

**SISTEM PENGENDALI TINGKAT PH AIR PADA TANAMAN BAYAM
HIDROPONIK BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO
MENGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI

**Oleh:
MILAWATI
NIM.19650009**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**SISTEM PENGENDALI TINGKAT PH AIR PADA TANAMAN BAYAM
HIDROPONIK BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO
MENGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI**

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:
MILAWATI
NIM. 19650009

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

**SISTEM PENGENDALI TINGKAT PH AIR PADA TANAMAN BAYAM
HIDROPONIK BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO
MENGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI

**Oleh:
MILAWATI
NIM. 19650009**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: Desember 2023

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Dr. Fesy Nugroho, M.T
NIP. 19710722 201101 001

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



Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

SISTEM PENGENDALI TINGKAT PH AIR PADA TANAMAN BAYAM HIDROPONIK BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO MENGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI

SKRIPSI

Oleh:
MILAWATI
NIM. 19650009

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: Desember 2023

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Johan Ericka Wahyu P, M.Kom
NIP. 19831213 201903 1 004

Anggota Penguji I : Shoffin Nahwa Utama, M.T
NIP. 19860703 202012 1 003

Anggota Penguji II : Dr. Muhammad Faisal, M.T
NIP. 19740510 200501 1 007

Anggota Penguji III : Dr. Fresy Nugroho, M.T
NIP. 19710722 201101 001



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



Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Milawati
NIM : 19650009
Fakultas/Prodi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi : Sistem Pengendali Tingkat pH Air pada Tanaman Bayam Hidroponik Berbasis Mikrokontroller Arduino Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan 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 merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 13 Desember 2023
Yang membuat pernyataan,



Milawati
NIM. 19650009

HALAMAN MOTTO

“Rehat hanyalah ungkapan untuk menutupi kemalasan
jika dilakukan pada saat memenuhi jadwal
kewajiban.”

(Abu Al-Khairat)

”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT atas limpahan Rahmat, Taufiq, hidayah, dan inayah-Nya kepada penulis beserta keluarga dan saudara lainnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Dengan rasa hormat dan terimakasih, penulis mempersembahkan skripsi tugas akhir ini kepada :

1. Cinta pertama dan panutanku serta pintu surga ku yaitu ibu dan bapak tersayang. Penulisan berikan kepada beliau atas bentuk bantuan, semangat dan do'a yang diberikan selama ini.
2. Saudara ku tersayang, Putri yang selalu memberikan dukungan baik materi maupun doa dan selalu meyakinkan penulis untuk terus maju kedepan.
3. Bapak Dr. Muhammad Faisal, M.T dan Bapak Dr. Fresy Nugroho, M.T selaku Dosen Pembimbing Penulis yang yang sabar serta tulus dalam memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, Allah subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan Taufik dan Hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Pengendali Tingkat pH Air pada Tanaman Bayam Hidroponik Berbasis Mikrokontroler Arduino menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani*” dengan baik.

Banyak pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi ini yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil. Untuk itu dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang beserta jajarannya.
2. Pof. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang beserta jajarannya.
3. Dr. Fachrul Kurniawan ST., M.MT, IPM selaku ketua jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. M. Faisal, M.T selaku dosen pembimbing I yang telah membantu membimbing dalam penyusunan tugas akhir hingga selesai.
5. Dr. Fresy Nugroho, M.T selaku dosen pemimbing II yang telah membantu membimbing dalam penyusunan tugas akhir hingga selesai.
6. Johan Ericka P, M.Kom dan Shoffin Nahwa Utama, M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan juga arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Fatchurrohman, M.Kom sebagai dosen pembimbing yang sudah memberikan arahan selama perkuliahan ini.
8. Seluruh dosen dan Jajaran Staf Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat.
9. Teristimewa kepada keluarga besar penulis, Ibu Siti Maryam dan bapak Sahwani yang sudah memberikan kasih sayang kepada penulis mulai dari kecil sampai sekarang, saudara penulis yaitu putri dan nenek samawi yang telah

memberikan dukungan, semangat serta perhatian kepada penulis. Tanpa cinta dari keluarga mungkin skripsi ini tidak dapat diselesaikan.

10. Kepada adik-adik Rubin.id, komunitas inspiratif, BMIC, Tim Inqilaby, ustdzah-ustdzah komunitas inspiratif, lidiana, milasari, maulidatul umma, adik-adik halqahku terimakasih untuk waktu kalian yang sudah mendukung penulis dan memberikan semangat serta do'a untuk kelancaran penyusunan skripsi ini.

Kepada Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan penulis berharap semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca khususnya penulis sendiri. *Aamiin Ya Rabbal Alamin.*

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Malang, 28 Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
مستخلص البحث.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pernyataan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Landasan Teori.....	9
2.3 Metode Fuzzy Mamdani	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Analisis Masalah	26
3.2 Studi Literature	26
3.3 Pengumpulan Data	27
3.4 Perancangan Sistem	28
3.5 Penerapan Metode Fuzzy Mamdani.....	32
3.6 Pengujian Sistem	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Persiapan Alat dan Bahan	40
4.2 Rancangan Sistem	40
4.3 Pengujian.....	44
4.4 Hasil dan Pembahasan	45
4.5 Pengujian Fuzzy Mamdani.....	57
4.6 Integrasi Sains dengan Islam.....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tanaman Bayam.....	10
Gambar 2. 2 Kadar pH Swing	13
Gambar 2. 3 Proses Fotosintesis ke Respirasi.....	15
Gambar 2. 4 Media Tanam Rockwool	16
Gambar 2. 5.Pin Map Arduino.....	18
Gambar 2. 6 Ph Meter Sensor	20
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	25
Gambar 3. 2 Gambaran Umum Sistem	28
Gambar 3. 3 Rangkaian Hidroponik NFT.....	29
Gambar 3. 4 Flowchart Fuzzy Logic Mamdani	33
Gambar 3. 5 Flowchart Sistem Kerja Alat.....	34
Gambar 3. 6 Proses Defuzzifikasi.....	37
Gambar 4. 1 Blok Diagram rancangan sistem	41
Gambar 4. 2 Perancangan perangkat keras (<i>Hardware</i>).....	42
Gambar 4. 3 <i>Flowchart</i> monitoring dan kontrol otomatis	43
Gambar 4. 4 Instalasi Hidroponik NFT	45
Gambar 4. 5 Sensor Suhu dan sesor water level	46
Gambar 4. 6 Perakitan Mikrokontroller Arduino.....	47
Gambar 4. 7 Pompa DC	47
Gambar 4. 8 Sensor TDS	48
Gambar 4. 9 Larutan Nutrisi dan pH.....	49
Gambar 4. 10 Grafik Ph dan TDS uji lapangan	56
Gambar 4. 11 Gambar Simulasi Matlab.....	58
Gambar 4. 12 Representasi fungsi keanggotaan TDS.....	58
Gambar 4. 13 Gambaran Grafik Formula Keanggotaan pH	59
Gambar 4. 14 Grafik formula keanggotaan pompa TDS-ABMIX	61
Gambar 4. 15 Grafik formula keanggotaan pompa Ph	61
Gambar 4. 16 Daerah Interferensi Fuzzy	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian.....	8
Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino Uno (ATMega16).....	20
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Hidroponik NFT.....	29
Tabel 3. 2 Kalibrasi Larutan Nutrisi	30
Tabel 3. 3 Kalibrasi Larutan pH Up.....	30
Tabel 3. 4 Kalibrasi Larutan pH Down	32
Tabel 4. 1 Pengujian Sensor TDS	50
Tabel 4. 2 Pengujian sensor pH	52
Tabel 4. 3 Kebutuhan pH dan PPM Hidroponik.....	54
Tabel 4. 4 Tabel percobaan keseluruhan sistem	55
Tabel 4. 5 Percobaan Lapangan	56
Tabel 4. 6 Domain himpunan fuzzy TDS	59
Tabel 4. 7 Domain himpunan fuzzy pH.....	60
Tabel 4. 8 Rentang Nilai Pompa	60
Tabel 4. 9 Tes Fuzzy Mamdani.....	63

ABSTRAK

Milawati. 2023. *Sistem Pengendali Tingkat Ph Air pada Tanaman Bayam Hidroponik Berbasis Mikrokontroller Arduino Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani*. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. M. Faisal, M.T. (II) Dr. Fresy Nugroho, M.T

Kata Kunci: Sistem Pengendali Tingkat Ph Air, Tanaman Bayam Hidroponik, Hidroponik, Mikrokontroller Arduino, Arduino, Metode *Fuzzy Mamdani*

Sayuran merupakan salah satu produk pertanian yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat pedesaan maupun perkotaan. Salah satu sayuran yang paling digemari oleh seluruh lapisan masyarakat Indonesia adalah tanaman bayam yang berbentuk perdu atau Semak. Bayam memiliki kandungan vitamin A, B dan C, protein, lemak, karbohidrat kalium, amarantin, serta mineral-mineral yang penting seperti kalsium, fosfor dan besi yang bermanfaat dalam mendorong pertumbuhan dan menjaga Kesehatan. Namun saat ini perkembangan industri semakin berkembang pesat. Perkembangan tersebut banyak yang menggeser lahan pertanian, lebih-lebih di daerah perkotaan. Akibatnya, lahan pertanian semakin sempit. Salah satu jalan keluar supaya petani tetap bisa menanam dengan produktivitas dan kualitas yang tinggi adalah menggunakan sistem hidroponik. Hidroponik merupakan sebuah metode bercocok tanam modern tanpa menggunakan tanah melainkan air dengan menekankan pemenuhan nutrisi pada tanaman tersebut. Dalam metode hidroponik ini pengaruh kadar keasaman (pH) dan kandungan nutrisi pada air media tanam berperan sangat penting untuk keberlangsungan hidup tumbuhan supaya lebih subur. Setiap tumbuhan membutuhkan nilai pH yang berbeda, tergantung jenis tanamannya. Namun pada umumnya tanaman membutuhkan pH antara 5.5 sampai 6.5. Untuk membantu mengantisipasi terjadinya penurunan kualitas tanaman sayur tersebut, kita dapat memanfaatkan kemajuan teknologi yaitu *Microcontroller Arduino uno* yang dapat memonitoring pH air mengetahui kadar nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Pengembangan sistem kontrol dan pengendali tingkat pH air pada penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*. Uji coba dengan membandingkan hasil sistem dari aplikasi *Blynk* dan perhitungan fuzzy mamdani, perbandingan tingkat akurasi dalam menentukan pemberian nutrisi dan ph menggunakan metode fuzzy mamdani terbilang cukup akurat rentang nilainya 3,85% dan hasilnya dapat dipertanggung jawabkan.

ABSTRACT

Milawati. 2023. *Water pH Control System for Hydroponic Spinach Plants Based on Arduino Microcontroller Using Fuzzy Mamdani Method*. Thesis. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisors: (I) Dr. M. Faisal, M.T. (II) Dr. Fresy Nugroho, M.T.

Vegetables are one of the agricultural products widely consumed by rural and urban communities. One of the most favored vegetables by all layers of Indonesian society is spinach, a perennial or shrubby plant. Spinach is rich in vitamins A, B, and C, protein, fat, carbohydrates, potassium, amaranin, as well as important minerals such as calcium, phosphorus, and iron, which are beneficial for promoting growth and maintaining health. However, the rapid development of the industry is currently taking place. This development often displaces agricultural land, especially in urban areas. As a result, agricultural land becomes increasingly limited. One solution for farmers to continue cultivating with high productivity and quality is by using hydroponic systems. Hydroponics is a modern cultivation method that does not use soil but relies on water, emphasizing the provision of nutrients to the plants. In hydroponic methods, the acidity level (pH) and nutrient content in the planting medium play a crucial role in the plant's sustainability for better fertility. Each plant requires a different pH value, depending on the type of plant. However, generally, plants need a pH between 5.5 to 6.5. To help anticipate a decrease in the quality of these vegetable plants, we can utilize technological advancements, such as the Arduino Uno Microcontroller, to monitor water pH and determine the required nutrient levels for the plants. The development of the water pH control and monitoring system in this research uses the Fuzzy Mamdani method. Experimental testing by comparing the results of the system from the Blynk application and Mamdani fuzzy calculations shows a relatively accurate comparison of the accuracy level in determining nutrient and pH provision using the fuzzy Mamdani method, with a range of values at 3.85%, and the results are accountable.

Keywords : *Water pH Control System for Hydroponic Spinach Plant, Hydroponics, Arduino Microcontroller, Arduino, Fuzzy Mamdani Method.*

مستخلص البحث

ميلواتي. 2023. نظام التحكم في مستوى الحموضة في ماء نباتات السبانخ الهيدروponية بناءً على متحكم ميكرو **Arduino** باستخدام طريقة **Fuzzy Mamdani**. (أطروحة. قسم الهندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك الإسلامية الحكومية، مالانج. المشرف: (أنا)د. م. فيصل ، II(M.T)د. فريسي نوجروهو، M.T

الكلمات الدالة: نظام تحكم في مستوى الحموضة في ماء نباتات السبانخ الهيدروponية، زراعة السبانخ الهيدروponية، هيدروponيك، متحكم ميكرو **Arduino**، أردوينو، طريقة الفازي مامداني.

الخضروات هي واحدة من المنتجات الزراعية التي تستهلك على نطاق واسع من قبل المجتمعات الريفية والحضرية. واحدة من الخضروات الأكثر شعبية من قبل جميع مستويات المجتمع الإندونيسي هي نبات السبانخ في شكل شجيرات أو شجيرات. يحتوي السبانخ على فيتامينات أ، ب، ج، بروتين، دهون، كربوهيدرات بوتاسيوم، أماراتين، بالإضافة إلى معادن مهمة مثل الكالسيوم والفوسفور والحديد التي تفيد في تشجيع النمو والحفاظ على الصحة. ولكن الآن تطور الصناعة ينمو بسرعة. وكثير من هذه التطورات تحول الأراضي الزراعية، ولا سيما في المناطق الحضرية. ونتيجة لذلك، أصبحت المزرعة ضيقة بشكل متزايد. طريقة واحدة للخروج بحيث يمكن للمزارعين لا تزال تنمو مع إنتاجية عالية والجودة هو استخدام نظام الزراعة المائية. الزراعة المائية هي طريقة لزراعة المحاصيل الحديثة دون استخدام التربة ولكن الماء من خلال التأكيد على تحقيق العناصر الغذائية في النبات. في هذه الطريقة المائية يلعب تأثير الحموضة (pH) والمحتوى الغذائي في زراعة مياه الوسائط دورًا مهمًا للغاية لبقاء النباتات لتكون أكثر خصوبة. يتطلب كل نبات قيمة حموضة مختلفة، اعتمادًا على نوع النبات. ولكن بشكل عام، تحتاج النباتات إلى درجة حموضة تتراوح بين 5.5 إلى 6.5. للمساعدة في توقع انخفاض جودة النباتات النباتية، يمكننا الاستفادة من التقدم التكنولوجي، وهي أردوينو ميكروكونترولر أونو التي يمكن مراقبة درجة الحموضة في الماء لمعرفة مستويات العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات. تطوير نظام التحكم والتحكم في درجة حموضة المياه في هذه الدراسة باستخدام طريقة ممداني الضبابية. بمقارنة نتائج النظام من تطبيق بلينك وحساب ممداني الضبابي، فإن مقارنة الدقة في تحديد إدارة المغذيات ودرجة الحموضة باستخدام طريقة ممداني الضبابية هي نطاق قيمة دقيق إلى حد ما بنسبة 3.85% ويمكن حساب النتائج.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sayuran merupakan salah satu produk pertanian yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat pedesaan maupun perkotaan. Sistem budidaya sayuran yang dilakukan Masyarakat Indonesia umumnya secara *konvensional*, untuk memenuhi tingkat konsumsi sayuran nasional perlu diimbangi dengan peningkatan produksi sayuran yang berkualitas. Upaya peningkatan produktivitas dan kualitas sayuran secara *konvensional* telah banyak dilakukan oleh petani meskipun hasilnya kurang memuaskan.

Berdasarkan Salah satu sayuran yang paling digemari oleh seluruh lapisan masyarakat Indonesia adalah tanaman bayam yang berbentuk perdu atau Semak. Hal ini disebabkan karena selain rasanya enak dan lunak, bayam juga memberikan rasa dingin dalam perut dan dapat memperlancar pencernaan. Bayam memiliki kandungan vitamin A, B dan C, protein, lemak, karbohidrat kalium, amaratin, serta mineral-mineral yang penting seperti kalsium, fosfor dan besi yang bermanfaat dalam mendorong pertumbuhan dan menjaga kesehatan. Kandungan besi pada bayam relative lebih tinggi dibanding sayuran daun lain sehingga tanaman ini sangat baik dikonsumsi oleh penderita anemia (Nurmas & Fitriah, 2011).

Kanker Namun saat ini perkembangan industri semakin berkembang pesat. Perkembangan tersebut banyak yang menggeser lahan pertanian, lebih-lebih di daerah perkotaan. Akibatnya, lahan pertanian semakin sempit. Disisi lain kebutuhan akan hasil pertanian semakin meningkat seiring dengan meningkatnya

jumlah penduduk. Oleh karena itu perlu dipikirkan jalan keluar untuk mengatasi kondisi tersebut. Salah satu jalan keluar supaya petani tetap bisa menanam dengan produktivitas dan kualitas yang tinggi adalah menggunakan sistem hidroponik. Hidroponik merupakan sebuah metode bercocok tanam modern tanpa menggunakan tanah melainkan air dengan menekankan pemenuhan nutrisi pada tanaman tersebut (Akbar dkk., 2016). Menurut (Alam & Nasuha, 2020) hidroponik menjadi alternatif bagi masyarakat yang ingin berkebun, namun tidak memiliki cukup tempat.

Menurut Menanam dengan menggunakan metode hidroponik memiliki beberapa keunggulan, seperti kebutuhan lahan yang relatif sempit, rendahnya tingkat serangan hama dan penyakit karena kondisi lingkungan yang terkendali, meningkatnya pertumbuhan dan produksi (*yield*) tanaman karena pemberian nutrisi yang lebih terkontrol, hematnya penggunaan pupuk dan air, serta terhindarnya tanaman dari kekeringan, erosi, dan banjir. Sayuran yang ditumbuhkan dengan metode hidroponik juga pada umumnya lebih bersih dan mempunyai cita rasa yang lebih enak daripada sayuran yang ditanam secara konvensional (Warjoto dkk., 2020).

