NIM. 16650078



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

**IMPLEMENTASI SISTEM PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS
DAN MONITORING BERBASIS INTERNET OF THINGS
MENGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROL**

SKRIPSI

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

**Oleh:
WAHYU ADI KURNIAWAN
NIM. 16650078**

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

LEMBAR PERSETUJUAN

**IMPLEMENTASI SISTEM PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS
DAN MONITORING BERBASIS INTERNET OF THINGS
MENGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROL**

SKRIPSI

Oleh :
WAHYU ADI KURNIAWAN
NIM. 16650078

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal : 2020

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Fresy Nugroho, M.T
NIP. 19710722 201101 1 001

Dr. Muhammad Faisal, M.T
NIP. 19740510 200501 1 007

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

IMPLEMENTASI SISTEM PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS DAN MONITORING BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROL

SKRIPSI

Oleh :
WAHYU ADI KURNIAWAN
NIM. 16650078

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

Susunan Dewan Penguji		Tanda tangan
1. Penguji Utama	: <u>Hani Nurhayati, M.T</u> NIP. 19780625 200801 2 006	()
2. Ketua Penguji	: <u>Ajib Hanani, M.T</u> NIDT. 19840731 20160801 1 076	()
3. Sekretaris Penguji	: <u>Fresy Nugroho, M.T</u> NIP. 19710722 201101 1 001	()
4. Anggota Penguji	: <u>Dr. Muhammad Faisal, M.T</u> NIP. 19740510 200501 1 007	()

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 : Wahyu Adi Kurniawan

NIM : 16650078

Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Infomatika

Judul Skripsi : Implementasi Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis dan Monitoring Berbasis *Internet of Things* Menggunakan *Fuzzy Logic Control*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya 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 dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 19 Juni 2020
Yang membuat pernyataan,



wahyu Adi Kurniawan
NIM. 16650078

HALAMAN MOTTO



HALAMAN PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Puji syukur kehadirat Allah SWT

Shalawat serta salam kepada Rasulullah SAW

Penulis persembahkan sebuah karya ini kepada:

Kedua orang tua penulis tercinta, Bapak Sugiono dan Ibu Ramiatun Hidayah serta keluarga dirumah yang selalu membimbing penulis, memberikan do'a, dukungan, serta motivasi yang tidak terhingga.

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

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

Crew G I N J A L yang selalu mendukung satu sama lain dan selalu semangat untuk belajar bersama, baik dalam suka maupun duka. Ribuan kalimat bahagia dan syukur yang tak akan cukup penulis tulis disini teruntuk mereka.

Sahabat perjuangan dari kecil yang berada di desa, yang selalu memberikan suntikan motivasi dan doanya kepada penulis.

Teman-teman organisasi dan rangers ONTAKI UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengajarkan penulis berbagai hal untuk terus belajar dan semakin baik.

Keluarga Teknik Informatika, terutama keluarga Andromeda (Teknik Informatika angkatan 2016) yang telah memberikan semangat dan doanya.

Orang yang penulis sayangi, yang selalu memberikan semangat, segala bantuan dan motivasinya kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis ucapkan “*jazakumullah khairan katsiiraa*”. Semoga ukhwah kita tetap terjaga dan selalu diridhoi Allah SWT. Aamiin Allahumma Aamiin..



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya kepada kita, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu, yang penulis beri judul “Implementasi Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Dan Monitoring Berbasis *Internet Of Things* Menggunakan *Fuzzy Logic Control*”. 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. Didalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu, disini 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. Fresy Nugroho, M.T, selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.
5. Dr. Muhammad Faisal, M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.
6. M. Imamudin Lc, MA, selaku Dosen Wali yang senantiasa memberikan banyak motivasi dan saran untuk kebaikan penulis.
7. Citra Fidya Atmalia, S.H, selaku admin jurusan yang selalu membantu dan memberikan pengarahan penyusunan skripsi.

8. Orang tua tercinta yang telah banyak memberikan do'a dan dukungan kepada penulis secara moril maupun materil hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
9. Anggota keluarga dan kerabat yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan semangat kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat seperjuangan yang tiada henti memberi dukungan dan motivasi kepada penulis serta target bersama untuk lulus skripsi dan wisuda bersama.
11. Teman-teman Andromeda yang selalu memberikan semangat dan do'a kepada penulis.
12. Rangers ONTAKI (Otomasi dan Robotika UIN Maliki) yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat.
13. Crew G I N J A L yang senantiasa memberikan dorongan motivasi dan memberikan segala bantuan kepada penulis.
14. Sahabat di kontrakan dan di kampung halaman yang selalu memberikan dukungan dan do'a.
15. Orang yang penulis sayangi, yang selalu ada, dan memberikan dukungan penuh serta do'a kepada penulis.
16. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya tanpa mengurangi rasa hormat dan terimakasih.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi.

Malang, 19 Juni 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.....	xvi
ABSTRAK.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
المخلص.....	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Batasan Masalah.....	6
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Penelitian Terkait.....	7
2.2. Landasan Teori	9
2.2.1. Pertumbuhan Strawberry.....	9
2.2.2. Raspberry Pi 3 Model B+.....	9
2.2.3. Sensor <i>Grove BME 280</i>	11
2.2.4. <i>NodeMCU-ESP8266</i>	13
2.2.5. <i>Sensor Ultrasonic HC SR-04</i>	14
2.2.6. Pompa DC 5V (<i>Waterpump</i>).....	16

2.2.7.	Relay	17
2.2.8.	<i>OLED Display 0.96"</i>	18
2.2.9.	<i>Fuzzy Logic Control</i>	19
2.2.9.1.	Logika Fuzzy	19
2.2.9.2.	Himpunan Fuzzy	20
2.2.9.3.	Fungsi Keanggotaan	23
2.2.9.4.	Operator Dasar Zadeh untuk Operasi Himpunan Fuzzy	26
2.2.9.5.	Sistem Inferensi Fuzzy	27
BAB III.....		32
KONSEP RANCANGAN.....		32
3.1.	Desain Sistem	32
3.1.1.	Hardware System	33
3.1.1.1.	Raspberry Pi.....	33
3.1.1.2.	Catu Daya	33
3.1.1.3.	Camera Module.....	33
3.1.1.4.	OLED Display	33
3.1.1.5.	NodeMCU-ESP8266	34
3.1.1.6.	Sensor BME280.....	34
3.1.1.7.	HC SR-04.....	34
3.1.1.8.	Relay	34
3.1.1.9.	Waterpump.....	35
3.1.2.	Software System.....	35
3.1.2.1.	Sistem Operasi Raspberry Pi	35
3.1.3.	Perancangan Logika Fuzzy	35
3.1.3.1.	Fuzzifikasi.....	36
3.1.3.2.	Fuzzy Rule	40

3.1.3.3.	Defuzzifikasi.....	43
3.1.4.	Pemrograman Mikrokontroler.....	46
3.1.4.1.	Fuzzifikasi.....	46
3.1.4.2.	Fuzzy Rule	49
3.1.4.3.	Defuzzifikasi.....	51
3.1.4.4.	Cara Kerja Sistem	52
3.1.5.	Perancangan Tampilan.....	55
3.2.	Perancangan Frame Alat Penyiraman	55
3.3.	Rangkaian Komponen	56
3.4.	Prosedur Pelaksanaan Penelitian	57
3.4.1	Penanaman Strawberry.....	57
3.4.2	Perawatan Tanaman	57
3.4.3	Pengamatan	57
3.4.4	Pengambilan Data	57
3.5.	Rencana Uji Coba.....	57
BAB IV	59
PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	59
4.1.	HASIL PENGUJIAN	59
4.1.1.	Pengujian Alat.....	59
4.1.1.1.	Pengujian Sensor Suhu (Thermometer) dengan BME280.....	59
4.1.1.2.	Pengujian Sensor Kelembaban (Higrometer) dengan Soil Moisture	60
4.1.1.3.	Pengujian Sensor HCSR04	62
4.1.2.	Pengujian Sistem.....	63
4.1.2.1.	Pengujian Perhitungan Mikrokontroler dengan Matlab.....	63
4.2.	PEMBAHASAN.....	65
4.2.1.	Pembahasan Perhitungan Fuzzy Logic	65

4.2.1.1.	Perhitungan Matlab.....	65
4.2.1.2.	Perhitungan Mikrokontroler	71
4.2.2.	Sistem Hardware	74
4.2.2.1.	Raspberry Pi3.....	74
4.2.2.2.	Node MCU ESP8266.....	76
4.2.3.	Sistem Interface.....	77
4.2.3.1.	Dashboard	77
4.2.3.2.	Camera.....	78
4.2.3.3.	Fuzzy Logic Page.....	79
4.2.3.4.	Menu Setting.....	79
4.2.4.	Penyiraman Tanaman.....	80
4.3.	INTEGRASI ISLAM.....	83
BAB V.....		85
PENUTUP.....		85
5.1.	KESIMPULAN	85
5.2.	SARAN.....	86
DAFTAR PUSTAKA		87
LAMPIRAN.....		89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Raspberry Pi3 B+</i>	10
Gambar 2. 2 Sensor <i>Grove BME280</i>	12
Gambar 2. 3 <i>NodeMCU-ESP8266</i>	13
Gambar 2. 4 <i>Timing Ultrasonic HC-SR04</i>	14
Gambar 2. 5 <i>Sensor Ultrasonik HC-SR04</i>	15
Gambar 2. 6 Pompa DC 5V	16
Gambar 2. 7 <i>Relay</i>	17
Gambar 2. 8 Cara Kerja Relay	18
Gambar 2. 9 <i>OLED Display 0.96"</i>	18
Gambar 2. 10 Perbedaan antara Boolean Logic dengan Fuzzy Logic	19
Gambar 2. 11 Contoh Himpunan MUDA, PAROBAYA dan TUA.....	21
Gambar 2. 12 Himpunan Fuzzy pada Umur	22
Gambar 2. 13 Representas Linear yang Naik.....	24
Gambar 2. 14 Kurva BentukSegitiga	24
Gambar 2. 15 Kurva Bentuk Trapesium	25
Gambar 2. 16 Kurva Bentuk Bahu	26
Gambar 2. 17 Contoh Proses Fuzzifikasi	30
Gambar 3. 1 Desain Sistem.....	32
Gambar 3. 2 Alur <i>Fuzzy Logic</i>	36
Gambar 3. 3 Fungsi Keanggotaan dari Suhu	38
Gambar 3. 4 Fungsi Keanggotaan Kelembaban.....	39
Gambar 3. 5 Fungsi Keanggotaan Timer	40
Gambar 3. 6 Hasil Aturan Fuzzy.....	42
Gambar 3. 7 Hasil Komposisi dari Fuzzy Rule.....	43
Gambar 3. 8 Nilai Tengah dari <i>Membership Function</i> Timer	45
Gambar 3. 9 Flowchart Program Fuzzifikasi Suhu	47
Gambar 3. 10 Flowchart Program Fuzzifikasi Kelembaban.....	49
Gambar 3. 11 Flowchart Program Fuzzy Rule.....	51
Gambar 3. 12 Flowchart Program Defuzzifikasi	52
Gambar 3. 13 Flowchart Sistem Penyiraman.....	54
Gambar 3. 14 Tampilan Prototype Pada Web.....	55

Gambar 3. 15 Perancangan Frame Alat Penyiraman	56
Gambar 3. 16 <i>Wiring</i> Rangkaian Komponen	56
Gambar 4. 1 Membership Function Suhu	66
Gambar 4. 2 Membership Function Kelembaban	67
Gambar 4. 3 Pembuktian Perhitungan Matlab	70
Gambar 4. 4 Dimensi Fuzzy Logic pada Matlab	70
Gambar 4. 5 Konfigurasi <i>Port Forwarding</i>	74
Gambar 4. 6 Konfigurasi Hostname menggunakan no-ip.com	75
Gambar 4. 7 Panel Raspberry Tampak Luar	75
Gambar 4. 8 Panel Raspberry Tampak Dalam	76
Gambar 4. 9 Rangkaian Pada Panel Node	76
Gambar 4. 10 Wifi Portal NodeMCU ESP8266	77
Gambar 4. 11 Tampilan Dashboard	78
Gambar 4. 12 Tampilan Laman Camera	78
Gambar 4. 13 Tampilan Fuzzy Logic Page	79
Gambar 4. 14 Camera Setting	79
Gambar 4. 15 Setting Volume Air	80
Gambar 4. 16 Watering Control Setting	80
Gambar 4. 17 Penempatan Tanaman Strawberry	81
Gambar 4. 18 <i>Soil Moisture Sensor</i> Pada Tanaman Strawberry	81
Gambar 4. 19 Selang Penyiraman Pada Tanaman Strawberry	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Raspberry Pi3 B+	11
Tabel 2. 2 Spesifikasi <i>BME280</i>	12
Tabel 2. 3 Spesifikasi NodeMCU-ESP8266	13
Tabel 2. 4 <i>Spesifikasi Ultrasonic HC-SR04</i>	15
Tabel 2. 5 Spesifikasi Pompa DC 5V.....	16
Tabel 2. 6 Spesifikasi Oled Display 0.96"	19
Tabel 3. 1 Tabel Aturan Fuzzy.....	40
Tabel 3. 2 Nilai Luas serta Titik Tengah.....	45
Tabel 3. 3 Rancangan Kalibrasi Sensor <i>BME280</i>	58
Tabel 3. 4 Rancangan Pengujian Logika Fuzzy	58
Tabel 3. 5 Pengujian Sensor Suhu(Manual) dengan BME280	59
Tabel 3. 6 Pengujian Sensor Kelembaban (Higrometer) dengan Soil Moisture Sensor.....	61
Tabel 3. 7 Pengujian Sensor HCSR-04.....	62
Tabel 3. 8 Pengujian Mikrokontroler dengan Matlab	64
Tabel 3. 9 Perhitungan Aturan Fuzzy	68
Tabel 3. 10 Rule Luas dan CoA.....	69

ABSTRAK

Kurniawan, Wahyu Adi. 2020. **Implementasi Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Dan Monitoring Berbasis *Internet Of Things* Menggunakan *Fuzzy Logic Control***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : (I) Fresy Nugroho, M.T., (II) Dr. M. Faisal.

Kata Kunci : *Fuzzy Logic Control, Internet of Things, Raspberry Pi, Strawberry*

Perkembangan teknologi dalam otomatisasi saat ini sudah berkembang sangat pesat. *Internet of Things* (IoT) merupakan salah satu hasil dari perkembangan teknologi dimasa sekarang. Indonesia memiliki kekayaan alam yang melimpah, salah satunya dalam bidang pertanian. Strawberry merupakan salah satu tanaman yang dibudidayakan oleh petani di Indonesia. Pembudidayaan tanaman strawberry harus dilakukan dengan baik agar strawberry dapat tumbuh dengan baik. Dengan adanya sistem penyiraman berbasis *Internet of Things* (IoT) akan mempermudah kegiatan pertanian dalam pengawasan serta pengontrolan secara langsung.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler berupa *Raspberry Pi* serta *NodeMCU*, dan menggunakan sensor *BME280*. Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Logic Control*. Perhitungan metode *fuzzy* dilakukan dengan menggunakan dua parameter *input* yaitu suhu dan kelembaban tanah. Output dari hasil perhitungan *fuzzy* berupa *timer*, yaitu lama waktu penyiraman tanaman.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, sistem penyiraman tanaman otomatis berhasil dibangun dengan diakses melalui web. Pengujian pada sensor *HCSR04 (ultrasonic)* yang memiliki *error* sebesar 3.63%, pengujian *Soil Moisture Sensor* memiliki *error* sebesar 3.42% dan pengujian sensor *BME280* memiliki *error* sebesar 3.39%. Pengujian perhitungan metode dilakukan dengan cara membandingkan hasil perhitungan metode *Fuzzy Logic Control* dengan hasil perhitungan dari Matlab. Dari hasil perbandingan didapatkan rata-rata *error* sebesar 15.51%.

ABSTRACT

Kurniawan, Wahyu Adi. 2020. **Implementation of Automatic Crop Watering System and Monitoring based on Internet of Things Basis Applying Fuzzy Logic Control.** Undergraduate Thesis. Informatics Engineering Department, Faculty of Science and Technology, Islamic State University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor : (I) Fresy Nugroho, M.T., (II) Dr. M. Faisal.

Keywords : *Fuzzy Logic Control, Internet of Things, Raspberry Pi, Strawberry*

The development of technology in automation is now developing rapidly. *Internet of Things* (IoT) is one of the results of technological developments today. Indonesia has abundant natural wealth, one of them is agriculture. Strawberry is one of the plants cultivated by farmers in Indonesia. Cultivation of strawberry plants must be done well so that strawberries can grow well. With the *Internet of Things* (IoT)-based watering system, it will facilitate agricultural activities in direct supervision and control.

Research was conducted using a microcontroller in the form of *Raspberry Pi* and *NodeMCU*, and using a *BME280* sensor. This research uses the *Fuzzy Logic Control* method. *Fuzzy* method calculation is done using two input parameters, namely temperature and soil moisture. The output of the *fuzzy* calculation results in the form of a timer, which is the time for watering the plants.

Based on research that has been done, an automatic crop watering system was built successfully and can be accessed via the web. Testing on *HCSR04* (*ultrasonic*) sensors has an *error* of 3.63%, the Soil Moisture Sensor test has an *error* of 3.42% and the *BME280* sensor testing has an *error* of 3.39%. Testing of method calculation is done by comparing the results of the calculation of the *Fuzzy Logic Control* method with the calculation results from *Matlab*. From the comparison results obtained an average *error* of 15.51%

الملخص

كورنياوان، وحي أدي. ٢٠٢٠. تنفيذ النظام محطات ري أوتوماتيكية والمراقبة مرتكز على إنترنت الأشياء مراقبة Fuzzy Logic . قسم هندسة المعلوماتية لكلية العلوم والتكنولوجيا في جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانق. المشرف : (١) فريسي نوغراها، الماجستير. (٢) دكتور محمد فيصل شهادة هندسة.

الكلمات الرئيسية : مراقبة Fuzzy Logic، إنترنت الأشياء، Raspberry Pi، الفراولة

تطور التكنولوجيا في الأتمتة يتطور الآن بسرعة كبيرة. إن إنترنت الأشياء هي إحدى نتائج التطورات التكنولوجية الحالية. إندونيسيا لديها موارد طبيعية وفيرة ، واحدة منها في الزراعة. الفراولة هي واحدة من النباتات التي يزرعها المزارعون في إندونيسيا. يجب زراعة نباتات الفراولة جيداً حتى تنمو الفراولة جيداً. من خلال نظام الري القائم على الإنترنت ، ستسهل الأنشطة الزراعية في الإشراف المباشر والتحكم.

أجريت الدراسة باستخدام متحكم على شكل Raspberry Pi ، و NodeMCU وباستخدام مستشعر BME280. يستخدم هذا البحث الطريقة مراقبة Fuzzy Logic . طريقة حساب fuzzy يتم ذلك باستخدام معلمتين من المدخلات لدرجة الحرارة ورطوبة التربة. إخراج نتائج الحساب fuzzy في شكل جهاز توقيت ، وهو طول الوقت لسقي النبات.

بناءً على الأبحاث التي تم إجراؤها ، تم بنجاح بناء نظام ري النباتات التلقائي من خلال الوصول إليه عبر الويب. اختبار مستشعر HC SR04 الذي به خطأ ٣٦.٣٪ ، خطأ في اختبار مستشعر رطوبة التربة بنسبة ٣،٤٢٪ ، واختبار أجهزة الاستشعار BME280 بنسبة ٣،٣٩٪. يتم حساب طريقة الاختبار من خلال مقارنة نتائج حسابات الطريقة fuzzy logic مراقبة مع نتائج الحسابات من Matlab . من نتائج المقارنة حصل خطأ متوسط ١٥.٥١٪.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada saat ini sudah berkembang sangat pesat. Khususnya ilmu yang mempelajari tentang *Intellegent Control Systems* yang merupakan teknologi yang sangat dibutuhkan untuk masa mendatang. Sistem cerdas ini dapat meningkatkan kualitas ataupun kuantitas dalam bidang industri, pendidikan, medis, pertanian dan lain sebagainya.

Indonesia merupakan negara yang dikaruniai dengan kekayaan alam yang sangat melimpah, hal tersebut membuktikan bahwa Indonesia termasuk kedalam negara agraris. Indonesia termasuk kedalam daerah tropis yang memiliki curah hujan yang cukup tinggi sehingga banyak jenis tumbuhan yang dapat hidup dan tumbuh dengan subur. Indonesia memiliki potensi yang sangat bagus pada bidang pertanian.

Lewat rilisan (Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Triwulan II-2018, 2018) dapat dilihat bahwa pada sektor bagian pertanian memberikan kontribusi yang baik bagi pertumbuhan perekonomian di Indonesia. Berdasarkan (Statistik Pertanian, 2018) yang diterbitkan oleh KPRI (Kementrian Pertanian Republik Indonesia) Indonesia memiliki presentase lahan sawah menurut jenis pengairan dengan 41,87% (3.417.581 Ha) lahan non irigasi dan 58,13% (4.745.027 Ha) lahan sawah irigasi, dengan pembagian presentase penggunaan lahan berupa sawah (21,98%) dengan luas 8.162.608 Ha, tegal/kebun (31,59%) dengan luas 11.730.930 Ha,

ladang/huma (14,06%) dengan luas 5.222.066 Ha dan lahan sementara yang tidak diusahakan (32,36%) dengan luas 12.016.778 Ha.

Sebagian petani di Indonesia masih tergantung pada musim hujan untuk bercocok tanam. Hal tersebut kurang optimal karena pada saat musim kemarau panjang para petani akan merasa kesulitan untuk mengatasi permasalahan kekeringan. Hal inilah yang menyebabkan para petani mengalami banyak kerugian. Pada saat musim kemarau tiba, petani harus mengeluarkan tenaga serta biaya ekstra untuk mempertahankan tanaman bisa tumbuh dengan subur sampai waktu panen tiba.

Perawatan tanaman selain dari pemupukan, penyiraman yang efektif sangat dibutuhkan untuk membantu proses pertumbuhan tanaman. Penyiraman tanaman yang merupakan hal monoton yang biasanya dilakukan pada waktu-waktu tertentu. Kendala yang dihadapi yaitu berupa penyiraman yang kurang efektif terkait dengan kuantitas air yang diperlukan oleh suatu tanaman. Penyiraman tanaman akan berdampak buruk apabila tidak dilakukan dengan benar, terlebih untuk tanaman dengan jenis sayur-sayuran yang sensitive terhadap air.

Perkembangan teknologi dalam otomatisasi pada berbagai perangkat saat ini telah berkembang pesat. Perkembangan otomatisasi akan memiliki pengaruh yang sangat baik dilihat berdasarkan pertumbuhan bidang pertanian di Indonesia (Statistik Pertanian, 2018). Otomatisasi dapat mempermudah petani dalam melakukan proses Bertani, mulai dari penanaman tumbuhan hingga pengolahan menjadi barang siap pakai oleh masyarakat.

Kemajuan teknologi saat ini yang sedang mengalami kemajuan salah satunya pada ranah pertanian, yaitu penyiraman tanaman otomatis yang berbasis *Internet of Things* (IoT). Penyiraman tanaman otomatis dapat mempermudah para petani dalam menjaga kelembaban tanah dan kebutuhan air pada tumbuhan. Tumbuhan yang mendapatkan asupan air yang cukup akan tumbuh dengan baik dan dengan hasil yang bagus.

Internet of Things (IoT) merupakan suatu paradigma baru yang cepat meluas dalam skenario telekomunikasi wireless modern (Atzori, Lera, & Morabito, 2010). Gagasan yang mendasar dari konsep ini ialah pada kehadiran yang dapat menembus di sekitar kita dari berbagai hal atau benda-benda seperti tag, sensor, aktuator, handphone, dan lain-lain. Melalui skema pengalamatan yang sangat unik yang dapat berinteraksi antara satu sama lain dan bekerja sama dengan sekitar mereka untuk mencapai tujuan bersama. Penggunaan *Internet of Things* menggunakan mikrokontroler sebagai pengontrol pada suatu rangkaian elektronik serta menyimpan program dalam memory pada mikrokontroler yang nantinya dapat disimpan kedalam server.

Internet of Things akan merubah sistem dari sistem yang berdiri sendiri menjadi suatu sistem yang berkaitan satu dengan yang lain dan menjadi lebih kompleks. Dalam sistem tersebut terdiri dari rangkaian komponen-komponen dan aplikasi yang saling berkesinambungan. Komponen fisik yang terdiri dari berbagai macam sensor, mikrokontroller dan komponen elektronik yang sudah terangkai menjadi satu sistem. Aplikasi merupakan perangkat lunak yang berguna sebagai wadah pemrosesan yang nantinya menjadi penghubung kepada pengguna. Sehingga pengguna mendapat kemudahan dalam mengontrol sistem secara langsung.

