

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *FUZZY LOGIC CONTROLLER* PADA
SISTEM KENDALI OTOMATIS UNTUK MENINGKATKAN
PERTUMBUHAN TANAMAN SELADA**

SKRIPSI

**Oleh:
VERI VERDIANSYAH
NIM. 200605110174**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *FUZZY LOGIC CONTROLLER* PADA
SISTEM KENDALI OTOMATIS UNTUK MENINGKATKAN
PERTUMBUHAN TANAMAN SELADA**

SKRIPSI

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

Oleh:
VERI VERDIANSYAH
NIM. 200605110174

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

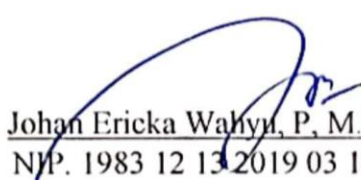
IMPLEMENTASI ALGORITMA *FUZZY LOGIC CONTROLLER* PADA SISTEM KENDALI OTOMATIS UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TANAMAN SELADA

SKRIPSI

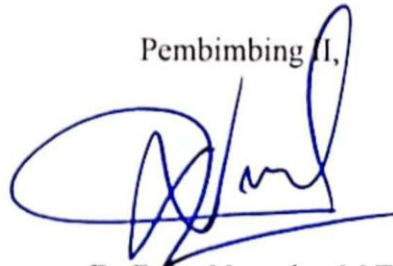
Oleh:
VERI VERDIANSYAH
NIM. 200605110174

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 4 Juni 2024

Pembimbing I,


Johan Ericka Wahyuni, P. M.Kom
NIP. 1983 12 13 2019 03 1004

Pembimbing II,


Dr. Ficusy Nugroho, M.T
NIP. 19710722 201101101

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



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

HALAMAN PENGESAHAN

IMPLEMENTASI ALGORITMA *FUZZY LOGIC CONTROLLER* PADA SISTEM KENDALI OTOMATIS UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TANAMAN SELADA

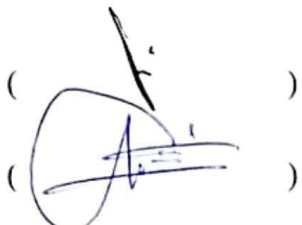
SKRIPSI

Oleh:

VERI VERDIANSYAH
NIM. 200605110150

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 12 Juni 2024

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji	: <u>Dr. Muhammad Faisal, M.T</u> NIP. 1974040510 200501 1 007	()
Anggota Penguji I	: <u>Ajib Hanani, M.T</u> NIP. 19840731 202321 1 013	()
Anggota Penguji II	: <u>Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom</u> NIP. 198312 13 2019 03 1004	()
Anggota Penguji III	: <u>Dr. Fresy Nugroho, M.T</u> NIP. 19710722 20110 1 001	()

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



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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Veri Verdiansyah
NIM : 200605110174
Fakultas / Program Studi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi : Implementasi Algoritma *Fuzzy Logic Controller*
Pada Sistem Kendali Otomatis Untuk
Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Selada

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, 12 Juni 2024
Yang membuat pernyataan,



Veri Verdiansyah
NIM. 200605110174

MOTTO

“Mulat sariro hang roso wani”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Skripsi Karya ini saya persembahkan untuk diri saya sendiri dan kedua orang tua yang selalu mendukung, memberi semangat, dan mendoakan agar saya diberi kemudahan dalam menjalani dan juga tema-teman teknik informatika angkatan 2020 yang selalu mendorong dan mendukung saya selama penyusunan skripsi ini. Semoga Alla SWT selalu memberikan hal-hal baik kepada mereka

KATA PENGANTAR

Selanjutnya penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin MA, selaku rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., selaku Ketua Prodi Teknik Informatika yang senantiasa mendorong dan memberikan solusi di setiap permasalahan mahasiswanya.
4. Supriyono, M. Kom, selaku dosen wali yang senantiasa membantu dan mengarahkan dari awal semester hingga akhir
5. Johan Ericka Wahyu P, M. Kom dan Dr. Fresy Nugroho, M.T, selaku dosen pembimbing satu dan dosen pembimbing dua yang membimbing dan mengarahkan dengan baik sehingga karya ini dapat diselesaikan.