Dalam metode hidroponik ini pengaruh kadar keasaman (pH) dan kandungan nutrisi pada air media tanam berperan sangat penting untuk keberlangsungan hidup tumbuhan supaya lebih subur. Sebagaimana didalam Al-Qur'an telah dijelaskan dalam surat Al-An'am (6) ayat 99 yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ ۗ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ

“Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang kurma, mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah dan menjadi masak. Sungguh, pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.” (QS. Al-An’am : 99)

Dalam tafsir Jalalayn, ayat diatas memiliki tafsir berikut: “(Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan) dalam ayat ini terkandung iltifat dari orang yang ketiga menjadi pembicara (dengan air itu) yakni dengan air hujan itu (segala macam tumbuh-tumbuhan) yang dapat tumbuh (maka Kami keluarkan darinya) dari tumbuh-tumbuhan itu sesuatu (tanaman yang hijau) yang menghijau (Kami keluarkan darinya) dari tanaman yang menghijau itu (butir yang banyak) yang satu sama lainnya bersusun seperti bulir-bulir gandum dan sejenisnya (dan dari pohon kurma) menjadi khabar dan dijadikan sebagai mubdal minhu (yaitu dari mayangnya) yaitu dari pucuk pohonnya; dan mubtadanya ialah (keluar tangkai-tangkainya) tunas-tunas buahnya (yang mengurai) saling berdekatan antara yang satu dengan yang lainnya (dan) Kami tumbuhkan berkat air hujan itu (kebun-kebun) tanaman-tanaman”.

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Di dalam budidaya tanaman hidroponik hal yang terpenting dalam pertumbuhan tanaman adalah menjaga kadar pH (derajat keasaman atau kebasaan) pada air. Karena pH air berdampak dalam penyerapan unsur nutrisi yang diperlukan tanaman. Tanaman hidroponik menyerap nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhannya melalui akar dalam bentuk yang sudah larut

dalam air. Sehingga pH dalam air akan menentukan kualitas nutrisi yang terkandung didalamnya (Fakhruzzaini & Aprilianto, 2017).

Apabila pH tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman artinya tanaman akan kehilangan kemampuannya untuk menyerap unsur nutrisi yang diperlukan oleh tanaman tersebut. Setiap tumbuhan membutuhkan nilai pH yang berbeda, tergantung jenis tanamannya. Namun pada umumnya tanaman membutuhkan pH antara 5.5 sampai 6.5. Dengan adanya aturan dalam pemberian nutrisi ini, menuntut agar petani hidroponik untuk selalu memantau kadar nutrisi pada larutan yang digunakan untuk tanamannya (Ario Rinaldo & Octaviano, t.t.) .

Untuk membantu mengantisipasi terjadinya penurunan kualitas tanaman sayur tersebut, kita dapat memanfaatkan kemajuan teknologi yang sudah berkembang pesat. Adanya sistem teknologi yang lebih maju tersebut maka dapat digunakan sebagai media pengembangan dan pendukung sistem hidroponik yaitu dengan cara pemantauan tanaman sayur media tanam hidroponik, menggunakan Arduino sebagai mikrokontroller.

Arduino uno adalah sistem *microcontroller* pada sebuah modul berbasis ATmega328P (Choudhuri, 2017). Menurut (Kurniawan dkk., 2018) *microcontroller* Arduino uno dapat memonitoring pH air dan mengetahui kadar nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Teknologi ini mengontrol sebuah sistem sehingga sistem tersebut dapat dijalankan secara otomatis. Pada tahap pengontrolan sistem tersebut diperlukannya perangkat keras (*hardware*) sedangkan pada monitoring dibutuhkan perangkat lunak (*software*). *Hardware* yang digunakan

terdiri dari mikrokontroler dan beberapa rangkaian elektronik. Dalam mikrokontroller tersebut telah tersimpan program untuk mengontrol sistem.

Pengembangan sistem kontrol dan pengendali tingkat pH air pada penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*. Metode ini adalah salah satu metode umum yang digunakan. Metode *fuzzy mamdani* digunakan untuk memudahkan dalam pengawasan, pengaturan pH dan suhu ruangan sesuai dengan kebutuhan tanaman bayam, pengaturan dan pemberian larutan pH pada media tanam dan kelembapan media tanam dan suhu ruangan dapat dikontrol secara otomatis (Prasetya dkk., 2019). pemilihan metode *Fuzzy Mamdani* dalam penelitian ini digunakan untuk menghasilkan output berupa satu nilai pada domain *Fuzzy* yang dikategorikan ke dalam komponen linguistic dan kesederhanaan logikanya (Febriany, 2016).

Metode *fuzzy mamdani* merupakan salah satu bagian dari *fuzzy inference system* yang berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti. Proses pengambilan keputusan dengan menggunakan metode *fuzzy mamdani* untuk memperoleh keputusan yang terbaik, dilakukan dengan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan *fuzzy*, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan dan *defuzzifikasi*, Metode *fuzzy mamdani* logikanya yang sederhana. Oleh karena itu, Metode *fuzzy mamdani* sangat cocok digunakan dalam penelitian ini, karena Metode *fuzzy mamdani* lebih akurat dalam menghasilkan suatu output berupa himpunan *fuzzy* (Kusumadewi & Purnomo, 2010).

1.2 Pernyataan Masalah

Berdasarkan penjabaran pada latar belakang yang sudah ada, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mengendalikan Ph air pada tanaman bayam hidroponik berbasis mikrokontroller Arduino dengan metode *fuzzy mamdani*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengendalikan pH air berbasis mikrokontroller Arduino dengan metode *fuzzy mamdani*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data Kontrol pH air pada tanaman bayam hidroponik dengan sensor pH.
2. Menghitung tingkat akurasi menggunakan metode fuzzy mamdani.
3. Menggunakan tanaman bayam untuk uji coba.
4. Menggunakan aplikasi Arduino IDE, Matlab, dan Blynk.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini nantinya diharapkan dapat bermanfaat dalam mempermudah petani mengontrol pH air pada tanaman bayam hidroponik berbasis mikrokontroller arduino.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

(Nurul Syahirah, 2019) pada penelitiannya "*Design and Implementation of Arduino-Based Hydroponic System for Spinach Plant with pH Monitoring*". Penelitian ini melakukan desain dan implementasi sistem hidroponik berbasis Arduino untuk tanaman bayam dengan pemantauan pH. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem ini dapat membantu mengontrol pH air dengan tingkat akurasi yang tinggi. Penelitian ini menggunakan sistem kontrol berbasis mikrokontroler untuk mengontrol kualitas air secara otomatis, mengontrol suhu air dan kadar nutrisi secara otomatis. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat membantu meningkatkan produktivitas tanaman bayam.

(Muhammad dkk., 2016) pada penelitiannya "*Design and Implementation of pH Control System in Hydroponics using Fuzzy Logic*". Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem pengendalian tingkat pH air pada tanaman bayam hidroponik menggunakan logika fuzzy. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino sebagai pusat pengendalian sistem. Metode fuzzy Mamdani digunakan untuk mengatur aliran larutan pH+ atau pH- pada larutan nutrisi hidroponik berdasarkan pembacaan pH saat ini dan setpoint pH yang diinginkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu menjaga tingkat pH air secara otomatis dengan akurasi yang baik.

(Satish dkk., 2018) pada penelitiannya "*Design of an Automatic pH Control System for Hydroponic Nutrient Solution Using Fuzzy Logic Controller*".

Penelitian ini focus pada desain dan implementasi sistem pengendalian pH otomatis untuk larutan nutrisi hidroponik menggunakan logika fuzzy. Penelitian ini menggunakan Arduino sebagai platform control dan sensor pH untuk mendeteksi nilai pH larutan nutrisi. Metode fuzzy mamdani digunakan untuk mengubah input pH menjadi sinyal kendali untuk mengatur dosis larutan pH+ atau pH- pada sistem hidroponik. Eksperimen ini menggunakan sistem hidroponik dan membandingkan kinerja sistem pengendalian fuzzy dengan pengendalian PID. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pengendalian fuzzy berhasil menjaga tingkat Ph pada rentang yang diinginkan dengan respons yang cepat dan stabil

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian

No	Riset	V ₁	V ₂	V ₃
1	<i>Design and Implementation of Arduino-Based Hydroponic System for Spinach Plant with pH Monitoring</i>	√	√	
2	<i>Design and Implementation of pH Control System in Hydroponics using Fuzzy Logic</i>	√	√	
3	<i>Design of an Automatic pH Control System for Hydroponic Nutrient Solution Using Fuzzy Logic Controller</i>	√	√	
4	Sistem Pengendali Tingkat Ph air pada tanaman bayam hidroponik berbasis mikrokontroler Arduino menggunakan metode <i>fuzzy mamdani</i>	√	√	√

Keterangan:

V₁ : Memberikan pemahaman/penjelasan yang jelas tentang pH air dan nutrisi

V₂ : Menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler

V₃ : Menyelesaikan masalah dengan cara membandingkan tingkat akurasi otomatis dan manual menggunakan metode fuzzy mamdani

Pada tabel 2.1 menunjukkan perbandingan penelitian sebelumnya dan penelitian yang dilakukan oleh penulis tentang sistem pengendali Tingkat H air pada tanaman bayam hidroponik berbasis mikrokontroler Arduino menggunakan metode *fuzzy mamdani*. Semua penelitian pada tabel 2.1 fokus pada implementasi sistem pengendalian pH otomatis pada hidroponik menggunakan mikrokontroler Arduino. Namun, penelitian pertama lebih umum dalam deskripsi tujuan dan

hasilnya tanpa implementasi suatu metode tertentu. Penelitian kedua dan ketiga lebih spesifik dengan menggunakan logika fuzzy dalam pengendalian pH. Penelitian keempat yang menjadi pembeda dengan penelitian terdahulu lainnya menggunakan logika fuzzy dalam menyelesaikan masalah dengan cara membandingkan tingkat akurasi otomatis dan manual.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang sudah dijelaskan, peneliti bermaksud untuk membuat sistem pengendali tingkat pH air pada tanaman bayam hidroponik berbasis mikrokontroler arduino menggunakan metode *fuzzy mamdani*. Metode *fuzzy mamdani* dipilih dalam penelitian ini karena memperoleh keputusan terbaik yang dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan *fuzzy*, aplikasi fungsi implikasi, dan komposisi aturan, serta *defuzzifikasi*. Metode *fuzzy mamdani* memiliki logika yang sederhana dan lebih akurat dalam menghasilkan suatu *output* berupa himpunan fuzzy. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini nantinya diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu referensi bagi petani dalam memudahkan pengendalian pH air secara otomatis berbasis mikrokontroler arduino pada budidaya hidroponik. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan teknologi pertanian, khususnya dalam pengelolaan pH air untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman hidroponik.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Tanaman Bayam

Tanaman Bayam (*Amaranthus sp.*) merupakan tanaman yang berasal dari Amerika Tropis. Bayam semula dikenal sebagai tanaman hias. Namun dalam

perkembangan selanjutnya bayam dipromosikan sebagai bahan pangan sumber protein dan vitamin yang digemari masyarakat. Bayam adalah tanaman sayur yang kaya akan protein, sumber pro vitamin A, B, C, serat dalam jumlah besar dan mengandung asam oksalat yang tinggi pada jaringan daun. Selain itu bayam juga kaya akan kandungan mineral, kalsium, zat besi, magnesium, fosfor dan kandungan hidrat arang yang cukup tinggi dalam bentuk serat solulosa yang tidak tercerna. Serat tidak tercerna ini berperan penting dalam membantu proses pencernaan lambung (Suarjana dkk., 2020).



Gambar 2.1 Tanaman Bayam (Suarjana dkk., 2020)

Gambar 2.1 adalah bayam hijau yang merupakan salah satu jenis tanaman hijau yang dibudidayakan dan dikonsumsi masyarakat luas. Jenis bayam ini mempunyai nilai ekonomis tinggi dibandingkan dengan jenis bayam lainnya disebabkan permintaannya yang cukup tinggi (Sunarjono, 2008). Mengingat bayam mempunyai banyak manfaat, baik sebagai bahan pangan dengan kandungan nutrisi tinggi maupun khasiatnya dalam mengobati beberapa penyakit sehingga mempunyai peran penting dalam mendukung kesehatan masyarakat. Dalam hal ini maka pertumbuhan dan produksinya perlu ditingkatkan (Setiawati dkk., 2018).

Tanaman Bayam tumbuh disepanjang tahun, pada umumnya tanaman bayam tumbuh pada suhu dan kelembaban kisaran 20 – 30 °C dan 65 – 70%. Sedangkan untuk pH yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman bayam berkisar 6 – 7,5 pH (Miawati, 2018). Tingkat konsentrasi nutrisi larutan yang baik untuk pertumbuhan sayur bayam ±900 – 1200 ppm. Angka dari konsentrasi nutrisi tanaman bayam tersebut didapat karena semakin lama usia tanaman, maka semakin besar konsumsi nutrisi (Irwanto & Roga, 2020). Nutrisi yang sering diberikan kepada tanaman bayam hidroponik yaitu AB Mix yang merupakan pupuk racikan yang terbuat dari bahan kimia, yang berfungsi sebagai nutrisi tanaman agar tanaman dapat tumbuh dengan baik (Pohan & Oktoyournal, 2019).

2.2.2 Hidroponik

Hidroponik secara harfiah berarti Hydro = air, dan phonic = pengerjaan, sehingga secara umum berarti sistem budidaya pertanian tanpa menggunakan tanah tetapi menggunakan air yang berisi larutan nutrisi dan atau bahan porous untuk pertumbuhannya. Budidaya hidroponik biasanya dilakukan di dalam rumah kaca (greenhouse) untuk menjaga pertumbuhan yang optimal dan benar-benar terlindungi dari unsur luar seperti air hujan, hama, penyakit, iklim dan lain-lain (Cahyono, 2014).

Bertanam secara hidroponik juga tidak jauh kemungkinan adanya kelebihan dan kekurangan dalam budidaya. Kelebihan dari sistem hidroponik adalah keberhasilan tanaman untuk tumbuh dan berproduksi lebih terjamin, perawatan lebih praktis dan gangguan hama lebih terkontrol, pemakaian pupuk lebih hemat, tanaman yang mati lebih mudah diganti dengan tanaman yang baru,

tidak membutuhkan banyak tenaga, harga jual hidroponik lebih tinggi, beberapa jenis tanaman dapat dibudidayakan di luar musim, tidak ada resiko banjir, erosi, kekeringan atau ketergantungan dengan kondisi alam, tanaman hidroponik dapat dilakukan pada lahan atau ruang yang terbatas, misalnya di atap, dapur atau garasi. Sedangkan kekurangannya adalah investasi awal yang mahal, memerlukan keterampilan khusus untuk menimbang dan meramu bahan kimia sebagai nutrisi, ketersediaan dan pemeliharaan perangkat hidroponik agak sulit (Roidah, 2014).

Budidaya secara hidroponik sangat memerlukan air, karena air merupakan faktor penting sebagai unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Meskipun air merupakan faktor penting untuk tanaman, penggunaannya juga harus dilakukan seefisien mungkin, karena semakin berkurangnya sumber air bersih. Penghematan air pada teknik hidroponik berarti juga merupakan penghematan pada penggunaan pupuk, sehingga dapat mengurangi biaya produksi (Wachajar, 2013).

2.2.3 PH

Ph (*Power of Hydrogen*) adalah ukuran kadar asam keasaman/basa (alkaline) suatu larutan dengan menghitung konsentrasi ion hydrogen dalam larutan tersebut. Suatu larutan dianggap asam apabila kadar pH lebih kecil dari 7.0 karena ukuran pH menggunakan skala logaritma, bukan linear, maka perbedaan konsentrasi ion hydrogen antara pH 3 dan pH 5 adalah 100x lipat, dan seterusnya.

	pH	Hydrogen Ion Concentration (mol/L)
	1	0.1
	2	0.01
acidic	3	0.001
	4	0.0001
	5	0.00001
	6	0.000001
neutral	7	0.0000001
	8	0.00000001
basic	9	0.000000001
	10	0.0000000001
	11	0.00000000001
	12	0.000000000001
	13	0.0000000000001
	14	0.00000000000001

Gambar 2.2 Kadar pH Swing (Tirto, 2015)

Gambar 2.2 adalah kadar pH yang dapat memengaruhi ketersediaan nutrisi pada tanaman, pH dapat mempengaruhi daya serap akar terhadap nutrisi., pH diatas 7.5 berpengaruh terhadap berkurangnya ketersediaan zat besi (Fe), manganese (Mn), tembaga (Cu), zinc (Zn), dan boron (Bo), dan pH dibawah 6.0 menyebabkan turunnya daya larut asam fosfat, kalsium (Ca), dan magnesium (Mg) serta pH antara 3-5 dan suhu larutan di atas 26°C mempercepat perkembangan penyakit yang disebabkan oleh jamur (fungus), salah satunya busuk akar (root rot).

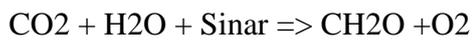
2.2.4 Faktor Penyebab pH Berubah (Swing)

a) Fotosintesis

Cahaya/sinar matahari pada pagi-siang hari adalah pemicu terjadinya proses fotosintesis. Dalam proses ini tanaman memproduksi dan menyimpan makanan dalam bentuk gula dan pati. Makanan ini dibutuhkan untuk membentuk sel-sel dinding dan pertumbuhan. Tanaman juga menghasilkan oksigen dengan menyerap air dari akar serta karbon (CO₂) dari udara. Dampak dari proses ini adalah pH berubah (*swing*) ke arah alkaline (basa). Biasanya pada siang hari

suhu/temperature larutan nutrisi juga ikut naik, dan hal ini sering menjadi salah kaprah bahwa suhu adalah penyebab pH berubah.

Secara teknis (simplifikasi):



Karbon dioksida + air + sinar => karbohidrat (gula) + oksigen

Hal-hal penting yang terjadi adalah pada saat ada Cahaya, pH condong ke tingkat lebih alkaline, butuh air (H₂O), butuh karbon (CO₂), melepas oksigen, memproduksi makanan, dan menyimpan energi.

b) Respirasi

Pada malam hari, saat matahari telah terbenam dan tidak ada Cahaya, proses fotosintesis berhenti dan tanaman hanya melakukan proses respirasi (pernafasan). Makanan (gula dan pati) yang disimpan pada saat proses fotosintesis kini dibakar dan dipakai untuk menghasilkan energi yang dibutuhkan untuk proses pertumbuhan. Proses pembakaran energi ini melepas CO₂. CO₂ yang larut dalam air (H₂O) akan menghasilkan asam karbonat (H₂CO₃), dan hal ini mengakibatkan pH berayun berubah ke tingkat lebih asam.