Dengan penyiraman yang berbasis *Internet of Things* maka akan mempermudah petani dalam mengontrol, mengawasi, serta memonitoring secara langsung (realtime) kondisi pada tanaman. Data yang didapatkan melalui sensor selanjutnya disimpan dalam suatu server yang nantinya akan dipakai sebagai variabel perhitungan dalam penyiraman tanaman. Dari data tersebut nantinya akan didapat suatu grafik yang menggambarkan kondisi dari tumbuhan. Adapun kondisi yang dapat diketahui oleh petani berupa kondisi tanah yang digunakan dalam media penanaman.

Proses penyiraman otomatis dapat dilakukan dengan cara pengecekan terhadap beberapa faktor seperti kelembaban tanah, suhu, pH tanah dan sebagainya. Beberapa faktor tersebut yang akan diolah dalam suatu program sehingga didapat suatu nilai yang menyatakan seberapa tanaman itu membutuhkan penyiraman air. Pengolahan nilai dilakukan dengan menggunakan metode yang sudah disiapkan oleh peneliti. Selanjutnya program tersebut akan mengendalikan pompa maupun pintu air yang digunakan untuk mengairi tumbuhan sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan menggunakan metode yang dipakai oleh peneliti.

Rancang bangun alat penyiraman otomatis ini dilakukan dengan menggunakan metode *fuzzy logic control* untuk mengendalikan sistem kontrol. Pemakaian metode tersebut dimaksudkan agar ketika terjadi permasalahan dalam perangkat keras, maka sistem akan tetap berjalan sesuai dengan data yang sudah ada. *Fuzzy logic* merupakan metode yang dikembangkan pada tahun 1965 oleh Lotfi A. Zadeh yang merupakan awal mula ide himpunan fuzzy (*fuzzy set*). *Fuzzy logic* memiliki peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu dalam bidang matematika khususnya yaitu matematika himpunan. Teori himpunan saat

ini pun selalu dipelajari dan diterapkan dan bahkan saat ini matematikawan selalu mengembangkan tentang teori himpunan. *Fuzzy* sendiri memiliki arti ketidakjelasan/buram atau sesuatu yang tidak pasti. Himpunan *fuzzy* merupakan cabang dari ilmu matematika yang tertua, himpunan yang mempelajari proses bilangan random: teori probabilitas, teori informasi, statistik matematik dan lain sebagainya. Penyelesaian masalah dengan menggunakan himpunan *fuzzy* dianggap lebih mudah daripada dengan menggunakan konsep pengukuran (teori probabilitas) (Sudradjat, 2008).

Berdasarkan permasalahan yang ada, penulis mempunyai ide untuk untuk membuat alat penyiraman otomatis dengan sistem kendali cerdas IOT dan monitoring(realtime). Pembuatan sistem ini diharapkan dapat menangani permasalahan serta membantu para petani dalam mengatasi permasalahan dalam penyiraman tanaman.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan paparan dari latar belakang masalah, dapat diidentifikasi permasalahan yaitu bagaimana membangun sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* menggunakan parameter suhu dan kelembaban dengan metode *Fuzzy Logic Control* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Merujuk pada identifikasi masalah, maka penelitian diharapkan dapat mencapai tujuan yaitu untuk membangun sistem yang dapat melakukan penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* menggunakan parameter suhu dan kelembaban dengan metode *Fuzzy Logic Control*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menggunakan *Raspberry Pi 3 B+* sebagai *server, database* dan pemrosesan data.
- Menggunakan *Grove sensor (Temp, Humi, Barometer)* untuk mendapatkan nilai suhu dan kelembaban.
- Menggunakan *Raspberry Pi Camera Module V2*
- Menggunakan interface web untuk melakukan pemantauan secara *realtime*
- Menggunakan tumbuhan strawberry berumur 2 bulan dengan metode penanaman pada polybag.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

(Waworundeng, Suseno, & Manaha, 2017) dalam penelitiannya membuat alat penyiraman tanaman otomatis menggunakan mikrokontroler berupa Wemos DI board, relay, sensor kelembaban tanah, serta solenoid valve. Sensor kelembaban tanah berfungsi untuk mendeteksi apakah kelembaban tanah dalam keadaan lembab atau kering. Apabila tanah dalam keadaan lembab, maka alat tidak akan aktif, sebaliknya apabila tanah dalam keadaan kering, maka sensor mengirimkan perintah ke mikrokontroler untuk menyalakan relay yang terhubung ke solenoid valve yang berfungsi untuk mengalirkan air yang digunakan untuk penyiraman.

(Pratama, 2018) dalam penelitiannya menggunakan ATmega328 yang diimplementasikan dengan logika fuzzy dengan menggunakan metode *Mamdani*. Pemakaian *fuzzifikasi* dalam metode yang dipakai yaitu operator AND, dan *defuzzifikasinya* menggunakan metode *Center of Area (CoA)*. Hasil dari perhitungan metode yang dipakai yaitu timer yang digunakan untuk penyiraman yang mengontrol relay. Kontroler yang dipakai pada sistem utama yaitu ATmega328. Relay pada kontroler digunakan untuk mengontrol pompa. Pompa yang dipakai yaitu pompa DC yang digunakan untuk penyiraman air dan pestisida. Parameter yang dipakai yaitu suhu dan *Soil Moisture Sensor*. *Real time clock (RTC)* digunakan untuk pengatur waktu dan pada penelitian ini juga menggunakan LCD untuk menampilkan informasi. Pembacaan sensor suhu mempunyai *error* sebesar 0,815 %. Nilai perbandingan yang didapatkan antara hasil pemrograman dan Matlab yaitu sebesar 1,53 %.

Dalam penelitian yang dilakukan (Asih, 2018) jenis mikrokontroler yang biasanya dipakai yaitu ATmega32 yang merupakan mikrokontroler berjenis AVR (*Automatic Voltage Regulator*). *Automatic Voltage Regulator* memiliki desain arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit. Penulis menggunakan sensor LM35 yang merupakan sensor suhu yang bisa mendapatkan nilai secara langsung (realtime). Sensor kedua yang dipakai oleh peneliti yaitu sensor kelembaban tanah. Kadar air dalam tanah merupakan *impedansi* yang ada pada sensor kelembaban tanah ini. Penulis menentukan nilai rentang dari sensor kelembaban tanah yang dipakai, yaitu untuk tanah kering memiliki rentang nilai 0 – 300, tanah lembab memiliki rentang 300 - 700 dan untuk tanah basah memiliki rentang nilai 700 – 950. Penulis menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* yang menggunakan fungsi matematis trapesium. Dari hasil pengujian ketika suhu yang terbaca oleh sensor 29°C dan dengan kelembaban tanah 10% maka mendapatkan hasil outputan “sedang”. Hasil outputan berupa lama waktu penyiraman pada tanaman.

(Wijaya, Ariyanto, & Fitria, 2019) dalam penelitiannya memakai metode *Fuzzy logic* dengan menggunakan variabel input berupa suhu dan kelembaban tanah serta variabel output berupa lama waktu penyiraman. Proses awal yang dilakukan sistem pada penelitiannya yaitu sensor suhu dan sensor kelembaban tanah membaca data sensor. Data sensor tersebut dikirim ke *database* melalui *REST API*. Untuk lama penyiraman yang ada di *database* berasal dari nilai data sensor yang masuk kemudian dihitung sesuai dengan perhitungan metode *fuzzy mamdani*. Proses kedua, *raspberry pi* akan mengambil data hasil *defuzzifikasi* pada *database* untuk mengontrol *relay*. *Relay* menyala ketika pukul 8.00 dan 16.00 WIB dan melakukan

penyiraman sesuai dengan lama durasi yang telah dihitung dengan metode *fuzzy mamdani*. Selain pukul 8.00 dan 16.00 WIB maka relay akan mati dan tidak melakukan penyiraman. Untuk melihat sistem melakukan penyiraman secara otomatis dapat dilihat melalui website. Pada tampilan *website* berisi informasi tentang cara bercocok tanam tanaman cabai dengan baik, nilai data sensor dan lama penyiraman pada tanaman cabai. Hasil pengujian berupa hasil perbandingan pertumbuhan yaitu tinggi dan jumlah daun.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Pertumbuhan Strawberry

(Oktarina, Armaini, & Ardian, 2017) Strawberry (*Fragaria sp.*) adalah jenis tanaman buah yang memiliki nilai ekonomi yang bagus serta jenis buah yang memiliki banyak sekali manfaat yang dikandungnya. Buah strawberry banyak disukai karena memiliki bentuk yang unik, warna yang menarik serta rasa khasnya yang manis masam dan segar.

Oktarina dkk menyebutkan rendahnya produksi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu berupa suhu dan kelembaban pada lingkungan sekitar. Suhu yang cukup tinggi dapat mempengaruhi proses pertumbuhan bunga dan tumbuhan strawberry. Di daerah tropis seperti di Indonesia tanaman strawberry dapat tumbuh dengan baik pada daerah dengan suhu udara antara 17-20°C serta ketinggian daerah di atas 600 mdpl serta dengan tingkat kelembaban yang tinggi antara 80-90% sehingga memiliki suhu yang sejuk yang akan menyebabkan pertumbuhan strawberry menjadi optimal.

2.2.2. Raspberry Pi 3 Model B+

(Putra, 2019) Raspberry Pi 3 Model B merupakan *single board computer* yang memiliki ukuran sebesar kartu kredit yang digunakan untuk menjalankan program. Raspberry Pi3 B+ merupakan *board computer* kecil yang diperkenalkan Raspberry pada 14 Maret 2018 dan versi terakhir atau bentuk modifikasi dari seri

Raspberry Pi 3. *Raspberry Pi 3* model B memiliki sedikit perbedaan, yaitu mempunyai keunggulan 10x lebih cepat daripada *raspberry pi* generasi pertama. *Raspberry pi3 B+* dilengkapi dengan konektivitas LAN dan Bluetooth nirkabel, mempunyai GPIO Connector 40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins +3.3 V, +5 V dan GND supply lines serta opsi Power of Ethernet yang tidak ada pada versi sebelumnya.

Cara pemakaian *Raspberry Pi* yaitu dengan menggunakan sistem operasi seperti Arch Linux Arm, Linux, Gentoo NetBSD serta pada umumnya memakai Raspbian OS. Untuk menjalankan sistemnya, *Raspberry Pi* membutuhkan SD card pada board untuk menjalankan sistem operasinya. Pada sistem sistem operasi disimpan pada SD card saat proses booting. Penggunaan *Raspberry Pi* mirip dengan ketika memakai PC berbasis Linux akan tetapi dilengkapi dengan input dan output digital, sehingga memberikan kemudahan dalam wiring komponen dan tidak lagi memerlukan mikrokontroler.



Gambar 2. 1 *Raspberry Pi3 B+*

Sumber : <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>

Tabel 2. 1 Spesifikasi Raspberry Pi3 B+

Parameter	Value
SoC	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit @ 1.4GHz
RAM	1 GB LPDDR2 SDRAM
WLAN	2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, - Bluetooth: Bluetooth 4.2, BLE
Ethernet	Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300 Mbps)
GPIO	40 pin.
Display Output	HDMI
USB	4 USB 2.0
Antarmuka	CSI, DSI, 3.5 mm audio jack
Penyimpanan	Micro SD
Catu Daya	5V/2.5A DC

2.2.3. Sensor Grove BME 280

(CityOS Air, 2018) *BME280* adalah sensor lingkungan dengan pembacaan suhu, tekanan barometrik, dan kelembaban. Sensor ini sangat bagus untuk semua jenis penginderaan cuaca / lingkungan dan bahkan dapat digunakan baik di *Inter Integrated Cicruit (I2C)* maupun *Serial Pheriperal Interface (SPI)*. Sensor yang presisi ini adalah solusi penginderaan yang murah dan terbaik untuk mengukur kelembaban dengan akurasi $\pm 3\%$, tekanan barometrik dengan ± 1 hPa dengan akurasi absolut, dan suhu dengan akurasi $\pm 1,0$ °C.

Karena adanya perubahan tekanan oleh ketinggian, *BME280* memiliki pengukuran tekanan sangat baik, sehingga dapat digunakan sebagai *altimeter* dengan ± 1 meter atau akurasi yang lebih baik. Untuk menggunakan pengkabelan yang mudah dapat menggunakan *Inter Integrated Cicruit*, akan tetapi apabila ingin menghubungkan banyak sensor tanpa khawatir collisions pada *Inter Integrated*

Circuit, solusinya adalah menggunakan *Serial Peripheral Interface*. Sensor BME280 dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Sensor Grove BME280

Sumber : https://seeedoc.github.io/Grove-Barometer_Sensor-BME280/

Tabel 2. 2 Spesifikasi BME280

Parameter	Keterangan
Input voltage	3.3V or 5V
I/O voltage	3.3V or 5V
Operating current	0.4mA
Operating temperature	-40 - 85 °C
Atmospheric pressure sensor measurement range	300 - 1100 hPa (1 hPa= one hundred Pa) with ± 1.0 hPa accuracy
Temperature sensor measurement range	-40 - 85 °C, with $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ accuracy
Humidity sensor measurements range	0% - 100% relative humidity, with $\pm 3\%$ accuracy
Measurement modes	Piezo & Temperature, forced or periodic
Chip	BME280(datasheet)
Interface Bus	SPI, I ² C (use either one of them)
Weight	3.2 g (for breakout board), 9.3 g for whole package each piece
Dimensions	40 (length) \times 20 (width) mm
I2C	0x76(default) or 0x77

2.2.4. NodeMCU-ESP8266

(Satriadi, Wahyudi, & Chrstiyono, 2019) *NodeMCU* merupakan mikrokontroler yang merupakan *platform Internet of Things* yang dilengkapi oleh modul *WIFI* oleh *ESP8266*. Modul *NodeMCU* memiliki Bahasa pemrograman *default* berupa *Lua*. *ESP8266* merupakan perangkat tambahan berupa modul *wifi* yang biasanya dipakai untuk menghubungkan perangkat elektronik seperti mikrokontroler dengan koneksi *wifi* untuk proses pengkoneksian. *ESP8266* dikembangkan oleh *Espressif*. Modul ini sangat banyak digunakan apalagi untuk pembuatan *Internet of Things*. *ESP8266* dilengkapi dengan prosesor, *GPIO* serta memori. Modul ini merupakan modul *System on Chip* (SOC) yang tidak bergantung pada mikrokontroler. Pemilihan pemakaian *ESP8266* dibandingkan dengan modul *WIFI* biasa yaitu karena penggunaan dayanya sangat efisien karena memiliki fitur *deep sleep mode*.



Gambar 2. 3 NodeMCU-ESP8266

Sumber : <https://vetco.net/products/nodemcu-esp8266-wifi-development-board>

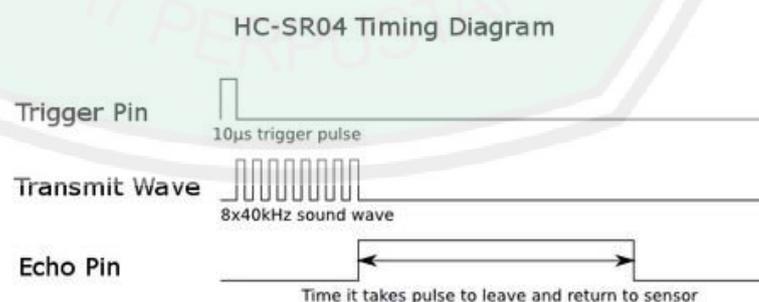
Tabel 2. 3 Spesifikasi NodeMCU-ESP8266

Parameter	Keterangan
Vendor Pembuat	Amica

Type ESP8266	ESP-12E
USB port	Micro Usb
GPIO Pin	13
ADC	1 pin (10 bit)
Usb to Serial Converter	CP2102
Power Input	5 Vdc
Ukuran Module	47 x 24 mm

2.2.5. Sensor Ultrasonic HC SR-04

(Firma Yudha & Sani, 2017) Cara kerja *sensor ultrasonik* yaitu dengan cara memantulkan gelombang dan menerima lagi pantulan suatu gelombang sehingga dapat digunakan untuk mengukur suatu jarak pada radius tertentu. *Sensor ultrasonik* merupakan sensor yang mempunyai empat pin yang digunakan untuk pengaplikasiannya. Dua pin digunakan sebagai daya yaitu *VCC* dan *GND*, sedangkan dua pin lagi sebagai pin *trigger* dan *echo*. *TRIGGER* merupakan pin yang digunakan untuk mengeluarkan sinyal sedangkan *pin ECHO* merupakan pin yang digunakan untuk menangkap sinyal kembalian. Jangkauan pada sensor ini yaitu sejauh 2cm – 400cm dengan akurasi 3mm dan jangkauan sudut pada sensor yaitu kurang lebih 15 derajat. Sesnsor ini memancarkan gelombang dengan frekuensi 40000 Hz. Untuk lebih mudah memahami *timing* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 *Timing Ultrasonic HC-SR04*

Sumber : <http://christianto.tjahyadi.com/belajar-mikrokontroler/sensor-ultrasonik-hc-sr04.html>

Perhitungan *sensor ultrasonic* menggunakan rumus $S = 340.t/2$. Dimana t merupakan nilai yang dibaca oleh sensor. Keluaran dari perhitungan ini yaitu nilai dengan satuan *centimeter*(cm). Berikut merupakan gambar sensor pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sumber : <https://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>

Berikut merupakan spesifikasi dari *sensor ultrasonic HC-SR04*.

Tabel 2. 4 Spesifikasi Ultrasonic HC-SR04

Parameter	Keterangan
Tegangan sumber operasi	5.0 V
Konsumsi arus	15 mA
Frekuensi operasi	40 KHz
Minimum jarak	0.02 m (2 cm)
Maksimum jarak	4 m
Sudut pantul gelombang pengukuran	15 derajat
Minimum waktu penyulutan	10 mikrodetik dengan pulsa berlevel TTL
Pulsa deteksi	Berlevel TTL dengan durasi yang bersesuaian dengan jarak deteksi
Dimensi	45 x 20 x 15 mm

2.2.6. Pompa DC 5V (*Waterpump*)

(Nugrahanto, 2017) Pompa DC 5V merupakan pompa air yang digunakan untuk menggerakkan cairan dari tempat ke tempat yang lain, dimana cairan yang dimaksud yaitu air dari wadah air untuk selanjutnya dialirkan menuju polybag tanaman. Pompa ini dapat disambungkan dengan menggunakan *socket* USB sehingga mudah digunakan. Untuk lebih jelasnya gambar dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 6 Pompa DC 5V

Sumber : <https://www.jakartanotebook.com/pompa-air-mini-usb-brushless-water-oil-pump-submersible-5v-dc30b-black#>

Berikut merupakan spesifikasi pompa pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 5 Spesifikasi Pompa DC 5V

Parameter	Keterangan
Jenis pompa	Brushless
Tegangan kerja	DC 3-6V.
Daya angkat	DC 3-6V.
Debit maksimum	150L/jam.
Panjang kabel	~1,2m.
Arus maksimum	0.35A.
Waterresistance	Amfibi
Kebisingan	35dB (dari jarak 20cm)
Range suhu cairan	0~60' C.
Diameter nepel out	7mm.

Diameter nepel in	9mm.
Dimensi	43mm x 28mm x 36mm.

2.2.7. Relay

(Nugrahanto, 2017) Relay merupakan komponen yang hanya bisa mengenal dua nilai saja yaitu HIGH dan LOW dan bagian utamanya yaitu *coil* (elektromagnet) dan mekanikal. Relay digunakan untuk mengontrol motor (pompa). *Relay* sendiri merupakan saklar yang hanya bisa bekerja apabila dialiri arus listrik. Sedangkan penggunaan pada *relay* yaitu sebagai pengontrol komponen elektronik saat ada arus yang berlebihan dan digunakan pada komponen yang memiliki tegangan yang tinggi. Pada saat pengontrolan relay pada motor digunakan kondisi *HIGH* dan *LOW* dengan delay time tertentu. *Delay time* yaitu memberikan jangka waktu tertentu pada suatu aktifitas. Disini aktifitas yang dimaksud yaitu pengaktifan motor saat relay bernilai *HIGH* dan penonaktifan motor oleh relay dengan nilai *LOW*. Untuk mengetahui bentuk *relay* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

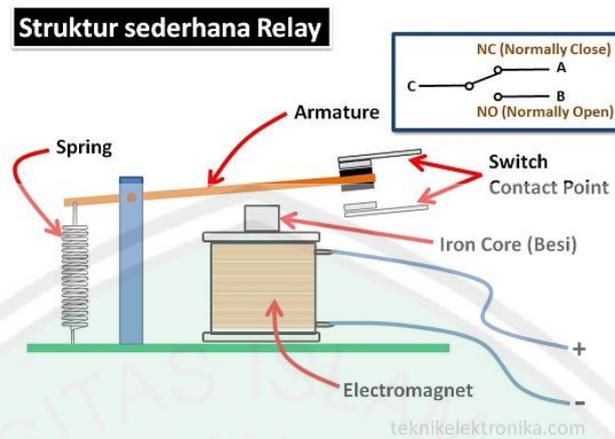


Gambar 2. 7 Relay

Sumber : <https://www.immersa-lab.com/pengertian-relay-fungsi-dan-cara-kerja-relay.htm>

Cara kerja *relay* yaitu saat komponen elektromagnet telah terkena arus listrik, maka akan menimbulkan medan magnet yang selanjutnya akan menarik tuas yang ada di atasnya sehingga elektromagnet terhubung dengan tuas dan menghasilkan posisi on (*HIGH*). Pada saat aliran listrik dicabut maka medan magnet akan hilang dan tuas kembali pada posisi semula sehingga *relay* berada pada

posisi off (*LOW*). Untuk lebih jelasnya cara kerja *relay* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

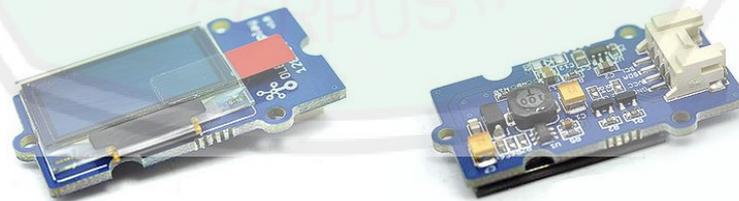


Gambar 2. 8 Cara Kerja Relay

Sumber : <https://www.immersa-lab.com/pengertian-relay-fungsi-dan-cara-kerja-relay.htm>

2.2.8. *OLED Display 0.96"*

(BelajarArduino, 2017) *Oled Display* ini digunakan untuk menampilkan karakter, grafik maupun gambar. *Oled* digunakan karena kelebihanannya memiliki kontras yang tajam dan hemat daya. *Oled* dipilih karena memiliki kompatibiliti yang bagus yaitu dengan mikrokontroler seperti *Raspberry Pi*, *Arduino*, *STM32* dan lain sebagainya. Tampilan *Oled Display* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 9 *OLED Display 0.96"*

Sumber : https://seeedoc.github.io/Grove-OLED_Display_0.96inch/

Berikut merupakan spesifikasi yang dimiliki oleh *OLED Display*.

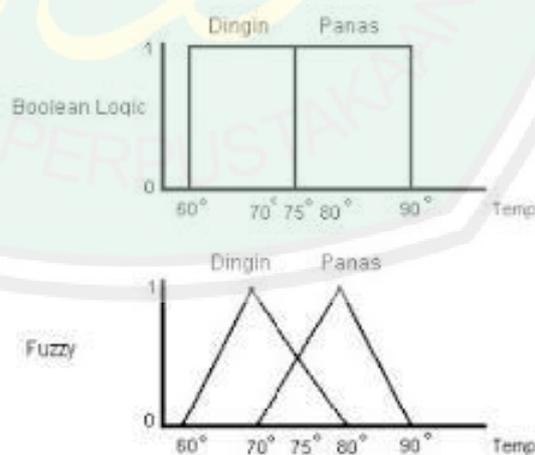
Tabel 2. 6 Spesifikasi Oled Display 0.96"

Parameter	Keterangan
Ukuran LCD + Board	2.7 x 2.7 cm
Ukuran Layar	2.65 x 1.5 cm
Resolusi Layar	128 x 32 pixel
Warna Pixel	- Kombinasi kuning-ungu - Full putih - Full biru
Komunikasi	I2C / IIC
VCC	3.3 – 5V

2.2.9. Fuzzy Logic Control

2.2.9.1. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* muncul dikarenakan adanya suatu kesenjangan antara permasalahan nyata dengan hukum matematika. Oleh karena itu dibutuhkan metode baru untuk memberikan solusi optimal terhadap permasalahan yang ada. *Boolean Logic* memiliki ketelitian yang rendah, oleh karena itu sistem *fuzzy* diciptakan karena memiliki tingkat ketelitian yang tinggi. Berikut merupakan perbedaan dari Boolean logic dengan fuzzy logic.



Gambar 2. 10 Perbedaan antara Boolean Logic dengan Fuzzy Logic

Sistem *fuzzy* ditemukan oleh Prof. L. Zadeh di Univ. California pada pertengahan 1960. Metode tersebut biasanya juga disebut logika kabur atau tidak jelas. Fuzzy memiliki keanggotaan rentang nol (0) sampai dengan satu (1) yang diekspresikan kedalam suatu bahasa (linguistik), contohnya suhu yang memiliki besaran yang diekspresikan dengan dingin, normal dan panas. Menurut (Kusumadewi & Purnomo, 2010) alasan logika fuzzy dipakai yaitu sebagai berikut.