Malang, 6 Juni 2024

Veri Verdiansyah

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
مستخلص البحث	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terkait	6
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI	10
3.1 Desain Sistem Kendali Otomatis	10
3.2 Desain Perancangan Sistem Kendali Otomatis	11
3.3 Tanaman Selada	12
3.4 Rancangan Percobaan	13
3.5 <i>Fuzzy Logic Controller</i>	13
3.6 Penerapan Fuzzy	15
3.5.1 Fuzzifikasi	16
3.5.2 Inferensi	21
3.5.3 Defuzzifikasi.....	22
3.6 Pengujian Kalibrasi.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Penelitian	24
4.1.1 Pengujian Sensor DS18B20 dengan Termometer.....	24
4.1.2 Percobaan Sensor pH dengan pH meter	24
4.1.3 Percobaan Sensor TDS dengan TDS meter	25
4.1.4 Pengujian Sistem Fuzzy.....	25
4.1.5 Pengujian Sistem Fuzzy.....	27

4.2Pembahasan	27
4.2.1 Sistem Hardware.....	28
4.2.2 Sistem Kendali Otomatis	28
4.2.4 Pertumbuhan Tanaman Selada.....	31
4.3Hasil Analisa.....	37
4.4Integrasi Islam.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1Kesimpulan	40
5.2Saran	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terkait	8
Tabel 3.1 Nilai keanggotaan pompa nutrisi, air, ph up, ph down	20
Tabel 3.2 Nilai keanggotaan pemanas dan pendingin.....	21
Tabel 3.3 Rule base	21
Tabel 4.1 Tingkat akurasi sensor DS18B20.....	24
Tabel 4.2 Tingkat akurasi sensor pH	24
Tabel 4.3 Tingkat akurasi sensor TDS	25
Tabel 4.4 Pengujian sistem fuzzy	26
Tabel 4.5 Pengujian RTC.....	27
Tabel 4.6 Data pertumbuhan tinggi tanaman selada	33
Tabel 4.7 Data pertumbuhan daun tanaman selada.....	34
Tabel 4.8 Data berat tanaman selada	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Desain sistem kendali otomatis	10
Gambar 3.2 Desain perancangan sistem kendali otomatis.....	11
Gambar 3.3 Tanaman selada.....	12
Gambar 3.4 <i>Fuzzylogic</i> Logic Controller.....	13
Gambar 3.5 Desain <i>Fuzzy logic</i>	14
Gambar 3.6 kurva trapesium fuzzy	16
Gambar 3.7 Fungsi keanggotan nutrisi	17
Gambar 3.8 Fungsi keanggotan pH.....	18
Gambar 3.9 Fungsi keanggotan suhu.....	19
Gambar 3.10 Fungsi keanggotaan output pompa.....	20
Gambar 3.11 Fungsi keanggotaan output pendingin dan pemanas.....	20
Gambar 4.1 Hardware sistem kendali otomatis	28
Gambar 4.2 instalasi sistem kendali otomatis	29
Gambar 4.3 Alat pemanas dan pendingin	30
Gambar 4.4 pemasangan <i>growt light</i>	30
Gambar 4.5 Dengan sistem 1 HST.....	31
Gambar 4.6 Tanpa sistem 1 HST	31
Gambar 4.7 Dengan sistem 21 HST.....	31
Gambar 4.8 Tanpa sistem 21 HST	32
Gambar 4.9 tinggi tanaman dengan sistem	32
Gambar 4.10 tinggi tanaman tanpa sistem	33
Gambar 4.11 grafik tinggi tanaman	33
Gambar 4.12 banyak daun tanaman dengan system	34
Gambar 4.13 banyak daun tanaman tanpa sistem	34
Gambar 4.14 Grafik rata-rata pertumbuhan daun	35
Gambar 4.15 berat dengaen sistem	35
Gambar 4.16 berat tanpa sistem.....	36
Gambar 4.17 Grafik rata-rata berat tanaman	36
Gambar 4.18 Grafik berat total tanaman.....	37

