

**PERANCANGAN SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS TANAMAN
BAWANG MERAH DENGAN METODE FUZZY
SUGENO BERBASIS ARDUINO UNO**

SKRIPSI

Oleh :
SYAFRUDIN
NIM. 12650039



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**PERANCANGAN SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS TANAMAN
BAWANG MERAH DENGAN METODE FUZZY
SUGENO BERBASIS ARDUINO UNO**

SKRIPSI

**Diajukan kepada :
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Oleh :
SYAFRUDIN
NIM. 12650039**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN

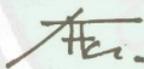
**PERANCANGAN SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS TANAMAN
BAWANG MERAH DENGAN METODE FUZZY
SUGENO BERBASIS ARDUINO UNO**

SKRIPSI

Oleh :
SYAFRUDIN
NIM. 12650039

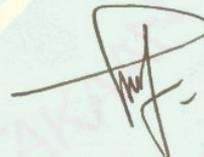
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal, Mei 2019

Pembimbing I



Fatchurrochman, M.Kom
NIP. 197007312005011002

Pembimbing II



Yunifa Miftachul Arif, M.T.
NIP. 198306162011011004

Mengetahui,

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



Dr. Cahyo Crysdiyan
NIP. 19740424 200901 1 008

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS TANAMAN
BAWANG MERAH DENGAN METODE FUZZY
SUGENO BERBASIS ARDUINO UNO

SKRIPSI

Oleh:

SYAFRUDIN
NIM. 12650039

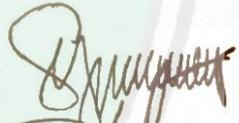
Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Tanggal 13 Juni 2019

Susunan Dewan Penguji

Tanda Tangan

1. Penguji Utama : A'la Syauqi, M.Kom
NIP. 19771201 200801 1 007
2. Ketua : Fresy Nugroho M.T
NIP. 19710722 201101 1 001
3. Sekretaris : Fatchurrochman, M.Kom
NIP. 19700731 200501 1 002
4. Anggota : Yunifa Miftachul Arif, M.T
NIP. 19830616 201101 1 004

()
()
()
()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syafrudin
NIM : 12650039
Jurusan : Teknik Informatika
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Perancangan Sistem Penyiraman Otomatis Tanaman Bawang Merah Dengan Metode Fuzzy Sugeno Berbasis Arduino Uno

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 29 Mei 2019
Yang membuat pernyataan



Syafrudin
NIM 12650039

MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan

“No pain, no gain”

Tidak ada pengorbanan, tidak ada hasil

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, Rabb semesta alam yang telah memberikan nikmat berlimpah kepada penulis. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Baginda Muhammad SAW, yang telah memberi suri tauladan yang luar biasa kepada umatnya.

Pertama, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga, kepada orang tua tercinta, Bapak Ismail dan Ibu Mahani. Terima kasih atas dukungan, doa, cinta kasih, dan kesabaran dalam menunggu penulis bisa menyelesaikan segala kewajiban akademis ini.

Kedua, penulis juga berterima kasih kepada dosen-dosen yang telah membimbing penulis menempuh berbagai pelajaran. Terutama kepada Bapak Fatchurrochman, M.Kom dan Bapak Yunifa Miftachul Arif, M.T yang telah memberi semangat dan banyak masukan untuk terselesaikannya skripsi ini.

Ketiga, terima kasih juga kepada seluruh kawan-kawan TI angkatan 2012 khususnya Arif, Najib, Anam, Faris, Afif, Zauhar, dan teman-teman kos Mas aang, Halim, Fitrah, Syahrul, Fatih yang selalu mengajak dan mengingatkan untuk segera menyelesaikan skripsi ini. Semoga skripsi yang telah ada ini bisa bermanfaat bagi orang lain. Amin.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Rabb semesta alam. Shalawat dan salam semoga senantiasa ditujukan bagi Rasulullah SAW, keluarga, para sahabat, dan siapa saja yang meneladani mereka dengan baik hingga hari kiamat.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik secara moril, nasihat, dan semangat maupun materil. Atas segala bantuan yang telah diberikan, penulis ingin menyampaikan doa dan ucapan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang beserta seluruh staf.
3. Bapak Dr. Cahyo Crysdiyan, selaku ketua jurusan teknik informatika yang telah memberikan motivasi untuk terus berjuang.
4. Bapak Fatchurrochman, M.Kom dan Yunifa Miftachul Arif, M.T selaku dosen pembimbing penulis yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan dan memberi masukan kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini hingga akhir.
5. Seluruh Dosen, Laboran, dan Staff Administrasi Jurusan Teknik Informatika UIN Malang, terima kasih atas segala ilmu dan bimbingannya.
6. Segenap dosen teknik informatika yang telah memberikan bimbingan keilmuan kepada penulis selama masa studi.
7. Seluruh rekan-rekan studi yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas segala kebaikan yang diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima saran dan kritik yang membangun dari pembaca sekalian. Penulis juga berharap agar Skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya, dan bagi penulis secara pribadi. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

Malang, 20 Juni 2019

Penulis

Syafrudin



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
ملخص البحث	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pernyataan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terkait	5
2.2 Bawang Merah	8
2.3 Iklim	9
2.2.1 Iklim Tropis	10
2.2.2 Suhu Tanah	10
2.2.3 Penyiraman Tanaman Bawang Merah	10
2.4 Prinsip Kerja Alat Penyiraman Tanaman Bawang Merah	11
2.5 Komponen Rangkaian Penyiraman Tanaman Bawang Merah	11
2.5.1 Arduino uno	11

2.5.2	Sensor Soil Moisture	14
2.5.3	Sensor Dallas DS18B20	15
2.5.4	Relay.....	16
2.5.5	Pompa Air.....	17
2.5.6	Liquid Crystal Display I2C 16×2.....	18
2.6	Logika <i>Fuzzy</i>	20
2.6.1	Struktur Dasar <i>Logika Fuzzy</i>	21
2.6.2	Metode Sugeno.....	23
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI.....		25
3.1	Analisa Kebutuhan Sistem.....	26
3.1.1	Kebutuhan Perangkat Keras	26
3.1.2	Kebutuhan Perangkat Lunak	26
3.2	Desain Sistem	26
3.2.1	Diagram Blok.....	27
3.2.2	Alur Sistem Otomasi	28
3.2.3	Proses <i>Fuzzy</i> Sistem Otomasi.....	29
3.3	Implementasi Metode <i>Fuzzy Sugeno</i>	30
BAB IV UJI COBA DAN PEMBAHASAN.....		39
4.1	Implementasi Desain System.....	39
4.1.1	Implementasi Hardware Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis	39
4.1.2	Implementasi Sensor Suhu dan Kelembapan	41
4.1.3	Implementasi <i>Fuzzy Sugeno</i> Pada Sistem.....	42
4.2	Uji Coba <i>Rule fuzzy</i>	46
4.2.1	Tabel Pengujian <i>Fuzzy Sugeno</i> pada Matlab	51
4.2.2	Tabel Pengujian <i>Fuzzy Sugeno</i> pada Sistem.....	52
4.3	Integrasi Islam.....	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA.....		59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arduino Uno	13
Gambar 2.2 Refrensi Fitur Arduino Uno R3	13
Gambar 2.3 Sensor Soil Moisture y1 69	14
Gambar 2.5 Sensor DS18B20	16
Gambar 2.4 <i>Relay</i>	17
Gambar 2.5 Pompa Air DC12v	18
Gambar 2.6 LCD I2C 16x2	19
Gambar 2.7 Struktur Dasar logika <i>Fuzzy</i>	21
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian	25
Gambar 3.2 Diagram blok	27
Gambar 3.3 Flowchart Alur Sistem	28
Gambar 3.4 Proses fuzzy	39
Gambar 3.5 Derajat keanggotaan suhu	31
Gambar 3.6 Derajat keanggotaan kelembapan	31
Gambar 3.7 Derajat keanggotaan <i>output</i> pompa air	32
Gambar 4.1 Rancangan desain sistem	40
Gambar 4.2 Rancangan Sistem	41
Gambar 4.3 Pengambilan data sensor Suhu dan Kelembapan	42
Gambar 4.4 Sensor membaca input suhu dan kelembapan	42
Gambar 4.5 Implementasi Proses <i>Fuzifikasi</i>	43
Gambar 4.6 Tahap implementasi proses mesin infernsi	45
Gambar 4.7 Tahap implementasi defuzifikasi	46
Gambar 4.8 Pengujian <i>rule</i> 1	48
Gambar 4.9 Pengujian <i>rule</i> 2	49
Gambar 4.10 Pengujian <i>rule</i> 3	50

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Uji Coba Rule	46
Tabel 4.2 Hasil pengujian rule-rule pada Matlab	51
Tabel 4.3 Hasil Uji Coba Rule Pada sistem	52



ABSTRAK

Syafrudin. 2019. **Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Bawang Merah Otomatis Dengan Metode *Fuzzy Sugeno* Berbasis *Arduino UNO***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : (I) Fatchurrochman, M.Kom (II) Yunifa Miftachul Arif, M.T.

Kata Kunci :Penyiraman tanaman otomatis, Bawang Merah, *Fuzzy Sugeno*, *Arduino*.

Indonesia merupakan Negara agraris, yang berarti Indonesia adalah Negara yang menjadikan pertanian sebagai sumber dayanya. Indonesia merupakan salah satu Negara eksportir bawang merah terbesar di *ASEAN*. Salah satu aspek yang penting dalam pertumbuhan tanaman adalah penyiraman tanaman, sehingga perlu dilakukan kontrol yang benar sesuai dengan kebutuhan tanaman. Logika *Fuzzy Sugeno* merupakan salah satu metode dalam logika *fuzzy*, Sistem *fuzzy sugeno* memperbaiki kelemahan yang dimiliki oleh sistem *fuzzy* murni untuk menambah suatu perhitungan matematika sederhana sebagai bagian *THEN*. Metode *Sugeno* dipakai karena mampu memprediksi output sistem yang lebih baik daripada metode lain, dengan tingkat akurasi diatas 70% dibandingkan metode *mamdani* 32% (Mahmud, 2016). *Input* dari nilai Sensor kelembaban *YL69* dan sensor suhu *ds18b20* akan di proses oleh arduino uno kemudian menghasilkan output durasi penyiraman tanaman. Hasil perancangan alat sudah sesuai dengan apa yang diharapkan, hal ini dapat dilihat dari proses pembacaan sinyal yang diberikan oleh sensor kelembaban *YL69* dan sensor suhu *ds18b20* yang diproses oleh mikrokontroler dapat ditampilkan pada *LCD 16x2 I2C*. Dan dapat mengaktifkan *relay* yang terhubung dengan pompa berdasarkan logika *fuzzy sugeno*. Pembacaan sensor kelembaban tanah dan sensor suhu sangat sensitif, perubahan bisa terjadi setiap detik. Namun demikian Arduino mempunyai fungsi delay yang dapat membaca saat penulis inginkan. Dari hasil pengujian sistem dihasilkan tingkat akurasi metode *Fuzzy Sugeno* sesuai dengan yang diharapkan. Sedangkan uji coba pada sistem supaya dapat mengatur penyiraman tanaman bawang merah otomatis berdasarkan suhu dan kelembapan tanah dengan menggunakan *fuzzy sugeno* mampu bekerja dengan tingkat akurasi 80%.

ABSTRACT

Syafrudin. 2019. **The Design of Automatic Onion Plant Watering System using Fuzzy Sugeno Method by Arduino Based**. Thesis. Informatics Engineering Department, Faculty of Science and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang.

Advisor: (I) Fatchurrochman, M.Kom (II) Yunifa Miftachul Arif, M.T.

Keywords: Automatic watering plants, *Onion*, *Fuzzy Sugeno*, *Arduino*.

Indonesia is an agrarian country, which means that Indonesia is a country that depends on agriculture as its resource. Indonesia is one of the largest onion exporters in ASEAN. One important aspect in plant growth is plant watering. So, a proper control is fairly needed regarding the needs of the plants. The logic of *Fuzzy Sugeno* is a method in *fuzzy logic*. *Fuzzy Sugeno* system fixes the problems in *fuzzy* systems clearly to add one simple mathematical calculation as part of *THEN*. Sugeno method is used since it is able to predict the output system which is better than other methods, with an accuracy rate above 70% compared to 32% mamdani method (Mahmud, 2016). The Input of humidity score sensor of *YL69* and temperature sensor of *S18b20* will be proceed by Arduino Uni which shows the duration of plant watering. The results of the design of the tool are compatible or fitting to what is expected. This can be seen from the process of reading signal given by the *YL69* humidity sensor and the *d18b20* temperature sensor that is processed by the microcontroller can be displayed on a 16x2 I2C LCD. It can activate a relay connected to a pump as based on Sugeno *fuzzy logic*. Readings of soil moisture sensors and temperature sensors are very sensitive, changes can occur every second. However, Arduino has a delay function that can read when the author wants it. The results of the system test shows the accuracy level of the *Fuzzy Sugeno* method which are as expected. While the trial on the system is to set the automatic watering of onion based on the temperature and humidity using *fuzzy sugeno* which is able to work by an accuracy rate of 80%.

ملخص البحث

شفردين 2019. تصميم نظام سقي نبات البصل الأوتوماتيكي باستخدام طريقة سوجنو فوزي المبنية على أساس اردوينو. بحث. قسم التقنية المعلوماتية بكلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة الدولة الإسلامية بمولانا مالك إبراهيم مالانج.