- Konsep fuzzy logic menggunakan konsep matematis yang sederhana sehingga mudah untuk dimengerti dan sifatnya yang fleksibel.
- Toleransi penanganan logika *fuzzy* terhadap data-data yang tidak tepat.
- Pemodelan fungsi non-linear yang kompleks yang dapat dilakukan dengan logika *fuzzy*.

2.2.9.2. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy terdapat suatu himpunan yang memiliki bentuk yang tegas atau biasa disebut himpunan *crisp*. Pada himpunan *crisp* biasanya ditulis dengan $A[x]$ dimana A bisa bernilai 1, yaitu A merupakan suatu anggota himpunan, ataukah A bernilai 0, yaitu A tidak masuk kedalam anggota suatu himpunan.

Contoh himpunan:

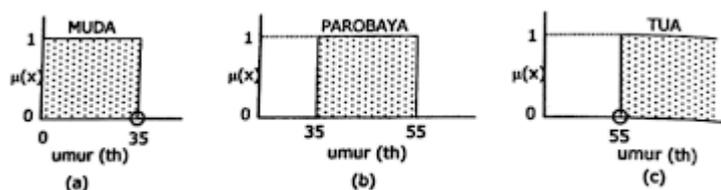
Varabel umur yang memiliki tiga kategori, yaitu sebagai berikut.

Umur MUDA umur yang kurang dari 35 tahun

Umur PAROBAYA yaitu kisaran umur 35 sampai dengan 55 tahun

Umur TUA yaitu umur diatas 55 tahun

Pada pembagian himpunan diatas, dapat dilihat grafis himpunan MUDA, PAROBAYA, dan TUA pada gambar 2.11 dibawah ini.



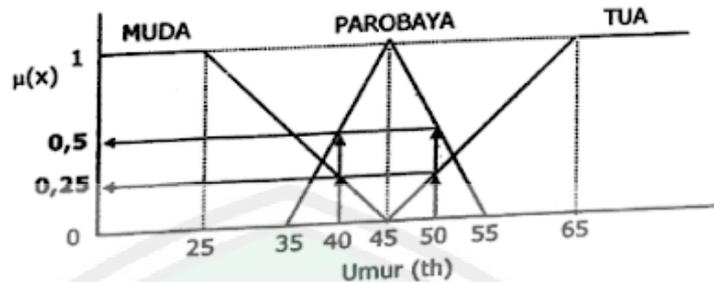
Gambar 2. 11 Contoh Himpunan MUDA, PAROBAYA dan TUA
Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

Dari grafik gambar diatas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Contoh usia seseorang yaitu 33 tahun, maka orang tersebut dikatakan orang muda
(MUDA[33]=1)
2. Dan ketika usia orang itu 35 tahun, orang tersebut sudah tidak muda
(MUDA[35]=0)
3. Ketika seorang itu usianya 35 tahun tetapi kurang 1 hari, orang tersebut dapat dikatakan sudah tidak muda lagi
(MUDA[35 tahun – 1 hari]=0)
4. Ketika seorang itu usianya 35 tahun, orang tersebut dapat dikatakan sebagai parobaya
(PAROBAYA[35]=1)
5. Ketika seorang itu usianya 34 tahun, orang tersebut tidak dikatakan sebagai orang tidak parobaya
(PAROBAYA[34]=0)
6. Ketika seorang itu usianya 36 tahun, orang tersebut dapat dikatakan sebagai parobaya
(PAROBAYA[36]=1)
7. Ketika seorang itu usianya 35 tahun tapi kurang 1 hari , orang tersebut tidak termasuk kedalam parobaya
(PAROBAYA[35 tahun – 1 hari]=0)

Berdasarkan pemaparan diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwasanya pemakaian apda himpunan crisp masihlah belum adil. Hal itu disebabkan karena hanya karena sedikit perubahan dalam nilainya sudah berimbas sangat besar. Maka disinilah himpunan fuzzy dipakai, guna untuk mengantisipasi hal

tersebut. Berikut merupakan contoh himpunan fuzzy umur dengan keanggotaan MUDA, PAROBAYA dan TUA pada gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Himpunan Fuzzy pada Umur
Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

Berdasarkan gambar himpunan fuzzy diatas, seseorang dengan umur 40 tahun merupakan orang yang masuk anggota himpunan yang muda.

$$\mu_{MUDA}[40]=0.25$$

Sesorang itu juga termasuk orang yang masuk pada anggota parobaya.

$$\mu_{PAROBAYA}[40]=0.5.$$

Apabila ada seseorang lagi dengan 50 tahun, maka orang tersebut masuk kedalam anggota himpunan tua.

$$\mu_{TUA}[50]=0.25$$

dan juga orang tersebut masuk kedalam anggota himpuna parobaya dengan hasil :

$$\mu_{PAROBAYA}[50]=0.5.$$

Untuk memahami sistem dari fuzzy, maka perlu diperhatikan hal-hal berikut dibawah ini.

a. Variabel fuzzy

Fuzzy memiliki variable fuzzy yang digunakan untuk varabel yang akan dibahas pada sistem dalam penelitian. Contoh : umur, suhu, kelembaban, waktu.

b. Himpunan fuzzy

Fuzzy juga memiliki suatu himpunan yang digunakan untuk mewakili suatu objek yang ada pada sebuah sistem pada suatu variable fuzzy.

c. Semesta pembicaraan

Dalam semesta pembicaraan, dimungknkan adanya operasi variable fuzzy. Semesta pembicaraan sendiri merupakan bilangan yang terus bertambah, baik nilainya positif maupun negatif. Semesta pembicaraan tidak memiliki batasan.

d. Domain

Pada himpunan fuzzy, domain didapat saat semua nilai dalam semesta pembicaraan bioperasikan kedalam fuzzy. Domain biasanya juga disebut nilai *real* yang mewakili semesta pembicaraan. Berikut merupakan contoh dari domain suhu.

dingin = $[0 \quad 30]$

normal = $[20 \quad 40]$

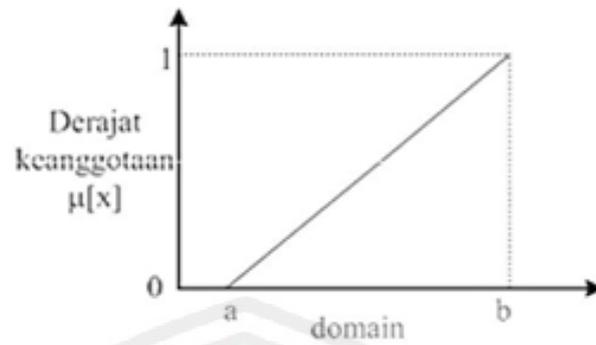
panas = $[30 \quad \infty]$

2.2.9.3. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan atau biasanya disebut dengan *Membership Function*. *Membership function* merupakan kurva yang menentukan titik-titik pemetaan input pada derajat keanggotaan suatu domain. *Membership function* sendiri memiliki rentang nilai dari 0 sampai 1. Untuk mendapatkan suatu nilai dari suatu derajat keanggotaan pada dilakukan dengan menggunakan pendekatan fungsi. Berikut merupakan fungsi yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai suatu derajat keanggotaan suatu nilai.

a. Representasi Linear Naik

Dalam representas linear naik digambarkan dengan garis lurus yang naik yang merupakan bentuk yang sederhana. Titik pertama merupakan titik awal atau yang dimulai dengan keanggotaan 0 yang bergerak menuju ke kanan dengan nilai yang lebih tinggi. Berikut merupakan representasi dari linear naik.



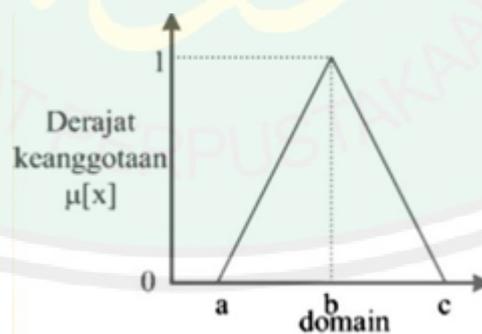
Gambar 2. 13 Representas Linear yang Naik
Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

Adapun fungsi keanggotaan yang didapat dari kurva linear naik dengan persamaan sebagai berikut.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & , x < a \\ (x - a)/(b - a) & , a \leq x \leq b \\ 1 & , x > b \end{cases}$$

b. Representasi Kurva Bentuk Segitiga

Pada representas kurva bentuk segitiga merupakan gabungan dari dua representasi, yaitu representasi naik dan representasi turun. Gambar representasi kurva bentuk segitiga dapat dilihat pada gambar berikut dibawah ini.



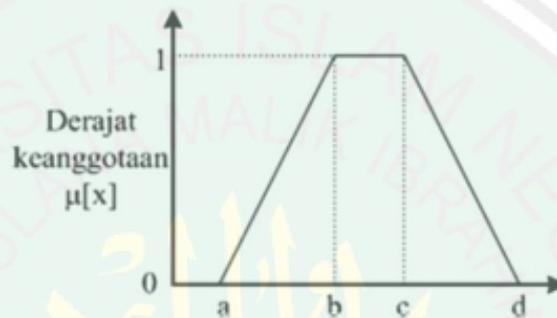
Gambar 2. 14 Kurva BentukSegitiga
Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

Adapun fungsi keanggotaan yang didapat dari kurva bentuk segitiga dengan persamaan sebagai berikut.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < a \text{ atau } x > c \\ (x - a)/(b - a) & , a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b) & , b \leq x \leq c \end{cases}$$

c. Representasi Kurva Bentuk Trapesium

Pada representasi kurva bentuk trapesium merupakan gabungan antara kurva segitiga dengan kurva yang tetap (statis) pada bagian tengah segitiga. Sehingga ada dua titik yang memiliki nilai 1. Gambar representasi kurva bentuk trapesium dapat dilihat pada gambar berikut dibawah ini.



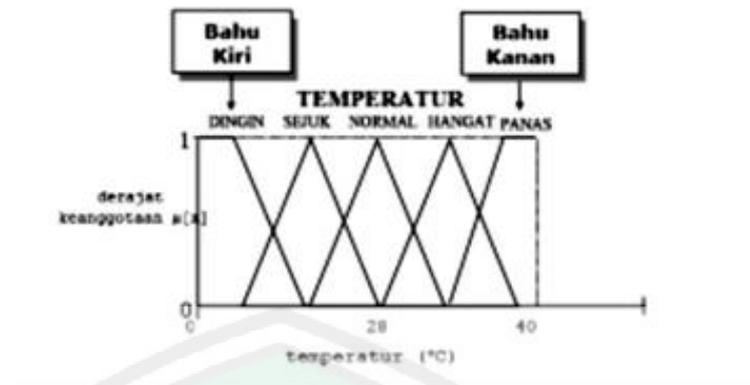
Gambar 2. 15 Kurva Bentuk Trapesium
Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

Adapun fungsi keanggotaan yang didapat dari kurva bentuk trapesium dengan persamaan sebagai berikut.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < a \\ (x - a)/(b - a) & , a \leq x \leq b \\ 1 & , b \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c) & , x > c \end{cases}$$

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Pada representasi bentuk bahu merupakan representasi linear yang memiliki nilai 1 secara statis pada awal dan akhir pada nilainya. Pada bagian tengah representasi kurva ini memiliki representasi bentuk segitiga juga. Berikut merupakan gambar dari representasi kurva bentuk trapesium.



Gambar 2. 16 Kurva Bentuk Bahu
Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

2.2.9.4. Operator Dasar Zadeh untuk Operasi Himpunan Fuzzy

Pada operator dasar zadeh yang dipakai untuk himpunan fuzzy merupakan operasi perhitungan yang digunakan untuk menghitung pada himpunan fuzzy. Zadeh memiliki 3 operator untuk operasi dasarnya. Operasi operator tersebut sebagai berikut.

a. Logika AND

Logika AND sendiri yaitu operator yang digunakan untuk mengambil nilai terkecil pada setiap fungsi keanggotaan. Untuk mendapatkan nilai terkecil pada suatu fungsi keanggotaan yaitu dengan menggunakan fungsi MIN. Berikut merupakan persamaan untuk mendapatkan nilai terkecil fungsi keanggotaan sebagai berikut.

$$\mu A \cap B = \text{MIN}(\mu A[x], \mu B[y])$$

b. Logika OR

Logika OR ini merupakan operator yang menerapkan operator union. Logika OR didapatkan mencari nilai tertinggi dari setiap fungsi keanggotaan. Untuk mendapatkan nilai tertinggi yaitu dengan menggunakan MAX. Berikut merupakan persamaan untuk mendapatkan nilai terbesar pada setiap fungsi keanggotaan sebagai berikut.

$$\mu A \cup B = \text{MAX}(\mu A[x], \mu B[y])$$

c. Logika NOT

Logika NOT merupakan operator yang mengimplementasikan operasi komplemen. Pada operator ini cara mendapatkan hasilnya yaitu dengan mengurangi nilai fungsi keanggotaan dengan 1. Berikut merupakan persamaan untuk mendatakan nilai dengan operator NOT sebagai berikut.

$$\mu A' = 1 - \mu A[x]$$

2.2.9.5. Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi fuzzy atau biasanya disingkat menjadi FIS (*Fuzzy Inference System*) merupakan proses perhitungan yang memproses suatu input menjadi suatu output. Pada proses perhitungan ini memiliki metode atau tata cara tersendiri untuk melakukan perhitungannya, tergantung kepada metode inferensi yang nantinya akan dipakai. Metode inferensi memiliki aturan-aturan tersendiri yang harus dipenuhi dan nantinya akan dilakukan perhitungan berdasarkan dari teknik penalaran dari suatu aturan dan dari suatu pengetahuan. Beberapa metode pada sistem inferensi yang sering digunakan yaitu sebagai berikut dibawah ini.

a. Metode Tsukamoto

Metode Tsukamoto merupakan metode dengan perhitungan dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Pada metode ini menggunakan konsekuen berbentuk IF-THEN yang merepresentasikan suatu himpunan fuzzy. Hasil dari perhitungan metode ini yaitu akan diberikan nilai *crisp* pada tap-tap aturannya. Hasil akhir pada metode ini yaitu penghitungan rata-rata terbobot yang akan menjadi hasil output.

b. Metode Sugeno

Pada metode Sugeno perhitungannya output berupa nilai konsekuen berupa konstanta ataupun persamaan linier. Pada metode ini biasanya juga disebut dengan TSK. Adapun pembagian Sugeno menjadi dua seperti berikut dibawah ini.

1. Sugeno Orde-Nol

Untuk perhitungan sugeno orde nol dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan seperti dibawah ini.

$$\text{IF}(x_1 \text{ is } A_1) (x_2 \text{ is } A_2) (x_3 \text{ is } A_3) \dots (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z=k$$

Dari persamaan diatas diadaptkan A_1 sebagai himpunan ke-I dan K_k merupakan konstantanya.

2. Sugeno Orde-Satu

Untuk perhitungan sugeno orde satu dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan seperti dibawah ini.

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \dots (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z=p_1*x_1+\dots+p_N*x_N+q$$

Dari persamaan diatas dapat diketahui bahwa A_1 yang merupakan himpunan ke-i, p_1 yang merupakan konstanta ke-i, dan q merupakan konstanta juga.

Pada perhitungan akhirnya metode sugeno melakukan proses perhitungan dengan mencari rata-rata sebagai output dari hasil *fuzzifikasinya*.

c. Metode Mamdani

Pada penalaran Mamdani atau yang biasa disebut dengan penalaran Max Min, memiliki beberapa proses yaitu mulai dari pembentukan himpunan fuzzy, lalu pengaplikasian fungsi implikasi, mengkomposisikan aturan dan proses terakhir yaitu melakukan *defuzzifikasi*.

1. Membuat himpunan fuzzy

Varabel yang dipakai pada metode ini merupakan varabel yang memiliki satu atau lebih himpunan fuzzy.

2. Pengaplikasian fungsi implikasi pada metode mamdani

Fungsi yang dipakai pada implikasi metode mamdani yaitu menggunakan fungsi MIN.

3. Pembuatan Rule (Pengkomposisian aturan)

Pengomposisian aturan pada metode ini tidaklah monoton. Inferensi didapatkan dari hubungan tiap aturan yang dipakai. Pada pengkomposisian aturan terdapat beberapa metode yang dipakai, yaitu MAX, SUM dan OR. Berikut merupakan pengkomposisian aturannya.

a. Metode Maximum (MAX)

Penggunaan metode MAX dilakukan dengan cara pengambilan nilai fungsi keanggotan yang paling tinggi. Perhitungan pada metode MAX dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$\mu_{sf}[xi] = \max (\mu_{sf}[xi], \mu_{kf}[xi])$$

b. Metode Additive (SUM)

Pada metode SUM perhitungan dilakukan dengan cara melakukan perhitungan bounded-sum terhadap nilai pada daerah output. Berikut merupakan perhitungan dengan metode SUM pada persamaan berikut.

$$\mu_{sf}[xi] = \min (1, \mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi])$$

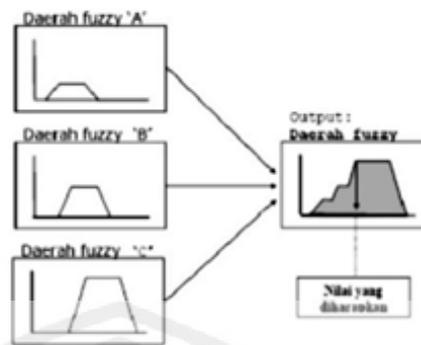
c. Metode Probabilistik OR (Probor)

Pada metode OR hasil perhitungan didapatkan dari melakukan product kepada semua output. Perhitungan memakai metode ini dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\mu_{sf}[xi] = (\mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi]) - (\mu_{sf}[xi] * \mu_{kf}[xi])$$

4. Defuzzifikasi (Penegasan)

Langkah defuzzifikasi merupakan langkah akhir dalam perhitungan fuzzy. Defuzzifikasi dilakukan dengan cara perhitungan dengan memproses nilai input yang diperoleh lalu diolah pada fuzzifikasi yang selanjutnya dilakukan pembuatan aturan dan pada tahap akhir yaitu defuzzifikasi untuk mendapatkan kembali nilai *crisp*. Berikut merupakan penggambaran proses defuzzifikasi pada gambar 2.17 dibawah ini.



Gambar 2. 17 Contoh Proses Fuzzifikasi
Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

Dalam proses defuzzifikasi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode. Metode-metode tersebut sebagai berikut dibawah ini.

a. Metode Centroid (Center of Area)

Metode ini sering disebut juga perhitungan metode CoA. Perhitungan ada metode ini dilakukan dengan pencarian nilai titik tengah pada hasil perhitungan. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk mendapatkan hasil dari proses defuzzifikasi sebagai berikut.

Perhitungan untuk semesta kontinu dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{CoA} = \frac{\int_z z \cdot \mu(z) dz}{\int_z \mu(z) dz}$$

Sedangkan untuk perhitungan dengan semesta diskrit dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{CoA} = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)}$$

b. Metode Bisektor

Pemakaian metode bisector dilakukan dengan cara mengambil nilai dari domain fuzzy yang merupakan keanggotaan setengah dari hasil perhitungan keanggotaan daerah fuzzy. Metode ini menggunakan persamaan pada perhitungannya sebagai berikut.

Z_p sedemikian hingga $\int_1^p \mu(z) dz - \int_p^n \mu(z) dz$

c. MoM (Mean of Maximum)

Perhitungan pada metode MoM dilakukan dengan cara pengambilan nilai rata-rata yang berada pada domain dan nilai tersebut merupakan nilai yang memiliki keanggotaan maksimum.

d. LoM (Large of Maximum)

Perhitungan pada metode LoM dilakukan dengan cara pengambilan nilai paling besar yang berada pada domain dan nilai tersebut merupakan nilai yang memiliki keanggotaan maksimum.

e. SoM (Smallest of Maximum)

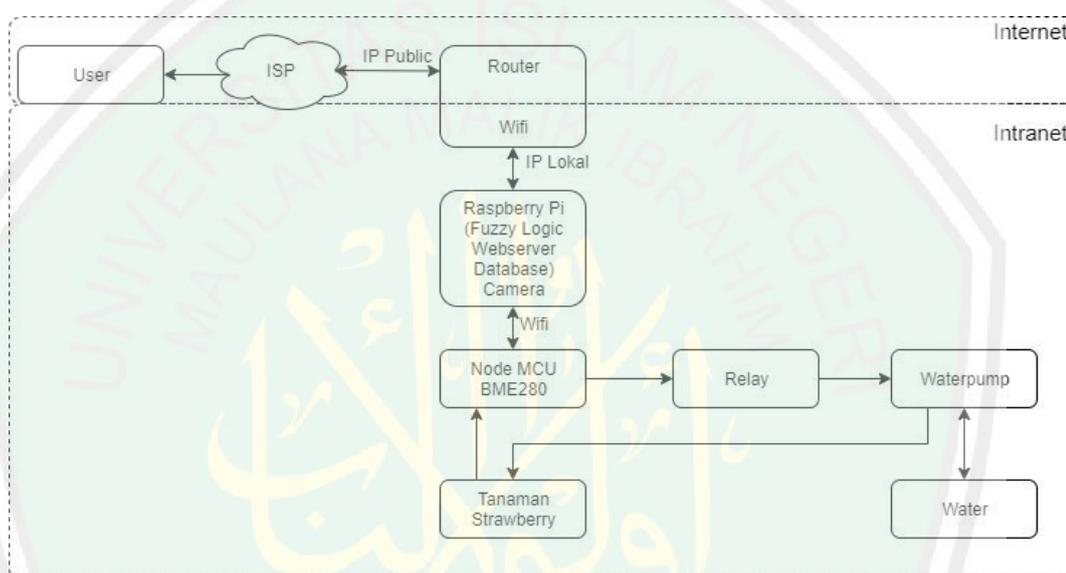
Perhitungan pada metode SoM dilakukan dengan cara pengambilan nilai paling kecil yang berada pada domain dan nilai tersebut merupakan nilai yang memiliki keanggotaan maksimum juga.

BAB III

KONSEP RANCANGAN

3.1. Desain Sistem

Alur sistem dibuat dengan sedemikian rupa untuk mempermudah untuk memahami bagaimana cara kerja dari sistem yang dibuat. Adapun alur sistem yang dibuat sebagai berikut dibawah ini.



Gambar 3. 1 Desain Sistem

Sensor *BME280* yang terhubung dengan *NodeMCU* membaca suhu dan kelembaban pada tempat penanaman strawberry. Selanjutnya *NodeMCU* mengirimkan data pembacaan kepada Raspberry melalui *wifi*. Data tersebut disimpan kedalam *database* dan diolah dengan menggunakan *fuzzy logic control* sehingga didapatkan *data output* berupa lama waktu penyiraman. Selanjutnya *data output* dikirim kembali kepada *NodeMCU* dan digunakan untuk mengontrol *relay* serta waterpump sesuai *data output* lama waktu penyiraman.

Pada raspberry terdapat *webserver* yang nantinya akan diakses oleh user. Raspberry selanjutnya disetting untuk mendapatkan domain. Jenis domain yang nantinya dipakai yaitu DDNS (*Dynamic Domain Name Server*) dengan IP Lokal yang portnya sudah tentukan. Selanjutnya pada *router* disetting menjadi IP Publik yang digunakan untuk mengakses ISP (*Internet Service Provider*) sehingga dapat diakses langsung oleh user.

3.1.1. Hardware System

3.1.1.1. Raspberry Pi

Raspberry disini digunakan sebagai mainboard yang bertugas untuk mengontrol sistem. Pada hardware jni juga yang nantinya akan menjadi komponen yang terhubung dengan beberapa komponen seperti catu daya, *Camera Module* dan *OLED Display*. Pada *raspberry* terdapat *webserver* serta perhitungan dengan menggunakan *fuzzy logic control*.

3.1.1.2. Catu Daya

Ada beberapa perangkat keras yang terhubung melalui *Raspberry*, diantaranya yaitu catu daya. Catu daya atau bisanya disebut *power supply* digunakan sebagai power atau pemberi sumber listrik untuk *Raspberry* sehingga *Raspberry* dapat menyala.

3.1.1.3. Camera Module

Camera Module juga terhubung melalui *RaspberryPi*. Kamera ini yang nantinya digunakan untuk memonitoring keadaan secara realtime. Pada *raspberry* memang disiapkan port khusus yang disediakan untuk kamera.

3.1.1.4. OLED Display

OLED Display yang merupakan perangkat untuk menampilkan outputan dalam monitor yang sangat kecil. *OLED* ini terhubung dengan *Raspberry*. *OLED* ini digunakan pada rangkaian *Raspberry* ini untuk menampilkan kondisi yang terletak pada bagian luar kotak panel.

3.1.1.5. NodeMCU-ESP8266

Pada panel rangkaian NodeMCU ini nanti terdapat fungsi yang digunakan untuk upload program ke Raspberry. NodeMCU sudah dilengkapi dengan fitur *WIFI* yang nantinya akan menghubungkan komponen yang terhubung dengan Raspberry dengan komponen-komponen yang terangkai pada NodeMCU. Pemakaian NodeMCU dilakukan karena Raspberry hanya dapat mengambil nilai digital, sedangkan penulis ingin menambahkan sensor dengan masukan analog. Beberapa faktor lain yaitu karena beberapa komponen pada rangkaian NodeMCU membutuhkan daya yang cukup besar.