Secara teknis (Simplifikasi):



Karbohidrat (gula) + Oksigen => karbon dioksida + Energy

	PHOTOSYNTHESIS	RESPIRATION
Where?	Chloroplasts 	Mitochondria 
When?	In the presence of light 	All the time 
Input	Carbon dioxide and water 	Glucose and oxygen 
Output	Glucose and oxygen 	Carbon dioxide and water 
Energy sources	Light	Chemical bonds
Energy result	Energy stored	Energy released

Gambar 2.3 Proses Fotosintesis ke Respirasi (Tirto, 2015)

Gambar 2.3 adalah proses fotosintesis berubah ke respirasi (pernafasan) hal ini terjadi pada saat tidak ada sinar matahari (gelap) yang cukup untuk diberikan pada tanaman, makanan diubah (dibakar) menjadi energi, butuh oksigen, produksi air, dan karbon dioksida.

c) Media Tanam

Salah satu factor penyebab pH swing adalah media tanam atau metan. Bila anda menggunakan rockwool yang sangat populer dalam budidaya hidroponik atau jenis batuan mineral lainnya maka perlu anda pahami bahwa, rockwool dalam kondisi baru memiliki pH yang cukup tinggi (basa/alkaline), dan butuh untuk diturunkan/netralisir terlebih dahulu sebelum dapat dipakai sebagai media tanam. Caranya adalah dengan merendam rockwool baru selama 24 jam ke dalam air yang memiliki pH stabil 5.5 seperti Aquades, atau air suling /RO (reverse osmosis) seperti air bekas buangan AC.



Gambar 2.4 Media Tanam Rockwool (Tirto, 2015)

Gambar 2.4 adalah media tanam rockwool terbuat dari serat batu vulkanik atau batuan basal. Serat-serat ini diproses menjadi bahan padat berbentuk lembaran atau balok. Kelebihan utama rockwool adalah keberlanjutannya, kemampuan untuk menyediakan penyediaan air dan udara yang baik bagi tanaman.

d) Bakteri

Metan bukan satu-satunya penyebab pH berubah. Ada juga penyebab lain yang dapat membuat pH berubah ke tingkat lebih asam (*acid*) yaitu pada saat terjadinya proses pembusukan materi organik yang telah mati oleh bakteri. Proses pembusukan ini melepas ke dalam larutan nutrisi.

Bila pH larutan berubah ke tingkat yang lebih ekstrim seperti 3.5-4.5 itu berarti permasalahannya lebih disebabkan oleh karena penyakit, seperti busuk akar (*root rot*). Tergantung dari tingkat keparahannya, penyakit busuk akar masih mungkin untuk dapat disembuhkan dengan memberi perawatan H₂O₂ (hydrogen peroksida), dan memotong akar yang telah busuk dan mati.

e) Volume

Salah satu penyebab munculnya permasalahan dalam sistem hidroponik adalah ukuran tandon nutrisi yang dipakai terlalu kecil untuk jenis dan jumlah tanamannya. Pada saat tanaman kecil, kita sering lupa kalau mereka akan tumbuh besar. Pada saat mereka telah besar, mereka membutuhkan air, oksigen dan nutrisi dalam jumlah yang lebih banyak.

Menentukan kapasitas /ukuran tandon:

- 1) Hitung jumlah tanamannya
- 2) Besar tanaman Ketika mereka dewasa

Rumus kasar untuk ukuran “ minimum” tandon nutrisi hidroponik:

- 1) Tanaman ukuran kecil, minimum 0,5 galon/tanaman
- 2) Tanaman ukuran medium, minimum 1-1,5 galon/tanaman
- 3) Tanaman ukuran besar, minimum 2,5 galon/tanaman*1 galon = 3,8 liter

2.2.5 Arduino Uno (ATMega328)

Arduino Uno merupakan board mikrokontroler yang berbasis ATMega328. Arduino mampu mengontrol rangkaian elektronik yang pada umumnya dapat menyimpan program serta open source. Bagian-bagian penting dalam Arduino Uni diantanya adalah I/O, IC (Integrated Circuit), Analog to Digital Converte (ADC), dan memori.



Gambar 2.5 Pin Map Arduino (akuarduino.blogspot.com)

Gambar 2.5 adalah pin map Arduino yang merupakan Langkah penting dan utama dalam setiap proyek Arduino dan membantu memastikan bahwa perangkat keras berinteraksi dengan papan Arduino sesuai dengan harapan. Setiap papan Arduino memiliki lembar referensi pinout yang mendetail untuk membantu dalam proses ini tergantung dari kebutuhan sistem.

2.2.6 Mikrokontroler Arduino

Arduino merupakan rangkaian elektronik yang bersifat *open source*, serta memiliki perangkat keras dan lunak yang mudah untuk digunakan. Arduino dapat mengenali lingkungan sekitarnya melalui berbagai jenis sensor dan dapat mengendalikan lampu, motor, dan berbagai jenis actuator lainnya. Arduino mempunyai banyak jenis, di antaranya Arduino Uno, Arduino Mega 2560, Arduino Fio dan lainnya.

Arduino Uno adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 (*datasheet*). Arduino Uno mempunyai 14 pin digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input analog*, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan

sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkan ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya (Arduino Introduction, 2015).

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 kedalam *DFU mode*. Revisi 3 dari *board* Arduino Uno memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut (Santoso, 2015):

1. *Pin-out* 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 kedepannya, *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.
2. Atmega 16U2 menggantikan 8U2.
3. Sirkuit Reset yang lebih kuat.

2.2.7 Module pH Meter Sensor

Modul ini merupakan modul yang digunakan untuk menangkap sinyal inputan berupa data pH meter suatu cairan. Modul ini memang difungsikan pada berbagai pengaplikasian seperti aquaponik, hidroponik dan lain-lain.



Gambar 2.6 pH Meter (techtonics.in)

Gambar 2.6 merupakan sensor pH yang dirancang untuk mengukur tingkat keasaman atau alkalinitas dalam suatu larutan, termasuk air. Sensor pH bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia. Sensor ini menggunakan elektroda khusus yang responsif terhadap konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam larutan. Elektroda ini menghasilkan potensial listrik yang berubah sesuai dengan konsentrasi ion hidrogen.

Tabel 2.2 Spesifikasi Probe pH (techtonics.in)

Parameter	Keterangan
Range deteksi pH	0 - 14
Suhu	5 - 60 ° C
pH netral	pH $7 \pm 0,5$
Waktu Respon	< 2 menit
Internal Resistance	< 250M Ω

Lanjutan Tabel 2.2

Panjang kabel probe	1 meter
Lifetime pada Probe	> 0,5 thn (lihat penggunaan)

Tabel 2.2 menunjukkan spesifikasi probe pH yang mengacu pada berbagai karakteristik dan parameter teknis yang dimiliki oleh probe pH, yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau alkalinitas dalam suatu larutan. Rentang nilai pH yang dapat diukur oleh probe pH. Misalnya, probe mungkin memiliki rentang pengukuran dari pH 0 hingga 14. Kemudian rentang suhu 5- 60⁰ C Dimana probe pH dapat beroperasi secara efektif tanpa menghasilkan hasil yang terlalu terpengaruh oleh fluktuasi suhu. Sebagaimana yang ada dalam table 2.1.

2.2.8 Metode Fuzzy Mamdani

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama metode Max-Min. metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Kusuma Dewi, 2003). Untuk mendapatkan output diperlukan beberapa tahapan, antara lain:

1) Pembentukan Himpunan fuzzy

Menentukan semua variable yang terkait dalam proses yang akan ditentukan. Untuk masing-masing variabel input, tentukan suatu fungsi fuzzifikasi yang sesuai. Pada Metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

2) Aplikasi Fungsi Implikasi

Menyusun basis aturan, yaitu aturan-aturan berupa implikasi-implikasi fuzzy yang menyatakan relasi antara variabel input dengan variabel output Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3) Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila system terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan kolerasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu max, additive dan probabilistik OR (probor).

a) Metode MAX (Maximum)

Metode Max (Maximum) mengambil solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengapilaskannya ke output dengan menggunakan operator OR (union). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiaptiap proporsi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[xi] = \max (\mu_{sf}[xi], \mu_{kf}[xi]) \quad (2.1)$$

Keterangan:

$\mu_{sf} [xi]$ = nilai keanggotaan solusi Fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf} [xi]$ = nilai keanggotaan konsekuen Fuzzy aturan ke-I;

Jadi, secara umum, rumus (1) menggambarkan langkah penggabungan dari dua hasil fuzzy (*secondary firing dan knowledge firing*) untuk suatu variabel xi. Dengan memilih nilai maksimum yang dapat diambil dari hasil yang paling kuat atau paling tinggi di antara kedua hasil tersebut.

Dalam sistem inferensi fuzzy, sering kali aturan-aturan fuzzy akan menghasilkan sejumlah derajat keanggotaan untuk suatu kondisi atau hasil tertentu. Kemudian, dalam langkah *agregasi* ini, nilai-nilai tersebut digabungkan untuk

mendapatkan hasil akhir yang akan digunakan dalam proses selanjutnya, seperti *defuzzifikasi*.

b) Metode SUM (Additive)

Metode *Additive (Sum)* mengambil solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[xi] = \min (1, \mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi]) \quad (2.2)$$

Keterangan:

$\mu_{sf} [xi]$ = nilai keanggotaan solusi Fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf} [xi]$ = nilai keanggotaan konsekuen Fuzzy aturan ke-i;

Rumus (2) mewakili suatu proses untuk mempertahankan nilai derajat keanggotaan di bawah atau sama dengan 1. Secara konseptual, proses ini sering digunakan dalam tahap *agregasi* atau penggabungan hasil aturan fuzzy dalam sistem inferensi. Nilai 1 dalam operasi $\min (1, \mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi])$ berfungsi sebagai pembatas atas untuk memastikan bahwa derajat keanggotaan tidak melebihi 1.

c) Metode Probor (Probabilistik OR)

Metode Probabilitik OR (probor) mengambil solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output daerah fuzzy.

$$\mu_{sf}[xi] = (\mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi]) - (\mu_{sf}[xi] * \mu_{kf}[xi]) \quad (2.3)$$

Keterangan:

$\mu_{sf} [xi]$ = nilai keanggotaan solusi Fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf} [xi]$ = nilai keanggotaan konsekuen Fuzzy aturan ke-I;

Secara konseptual, rumus (3) adalah pemodelan interaksi atau kombinasi antara dua kondisi atau aturan fuzzy. Pada dasarnya, rumus ini mengekspresikan

ide bahwa hasil akhirnya adalah hasil penjumlahan dari derajat keanggotaan dua kondisi dikurangi hasil perkaliannya. Rumus ini memiliki karakteristik khusus yang mengakomodasi efek dari aturan fuzzy yang bersifat "and" atau "min".

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai beberapa tahapan penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini. Sistem yang akan dibangun pada penelitian ini adalah sistem pengendali pH air pada tanaman bayam dengan teknik hidroponik serta monitoring pada sebuah aplikasi android dengan mengimplementasikan metode *fuzzy mamdani*. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah seperti gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Alur penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan alur penelitian yang akan dilakukan oleh penulis, dimulai dari analisis masalah apa saja yang akan diteliti, studi *literature* sebagai

bahan pendukung dalam penelitian ini untuk memperoleh data kemudian data akan dikumpulkan selanjutnya merancang sistem untuk membuat alat baik itu perangkat keras ataupun perangkat lunak, dan penerapan metode *fuzzy mamdani*, pengujian sistem ketika semua alat sudah siap serta kesimpulan yang didapatkan dalam penelitian ini.

3.1 Analisis Masalah

Analisis masalah dilakukan untuk mengetahui suatu permasalahan yang ada, Adapun hasil analisis masalah adalah ketidak efektifan suatu sistem pada hidroponik yang dilakukan secara manual khususnya dalam hal monitoring dan otomasi penyiraman, pengaturan pH dan pengaturan nutrisi. Berdasarkan hal tersebut, peneliti ingin membuat suatu sistem monitoring dan otomatisasi menggunakan bantuan arduino yang nanti perhitungan hasilnya menggunakan metode *fuzzy mamdany*. Tujuannya adalah untuk mempermudah proses monitoring dan untuk mengetahui tingkat akurasi sistem yang dibuat berbasis mikrokontroler arduino dengan metode *Fuzzy mamdany*.

3.2 Studi Literatur

Tahap awal dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur tentang sistem hidroponik, pengendalian pH pada hidroponik, mikrokontroler Arduino, dan metode fuzzy Mamdani. Pustaka-pustaka terkini, jurnal ilmiah, dan sumber-sumber referensi lainnya akan digunakan untuk memahami konsep dasar dan kerangka teori yang relevan dengan penelitian ini. Informasi yang diperoleh dari studi literatur

akan digunakan sebagai landasan teoritis untuk merancang dan mengembangkan sistem pengendali Ph.

3.3 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan beberapa data di penelitian ini, diperoleh dari dua sumber data berikut ini:

a) Data Primer

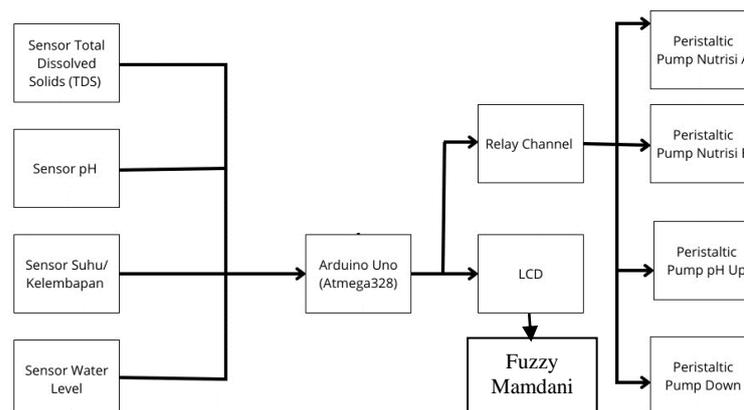
Data primer merupakan data yang didapatkan secara langsung oleh peneliti dari penelitian yang dilakukan atau dari suatu objek penelitian yang diteliti. Data yang diperoleh yakni pH dari tanaman bayam dengan menggunakan sensor Ph. Nutrisi dari sensor TDS. Kemudian dari data tersebut akan diolah pada proses berikutnya dari s

a. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang sifatnya sebagai pendukung, dan cara memperoleh juga secara tidak langsung atau dalam artian diperoleh dari jurnal dan penelitian-penelitian terkait, Adapun data yang diperoleh mengenai mikrokontroller

3.4 Perancangan Sistem

Desain alur sistem dibuat agar dapat mudah dipahami dalam alur Kerja sistem yang dibuat. Adapun gambaran secara umum sistem yang dibuat seperti gambar 3.2 berikut.

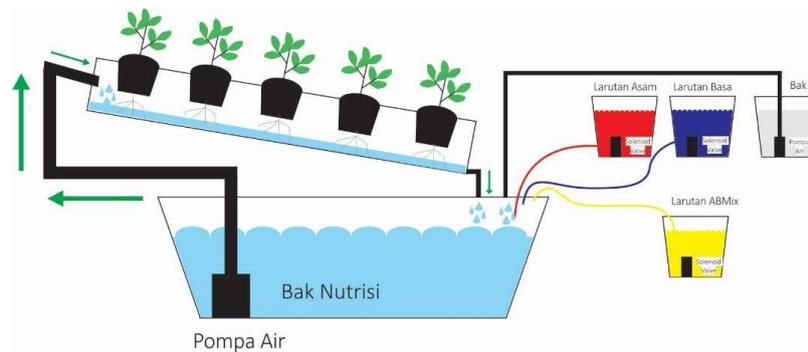


Gambar 3.2 Gambaran Umum Sistem

Prinsip kerja alat pada gambar 3.2 adalah Arduino bertindak sebagai pusat kontrol yang terintegrasi dengan fuzzy logic, terdapat 4 buah input sistem berupa sensor TDS, Sensor pH, Sensor suhu, dan sensor water level. Output berupa pump dengan perantara relay yang mendapat sinyal dari arduino, dan LCD untuk menampilkan tampilan nilai pembacaan atau nilai output pada sistem.

3.4.1 Desain Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique)

Pada penelitian ini menggunakan prototype hidroponik NFT. Untuk ilustrasi bagaimana alat tersebut bekerja ditunjukkan pada gambar 3.3. Gambaran hidroponik NFT akan dibuat seperti pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 3 Rangkaian Hidroponik NFT

Cara kerja sistem NFT pada gambar 3.3 adalah dengan mengalirkan larutan nutrisi yang dangkal, setipis lapisan *film* (0,5 mm), secara terus menerus (berulang) dengan menggunakan pompa. Larutan nutrisi yang disediakan ada 4 larutan yaitu larutan pH Up, pH Down, nutrisi A, dan Nutrisi B.

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

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Hidroponik NFT

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

Pada tabel 3.1 adalah alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini. Tanaman ditumbuhkan pada potongan *rockwool* atau spons setebal $\pm 5-7$ cm kemudian ditegakkan dalam lubang *gully*. Tanaman dapat pula ditumbuhkan pada potongan *rockwool* atau spons berukuran kecil (2 x 2 x 2 cm), yang dimasukkan ke

dalam pot kecil (*netpot*), kemudia *netpot* dimasukkan ke dalam lubang-lubang *gully*. *Rockwol* dan *netpot* harus menyentuh aliran nutrisi yang mengalir dalam *gully* supaya akar tanaman dapat menyerap hara mineral yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Setelah itu Ketika tanaman berusia 2-3 minggu akan dipindahkan ke aqua bekas yang sudah dilubangi dan akan diberikan nutrisi melalui pompa yang selangnya sudah terhubung ke botol aqua.

3.4.2 Kalibrasi Larutan

Kalibrasi larutan dimaksudkan untuk mencari volume larutan untuk menaikkan kadar nutrisi dan pH pada rentang tertentu. Kalibrasi larutan dilakukan dengan pengukuran tingkat akurasi pendosisan dan penyaluran larutan pH dan nutrisi. Pengukuran tingkat akurasi pendosisan dan penyaluran larutan pH dan nutrisi menggunakan gelas ukur. Pengukuran dilakukan dengan cara mengambil sampel larutan yang berasal dari keluaran *peristaltic pump*, lalu mencocokanya dengan data pengujian dosis dan kualitas larutan. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan nilai *output* pada *fuzzy logic* yang akurat dan presisi. Sebagaimana menurut hasil penelitian (Hamdani dkk., t.t.) dalam uji coba kalibrasi larutan nutrisi dan pH di tabel 3.2, tabel 3.3, dan table 3.4 dibawah ini.