المستشار: (I) فتح الرحمن الماجستير (2) يونيفامفتاح العارف الماجستير

الكلمات المفتاحية: سقي نبات الأوتوماتيكية ، البصل ، سوجنو فوزي، اردوينو.

إندونيسيا هي بلد زراعي ، يعني أنها بلد يجعل الزراعة أكبر مواردها. اندونيسيا هي واحدة من أكبر مصدرات الكراث في الآسيان. أهم الجوانب في نمو النبات هو سقي النباتات، بحيث تفسر الحاجة إلى تحكم مناسب وفقاً لاحتياجات ومتطلبات النباتات. هي إحدى الطرق في ، حيث يقوم نظام بإصلاح جوانب الضعف التي تمتلكها أنظمة صافية لإضافة حساب رياضي بسيط كجزء من. يتم استخدام طريقة لأنها قادرة على التنبؤ بإخراج نتاج أفضل من الطرق الأخرى ، مع معدل دقة أعلى من 70% مقارنة مع طريقة ممداني 32% (محمود ، 2016). تتم معالجة المدخلات من قيمة مستشعر الرطوبة *yl69* ومستشعر درجة الحرارة *ds18b20* بواسطة ، ثم تحصيل ناتج مدة سقي النبات. نتائج تصميم الأداة كما هو متوقع ، ويمكن ملاحظة ذلك من خلال عملية قراءة الإشارة التي قدمها مستشعر الرطوبة *yl69* ومستشعر درجة الحرارة *ds18b20* الذي تتم معالجته بواسطة متحكم يمكن عرضها على شاشة *i2c lcd 16x2*. ويمكن تفعيل التابع المتصل بمضخة تعتمد على. قراءات أجهزة استشعار رطوبة التربة وأجهزة استشعار درجة الحرارة حساسة للغاية ، يمكن أن تحدث تغييرات كل ثانية. ومع ذلك ، لدى وظيفة تأخير يمكن أن تقرأ عندما يريد المؤلف ذلك. أسفرت نتائج اختبار النظام في دقة طريقة كما هو متوقع. في حين أن الاختبار على النظام بحيث يمكن تنظيم الري التلقائي للكراث على أساس درجة حرارة التربة والرطوبة باستخدام قادر على العمل بمعدل دقة 80%

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara agraris, yang berarti Indonesia adalah Negara yang menjadikan pertanian sebagai sumber dayanya. Tanah yang subur dan beriklim tropis terbukti dari berbagai macam tumbuhan yang tumbuh di berbagai daerah di negeri ini. Bawang merah merupakan salah satu komoditi sayuran unggulan yang sejak lama diusahakan oleh petani secara intensif. Indonesia merupakan salah satu Negara eksportir bawang merah terbesar di ASEAN dan urutan ke-empat di dunia berdasarkan data dari *Food and Agriculture Organization (FAO)*.

Salah satu aspek yang penting dalam pertumbuhan tanaman adalah penyiraman tanaman, sehingga perlu dilakukan kontrol yang benar sesuai dengan kebutuhan tanaman. Faktor yang memegang peranan penting dalam penyiraman tanaman di antaranya adalah kondisi suhu kelembaban tanah. Di Indonesia sendiri saat ini, Proses penyiraman tanaman masih dilakukan dengan cara manual. Selain membutuhkan tenaga manusia, penyiraman secara manual juga memiliki kekurangan seperti tidak dapat memantau kondisi suhu dan kelembapan tanah yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dengan sempurna.

Keberagaman dan kesuburan tanah yang ada di Indonesia tidak sesuai dengan perkembangan teknologi pertanian yang ada. Sebagian besar petani masih menggunakan metode perawatan dan penyiraman tanaman dengan manual sehingga petani kesulitan dalam mengetahui berapa banyak air yang dibutuhkan oleh tanaman.

Logika *Fuzzy Sugeno* merupakan salah satu metode dalam logika *fuzzy*, Sistem *fuzzy sugeno* memperbaiki kelemahan yang dimiliki oleh sistem *fuzzy* murni untuk menambah suatu perhitungan matematika sederhana sebagai bagian THEN. Pada perubahan ini, sistem *fuzzy* memiliki suatu nilai rata-rata tertimbang (*Weighted Average Values*) di dalam bagian aturan *fuzzy IF-THEN*. Output dari *sugeno* merupakan konstanta / persamaan linear, bukan berupa himpunan *fuzzy*. Metode *fuzzy Sugeno* dipakai karena mampu memprediksi output sistem yang lebih baik daripada metode lain, dengan tingkat akurasi diatas 70% dibandingkan metode mamdani 32% (Mahmud, 2016).

Hasil penelitian Hidayat dkk (2012) terhadap 40 pekerja penyiram bawang memperlihatkan bahwa 80% pekerja berusia diatas 35 tahun, 17,5% usia 25-34 tahun dan 2,5% dibawah 25 tahun. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa berdasarkan sebaran umur pekerja hanya 20% pekerja yang berada pada rentang usia sampai 34 tahun. Hal ini mengindikasikan kurangnya minat pemuda untuk menjadi petani bawang. Pekerja penyiram bawang sering mengalami kelelahan *musculoskeletal*. Sebanyak 40% mengalami kelelahan pada pinggang, 40 % kelelahan pada tangan dan pergelangan tangan sedangkan sisanya pada pantat. Hal ini dikarenakan alat penyiram bawang yang digunakan saat ini kurang *ergonomis* dengan pembebanan pada pinggang dan lengan serta masih menggunakan alat penyiraman manual.

Dari permasalahan tersebut, penulis ingin merancang prototipe penyiraman otomatis tanaman bawang merah dengan menggunakan *controller Arduino uno* dengan metode *fuzzy sugeno*, dengan harapan dapat membantu petani dalam mengetahui kebutuhan air pada tanaman bawang merah sehingga mampu

meningkatkan produksi. Sistem pengaturan yang digunakan untuk mengontrol penyiraman tanaman secara otomatis sehingga *output* jumlah air yang sesuai dengan yang diharapkan dengan menggunakan metode *fuzzy sugeno* untuk mendapatkan *output* yang sesuai dengan yang diinginkan oleh sistem. Pada penerapan teknologinya *input* dari nilai sensor kelembapan *YL69* dan sensor suhu *S18b20* akan di proses oleh arduino uno.

1.2 Pernyataan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka identifikasi masalahnya yaitu seberapa akurat metode *fuzzy sugeno* dalam menentukan *output* pompa air untuk penyiraman otomatis tanaman.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur tingkat akurasi metode *fuzzy sugeno* pada mikrokontroller *arduino uno* dalam menentukan *output* pompa air untuk penyiraman otomatis tanaman.

1.4 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini, Penulis memberikan beberapa batasan yang berhubungan dengan objek penelitian yang akan di gunakan supaya penelitian ini lebih terfokus, diantaranya sebagai berikut:

1. Bawang merah yang digunakan dalam penelitian adalah jenis *Allium Cepa*
2. Tanaman Bawang merah yang di ambil data suhu dan kelembapan tanah yang di tanam pada pot ukuran diameter (atas) 17 cm x diameter (bawah) 12 cm x tinggi 14 cm.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan adalah dengan adanya alat ini diharapkan alat ini dapat memberikan solusi agar dapat melakukan penyiraman tanaman bawang merah secara otomatis untuk menghemat waktu dan kadar air yang diserap oleh tanaman mampu dikontrol dengan baik, serta menguji akurasi dari metode *fuzzy sugeno* dalam menentukan output yang akan dijalankan oleh sistem.



BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian yang dilakukan oleh Hakim dan Supriyanto (2015) yang berjudul Rancang Bangun Prototipe Alat Penyiraman Berbasis Mikrokontroler Dengan Sensor Kelembaban Dan Suhu, Alat ini dapat berfungsi sebagai pengontrol kelembaban dan suhu tanah, dengan menggunakan sensor kelembaban dan suhu yang kemudian diproses melalui mikrokontroler dan akan melakukan tindakan jika tanah tersebut terjadi kekeringan atau basah dan saat suhu tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman tersebut mampu bekerja dengan baik sesuai yang di harapkan. Namun tidak adanya LED indikator atau tampilan informasi yang bisa di akses oleh pengguna menjadi kekurangan dalam penelitian ini.

Penelitian yang di lakukan oleh Widhi dan Winarno (2014) yang berjudul Sistem Penyiraman Tanaman Anggrek Menggunakan Sensor Kelembaban dengan Program Borland Delphi 7 Berbasis Modul Arduino Uno R3 pada tahun 2014, Alat ini mampu bekerja dengan baik dengan adanya tampilan GUI yang akan memberitahu pengguna jika kelembaban dan suhu tidak sesuai dengan yang di harapkan. Dari hasil pengujian alat kelembaban terdeteksi dengan baik dan hasil yang sama dengan alat ukur, Namun suhu yang diperoleh dari sensor SHT-11 berbeda dengan hasil alat ukur, terdapat perbedaan sekitar 1°C.

Puspita (2016) mencoba memprediksi cuaca menggunakan metode *fuzzy Sugeno* yang mana memiliki input berupa suhu, kelembaban. Hasil dari penelitian ini menunjukkna metode sugeno sangat baik digunakan dalam peramalan karena

tingkat keakuratan diatas 60%, semakin banyak variabel yang dijadikan input maka akan menghasilkan output yang semakin baik dan akurat.

Mahmud (2016) melakukan analisa perbandingan metode *fuzzy sugeno* dan *mamdani* untuk memprediksi cuaca dengan study kasus BMKG Kelas III Tanjung Pinang. Pada penelitian tersebut digunakan 5 buah variable input yaitu suhu, tekanan, kelembapan, kecepatan angin dan intensitas penyinaran matahari. Dari 90 data yang digunakan sebagai data tes diperoleh hasil prediksi cuaca dengan metode *sugeno* menghasilkan data tepat prediksi sebanyak 69 data dengan tingkat keakurasian 76.67% sedangkan prediksi dengan metode *mamdani* memiliki 29 data tepat prediksi dengan tingkat keakurasian 32.22%.

Pada penelitian yang berjudul Model Sistem Penyiraman dan Penerangan Taman Menggunakan *Soil Moisture Sensor* dan *Rtc (Real Time Clock)* Berbasis *Arduino Uno* menjelaskan bahwa trend teknologi dalam bidang elektro maupun perangkat keras pada era ini menimbulkan banyak sekali pengembangan alat perangkat keras yang bersifat sistem kontrol sampai ke otomatisasi yang sangat beragam kegunaannya. Salah satu contoh yaitu sistem kontrol ruangan, otomatisasi pendeteksi asap rokok, otomatisasi sistem penyiraman serta bentuk pengembangan lainnya. Penelitian ini membahas tentang sistem penyiraman dan penerangan taman dengan menggunakan *soil moisture sensor* dan *real time clock DS3231* serta *LDR* sebagai sensor pendeteksi cahaya. untuk sistem penerangannya. *Software* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Arduino IDE*. Dimana sistem yang dibuat bekerja berdasarkan inputan yang diambil dari sensor kelembaban tanah yaitu *soil moisture sensor*, yang nantinya akan ditampilkan pada *LCD 20x4* berupa status kelembabannya, output sistem yang digunakan berupa pompa air yang akan

menyala jika kondisi tanah berada dibawah rata-rata pada rentang $\leq 40\%$ namun akan berhenti pada kondisi tanah mencapai $>60\%$. Pemrosesan data ini diolah melalui Arduino UNO (Permadi, 2016).

Pada penelitian yang berjudul Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis dengan YL69 Berbasis Arduino Uno R3 bahwa dalam hasil pengujian dari alat penyiram tanaman otomatis dengan YL69 berbasis arduino uno R3 penulis dapat mengambil kesimpulan bahwa alat ini dapat membaca kelembaban tanah dengan soil moisture sensor yang didapatkan dari inputan data analog pada probe soil. LCD sebagai output yang berfungsi menampilkan persentase kelembaban tanah dalam bentuk *Relatif Humidity* (RH). Alat ini membutuhkan perangkat untuk menjalankan alat Penyiram tanaman otomatis dengan YL69 berbasis arduino uno R3 ini menggunakan Arduino IDE yang dijalankan oleh windows 7 dan untuk menyimpan perintah program. Sistem ini dapat melakukan penyiraman otomatis saat *sensor Soil Moisture* YL69 mendeteksi Kelembaban lebih dari sama dengan 30% RH. Kemudian pompa akan mengalirkan air. Jika kelembaban sudah kembali normal maka pompa akan mati (Wijaya, 2017).

Dari beberapa penelitian di atas di antaranya masih menggunakan mikrokontroler jenis lama, oleh karena itu Arduino uno dengan teknologi microcontroller yang lebih baru dan banyak tersedia di pasaran. Penelitian yang dilakukan berdasarkan latar belakang di atas adalah dengan membuat prototype berupa sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis microcontroller arduino uno. Sistem akan membaca suhu tanah, apabila suhu yang dibaca sudah melebihi batas atas suhu yang direkomendasikan maka sistem akan melakukan penyiraman sesuai dengan waktu dan berdasarkan suhu dan kelembaban yang di baca oleh sensor.

Alasan digunakan microcontroller arduino karena arduino mempunyai beberapa kelebihan di antaranya adalah low power dan banyak tersedia di pasaran jadi mudah untuk mencari alat dan bahannya.