3.1.1.6. Sensor BME280

Sensor yang terangkai pada NodeMCU yaitu sensor grove (BME280). Pada grove sensor yang dipakai (BME280) yaitu sensor yang digunakan untuk mendapatkan nilai *temperature*, *humidity* dan *barometer*. Variabel yang dipakai sebagai input yaitu *temperature* dan *humidity*..

3.1.1.7. HC SR-04

Sensor selanjutnya yang dipakai yaitu sensor ultrasonic HC SR-04. Sensor ultrasonic ini digunakan untuk mengetahui volume air yang ada pada tangki air. Sensor ini ditempatkan pada tutup tangki air, sehingga sensor ini bisa memberikan informasi. Terlebih ketika kondisi air sudah hamper habis. Dengan adanya sensor ini maka akan memberikan kemudahan dalam mengetahui apakah air dalam tangki masih banyak atau sudah mau habis.

3.1.1.8. Relay

Komponen selanjutnya yaitu relay. Tugas relay ini yaitu untuk menghidupkan dan mematikan pompa air. Relay hanya mengerti dua jenis sinyal yaitu HIGH dan LOW. Nilai pada hasil perhitungan fuzzy selanjutnya dimasukkan kedalam variabel yang akan mengontrol relay. Relay akan hidup / mati selama waktu yang didapatkan dari hasil perhitungan fuzzy. Relay digunakan untuk mengontrol waterpump.

3.1.1.9. Waterpump

Waterpump digunakan untuk memompa air yang diambil dari tempat penampungan air yang selanjutnya diompakan menuju ke tanaman melalui pipa kecil.

3.1.2. Software System

3.1.2.1. Sistem Operasi Raspberry Pi

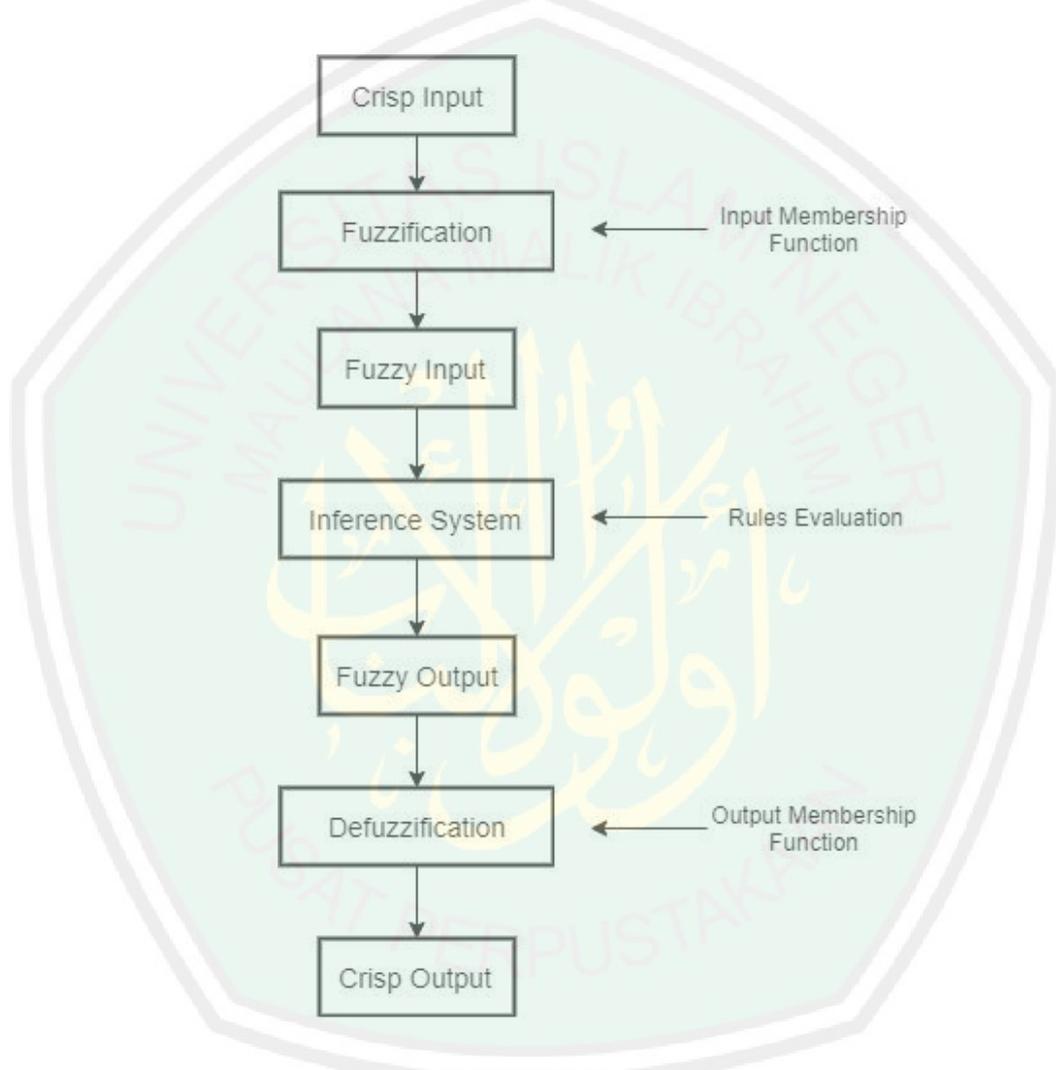
Sistem operasi yang dipakai pada raspberry yaitu Raspbian OS. Raspbian merupakan sistem operasi resmi milik Raspberry, oleh karena itu banyak pengguna Raspberry yang memilih untuk memaka Raspbian OS sebagai sistem operasinya.

3.1.3. Perancangan Logika Fuzzy

Proses penyiraman otomatis dilakukan berdasarkan hasil dari perhitungan *fuzzy logic*. Di proses penyiraman otomatis inilah metode *Fuzzy Logic* digunakan. Variabel yang dipakai sebagai input yaitu suhu dan kelembaban. Dan pada outputannya yaitu waktu (lama penyiraman).

Pada proses perhitungan dimulai dari proses masuknya *crisp input*. Selanjutnya nilai masukkan akan diproses pada fuzzifikasi (*fuzzification*). Proses fuzzifikasi yaitu dimana input data *crisp* (nilai tegas) diubah menjadi nilai fuzzy yang berada dalam bentuk himpunan-himpunan dengan fungsi keanggotaannya masing-masing. Selanjutnya nilai inputan fuzzy tadi dibuatkan rule pada *Inference System* untuk dijadikan acuan yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel inputan dan variabel yang diproses. Penggunaan rule biasanya menggunakan “IF-THEN”. Setelah data diolah oleh rule, maka akan menghasilkan nilai *output fuzzy*. Nilai tersebut belum bisa digunakan karena harus dilakukan *defuzzification*

terlebih dahulu. *Defuzzifikasi* merupakan proses perubahan *variabel output fuzzy* menjadi data pasti (*crisp*) yang nantinya nilai data *crisp* ini yang digunakan dalam menentukan lama penyiraman. Variabel waktu penyiraman memiliki 3 nilai yaitu cepat, sedang dan lama. Berikut merupakan alur proses fuzzy pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Alur *Fuzzy Logic*

3.1.3.1. Fuzzifikasi

Pada proses perhitungan metode *fuzzy logic*, dilakukan dengan perhitungan *fuzzifikasi*. *Fuzzifikasi* merupakan perhitungan untuk merubah nilai input dari bentuk tegas berubah menjadi bentuk fuzzy (*linguistic*) yang biasanya berbentuk himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaannya masing-

masing. Pada penelitian ini menggunakan dua buah variabel input, yaitu variable suhu dan kelembaban. Untuk setiap inputan memiliki linguistic value masing-masing. Untuk suhu memiliki *linguistic value* berupa panas, normal dan dingin. Sedangkan untuk kelembaban memiliki *linguistic value* yaitu kering, normal dan basah. Untuk hasil dari perhitungan metode fuzzy yaitu variabel timer (waktu). Timer ini memiliki *linguistic value* yakni sebentar, normal dan lama.

Pada variable suhu memiliki rentang nilai dari 0 hingga 50. Rentang ini merupakan representasi dari suhu yang diambil dari rata-rata suhu untuk melakukan penelitian pada tanaman strawberry ini. Variable suhu sendiri memiliki fungsi keanggotaan berupa fungsi keanggotaan dingin, fungsi keanggotaan normal dan fungsi keanggotaan panas. Keanggotaan dingin merupakan fungsi dengan bentuk bahu kiri dengan persamaan seperti dibawah ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 0 \text{ atau } x > 30 \\ 1 & , 0 \leq x \leq 15 \\ (30 - x)/(30 - 15) & , 15 \leq x \leq 30 \end{cases}$$

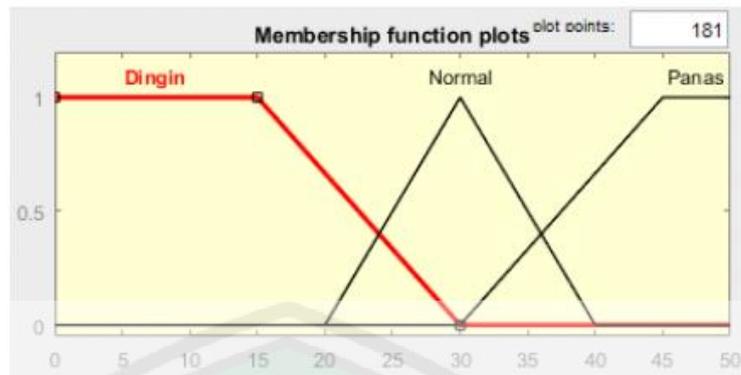
Untuk keanggotaan normal menggunakan kurva bentuk segitiga dengan persamaan dibawah ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 20 \text{ atau } x > 40 \\ (x - 20)/(30 - 20) & , 20 \leq x \leq 30 \\ (40 - x)/(40 - 30) & , 30 \leq x \leq 40 \end{cases}$$

Untuk keanggotaan panas menggunakan kurva bentuk bahu kanan dengan persamaan dibawah ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 30 \text{ atau } x > 50 \\ (x - 30)/(45 - 30) & , 30 \leq x \leq 45 \\ 1 & , 45 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

Berikut merupakan gambar dari fungsi keanggotaan dari variabel suhu pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Fungsi Keanggotaan dari Suhu

Pada variable kelembaban memiliki rentang nilai dari 0 hingga 100. Pemberian rentang ini merupakan representasi dari kelembaban yang diambil dari rata-rata kelembaban untuk dilakukan melakukan penelitian. Variable kelembaban memiliki fungsi keanggotaan berupa fungsi keanggotaan kering, fungsi keanggotaan normal dan fungsi keanggotaan basah. Keanggotaan kering merupakan fungsi dengan bentuk bahu kiri dengan persamaan seperti dibawah ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 0 \text{ atau } x > 50 \\ 1 & , 0 \leq x \leq 20 \\ (50 - x)/(50 - 20) & , 20 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

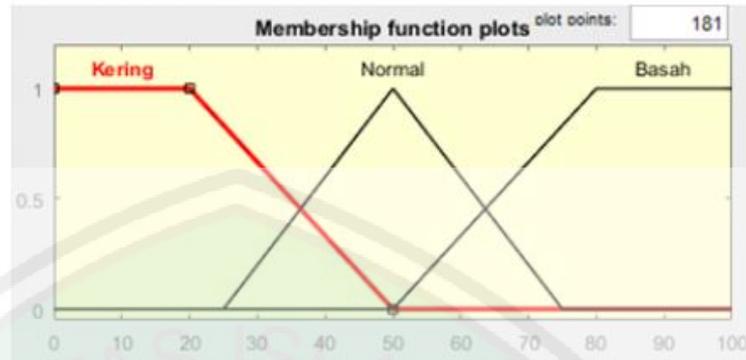
Untuk keanggotaan normal menggunakan kurva bentuk segitiga dengan persamaan dibawah ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 25 \text{ atau } x > 75 \\ (x - 25)/(50 - 25) & , 25 \leq x \leq 50 \\ (75 - x)/(75 - 50) & , 50 \leq x \leq 75 \end{cases}$$

Untuk keanggotaan basah menggunakan kurva bentuk bahu kanan dengan persamaan dibawah ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 30 \text{ atau } x > 50 \\ (x - 30)/(45 - 30) & , 30 \leq x \leq 45 \\ 1 & , 45 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

Berikut merupakan gambar dari fungsi keanggotaan dari variabel kelembaban pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Fungsi Keanggotaan Kelembaban

Variabel timer merupakan variabel yang merupakan hasil dari perhitungan input dari variabel suhu dan kelembaban. Pada variabel timer memiliki rentang nilai dari 0 hingga 15 dengan satuan detik. Variabel timer memiliki fungsi keanggotaan berupa fungsi keanggotaan sebarang, fungsi keanggotaan normal dan fungsi keanggotaan lama. Keanggotaan sebarang merupakan fungsi dengan bentuk segitiga dengan persamaan seperti dibawah ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 0 \text{ atau } x > 7.5 \\ (x - 0)/(3.75 - 0) & , 0 \leq x \leq 3.75 \\ (75 - x)/(75 - 50) & , 3.75 \leq x \leq 7.5 \end{cases}$$

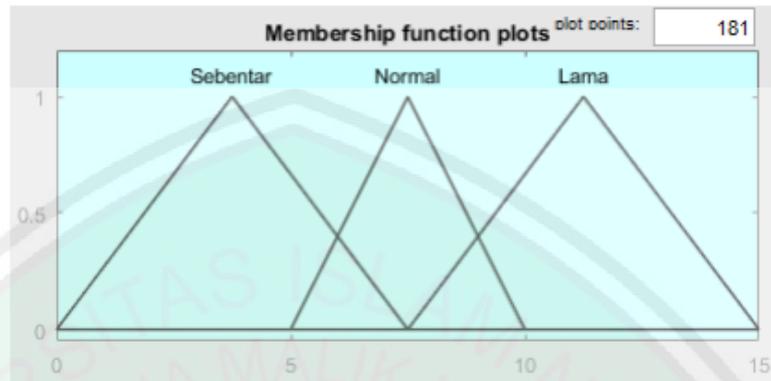
Untuk keanggotaan normal menggunakan kurva bentuk segitiga dengan persamaan dibawah ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 5 \text{ atau } x > 10 \\ (x - 5)/(7.5 - 5) & , 5 \leq x \leq 7.5 \\ (10 - x)/(10 - 7.5) & , 7.5 \leq x \leq 10 \end{cases}$$

Untuk keanggotaan lama menggunakan kurva bentuk segitiga dengan persamaan dibawah ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 7.5 \text{ atau } x > 15 \\ (x - 7.5)/(11.25 - 7.5) & , 7.5 \leq x \leq 11.25 \\ (15 - x)/(15 - 11.25) & , 11.25 \leq x \leq 15 \end{cases}$$

Berikut merupakan gambar dari fungsi keanggotaan dari variabel timer pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Fungsi Keanggotaan Timer

3.1.3.2. Fuzzy Rule

Langkah selanjutnya untuk menghitung nilai fuzzy yaitu dengan membuat suatu aturan. *Fuzzy rule* sendiri yaitu aturan yang dipakai untuk mendapatkan hasil output berupa lama waktu penyiraman. Rule berikut dibawah merupakan rule yang merujuk pada penelitian oleh Seto Aji Pratama pada tahun 2008. Berikut merupakan tabel *fuzzy rule* yang digunakan pada penelitian.

Tabel 3. 1 Tabel Aturan Fuzzy

Suhu / Kelembaban	Kelembaban Kering	Kelembaban Normal	Kelembaban Basah
Suhu Dingin	Lama (R1)	Sebentar (R4)	Sebentar (R7)
Suhu Normal	Lama (R2)	Normal (R5)	Sebentar (R8)
Suhu Panas	Lama(R3)	Normal (R6)	Sebentar (R9)

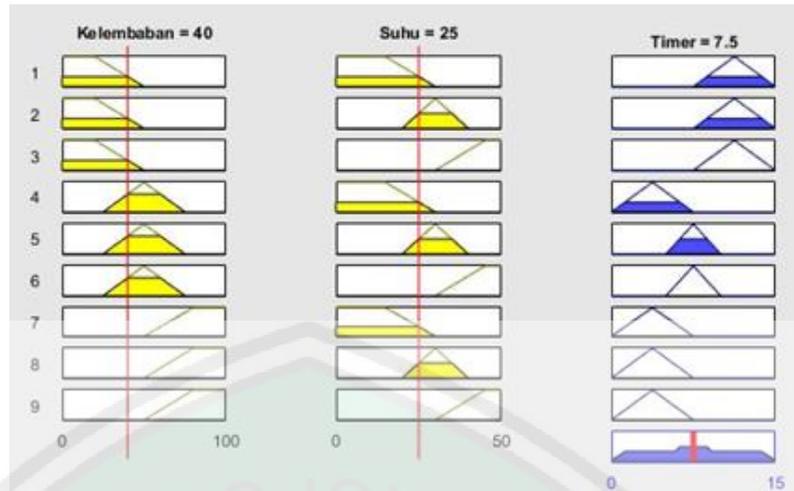
Berdasarkan aturan pada tabel diatas maka didapat setiap rule sebagai berikut.

- (R1) JIKA kelembaban Kering DAN Suhu Dingin MAKA Timer Lama
- (R2) JIKA kelembaban Kering DAN Suhu Normal MAKA Timer Lama
- (R3) JIKA kelembaban Kering DAN Suhu Panas MAKA Timer Lama
- (R4) JIKA kelembaban Normal DAN Suhu Dingin MAKA Timer Sebentar
- (R5) JIKA kelembaban Normal DAN Suhu Normal MAKA Timer Normal
- (R6) JIKA kelembaban Normal DAN Suhu Panas MAKA Timer Normal
- (R7) JIKA kelembaban Basah DAN Suhu Dingin MAKA Timer Sebentar
- (R8) JIKA kelembaban Basah DAN Suhu Normal MAKA Timer Sebentar
- (R9) JIKA kelembaban Basah DAN Suhu Panas MAKA Timer Sebentar

Setelah aturan sudah didapatkan, selanjutnya masuk kedalam perhitungan dengan menggunakan fungsi *implikasi* dari setiap rule yang ada. Selanjutnya perhitungan dari hasil *fuzzifikasi* dimasukan dekalam fungsi *implikasi* untuk diambil nilai terkecil pada setiap nilai dari *fuzzifikasi* yang dilakukan dengan menggunakan fungsi MIN. Untuk menentukan perhitungan implikasi menggunakan fungsi MIN dapat dilihat pada persamaan dibawah.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

Untuk melakukan perhitungan selanjutnya, yaitu dengan menggunakan implikasi dengan fungsi MIN dengan menggunakan input suhu 25°C dan kelembaban tanah 40% maka akan tampil fuzzy rule hasil perhitungan matlab seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3. 6 Hasil Aturan Fuzzy

Pada gambar tersebut diatas dapat diketahui bahwa aturan yang memenuhi syarat perhitungan suatu input suhu 25°C dan kelembaban sebesar 40% yaitu aturan pada nomor satu, dua, empat dan lima. Selanjutnya aturan yang memenuhi syarat akan dihitung dengan menggunakan *implikasi* dengan fungsi MIN. Untuk perhitungannya dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

Rule-1 JIKA kelembaban Kering DAN Suhu Dingin MAKA Timer Lama

$$\begin{aligned}
 R1 &= \mu_{\text{suhu}} \cap \mu_{\text{kelembaban}} \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{dingin}}[25], \mu_{\text{kering}}[40]) \\
 &= \text{MIN}(0.3, 0.3) \\
 &= 0.3
 \end{aligned}$$

Rule-2 JIKA kelembaban Kering DAN Suhu Normal MAKA Timer Lama

$$\begin{aligned}
 R2 &= \mu_{\text{suhu}} \cap \mu_{\text{kelembaban}} \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{normal}}[25], \mu_{\text{kering}}[40]) \\
 &= \text{MIN}(0.5, 0.3) \\
 &= 0.3
 \end{aligned}$$

Rule-4 JIKA kelembaban Normal DAN Suhu Dingin MAKA Timer Sebentar

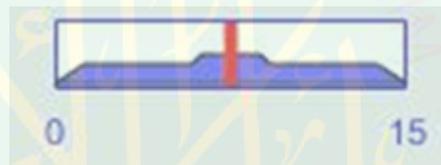
$$R4 = \mu_{\text{suhu}} \cap \mu_{\text{kelembaban}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{MIN} (\mu_{\text{dingin}}[25], \mu_{\text{normal}}[40]) \\
 &= \text{MIN} (0.33, 0.6) \\
 &= 0.33
 \end{aligned}$$

Rule-5 JIKA kelembaban Normal DAN Suhu Normal MAKA Timer Normal

$$\begin{aligned}
 R5 &= \mu_{\text{suhu}} \cap \mu_{\text{kelembaban}} \\
 &= \text{MIN} (\mu_{\text{normal}}[25], \mu_{\text{normal}}[40]) \\
 &= \text{MIN} (0.5, 0.6) \\
 &= 0.5
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, akan didapatkan hasil perhitungan setiap aturan dengan menggunakan implikasi dengan fungsi MIN, maka dilakukan proses pengkomposisian dengan menggunakan MAX sehingga didapatkan hasil pengkomposisian seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3. 7 Hasil Komposisi dari Fuzzy Rule

3.1.3.3. Defuzzifikasi

Pada proses *defuzzifikasi* dilakukan penegasan ulang, yaitu perubahan nilai dari nilai fuzzy menjadi nilai crisp lagi. Pada penelitian ini dilakukan proses *defuzzifikasi* dengan menggunakan metode *Center of Area* (CoA).