ABSTRAK

Verdiansyah, Veri. 2024. **Implementasi Algoritma *Fuzzy Logic Controller* Pada Sistem Kendali Otomatis Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Selada**. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Johan Ericka Wahyu P. M.Kom (II) Dr. Fresy Nugroho, M.T.

Kata kunci: Arduino, *Fuzzy Logic Controller*, Sistem Kendali, Pertumbuhan Selada Hidroponik.

Pertanian hidroponik telah menjadi solusi yang semakin populer dalam memenuhi kebutuhan pangan di dunia yang terus bertambah. Hidroponik merupakan metode penanaman tanaman tanpa menggunakan tanah melainkan menggunakan air yang mengandung campuran hara. Namun, pemeliharaan tanaman hidroponik, khususnya selada, memerlukan perhatian yang konstan dan faktor-faktor seperti kualitas air, nutrisi, suhu air dan kebutuhan cahaya yang harus dijaga dengan baik untuk memastikan pertumbuhan yang optimal, terlebih lagi pengaruh tempat yang sedikit tertutup dan musim penghujan maka kebutuhan cahaya yang diserap oleh tumbuhan selada akan berkurang. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman selada menggunakan sistem kendali otomatis dengan metode *fuzzy logic* sebagai metode perhitungannya. Berdasarkan hasil pengujian sensor nutrisi memiliki *error* sebesar 8,77%, sensor pH didapatkan 8,42%, dan suhu didapatkan *error* 2,39%. Dari pengujian sistem *fuzzy logic* didapatkan tingkat kesesuaian sebesar 100% sesuai dengan aturan fuzzy yang sudah dibuat. Adapun hasil sistem kendali terhadap pertumbuhan tanaman selama 21 HST (hari setelah tanam) didapatkan rata-rata tinggi tanaman 30.25 cm, jumlah daun 8 helai, berat 126.5 gram. Sedangkan rata-rata perlakuan tanpa sistem mendapatkan tinggi 126.12 cm, jumlah daun 8 helai, berat 117.25 gram. Pada hari ke 20 HST, daun selada tanpa sistem layu dikarenakan suhu air yang panas. Kesimpulan tersebut menunjukkan bahwa sistem berhasil berjalan dengan baik dan terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman selada.

ABSTRACT

Verdiansyah, Veri. 2024. **Implementation of the Fuzzy Logic Controller Algorithm in an Automatic Control System to Increase Lettuce Plant Growth.** Thesis. Informatics Engineering Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang Promotor: (I) Johan Ericka Wahyu P. M.Kom (II) Dr. Fresy Nugroho, M.T.

Hydroponic farming has become an increasingly popular solution to meet the world's growing food needs. Hydroponics is a method of growing plants without using soil but using air containing a mixture of nutrients. However, maintaining hydroponic plants, especially lettuce, requires constant attention and factors such as air quality, nutrition, air temperature and light requirements that must be maintained properly to ensure optimal growth, especially the influence of slightly closed places and the rainy season, so the need for the light absorbed by lettuce plants will decrease. This research aims to increase the growth of lettuce plants using an automatic control system with the fuzzy logic method as the calculation method. Based on the test results, the nutritional sensor had an error of 8.77%, the pH sensor obtained an error of 8.42%, and a temperature error of 2.39%. From testing the fuzzy logic system, a conformity level of 100% was obtained according to the fuzzy rules that had been created. The results of the control system for plant growth during 21 HST (days after planting) showed an average plant height of 30.25 cm, number of leaves 8, weight 126.5 grams. Meanwhile, the average treatment without the system was 126.12 cm high, 8 leaves, and 117.25 grams in weight. On the 20th day of HST, lettuce leaves without a system wilted because of the hot air temperature. This conclusion shows that the system has worked well and has been proven to increase the growth of lettuce plants.