2.2 Bawang Merah

Tanaman bawang merah diyakini berasal dari daerah Asia Tengah, yakni sekitar Bangladesh, India, dan Pakistan. Bawang merah dapat dikatakan sudah dikenal oleh masyarakat sejak ribuan tahun yang lalu, pada zaman Mesir Kuno sudah banyak orang menggunakan bawang merah untuk pengobatan (Rahayu dan Nur Berlian 1999),. Klasifikasikan tanaman bawang merah adalah :

Divisi : Spermatophyta

Subdivisi : Angiospermae

Class : Monocotyledonae

Ordo : Liliales / Liliflorae

Famili : Liliaceae

Genus : Allium

Species : Allium ascalonicum atau Allium cepa var. Ascalonicum (Rahayu dan Nur Berlian, 1999).

Bawang merah merupakan salah satu komoditas sayuran unggulan nasional yang sejak lama budidayakan dan di tanam oleh petani secara intensif. Komoditas ini juga adalah salah satu sumber pendapatan dan kesempatan kerja yang mampu memberikan kontribusi yang tinggi terhadap perkembangan ekonomi dengan potensi pengembangan areal cukup luas yang mencapai 90.000 ha (Dirjen Hortikultura, 2005).

Bawang merah ditanam di dataran rendah maupun di dataran tinggi yaitu pada ketinggian 0-1000 mdpl, ketinggian optimalnya adalah 0-400 mdpl dengan iklim kering dan suhu antara 25-32°C. Iklim yang cocok untuk bawang merah adalah daerah beriklim tropis dengan suhu udara panas, terutama yang mendapat sinar matahari 12 jam per-hari (Sugiharto 2006).

Jenis tanah yang paling baik untuk budidaya bawang merah adalah tanah lempung berpasir atau lempung berdebu. Keasaman tanah yang paling sesuai untuk bawang merah adalah yang agak asam sampai normal (5,5 –7,0). Tanah yang terlalu asam dengan pH di bawah 5,5 banyak mengandung garam aluminium (Al) yang dapat bersifat racun sehingga menyebabkan tanaman menjadi kerdil. Sedangkan di tanah yang terlalu basa dengan pH lebih dari 7, garam mangan (Mn) tidak dapat diserap oleh tanaman, yang dapat mengakibatkan umbi yang dihasilkan lebih kecil dan produksi tanaman rendah (Rahayu dan Berlian 2006).

Kelembapan tanah juga sangat mempengaruhi pola penyiraman tanaman bawang merah, kandungan air yang terdapat dalam tanah ditentukan oleh seberapa lembab tanah tersebut. Tanaman bawang merah

2.3 Iklim

Iklim mengandung pengertian kebiasaan cuaca yang terjadi di suatu tempat atau daerah, dan juga memberi pengertian bahwa iklim adalah ciri kecucuaan suatu tempat atau daerah, dan bukan cuaca rata-rata. Oleh karena itu, tidak mungkin kita mengatakan iklim hari ini, iklim besok pagi, iklim minggu depan, dst.; tetapi kita dapat mengatakan iklim zaman dahulu, iklim selama ini, iklim di waktu mendatang. Jadi, iklim berkaitan dengan periode waktu panjang tidak tentu.

2.2.1 Iklim Tropis

Iklim Tropis jenis iklim di kawasan tropik yang dicirikan dengan suhu selalu tinggi dan variasi tahunannya kecil, hujan hampir dapat terjadi di sembarang waktu dalam setahun. Iklim Subtropis dicirikan utamanya kemarau di musim panas dan hujan di musim dingin. Iklim Khatulistiwa dicirikan dengan variasi suhu harian kecil dan hujan di sembarang waktu dan dalam setahun hujan dua kali maksimum. Dalam buku yang di tulis oleh Georg Lippsmeier yang berjudul *Bangunan Tropis* pada tahun 1994, Indonesia berada pada bagian yang mendapatkan iklim tropis lembab, disekitar daerah khatulistiwa suhu rata-rata berkisar 15°C pada daerah utara dan bagian selatan.

2.2.2 Suhu Tanah

Suhu merupakan sifat tanah yang amat penting, karena dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara langsung dan juga mempengaruhi lengas, aerasi, struktur, kegiatan mikrobia dan enzim, perombakan sisa-sisa tanaman, dan ketersediaan zat-zat hara tanaman. Suhu merupakan salah satu faktor pertumbuhan yang penting bagi tanaman, sebagaimana layaknya air, udara, atau zat-zat hara mineral. Biji, akar tanaman, dan mikrobia yang tumbuh di dalam tanah, dan proses kehidupan mereka secara langsung dipengaruhi oleh suhu tanah.

2.2.3 Penyiraman Tanaman Bawang Merah

Penyiraman tanaman bawang merah merupakan salah satu hal penting yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, Penyiraman dilakukan setiap pagi hari atau sesuai kondisi tanah/tanaman terutama sehabis hujan atau turun embun untuk menghindari penyebaran penyakit *Alternaria porii* (*trotol*). Kunci dari

penyiraman adalah memberikan air secara baik pada tanaman sehingga tanaman tidak layu atau sebelum tanaman mengalami stress (Litbang Pertanian 2016) .

Pada umumnya penyiraman dilakukan dengan menggunakan gembor atau selang besar, penyerapan air oleh tanah dipengaruhi oleh intensitas penyinaran cahaya matahari, oleh karena itu jumlah kebutuhan air pada tanah setiap harinya akan berbeda.

2.4 Prinsip Kerja Alat Penyiraman Tanaman Bawang Merah

Inisialisasi awal ketika alat dinyalakan akan secara otomatis sensor YL 69 akan mulai bekerja, apabila suhu dan kelembapan tanah terdeteksi oleh sensor YL69, jika suhu naik atau mencapai batas tertentu maka alat ini akan menyiram tanaman sesuai dengan kebutuhan dan juga sebaliknya apabila suhu kelembapan mencapai batas bawah maka akan berhenti penyiraman. Sistem dapat dilakukan secara berulang sesuai dengan suhu dan kelembapan yang terdeteksi oleh sensor dan melakukan penyiraman tanaman pada waktu yang telah di tentukan.

2.5 Komponen Rangkaian Penyiraman Tanaman Bawang Merah

Penjelasan dan uraian teori penunjang yang digunakan dalam membuat alat ini diperlukan untuk mempermudah pemahaman tentang cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan pembuatan alat.

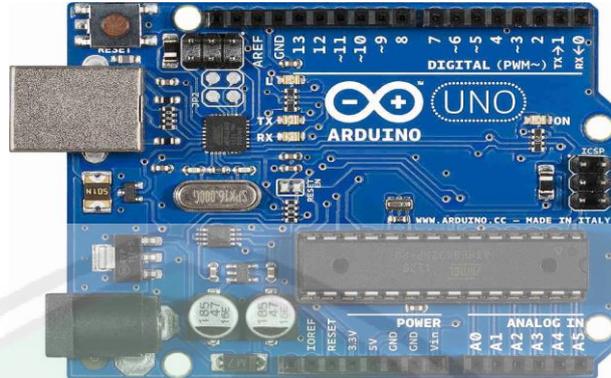
2.5.1 Arduino uno

Arduino merupakan mikrokontroller single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarenya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Saat ini

Arduino sangat populer di seluruh dunia. Banyak pemula yang belajar mengenal robotika dan elektronika lewat Arduino karena mudah dipelajari. Tapi tidak hanya pemula, para hobbyist atau profesional pun ikut senang mengembangkan aplikasi elektronik menggunakan Arduino. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan assembler yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustakapustaka (libraries) Arduino. Arduino juga menyederhanakan proses bekerja dengan mikrokontroler, sekaligus menawarkan berbagai macam kelebihan. Arduino Uno berbeda dari semua board Arduino sebelumnya, Arduino UNO tidak menggunakan chip driver FTDI USB-to-serial. Sebaliknya, fitur-fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai ke versi R2) diprogram sebagai sebuah pengubah USB ke serial. Revisi 2 dari board Arduino Uno mempunyai sebuah resistor yang menarik garis 8U2 HWB ke ground, yang membuatnya lebih mudah untuk diletakkan ke dalam DFU mode. Revisi 3 dari board Arduino UNO memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

- a. Pinout 1.0: ditambah pin SDA dan SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya yang diletakkan dekat dengan pin RESET, IOREF yang memungkinkan shield-shield untuk menyesuaikan tegangan yang disediakan dari board. Untuk ke depannya, shield akan dijadikan kompatibel/cocok dengan board yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan tegangan 5V dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3V. Yang kedua ini merupakan sebuah pin yang tak terhubung, yang disediakan untuk tujuan kedepannya
- b. Sirkuit RESET yang lebih kuat
- c. Atmega 16U2 menggantikan 8U2

Bentuk dari Arduino uno seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Arduino Uno

Arti *UNO* berasal dari bahasa Italia yang pada awalnya diberi nama demikian dikarenakan untuk menandakan versi pertama Arduino 1.0 yang akan menjadi referensi untuk generasi berikutnya. Versi Arduino UNO merupakan seri terakhir dari board yang memiliki interface USB, untuk suatu perbandingan dari generasi sebelumnya, dijelaskan pada indeks board Arduino berikut ini.

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7-12V
Batas tegangan input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 Ma
Arus DC untuk pin 3.3V	50 Ma
Memori Flash	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Gambar 2.2 Refrensi Fitur Arduino Uno R3

2.5.2 Sensor Soil Moisture

Sensor Soil Moisture YL 69 merupakan sensor yang mampu mengukur kelembaban tanah. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi kandungan air yang terdapat pada probe yang ditanamkan pada tanah, Sinyal analog yang di terima oleh sensor dikirim ke mikrokontroler arduino melalui pin analog. Kelembaban tanah dapat diukur melalui value yang telah tersedia di dalam sensor.

Sensor ini mampu bekerja dengan maksimal di dalam ruangan, kekurangan sensor ini adalah probe sensor yang di tanam ke tanah untuk mengambil data gampang terjadi karat atau korosi, sehingga untuk penggunaan jangka panjang perlu dicek secara berkala untuk menjaga agar data yang diberikan sensor ini tetap akurat.



Gambar 2.3 Sensor Soil Moisture yl 69

Sensor ini memiliki module beserta potensio sehingga dapat kita atur seberapa sensitif probe dalam menangkap sinyal yang akan di transfer ke mikrokontroller arduino. Koneksi dari sensor ke arduino menggunakan 3 pin antara lain pin 5v dan gnd sebagai arus tegangan ke sensor dan pin sinyal A0 terhubung ke pin analog yang terdapat pada arduino.

SPESIFIKASI SENSOR

- Supply tegangan 3.3v-5v
- Terdapat trimpot untuk mengatur sensitifitas
- Menggunakan chip comparator LM393 yang stabil
- Dimensi : 3.2cm x 1.4cm
- Terdapat analog dan digital output

2.5.3 Sensor Dallas DS18B20

DS18B20 merupakan sensor suhu yang sangat populer, mampu mendeteksi suhu dengan akurat dengan tingkat error hanya $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ serta bekerja pada suhu pada kisaran -55°C sampai 125°C serta hanya membutuhkan satu pin digital yang terhubung dengan arduino untuk mengirimkan sinyal. Sensor suhu ini sudah terlapisi dengan pelindung karet pada bagian kabel dan aluminium pada bagian sensor sehingga bisa bekerja walaupun dalam air.

Sensor ini membutuhkan library Dallytemperature dan Onewire pada arduino uno sehingga perlu di includekan terlebih dahulu. Selain itu untuk dapat berjalan dengan baik, pin sinyal pada sensor ini membutuhkan pull up tegangan dari 5v menggunakan resistor 4k7 supaya mampu mendeteksi dengan akurat.



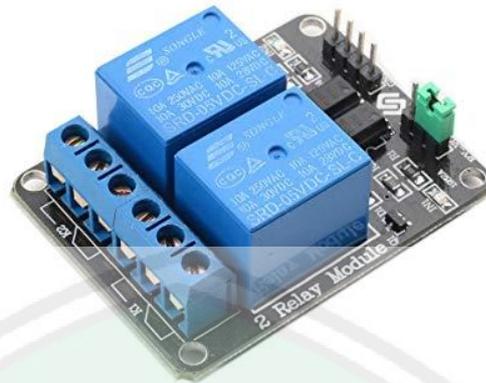
Gambar 2.5 Sensor DS18b20

2.5.4 Relay

Relay merupakan salah satu komponen yang berfungsi sebagai saklar elektronik yang mampu mengendalikan komponen elektronik lainnya dengan memutus arus atau meneruskan tegangan sehingga komponen tersebut bisa berjalan atau berhenti. Pada Penelitian ini *Relay* digunakan untuk menerima sinyal dari mikrokontroller untuk diteruskan ke pompa air, sehingga dapat menyalakan atau mematikan pompa air yang melakukan penyiraman tanaman.

Relay memiliki 3 bagian utama, yaitu:

- a. *Common*, yang merupakan bagian yang tersambung dengan *Normally Close* (dalam keadaan normal).
- b. *Coil* (kumparan), bagian ini adalah komponen utama *relay* yang digunakan untuk menciptakan medan magnet.
- c. Kontak, yang terdiri dari *Normally Close* dan *Normally Open*.