Untuk perhitungan pada metode *Center of Area* yaitu dengan mencari nilai titik tengah dari fungsi keanggotaan timer, dimana timer memiliki fungsi keanggotaan sebentar, normal dan lama. Untuk perhitungan *defuzzifikasi* dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

Perhitungan *Center of Area* pada fungsi keanggotaan sebentar yaitu dilakukan operasi pencarian luas segitiga dengan mengalikan alas dengan tingi lalu dibagi dua. Nilai tengah didapatkan dari perhitungan luas ditambah dengan range minimum pada fungsi *membership* sebentar.

$$P = 7.5 - 0 = 7.5$$

$$L = \frac{7.5 \times 1}{2}$$

$$= 3.75$$

$$\text{CoA} = 0 + 3.75$$

$$= 3.75$$

Perhitungan untuk mencari *Center of Area* pada fungsi keanggotaan normal dilakukan dengan cara yang sama dengan perhitungan keanggotaan sebarang diatas. Maka didapatkan perhitungan pada keanggotaan normal sebagai berikut.

$$P = 10 - 5 = 5$$

$$L = \frac{5 \times 1}{2}$$

$$= 2.5$$

$$\text{CoA} = 5 + 2.5$$

$$= 7.5$$

$$= 3.75$$

Perhitungan untuk mencari *Center of Area* pada fungsi keanggotaan lama dilakukan dengan cara yang sama dengan perhitungan keanggotaan sebarang dan normal diatas. Maka didapatkan perhitungan pada keanggotaan lama sebagai berikut.

$$P = 15 - 7.5 = 7.5$$

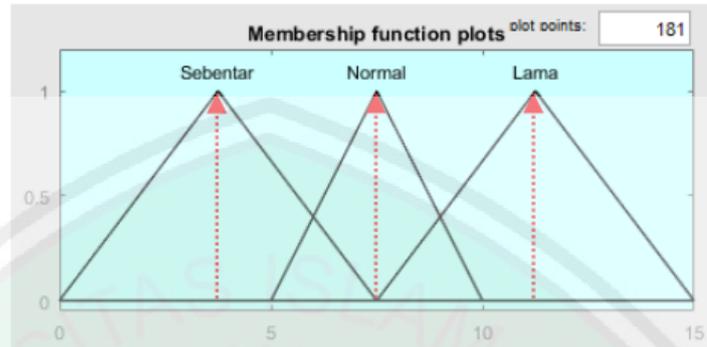
$$L = \frac{7.5 \times 1}{2}$$

$$= 3.75$$

$$\text{CoA} = 7.5 + 3.75$$

$$= 11.25$$

Untuk melihat *Center of Area* dari fungsi keanggotaan timer dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 8 Nilai Tengah dari *Membership Function* Timer

Tabel 3. 2 Nilai Luas serta Titik Tengah

Keanggotaan	Luas (L)	<i>Center of Area</i> (CoA)
sebentar	3.75	3.75
normal	2.5	7.5
lama	3.75	11.25

Setelah data perhitungan luas dan *Center of Area* telah ditemukan maka selanjutnya menuju perhitungan defuzzifikasi dengan menggunakan metode *Center of Area* (CoA). Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung *Center of Area* sebagai berikut dibawah ini.

$$\text{Output} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{aturan}(i) \times \text{CoA}(i) \times L(i)}{\sum_{i=1}^n \text{aturan}(i) \times L(i)}$$

Keterangan:

Rule (aturan), yaitu merupakan implikasi dari fuzzyfikasi

CoA, merupakan nilai tengah *membership function* variabel timer

L (Luas), merupakan hasil perhitungan luas daerah *membership* variabel timer

n, merupakan jumlah dari aturan

i, nilai perulangan data ke-n

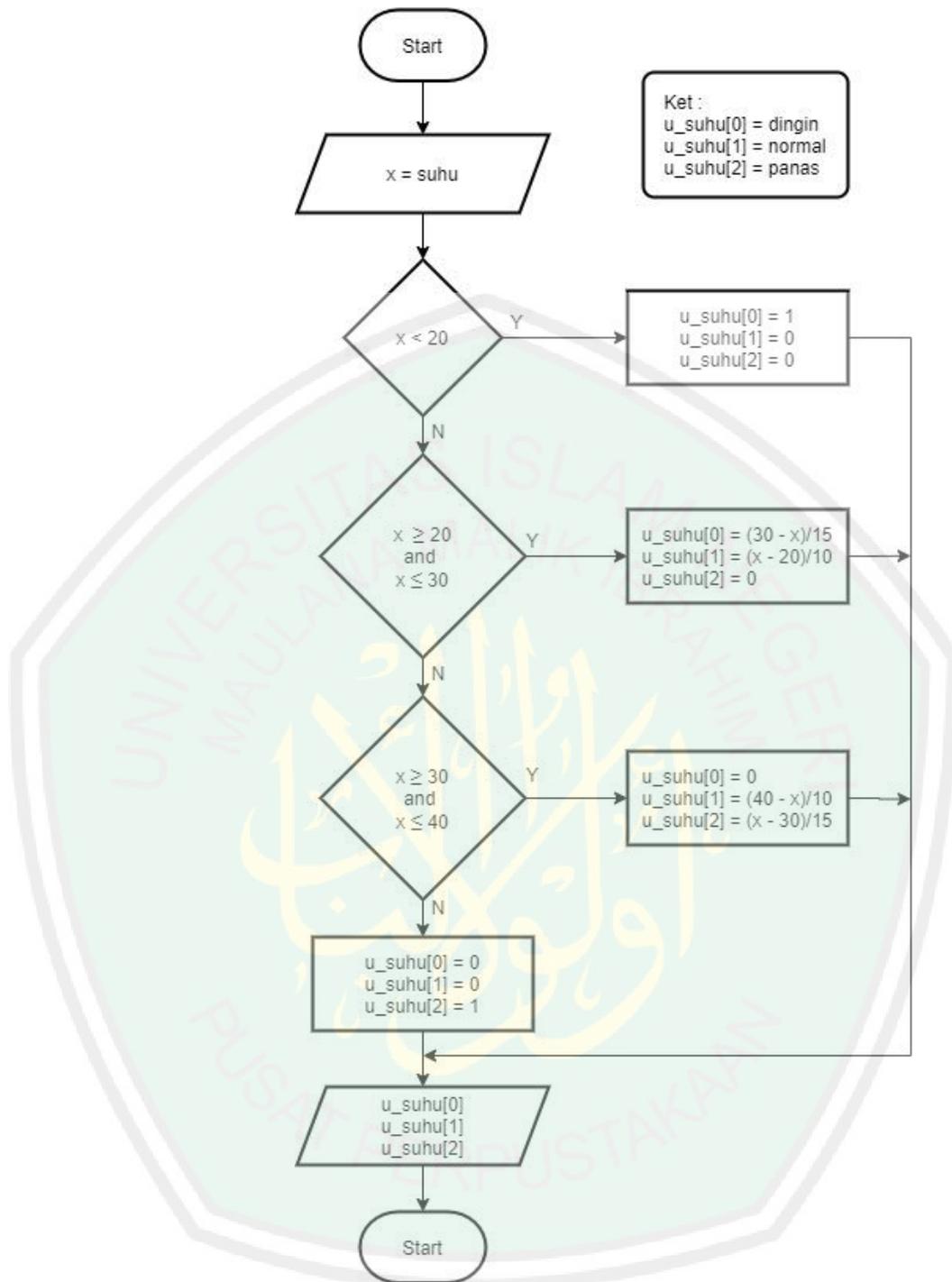
3.1.4. Pemrograman Mikrokontroler

Pemrograman pada mikrokontroler dilakukan dengan menggunakan pemrograman python yang ditanamkan pada Raspberry Pi. Berikut merupakan alur pemrograman yang digunakan pada program python.

3.1.4.1. Fuzzifikasi

- Fuzzifikasi Suhu

Pembacaan suhu oleh BME280 akan diperiksa apakah nilai inputan kurang dari 20 maka akan memulai perhitungan *fuzzifikasi* anggota himpunan dingin. Apabila inputan antara 20 dan 30 maka akan melakukan perhitungan *fuzzifikasi* anggota himpunan dingin dan normal, apabila inputan 30 sampai 40 maka akan melakukan perhitungan *fuzzifikasi* anggota himpunan normal dan panas, dan apabila inputan lebih dari 40 maka akan menghitung *fuzzifikasi* anggota himpunan panas saja.



Gambar 3. 9 Flowchart Program Fuzzifikasi Suhu

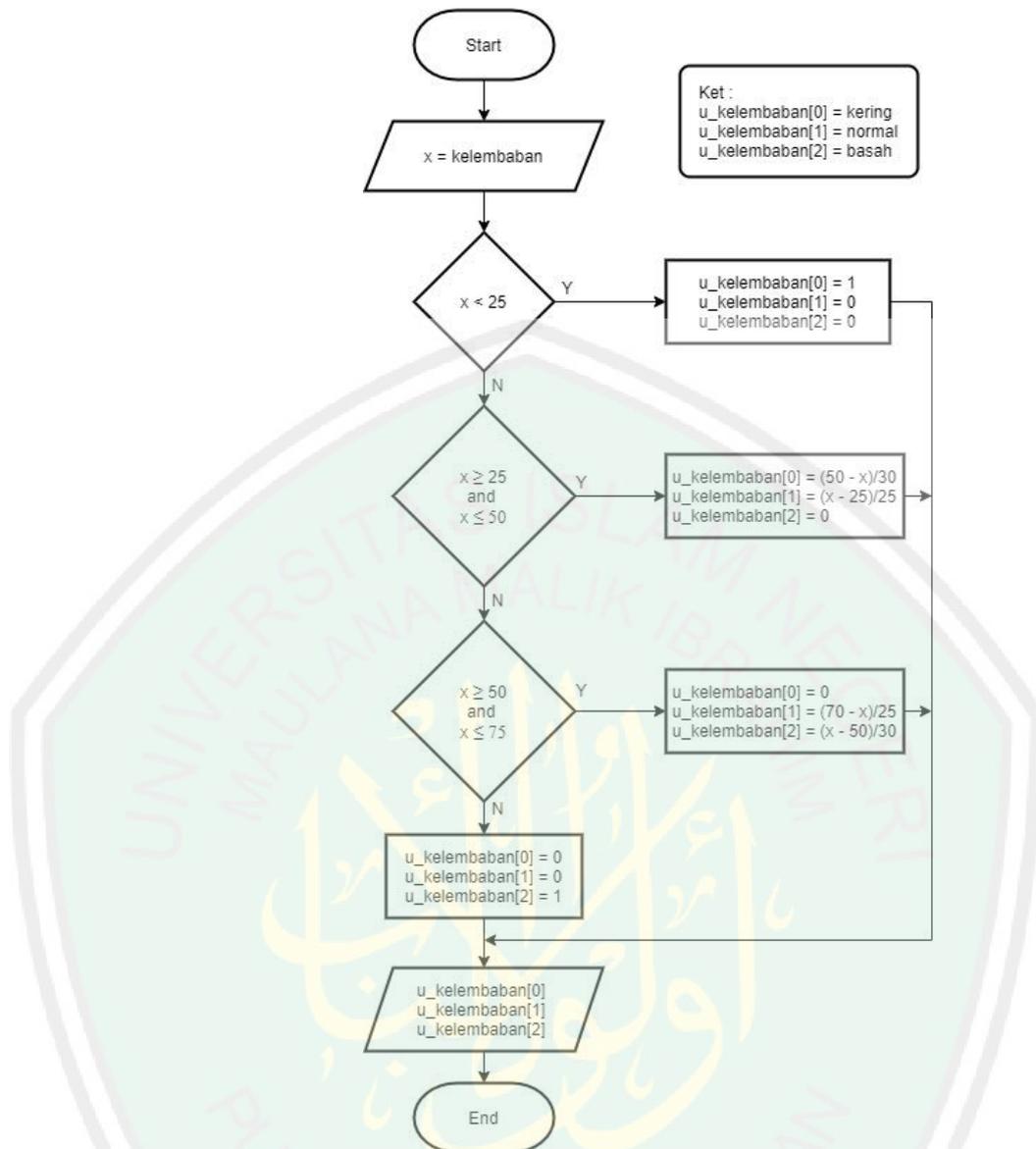
Variabel suhu didapatkan dari pembacaan nilai sensor suhu (BME280). Nilai suhu kemudian dibandingkan dengan kondisi pada *membership* maksimal, normal serta minimal, yaitu nilai 50, 30 dan 0

yang digunakan sebagai penentu derajat keanggotaan dari suhu dingin, normal dan panas.

- Fuzzifikasi Kelembaban

Pembacaan nilai kelembaban tanah akan diperiksa apakah nilai inputan kurang dari 25 maka akan memulai perhitungan *fuzzifikasi* anggota himpunan kering. Selanjutnya apabila inputan antara 25 dan 50 maka akan melakukan perhitungan *fuzzifikasi* anggota himpunan kering dan normal dan apabila inputan nilainya 50 sampai 75 maka akan melakukan perhitungan *fuzzifikasi* anggota himpunan normal dan basah. Apabila inputan lebih dari 75 maka melakukan perhitungan *fuzzifikasi* anggota himpunan basah saja.





Gambar 3. 10 Flowchart Program Fuzzifikasi Kelembaban

Variabel kelembaban didapatkan dari pembacaan nilai sensor kelembaban (BME280). Nilai kelembaban kemudian dibandingkan dengan kondisi *membership* maksimal, normal dan minimal, yaitu nilai 100, 50 dan 0 sebagai penentu derajat *membership* kelembaban kering, normal dan basah.

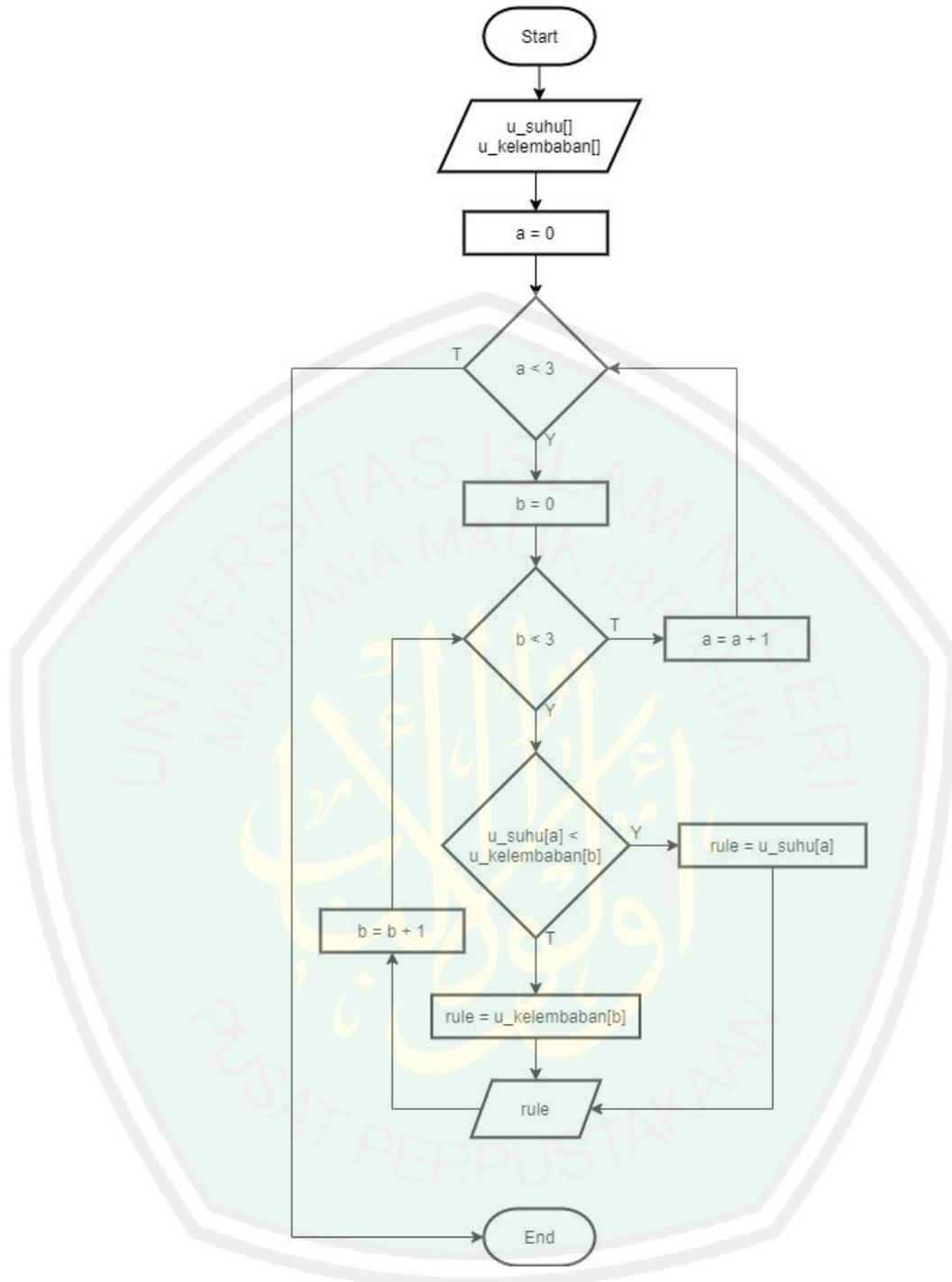
3.1.4.2. Fuzzy Rule

Perhitungan dimulai dengan inisialisasi pengenalan suhu dan rule. Dan dilakukan pengecekan array suhu. Selanjutnya memasuki *nested loop* dengan pengecekan kelembaban. Nilai suhu dan kelembaban dibandingkan untuk

didapatkan nilai terkecilnya. Dan perulangan dilakukan sampai batas perulangan pada suhu dan kelembaban yakni 9 kali.

Pada pemrograman python aturan fuzzy di *looping* menggunakan *while* dengan maksud untuk memeriksa setiap aturan apakah sudah bisa dipakai pada metode mamdani. Setiap aturan yang ada lalu dibandingkan nilai derajat keanggotaannya yang sudah didapatkan dari *fuzzifikasi* variable suhu dengan variable kelembaban. Perbandingan ini dilakukan dengan menggunakan fungsi MIN yaitu dengan pencarian nilai terendah dari setiap rule yang diambil yang selanjutnya rule akan dipakai pada proses *defuzzifikasi*. Flowchart program seperti pada gambar dibawah ini.



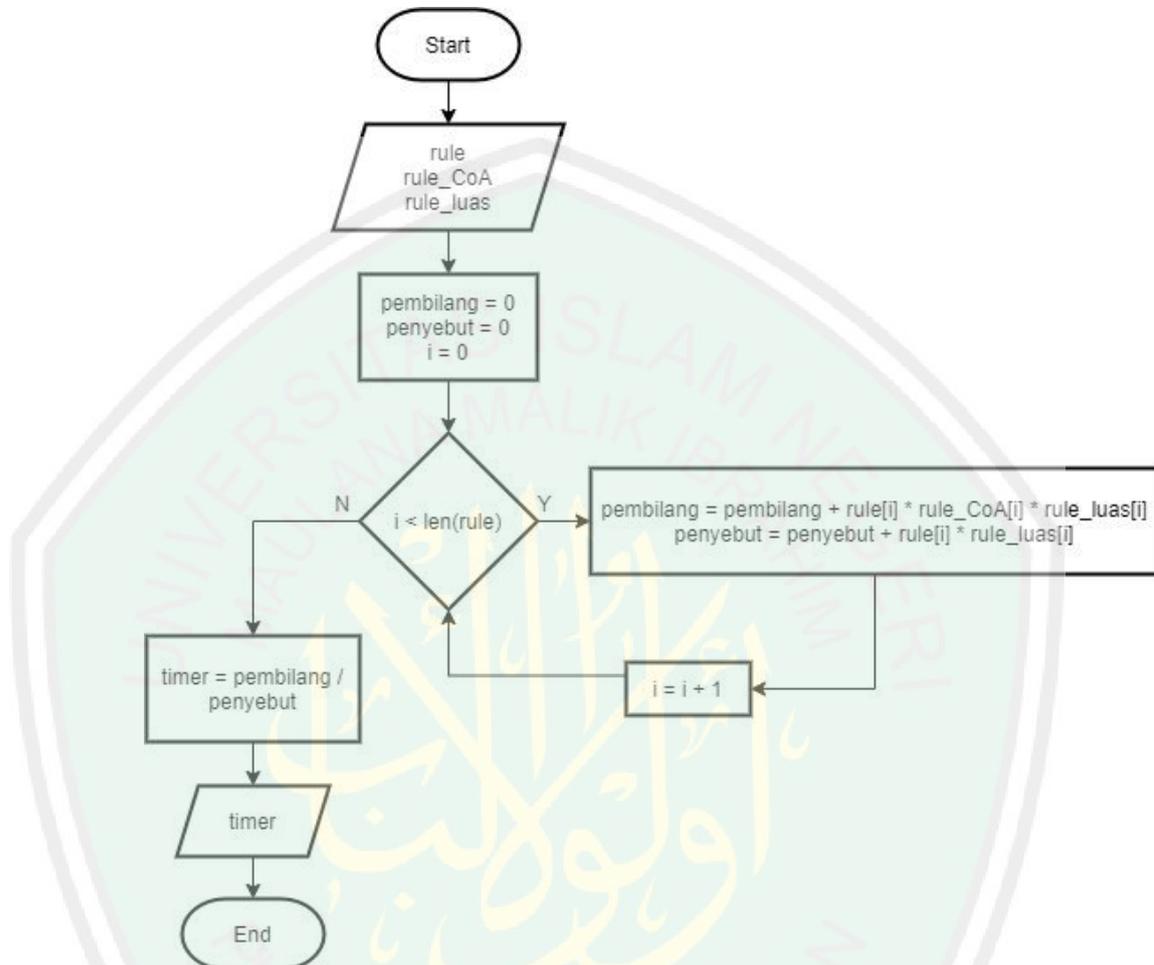


Gambar 3. 11 Flowchart Program Fuzzy Rule

3.1.4.3. Defuzzifikasi

Pada proses *defuzzifikasi* dilakukan perhitungan untuk mendapatkan *timer*, yaitu lama waktu dalam penyiraman. *Timer* didapatkan dari hasil perhitungan *defuzzifikasi* dengan menggunakan metode *defuzzifikasi Center of Area (CoA)*. Pada proses *defuzzifikasi* dilakukan perulangan sebanyak rule

yang dimiliki, yaitu sebanyak 9 kali perulangan. Berikut merupakan flowchart proses *defuzzifikasi* yang digunakan untuk mencari nilai timer yang merupakan lama waktu dalam penyiraman.



Gambar 3. 12 Flowchart Program Defuzzifikasi

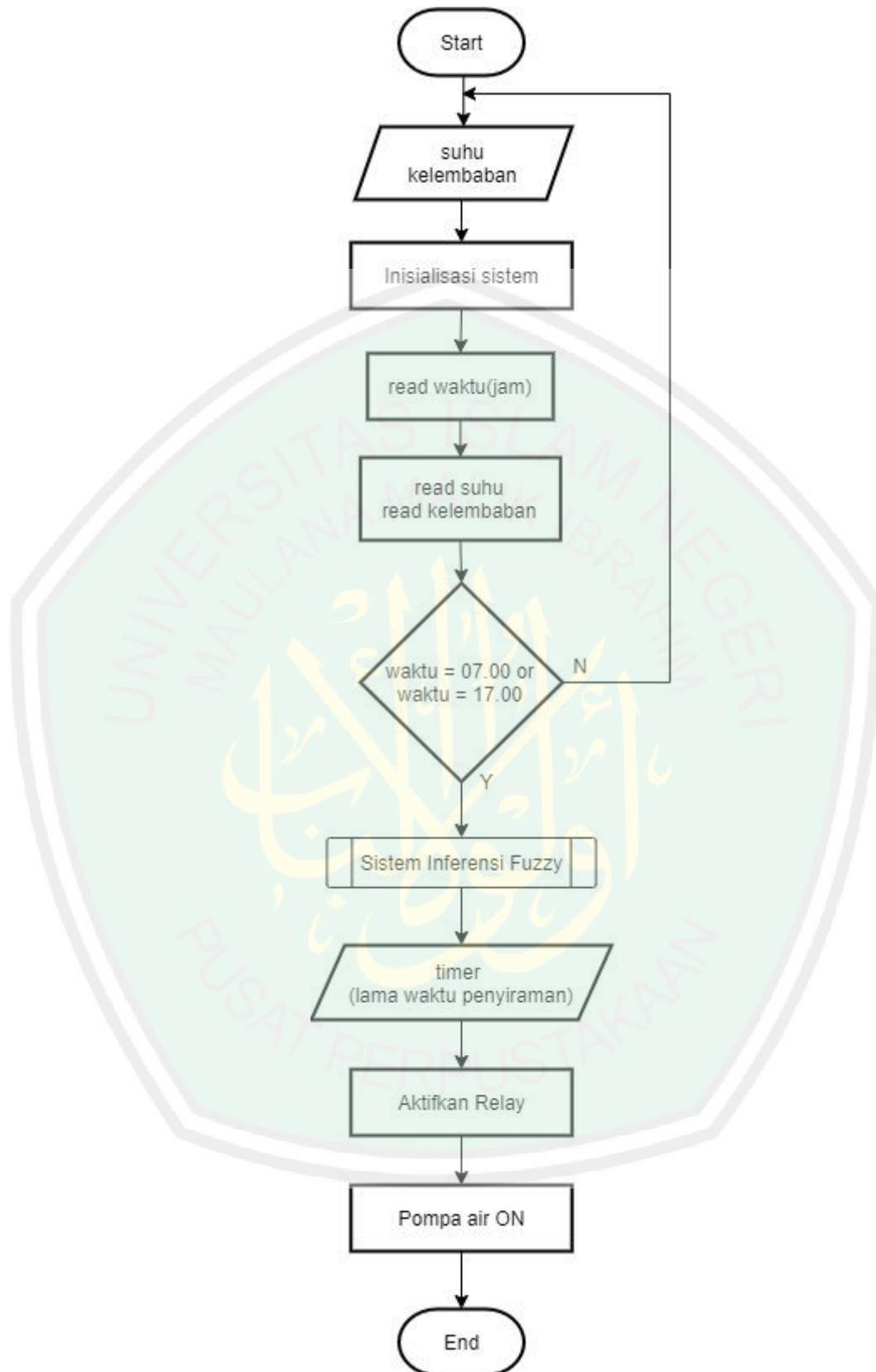
Pada proses *defuzzifikasi* pada flowchart diatas dapat diketahui bahwa perhitungan *defuzzifikasi* dilakukan dengan melakukan perulangan pada setiap rule untuk mendapatkan nilai yang merupakan penjumlahan dari nilai yang didapatkan pada perhitungan rule dikali dengan luas daerah dan nilai *centroid* yang nantinya akan dibagi dengan penjumlahan dari nilai perhitungan rule dikali dengan luas.

3.1.4.4. Cara Kerja Sistem

Cara kerja alat penyiraman ini dimulai dengan pembacaan waktu oleh microcontroller. Apabila waktu menunjukkan pukul 07.00 (7 pagi)

atau menunjukkan pukul 17.00 (5 sore), maka alat akan melakukan penyiraman dengan pembacaan sensor suhu dan kelembaban dengan sensor BME280. Nilai inputan yang didapatkan dari sensor BME280 yaitu suhu dan kelembaban dipakai untuk *input* pada proses *inferensi fuzzy*. Prosesnya yaitu dengan *fuzzifikasi*, *fuzzy rule* dan selanjutnya dihitung nilai keluarannya pada proses *defuzzifikasi*. *Output* yang dihasilkan dari *defuzzifikasi* merupakan timer lama waktu penyiraman. Hasil timer yang didapatkan yaitu dengan satuan detik (*seconds*). Setelah *output* didapatkan, maka mikrokontroler menggerakkan relay pompa. Berikut merupakan flowchart program alat keseluruhan.