Tabel 3.2 Kalibrasi Larutan Nutrisi (Hamdani dkk., t.t.)

No	Larutan Nutrisi A mix B	Nilai PPM Awal	Nilai PPM Akhir	Selisih
1.	5 ml A + 5 ml B	370	1134	764
2.	5 ml A + 5 ml B	366	1185	819
3.	5 ml A + 5 ml B	373	1176	803
4.	5 ml A + 5 ml B	383	1293	910
5	5 ml A + 5 ml B	383	1400	1.017
6.	5 ml A + 5 ml B	388	1262	874
7.	5 ml A + 5 ml B	378	1300	922
8	5 ml A + 5 ml B	387	1333	946

Lanjutan Tabel 3.2

9.	5 ml A + 5 ml B	383	1221	838
10.	5 ml A +	387	1342	955
11	5 ml B			
Rata-Rata		884,8	Total	8.848

Pada table 3.2 adalah hasil kalibrasi larutan nutrisi dimana terdapat nilai ppm awal yang merupakan nilai murni air sebelum diberikan larutan nutrisi AB Mix. Setelah diberikan larutan sebesar 10 ml, masing-masing larutan nutrisi A 5 ml + B 5 ml kemudian mendapatkan nilai PPM akhir dan selisih setelah di kalibrasi cukup besar yaitu 8.848 PPM dari total 11x percobaan.

Tabel 3.3 Kalibrasi Larutan pH Up (Hamdani dkk., t.t.)

No	Larutan pH UP	Nilai pH Awal	Nilai pH Akhir	Selisih
1.	5 ml	7,09	9,55	2,46
2.	5 ml	6,96	9,30	2,34
3.	5 ml	7,30	9,44	2,14
4.	5 ml	7,52	9,98	2,46
5	5 ml	7,26	9,76	2,50
6.	5 ml	7,11	9,64	2,53
7.	5 ml	7,23	9,72	2,49
8	5 ml	7,35	9,60	2,25
9.	5 ml	7,15	9,52	2,37
10.	5 ml	7,13	9,71	2,58
RATA-RATA		2,412	TOTAL	24,12

Pada table 3.3 adalah hasil kalibrasi larutan Ph Up dimana terdapat nilai pH awal yang merupakan nilai murni air sebelum diberikan larutan tambahan Ph

uP. Ketika $\text{pH} \geq 7$ artinya pH dalam kondisi basa. Larutan pH Up diberikan sebesar 5 ml, kemudian mendapatkan nilai pH akhir dan selisih setelah di kalibrasi cukup besar yaitu 24,12 dari total 10x percobaan.

Tabel 3.4 Kalibrasi Larutan pH Down (Hamdani dkk., t.t.)

No	Larutan pH DOWN	Nilai pH Awal	Nilai pH Akhir	Selisih
1.	5 ml	9,55	8,10	1,45
2.	5 ml	8,10	6,96	1,14
3.	5 ml	9,30	7,87	1,13
4.	5 ml	7,87	7,05	0,82
5	5 ml	9,44	7,52	1,92
6.	5 ml	7,60	6,61	0,99
7.	5 ml	9,64	8,51	1,13
8	5 ml	9,86	8,80	1,04
9.	5 ml	7,36	6,43	0,93
10.	5 ml	7,58	6,61	0,97
RATA-RATA		1,152	TOTAL	11,52

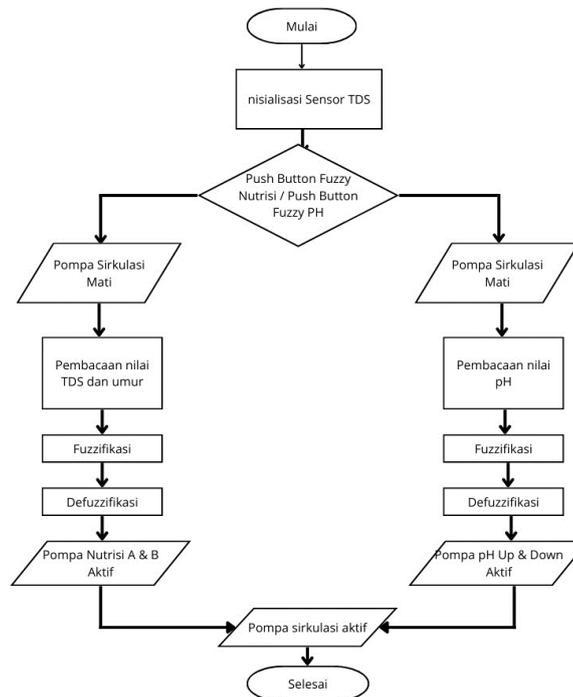
Pada table 3.4 adalah hasil kalibrasi larutan Ph Down dimana terdapat nilai pH awal yang merupakan nilai murni air sebelum diberikan larutan tambahan Ph uP. Ketika $\text{pH} \leq 7$ artinya pH dalam kondisi asam. Larutan pH Down diberikan sebesar 5 ml, kemudian mendapatkan nilai pH akhir dan selisih setelah di kalibrasi cukup kecil yaitu 11,52 dari total 10x percobaan.

3.5 Penerapan Metode *Fuzzy Mamdani*

Penerapan metode *fuzzy mamdani* dibagi menjadi 2 diagram yaitu sistem kerja *fuzzy logic mamdani* dan yang kedua diagram alir cara kerja alat.

3.5.1 Diagram Alir *Fuzzy Logic Mamdani*

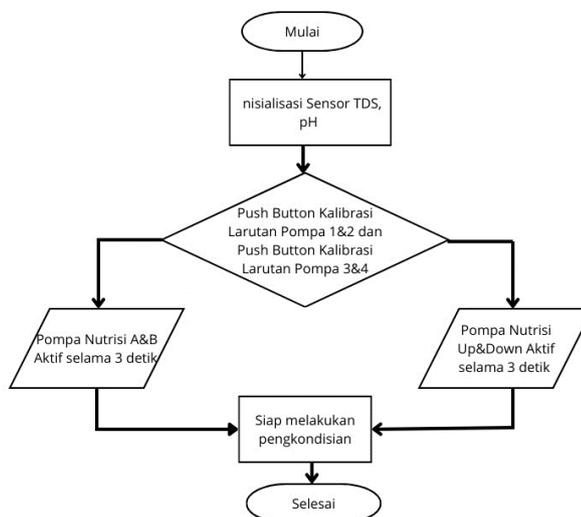
Proses pengkondisian kualitas air bermula dengan *input* berupa *push button*. *Push button fuzzy logic* digunakan untuk memulai pengkondisian TDS atau pengkondisian pH.



Gambar 3.4 Flowchart Fuzzy Logic Mamdani

Pada gambar 3.4 alur dari penerapan fuzzy mamdani dimulai dari pembacaan kadar Nutrisi yang akan dibaca oleh sensor TDS. Jika sensor mendeteksi nilai PPM kurang dari yang dibutuhkan oleh tanaman maka pompa akan ON , sebaliknya jika sensor mendeteksi nilai PPM lebih dari yang dibutuhkan tanaman maka pompa akan OFF. Hasil dari pembacaan nilai PPM akan dibandingkan Tingkat akurasi menggunakan metode *fuzzy mamdani* dalam proses *fuzzifikasi* dan *defuzzifikasi*.

3.5.2 Diagram Alir Sistem Kerja Alat



Gambar 3.5 Flowchart Sistem Kerja Alat

Gambar 3.5 menunjukkan sistem kerja alat sebelum melakukan pengkondisian kualitas air menggunakan metode kontrol *fuzzy logic mamdani*. Pengguna harus menentukan input umur tanaman dengan menekan push button umur. Setelah input umur telah dimasukkan, pengguna harus melakukan kalibrasi larutan pada peristaltic pump agar larutan dapat memenuhi seisi selang yang tersambung pada peristaltic pump dengan menekan push button, sehingga alat siap memasuki tahap pengkondisian.

3.5.3 Kebutuhan Sistem

Pada tahap ini, data kebutuhan sistem yang relevan dengan penerapan metode Fuzzy Mamdani dikumpulkan. Data ini mencakup variabel masukan (input), variabel keluaran (output), fungsi keanggotaan (membership functions), pembentukan aturan fuzzy yang akan digunakan dalam metode Fuzzy Mamdani.

Data kebutuhan sistem diperoleh melalui studi literatur, dan observasi terhadap sistem hidroponik yang sudah beroperasi.

A. Variabel Masukan (Input)

Dalam sistem pengendali pH hidroponik, dua variabel masukan yang dipertimbangkan adalah:

1. pH Air (Variabel Masukan 1):

- a) Rentang Nilai: [0, 14]
- b) Fungsi Keanggotaan: rendah (R), sedang (S), tinggi (T)

2. Error pH (Variabel Masukan 2):

- a) Rentang Nilai: [-7, 7]
- b) Fungsi Keanggotaan: negatif besar (NB), negatif sedang (NS), nol (ZO), positif sedang (PS), positif besar (PB)

B. Variabel Keluaran (Output)

Variabel keluaran dalam sistem ini adalah:

1. Kendali Pompa pH+ (Variabel Keluaran):

- a) Rentang Nilai: [0, 1]
- b) Fungsi Keanggotaan: rendah (R), sedang (S), tinggi (T)

2. Kendali Pompa pH- (Variabel Keluaran):

- a) Rentang Nilai: [0, 1]
- b) Fungsi Keanggotaan: rendah (R), sedang (S), tinggi (T)

3.5.4 Fuzzy Rules

Berdasarkan data kebutuhan sistem, langkah selanjutnya adalah pembentukan aturan fuzzy yang menggambarkan logika pengendalian. Aturan fuzzy berisi kombinasi kondisi dari variabel masukan yang akan menghasilkan kendali pada variabel keluaran.

Contoh aturan fuzzy:

Rule 1: IF pH Air rendah AND Error pH negatif besar THEN Kendali Pompa pH+ tinggi

Rule 2: IF pH Air tinggi AND Error pH nol THEN Kendali Pompa pH+ rendah

Rule 3: IF pH Air sedang AND Error pH nol THEN Kendali Pompa pH+ sedang

Rule 4: IF pH Air tinggi AND Error pH positif besar THEN Kendali Pompa pH- tinggi.

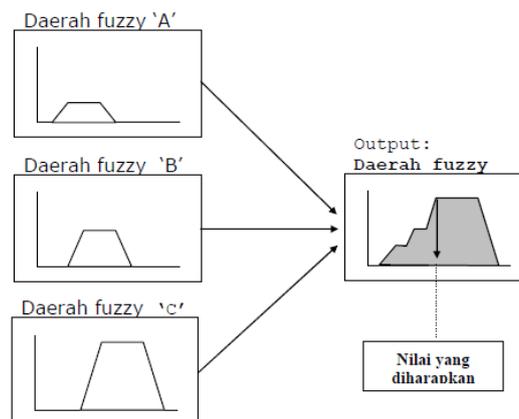
3.5.5 Fuzzifikasi

Desain fuzzifikasi dalam perancangan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Fuzzifikasi sistem yang akan dibuat berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan dan spesifikasi sistem pada bagian sebelumnya. Perancangan dan pembuatan metode fuzzy logic digunakan dalam proses pengendalian sistem pengkondisian nutrisi dan pH, maka dibutuhkan simulasi dengan menentukan input dan rules, untuk hasil mendapatkan output berupa delay yang diinginkan. Output pada rancangan ini berupa delay aktifnya peristaltic pump. Delay peristaltic pump disesuaikan dengan kalibrasi larutan dan kalibrasi waktu peristaltic pump menyala dalam menyalurkan larutan nutrisi dan pH. *Fuzzy input* didesain untuk setiap

kondisi kadar nutrisi dan pH air destilasi. *Fuzzy output* di desain berdasarkan hasil kalibrasi larutan nutrisi A mix B dan larutan pH *Up* dan pH *Down*.

3.5.7 Defuzzifikasi

Defuzzyfikasi atau penegasan adalah langkah terakhir yang digunakan dalam perhitungan fuzzy. Nilai input yang telah diperoleh kemudian diproses dengan perhitungan yang kemudian diolah dalam fuzzyfikasi. Setelah diolah dalam fuzzyfikasi kemudian selanjutnya menentukan atau membuat rule base sistem yang merupakan suatu aturan dalam fuzzy untuk kemudian diproses dalam tahap akhir yaitu defuzzyfikasi untuk mendapatkan nilai crisp. Gambaran proses defuzzifikasi dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Proses Defuzzifikasi (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

Dalam penelitian ini digunakan metode Centroid. Metode centroid dapat disebut Center of Area (Center of Gravity) adalah metode yang paling lazim dan paling banyak diusulkan oleh banyak peneliti untuk digunakan. Pada metode centroid solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan:

$$Z^* = \frac{\int z \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz}$$

defuzzifikasi untuk variable kontinu pada nilai-nilai diskrit (3.1)

$$Z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)}$$

defuzzifikasi pada variabel diskrit (3.2)

Keterangan:

$\mu(z)$: nilai keanggotaan dari suatu variabel linguistik

$\int z \mu(z) dz$: Nilai rata-rata dari variabel fuzzy

$\int \mu(z) dz$: Luas total di bawah kurva fungsi keanggotaan

$\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)$: jumlah nilai diskrit yang telah diberi bobot oleh nilai keanggotaan

$\sum_{j=1}^n \mu(z_j)$: jumlah total nilai keanggotaan dari variabel fuzzy

Rumus (4) adalah suatu bentuk *defuzzifikasi* untuk variabel kontinu yang diukur pada nilai-nilai diskrit. Defuzzifikasi adalah tahap akhir dalam sistem inferensi fuzzy, di mana output fuzzy yang diperoleh dari aturan fuzzy diubah menjadi nilai konkret atau crisp yang dapat digunakan dalam keputusan atau tindakan lebih lanjut. Jadi, secara keseluruhan, rumus ini menggambarkan nilai rata-rata dari variabel kontinu $\mu(z)$ berdasarkan hasil dari fungsi keanggotaan *fuzzy* $\mu(z)$ pada setiap nilai z , dibagi dengan total derajat keanggotaan.

Rumus (5) adalah suatu bentuk *defuzzifikasi* untuk variabel diskrit. (z_j) mewakili nilai-nilai diskrit yang mungkin untuk variabel output, dan $\mu(z_j)$ adalah derajat keanggotaan yang sesuai dengan nilai yang akan menghasilkan suatu nilai tunggal Z^* yang mewakili output crisp berdasarkan pada himpunan fuzzy dan derajat keanggotaan yang diberikan oleh aturan fuzzy dalam sistem inferensi fuzzy.

3.6 Pengujian Sistem

Tahap pengujian akan dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengendali tingkat pH pada tanaman bayam hidroponik. Pengujian akan mencakup pemantauan dan analisis terhadap tingkat pH air pada sistem hidroponik dalam berbagai kondisi. Parameter yang akan dievaluasi meliputi respons sistem terhadap perubahan pH, akurasi pengendalian, dan kestabilan sistem dalam menjaga pH pada nilai setpoint yang diinginkan dan data yang diperoleh dari pengujian akan dianalisis menggunakan metode statistik untuk mendapatkan informasi tentang kinerja sistem pengendali. Hasil analisis akan digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian sistem dalam mengendalikan pH pada sistem hidroponik dan mendukung validitas hasil penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai implementasi dari hasil perancangan sistem serta perangkat keras (rangkaian kendali) yang telah dibuat, berikut penjelasan.

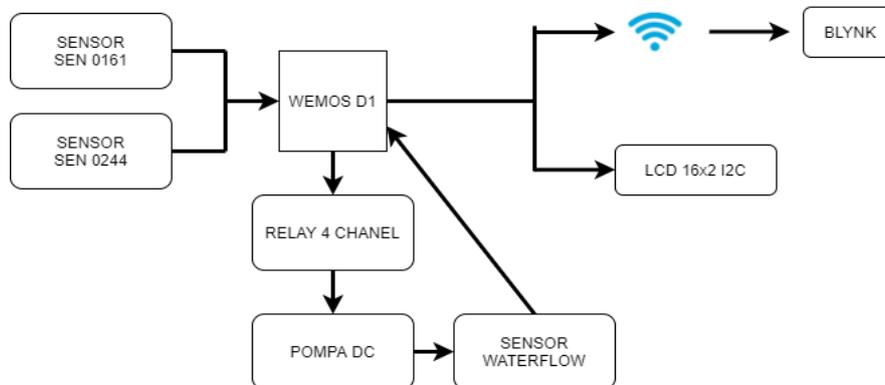
4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini akan membutuhkan alat dan bahan yang terdiri dari hardware dan software. Hardware meliputi mikrokontroler Wemos D1 ESP8266, sensor SEN0161, sensor SEN0244, sensor waterflow, LCD 16x2 I2C, Relay 4 channel, Buck Converter 5V 3A, modul ads1115, power supply 12V 5A, mini pump DC, selang, kabel, stekker, pin header, kabel jumper, mata bor, bak penampungan air, instalasi hidroponik, botol bekas, benih, pupuk nutrisi AB mix, cairan pengatur keasaman pH Up (basa) dan Ph Down (Asam). Software yang digunakan meliputi Blynk Android, Arduino IDE dan Matlab.

4.2 Rancangan Sistem

Perancangan sistem monitoring pH, Kandungan Nutrisi, dan kontrol pada sistem pertanian hidroponik dengan menggunakan aplikasi Blynk ini terdiri dari 4 tahap yakni perancangan blok diagram sistem, perancangan konstruksi alat, perancangan perangkat keras, dan penyusunan perangkat lunak.