Gambar 2.4 *Relay*

2.5.5 Pompa Air

Pompa air merupakan mesin atau peralatan yang berfungsi untuk memindahkan cairan atau fluida dari satu tempat ke tempat yang lainnya melalui saluran dengan menggunakan tenaga listrik. Pada umumnya prinsip kerja pompa membuat perbedaan tekanan pada bagian sisi hisap dan sisi tekanan. Dengan adanya perbedaan tekanan tersebut maka menghasilkan mekanisme yang membuat sisi hisap tidak bergerak sehingga dapat berpindah tekanan. Pada zaman dengan teknologi yang semakin maju ini, pompa sudah digunakan di berbagai lini kehidupan kita untuk membantu manusia dalam mempermudah pekerjaan dan menghemat waktu.

Pada penelitian ini, Pompa air yang digunakan adalah jenis *YX DC12V* selain ukurannya yang tidak besar, pompa ini juga ringan dan tidak membutuhkan daya yang besar serta tidak menimbulkan suara kebisingan. Spesifikasi dan keterangan lengkap dari Pompa air ini sebagai berikut:

- Pump Size: 90mm x 40mm x 35 mm
- Working voltage: DC 6V to 12V (5W to 10W)

- Working current: 0.5-0.7A
- Empty load current: 0.18A
- Max suction: 2m
- Tokoduino dot com
- Inlet & Outlet diameter: diameter 6 mm, an outer diameter of 9 mm
- Traffic: 1.5-2L / Min (approx), the maximum suction: 2 meters
- Lift : Vertical up to 3 meters



Gambar 2.5 Pompa Air DC12v

Kegunaan pompa air pada penelitian ini adalah sebagai output dari penelitian yang akan menyiram tanaman bawang merah secara otomatis berdasarkan hasil perhitungan metode *fuzzy sugeno* yang terjadi dalam mikrokontroller arduino uno. *Fuzzy sugeno* memperoleh inputan dari sensor suhu dan kelembapan yang merupakan faktor penting yang mempengaruhi penyiraman tanaman bawang merah.

2.5.6 Liquid Crystal Display I2C 16×2

Liquid crystal display merupakan media tampilan yang menggunakan cairan

kristal sehingga menghasilkan gambar yang terlihat. Teknologi ini sudah banyak digunakan bahkan di hampir semua tampilan yang kita lihat disekitar kita seperti layar handphone, layar laptop, televisi, layar komputer, maupun produk elektronik lainnya. Teknologi layar ini banyak di gunakan karena harganya yang lebih murah dibandingkan dengan layar dengan teknologi *LED* ataupun teknologi *Oled* maupun *Amoled*.



Gambar 2.6 LCD I2C 16×2

LCD i2c sering kali digunakan dalam project arduino karena lebih mudah digunakan dan tidak menggunakan pin yang banyak, pada umumnya LCD yang terhubung secara paralel ke arduino membutuhkan 6 sampai 7 pin, sementara lcd i2c hanya membutuhkan 2 pin analog dan arus vcc dan gnd. Karakter yang mampu di tampilkan oleh lcd ini hingga 32 karakter dengan posisi 2 baris dan 16 kolom. Pada module i2c terdapat potensio untuk mengatur tingkat kecerahan dan ketajaman lampu backlight yang terdapat pada lcd. Selain itu, komponen ini juga

membutuhkan library khusus supaya dapat berkomunikasi dengan mikrokontroller yaitu library liquid crystal i2c sehingga perlu ditambahkan terlebih dahulu sebelum memulai kodingan.

2.6 Logika *Fuzzy*

Menurut (A.Naba, 2009) logika *fuzzy* adalah: “Sebuah metodologi berhitung dengan variabel kata-kata (linguistic variable) sebagai pengganti berhitung dengan bilangan. Kata-kata digunakan dalam *fuzzy logic* memang tidak sepresisi bilangan, namun kata-kata jauh lebih dekat dengan intuisi manusia”. Mengenai logika *fuzzy* pada dasarnya tidak semua keputusan dijelaskan dengan 0 atau 1, namun ada kondisi diantara keduanya, daerah diantara keduanya inilah yang disebut dengan *fuzzy* atau tersamar. Secara umum ada beberapa konsep sistem logika *fuzzy*, sebagai berikut dibawah ini:

- a. Himpunan tegas yang merupakan nilai keanggotaan suatu item dalam suatu himpunan tertentu.
- b. Himpunan *fuzzy* yang merupakan suatu himpunan yang digunakan untuk mengatasi kekakuan dari himpunan tegas.
- c. Fungsi keanggotaan yang memiliki interval 0 sampai 1
- d. Variabel linguistic yang merupakan suatu variabel yang memiliki nilai berupa kata-kata yang dinyatakan dalam bahasa alamiah dan bukan angka.
- e. Operasi dasar himpunan *fuzzy* merupakan operasi untuk menggabungkan dan atau memodifikasi himpunan *fuzzy*.

- f. Aturan (rule) if-then *fuzzy* merupakan suatu pernyataan if-then, dimana beberapa kata-kata dalam pernyataan tersebut ditentukan oleh fungsi keanggotaan.

Pada penerapan logika *fuzzy* terdapat beberapa hal yang penting untuk diperhatikan seperti bagaimana cara mengolah nilai input menjadi output melalui sebuah proses yang di kenal dengan system *inferensi fuzzy*. *System inferensi fuzzy* adalah sebuah kerangka kerja perhitungan yang berdasar pada konsep teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* dan basis pengetahuan *fuzzy*.

Pada tahap ini terdapat proses yang menggunakan *membership function*, operasi logika dan juga aturan *jika-maka*. Setelah selesai, barulah kita mendapatkan sebuah output yang dinamakan sebagai *FIS (Fuzzy Inferensi System)*. Pada dasarnya *logika fuzzy* yang memiliki proses *FIS* antara lain pada metode Tsukamoto, Sugeno dan Mamdani.

2.6.1 Struktur Dasar *Logika Fuzzy*

Berdasarkan buku yang berjudul Kecerdasan Buatan (T.Sutojo dkk,2011) dijelaskan bahwa Struktur dasar logika *fuzzy* terdapat beberapa tahapan.



Gambar 2.7 Struktur Dasar logika *Fuzzy*

Berdasarkan gambar 2.12 di atas

1. *Fuzzifikasi*

Fuzzifikasi merupakan tahap dimana nilai tegas akan diubah menjadi sebuah fungsi keanggotaan atau membership function.

2. Penalaran (*Inference Machine*)

Mesin penalaran adalah proses implikasi dalam menalar nilai masukan guna penentuan nilai keluaran sebagai bentuk pengambilan keputusan. Salah satu model penalaran yang banyak dipakai adalah penalaran maxmin. Dalam penalaran ini, proses pertama yang dilakukan adalah melakukan operasi min sinyal keluaran lapisan *fuzzifikasi*, yang diteruskan dengan operasi max untuk mencari nilai keluaran yang selanjutnya akan didefuzzifikasikan sebagai bentuk keluaran.

3. Aturan Dasar (*Rule Based*)

Pada proses ini di tentukan aturan-aturan yang akan dijadikan acuan sehingga output yang di dapatkan oleh sistem nantinya akan sesuai dengan yang diharapkan. Tahap ini biasanya disebut juga untuk mengontrol logika *fuzzy* yang memiliki bentuk hubungan “*if-then*” atau “*Jika - Maka*” seperti contoh berikut ini: *if AB is X then CD is Z* dimana AB dan CD merupakan sebuah variabel linguistik yang didefinisikan pada rentang variabel X dan Z

4. *Defuzzifikasi*

Proses *defuzzifikasi* merupakan tahap dimana output dari aturan-aturan yang telah di tentukan pada basis pengetahuan di atas menjadi nilai input pada

proses *defuzzifikasi* ini. Sementara output dari proses *defuzzifikasi* ini adalah suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu.

2.6.2 Metode Sugeno

Fuzzy metode sugeno merupakan metode *inferensi fuzzy* untuk aturan yang direpresentasikan dalam bentuk *IF – THEN*, dimana output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear (A.Naba, 2009). Metode ini pertama kali dikenalkan pada tahun 1985 oleh Takagi-Sugeno Kang. Pada dasarnya Metode sugeno merupakan sebuah perbaikan dari metode Mamdani yang telah dahulu dikenalkan pada tahun 1975 yang dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani, pada metode mamdani baik input maupun output merupakan himpunan *fuzzy*. Berbeda dengan metode sugeno yang memiliki output berupa konstanta atau persamaan linear.

Dalam sistem *inferensi fuzzy*, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, salah satunya ialah metode *Sugeno orde nol*. Penalaran dengan Metode *Sugeno* hampir sama dengan penalaran *Mamdani* dan *Tsukamoto*, dimana pada setiap aturan yang berbentuk implikasi “*if...then*” *anteseden* yang berbentuk konjungsi (*AND*) mempunyai nilai keanggotaan berbentuk minimum (*MIN*), hanya saja *output* (*konsekuen*) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*. Sehingga fungsi implikasi nya menjadi :

IF (x1 is a1) ° (x2 is A2) °...°(xn is An) THEN z= k,

dimana A_i merupakan himpunan *fuzzy* ke i sebagai antaseden (alasan), \circ merupakan operator *fuzzy* (*AND* atau *OR*) dan k adalah konstanta tegas sebagai konsekuen (kesimpulan).

Metode Sugeno orde nol merupakan kasus khusus dari metode Mamdani dan metode Tsukamoto, dimana konsekuen tiap implikasi nya bernilai konstan dan Michio Sugeno mengusulkan penggunaan singleton sebagai fungsi keanggotaan dari konsekuen (Sivanandam, Sumathi, dan Deepa, 2007).

Sedangkan rumus Orde 1 adalah:

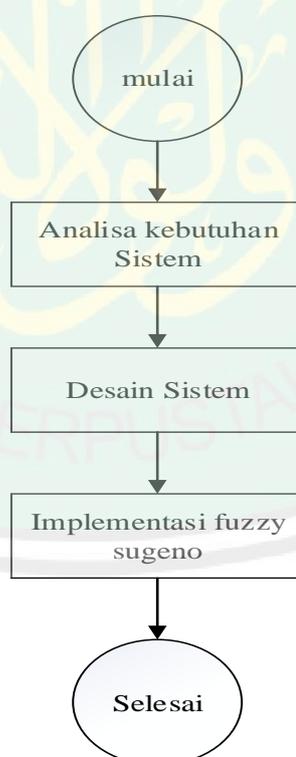
$$\text{IF } (x_1 \text{ is } a_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ \dots \circ (x_n \text{ is } A_n) \text{ THEN } z = p_1 * x_1 + \dots + p_n * x_n + q,$$

dimana A_i merupakan himpunan *fuzzy* ke i sebagai antaseden, \circ adalah operator *fuzzy* (*AND* atau *OR*), p_i adalah konstanta ke i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen.

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini akan dijabarkan mengenai metodologi penelitian yang akan dilakukan, meliputi analisa kebutuhan sistem, desain sistem, prinsip kerja sistem dan implementasi metode *fuzzy sugeno* yang merupakan bagian dari skema sistem. Selain itu dalam bab ini pula akan dijelaskan tentang skenario pengguna serta desain *interface* penyiraman tanaman. Sistem yang dibangun merupakan sistem untuk penyiraman tanaman secara otomatis. Adapun diagram blok prosedur penelitian yang akan dilakukan adalah seperti yang tampak pada gambar 3.1. Sedangkan deskripsi masing-masing proses pada diagram blok akan dijelaskan pada sub bab komponen aplikasi.



Gambar 3.1 Prosedur Penelitian

3.1 Analisa Kebutuhan Sistem

Dalam melakukan penelitian ini, peneliti membutuhkan beberapa perangkat atau alat yang digunakan sebagai bahan penelitian. Kebutuhan tersebut meliputi kebutuhan perangkat keras dan kebutuhan perangkat lunak.

3.1.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Dalam penelitian ini, peneliti memerlukan perangkat keras (hardware) sebagai kebutuhan utama dalam membuat otomasi pengendali suhu dan kelembapan.

Alat yang dibutuhkan sebagai berikut:

1. Mikrokontroler Arduino uno
2. Sensor Soil Moisture 69
3. Sensor suhu DS18B20
4. Relay 2 channel
5. Pompa air DC12v

3.1.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

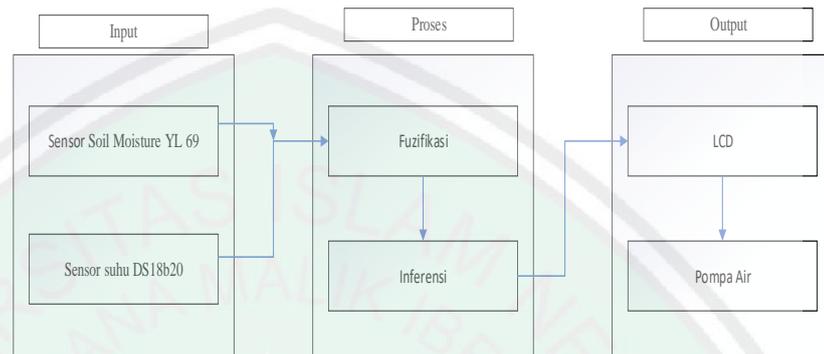
Untuk memrogram arduino, maka dibutuhkan software IDE Arduino digunakan untuk mengatur dan mengunggah kodingan ke arduino.

3.2 Desain Sistem

Sistem otomasi dan monitoring ini merupakan sistem kendali cerdas yang mampu beradaptasi sesuai dengan suhu tanah dan kelembapan. Pada sistem ini terdapat dua sensor yaitu sensor Suhu dan sensor kelembapan yang digunakan untuk membaca kondisi tanah tersebut. Kondisi yang dimaksud adalah kondisi suhu dan kondisi kelembapan tanah. Sensor tersebut dikendalikan oleh mikro kontroler

arduino uno. Di dalam arduino dilakukan pengolahan data menggunakan logika *fuzzy Segeno* yang akan menentukan hasil kendali dari mikro kontroler arduino uno tersebut.