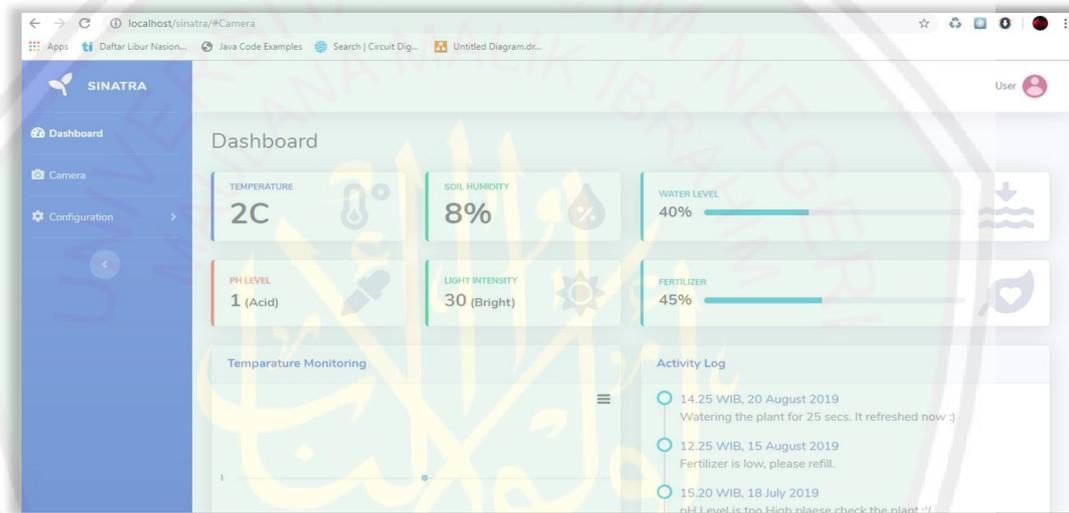




Gambar 3. 13 Flowchart Sistem Penyiraman

3.1.5. Perancangan Tampilan

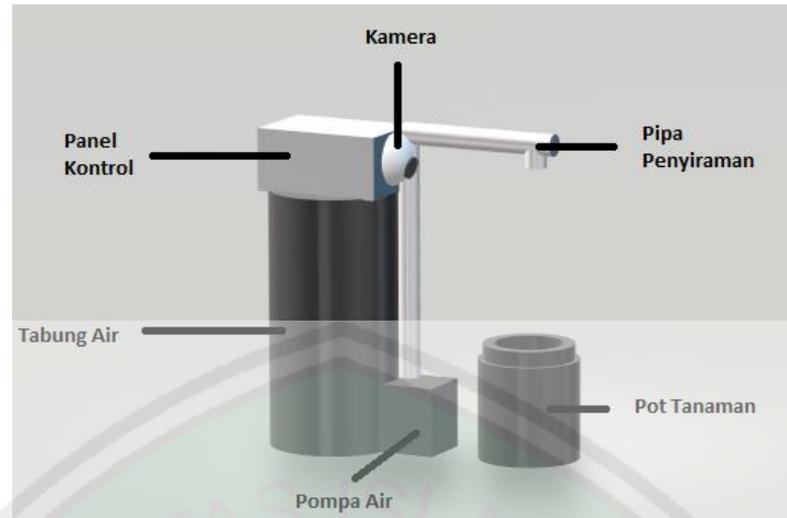
Data yang sudah disimpan kemudian diolah sedemikian rupa yang selanjutnya ditampilkan dalam bentuk diagram. Pembuatan web dilakukan dengan menggunakan pemrograman php (*Hypertext Preprocessor*). Pada tampilan data di web pengguna dapat langsung memonitoring secara langsung (*realtime*). Data yang akan ditampilkan pada web yaitu data *Log Sensor*, data pembacaan sensor dan juga data perhitungan *fuzzy*. Pembacaan pada setiap sensor akan muncul pada *dashboard*. Menu selanjutnya yaitu berupa streaming secara langsung. *Data streaming* merupadan video tampilan secara langsung yang menampilkan kondisi tanaman.



Gambar 3. 14 Tampilan Prototype Pada Web

3.2. Perancangan Frame Alat Penyiraman

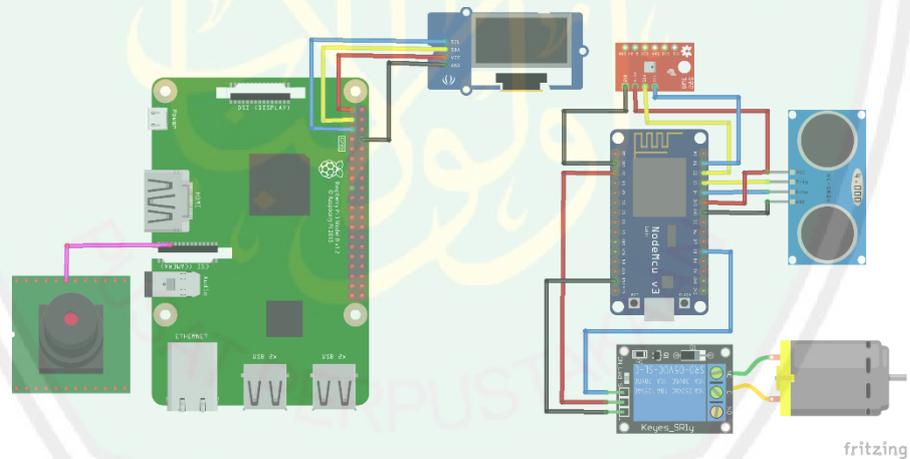
Frame alat penyiraman didesain sedemikian rupa guna untuk mempermudah proses penelitian. Berikut merupakan gambar *frame* alat pada gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Perancangan Frame Alat Penyiraman

3.3. Rangkaian Komponen

Untuk mempermudah *visualisasi* dalam perangkaian komponen, maka peneliti membuat desain *wiring* (pengkabelan). Untuk melihat lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3. 16 Wiring Rangkaian Komponen

3.4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Penanaman Strawberry

Penanaman strawberry dilakukan dengan memilih bibit strawberry yang bagus yang berusia 2-3 bulan. Penanaman strawberry dilakukan pada polybag dan ditempatkan di tempat yang cukup terkena sinar matahari. Perlu diperhatikan tempat peletakan tanaman karena strawberry merupakan tanaman yang tidak bisa terkena panas secara terus menerus.

3.4.2 Perawatan Tanaman

Perawatan tanaman dilakukan dengan pengecekan secara berkala setiap 2 hari sekali. Pengamatan dilakukan untuk melihat kondisi fisik tumbuhan. Apabila ada organisme yang mengganggu tanaman maka harus segera dihilangkan.

3.4.3 Pengamatan

Proses pengamatan dilakukan secara berkala setiap 2 hari sekali untuk memastikan perangkat yang terpasang masih dalam keadaan baik dan tidak ada permasalahan kerusakan komponen.

3.4.4 Pengambilan Data

Data yang diambil dan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa:

- Data Suhu (°C)
- Data Kelembaban (%)

Data suhu dan kelembaban merupakan variabel yang digunakan sebagai input. Data suhu dan kelembaban diambil dari sensor *BME280*. Adapun data yang juga diambil tapi tidak digunakan pada perhitungan yaitu data sensor ultrasonic yang digunakan untuk mengetahui volume air dalam tempat penyimpanan air.

3.5. Rencana Uji Coba

Pengujian pertama yang dilakukan yaitu pengujian kalibrasi sensor *BME280*. Dimana peneliti ingin membandingkan nilai berdasarkan pembacaan sensor *BME280* dengan termometer untuk membandingkan suhu dan higrometer

untuk membandingkan kelembaban. Tabel berikut merupakan tabel pengujian kalibrasi sensor *BME280*.

Tabel 3. 3 Rancangan Kalibrasi Sensor *BME280*

No	Waktu	Suhu			Kelembaban		
		BME280	Termometer	Error	BME280	Higrometer	Error
1.	Pagi						
2.	Sore						

Pengujian Sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja dari rancang bangun penyiraman otomatis dengan menggunakan metode *fuzzy logic control*. Pada proses uji coba akan disertai dengan identifikasi waktu penyiraman air, sistem logika fuzzy sesuai dengan nilai sensor serta *output* berupa waktu lama penyiraman. Hasil dari perhitungan matlab akan dibandingkan dengan perhitungan manual sehingga dapat dilihat presentase *error* dari sistem. Berikut merupakan tabel untuk melakukan pengujian penyiraman air yang dilakukan selama beberapa hari.

Tabel 3. 4 Rancangan Pengujian Logika Fuzzy

No.	Waktu	Input		Output		<i>Error</i> (%)
		Suhu	Kelembaban	Matlab	Manual	
1.	Pagi					
	Sore					
2.	Pagi					
	Sore					

BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. HASIL PENGUJIAN

Pada pembuatan penelitian ini pengujian dilakukan dengan pengujian fungsional dan pengujian kinerja alat penyiraman otomatis menggunakan metode fuzzy logic. Pengujian dilakukan dengan pengujian alat serta pengujian sistem. Pengujian alat digunakan untuk menguji semua peralatan berfungsi dengan baik sedangkan pengujian sistem dilakukan untuk menguji perhitungan metode pada sistem penyiraman otomatis. Hasil pengujian selanjutnya akan dimasukkan kedalam tabel yang dan dibandingkan untuk mengetahui nilai *error* (kesalahan).

4.1.1. Pengujian Alat

4.1.1.1. Pengujian Sensor Suhu (Thermometer) dengan BME280

Hasil pembacaan sensor yang dilakukan oleh BME280 dibandingkan dengan pembacaan sensor oleh termometer (manual). Berikut merupakan hasil pengujian yang didapatkan.

Tabel 3. 5 Pengujian Sensor Suhu(Manual) dengan BME280

No.	Suhu(BME280) (°C)	Thermometer (°C)	<i>Error</i> (%)
1	26,58	28,18	5,68
2	26,59	27,76	4,22
3	26,61	27,72	4,02
4	26,61	27,73	4,02
5	26,6	27,14	1,98
6	26,64	26,77	0,49
7	26,68	27,92	4,43
8	26,68	28,59	6,67
9	26,69	28,22	5,41
10	26,7	27,03	1,23
Rata-rata <i>Error</i> (%)			3,97

Data tabel diatas merupakan data yang berhasil diambil dengan menggunakan sensor suhu BME280 dan data suhu oleh *thermometer*. Selanjutnya data dihitung presentase *error* dan nilai rata-rata *error*. Perhitungan pengukuran menggunakan salah satu percobaan yang diambil dihitung dengan menggunakan perhitungan *relative error* yang merupakan perbedaan nilai dari nilai yang akan diuji dengan nilai sebenarnya (Bakshi & Bakshi, 2009). Perhitungan pada percobaan ke-1 dimana data BME280 bernilai 26,58°C dan *thermometer* dengan nilai 28.18 °C.

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \frac{\text{Nilai BME280} - \text{Nilai thermometer}}{\text{Nilai thermometer}} \times 100\% \\ &= \frac{26.58 - 28.18}{28.18} \times 100\% \\ &= \frac{1.6}{28.18} \times 100\% \\ &= 5.68\% \end{aligned}$$

Berikut merupakan perhitungan rata-rata *error* dari data suhu diatas.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Error} &= \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}} \\ &= \frac{39.7}{10} \\ &= 3.97 \end{aligned}$$

Dari perbandingan data suhu oleh BME280 dan *thermometer* yang telah diperoleh menghasilkan rata-rata error sebesar 3.97%.

4.1.1.2. Pengujian Sensor Kelembaban (Higrometer) dengan Soil Moisture

Hasil pembacaan kelembaban tanah yang dilakukan oleh *Soil Moisture Sensor* dibandingkan dengan pembacaan sensor kelembaban *Higrometer* (manual). Berikut merupakan hasil pengujian yang didapatkan.

Tabel 3. 6 Pengujian Sensor Kelembaban (Higrometer) dengan Soil Moisture Sensor

No.	Soil Moisture Sensor (%)	Higrometer (%)	Error (%)
1	48	48,88	1,80
2	48,09	48,97	1,80
3	49,07	48,97	0,20
4	48	50,24	4,46
5	48,29	50,44	4,26
6	48,09	50,93	5,58
7	48,29	50,93	5,18
8	48,39	49,07	1,39
9	48,09	50,93	5,58
10	48,39	49,36	1,97
Rata-rata Error (%)			3,42

Data tabel diatas merupakan data yang diambil dengan menggunakan *soil moisture sensor* dan *higrometer*. Selanjutnya data dihitung presentase *error* dan nilai rata-rata *error*. Perhitungan pengukuran menggunakan salah satu percobaan yang diambil, yaitu pada percobaan ke-1 dimana data *soil moisture sensor* bernilai 48% dan *higrometer* dengan nilai 48.88%.

$$\begin{aligned}
 \text{Error} &= \frac{\text{soil moisture sensor} - \text{higrometer}}{\text{higrometer}} \times 100\% \\
 &= \frac{48 - 48.88}{48.88} \times 100\% \\
 &= \frac{0.88}{48.88} \times 100\% \\
 &= 1.80
 \end{aligned}$$

Perhitungan rata-rata *error* dari data kelembaban tanah diatas sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Error} &= \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}} \\ &= \frac{34,2}{10} \\ &= 3,42 \end{aligned}$$

Dari perbandingan data kelembaban tanah oleh *soil moisture sensor* dan *higrometer* yang telah diperoleh menghasilkan rata-rata *error* sebesar 3.42%.

4.1.1.3. Pengujian Sensor HCSR04

Hasil pembacaan sensor HCSR-04 didapatkan dari perhitungan jarak yang dikalkulasi pada mikrokontroller sehingga didapatkan hasil perhitungan jarak. Hasil kalkulasi selanjutnya dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan penggaris. Satuan nilai yang dipakai pada nilai sensor dan penggaris yaitu centimeter (cm).

Tabel 3. 7 Pengujian Sensor HCSR-04

No.	Sensor HCSR-04 (cm)	Penggaris (cm)	Error (%)
1	3,53	3	17,67
2	5,3	5	6,00
3	8,11	8	1,37
4	10,6	10	6,00
5	12,7	12	5,83
6	15,52	15	3,47
7	18,4	18	2,22
8	20,79	20	3,95
9	22,14	22	0,64
10	24,2	24	0,83
Rata-rata Error (%)			3,62

Data tabel diatas merupakan data yang diambil dengan menggunakan sensor *HCSR-04* dan pengukuran manual dengan penggaris. Selanjutnya data dihitung presentase *error* dan nilai rata-rata *error*. Perhitungan pengukuran menggunakan salah satu percobaan yang diambil, yaitu pada percobaan ke-1 dimana data sensor *HCSR-04* bernilai 3.53cm dan *penggaris* dengan nilai 3cm.

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \frac{\text{HCSR04} - \text{penggaris}}{\text{penggaris}} \times 100\% \\ &= \frac{3.53 - 3}{3} \times 100\% \\ &= \frac{0.53}{3} \times 100\% \\ &= 17.67\% \end{aligned}$$

Perhitungan rata-rata *error* dari data kelembaban tanah diatas sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Error} &= \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}} \\ &= \frac{36.2}{10} \\ &= 3.62 \end{aligned}$$

Dari perbandingan data kelembaban tanah oleh *HCSR-04* dan penggaris yang telah diperoleh menghasilkan rata-rata *error* sebesar 3.62%.

4.1.2. Pengujian Sistem

4.1.2.1. Pengujian Perhitungan Mikrokontroler dengan Matlab

Dengan data inputan suhu dan kelembaban pada pagi dan sore hari maka didapatkan nilai perhitungan menggunakan *Fuzzy Logic Control* dan menghasilkan nilai outputan berupa timer dengan satuan detik (*seconds*). Perhitungan metode pada mikrokontroller selanjutnya dibandingkan dengan perhitungan pada Matlab. Data perbandingan pengujian sebagai berikut pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. 8 Pengujian Mikrokontroler dengan Matlab

No.	Waktu	Input		Output (detik)		Error (%)
		Suhu	Kelembaban	Matlab	Mikrokontroler	
1.	Pagi	24,41	39,91	7.37	8.54	13,7
	Sore	28,36	37,21	8.9	6.70	32,83
2.	Pagi	26,33	38,11	8.06	7.78	3,59
	Sore	28,48	36,50	9.03	6.53	38,28
3.	Pagi	25,39	38,99	7.71	8.19	5,86
	Sore	28,15	37,35	8.79	6.84	28,50
4.	Pagi	25,06	39,30	7.6	8.34	8,87
	Sore	27,29	39,59	8.26	7.55	9,40
5.	Pagi	26,27	38,16	8.03	7.81	2,81
	Sore	27,52	37,99	8.47	7.26	16,66
6.	Pagi	25,73	38,67	7.83	8.05	2,73
	Sore	27,33	39,49	8.23	7.52	9,44
7.	Pagi	26,61	37,88	8.17	7.65	6,79
	Sore	28,48	36,61	9.02	6.55	37,70
Rata- rata <i>Error</i> (%)						15,51

Dari perhitungan menggunakan mikrokontroler dan Matlab diatas didapatkan perhitungan error pada hari pertama saat pagi hari yaitu dengan suhu 24,41°C dan kelembaban 39.91% maka didapatkan perhitungan nilai *error* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Error} &= \frac{\text{matlab} - \text{mikrokontroler}}{\text{mikrokontroler}} \times 100\% \\
 &= \frac{7.31 - 8.51}{8.51} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1.14}{8.51} \times 100\%$$

$$= 13.33\%$$

Untuk mendapatkan rata-rata *error* didapatkan dengan menjumlahka seluruh nilai *error* dan dibagi dengan banyak pengujian sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Rata-rata Error} = \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}}$$

$$= \frac{217.23}{14}$$

$$= 15.51$$

Dari perhitungan fuzzy logic menggunakan mikrokontroler dan matlab didapatkan rata-rata nilai *error* sebesar 15,51%.

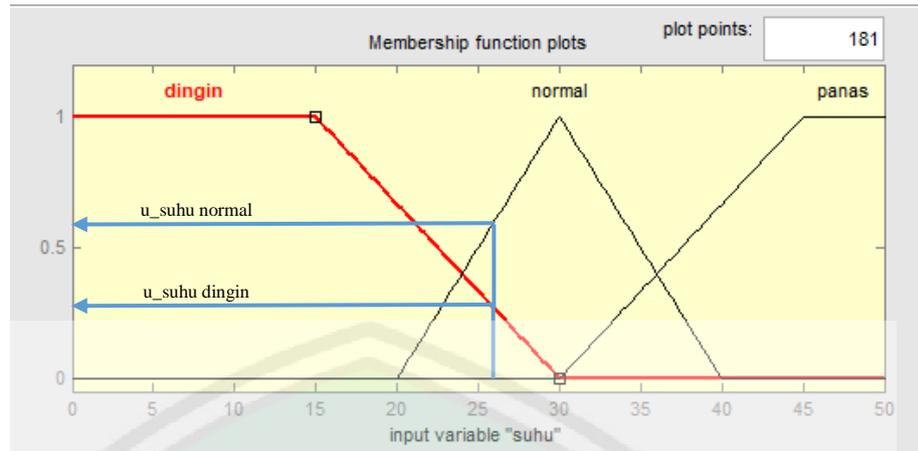
4.2. PEMBAHASAN

4.2.1. Pembahasan Perhitungan Fuzzy Logic

4.2.1.1. Perhitungan Matlab

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan software Matlab R2013a. Berikut merupakan langkah perhitungan menggunakan Matlab. Buka FIS (*Fuzzy Inference System*) Editor dengan mengetikkan “fuzzy” pada Command Window Matlab. Selanjutnya akan masuk kedalam Editor dari Fuzzy. Langkah pertama yaitu mengatur *input*, FIS serta *output* sesuai dengan nilai variable yang sudah ditentukan.

Contoh perhitungan yaitu menggunakan input pada pembacaan sensor hari ke-7 pada pukul 07.00 didapatkan suhu 26.61°C dan kelembaban 37.88%. Nilai keanggotaan suhu dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 4. 1 Membership Function Suhu

Untuk menghitung keanggotaan suhu dingin menggunakan perhitungan sebagai berikut.

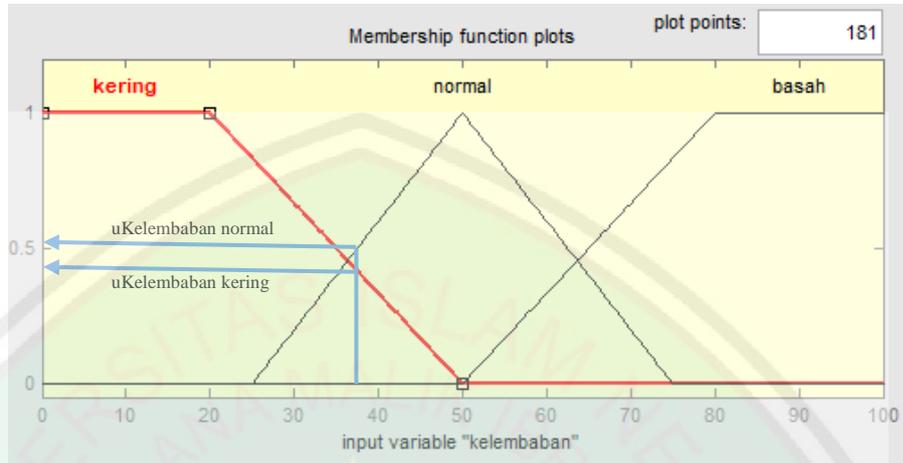
$$\begin{aligned}
 u_{\text{Suhu dingin}} &= \frac{(d-x)}{(d-c)} \\
 &= \frac{(30-26.61)}{(30-15)} \\
 &= \frac{(3.39)}{(15)} \\
 &= 0.226
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan $u_{\text{Suhu dingin}}$ maka didapatkan nilai sebesar 0.226. Selanjutnya menghitung keanggotaan suhu normal sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 u_{\text{Suhu normal}} &= \frac{(x-a)}{(b-a)} \\
 &= \frac{(26.61-20)}{(30-20)} \\
 &= \frac{(6.61)}{(10)} \\
 &= 0.661
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan $u_{\text{Suhu normal}}$ didapatkan nilai sebesar 0.661.

Untuk menghitung keanggotaan kelembaban dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 4. 2 Membership Function Kelembaban

Untuk menghitung keanggotaan kelembaban kering menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 u_{\text{Kelembaban kering}} &= \frac{(d-x)}{(d-c)} \\
 &= \frac{(50 - 37.88)}{(50 - 20)} \\
 &= \frac{(12.12)}{(30)} \\
 &= 0.404
 \end{aligned}$$

Dari pergitungan $u_{\text{Kelembaban kering}}$ maka didapatkan nilai sebesar 0.404.

Selanjutnya menghitung keanggotaan kelembaban normal sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 u_{\text{Kelembaban normal}} &= \frac{(x-a)}{(b-a)} \\
 &= \frac{(37.88-25)}{(50 - 25)}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{(12.88)}{(25)}$$

$$= 0.515$$

Dari perhitungan uSuhu normal didapatkan nilai sebesar 0.515.

Selanjutnya yaitu membuat fuzzy rule dengan membandingkan nilai *fuzzifikasi* pada tiap input. Untuk mendapatkan setiap nilai pada setiap rule, maka dilakukan perbandingan dari nilai *fuzzifikasi* setiap input yang selanjutnya dicari dengan menggunakan fungsi MIN yaitu mencari nilai terkecil dari setiap perbandingan.

Tabel 3. 9 Perhitungan Aturan Fuzzy

Suhu	Kelembaban	Aturan	Aturan ke-
0.	0	0 , 0 = 0.226	Aturan 1
	1	0 , 1 = 0.226	Aturan 2
	2	0 , 2 = 0	Aturan 3
1.	0	1 , 0 = 0.403	Aturan 4
	1	1 , 1 = 0.515	Aturan 5
	2	1 , 2 = 0	Aturan 6
2.	0	2 , 0 = 0	Aturan 7
	1	2 , 1 = 0	Aturan 8
	2	2 , 2 = 0	Aturan 9

Langkah ketiga, yaitu perhitungan *defuzzifikasi* dengan menggunakan metode *Center of Area* (CoA). Pada metode ini hasil didapatkan dari perkalian pada setiap aturan dengan luas dan CoA dari fungsi *membership* variable waktu. Berikut merupakan tabel rule luas dan titik tengah berdasarkan rule fungsi keanggotaan variable waktu sebagai berikut.