Keywords: *Arduino, Control System, Fuzzy Logic Controller, Hydroponic Lettuce Growth.*

مستخلص البحث

فيردينسياس، فيري ٢٠٢٤. تنفيذ خوارزمية التحكم المنطقي المضرب في نظام الزراعة المائية الذكي لزيادة إنتاج نبات الخس. أطروحة .
قسم الهندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية، مالانج. المشرف: أنا (يوهان إريكا واهيو براكاسا. ماجستير علوم الحاسوب) الثاني (دكتوراه. فريسي نوجروهو، ماجستير في الهندسة

الكلمات الرئيسية: الزراعة المائية الذكية، الأردوينو، المتحكم المنطقي المضرب، الخس المائي

أصبحت الزراعة المائية حلاً شائعاً بشكل متزايد لتلبية الاحتياجات الغذائية المتزايدة في العالم. الزراعة المائية هي طريقة لزراعة النباتات دون استخدام التربة ولكن باستخدام الماء الذي يحتوي على خليط من العناصر الغذائية. ومع ذلك، فإن الحفاظ على النباتات المائية، وخاصة الخس، يتطلب اهتماماً مستمراً وعوامل مثل نوعية الهواء والتغذية ودرجة حرارة الهواء ومتطلبات الإضاءة التي يجب الحفاظ عليها بشكل صحيح لضمان النمو الأمثل، وخاصة تأثير الأماكن المغلقة قليلاً وموسم الأمطار، لذلك ستخفض الحاجة إلى الضوء الذي تمتصه نباتات الخس. يهدف هذا البحث إلى زيادة نمو نباتات الخس باستخدام نظام التحكم الآلي بأسلوب المنطق المضرب كطريقة حسابية. بناءً على نتائج الاختبار، حصل مستشعر التغذية على خطأ بنسبة % ٨.٧٧، وحصل مستشعر الرقم الهيدروجيني على خطأ بنسبة % ٨.٤٢، وخطأ في درجة الحرارة بنسبة % ٢.٣٩. ومن اختبار نظام المنطق المضرب تم الحصول على مستوى مطابقة % ١٠٠ وفقاً للقواعد المضببة التي تم إنشاؤها. أظهرت نتائج نظام التحكم في نمو النبات خلال ٢١ يوم بعد الزراعة أن متوسط ارتفاع النبات ٣٠.٢٥ سم، عدد الأوراق ٨، الوزن ١٢٦.٥ جرام. بينما بلغ متوسط المعاملة بدون النظام ارتفاع ١٢٦.١٢ سم، أوراق، ووزن ١١٧.٢٥ جرام. في اليوم العشرين من شهر HST، تذبذب أوراق الخس بدون نظام بسبب درجة حرارة الهواء الساخن. يوضح هذا الاستنتاج أن النظام يعمل بشكل جيد وقد ثبت أنه يزيد من نمو نباتات الخس.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan kegiatan memanfaatkan sumber daya hayati guna memperoleh hasil pangan dengan bantuan manusia. Pertanian secara konvensional biasanya terdapat kendala berupa kekurangan lahan pertanian seiring pesatnya angka kenaikan jumlah penduduk (Wibowo, 2021). Pertanian hidroponik telah menjadi solusi yang semakin populer dalam memenuhi kebutuhan pangan di dunia yang terus bertambah. Hidroponik merupakan metode penanaman tanaman tanpa menggunakan tanah melainkan menggunakan air yang mengandung campuran hara (Novitasari, 2020).