4.2.1 Rancangan Blok Diagram Sitem

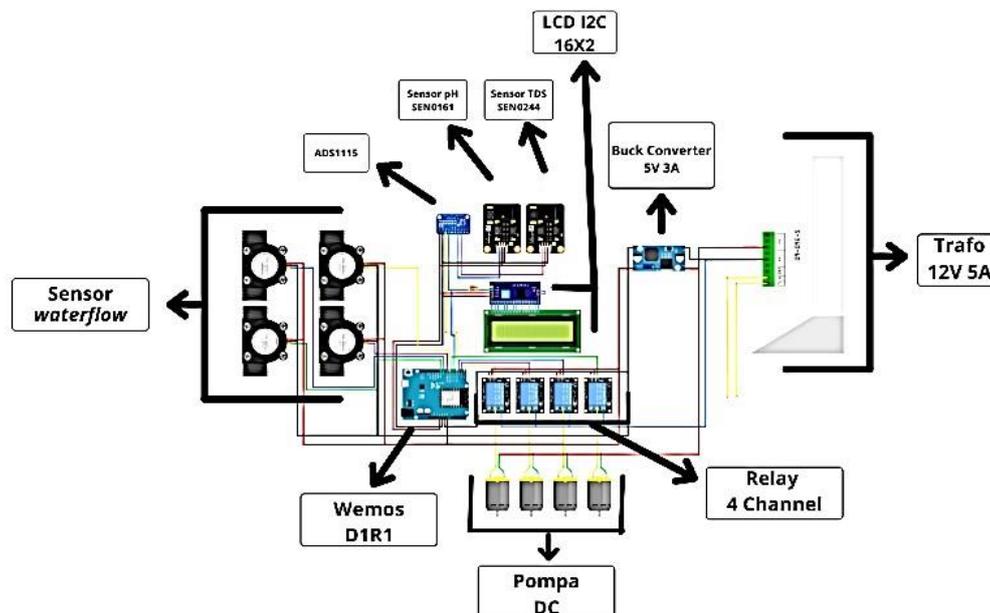


Gambar 4.1 Blok Diagram rancangan system

Gambar 4.1 merupakan blok diagram sistem dengan Wemos D1 menjadi mikrokontrolernya. Sensor yang digunakan pada sistem ini antara lain SEN0244 sebagai pembaca kadar nutrisi/TDS (*Total Dissolved Solid*) dengan satuan PPM, sensor SEN0161 untuk membaca kadar pH, lalu *Waterflow* sensor untuk menentukan debit cairan (mililiter) pH dan cairan nutrisi yang akan dialirkan ke bak penampungan air media Hidroponik. Setelah melakukan pembacaan sensor maka hasilnya akan ditampilkan pada LCD 16x2 i2C dan dikirimkan ke Blynk pengguna. Disisilain mikrokontroler juga akan melakukan perbandingan data, apabila hasil pembacaan tidak sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan nilai pH dan TDS nya, maka Wemos D1 secara otomatis akan mengaktifkan *relay* yang akan menghidupkan pompa yang terhubung dengan bak cairan pH dan nutrisi dengan sensor *waterflow* sebagai acuan untuk batasan debit yang akan dikeluarkan. Cara kerjanya apabila pH bernilai dibawah *setpoint* maka pompa pH *Up* akan menyala begitu sebaliknya, dan apabila kadar nutrisi (TDS) terbaca nilai dibawah *setpoint* maka kedua pompa nutrisi A dan B akan menyala bersamaan.

4.2.2 Rancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras (*Hardware*) dari alat ini dapat dilihat dari gambar dibawah.

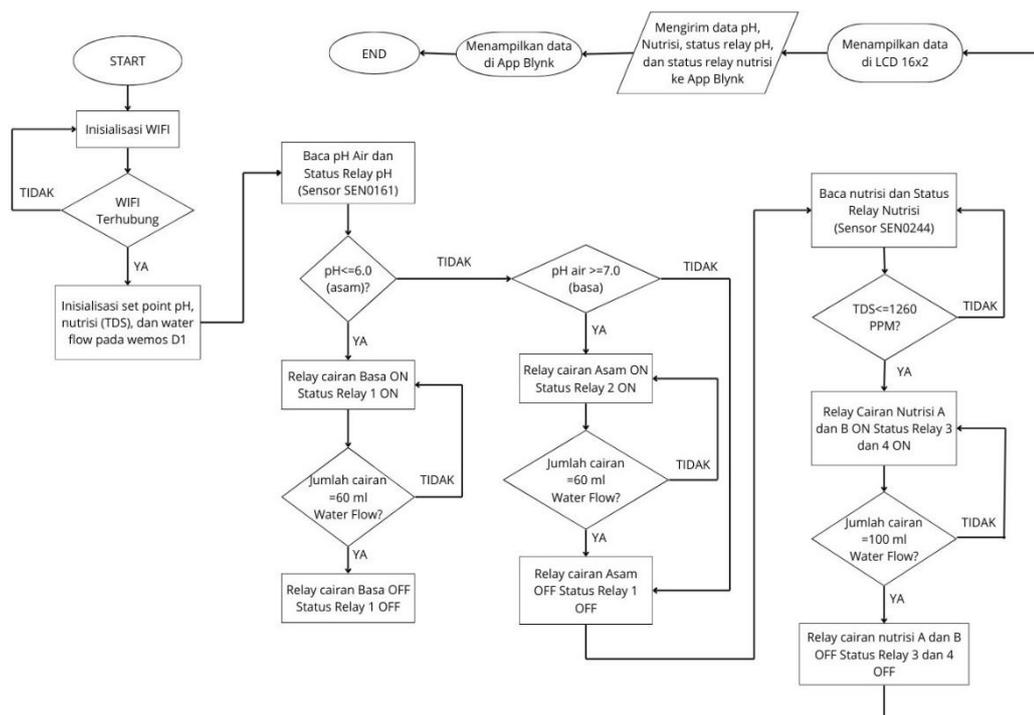


Gambar 4.2 Perancangan perangkat keras (*Hardware*) (Salwa, 2021)

Gambar 4.2 adalah rancangan perangkat keras yang akan digunakan dalam penelitian ini. Ada empat input yang akan diberikan yaitu: sensor TDS, sensor pH, sensor suhu/kelembapan, sensor level air. Hasil pembacaan dari 4 sensor ini akan ditampilkan di LCD yang berukuran 16x2 cm. terdapat 4 pompa DC yaitu Ph Up, pH Down, TDS A, dan TDS B yang akan otomatis menyala sesuai dari set point yang di setting di wemos D1R1. Akan dihubungkan ke Listrik melalui trafo 12 V dan 5A.

4.1.3 Rancangan Perangkat Lunak

Rancangan perangkat lunak dibuat berdasarkan logika yang disusun dengan dasar prinsip kerja mikrokontroler yakni Wemos D1 dapat dilihat dari diagram alur pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Flowchart monitoring dan kontrol otomatis

Gambar 4.3 merupakan diagram alur logika dari sistem perangkat lunak. Alat hanya dapat bekerja ketika sudah terkoneksi dengan jaringan internet. Ketika koneksi internet terputus, alat akan berhenti bekerja dan jika waktu terputus lebih dari 2 menit, maka alat akan otomatis *mereset*. Setelah alat terhubung dengan internet, maka sensor akan mulai membaca kadar pH dan nutrisi (TDS) dalam bak sirkulasi air. Kemudian, hasil pembacaan akan ditampilkan pada LCD dan dikirimkan ke server *Blynk* untuk ditampilkan pada aplikasi *Blynk* pengguna. Sehingga, pada *Blynk* pengguna akan muncul notifikasi berupa kadar pH dan PPM

berupa grafik. Setelah data ditampilkan, data akan dibandingkan dengan *setpoint* yang telah ditetapkan yakni 6,0 -7,0 untuk pH dan 540 ppm untuk kadar nutrisi (TDS). Apabila pH di bawah 6,0 berarti media terlalu asam sehingga pompa 1 akan menyala untuk mengalirkan cairan basa, jika pH di atas 7,0 , maka pompa 2 berisi cairan asam akan menyala. Begitu pula dengan cairan nutrisi. Apabila kadar nutrisi di bawah 540 ppm, maka pompa 3 dan 4 akan menyala bergantian untuk mengalirkan cairan pupuk AB *Mix*. Untuk *waterflow* sensor sendiri fungsinya mengatur debit cairan yang dialirkan oleh pompa yakni sebesar 60 ml untuk masing-masing cairan asam dan basa yang akan memberikan perubahan pada media air senilai pH 2. Untuk masing masing cairan nutrisi A dan B *mix* diberikan 100 ml dengan aturan pakai adalah 1 ml larutan utrisi untuk 1 liter media air untuk mendapatkan kenaikan 200 ppm (Sakura, 2014). Media air yang digunakan penulis adalah sebanyak 10 liter.

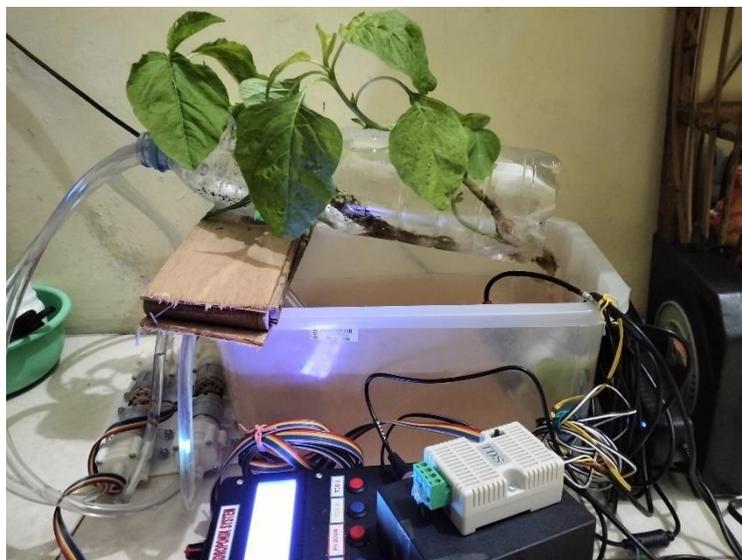
4.3 Pengujian

Dalam tahap pengujian akan dilakukan 2 kali pengujian, pertama melakukan pengujian sensor dengan membandingkan hasil sensor dan alat pengukur manual. Kedua, pengujian keseluruhan, dilakukan di tempat pengujian yang direncanakan dalam peelitian ini.

4.4 Hasil dan Pembahasan

4.4.1 Instalasi Hidroponik dan Perangkat Keras

Instalasi hidroponik yang digunakan merupakan jenis NFT (Nutrient Film Technique) yang dapat diletakkan di atas bak yang memiliki kelebihan yakni tanaman lebih cepat tumbuh dibanding Teknik lain. Panjang botol bekas sebagai media tanam adalah 30 cm dengan 2 buah lubang tanam dan jarak antar lubang 17 cm. tanaman bayam yang digunakan berusia 2-3 minggu.



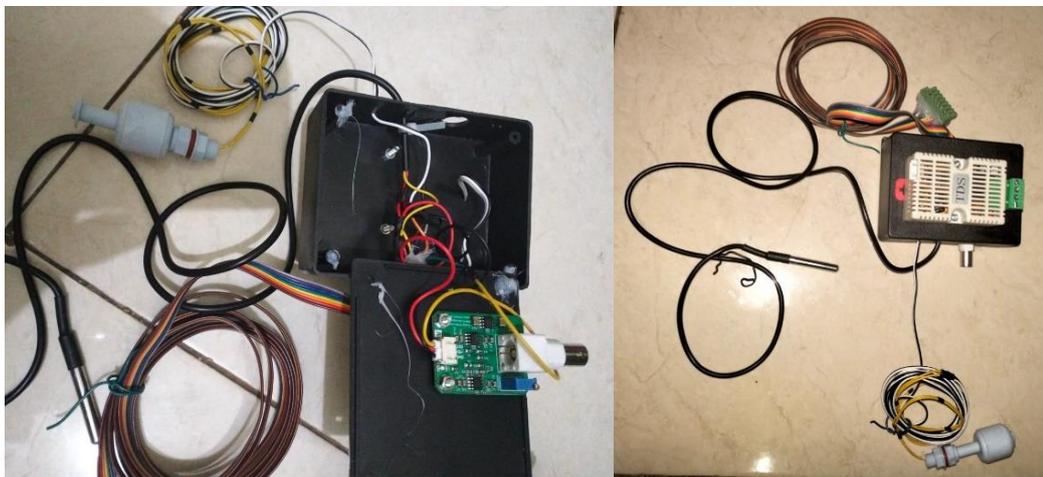
Gambar 4.4 Instalasi Hidroponik NFT

Pada gambar 4.4 merupakan bagian dari tanaman hidroponik bayam beserta alat-alat yang sudah dirangkai. Sayur bayam yang digunakan yaitu berusia 2-3 minggu dengan ukuran berkisar 7-10 cm. sayur bayam diletakkan dengan jarak 17 cm antar sayur yang lainnya dengan tujuan sayuran dapat bertumbuh dan berkembang dengan baik. Media tanam yang digunakan yaitu air yang sudah diberikan nutrisi, pH Up dan pH Down. Dibawah ini adalah alat-alat yang akan dipasang pada tanaman hidroponik bayam.

1. Sensor Ph (Gambar 2.6)

Sensor pH pada gambar 2.6 adalah sensor yang digunakan untuk membaca kadar pH atau keasaman pada air. Sensor pH diletakkan pada air yang sudah diberikan larutan pH up dan pH down sehingga bisa secara otomatis mendeteksi Ph sesuai dengan kadar yang dibutuhkan tanaman bayam.

2. Sensor TDS dan Sensor water level



Gambar 4.5 Sensor Suhu dan sesor water level

Pada gambar 4.5 adalah rangkaian dari sensor water level dan sensor suhu. Sensor water level (sensor tingkat air) digunakan untuk mendeteksi tingkat atau ketinggian air dalam suatu wadah, tangki, atau sistem lainnya. Sensor ini memberikan informasi tentang apakah level air sudah mencapai batas tertentu atau masih di bawahnya. ketika level air di bawah batas tertentu, pompa dapat diaktifkan untuk mengisi wadah atau tangki dengan air.

Sensor suhu digunakan untuk memantau dan mengukur suhu larutan nutrisi dan lingkungan sekitarnya pada sistem hidroponik. Pengukuran suhu ini

sangat penting karena suhu yang optimal memiliki dampak besar terhadap kesehatan dan pertumbuhan tanaman hidroponik.



Gambar 4.6 Perakitan Mikrokontroler Arduino dan sensor Suhu/Kelembapan

Gambar 4.6 merupakan bentuk dari box elektronika yang didalamnya terdapat Arduino. Pada bagian box terdapat LCD Display 16x2 yang akan memunculkan nilai pH, PPM, Suhu, dan kondisi On-Off Relay 4 pompa DC. Disamping itu terdapat tombol manual dan otomatis untuk mengontrol pemberian kadar nutrisi dan pH. Untuk kontrol otomatis bisa di setpoint terlebih dahulu sesuai set point yang dibutuhkan tanaman.



Gambar 4.7 Pompa DC

Gambar 4.7 adalah Pompa DC, tempat masuk dan keluarnya air yang nanti akan membawa larutan nutrisi dan pH. Pompa DC akan On-Off sesuai dengan pembacaan sensor TDS dan sensor pH. Disini terdapat 4 pompa yaitu pompa pH Up, pH Down, dan TDS A, serta TDS B. Pompa pH Up akan On Ketika pembacaan sensor pH terlalu asam yaitu kurang dari 6 dan off Ketika terlalu basa jika lebih dari 7. Sebaliknya Ph Down akan On Ketika pH terlalu basa yaitu lebih dari 7 dan Off Ketika kurang dari 6. Kemudian untuk TDS A dan TDS B akan On ketika PPM kurang dari yang dibutuhkan tanaman bayam yaitu 1260 PPM dan akan Off Ketika lebih dari 1610 PPM.



Gambar 4.8 Sensor TDS

Gambar 4.8 adalah Sensor Total Dissolved Solids (TDS) digunakan untuk mengukur jumlah total zat terlarut dalam suatu larutan yang berkaitan dengan larutan nutrisi yang diberikan kepada tanaman.

4.4.2 Pengujian Sensor

Pengujian dilaksanakan untuk mengetahui nilai error dari perbandingan alat sensor pH dengan pH meter. Sensor pH dihubungkan pada port mikrokontroler. Jika hasil yang didapatkan berbeda dengan pembacaan yang dilakukan pH meter manual maka perlu dilakukan kalibrasi ulang, namun jika hasil yang terbaca antara

pH meter manual dengan module pH meter sensor hasilnya mendekati atau sama, maka nilai tersebut sesuai dan alat sudah bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan menggunakan 4 macam larutan yang sudah ada dalam botol. Dari botol nutrisi AB-mix berisikan 500ml cairan serta Ph Up dan Ph Down berisikan 100 ml cairan. Berikut merupakan 4 larutan yang digunakan dalam pengujian sensor TDS dan sensor pH.



Gambar 4.9 Larutan Nutrisi dan pH

Pada gambar 4.9 terdapat 4 larutan, yaitu larutan nutrisi A, nutrisi B, pH Up, dan pH Down. Nutrisi AB Mix Merupakan larutan nutrisi yang sangat berpengaruh untuk tanaman hidroponik yang dapat digunakan sebagai suplai hara, baik makro maupun mikro untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang optimum. Nutrisi hidroponik tersebut terdiri dari dari dua larutan, yaitu A Mix yang mengandung unsur hara makro dan B Mix yang mengandung unsur hara mikro (Pohan dan Oktojournal, 2019).

pH Up digunakan untuk menaikkan tingkat keasaman (pH) dari larutan nutrisi dan pH Down digunakan untuk menurunkan tingkat keasaman (pH) dari larutan nutrisi. Sehingga penting untuk mengontrol pH larutan nutrisi dalam

hidroponik karena pH yang sesuai memungkinkan tanaman untuk menyerap nutrisi dengan optimal.