Tabel 3. 10 Rule Luas dan CoA

Rule	Luas (L)	CoA
1	3.75	11.25
2	3.75	11.25
3	3.75	11.25
4	3.75	3.75
5	2.5	7.5
6	2.5	7.5
7	3.75	3.75
8	3.75	3.75
9	3.75	3.75

Langkah terakhir yaitu menentukan *defuzzifikasi*, yaitu dengan rumus perhitungan dengan menggunakan metode *Center of Area* (CoA) pada defuzzifikasi sebagai berikut.

$$\text{Defuzzifikasi (CoA)} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{aturan}(i) \times \text{CoA}(i) \times L(i)}{\sum_{i=1}^n \text{aturan}(i) \times L(i)}$$

Defuzzifikasi (CoA)

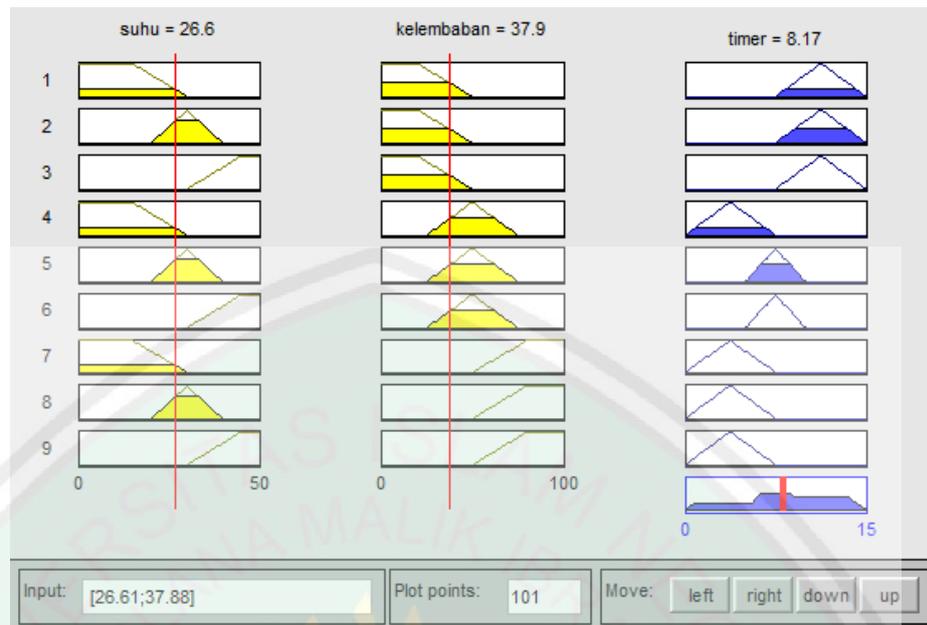
$$= \frac{\text{rule}[0][0] \times \text{CoA}(1) \times L(1) + \text{rule}[0][1] \times \text{CoA}(2) \times L(2) + \text{rule}[1][0] \times \text{CoA}(4) \times L(4) + \text{rule}[1][1] \times \text{CoA}(5) \times L(5)}{\text{rule}[0][0] \times L(1) + \text{rule}[0][1] \times L(2) + \text{rule}[1][0] \times L(4) + \text{rule}[1][1] \times L(5)}$$

$$= \frac{0.226 \times 11.25 \times 3.75 + 0.226 \times 11.25 \times 3.75 + 0.403 \times 3.75 \times 3.75 + 0.515 \times 7.5 \times 2.5}{0.226 \times 3.75 + 0.226 \times 3.75 + 0.403 \times 3.75 + 0.515 \times 2.5}$$

$$= \frac{34.410}{4.498}$$

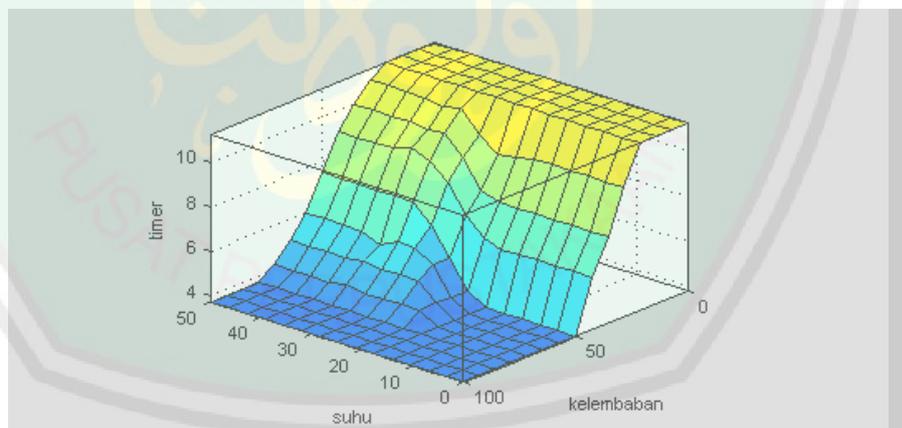
$$= 7.65$$

Berikut merupakan pembuktian perhitungan menggunakan Matlab.



Gambar 4. 3 Pembuktian Perhitungan Matlab

Untuk contoh perhitungan dengan suhu 26.6°C dan kelembaban sebesar 37.88% maka didapatkan hasil perhitungan timer sebesar 8.17 detik. Untuk melihat dimensi pada matlab dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 4 Dimensi Fuzzy Logic pada Matlab

Gambar diatas merupakan dimensi perhitungan yang digunakan menggunakan variabel suhu dan kelembaban yang mempengaruhi timer. Warna biru menandakan daerah timer terhadap suhu dan kelembaban yang paling rendah dan warna kuning menunjukkan daerah timer yang paling tinggi.

4.2.1.2. Perhitungan Mikrokontroler

Langkah pertama, yaitu mencari nilai *fuzzifikasi* dari tiap input. Dengan menggunakan rumus *fuzzifikasi* pada program *python*, maka akan didapatkan nilai *fuzzifikasi* suhu dan kelembaban pada setiap input sebagai berikut.

Suhu (Dingin) = 0.226 [0]	Kelembaban Tanah (Kering) = 0.404 [0]
Suhu (Normal) = 0.660 [1]	Kelembaban Tanah (Normal) = 0.515 [1]
Suhu (Panas) = 0 [2]	Kelembaban Tanah (Basah) = 0 [2]

Langkah yang digunakan untuk mendapatkan data diatas yaitu yaitu menghitung *fuzzifikasi* setiap *input*. Langkah ini menghitung *fuzzifikasi* suhu dan kelembaban.

Nilai *fuzzifikasi* suhu dan kelembaban diatas didapatkan dari perhitungan *fuzzifikasi* dengan source code sebagai berikut.

Source code *fuzzifikasi* suhu :

```

if(suhu < 20):
    u_suhu[0] = 1
    u_suhu[1] = 0
    u_suhu[2] = 0
elif(suhu >= 20 and suhu <= 30):
    u_suhu[0] = (30-suhu)/15
    u_suhu[1] = (suhu-20)/10
    u_suhu[2] = 0
elif(suhu >= 30 and suhu <= 40):
    u_suhu[0] = 0
    u_suhu[1] = (40-suhu)/10
    u_suhu[2] = (suhu-30)/15
else:
    u_suhu[0] = 0
    u_suhu[1] = 0
    u_suhu[2] = 1

```

Nilai pembagi 15 pada keanggotaan dingin “ $u_suhu[0] = (30-suhu)/15$ ” didapatkan dari pengurangan $30 - 15$ pada kurva dingin, dan nilai pembagi 10 pada keanggotaan sedang “ $u_suhu[1] = (suhu-20)/10$ ” didapatkan dari pengurangan $30 - 20$ pada kurva sedang dan nilai pembagi 15 pada keanggotaan panas “ $u_suhu[2] = (suhu-30)/15$ ” didapatkan dari $45 - 30$ pada kurva panas.

Source code fuzzifikasi kelembaban :

```

if(kelembaban < 25):
    u_kelembaban[0] = 1
    u_kelembaban[1] = 0
    u_kelembaban[2] = 0
elif(kelembaban >= 25 and kelembaban <= 50):
    u_kelembaban[0] = (50-kelembaban)/30
    u_kelembaban[1] = (kelembaban-25)/25
    u_kelembaban[2] = 0
elif(kelembaban >= 50 and kelembaban <= 75):
    u_kelembaban[0] = 0
    u_kelembaban[1] = (75-kelembaban)/25
    u_kelembaban[2] = (kelembaban-50)/30
else:
    u_kelembaban[0] = 0
    u_kelembaban[1] = 0
    u_kelembaban[2] = 1

```

Nilai pembagi 30 pada keanggotaan kering “ $u_{\text{kelembaban}}[0] = (50 - \text{kelembaban})/30$ ” didapatkan dari pengurangan $50 - 20$ pada kurva kering, dan nilai pembagi 25 pada keanggotaan normal “ $u_{\text{kelembaban}}[1] = (\text{kelembaban} - 25)/25$ ” didapatkan dari pengurangan $50 - 25$ pada kurva normal dan pembagi 30 pada keanggotaan basah “ $u_{\text{kelembaban}}[2] = (\text{kelembaban} - 50)/30$ ” didapatkan dari pengurangan $80 - 50$ pada kurva basah.

Langkah kedua, yaitu membuat *fuzzy rule* dengan membandingkan nilai *fuzzifikasi* pada tiap input. Untuk mendapatkan setiap nilai pada setiap rule, maka dilakukan perbandingan dari nilai *fuzzifikasi* setiap *input* yang selanjutnya dicari dengan menggunakan fungsi MIN yaitu mencari nilai terkecil dari setiap perbandingan. Berikut merupakan *source code* python untuk mendapatkan rule.

```

min = 0
a = 0
x = 0
rule = []
while a < 3:
    b = 0
    while b < 3:
        x = x+1
        if(u_suhu[a] < u_kelembaban[b]):
            min = u_suhu[a]
        else:
            min = u_kelembaban[b]
        rule.append(min)
        b = b+1
    a = a+1
print(rule)

```

Berdasarkan *source code* diatas maka akan didapatkan rule dengan hasil seperti pada tabel 3.9 Perhitungan Fuzzy Rule pada perhitungan matlab.

Langkah terakhir, yaitu menghitung *defuzzifikasi* dengan menggunakan metode *Center of Area (CoA)*. Pada metode ini hasil didapatkan dari perkalian setiap aturan dengan luas dan titik tengah dari fungsi *membership variable* dari waktu. Berikut merupakan *course code* untuk perhitungan *defuzzifikasi* dibawah ini.

```

i = 0
pembilang = 0
penyebut = 0
while i < len(rule):
    pembilang += rule[i]*rule_CoA[i]*rule_luas[i]
    penyebut += rule[i]*rule_luas[i]
    i = i+1
print(pembilang)
print(penyebut)
timer = pembilang/penyebut
print("Hasilnya ", timer)

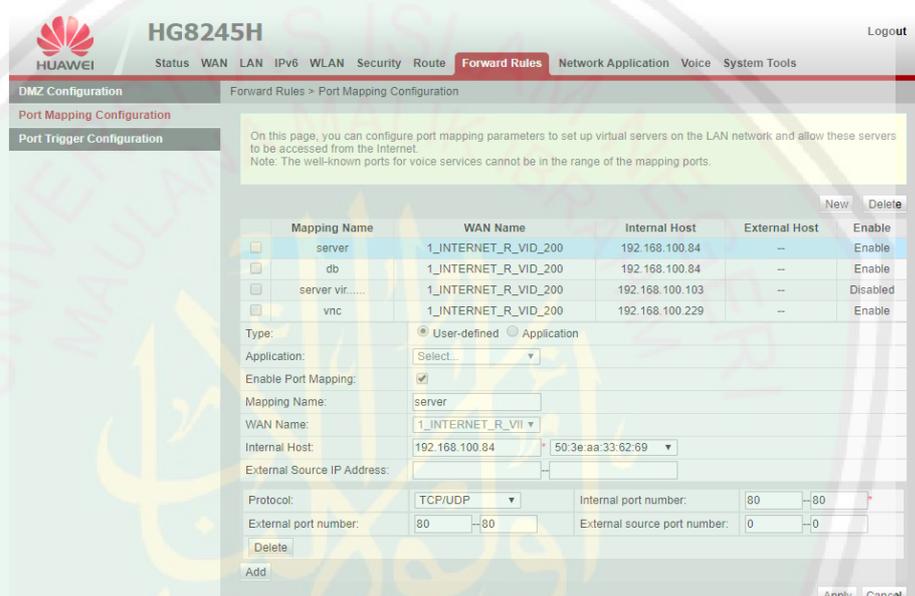
```

Dengan *source code* diatas maka akan mendapatkan hasil output berupa timer yang digunakan untuk lama waktu penyiraman tanaman.

4.2.2. Sistem Hardware

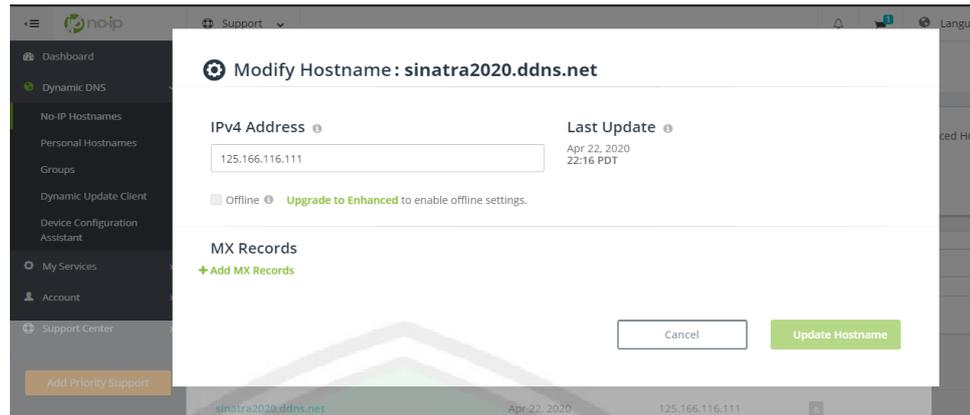
4.2.2.1. Raspberry Pi3

Raspberry Pi3 digunakan sebagai webserver dan *database server*. *Raspberry* juga berfungsi sebagai *REST Server* dan bertugas untuk menghubungkan semua request yang ada. Server dihubungkan dengan menggunakan IP Publik sehingga dapat diakses dari jaringan luar. Selanjutnya dilakukan *port forwarding*. Berikut merupakan konfigurasi *port forwarding*.



Gambar 4. 5 Konfigurasi *Port Forwarding*

Penulisan IP Public dan dilakukan dengan *hostname* yang didapatkan dari penyedia layanan DDNS (*Dynamic Domain Name Server*) yaitu dengan menggunakan “no-ip.com” untuk merubah dari IP Publik menjadi sebuah *hostname*. *Hostname* yang dipakai pada penelitian ini yaitu “sinatra2020.ddns.net”. Berikut merupakan tampilan konfigurasi *hostname* dengan no-ip.com.



Gambar 4. 6 Konfigurasi Hostname menggunakan no-ip.com

Pada *Raspberry* juga dilengkapi dengan kamera dan *OLED Display*. Kamera digunakan untuk streaming keadaan di lokasi penyiraman dan *OLED Display* digunakan untuk menampilkan tampilan berupa IP, kondisi *server* dan kondisi sensor. Berikut merupakan tampilan pada *Raspberry Pi3*.



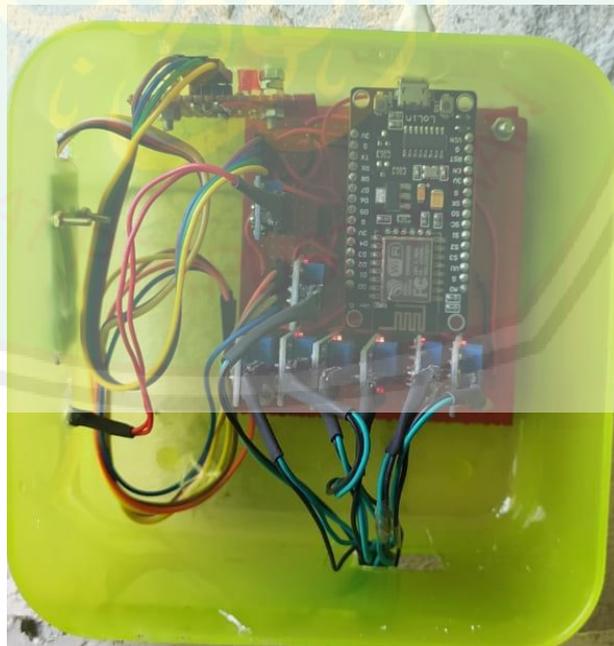
Gambar 4. 7 Panel Raspberry Tampak Luar



Gambar 4. 8 Panel Raspberry Tampak Dalam

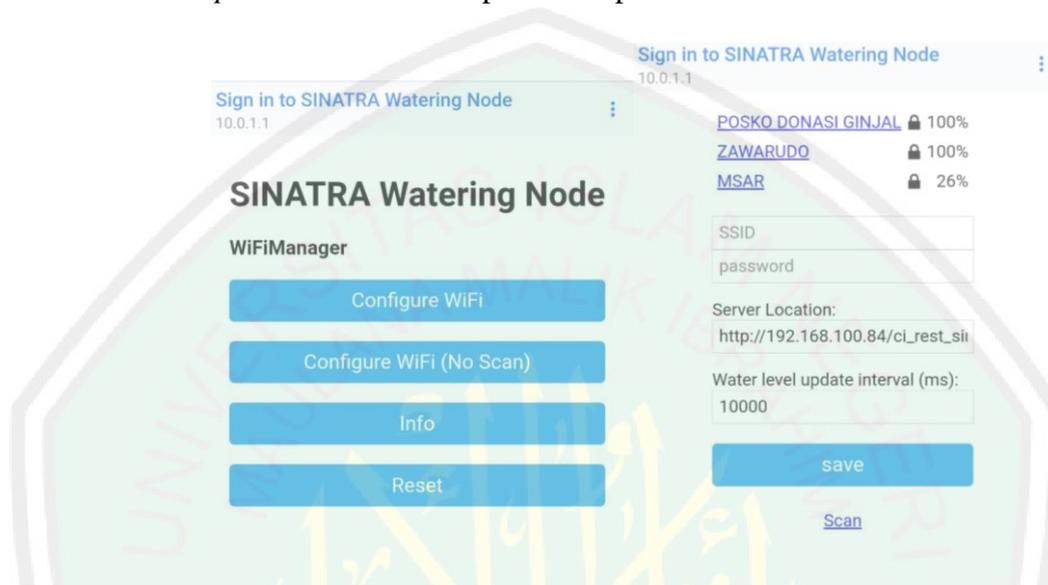
4.2.2.2. Node MCU ESP8266

Pada penelitian ini menggunakan 2 buah *NodeMCU ESP8266*. Salah satu Panel *Node* digunakan sebagai data inputan dari modul dari sensor cahaya, hujan dan *BME280*. Panel *Node* yang kedua dipakai sebagai watering control yang dilengkapi dengan sensor *HCSR04* dan relay untuk mengontrol penyiraman. Berikut merupakan gambar dari panel *Node*.



Gambar 4. 9 Rangkaian Pada Panel Node

NodeMCU ESP8266 ini terkoneksi melalui *WiFi* dengan akses internet. Konektivitas pada *NodeMCU* ini menggunakan *wifi portal* untuk mempermudah pengkoneksian jaringan *WiFi* serta konfigurasi *hostname server* tanpa harus mengatur ulang program. Untuk memasuki portal *WiFi NodeMCU* harus terkoneksi dengan akses point dan selanjutnya diarahkan ke *WiFi portal*. Berikut merupakan tampilan dari *Wifi Portal*.



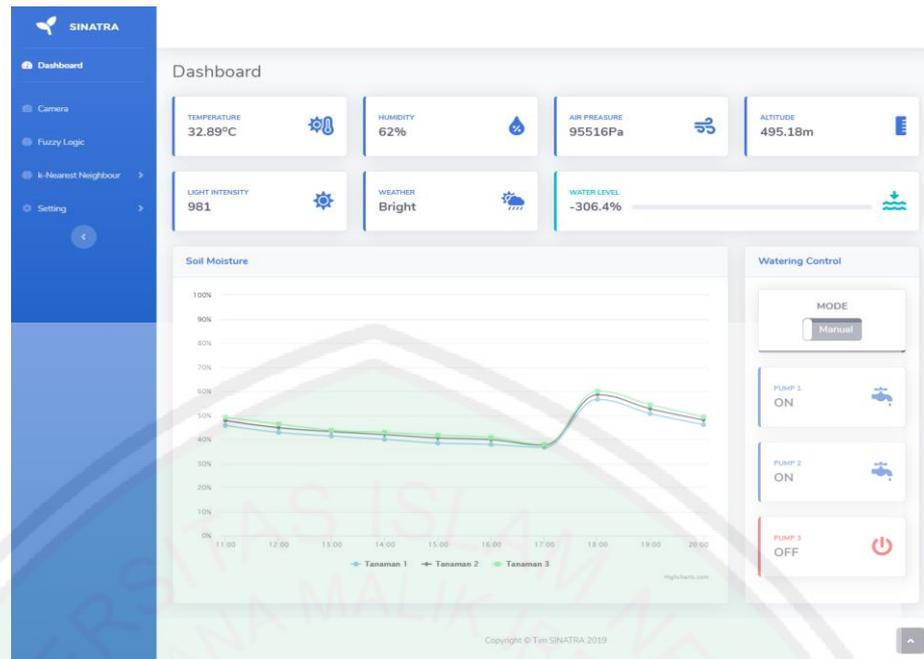
Gambar 4. 10 Wifi Portal NodeMCU ESP8266

4.2.3. Sistem Interface

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

4.2.3.1. Dashboard

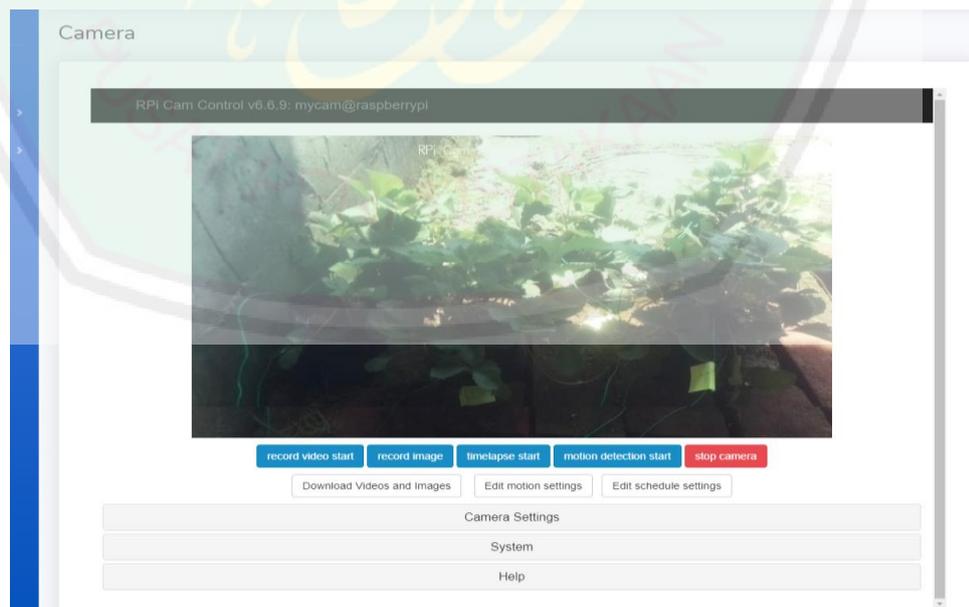
Dashboard disini merupakan halaman utama yang pertama kali dituju. Halaman ini berisi tentang pembacaan sensor, berupa tampilan Suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, intensitas cahaya, volume air, grafik kelembaban tanah yang ditampilkan setiap jam serta mode penyiraman. Berikut merupakan tampilan dashboard.



Gambar 4. 11 Tampilan Dashboard

4.2.3.2. Camera

Pada laman camera terdapat tampilan streaming dari kamera yang telah dipasang pada tempat penelitian. Pada laman ini terdapat setting kamera, tombol perekaman video dan pengambilan gambar secara langsung. Berikut merupakan tampilan pada laman camera.



Gambar 4. 12 Tampilan Laman Camera

4.2.3.3. Fuzzy Logic Page

Pada laman ini terdapat tabel yang menampilkan pembacaan sensor suhu serta kelembaban serta perhitungan menggunakan metode *Fuzzy Logic*. Berikut merupakan laman *Fuzzy Logic*.



The screenshot shows the 'Fuzzy Logic' page in the SINATRA application. It features a sidebar menu with options: Dashboard, Camera, Fuzzy Logic (selected), In-Nearest Neighbour, and Setting. The main content area displays a table with 14 rows of data. The table has columns for ID, Datetime, Temperature (°C), Soil Moisture (%), and Timer. The data is as follows:

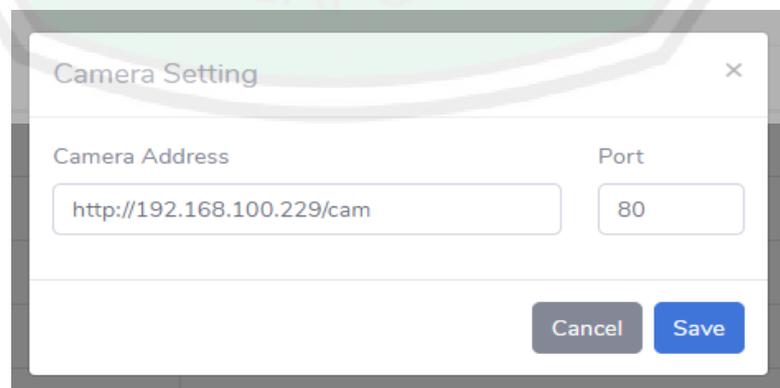
ID	Datetime	Temperature (°C)	Soil Moisture (%)	Timer
1	2020-04-09 07:00:00	24.41	39.91	6.64
2	2020-04-09 17:00:00	28.36	37.21	6.7
3	2020-04-10 07:00:00	26.33	36.11	7.78
4	2020-04-10 17:00:00	28.48	36.5	6.53
5	2020-04-11 07:00:00	25.39	38.99	8.19
6	2020-04-11 17:00:00	28.15	37.35	6.84
7	2020-04-12 07:00:00	25.06	39.3	8.34
8	2020-04-12 17:00:00	27.29	39.59	7.55
9	2020-04-13 07:00:00	26.27	38.16	7.81
10	2020-04-13 07:00:00	27.52	37.99	7.26
11	2020-04-14 17:00:00	25.73	36.67	8.05
12	2020-04-14 07:00:00	27.33	39.49	7.52
13	2020-04-15 17:00:00	26.61	37.88	7.65
14	2020-04-15 07:00:00	28.48	36.61	6.55

At the bottom of the table, it says 'Showing 1 to 14 of 14 entries' and includes 'Previous' and 'Next' navigation buttons.