Dalam budidaya hidroponik media rockwool atau bahan sejenisnya digunakan sebagai pengganti tanah selama proses semai. Budidaya tanaman hidroponik lebih memfokuskan penggunaan air nutrisi yang terlarut dalam air guna memenuhi kebutuhan tanaman dalam proses pertumbuhan (Kobar et al., 2023) .

Ada banyak teknik yang dapat digunakan dalam pembudidayaan hidroponik, dan salah satu yang paling Teknik aliran dalam (DFT) adalah gabungan dari teknik aliran dalam yang populer diantaranya *Floating*, NFT, dan *Wick*, dengan sistem kerja menenggelamkan akar tanaman pada air yang mengandung nutrisi yang diperlukan tanaman, sehingga akar dapat tumbuh di dalam air yang kaya nutrisi. Teknik ini menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih cepat karena akar tanaman langsung menyentuh air dalam bak air. Ini memastikan bahwa akar tanaman tetap mendapatkan nutrisi selama 24 jam penuh, dan karena jumlah air

yang cukup di bawahnya memastikan bahwa tanaman tidak kekurangan air bahkan ketika tidak ada listrik. Selain kelebihanannya, metode ini memiliki kekurangan, yaitu kemungkinan akar busuk. Ini karena akar yang terendam air terlalu dalam dapat mengurangi kadar oksigen tanaman, menyebabkan akar rusak dan kematian pada tanaman. Namun, jika teknik ini digunakan dengan benar, kekurangan ini dapat diperbaiki (Virha et al., 2020).

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

“Tidaklah seorang muslim yang menanam tanaman atau bertani kemudian burung, manusia atau pun binatang ternak memakan hasilnya, kecuali semua itu merupakan sedekah baginya.” (HR. Imam Bukhari hadits no.2321).

Hadist diatas menerangkan tentang betapa bermanfaatnya bercocok tanam atau bertani, dimana manfaatnya tidak dapat dirasakan oleh manusia saja akan tetapi makhluk tuhan yang lain seperti burung, binatang ternak dan lingkungan sekitar. Sehingga bertani tidak hanya menjadi sarana mencari nafkah akan tetapi juga menjadi ladang untuk bersedekah. Karena selain dikonsumsi oleh dirinya sendiri, juga memberikan kehidupan kepada makhluk lain. Maka dari itu dapat diketahui inti dari hadist tersebut bahwa bertani baik bagi umat islam di bumi maupun diakhirat.(Norma Aroyandini et al., 2021)

Ada beberapa jenis tanaman yang dapat dan sering ditanam menggunakan teknik DFT, salah satu tanaman yang cocok untuk ditanam dengan teknik ini adalah tanaman selada. Tanaman ini biasanya dibudidaya dan dikonsumsi oleh kalangan masyarakat ekonomi menengah karena kandungan gizi, vitamin dan mineral yang banyak (Sihaloho et al., 2021). Selain itu, selada termasuk tanaman yang mudah

dibudidayakan karena dapat tumbuh pada daerah dataran tinggi maupun dataran rendah.

Selada merupakan sumber nutrisi yang kaya, memiliki pertumbuhan cepat, dan memiliki permintaan pasar yang tinggi. Namun, pemeliharaan tanaman hidroponik, termasuk selada, memerlukan perhatian yang konstan dan faktor-faktor seperti kualitas air, nutrisi, suhu air dan kebutuhan cahaya yang harus dijaga dengan baik untuk memastikan pertumbuhan yang optimal, terlebih lagi pengaruh tempat yang sedikit tertutup dan musim penghujan maka kebutuhan cahaya yang diserap oleh tumbuhan selada akan berkurang. Hal tersebut dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman selada terganggu, sehingga pertumbuhannya menjadi kurang optimal dan dapat menurunkan tingkat pertumbuhan (Ariananda et al., 2020).