3.2.1 Diagram Blok

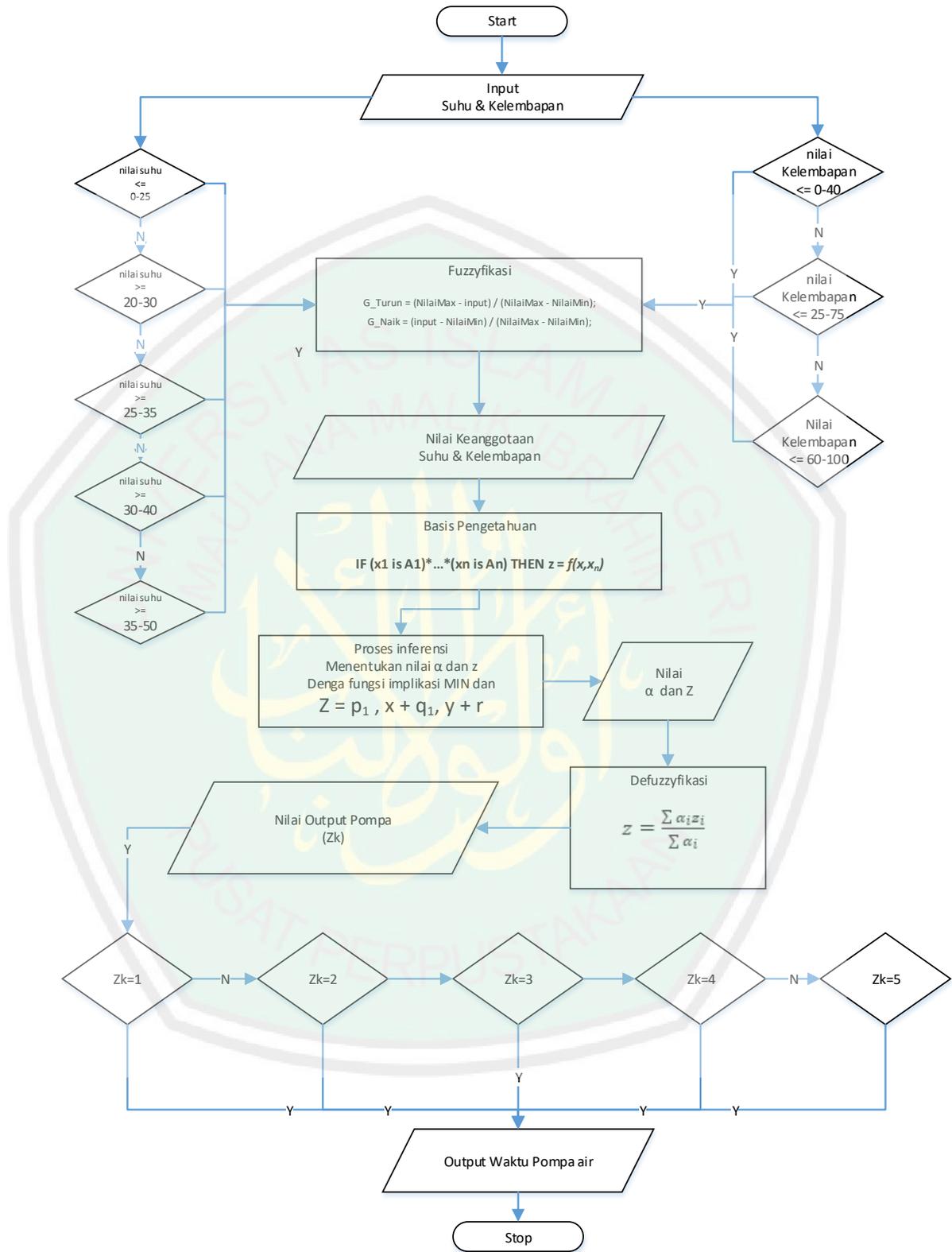


Gambar 3.2 Diagram blok

Pada Gambar blok diagram diatas dijelaskan bahwa data dari sensor soil moisture berupa data suhu dan kelembaban tanah yang kemudian di masukan ke mikrokontroller (*Fuzzy Logic*).

Setelah itu akan masuk kedalam Diagram Proses yang mana pada tahap ini Hasil yang diperoleh oleh sensor tersebut kirim pada arduino, oleh arduino diolah untuk menentukan kebutuhan air yang di perlukan tanah untuk tanaman.

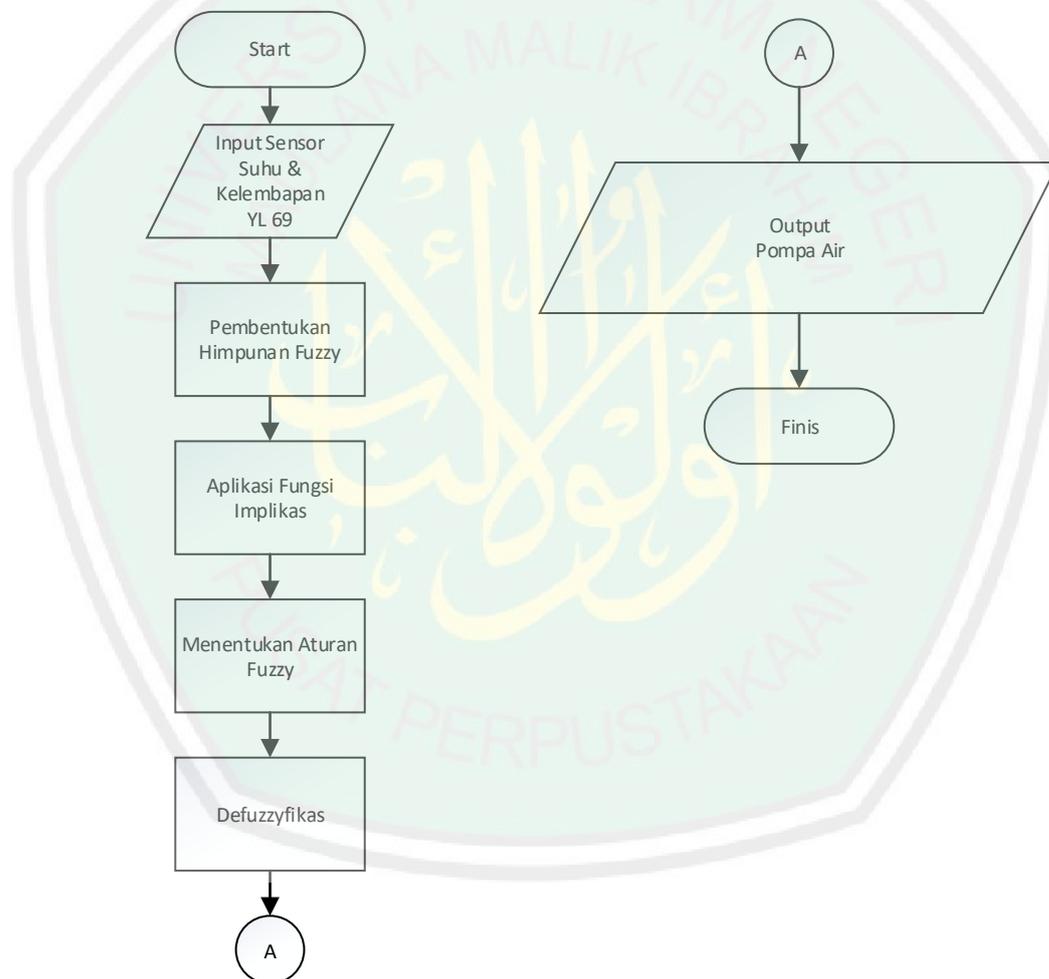
3.2.2 Alur Sistem Otomasi



Gambar 3.3 Flowchart Alur Sistem

Gambar 3.4 merupakan flowchart alur sistem otomasi yang akan dibuat. Inputan sistem adalah data yang diambil oleh sensor Kelembapan dan sensor suhu. Setelah data diperoleh, data diproses menggunakan metode *fuzzy Sugeno*. Pada proses *fuzzy Sugeno*, output yang akan dihasilkan adalah tingkat besar kecil nya aliran air yang akan di keluar dari pompa penyiraman.

3.2.3 Proses *Fuzzy* Sistem Otomasi

Gambar 3.5 Proses *Fuzzy*

Pada gambar diatas merupakan proses yang terjadi di dalam arduino uno dengan logika *fuzzy sugeno* sebagai pengatur atau kontroler untuk sistem nantinya. Data yang diperoleh berupa nilai kelembapan dan suhu yang di ambil dari sensor akan dilakukan pembentukan himpunan *fuzzy*. Setelah proses tersebut selesai maka akan dilanjutkan ke proses aplikasi fungsi implikasi dari himpunan *fuzzy* berdasarkan aturan-aturan atau rules yang telah dibuat. Setelah nilai implikasi terpenuhi, dilakukanlah komposisi aturan *fuzzy* dengan fungsi *min* untuk mencari nilai predikat tiap-tiap aturan. Maka akan dilanjutkan dengan proses *defuzzifikasi*.

3.3 Implementasi Metode *Fuzzy Sugeno*

Sistem Otomasi penyiraman tanaman bawang merah berdasarkan suhu dan kelembapan ini akan di kendalikan langsung oleh mikrokontroller Arduino Uno. Untuk mengambil keputusan berdasarkan kondisi tanah. Mikrokontroller ini menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* dalam menentukan kondisi yang sesuai dengan yang di harapkan.

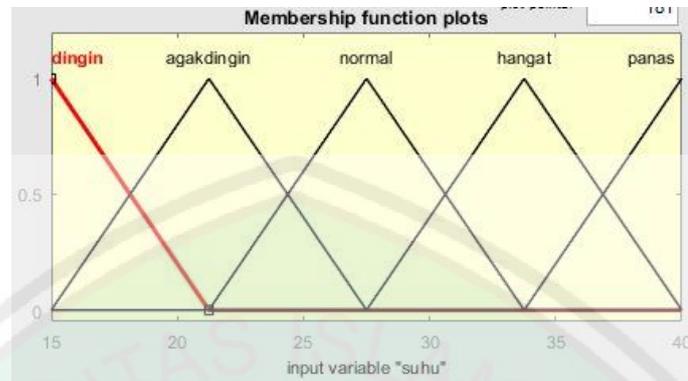
Untuk mengetahui kondisi kelembapan dan suhu tanah tertentu, digunakanlah sensor *Soil Moisture YL 69* dan sensor *DS18B20* sebagai pengukur derajat suhu pada tanah tersebut. Adapun langkah pengambilan keputusan dengan menggunakan metode *Fuzzy sugeno* adalah sebagai berikut:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

- Derajat Suhu

Variabel kondisi suhu dalam tanah di bagi menjadi lima bagian, yaitu dingin (15° - 25°), agak dingin(20° - 30°), normal(25° - 35°), hangat(30° - 40°), panas(35° - 50°). Membership function suhu di bagi menjadi lima

karena dari referensi yang penulis jadikan acuan, metode *fuzzy sugeno* mampu menghasilkan output yang lebih akurat (Mahmud, 2016).

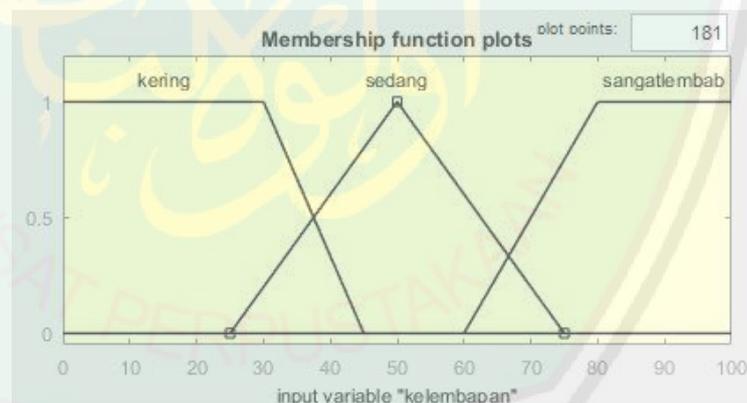


Gambar 3.5 Derajat Keanggotaan Suhu

- Intensitas kelembapan

Variabel kondisi kelembapan tanah dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

kering (0%-45), normal (25%-75%), lembab (60%-100%)



Gambar 3.5 Derajat Keanggotaan Kelembapan

- Derajat keanggotaan output Pompa Air



Gambar 3.5 Derajat keanggotaan *output* pompa air

Derajat keanggotaan *output* pompa air untuk mengatur durasi penyiraman tanaman dibagi menjadi lima bagian, yaitu antara lain: Mati, Cepat, Sedang, Lama, Sangat lama. Dalam menentukan waktu pompa air menyiram tanaman maka dilakukan uji coba untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk menyiram tanaman supaya suhu dan kelembaban dapat kembali ke kondisi normal/yang disarankan. *Range* nilai untuk variabel keputusan akan dijelaskan sebagai berikut :

- a. Mati = pompa mati
- b. Cepat = pompa hidup 4 detik
- c. Sedang = pompa hidup 7 detik
- d. Lama = pompa hidup 9 detik
- e. Sangat lama = pompa hidup 12 detik