1. Pengujian Sensor TDS

Tabel 4.1 Pengujian Sensor TDS

NO	Masa Tes	Sensor TDS (PPM)	TDS Meter	Error (%)	
1	20 November 2023	07.00 WIB	873	864	1,04
		13.00 WIB	707	693	2,02
		19.00 WIB	977	965	1,24
2	21 November 2023	07.00 WIB	711	634	12,1
		13.15 WIB	1086	1036	4,86
		19.00 WIB	1256	1227	4,86
3	22 November 2023	07.00 WIB	1146	1108	2,36
		13.00 WIB	1370	1320	3,78
		19.00 WIB	1736	1720	0,93
4	23 November 2023	06.45 WIB	1102	1086	1,47
		13.13 WIB	1185	1163	1,89
		19.00 WIB	1203	1203	0
5	24 November 2023	07.00 WIB	964	960	0,41
		13.00 WIB	1312	1276	2,82
		19.00 WIB	1370	1368	0,14
6	25 November 2023	07.00 WIB	1105	1086	1,74
		13.00 WIB	1156	1149	0,60
		18.30 WIB	1208	1187	1,76
7	26 November 2023	07.00 WIB	884	841	5,11
		13.00 WIB	970	957	1,35

Lanjutan Tabel 4.1

7	26 November 2023	07.00 WIB	884	841	5,11
		13.00 WIB	970	957	1,35
		19.00 WIB	1102	1096	0,54
Rata-rata Error (%)					2,42

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.1 yang telah dilakukan terhadap sensor TDS dan TDS meter, alat-alat ini digunakan untuk mendeteksi nilai kadar nutrisi pada larutan nutrisi AB mix yang telah diberikan. Pada pengujian akan didapati error yang merupakan selisih nilai pembacaan dari sensor TDS dan TDS meter. Kemudian, error dari masing-masing hasil pembacaan sampel air akan di rata-rata. Secara umum untuk mengetahui nilai error antara sensor TDS dan TDS meter dirumuskan:

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

$$Error\ sensor\ TDS\ dan\ TDS\ Meter \quad (4.1)$$

$$Error = \frac{873 - 864}{864} \times 100\%$$

$$Error = 1,64\%$$

Hasil yang didapatkan pada perhitungan *error* pada rumus (6) menggunakan data yang pertama (Tabel 4.1) sensor TDS dengan TDS meter adalah 1,64%. Secara umum untuk mengetahui rata-rata error sensor TDS dan TDS meter dirumuskan:

$$Rata-rata\ error = \frac{\sum\ Nilai\ Error}{\sum\ Percobaan}$$

Rumus rata-rata error sensor TDS dan TDS Meter (4.2)

$$\text{Rata-rata error} = \frac{51,02}{21}$$

$$\text{Rata-rata error} = 2,42$$

Keterangan :

Error: Nilai selisih sensor TDS dengan TDS meter

Σ Nilai *Error*: Hasil penjumlahan nilai error pada masing-masing sampel

Σ Percobaan: Banyaknya percobaan yang diuji

Hasil menunjukkan bahwa rata-rata error antara sensor TDS dan TDS meter kecil yakni 2,42 selisih nilai TDS.

2. Pengujian Sensor pH

Tabel 4.2 Pengujian sensor pH

NO	Masa Tes	Sensor pH	pH Meter	Error (%)	
1	20 November 2023	07.00 WIB	6,3	6	5
		13.00 WIB	7,5	7,5	0
		19.00 WIB	7,3	7	4,2
2	21 November 2023	07.00 WIB	6,7	6,3	6,3
		13.15 WIB	6,6	6,3	4,7
		19.00 WIB	6,7	6,5	3
3	22 November 2023	07.00 WIB	6,3	6,1	3,2
		13.00 WIB	5,8	5,5	5,4
		19.00 WIB	7,3	6,8	7,3
4	23 November 2023	06.45 WIB	6,9	6,5	6,1
		13.13 WIB	7,2	7,0	2,8
		19.00 WIB	7,3	7,0	4,2
5	24 November 2023	07.00 WIB	6,8	6,6	3
		13.00 WIB	7,0	6,7	4,4
		19.00 WIB	7,0	6,8	2,9

Lanjutan Tabel 4.2

6	25 November 2023	07.00 WIB	6,5	6,3	3,1
		13.00 WIB	6,6	6,3	4,7
		18.30 WIB	7,0	6,5	7,6
7	26 November 2023	07.00 WIB	6,0	5,8	3,4
		13.00 WIB	6,5	6,3	3,1
		19.00 WIB	7,3	6,9	5,7
Rata-rata Error (%)					4,2

Berdasarkan pengujian pada tabel 4.2 yang telah dilakukan pada sensor pH dan pH meter, alat-alat ini digunakan untuk mendeteksi nilai pH pada larutan cairan pH up dan pH down. Pada pengujian akan didapati error dari masing-masing hasil pembacaan sampel air akan di rata-rata.

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

Perhitungan Error pada nilai TDS

$$Error = \frac{6,3 - 6}{6} \times 100\%$$

$$Error = 5\%$$

Hasil yang didapatkan pada perhitungan *error* menggunakan data yang pertama sensor TDS dengan TDS meter adalah 5%.

$$Rata-rata\ error = \frac{\sum\ Nilai\ Error}{\sum\ Percobaan}$$

Rumus perhitungan rata-rata error pada nilai TDS

$$Rata-rata\ error = \frac{90,1}{21}$$

$$Rata-rata\ error = 4,2$$

Keterangan :

Error : Nilai selisih sensor TDS dengan TDS meter

Σ Nilai *Error* : Hasil penjumlahan nilai error pada masing-masing sampel

Σ Percobaan : Banyaknya percobaan yang diuji

Hasil menunjukkan bahwa rata-rata error antara sensor pH dan pH meter kecil yakni 4,2 selisih nilai pH..

4.4.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan sesuai yang diinginkan atau tidak. Untuk mempermudah, penulis menguji dengan menggunakan bak air yang telah disesuaikan dengan setpoint pada program alat. Setpoint yang ditentukan penulis yakni berdasarkan dengan tabel pH dan PPM untuk tanaman hidroponik.

Tabel 4.3 Kebutuhan pH dan PPM Hidroponik

No	Nama Sayuran	pH	PPM
1	Artichoke	6,5 - 7,5	560-1260
2	Asparagus	6,0 - 6,8	980-1200
3	Bawang Pre	6,5 - 7,0	980-1260
4	Bayam	6,0 - 7,0	1260-1610
5	Brokoli	6,0 - 6,8	1960-2450
6	Brussell Kecambah	6,5	1750-2100
7	Endive	5,5	1400-1680
8	Kailan	5,5 - 6,5	1050-1400
9	Kangkung	5,5 - 6,5	1050-1400
10	Kubis	6,5 - 7,0	1750-2100
11	Kubis Bunga	6,5 - 7,0	1750-2100
12	Pakcoy	7	1050-1400
13	Sawi Manis	5,5 - 6,5	1050-1400
14	Sawi Pahit	6,0 - 6,5	840-1680
15	Seledri	6,5	1260-1680
16	Selada	6,0 - 7,0	560-840
17	Silverbeet	6,0 - 7,0	1260-1610

Pada tabel 4.3 merupakan kebutuhan pH dan PPM pada tanaman. Penulis disini menggunakan tanaman bayam sehingga kadar pH yang dibutuhkan yakni antara 6,0 – 7,0 pH dan nutrisi yang diperlukan berkisar antara 1260 – 1610 ppm. Sehingga, nilai kebutuhan inilah yang menjadi acuan dalam menentukan setpoint yang telah terprogram pada alat

Tabel 4.4 Tabel percobaan keseluruhan sistem

No	Percobaan	Ph Meter	TDS Meter	Sensor pH	Sensor TDS (ppm)	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Pompa 4
1	TES 1	7,2	1356	7,6	1393	Mati	Mati	mati	Mati
2	TES 2	3,1	1243	3,4	1262	Nyala	Nyala	nyala	Mati

Table 4.4 menunjukkan bahwa Sistem berjalan berdasarkan logika yang tersusun yakni apabila kadar pH kurang dari 6,0 pH, maka pompa 1 akan menyala mengalirkan cairan basa *pH Up* sebanyak 50ml dan apabila kadar pH lebih dari 7,0 pH, maka pompa 2 akan menyala mengalirkan cairan asam *pH Down* sebanyak 60 ml. Sedangkan untuk kadar nutrisi apabila kadar TDS bernilai kurang dari 1260 ppm, pompa 3 akan menyala mengeluarkan cairan pupuk A sebanyak 100 ml setelah itu pompa 4 akan menyala mengeluarkan cairan pupuk B sebanyak 100 ml.

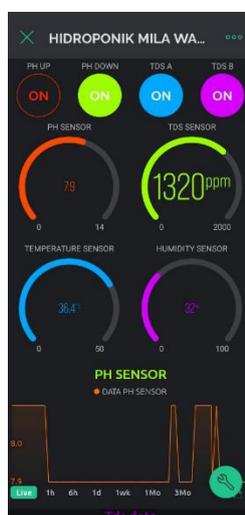
4.4.4 Pengujian Keseluruhan sistem di Lapangan

Pengujian keseluruhan sistem secara langsung di lapangan dilakukan dengan menggunakan instalasi hidroponik milik penulis yang berjenis hidroponik NFT yang di tempatkan di depan rumah penulis. Pengujian meliputi semua parameter yang terdapat pada alat. Waktu pengambilan data dilakukan dalam kurung 24 jam pada 27 November 2023. Data diambil sesuai dengan interval waktu pembacaan sensor yang yakni setiap 4 jam pada aplikasi Blynk IOT.

Tabel 4.5 Percobaan Lapangan

No	Jam	pH	PPM	Pompa			
				1	2	3	4
1	07.00	6,3	997	Mati	Mati	Nyala	Nyala
2	11.18	6,8	1289	Mati	Mati	Nyala	Nyala
3	15.31	7,00	1295	Mati	Nyala	Nyala	Nyala
4	20.07	7,9	1320	Mati	Nyala	Nyala	Nyala

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa interval data yang diterima penulis tidak sesuai dengan yang diharapkan yakni 4 jam sekali. Hal ini dikarenakan penulis tidak menggunakan wifi sebagai sumber jaringan internet melainkan hotspot portable dengan kartu GSM Telkomsel sebagai sumber Internet. Sedangkan dibandingkan dengan wifi jaringan kartu GSM lebih tidak stabil sehingga memerlukan waktu yang lama untuk tersambung ke jaringan internet untuk menjalankan sistem. Pada table 4.5 keadaan pH dan PPM menunjukkan bahwa pH cenderung basa. Untuk kandungan PPM nutrisi hidroponik masih dalam batas aman.



Gambar 4.10 Grafik Ph dan TDS uji lapangan

Gambar 4.10 adalah gambaran dari tampilan aplikasi Blynk. Terdapat 4 tombol yaitu PH Up, PH Down, TDS A, dan TDS B yang secara otomatis ketika aplikasi membaca nilai PPM dan pH kurang dari yang dibutuhkan tanaman, maka

secara tombol 4 diatas (gambar 4.13) akan ON dan sebaliknya ketika nilai PPM dan pH lebih dari yang dibutuhkan tanmana bayam maka otomatis tombol akan OFF.

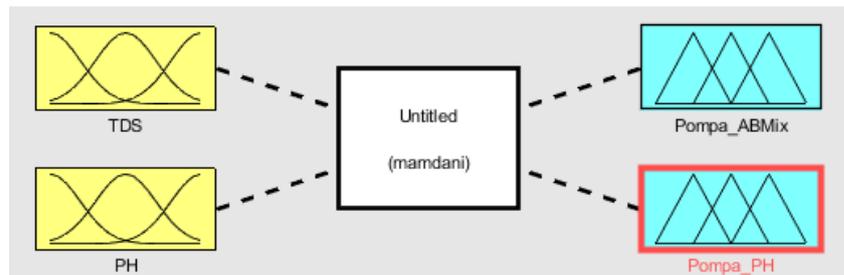
Hal yang menjadi kendala utama saat pengujian keseluruhan sistem adalah pada masalah jaringan internet (sinyal). Alat harus terkoneksi terlebih dahulu dengan jaringan internet agar sistem dapat berjalan dan sensor mulai membaca keadaan. Sedangkan ketika koneksi internet buruk saat alat pertama kali dinyalakan akan terus stuck dalam keadaan inisialisasi jaringan wifi dan baru akan memulai sistem ketika mendapatkan sinyal yang bagus dapat memakan waktu hingga 7 menit. Hal ini juga akan terjadi apabila alat akan mengulang siklus pembacaan sensor yang kedua dan seterusnya. Ketika tidak ada sinyal maka alat maupun Blynk akan stuck menampilkan hasil pembacaan sensor yang pertama dan tidak akan memperbarui status atau hasil pembacaan sekalipun sudah memasuki waktu interval pembacaan sensor yang baru. Pada percobaan ini interval waktu pembacaan sensor adalah setiap 5 menit. Dalam keadaan jaringan internet yang normal, inisialisasi wifi hanya akan memakan waktu kurang dari 1 menit hingga sistem dapat berjalan.

4.5. Pengujian Fuzzy Mamdani

Pengujian *fuzzy Mamdani* dilakukan untuk menguji apakah fuzzy mamdani dapat berjalan dengan baik. Pengujian *fuzzy mamdani* dilakukan dengan cara membandingkan hasil dari serial monitor dengan hasil simulasi pada aplikasi MATLAB. Pengujian *fuzzy mamdani* dilakukan dengan 2 parameter, yaitu berdasarkan kadar nutrisi dan pH pada sistem hidroponik. Pengujian *fuzzy mamdani* menghasilkan beberapa hal sebagai berikut.

5.1 Fuzzifikasi

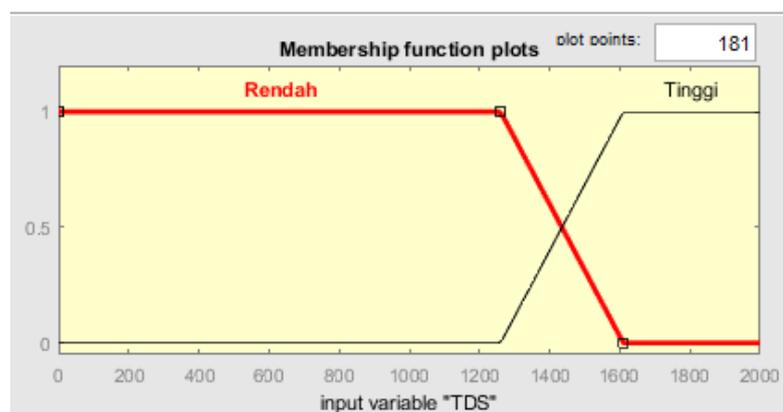
Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses fuzzy, seperti variabel fuzzy dan himpunan keanggotaan. Dalam penelitian menggunakan aplikasi Matlab untuk menghitung Tingkat akurasi sensor dan perhitungan manual.



Gambar 4.11 Gambar Simulasi Matlab

Pada gambar 4.11 adalah variabel fuzzy yang menggunakan 2 variabel input yaitu TDS dan pH dan dua variabel output yaitu PompaTDS dan PompaPH. Variabel fuzzy dan himpunan keanggotaan bisa didapat nilai keanggotaan fuzzy untuk masing-masing variable dari elemen-elemen di atas.

5.1.1 Variabel Input TDS



Gambar 4.12 Representasi fungsi keanggotaan TDS

Tabel 4.6 Domain himpunan *fuzzy* TDS

Domain Himpunan Fuzzy	
Rendah	[-500, 0 , 1260, 1610]
Tinggi	[1260, 1610, 2000,2010]

Variabel input TDS pada gambar 4.15 terdiri dari 2 variabel yaitu rendah, dan tinggi. Himpunan terendah sebagaimana pada tabel 4.6 dari -500 – 1610 ppm dan himpunan tinggi 1260 – 1610ppm.

Fungsi keanggotaan

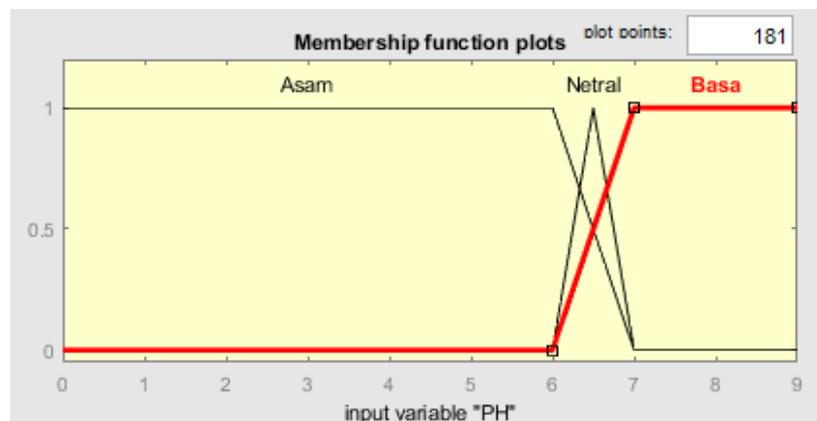
1. Rumus Keanggotaan TDS rendah:

$$\mu_{\text{Rendah}}(a) \begin{cases} 0 & ; a \leq 1260 \\ \frac{(1260-a)}{(1260-1610)} & ; 1260 < a \leq 1610 \\ 1 & ; a \geq 1610 \end{cases} \quad (4.3)$$

2. Rumus Keanggotaan TDS tinggi:

$$\mu_{\text{Tinggi}}(b) = \begin{cases} 0 & ; b \leq 1260 \\ \frac{(b-1260)}{(1610-1260)} & ; 1260 < b \leq 1610 \\ 1 & ; b \geq 1610 \end{cases} \quad (4.4)$$

5.1.2 Variabel Input PH



Gambar 4.13 Gambaran Grafik Formula Keanggotaan pH

Tabel 4.7 Domain himpunan *fuzzy* pH

Domain Himpunan Fuzzy	
Asam	[-1, 0, 6, 7]
Netral	[6, 6.5, 7]
Basa	[6,7, 9, 10]

Variabel input pH pada gambar 4.13 terdiri dari tiga himpunan yaitu, asam, netral dan basa. Himpunan pH terdapat rentang nilai sebagaimana gambar 4.7 yaitu jika asam mulai dari pH -1 - 7, pH netral dari pH 6 - 7 dan pH basa dari pH 7.0 s/d pH 10. Tingkat pH pada tanaman bayam punya poin minimum dan maksimum yakni 6-7 pH.