Selada biasanya tumbuh optimal dengan paparan sinar matahari penuh atau dengan sinar tambahan LED *grow light*. Kebutuhan cahaya yang optimal bagi tumbuhan selada adalah 12 hingga 16 jam setiap hari (Sendari, 2022). Selada merupakan tanaman mempunyai masa tumbuh panjang perharinya sehingga proses pemberian cahaya matahari saja masih kurang. Hal tersebut dapat memengaruhi proses fotosintesis tanaman, yang dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman yang tidak ideal. Berdasarkan masalah tersebut, upaya untuk memaksimalkan proses fotosintesis tanaman dengan memberikan waktu pencahayaan tambahan. Selama empat jam pada malam hari, cahaya tambahan yang digunakan yaitu LED *grow light*.

Dalam rangka mengatasi permasalahan tersebut, penerapan teknologi sistem kendali otomatis menjadi alternatif yang menarik. Sistem perawatan otomatis

berbasis arduino ini dapat memberikan kontrol yang lebih baik terhadap kebutuhan tanaman selada. Agar sistem dapat berjalan secara otomatis maka dibutuhkan metode perhitungan *fuzzy logic*, Metode pengambilan keputusan yang didasarkan pada aturan ini digunakan untuk memecahkan masalah ketidakpastian (ambiguitas) yang terjadi pada sistem yang akan dimodelkan. Metode fuzzy pada penelitian ini diimplementasikan untuk menentukan kadar nutrisi, suhu air dan pH yang dibutuhkan oleh tanaman selada hidroponik (Luthfi Andhikaputra et al., 2021). Ada banyak implementasi *fuzzy* yang dapat digunakan untuk mengatasi ketidakpastian. Salah satunya yaitu *Fuzzy Sugeno*, karena mudah digunakan dan cocok untuk studi kasus penelitian ini dengan komputasi sederhana dan cepat.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana meningkatkan pertumbuhan selada menggunakan sistem kendali otomatis.

1.3 Batasan Masalah

Variabel yang dikontrol otomatis oleh sistem meliputi Nutrisi, pH, suhu air dan cahaya dalam tanaman hidroponik.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah diidentifikasi, maka tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman selada hidroponik.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memawa manfaat sebagai berikut:

1. Menjaga kebutuhan nutrisi, pH, suhu, dan cahaya tanaman selada agar terpenuhi secara otomatis.
2. Meningkatkan pertumbuhan tanaman selada hidroponik.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wati et al. (2021) yang berjudul “Pengontrol pH dan Nutrisi Tanaman Selada pada Hidroponik Sistem NFT Berbasis Arduino”, merancang teknologi *smart farming* pada hidroponik NFT berbasis arduino pada tanaman selada yang memungkinkan sistem dapat mengontrol kebutuhan tanaman secara otomatis. Sensor yang digunakan yaitu sensor TDS dan pH, nilai yang terbaca oleh sensor kemudian ditampilkan melalui LCD 20x4 agar pengguna dapat membaca nilai yang ditangkap oleh sensor. Sistem akan menyalakan pompa pH dan nutrisi pada saat nilai sensor tidak sesuai dengan set point yang telah ditentukan, dan pompa akan berhenti ketika nilai pH dan nutrisi telah sesuai.

Menurut studi yang dilakukan oleh Nurcahyo et al., (Nurcahyo et al., 2020) yang berjudul “Prototipe Sistem Pembuatan Larutan Nutrisi Otomatis pada Hidroponik Metode *Nutrient Film Technique*”, berhasil membuat prototipe sistem otomatis berbasis arduino yang dapat mempermudah dan mempersingkat waktu budidaya dalam pembuatan larutan nutrisi untuk budidaya tanaman hidroponik.