2. Pembentukan basis pengetahuan *fuzzy* (aturan)

Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi pada metode sugeno adalah

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) * \dots * (x_n \text{ is } A_n) \text{ THEN } z = f(x)$$

Pada perhitungan menggunakan MIN (minimum). Fungsi ini akan memotong output himpunan *fuzzy*. Rule atau aturan pada sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Jika suhu dingin dan kelembapan kering maka Pompa air = cepat
2. Jika suhu Agak Dingin dan kelembapan kering maka Pompa air = cepat
3. Jika suhu normal dan kelembapan kering maka Pompa air = sedang
4. Jika suhu hangat dan kelembapan kering maka Pompa air = lama
5. Jika suhu panas dan kelembapan kering maka Pompa air = sangat lama
6. Jika suhu dingin dan kelembapan normal maka Pompa air = cepat
7. Jika suhu Agak Dingin dan kelembapan normal maka Pompa air = cepat
8. Jika suhu normal dan kelembapan normal maka Pompa air = sedang
9. Jika suhu hangat dan kelembapan normal maka Pompa air = sedang
10. Jika suhu panas dan kelembapan normal maka Pompa air = lama
11. Jika suhu dingin dan kelembapan basah maka Pompa air = mati
12. Jika suhu Agak Dingin dan kelembapan basah maka Pompa air = mati
13. Jika suhu normal dan kelembapan basah maka Pompa air = cepat
14. Jika suhu hangat dan kelembapan basah maka Pompa air = cepat
15. Jika suhu panas dan kelembapan basah maka Pompa air = sedang

Dari beberapa rule diatas, akan dilakukan proses aplikasi fungsi implikasi pada data masukan sistem. Penulis memberikan contoh masukan suhu sebesar 32

derajat celcius, dan kelembapan tanah sebesar 60 RH. Menentukan nilai keanggotaan adalah langkah pertama yang dilakukan setelah inputan diketahui. Untuk menentukan nilai keanggotaan, maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$G_Turun = (\text{NilaiMax} - \text{input}) / (\text{NilaiMax} - \text{NilaiMin});$$

$$G_Naik = (\text{input} - \text{NilaiMin}) / (\text{NilaiMax} - \text{NilaiMin});$$

Dapat dilihat dari derajat keanggotaan suhu, bawasannya input suhu 32 derajat terletak diantara derajat keanggotaan suhu normal dan suhu hangat. Sedangkan kelembapan 60 terletak diantara derajat keanggotaan Sedang dan Lembab. Dikarenakan nilai 32 berada diantara normal dan hangat, maka perhitungan.

nilai keanggotaan suhu sebagai berikut:

- NilaiMax = 35
- NilaiMin = 30
- Input = 32
- G_Turun = normal
- G_Naik = hangat
- Normal = $(35 - 32) / (35 - 30);$
- Normal = 0.6
- Hangat = $(32 - 30) / (35 - 30);$
- Hangat = 0.4

Karena nilai input 32 berada diantara normal dan hangat, maka nilai dingin, Agak Dingin, dan panas adalah 0

Sedangkan untuk perhitungan kelembapan udara yang memiliki nilai 60 RH, yang terletak diantara derajat keanggotaan sedang dan lembab sebagai berikut:

- NilaiMax = 69
- NilaiMin = 45
- Input = 60
- G_Turun = sedang
- G_Naik = lembab
- Sedang = $(69 - 60) / (69 - 45)$;
- Sedang = 0.375
- Lembab = $(60 - 45) / (69 - 45)$;
- Lembab = 0.625

Karena input 60 berada diantara Sedang dan lembab, maka untuk nilai Mati, Cukup, dan Sangat Lembab adalah 0

3. Mesin inferensi

Setelah diketahui semua nilai keanggotaan dari suhu dan kelembapan udara, maka proses selanjutnya adalah aplikasi fungsi implikasi menggunakan metode MIN dari masing-masing aturan untuk menentukan nilai α dan konsekuensi rule untuk menentukan nilai z.

1. Jika suhu dingin dan kelembapan kering maka Pompa air = cepat

$$\alpha = \text{MIN}(0;0) = 0$$

$$z_k = 2$$

2. Jika suhu Agak Dingin dan kelembapan kering maka Pompa air = Cepat

$$\alpha = \text{MIN}(0;0) = 0$$

$$z_k = 2$$

3. Jika suhu normal dan kelembapan kering maka Pompa air = sedang

$$\alpha = \text{MIN}(0.6;0) = 0$$

$$z_k = 3$$

4. Jika suhu hangat dan kelembapan kering maka Pompa air = lama

$$\alpha = \text{MIN}(0.4;0) = 0$$

$$z_k = 4$$

5. Jika suhu panas dan kelembapan kering maka Pompa air = sangat lama

$$\alpha = \text{MIN}(0;0) = 0$$

$$z_k = 5$$

6. Jika suhu dingin dan kelembapan normal maka Pompa air = cepat

$$\alpha = \text{MIN}(0;0) = 0$$

$$z_k = 2$$

7. Jika suhu agak dingin dan kelembapan Normal maka Pompa air = cepat

$$\alpha = \text{MIN}(0;0) = 0$$

$$z_k = 2$$

8. Jika suhu normal dan kelembapan normal maka Pompa air = sedang

$$\alpha = \text{MIN}(0.6;0) = 0$$

$$z_k = 3$$

9. Jika suhu hangat dan kelembapan normal maka Pompa air = sedang

$$\alpha = \text{MIN}(0.4;0) = 0$$

$$z_k = 3$$

10. Jika suhu panas dan kelembapan normal maka Pompa air = lama

$$\alpha = \text{MIN}(0;0) = 0$$

$$z_k = 4$$

11. Jika suhu dingin dan kelembapan basah maka Pompa air = mati

$$\alpha = \text{MIN}(0;0.375) = 0$$

$$z_k = 1$$

12. Jika suhu agak dingin dan kelembapan basah maka Pompa air = Mati

$$\alpha = \text{MIN}(0;0.375) = 0$$

$$z_k = 1$$

13. Jika suhu normal kelembapan basah maka Pompa air = Cepat

$$\alpha = \text{MIN}(0.6;0.375) = 0.375$$

$$z_k = 2$$

14. Jika suhu hangat dan kelembapan basah maka Pompa air = Cepat

$$\alpha = \text{MIN}(0.4;0.375) = 0.375$$

$$z_k = 2$$

15. Jika suhu panas dan kelembapan basah maka Pompa air = Sedang

$$\alpha = \text{MIN}(0;0.375) = 0$$

$$z_k = 3$$

4. Defuzzifikasi

Setelah diketahui semua nilai implikasi dari masing-masing *rule* untuk setiap nilai α dan z . selanjutnya menuju tahap *defuzzifikasi*. Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan menggunakan metode rata-rata dengan persamaan $z = \frac{\sum \alpha_i z_i}{\sum \alpha_i}$ untuk mendapatkan nilai keluaran dari Pompa

air. Namun sebelumnya perlu ditentukan dahulu Variabel linguistik Pompa air dari setiap rule yaitu:

- a. Mati memiliki nilai 1
- b. Cepat memiliki nilai 2
- c. Sedang memiliki nilai 3
- d. Lama memiliki nilai 4
- e. Sangat lama memiliki nilai 5

Selanjutnya menghitung defuzzyfikasi dengan rumus average (rata – rata) :

$$z = \frac{\sum \alpha_i z_i}{\sum \alpha_i}$$

Dari perhitungan fungsi implikasi min dari setiap rule maka dapat dilihat nilai α dan z yang memenuhi untuk perhitungan adalah rule ke 13 dan 14.

$$z = \frac{\alpha_{13} z_{13} + \alpha_{14} z_{14}}{\alpha_{13} + \alpha_{14}}$$

$$z = \frac{0.375 * 2 + 0.375 * 2}{0.375 + 0.375}$$

$$z = \frac{2,25}{0.75} = 3$$

Dari hasil perhitungan di atas, dengan inputan suhu 32 dan kelembaban 60 RH setelah dilakukan proses *defuzifikasi* dengan nilai akhir 3 atau Sedang yang merupakan hasil output dari Pompa air selama 7 detik yang akan melakukan penyiraman tanaman.

BAB IV

UJI COBA DAN PEMBAHASAN

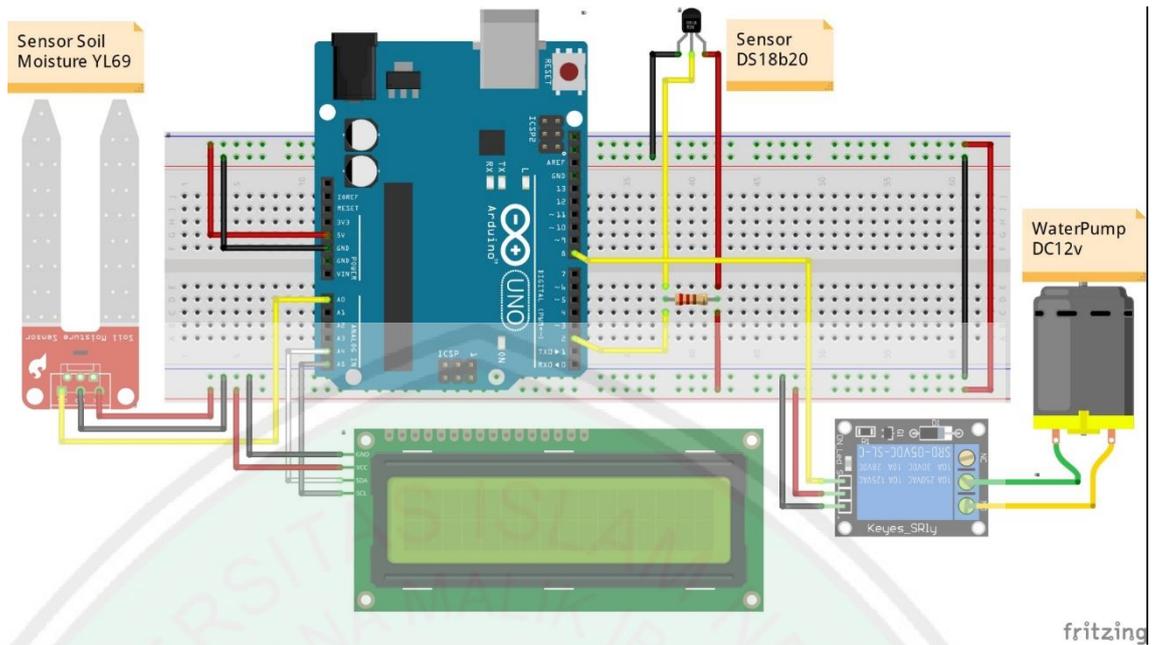
Pada bab ini akan dijelaskan hasil uji coba dan pembahasan dari sistem yang telah dibuat pada penelitian ini. Beberapa sub bab yang akan dibahas diantaranya adalah implementasi hardware dan software dalam penelitian ini, kemudian hasil dan uji coba yang dilakukan untuk mengetahui kinerja dari perangkat keras dan perangkat lunak apakah dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan dan direncanakan, Serta integrasi sistem yang telah dibuat dalam kaitannya dengan kaidah-kaidah islam.

4.1 Implementasi Desain System

Implementasi desain sistem dibagi menjadi dua bagian yaitu implementasi hardware dan implementasi software. Implementasi ini merupakan penerapan dari rancangan yang telah di buat sebelumnya.

4.1.1 Implementasi Hardware Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis

Implementasi hardware ini merupakan penerapan dari rancangan hardware yang di rencanakan sebelumnya yang akan digunakan dalam penelitian menjadi sebuah sistem peniraman tanaman otomatis sehingga dapat berjalan sesuai yang diharapkan atau sebaliknya.



Gambar 4.1 Rancangan desain sistem

Pada gambar 4.1 diatas semua komponen hardware telah di hubungkan melalui pin input dan juga arus dan *ground* dengan menggunakan aplikasi fritzing sehingga gambaran sistem yang akan dirancang bisa lebih jelas terlihat. Sinyal *input* dari sensor suhu *ds18b20* terhubung dengan *pin digital 2* pada *board arduino* sementara *input* dari sensor kelembapan *yl69* terhubung dengan *pin analog A0*. Sedangkan output dari perancangan ini merupakan pompa air *dc12v* yang di kendalikan oleh *relay* yang terhubung dengan *pin digital 8* di *arduino* sehingga mampu mengaktifkan atau menonaktifkan sesuai dengan hasil perhitungan yang terjadi pada mikro controller *arduino*.

Setelah dilakukan perancangan Gambar 4.2 merupakan tampilan dari desain sistem penyiraman tanaman bawang merah otomatis yang telah digabungkan dari beberapa komponen-komponen yang telah disebutkan pada bab sebelumnya yaitu *Arduino Uno* sebagai pusat sistem kontrol sistem, Sensor *DS18b20* sebagai input sensor suhu, Sensor *YL69* sebagai input kelembapan tanah, breadboard, kabel

jumper sebagai penghubung yang terdiri dari male to male, male to female, female to female dan *Pompa air* sebagai pengatur katup air yang keluar dari pompa air.