Fungsi keanggotaan:

1. Rumus Keanggotaan pH asam:

$$\mu_{\text{Asam}}(a) = \begin{cases} \frac{(6-a)}{(7-6)} & ; a \leq 6 \\ \frac{(6-a)}{(7-6)} & ; 6 < a < 7 \\ \frac{(6-a)}{(7-6)} & ; a \geq 6 \end{cases} \quad (4.5)$$

2. Rumus Keanggotaan pH netral:

$$\mu_{\text{Netral}}(a) = \begin{cases} \frac{(c-6)}{(7-6)} & ; a \leq 6 \text{ atau } a \geq 7 \\ \frac{(7-6)}{(7-6)} & ; 6 < a < 7 \\ \frac{(10-c)}{(10-7)} & ; 6 < a \leq 7 \end{cases} \quad (4.6)$$

3. Rumus Keanggotaan pH Basa:

$$\mu_{\text{Basa}}(a) = \begin{cases} \frac{(a-6)}{(10-7)} & ; a \geq 7 \\ \frac{(a-6)}{(10-7)} & ; 7 < a \leq 10 \\ \frac{(a-6)}{(10-7)} & ; a \geq 7 \end{cases} \quad (4.7)$$

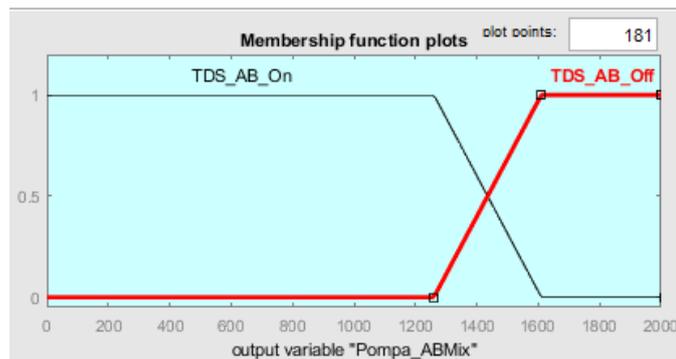
5.1.3 Output Keluaran Pompa

Tabel 4.8 Rentang Pompa

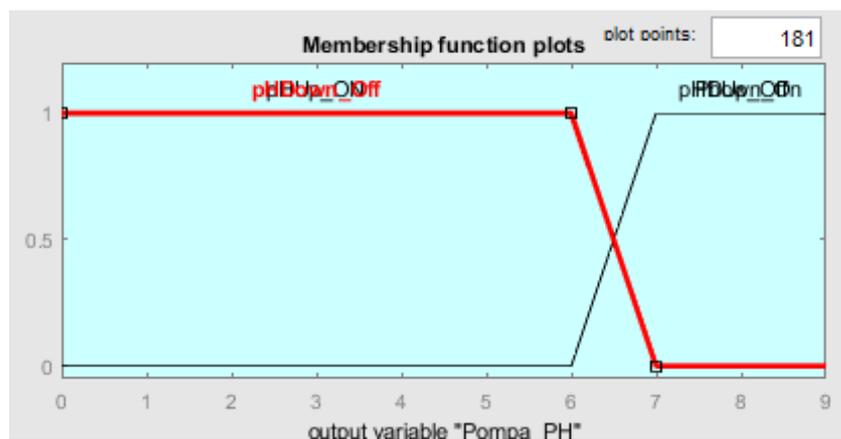
NO	Rentang Nilai PH	Rentang Nilai TDS	PH UP	PH DOWN	TDS A	TDS B
1	0-6	-500-1260	ON	OF	ON	ON
2	6-7	1260-1610	ON	ON	ON	ON
3	7-10	1610-200	OFF	OFF	OFF	OFF

Tabel 4.8 adalah rentang nilai yang diberikan untuk mengontrol ON-OFF pompa. Jika nilai PPM kurang dari 1260 maka TDS A dan TDS B ON dan jika

lebih dari 1610 maka TDS A dan TDB OFF. Pompa pH Up akan ON jika air terlalu asam yaitu bernilai kurang dari 6 dan akan OFF jika terlalu asam, lebih dari 7. Berikut pada gambar 4.14 dan gambar 4.18 untuk output dari fuzzy mamdani.



Gambar 4.14 Gambaran grafik formula keanggotaan pompa TDS-ABMIX



Gambar 4.15 Gambaran grafik formula keanggotaan pompa Ph

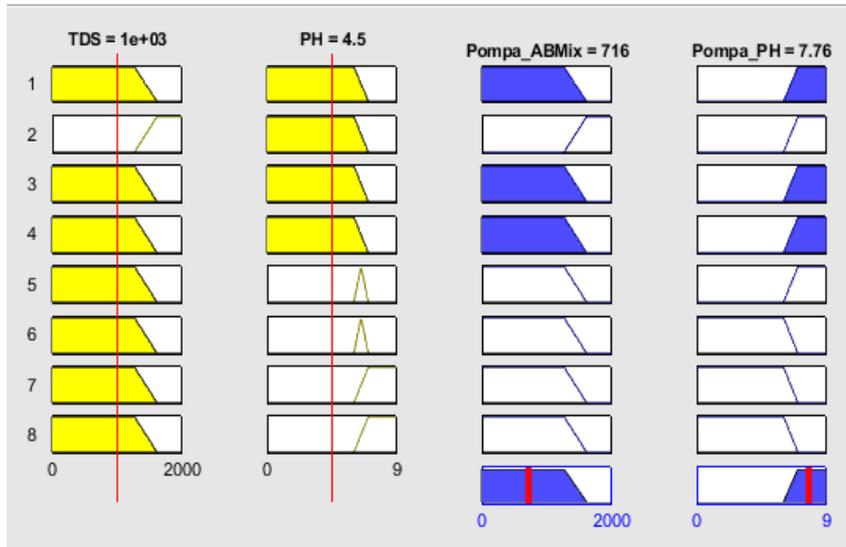
Outputnya ada 2 yaitu output pompa TDS pada gambar 4.17 dan pompa Ph pada gambar 4.15. Untuk output TDS terdapat 2 klasifikasi yaitu TDSAB_On, TDSAB_Off. Kemudian untuk pH yaitu PH UP ON, PH DOWN ON, PH UP OFF, dan PH DOWN OFF.

5. 2 Inferensi

5.2.1 Pembentukan Rules

Pasca alur *fuzzyfikasi*, tindak lanjut dalam membentuk Batasan-batasan fuzzy. Batasan-batasan yang dipakai untuk mewakili relasi input dengan output. Banyaknya variabel dan himpunannya. perihal penentuan kuantitas dan hasil yang mudah, buat matriks disetel berdasarkan TDS dan PH. Berikut rules yang dibentuk di matlab menggunakan *fuzzy mamdani*:

1. If (TDS is Rendah) and (PH is Asam) then (Pompa_ABMix is TDS_AB_On)
(Pompa PH is not pHUP_ON)
2. If (TDS is Tinggi) and (PH is Asam) then (Pompa_ABMix is TDS_AB_Off)(Pompa PH is not pHUP_ON)
3. If (TDS is Rendah) and (PH is Asam) then (Pompa ABMix is TDS_AB_On)(Pompa PH is not pHUp_ON)
4. If (TDS is Rendah) and (PH is Asam) then (Pompa ABMix is TDS_AB_On)(Pompa PH is not pHDown_Off)
5. If (TDS is Rendah) and (PH is Netral) then (Pompa_ABMix is TDS_AB_On)(Pompa PH is not pHUp_ON)
6. If (TDS is Rendah) and (PH is Netral) then (Pompa ABMix is TDS_AB_On)
(Pompa PH is not pHDown_On)
7. If (TDS is Rendah) and (PH is Basa) then (Pompa ABMix is TDS_AB_On)
(Pompa PH is not pHDown_On)
8. If (TDS is Rendah) and (PH is Basa) then (Pompa ABMix is TDS AB On)(Pompa PH is not PhUp Off)



Gambar 4.16 Daerah Interferensi Fuzzy

Gambar 4.16 adalah jumlah momentum dengan jumlah luas daerah sesuai perhitungan otomatis dari matlab yang merupakan hasil yang didapatkan sesuai dengan rule.

Tabel 4.9 Tes Fuzzy Mamdani

NO	Masa Tes		Sensor TDS	Sensor PH	Fuzzy Mamdani			
					PH UP	PH DOWN	TDS A	TDS B
1	20 November 2023	07.00 WIB	873	6	ON	OFF	ON	ON
		13.00 WIB	707	7,5	OFF	ON	ON	ON
		19.00 WIB	977	7	OFF	ON	ON	ON
2	21 November 2023	07.00 WIB	711	6,3	ON	OFF	ON	ON
		13.15 WIB	1086	6,3	ON	OFF	ON	ON
		19.00 WIB	1256	6,5	OFF	OFF	ON	ON
3	22 November 2023	07.00 WIB	1146	6,1	ON	OFF	ON	ON
		13.15 WIB	1086	6,3	ON	OFF	ON	ON
		19.00 WIB	1256	6,5	OFF	OFF	ON	ON

Lanjutan Tabel 4.9

4	23 November 2023	06.45 WIB	1102	6,5	ON	OFF	ON	ON
		13.13 WIB	1185	7,0	OFF	ON	ON	ON
		19.00 WIB	1203	7,0	OFF	ON	ON	ON
5	24 November 2023	07.00 WIB	964	6,6	OFF	OFF	ON	ON
		13.00 WIB	1312	6,7	OFF	OFF	ON	ON
		19.00 WIB	1370	6,8	OFF	OFF	ON	ON
6	25 November 2023	07.00 WIB	1105	6,3	ON	OFF	ON	ON
		13.00 WIB	1156	6,3	ON	OFF	ON	ON
		18.30 WIB	1208	6,5	ON	OFF	ON	ON
7	26 November 2023	07.00 WIB	884	5,8	ON	OFF	ON	ON
		13.00 WIB	970	6,3	ON	OFF	ON	ON
		19.00 WIB	1102	6,9	OFF	OFF	ON	ON

Dari data tabel 4.9 dapat menggunakan metode matriks untuk menghitung nilai presisi dan kesalahan. Pengukuran presisi dan derajat kesalahan digunakan untuk menentukan pompa on dan off dari metode fuzzy. Berikut ini adalah rumus perhitungan presisi dan error menggunakan metode confusion matrix.

$$\begin{aligned}
 Accuracy &= \frac{A+B}{Total\ Data} \times 100\% \\
 &= \frac{52+29}{21} \times 100\% \\
 &= 3,85
 \end{aligned}$$

Keterangan:

A= kondisi Ketika pompa ON

B= Kondisi Ketika pompa OFF

Jadi dengan adanya data diatas tingkat akurasi dalam menentukan pemberian nutrisi dan ph menggunakan metode fuzzy mamdani terbilang cukup akurat rentang nilainya adalah 3,85

5.3 Defuzzifikasi

Langkah terakhir adalah menentukan nilai *defuzzifikasi*. Untuk menentukan nilai *defuzzifikasi* adalah dengan memakai metode *Center of Area (Centroid)* pada proses *defuzzifikasi* dengan menggunakan persamaan dibawah. nilai keluaran dari inferensi fuzzy untuk TDS (716) dan pH (7,76), serta nilai-nilai centroid yang telah diberikan sebelumnya (rendah: 4,5 dan sedang: 1000).

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Fungsi Keanggotaan:

TDS:

- a) Rendah: $\mu_{rendah}(716)=0$ $\mu_{rendah}(716)=0$ (diasumsikan 0 untuk nilai di luar rentang fungsi keanggotaan)
- b) Sedang: $\mu_{sedang}(716)=1$ $\mu_{sedang}(716)=1$ (diasumsikan 1 untuk nilai di dalam rentang fungsi keanggotaan sedang)
- c) Tinggi: $\mu_{tinggi}(716)=0$ $\mu_{tinggi}(716)=0$ (diasumsikan 0 untuk nilai di luar rentang fungsi keanggotaan tinggi)

pH:

- a) Rendah: $\mu_{rendah}(7,76)=0$ $\mu_{rendah}(7,76)=0$ (diasumsikan 0 untuk nilai di luar rentang fungsi keanggotaan)
- b) Sedang: $\mu_{sedang}(7,76)=1$ $\mu_{sedang}(7,76)=1$ (diasumsikan 1 untuk nilai di dalam rentang fungsi keanggotaan sedang)

- c) Tinggi: $\mu_{\text{tinggi}}(7,76)=0$ $\mu_{\text{tinggi}}(7,76)=0$ (diasumsikan 0 untuk nilai di luar rentang fungsi keanggotaan tinggi)

Dalam konteks sistem kontrol fuzzy untuk menghitung nilai TDS (Total Dissolved Solids) dirumuskan:

$$\text{Defuzzifikasi TDS} = \frac{(0+1+0)(0 \times 4.5) + (1 \times 1000) + (0 \times \text{nilai centroid tinggi})}{(0+1+0)}$$

$$\text{Defuzzifikasi TDS} = \frac{10+1000+0}{1}$$

$$\text{Defuzzifikasi TDS} = 1000$$

$$\text{Defuzzifikasi pH} = \frac{(0+1+0)(0 \times 4.5) + (1 \times 1000) + (0 \times \text{nilai centroid tinggi})}{(0+1+0)}$$

$$\text{Defuzzifikasi pH} = \frac{10+1000+0}{1}$$

$$\text{Defuzzifikasi pH} = 1000$$

Jadi, dengan metode centroid dan nilai-nilai yang diberikan, baik nilai defuzzifikasi TDS maupun pH adalah 1000. Nilai-nilai ini adalah representasi crisp dari hasil fuzzy yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan sesuai dengan aturan fuzzy.

4.6. Integrasi Sains dengan Islam

Dampak dari kemajuan di bidang sains dan teknologi terbukti telah memberikan banyak kemudahan bagi kelangsungan hidup manusia. Sebagai kaum muslim sudah seharusnya bisa memanfaatkan teknologi sebaik mungkin bahkan menciptakan teknologi yang bisa bermanfaat untuk umat, bangsa dan agama. Sebagaimana teknologi yang ada bisa diimplementasikan dalam budidaya tanaman hidroponik yang memanfaatkan air sebagai sumber utama kehidupan tumbuhan

yang bisa memudahkan para petani untuk menanam sayuran yang berkualitas sehingga memberikan manfaat kepada umat manusia.

Kandungan Al-Qur'an yaitu surat Al-Baqarah ayat 164 sebagaimana firman-Nya:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيْحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٦٤﴾

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hiduapkan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan.” (Q.S Al-Baqarah:164)

Menurut tafsir Al-Muyassar yaitu Sesungguhnya dalam penciptaan langit dengan ketinggian dan luasnya ini dan bumi dengan gunung-gunung, dataran dan laut-lautnya, dan di dalam pergantian malam dan siang dari lebih lama menjadi lebih pendek, dan antara gelap dan cahaya dan pergantian keduanya secara beriringan, dan Jalan kapal-kapal yang berlayar di laut-laut yang memuat segala yang bermanfaat bagi manusia, dan air hujan yang diturunkan Allah dari langit, Lalu Dia menghidupkan tanah dengan air itu, maka tumbuhlah pohon-pohon hijau setelah sebelumnya kering tidak ada tanaman. dan apa-apa yang telah Allahu sebar di dalamnya berupa setiap jenis binatang yang berjalan dimuka bumi, dan apa yang Allah limpahkan berupa perputaran angin dan penentuan arahnya, dan awan yang dibergerak antara langit dan bumi. Sesungguhnya pada semua bukti-bukti petunjuk tersebut benar-benar terdapat tanda-tanda atas ketauhidan Allah dan besarnya

nikmat Nya bagi kaum yang mau memahami sumber-sumber hujjah, dan memahami dalildalil dari Allah ta'ala yang menunjukkan sifat keesaan Nya dan keberhakkan Nya untuk diibadahi.

Dalam surat lainnya yang berhubungan dengan air dan tumbuhan yaitu surat Yunus ayat 24 sebagaimana firman-Nya :

إِنَّمَا مَثَلُ الْحَيَاةِ الدُّنْيَا كَمَاءٍ أَنْزَلْنَاهُ مِنَ السَّمَاءِ فَاخْتَلَطَ بِهِ نَبَاتُ الْأَرْضِ مِمَّا يَأْكُلُ النَّاسُ وَالْأَنْعَامُ يَحْتَلِي إِذَا أَخَذَتِ الْأَرْضُ زُخْرُفَهَا وَازْبَيَّتْ وَظَنَّ أَهْلِهَا أَنَّهُمْ قَدِرُونَ عَلَيْهَا أَنهَذَا أَمْرًا لَيْلًا أَوْ نَهَارًا فَجَعَلْنَاهَا حَصِيدًا كَأَن لَّمْ تَغْنَبِ بِالْأَنْسِ كَذَلِكَ نُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

“Sesungguhnya perumpamaan kehidupan duniawi itu, hanya seperti air (hujan) yang Kami turunkan dari langit, lalu tumbuhlah tanaman-tanaman bumi dengan subur (karena air itu), di antaranya ada yang dimakan manusia dan hewan ternak.” (Q.S Yunus: 64)

Menurut Tafsir Al-Madinah Al-Munawwarah yaitu Sesungguhnya perumpamaan kehidupan dunia dan kenikmatan dan keburukannya seperti hujan yang Kami turunkan dari langit, lalu menumbuhkan berbagai tanaman yang saling bertautan, seperti buah-buahan dan biji-bijian yang dimakan manusia, dan biji-bijian yang dimakan hewan-hewan ternak; hingga bumi seperti dihampari karpet hijau dari bunga-bunga yang indah, buah-buahan yang lezat, dan mata air yang jernih. Manusiapun takjub ketika melihatnya, sehingga mereka mengira dapat memanen dan memanfaatkannya; namun mereka dikagetkan oleh ketetapan Kami untuk membinasakan tanaman-tanaman itu pada malam atau siang hari, sehingga Kami menjadikannya kering kerontang seperti tanaman kering yang telah dipanen, seakanakan tanah itu tidak pernah ditumbuhi tanaman sebelumnya.

Pada ayat tersebut Allah Subhanu wa ta'ala memerintahkan hambanya untuk memanfaatkan sebaik mungkin apa yang sudah Allah turunkan ke muka bumi ini yaitu berupa air untuk dipergunakan oleh makhluk ciptaannya dengan sebaik-baiknya. Air yang Allah turunkan kepada manusia berupa air hujan bisa menumbuhkan segala jenis tanaman dan dari tanaman tersebut bisa menjadi penghidupan bagi manusia dan makhluk hidup lainnya di muka bumi ini.

Sesuai dengan surat Al-Baqarah ayat 61 sebagaimana firman-Nya:

وَإِذْ قُلْتُمْ يَا مُوسَىٰ لَنْ نَصْبِرَ عَلَىٰ طَعَامٍ وَاحِدٍ فَادْعُ لَنَا رَبَّكَ يُخْرِجْ لَنَا مِمَّا تُنْبِتُ الْأَرْضُ مِنْ بَقْلِهَا وَقِثَّائِهَا وَفُومِهَا

...وَعَدَسِهَا وَبَصِلِهَا

“Dan (ingatlah), ketika kamu berkata: "Hai Musa, kami tidak bisa sabar (tahan) dengan satu macam makanan saja. Sebab itu mohonkanlah untuk kami kepada Tuhanmu, agar Dia mengeluarkan bagi kami dari apa yang ditumbuhkan bumi, yaitu sayur-mayurnya, ketimunnya, bawang putihnya, kacang adasnya, dan bawang merahnya". (Q.S Al-Baqarah: 61)

Menurut Tafsir Al-Muyassar yaitu Dan ingatlah oleh kalian tatkala kami menurunkan makanan manis, dan daging burung yang lezat. Maka kalian menolak nikmat besar itu Lalu seperti kebiasaan kalian, dan kalian merasa sempit dan bosan hingga kalian berkata “wahai Musa kami tidak bisa bersabar dengan makanan yang terus sama saja yang tidak berganti-ganti selama sekian hari ini, maka mohonkanlah untuk kami kepada Tuhanmu agar mengeluarkan bagi kami dari bumi berupa tanaman-tanaman sebagai makanan seperti sayur mayur, mentimun, biji-bijian yang dapat dimakan, adas dan bawang merah.