Gambar 4. 13 Tampilan Fuzzy Logic Page

4.2.3.4. Menu Setting

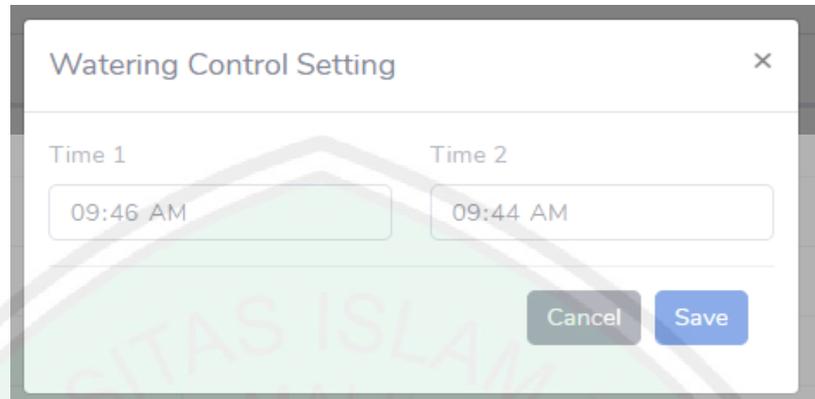
Pada menu setting terdapat 3 settingan, yaitu Camera Setting, Volume Level Setting dan Watering Control Setting. Camera setting digunakan untuk mengatur *hostname* dan *Port Camera*. Berikut merupakan tampilan pada setting camera.



The screenshot shows a 'Camera Setting' dialog box with a close button (X) in the top right corner. It contains two input fields: 'Camera Address' with the value 'http://192.168.100.229/cam' and 'Port' with the value '80'. At the bottom right, there are two buttons: 'Cancel' and 'Save'.

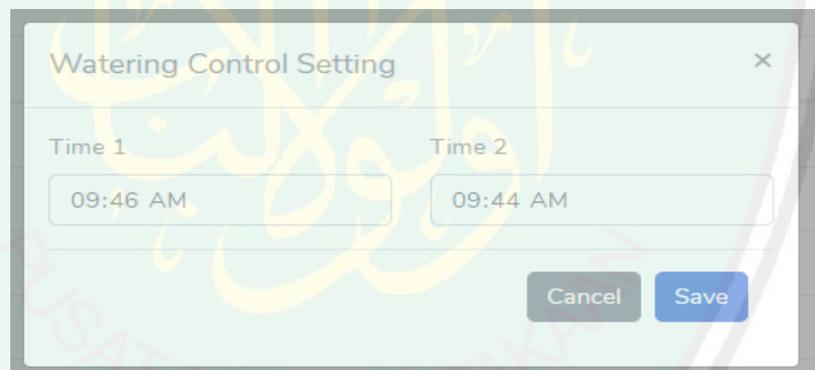
Gambar 4. 14 Camera Setting

Pada level setting terdapat pengaturan untuk menentukan volume air yang tersedia pada tempat penyimpanan air. Berikut merupakan tampilan pada setting volume air.



Gambar 4. 15 Setting Volume Air

Settingan terakhir yaitu Watering Control System yang digunakan untuk mengatur kapan akan dilakukannya penyiraman secara otomatis. Berikut merupakan setting waktu penyiraman otomatis.



Gambar 4. 16 Watering Control Setting

4.2.4. Penyiraman Tanaman

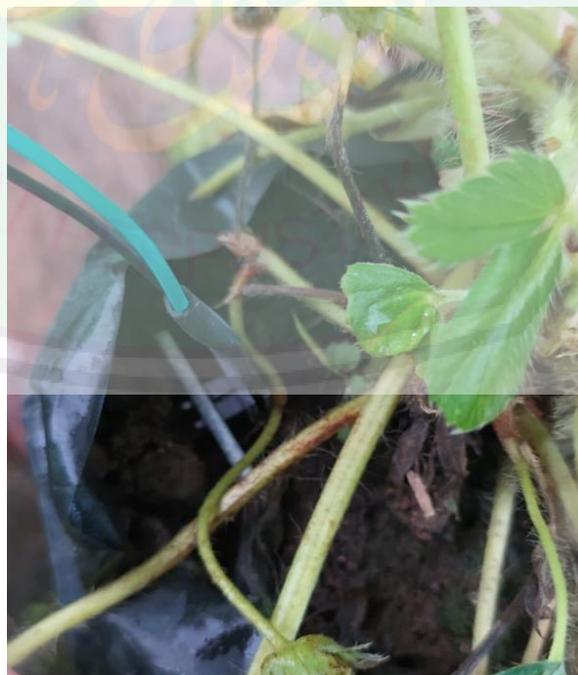
Penyiraman tanaman dilakukan pada dua waktu dalam sehari, yaitu pada pukul 07.00 dan pukul 17.00. Tanaman strawberry ditanam pada polybag. Penempatan tanaman satu dengan yang lain diberi jarak agar strawberry bisa tumbuh dengan baik. Tanaman diletakkan pada teras yang tidak selalu terkena sinar matahari, akan tetapi cukup terkena panas, karena strawberry merupakan tanaman yang membutuhkan suhu dingin agar tumbuh

dengan baik, dan tempatnya tidak selalu terkena hujan karena sedikit tertutup langit-langit. Berikut merupakan penataan strawberry pada polybag.



Gambar 4. 17 Penempatan Tanaman Strawberry

Penempatan tanaman diberi jarak sedemikian sehingga daun tanaman tidak bertumpuk. Pemasangan sensor kelembaban pada tanaman dilakukan dengan memasukkan *Soil Moisture Sensor* kedalam tanah polybag. Penempatan sensor harus dilakukan secara hati-hati agar tidak merusak akar dari tanaman strawberry. Berikut merupakan gambaran penempatan *Soil Moisture Sensor* pada tanaman strawberry.



Gambar 4. 18 *Soil Moisture Sensor* Pada Tanaman Strawberry

Pemasangan sensor pada tanah diusahakan tidak terlalu dekat kepada tanaman karena ditakutkan akan merusak akar yang tumbuh disekitar tanaman. Penyiraman tanaman dilakukan dengan menggunakan pompa DC dan dialirkan melalui selang kecil. Berikut merupakan gambaran pengaliran air lewat selang pada tanaman strawberry.



Gambar 4. 19 Selang Penyiraman Pada Tanaman Strawberry

Selang penyiraman diletakkan tepat pada tanaman strawberry agar aliran air dapat dengan sempurna membasahi tanah yang berada di sekitar akar tumbuhan strawberry.

4.3. INTEGRASI ISLAM

Air merupakan sumber kehidupan yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup. Tumbuhan membutuhkan air untuk bisa tumbuh berkembang. Tumbuhan dapat terkena siraman air baik itu kesengajaan yang dilakukan oleh manusia atau terkena air hujan yang turun. Allah berfirman dalam Al-Quran Qaf (50): 7-11 sebagai berikut:

وَذَكَرَى تَبَصْرَةَ بَهِيحٍ ۝ زَوْجٍ كُلِّ مِنْ فِيهَا وَأَنْبَتْنَا رَوَاسِي فِيهَا وَالْقَيْنَا مَدَدْنَاهَا وَالْأَرْضَ ۝
 ۝ الْحَصِيدِ وَحَبِّ جَنَّتِ بِهِ فَأَنْبَتْنَا مُبْرَكًا مَاءَ السَّمَاءِ مِنْ وَنَزَّلْنَا ۝ مُنِيبٍ عَبْدٍ لِكُلِّ ۝
 ۝ الْخُرُوجِ كَذَلِكَ مَيِّتًا بَلْدَةً بِهِ وَأَحْيَيْنَا لِلْعِبَادِ رِزْقًا ۝ تَضِيدٌ طَلَعُ لَهَا بَسِيفَتِ وَالنَّخْلِ

Artinya: “Dan Kami hamparkan bumi itu dan Kami letakkan padanya gunung-gunung yang kokoh dan Kami tumbuhkan padanya segala macam tanaman yang indah dipandang mata, untuk menjadi pelajaran dan peringatan bagi tiap-tiap hamba yang kembali (mengingat Allah). Dan Kami turunkan dari langit air yang banyak manfaatnya, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu pohon-pohon dan biji-biji tanaman yang diketam, dan pohon kurma yang tinggi-tinggi yang mempunyai mayang yang bersusun-susun, untuk menjadi rezeki hamba-hamba (Kami), dan Kami hidupan dengan air itu tanah yang mati (kering). Seperti itulah terjadinya kebangkitan.”.

Dalam tafsir Jalalyn, ayat diatas memiliki tafsir sebagai berikut: (Dan bumi itu) di'athafkan kepada kedudukan lafal As-samaa' yakni, dan bumi itu bagaimana (Kami hamparkan) Kami jadikan terhampar menurut pandangan mata di atas permukaan air (dan Kami letakkan padanya gunung-gunung) yang memantapkannya (dan Kami tumbuhkan padanya segala macam tanaman) segala

jenis tumbuh-tumbuhan (yang indah) yang tampak sangat indah dipandang mata karena keindahannya. (Untuk menjadi pelajaran) menjadi maf'ul lah, yakni, Kami lakukan hal tersebut sebagai pemberian pelajaran dari Kami (dan peringatan) untuk dijadikan sebagai peringatan (bagi tiap-tiap hamba yang kembali) untuk taat kepada Kami. (Dan Kami turunkan dari langit air yang penuh keberkatan) berkah dan manfaatnya (lalu Kami tumbuhkan dengan air itu pohon-pohon) maksudnya kebun-kebun (dan biji-biji tanaman) yakni ladang-ladang (yang diketam) yang dipanen. (Dan pohon-pohon kurma yang tinggi-tinggi) lafal Baasiqaatin ini berkedudukan menjadi Hal bagi lafal yang diperkirakan keberadaannya (yang mempunyai mayang yang bersusun-susun) yaitu sebagian di antaranya bertumpuk di atas sebagian yang lain. (Untuk menjadi rezeki bagi hamba-hamba) Kami; lafal Rizqan menjadi Maf'ul Lah (dan Kami hidupkan dengan air itu tanah yang mati) lafal Maytan dapat digunakan untuk Mudzakkar dan Muannats. (Seperti itulah) dengan cara itulah (terjadinya kebangkitan) dari kubur, maka mengapa kalian mengingkarinya? Istifham atau kata tanya mengandung makna Taqrir, makna yang dimaksud adalah bahwa mereka melihat dan mengetahui hal tersebut. (Al-Mahalli & Jalaludin, 2018)

BAB V

PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan yaitu sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* menggunakan parameter suhu dan kelembaban dengan metode *Fuzzy Logic Control* telah berhasil dibangun. Pembangunan sistem pada penelitian ini dilakukan dengan perancangan *hardware* dengan sedemikian rupa. Pembuatan rangkaian pada Panel RaspberryPi3 digunakan sebagai web server dan rest server. Pada Raspberry juga dilengkapi dengan kamera dan OLED Display. Rangkaian pada Panel NodeMCU ESP8266 digunakan sebagai pembacaan sensor-sensor serta kendali relay dan pompa DC motor sebagai alat penyiraman air pada tanaman. Panel yang dipakai yaitu dari container plastik. Pada *hardware* berupa sensor-sensor dilakukan pengujian guna mengetahui *presentase error* pada setiap sensor. Semua sensor bekerja dengan baik. Pengujian pada sensor HCSR04 (*ultrasonic*) memiliki *error* sebesar 3.63%. sedangkan pengujian pada *Soil Moisture Sensor* memiliki *error* sebesar 3.42% dan pengujian sensor BME280 memiliki *error* sebesar 3.39%

Sistem perhitungan dilakukan dan diterapkan pada Raspberry Pi3. Bahasa pemrograman yang dipakai yaitu *Phyton*. Pemrograman *phyton* berisi tentang perhitungan metode *Fuzzy Logic Control*. Pada metode *Fuzzy Logic Control* terdapat tiga langkah, yaitu *fuzzyfikasi*, pembuatan *rule*, dan *defuzzifikasi*. Nilai dari hasil output pemrograman *phyton* dibandingkan dengan nilai dari hasil perhitungan menggunakan Matlab. Dari hasil perbandingan didapatkan rata-rata *error* sebesar 15.51%.

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. Tata perancangan rangkaian elektronik masih menggunakan penyolderan manual, diharapkan untuk penelitin kedepan untuk menggunakan PCB cetak agar rangkaian menjadi lebih rapi dan efisien.
2. Untuk perawatan dan pemberian nutrisi tanaman kedepannya agar diberi tambahan selain penyiraman otomatis, seperti pemberian pupuk otomatis. Sehingga perawatan jauh lebih mudah dan tumbuhan bisa tumbuh dengan lebih maksimal.
3. Pembuatan sistem pada penelitian ini masih pada tingkat dasar, karena pada penelitian hanya menggunakan dua sensor sebagai parameter *input* yang dipakai dalam metode penyiraman otomatis ini, yaitu berupa parameter suhu dan *input* kelembaban, untuk kedepannya bisa ditambahkan seperti sensor pH tanah dan sensor lain yang akan mendukung penelitian untuk mengoptimalkan kinerja sistem agar lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Mahalli, J., & J. A.-S. (2018). *Tafsir Jalalain*. Ummul Quro.
- Asih, M. S. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Fuzzy Mamdani pada Alat Penyiraman Tanaman Otomatis . *Jurnal Sistem Informasi* , 41-52.
- Atzori, L., Lera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Elsevier*, 2787-2805.
- Bakshi, U. A., & Bakshi, A. V. (2009). *Electrical Measurements and Instrumentation*. Pune: Technical Publications Pune.
- BelajarArduino. (2017). Diambil kembali dari <http://www.belajararduino.com/2016/08/lcd-oled-display-096-128x32-to-arduino.html>
- CityOS Air. (2018). Diambil kembali dari cityos-air.readme.io: <https://cityos-air.readme.io/docs/4-bme280-temperature-humidity-and-pressure-sensor>
- Firma Yudha, P. S., & Sani, R. A. (2017). IMPLEMENTASI SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 SEBAGAI SENSOR PARKIR MOBIL BERBASIS ARDUINO. *Einstein*, 19-26.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nugrahanto, I. (2017). PEMBUATAN WATER LEVEL SEBAGAI PENGENDALI WATER PUMP OTOMATIS BERBASIS TRANSISTOR. *SISTEM*, 59-70.
- Oktarina, D. O., Armaini, & Ardian. (2017). PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI STROBERI (*Fragaria Sp*) DENGAN PEMBERIAN BERBAGAI KONSENTRASI PUPUK ORGANIK CAIR (POC) SECARA HIDROPONIK SUBSTRAT. *JOM FAPERTA*, 1-12.
- Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Triwulan II-2018*. (2018). Badan Pusat Statistik.
- Pratama, S. A. (2018). *RANCANG BANGUN PENYIRAMAN AIR OTOMATIS DAN PROTEKSI HAMA TANAMAN MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROL* . Yogyakarta: UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA .
- Putra, J. S. (2019). PENGEMBANGAN ROBOT TROLI PENGIKUT MANUSIA OTOMATIS DENGAN KAMERA MENGIKUTI BENTUK. *Seminar Hasil Elektro*, 1-12.

- Satriadi, A., Wahyudi, & Chrstiyono, Y. (2019). PERANCANGAN HOME AUTOMATION BERBASIS NodeMCU. *TRANSIENT*, 64-71.
- 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) Merril) Pada Berbagai Jenis Tanah). *Embryo*, 98-112.
- Waworundeng, J. M., Suseno, N. C., & Manaha, R. R. (2017). Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis berbasis Sensor dan Mikrokontroler. *Multi Disiplin Ilmu*.
- Wijaya, I. D., Ariyanto, R., & Fitria, N. (2019). IMPLEMENTASI IoT PADA SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS TANAMAN CABAI BERBASIS RASPBERRY PI DENGAN METODE FUZZY LOGIC. *Jurnal Informatika Polinema*, 177-182.
- Yanwari, M. I. (2017). PENGANTAR ELEMEN LOGIKA FUZZY. *POROS TEKNIK*, 1-4.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Pembacaan Sensor Tanaman Strawberry tanggal 09-04-2020 s/d 15-04-2020 menggunakan BME280 dan Soil Moisture Sensor

id_sensor	dt_sensor	nama_sensor	humid_sensor	temp_sensor
37	2020-04-09 05:00:00	Tanaman 1	40.55	23.73
40	2020-04-09 06:00:00	Tanaman 1	40.5	23.78
43	2020-04-09 07:00:00	Tanaman 1	39.91	24.41
46	2020-04-09 08:00:00	Tanaman 1	51.54	26.54
49	2020-04-09 09:00:00	Tanaman 1	47.96	29.07
52	2020-04-09 10:00:00	Tanaman 1	43.38	30.45
55	2020-04-09 11:00:00	Tanaman 1	42.33	31.24
58	2020-04-09 12:00:00	Tanaman 1	41.87	30.84
61	2020-04-09 13:00:00	Tanaman 1	40.42	30.82
64	2020-04-09 14:00:00	Tanaman 1	40.32	30.28
67	2020-04-09 15:00:00	Tanaman 1	38.34	29.85
70	2020-04-09 16:00:00	Tanaman 1	37.86	29.11
73	2020-04-09 17:00:00	Tanaman 1	37.21	28.36
76	2020-04-09 18:00:00	Tanaman 1	57.05	27.54
79	2020-04-09 19:00:00	Tanaman 1	53.05	27.29
82	2020-04-09 20:00:00	Tanaman 1	47.31	26.89
85	2020-04-10 05:00:00	Tanaman 1	38.85	25.54
88	2020-04-10 06:00:00	Tanaman 1	38.66	25.74
91	2020-04-10 07:00:00	Tanaman 1	38.11	26.33
94	2020-04-10 08:00:00	Tanaman 1	49.98	27.14
97	2020-04-10 09:00:00	Tanaman 1	45.56	28.84
100	2020-04-10 10:00:00	Tanaman 1	42.05	30.19
103	2020-04-10 11:00:00	Tanaman 1	39.69	31.1
106	2020-04-10 12:00:00	Tanaman 1	39.25	30.5

109	2020-04-10 13:00:00	Tanaman 1	38.81	30.67
112	2020-04-10 14:00:00	Tanaman 1	39.96	29.84
115	2020-04-10 15:00:00	Tanaman 1	37.37	30.07
118	2020-04-10 16:00:00	Tanaman 1	37.11	29.4
121	2020-04-10 17:00:00	Tanaman 1	36.5	28.48
124	2020-04-10 18:00:00	Tanaman 1	54.92	27.22
127	2020-04-10 19:00:00	Tanaman 1	51.7	27.1
130	2020-04-10 20:00:00	Tanaman 1	47.29	26.88
133	2020-04-11 05:00:00	Tanaman 1	39.64	24.7
136	2020-04-11 06:00:00	Tanaman 1	39.55	24.8
139	2020-04-11 07:00:00	Tanaman 1	38.99	25.39
142	2020-04-11 08:00:00	Tanaman 1	52.55	26.15
145	2020-04-11 09:00:00	Tanaman 1	47.95	27.92
148	2020-04-11 10:00:00	Tanaman 1	43.74	29.54
151	2020-04-11 11:00:00	Tanaman 1	42.07	30.57
154	2020-04-11 12:00:00	Tanaman 1	42.34	30.08
157	2020-04-11 13:00:00	Tanaman 1	41.55	30
160	2020-04-11 14:00:00	Tanaman 1	41.33	29.7
163	2020-04-11 15:00:00	Tanaman 1	40.7	29.94
166	2020-04-11 16:00:00	Tanaman 1	39.86	29.11
169	2020-04-11 17:00:00	Tanaman 1	37.35	28.15
172	2020-04-11 18:00:00	Tanaman 1	53.61	26.51
175	2020-04-11 19:00:00	Tanaman 1	48.86	25.57
178	2020-04-11 20:00:00	Tanaman 1	44.06	25.14
181	2020-04-12 05:00:00	Tanaman 1	40.09	24.22
184	2020-04-12 06:00:00	Tanaman 1	39.96	24.36
187	2020-04-12 07:00:00	Tanaman 1	39.3	25.06
190	2020-04-12 08:00:00	Tanaman 1	54.29	25.48
193	2020-04-12 09:00:00	Tanaman 1	51.82	26.43
196	2020-04-12 10:00:00	Tanaman 1	48.52	27.7

199	2020-04-12 11:00:00	Tanaman 1	46.73	28.39
202	2020-04-12 12:00:00	Tanaman 1	45.84	28.35
205	2020-04-12 13:00:00	Tanaman 1	45.02	28.28
208	2020-04-12 14:00:00	Tanaman 1	44.33	28.16
211	2020-04-12 15:00:00	Tanaman 1	42.86	28.34
214	2020-04-12 16:00:00	Tanaman 1	40.95	27.92
217	2020-04-12 17:00:00	Tanaman 1	39.59	27.29
220	2020-04-12 18:00:00	Tanaman 1	55.64	25.99
223	2020-04-12 19:00:00	Tanaman 1	49.79	26.61
226	2020-04-12 20:00:00	Tanaman 1	45.23	26.31
229	2020-04-13 05:00:00	Tanaman 1	39.78	24.55
232	2020-04-13 06:00:00	Tanaman 1	39.39	24.97
235	2020-04-13 07:00:00	Tanaman 1	38.16	26.27
238	2020-04-13 08:00:00	Tanaman 1	51.54	26.54
241	2020-04-13 09:00:00	Tanaman 1	50.07	26.72
244	2020-04-13 10:00:00	Tanaman 1	47.87	27.18
247	2020-04-13 11:00:00	Tanaman 1	44.49	27.33
250	2020-04-13 12:00:00	Tanaman 1	42.86	27.57
253	2020-04-13 13:00:00	Tanaman 1	40.37	27.76
256	2020-04-13 14:00:00	Tanaman 1	40.45	27.73
259	2020-04-13 15:00:00	Tanaman 1	39.65	27.65
262	2020-04-13 16:00:00	Tanaman 1	38.6	27.67
265	2020-04-13 17:00:00	Tanaman 1	37.99	27.52
268	2020-04-13 18:00:00	Tanaman 1	55.7	26.56
271	2020-04-13 19:00:00	Tanaman 1	51.66	27.08
274	2020-04-13 20:00:00	Tanaman 1	47.94	26.69
277	2020-04-14 05:00:00	Tanaman 1	39.01	25.37
280	2020-04-14 06:00:00	Tanaman 1	38.96	25.42
283	2020-04-14 07:00:00	Tanaman 1	38.67	25.73
286	2020-04-14 08:00:00	Tanaman 1	52.19	26.29

289	2020-04-14 09:00:00	Tanaman 1	51.2	26.67
292	2020-04-14 10:00:00	Tanaman 1	50.29	27.02
295	2020-04-14 11:00:00	Tanaman 1	49.41	27.36
298	2020-04-14 12:00:00	Tanaman 1	48.71	27.63
301	2020-04-14 13:00:00	Tanaman 1	45.19	27.83
304	2020-04-14 14:00:00	Tanaman 1	44.38	28.14
307	2020-04-14 15:00:00	Tanaman 1	42.56	28.07
310	2020-04-14 16:00:00	Tanaman 1	40.71	27.63
313	2020-04-14 17:00:00	Tanaman 1	39.49	27.33
316	2020-04-14 18:00:00	Tanaman 1	55.72	27.11
319	2020-04-14 19:00:00	Tanaman 1	50.93	27.76
322	2020-04-14 20:00:00	Tanaman 1	46.24	26.85
325	2020-04-15 05:00:00	Tanaman 1	39.65	24.97
328	2020-04-15 06:00:00	Tanaman 1	38.91	25.16
331	2020-04-15 07:00:00	Tanaman 1	37.88	26.61
334	2020-04-15 08:00:00	Tanaman 1	54.46	27.37
337	2020-04-15 09:00:00	Tanaman 1	51.02	29
340	2020-04-15 10:00:00	Tanaman 1	48.23	30.18
343	2020-04-15 11:00:00	Tanaman 1	45.78	30.19
346	2020-04-15 12:00:00	Tanaman 1	42.89	30.34
349	2020-04-15 13:00:00	Tanaman 1	41.34	30.37
352	2020-04-15 14:00:00	Tanaman 1	39.97	30.24
355	2020-04-15 15:00:00	Tanaman 1	38.45	29.96
358	2020-04-15 16:00:00	Tanaman 1	37.85	29.59
361	2020-04-15 17:00:00	Tanaman 1	36.61	28.48
364	2020-04-15 18:00:00	Tanaman 1	56.6	27.8
367	2020-04-15 19:00:00	Tanaman 1	50.67	27.36
370	2020-04-15 20:00:00	Tanaman 1	46.11	26.66