Gambar 4.2 Rancangan Sistem

4.1.2 Implementasi Sensor Suhu dan Kelembapan

Pada penelitian ini digunakan dua inputan yang berasal dari sensor suhu ds18b20 dan sensor kelembapan soil moisture yl69 yang mengambil data informasi dari tanah yang ditanami bawang merah tersebut. Data berupa sinyal digital dan analog tersebut akan dikirimkan ke mikrokontroler arduino uno melauli pin yang telah di tentukan. kode sumber 4.1 berikut adalah code untuk pengambilan data input melalui sensor jarak.

```
//Baca sensor Kelembapan
int sensorPin = A0;
int powerPin = 8;
pinMode(powerPin, OUTPUT);
digitalWrite(powerPin, LOW);
Serial.begin(9600); // mulai komunikasi serial
int In_kelembapan() {
    digitalWrite(powerPin, HIGH); // hidupkan power
    int nilaiSensor = analogRead(sensorPin);
    digitalWrite(powerPin, LOW);
}
```

```

    return 1023 - nilaiSensor; // makin lembab maka makin tinggi nilai
    outputnya
}

//Baca Sensor Suhu
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature in_Suhu(&oneWire);
in_Suhu.begin();
in_Suhu.requestTemperatures();
Serial.println(in_Suhu.getTempCByIndex(00));

```

Gambar 4.3 Pengambilan data sensor Suhu dan Kelembapan

Pada Gambar 4.3 diatas, nilai input dari suhu di simpan dalam variabel `in_suhu` dan input kelembapan sebagai `in_kelembapan`. Setelah didapatkan nilai input selanjutnya adalah proses fuzifikasi untuk menentukan derajat keanggotaan, Gambar 4.3 berikut adalah implemementasi code program untuk proses fuzifikasi.



Gambar 4.4 Sensor membaca input suhu dan kelembapan

4.1.3 Implementasi *Fuzzy Sugeno* Pada Sistem

a. Fuzifikasi

```

float FuzzyfyMIN(float BB, float BA, float input)
{
    float u;
    if (input <= BB) {
        u = 1;
    }
}

```

```

else if (input >= BA) {
    u = 0;
}
else {
    u = (BA - input) / (BA - BB);
}
return u;
}

float FuzzyfyMED(float BB, float BA, float BT, float input)
{
    float u;
    if (input <= BB || input >= BA) {
        u = 0;
    }
    else if (input == BT) {
        u = 1;
    }
    else if (input > BB && input < BT) {
        u = (input - BB) / (BT - BB);
    }
    else if (input > BT && input < BA) {
        u = (BA - input) / (BA - BT);
    }
    else {
        u = 1;
    }
    return u;
}

float FuzzyfyMAX(float BB, float BA, float input)
{
    float u;
    if (input <= BB) {
        u = 0;
    }
    else if (input >= BA) {
        u = 1;
    }
    else {
        u = (input - BB) / (BA - BB);
    }
    return u;
}

```

Gambar 4.5 Implementasi Proses *Fuzifikasi*

Pada tahap *fuzifikasi* ini dilakukan untuk mengubah variabel *non fuzzy* (variabel *numerik*) menjadi variabel *fuzzy* (variabel *linguistik*). Setelah tahap ini selesai, maka selanjutnya akan dilakukan proses implikasi (min).

b. *Implikasi*

Fungsi implikasi yang digunakan pada *fuzzy sugeno* adalah *MIN*. fungsi *MIN* ini digunakan untuk mendapatkan nilai a predikat dengan cara memotong output himpunan *fuzzy* untuk menentukan derajat keanggotaan terkecil.

```

Serial.println( "suhu :" + String(suhu) + " kelembapan :" +
String(kelembapan));
float alpha[jumlah_rule] ;
float z[jumlah_rule] ;
int index = 0;
int i = 0;
for (i = 0; i < jumlah_rule; i++) {
    alpha[i] = 0;
    z[i] = 0;
}

if (SUHU_DINGIN > 0 && LEMBAB_KERING > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_DINGIN, LEMBAB_KERING);
    z[index] = 2;
}

index = 1;
if (SUHU_AGAK DINGIN > 0 && LEMBAB_KERING > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_AGAK DINGIN, LEMBAB_KERING);
    z[index] = 2;
}

index = 2;
if (SUHU_NORMAL > 0 && LEMBAB_KERING > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_NORMAL, LEMBAB_KERING);
    z[index] = 3;
}

index = 3;
if (SUHU_HANGAT > 0 && LEMBAB_KERING > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_HANGAT, LEMBAB_KERING);
    z[index] = 4;
}

index = 4;
if (SUHU_PANAS > 0 && LEMBAB_KERING > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_PANAS, LEMBAB_KERING);
    z[index] = 5;
}

index = 5;
if (SUHU_DINGIN > 0 && LEMBAB_NORMAL > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_DINGIN, LEMBAB_NORMAL);
    z[index] = 2;
}

index = 6;
if (SUHU_AGAK DINGIN > 0 && LEMBAB_NORMAL > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_AGAK DINGIN, LEMBAB_NORMAL);
    z[index] = 2;
}

index = 7;
if (SUHU_NORMAL > 0 && LEMBAB_NORMAL > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_NORMAL, LEMBAB_NORMAL);
    z[index] = 3;
}

index = 8;
if (SUHU_HANGAT > 0 && LEMBAB_NORMAL > 0) {

```

```

alpha[index] = min(SUHU_HANGAT, LEMBAB_NORMAL);
z[index] = 3;
}
index = 9;
if (SUHU_PANAS > 0 && LEMBAB_NORMAL > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_PANAS, LEMBAB_NORMAL);
    z[index] = 4;
}
index = 10;
if (SUHU_DINGIN > 0 && LEMBAB_BASAH > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_DINGIN, LEMBAB_BASAH);
    z[index] = 1;
}

index = 11;
if (SUHU_AGAK_DINGIN > 0 && LEMBAB_BASAH > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_AGAK_DINGIN, LEMBAB_BASAH);
    z[index] = 1;
}

index = 12;
if (SUHU_NORMAL > 0 && LEMBAB_BASAH > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_NORMAL, LEMBAB_BASAH);
    z[index] = 2;
}

index = 13;
if (SUHU_HANGAT > 0 && LEMBAB_BASAH > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_HANGAT, LEMBAB_BASAH);
    z[index] = 2;
}

index = 14;
if (SUHU_PANAS > 0 && LEMBAB_BASAH > 0) {
    alpha[index] = min(SUHU_PANAS, LEMBAB_BASAH);
    z[index] = 3;
}

```

Gambar 4.6 Tahap implementasi proses mesin inferensi

c. Tahap Defuzifikasi

Tahap *Defuzifikasi* merupakan tahap terakhir dalam proses *fuzzy sugeno*, dalam sistem ini implementasi *code* program dapat dilihat pada Gambar 4.7

```

float sumAZ = 0, sumA = 0, Z = 0 ;
for (i = 0; i < jumlah_rule; i++) {
    sumAZ += alpha[i] * z[i];
    sumA += alpha[i] ;
    Serial.println( "alpha-" + String(i) + " = " + String(alpha[i]));
    Serial.println( "z-" + String(i) + " = " + String(z[i]));
}
Z = sumAZ / sumA;
Serial.println("");
Serial.println("Z :" + String((int)Z));
Serial.println("-----");
return Z;

```

Gambar 4.7 Tahap implementasi defuzifikasi

4.2 Uji Coba Rule fuzzy

Untuk menghitung tingkat akurasi metode *fuzzy sugeno* yang merupakan tujuan dari penelitian ini maka perlu dilakukan pengujian terhadap aturan-aturan atau basis pengetahuan *fuzzy* yang telah di buat sebelumnya. Data yang digunakan untuk melakukan pengujian *rule* adalah antara lain yang terdapat dalam tabel di bawah ini

Tabel 4.1 Data Uji Coba Rule

Rule	Input	
	Suhu	Kelembapan
1	15 (dingin)	35 (kering)
2	22 (agak dingin)	34 (kering)
3	27 (normal)	34 (kering)
4	34 (hangat)	23 (kering)
5	41 (panas)	22 (kering)
6	17 (dingin)	41 (normal)
7	27 (agak dingin)	32 (normal)
8	30 (normal)	51 (normal)
9	32 (hangat)	57 (normal)
10	41 (panas)	52 (normal)
11	16 (dingin)	75 (basah)
12	29 (agak dingin)	72 (basah)
13	26 (normal)	67 (basah)
14	32 (hangat)	75 (basah)
15	39 (panas)	76 (basah)

Uji coba *rule-rule* yang telah di buat sebagai basis pengetahuan *fuzzy sugeno* juga di lakukan untuk mengetahui apakah sistem yang di rancang tersebut dapat berjalan sesuai dengan yang di harapkan sehingga dapat di hitung tingkat akurasi metode yang merupakan tujuan dari penelitian ini. Adapun beberapa hasil output dari uji coba yang di lakukan antara lain adalah sebagai berikut:

a. Hasil pengujian *rule 1*

```
Suhu :15.00 kelembapan :35.00
SUHU_DINGIN :1.00
SUHU_AGAKDINGIN :0.00
SUHU_NORMAL :0.00
SUHU_HANGAT :0.00
SUHU_PANAS :0.00
LEMBAB_KERING :0.13
LEMBAB_NORMAL :0.40
LEMBAB_BASAH :0.00

alpha-0 = 0.13
z-0 = 2.00
alpha-1 = 0.00
z-1 = 0.00
alpha-2 = 0.00
z-2 = 0.00
alpha-3 = 0.00
z-3 = 0.00
alpha-4 = 0.00
z-4 = 0.00
alpha-5 = 0.40
z-5 = 2.00
alpha-6 = 0.00
z-6 = 0.00
alpha-7 = 0.00
z-7 = 0.00
alpha-8 = 0.00
z-8 = 0.00
alpha-9 = 0.00
z-9 = 0.00
alpha-10 = 0.00
z-10 = 0.00
alpha-11 = 0.00
z-11 = 0.00
```

```
alpha-12 = 0.00  
z-12 = 0.00  
  
alpha-13 = 0.00  
z-13 = 0.00  
alpha-14 = 0.00  
z-14 = 0.00  
  
Z :2  
-----  
Menyiram 4 detik
```

Gambar 4.8 Pengujian *rule 1*

Pada Gambar 4.8 di atas merupakan pengujian *rule* no-1 dimana inputan suhu adalah 15 merupakan keanggotaan suhu dingin, kelembapan 35 merupakan diantara keanggotaan normal dan kering. Output yang di hasilkan oleh sistem telah sesuai dengan *rule* yang dibuat, output 2 adalah pompa air akan menyala selama 4 detik.

b. Pengujian *rule 2*

```

Suhu :22.00 kelembapan :34.00

SUHU_DINGIN :0.30
SUHU_AGAKDINGIN :0.40
SUHU_NORMAL :0.00
SUHU_HANGAT :0.00

Menyiram 4 detik

LEMBAB_NORMAL :0.36
LEMBAB_BASAH :0.00

alpha-0 = 0.15
z-0 = 2.00
alpha-1 = 0.15
z-1 = 2.00
alpha-2 = 0.00
z-2 = 0.00
alpha-3 = 0.00
z-3 = 0.00
alpha-4 = 0.00
z-4 = 0.00
alpha-5 = 0.30
z-5 = 2.00
alpha-6 = 0.36
z-6 = 2.00
alpha-7 = 0.00
z-7 = 0.00
alpha-8 = 0.00
z-8 = 0.00
alpha-9 = 0.00
z-9 = 0.00
alpha-10 = 0.00
z-10 = 0.00
alpha-11 = 0.00
z-11 = 0.00
alpha-12 = 0.00
z-12 = 0.00
alpha-13 = 0.00
z-13 = 0.00
alpha-14 = 0.00
z-14 = 0.00

Z :2
-----

```

Gambar 4.9 Pengujian *rule 2*

Pada Gambar 4.9 di atas merupakan pengujian *rule* no-2 dimana inputan suhu adalah 22 merupakan keanggotaan suhu dingin, kelembapan 34 merupakan diantara keanggotaan normal dan kering. Output yang di hasilkan oleh sistem telah sesuai dengan *rule* yang dibuat, output 2 adalah pompa air akan menyala selama 4 detik.

c. Pengujian *rule 3*

```
Suhu :41.00 kelembapan :22.00
```

```
SUHU_DINGIN :0.00
SUHU_AGAKDINGIN :0.00
SUHU_NORMAL :0.00
SUHU_HANGAT :0.00
SUHU_PANAS :1.00
LEMBAB_KERING :0.45
LEMBAB_NORMAL :0.00
LEMBAB_BASAH :0.00
```

```
alpha-0 = 0.00
z-0 = 0.00
alpha-1 = 0.00
z-1 = 0.00
alpha-2 = 0.00
z-2 = 0.00
alpha-3 = 0.00
z-3 = 0.00
alpha-4 = 0.45
z-4 = 5.00
alpha-5 = 0.00
z-5 = 0.00
alpha-6 = 0.00
z-6 = 0.00
alpha-7 = 0.00
z-7 = 0.00
alpha-8 = 0.00
z-8 = 0.00
alpha-9 = 0.00
z-9 = 0.00
alpha-10 = 0.00
z-10 = 0.00
alpha-11 = 0.00
z-11 = 0.00
alpha-12 = 0.00
z-12 = 0.00
```

```
alpha-13 = 0.00
z-13 = 0.00
alpha-14 = 0.00
z-14 = 0.00
```

```
Z :5
```

```
-----
Menyiram 12 detik
```

Gambar 4.10 Pengujian *rule 3*

Pada Gambar 4.10 di atas merupakan pengujian *rule no-3* dimana inputan suhu adalah 41 merupakan keanggotaan suhu panas, kelembapan 22 merupakan

keanggotan kering. Output yang di hasilkan oleh sistem telah sesuai dengan *rule* yang dibuat, output 5 adalah pompa air akan menyala selama 12 detik.