Dengan memanfaatkan pengetahuan dan keahlian dalam sains dan teknologi, umat Islam diharapkan dapat aktif berperan serta dalam memberikan

kontribusi positif terhadap kemajuan masyarakat dan dunia. Islam mendorong umatnya untuk menjadi pemimpin dalam ilmu pengetahuan dan teknologi, dengan tujuan membawa manfaat bagi umat manusia secara luas.

Salah satu contoh nyata dari penerapan pengetahuan dan teknologi dalam konteks Islam adalah melalui pemanfaatan air untuk pertanian, termasuk melalui metode hidroponik. Dalam perspektif agama, pemanfaatan air sebagai sumber kehidupan tanaman tidak hanya dilihat sebagai aktivitas ekonomis semata, tetapi juga sebagai bentuk kegiatan yang mencerminkan kebijaksanaan dan tanggung jawab umat Muslim dalam menjaga dan memanfaatkan sumber daya alam sesuai dengan ajaran agama.

Tanda-tanda kebesaran Allah yang disebutkan dalam Al-Qur'an mencakup berbagai fenomena alam, siklus hidup tanaman, dan proses-proses alam yang menciptakan keajaiban dan kebesaran. Dengan memahami dan merenungkan tanda-tanda ini, umat Islam diingatkan akan keagungan penciptaan Allah dan tanggung jawab mereka sebagai khalifah (pengelola) di bumi.

Pengembangan teknologi hidroponik sebagai suatu inovasi yang memanfaatkan air sebagai sumber kehidupan tanaman dapat dianggap sebagai contoh konkret dari ma'alam atau tanda-tanda kebijaksanaan dan kekuasaan Allah dalam penciptaan-Nya. Ini mencerminkan kemampuan umat Islam untuk menggabungkan pengetahuan, ilmu pengetahuan, dan teknologi dengan nilai-nilai keagamaan dalam rangka memberikan manfaat bagi kesejahteraan umat manusia dan keberlanjutan lingkungan.

Dengan demikian, pengembangan teknologi dalam konteks seperti hidroponik bukan hanya sebagai upaya pencapaian ilmu pengetahuan semata, tetapi juga sebagai wujud implementasi nilai-nilai keagamaan Islam dalam mengelola dan memanfaatkan sumber daya alam untuk kebaikan bersama. Dengan menyadari tanda-tanda kebesaran Allah dalam ciptaan-Nya, umat Muslim diharapkan untuk menggunakan pengetahuan, kreativitas, dan inovasi dalam berbagai bidang, termasuk sains dan teknologi, untuk meningkatkan kualitas hidup dan berkontribusi positif terhadap masyarakat dan dunia.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian dan pengujian yang telah dilakukan penulis yang berjudul “Sistem Pengendali Tingkat Ph Air Pada Tanaman Bayam Hidroponik Berbasis Mikrokontroler Arduino Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani” dapat diselesaikan sesuai dengan rancangan penulis. Sistem yang dibuat dapat berjalan dengan baik yakni dapat membaca kadar pH dan nutrisi pada media tanam hidroponik. Selain itu, dalam pemberian pupuk dan cairan pengatur pH air juga berjalan dengan baik sesuai dengan hasil pembacaan sensor dan setpoint yang telah ditentukan yaitu 6,0 – 7,0 batas minimal dan maksimal kadar pH, dan 1610 untuk batas minimal kadar nutrisi (PPM). Rata-rata nilai error antara alat ukur pabrikan dengan sensor relatif kecil yakni 4,2 pH untuk SEN0161 dan 2,4 ppm pada sensor 0244. Pengguna tidak perlu khawatir akan keakurasiannya. Hanya saja, kadar nutrisi dan pH perlu diberikan wadah terpisah Sehingga alat ini dapat diterapkan dalam jangka panjang untuk membantu memonitoring tanaman secara jarak jauh melalui Blynk dan tidak perlu melakukan pemupukan dan kontrol pH secara manual karena sistem dapat berjalan otomatis. Tanaman bayam yang ditanam penulis menggunakan Teknik hidroponik juga bertumbuh dengan baik.

5.2 Saran

Penulis mendapatkan beberapa saran dari beberapa pihak mengenai pembuatan alat tersebut, yaitu:

- 1) Diharapkan dapat dilengkapi dengan RTC (Real Time Clock) agar saat alat kehilangan koneksi maka alat tidak akan mengulang pekerjaan dari awal akan tetapi melanjutkan dari jam saat hilangnya koneksi.
- 2) Menggunakan wifi sebagai jaringan internet agar alat dapat bekerja lebih baik dan efisien.
- 3) Wadah untuk kadar nutrisi dan pH diberikan secara terpisah.
- 4) Implementasi metode fuzzy mamdani sebagai mikrokontroler pada Arduino..

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N. (2016). 'Vertical-horizontal regulated soilless farming via advanced hydroponics for domestic food production in Doha, Qatar', *Research Ideas and Outcomes*, 2, pp.e8134. doi: 10.3897/rio.2.e8134.
- Alshrouf, A. (2017) 'Hydroponics, aeroponic and aquaponic as compared with conventional farming', *American Scientific Research Journal for Engineering*, 27(1), pp.247-255.
- Barbosa, G., Gadelha, F., Kublik, N., Proctor, A., Reichelm, L., Weissinger, E., Wohlleb, G., & Halden, R. (2015) 'Comparison of land, water, and energy requirements of lettuce grown using hydroponic vs. conventional agricultural methods', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(6), pp.6879-6891. doi: 10.3390/ijerph120606879.
- Choudhuri, K. B. R. (2017). *Learn Arduino Prototyping In 10 Days (First)*. Birmingham Mumbai: Packt Publishing Ltd.
- Dzikriansyah, F. F., Hudaya, R., & Nurhaeti, C. W. (2017). Sistem Kendali Berbasis PID untuk Nutrisi Tanaman Hidroponik. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 621–626. Opgehaal van <http://irwns.polban.ac.id/>
- Fakhruzzaini, M., & Aprilianto, H. (2017). Sistem Otomatisasi Pengontrolan Volume Dan PH Air Pada Hidroponik. *Jutisi*, 6, 1335–1344.
- Febriany, N. (2016). APLIKASI METODE FUZZY MAMDANY DALAM PENENTUAN STATUS GIZI DAN KEBUTUHAN KALORI HARIAN BALITA MENGGUNAKAN SOFTWARE MATLAB. *Universitas Pendidikan Indonesia*, 29-49.
- Ibadarrohman, Salahuddin, N. S., & Kowanda, A. (2018). Sistem Kontrol dan Monitoring Hidroponik berbasis Android. *STMIK ATMA LUHUR Pangkalpinang*, 8–9.
- Kurniawan, D., Yadarabullah, & Suprayitno, G. (2018). Implementasi Internet of Things pada Sistem Irigasi Tetes dalam Membantu Pemanfaatan Urban Farming. *The 7th Research Colloquium 2018* (pp. 106-117). Surakarta: ResearchGate.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Muhammad Syaifuddin, Fitri, dkk. 2016. Design and Implementation of pH Control System in Hydroponics using Fuzzy Logic. *International Journal of Control*

and Automation, Vol. 9, No. 11, 2016.

Nugraha, Y. Ek., Irawan, B., & Saputra, R. E. (2017). Pengembangan Sistem Otomatisasi Pengendalian Nutrisi Pada Hidroponik Menggunakan Sistem Pakar Dengan Metode Forward Chaining. *eProceeding of Engineering*, 4(2), 2199–2206.

Nurmas, A., dan S.P. Fitriah. (2011). Pengaruh Jenis Pupuk Daun dan Jenis Mulsa Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bayam Merah (*Amaranthus tricolor L.*). *Jurnal Agroteknos Vol.1 No.2*.

Nurul Syahirah. (2019). Design and Implementation of Arduino-Based Hydroponic System for Spinach Plant with pH Monitoring.

Pohan, S. A., & Oktoyournal, O. (2019). Pengaruh Konsentrasi Nutrisi A-B Mix Terhadap Pertumbuhan Caisim Secara Hidroponik (Drip System). *Lumbung* 18 (1), 20-32. <https://doi.org/10.32530/lumbung.v18i1.179>

Prasetya, B., Setiawan, A. B., & Hidayatulail, B. F. (2019). Pengaturan pH Media Tanam Dan Suhu Tanaman Tomat Pada Sistem Hidroponik Drip Menggunakan Fuzzy Mamdani. *SinarFe7*, 220–224.

Satish, kenta, & Masato. (2018). Design of an Automatic pH Control System for Hydroponic Nutrient Solution Using Fuzzy Logic Controller. *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 30, No. 6, 2018.

Sunarjono, H. 2008. *Bertanam 30 Jenis Sayuran*. Jakarta: Penebar Swadaya.

T. Sakura, "Tabel untuk ukuran PPM dan PH Hidroponik," 3 Maret 2014. [Online]. Available: <http://petaniteguh.blogspot.com/2014/03/tabel-untukukuran-ppm-dan-ph-hidroponik.html>.

Techtonics. Analog PH Sensor Kit with PH Electrode Probe for Arduino. <https://www.techtonics.in/ph-sensor-module-and-ph-electrode-probe-kit>

Tirto, K. (2015). pH Swing: Dampak dan Penyebabnya. *Hidroponiq*. <https://hidroponiq.com/2015/05/ph-swing-dampak-dan-penyebabnya/>

Lampiran 1 :

1. Source Code Konfigurasi Hidroponik dengan Blynk

```
#include "BlynkEdgent.h"
#include <SimpleDHT.h>
int pinDHT22 = 23;
SimpleDHT22 dht22(pinDHT22);
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 19 //LEVEL AIR 12
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
BlynkTimer timer;
int nilai_tombol = 0;
int nilai_ph;
int buzzer = 12;
int relay_PH_up = 14;
int relay_PH_dw = 27;
int relay_Nutrisi_A = 16;
int relay_Nutrisi_B = 17; //0 error // pin 9 ok sdh d tes
int relay_kipas = 13;
float nilai_suhu;
float nilai_PH;
float nilai_TDS;
float nilai_level;
#define SensorPin 34 //pH meter Analog output to Arduino Analog
Input 0
#define Offset 0.00 // -2.00 deviation compensate
#define samplingInterval 20
#define printInterval 100 // 500
#define ArrayLenth 40 //times of collection
int pHArray[ArrayLenth]; //Store the average value of the sensor feedback
int pHArrayIndex = 0;
```

2. Source Code Bagian Setup untuk Inisialisasi Perangkat dan Konfigurasi Awal

```
void loop() {  
  BlynkEdgent.run();  
  timer.run();  
}
```

3. Source Code Implementasi untuk Mengontrol dan Memantau Sistem Hidroponik menggunakan Platform Blynk

```
void transmitData()  
{  
  sensor_tds();  
  sensor_dht();  
  sensor_ph();  
}  
BLYNK_WRITE(V0) {  
  int nilai_1 = param.asInt();  
  digitalWrite(relay_PH_up, HIGH);  
  if (nilai_1 == 0 ) {  
    digitalWrite(relay_PH_up, LOW);  
    delay(1500);  
    digitalWrite(relay_PH_up, HIGH);  
    // delay(1000);  
  } else if (nilai_1 == 1 ) {  
    digitalWrite(relay_PH_up, LOW);  
    delay(1500);  
    digitalWrite(relay_PH_up, HIGH);  
    // delay(1000);  
  }  
}
```

```
BLYNK_WRITE(V1) {  
  digitalWrite(relay_PH_dw, HIGH);  
  int nilai_2 = param.asInt();  
  if (nilai_2 == 0 ) {  
    digitalWrite(relay_PH_dw, LOW);  
    delay(1500);  
    digitalWrite(relay_PH_dw, HIGH);  
    //delay(1000);  
  } else if (nilai_2 == 1) {  
    digitalWrite(relay_PH_dw, LOW);  
    delay(1500);  
    digitalWrite(relay_PH_dw, HIGH);  
    //delay(1000);  
  }  
}  
  
BLYNK_WRITE(V2) {  
  
  digitalWrite(relay_Nutrisi_A, HIGH);  
  
  int nilai_3 = param.asInt();  
  if (nilai_3 == 0 ) {  
    digitalWrite(relay_Nutrisi_A, LOW);  
    delay(1500);  
    digitalWrite(relay_Nutrisi_A, HIGH);  
  } else if (nilai_3 == 1) {  
    digitalWrite(relay_Nutrisi_A, LOW);  
    delay(1500);  
    digitalWrite(relay_Nutrisi_A, HIGH);  
  }  
}
```

```

BLYNK_WRITE(V3) {
  digitalWrite(relay_Nutrisi_B, HIGH);
  int nilai_4 = param.asInt();
  if (nilai_4 == 0 ) {
    digitalWrite(relay_Nutrisi_B, LOW);
    delay(1500);
    digitalWrite(relay_Nutrisi_B, HIGH);
  } else if (nilai_4 == 1) {
    digitalWrite(relay_Nutrisi_B, LOW);
    delay(1500);
    digitalWrite(relay_Nutrisi_B, HIGH);
  }
}

BLYNK_WRITE(V9) {
  int nilai_5 = param.asInt();
  if (nilai_5 == 0 ) {
    digitalWrite(relay_kipas, LOW);
  } else if (nilai_5 == 1) {
    digitalWrite(relay_kipas, HIGH);
  }
}

void sensor_ph(){
  digitalWrite(relay_PH_up, HIGH);
  digitalWrite(relay_PH_dw, HIGH);
  digitalWrite(relay_Nutrisi_A, HIGH);
  digitalWrite(relay_Nutrisi_B, HIGH);
  //float nilai_ph2 = analogRead(39);
  // float ph_set2 = map(nilai_ph2,0,4095,2.00,-1.00);
  static unsigned long samplingTime = millis();
  static unsigned long printTime = millis();
  static float pHValue,voltage, pHValue2;

```

```

if(millis()-samplingTime > samplingInterval)
{
    pHArray[pHArrayIndex++]=analogRead(SensorPin);
    if(pHArrayIndex==ArrayLenth)pHArrayIndex=0;
    voltage = avergearray(pHArray, ArrayLenth)*3.3/4095; //3.3
    pHValue = 4.0*voltage+Offset; //2.1 nilai 9.6
    //pHValue2 = pHValue+ph_set2;
    samplingTime=millis();
}
if(millis() - printTime > printInterval) //Every 800 milliseconds, print
a numerical, convert the state of the LED indicator
{

    //Serial.println(pHValue,2);
    Blynk.virtualWrite(V7, pHValue);
    printTime=millis();

}
}

double avergearray(int* arr, int number){
    int i;
    int max,min;
    double avg;
    long amount=0;
    if(number<=0){
        Serial.println("Error number for the array to avraging!/n");
        return 0;
    }
    if(number<5){ //less than 5, calculated directly statistics
        for(i=0;i<number;i++){

```



```

float humidity = 0;
int err = SimpleDHTErrSuccess;
    if ((err = dht22.read2(&temperature, &humidity, NULL))!=
SimpleDHTErrSuccess) {
    //Serial.print("Read DHT22 failed, err="); Serial.println(err);
    //delay(2000);
    return;
}
temperature = temperature-2.0;
humidity = humidity-16.0;
    //Serial.print((float)temperature); Serial.print(" *C, ");
    // Serial.print((float)humidity); Serial.println(" RH%");
    Blynk.virtualWrite(V4, (float)temperature);
    Blynk.virtualWrite(V5, (float)humidity);
if (temperature > 35.00){
    digitalWrite(relay_kipas, LOW);
} else {
    digitalWrite(relay_kipas, HIGH);
}

}

void sensor_tds(){
    int sensorValue = analogRead(TdsSensorPin);
    float voltage1 = sensorValue * (3.3/4095.0); //1023
    tdsValue1 = 2000/5*voltage1;
    Blynk.virtualWrite(V6, tdsValue1);
    /*
int nilai_tds = analogRead(36);
    int tds_set = map(nilai_tds,500,4095,-50,250);
    if (tdsValue1 < 250){
    tdsValue1 = 2000/5.0*voltage1; //tdsValue1 = 2000/5*voltage1

```

```

} else {
    tdsValue1 = 2000/5.0*voltage1+tds_set;
//tdsValue1 = 2000/5*voltage1+tds_set;
}
    Blynk.virtualWrite(V5, tdsValue1);
*/
}

int getMedianNum(int bArray[], int iFilterLen)
{
    int bTab[iFilterLen];
    for (byte i = 0; i<iFilterLen; i++)
        bTab[i] = bArray[i];
    int i, j, bTemp;
    for (j = 0; j < iFilterLen - 1; j++)
    {
        for (i = 0; i < iFilterLen - j - 1; i++)
        {
            if (bTab[i] > bTab[i + 1])
            {
                bTemp = bTab[i];
                bTab[i] = bTab[i + 1];
                bTab[i + 1] = bTemp;
            }
        }
    }
    if ((iFilterLen & 1) > 0)
        bTemp = bTab[(iFilterLen - 1) / 2];
    else
        bTemp = (bTab[iFilterLen / 2] + bTab[iFilterLen / 2 - 1]) / 2;
    return bTemp
}

```

```
}void awal(){
    digitalWrite(buzzer, HIGH);    // matikan speaker
    delay (250);
    digitalWrite(buzzer, LOW);    // matikan speaker
    delay (250);
    digitalWrite(buzzer, HIGH);    // matikan speaker
    delay (250);
    digitalWrite(buzzer, LOW);    // matikan speaker
    delay (250);
}

void awal2(){
    digitalWrite(buzzer, HIGH);    // matikan speaker
    delay (150);
    digitalWrite(buzzer, LOW);    // matikan speaker
    delay (150);
}

void awal3(){
    digitalWrite(buzzer, HIGH);    // matikan speaker
    delay (50);
    digitalWrite(buzzer, LOW);    // matikan speaker
    delay (50);
}
```