4.2.1 Tabel Pengujian *Fuzzy Sugeno* pada Matlab

Pengujian *rule fuzzy sugeno* pada matlab dengan nilai input seperti pada tabel data uji coba,

Tabel 4.2 Hasil pengujian *rule-rule* pada Matlab

No	Input		Output
	Suhu	Kelembapan	
1	15 (dingin)	35 (kering)	2
2	22 (agak dingin)	34 (kering)	2
3	27 (normal)	34 (kering)	3
4	34 (hangat)	23 (kering)	4
5	41 (panas)	22 (kering)	5
6	17 (dingin)	41 (normal)	2
7	27 (agak dingin)	32 (normal)	2
8	30 (normal)	51 (normal)	3
9	32 (hangat)	57 (normal)	3
10	41 (panas)	52 (normal)	4
11	16 (dingin)	75 (basah)	1
12	29 (agak dingin)	72 (basah)	1
13	26 (normal)	67 (basah)	2

14	32 (hangat)	75 (basah)	2
15	39 (panas)	76 (basah)	3

4.2.2 Tabel Pengujian *Fuzzy Sugeno* pada Sistem

Pengujian *rule fuzzy sugeno* pada Sistem yang telah di rancang dengan nilai input seperti pada tabel data uji coba,

Tabel 4.3 Hasil Uji Coba *Rule* Pada sistem

No	Input		Output		Keterangan
	Suhu	Kelembapan	Yang diharapkan	Kenyataan	
1	15 (dingin)	35 (kering)	2	2	Sesuai
2	22 (agak dingin)	34 (kering)	2	2	Sesuai
3	27 (normal)	34 (kering)	3	2	Tidak sesuai
4	34 (hangat)	23 (kering)	4	3	Tidak sesuai
5	41 (panas)	22 (kering)	5	5	Sesuai
6	17 (dingin)	41 (normal)	2	2	Sesuai
7	27 (agak dingin)	32 (normal)	2	2	Sesuai
8	30 (normal)	51 (normal)	3	3	Sesuai
9	32 (hangat)	57 (normal)	3	3	Sesuai
10	41 (panas)	52 (normal)	4	4	Sesuai
11	16 (dingin)	75 (basah)	1	1	Sesuai
12	29 (agak dingin)	72 (basah)	1	1	Sesuai
13	26 (normal)	61 (basah)	2	2	Sesuai
14	32 (hangat)	75 (basah)	2	2	Sesuai
15	39 (panas)	76 (basah)	3	2	Tidak Sesuai
16	34 (hangat)	20 (kering)	4	3	Tidak Sesuai
17	19 (dingin)	44 (normal)	2	2	Sesuai

18	25 (agak dingin)	80 (basah)	1	1	Sesuai
19	45 (panas)	49 (normal)	4	4	Sesuai
20	22 (agak dingin)	39 (normal)	2	2	Sesuai
21	16 (dingin)	22 (kering)	2	2	Sesuai
22	28 (agak dingin)	65 (basah)	1	2	Tidak Sesuai
23	32 (hangat)	34 (normal)	3	3	Sesuai
24	21 (dingin)	75 (basah)	1	1	Sesuai
25	39 (panas)	32 (normal)	4	4	Sesuai
26	28 (agak dingin)	42 (normal)	2	2	Sesuai
27	44 (panas)	25 (kering)	5	5	Sesuai
28	26 (agak dingin)	30 (normal)	2	2	Sesuai
29	31 (hangat)	19 (kering)	4	3	Sesuai
30	27 (agak dingin)	66 (basah)	1	2	Tidak Sesuai

Perhitungan Akurasi Metode *Fuzzy Sugeno*

Perhitungan akurasi metode *fuzzy sugeno* berdasarkan tabel 4.2 diatas sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{\text{jumlah Data yang sesuai}}{\text{jumlah data yang di uji}} \times 100\%$$

$$= \frac{24}{30} \times 100\%$$

$$= 80\%$$

Berdasarkan hasil uji coba sistem di atas untuk mengetahui *rule-rule* yang telah di buat tersebut pada alat penyiraman tanaman bawang merah otomatis berdasarkan kelembapan dan suhu tanah dengan menggunakan *fuzzy sugeno* menghasilkan output yang baik tingkat akurasi 80%. Namun pada

pengoperasiannya terdapat beberapa kendala yang dihadapi selama uji coba sistem yang di lakukan, salah satunya adalah komponen-komponen hardware seperti *relay* yang mengatur pompa air agar bisa menyala selama waktu yang di tentukan dengan menggunakan fungsi *delay* dalam arduino tidak terlalu efektif dalam penggunaan waktu yang lama seperti untuk mengaktifkan otomatis sistem setiap 24jam atau lebih. Solusinya adalah dengan menambahkan sebuah modul *RTC DS3231* sehingga sistem akan berjalan otomatis pada saat waktu yang telah di tentukan.

Adapun kendala lainnya adalah dalam mengatur atau menyesuaikan input sensor dengan data yang akan di ujikan agar sesuai dengan apa yang diharpkan. Sensor suhu *ds18b20* sangat sensitif terhadap perubahan suhu sehingga pengambilan data sampel untuk pengujian, sensor perlu dilakukan beberapa kali.

4.3 Integrasi Islam

Tujuan awal dari penelitian ini adalah untuk membuat sebuah rancangan prototipe sistem penyiraman tanaman bawang merah secara otomatis yang berguna untuk memudahkan dalam melakukan penyiraman tanaman bawang merah sehingga bisa menghemat waktu dan lebih efisien.

Semoga dengan sistem penyiraman tanaman otomatis bawang merah ini mampu dikembangkan dan bisa di pakai oleh petani dengan skala besar, sehingga apa yang telah di buat oleh penulis dapat sesuai harapan dan bernilai ibadah sesuai dengan firman Allah swt.

إِنْ أَحْسَنْتُمْ أَحْسَنْتُمْ لِأَنْفُسِكُمْ ۖ وَإِنْ أَسَأْتُمْ فَلَهَا ۗ فَإِذَا جَاءَ وَعْدُ

الْآخِرَةِ لِيَسُوءُوا وُجُوهَكُمْ وَلِيَدْخُلُوا الْمَسْجِدَ كَمَا دَخَلُوهُ أَوَّلَ مَرَّةٍ وَلِيُتَبِّرُوا

مَا عَلَّمُوا تَتَبِيرًا

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri dan jika kamu berbuat jahat, maka (kejahatan) itu bagi dirimu sendiri, dan apabila datang saat hukuman bagi (kejahatan) yang kedua, (Kami datangkan orang-orang lain) untuk menyuramkan muka-muka kamu dan mereka masuk ke dalam mesjid, sebagaimana musuh-musuhmu memasukinya pada kali pertama dan untuk membinasakan sehabis-habisnya apa saja yang mereka kuasai” (Al-Qur'an Surah Al Isra ayat 7).

Pada ayat tersebut tafsir Quraish shihab yakni kami katakan kepada mereka, "Bila kalian berbuat baik dan taat kepada Allah, maka kebaikan itu adalah untuk diri kalian di dunia dan di akhirat. Dan jika kalian berbuat maksiat, maka sebenarnya kalian telah merusak diri kalian sendiri. Ketika datang waktu pembalasan dari perbuatan jahat kalian yang terakhir--dari dua kali kejahatan yang telah kalian lakukan dalam membuat kerusakan di muka bumi--maka Kami datangkan musuh-musuh kalian untuk menorehkan bekas kejahatan, kehinaan dan kepedihan yang menyuramkan wajah-wajah kalian. Dan pada akhirnya mereka masuk Masjid Bayt al-Maqdis lalu merusaknya seperti pada kali pertama. Mereka juga akan memusnahkan apa yang mereka kuasai dengan sehabis-habisnya.

Dari tafsir di atas ada beberapa hal yang bisa kita ambil, bahwa hidup didunia ini memiliki sebuah tujuan, dan apapun yang kita lakukan didunia ini akan mendapatkan ganjaran di akhirat kelak. Perbuatan baik ini ditujukan agar tubuh, pikiran, perasaan terasa tenang.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan implementasi *fuzzy sugeno* yang sudah dilakukan dalam sistem penyiraman tanaman bawang merah otomatis dengan arduino, Uji coba metode yang dilakukan menggunakan matlab berdasarkan rule-rule yang telah dibuat berhasil memperoleh output yang sesuai dengan yang di harapkan. Sedangkan uji coba pada sistem supaya dapat mengatur penyiraman tanaman bawang merah otomatis berdasarkan suhu dan kelembapan tanah dengan menggunakan *fuzzy sugeno* mampu bekerja dengan tingkat akurasi 80%. Hasil perancangan alat sudah sesuai dengan apa yang diharapkan, hal ini dapat dilihat dari proses pembacaan sinyal yang diberikan oleh sensor kelembaban *YL69* dan sensor suhu *d18b20* yang diproses oleh mikrokontroler dapat ditampilkan pada *LCD 16x2 I2C*. Dan dapat mengaktifkan *relay* yang terhubung dengan pompa berdasarkan logika *fuzzy sugeno*. Pembacaan sensor kelembapan tanah dan sensor suhu sangat sensitif, perubahan bisa terjadi setiap detik. Namun demikian Arduino mempunyai fungsi delay yang dapat membaca saat penulis inginkan.

5.2 Saran

Dalam penelitian Sistem penyiraman tanaman otomatis bawang merah dengan metode *fuzzy sugeno* ini masih banyak sekali kekurangan, dimana sistem hanya menggunakan dua nilai input yaitu suhu dan kelembapan dan sensor yang terhubung dengan arduino. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam menentukan penyiraman tanaman bawang merah perlu mempertimbangkan inputan lain seperti cuaca, intensitas cahaya matahari dan lainnya. Untuk mendapatkan hasil

yang maksimal dalam menentukan waktu yang sesuai dengan yang di harapkan, perlu menambahkan sebuah modul *RTC DS3231* sehingga sistem akan berjalan otomatis pada saat waktu yang telah di tentukan, *module relay* bisa mendapatkan sinyal untuk *On/Off* dengan lebih tepat.



DAFTAR PUSTAKA

- Algifari, Afif 2018. *Perancangan kipas angin pengatur suhu dan Kelembapan ruangan dengan metode fuzzy Sugeno berbasis arduino*. Skripsi, UIN Malang.
- Direktorat Jenderal Hortikultura. 2005. *Kinerja Pembangunan Sistem dan Usaha Agribisnis Hortikultura*. Departemen Pertanian. Direktorat Jenderal Bina Produksi Hortikultura. Jakarta
- Hanan wisnu wijaya, 2017 *Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis Dengan Yl69 Berbasis Arduino Uno R3*, Jurnal Universitas Amikom Yogyakarta.
- Hidayat, dkk. 2012 *Pengembangan Desain Mesin Pompa Air Portable Alat Siram Tanaman Bawang Merah Dengan Mempertimbangkan Faktor – Faktor Ergonomi*, Penelitian Tidak Dipublikasikan, UPS
- Hidayat, T., & Nurwildan, M. F. (2014). *Pembuatan Mesin Siram Portable Untuk Mengurangi Tingkat Keluhan Muskuloskeletal Pekerja Siram Tanaman Bawang Merah Di Kabupaten Brebes*. Jurnal Teknik Industri Universitas Bung Hatta, 2(2).
- Lippsmeier, Georg 1994, *Tropenbau Building in the Tropics, Bangunan Tropis (terj.)*, Jakarta: Erlangga.
- Mahmud, Zulkifli. 2016. *Analisa Perbandingan Metode Sugeno dan Mamdani dalam Sistem Prediksi Cuaca (Studi Kasus BMKG Kelas III, Tanjungpinang)*. Tanjungpinang: Jurnal Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Paiman, Yudono, A., Sunarminto, B. H., & Indradewa, D. 2014. *Pengaruh Karakter Agronomis dan Fisiologis terhadap Hasil pada Cabai Merah (Capsicum annum L.)*. AgroUPY, 6(1), 1-13.
- Permadi, 2016.” *Model Sistem Penyiraman dan Penerangan Taman Menggunakan Soil Moisture Sensor*”.
- Puspita, E. S., & Yulianti, L. (2016). *Perancangan sistem peramalan cuaca berbasis logika fuzzy*. *Jurnal Media Infotama*, 12(1).
- Rahayu E. dan Nur Berlian VA, 1999. *Bawang Merah*. Penerbit Swadaya. Jakarta.
- Sugiharto, 2006. *Budi Daya Tanaman Bawang Merah*. Aneka Ilmu, Semarang. Hal 31-32
- Sumarni, N., dan A. Hidayat. 2005. *Budidaya Bawang Merah. Panduan Teknis PTT Bawang Merah No. 3*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Pusat Penelitian dan

Pengembangan Hortikultura. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bandung.

Sutojo, T., Edy mulyanto, & Vince suhartono 2011. *Kecerdasan buatan*. Andi Offset.

Sunardi, 2015, *Aplikasi Metode Fuzzy Sugeno untuk Sistem Informasi Ketinggian Air dan Ketinggian Pintu Air Suatu Bendungan*, *Dinamik*, Vol 19, 2, 2014.

Yaqin, Ainul 2010, *Sistem Inferensi Fuzzy*, <https://www.slideshare.net/yaqinov/sistem-inferensi-fuzzy> , diakses tanggal 25 mei 2019