Dalam studi yang dilakukan oleh Sri Indriani et al. (2020) yang berjudul “Perancangan Kontrol Suhu Larutan Nutrisi Pada Sistem Hidroponik Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy”, menjelaskan perancangan sistem untuk mengontrol suhu larutan nutrisi pada sistem hidroponik menggunakan logika *fuzzy* pada tanaman selada kriting. Pada penelitiannya menggunakan mikrokontroler

arduino mega, sedangkan sensor yang digunakan untuk mengukur suhu adalah sensor DS18B20. Sensor tersebut akan digunakan untuk membaca suhu air dan nilai suhu tersebut akan dikirim kepada plan dalam sistem yaitu kendali AC 220V dan pemanas.

Pada studi yang diteliti oleh Fathurrahman et al. (2023) dalam penelitiannya yang berjudul “Sistem Kendali Kekeruhan dan pH Media Hidroponik untuk Selada Air menggunakan Algoritma Fuzzy.” merancang sistem kendali kekeruhan dan pH pada media hidroponik vertikan untuk selada air menggunakan algoritma *fuzzy mamdani*. Dalam penelitiannya dijelaskan bahwa kontrol nutrisi dan pH merupakan faktor yang penting untuk menjamin pertumbuhan selada yang optimal. Nilai optimal pH dan ppm yang ditentukan untuk mendapatkan hasil yang optimal yaitu 560 sampai dengan 840 ppm dan 6.0 hingga 7.0 untuk pH.

Pada studi yang diteliti oleh Chairurrafi et al. (2022) yang berjudul “Sistem Kendali Level dan Suhu Air pada Hidroponik menggunakan Sensor Ultrasonik, Sensor Suhu, dan Arduino dengan Metode Regresi Linier” menjelaskan Suhu air yang dibutuhkan tanaman selada yang optimal untuk pertumbuhannya pada paling rendah 25°C dan paling tinggi 28°C.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Supriani et al. (2021) yang diberi judul “Respon Tanaman Selada Keriting Hijau Terhadap Penyinaran Lampu LED dan Konsentrasi CaCl_2 pada Sistem Hidroponik”. menunjukkan bahwa kandungan klorofil dan laju pertumbuhan tanaman selada hidroponik dapat ditingkatkan dengan menyalakan lampu dioda merah biru pada malam hari.

Pada studi yang diteliti oleh Andhikaputra et al. (2021) yang berjudul “Penerapan Metode Fuzzy Pada Sistem Monitoring Perkembangan Tanaman Hidroponik”. Berhasil membuat sistem otomasi yang menggunakan metode fuzzy untuk mengetahui jumlah nutrisi, kelembaban, dan ph yang diperlukan tanaman hidroponik. Ketika ph memasuki kondisi keanggotaan fuzzy asam dan basa, pompa akan menyala selama waktu yang ditentukan dengan menggunakan logika fuzzy (satuan milisecond). Pompa suhu dan kelembaban juga akan menyala ketika memasuki nilai keanggotaan dalam kondisi kering dan panas, dan pompa nutrisi akan mati ketika memasuki kondisi kurang dengan menggunakan logika fuzzy.

Tabel 2. 1 Penelitian terkait

No	Peneliti	Judul	Persamaan	Perbedaan
1	Wati D, dan Sholihah W (2021)	Pengontrol pH dan nutrisi tanaman Selada pada hidroponik Sistem NFT berbasis arduino	Mengontrol pH dan nutrisi tanaman selada dengan Arduino	Menambahkan kontrol suhu dan cahaya tambahan
2	Nurchahyo A, Prawiroredjo K, dan Sulaiman S.	Prototipe Sistem Pembuatan Larutan Nutrisi Otomatis pada Hidroponik Metode Nutrient Film Technique.	Mengontrol nutrisi otomatis	Dikontrol dengan metode fuzzy.
3	Sri Indriani E, Qurthobi A, dan Darmawan D (2020)	Perancangan kontrol suhu larutan nutrisi pada sistem hidroponik menggunakan kontrol logika fuzzy; studi kasus selada keriting	Mengontrol suhu larutan nutrisi selada kriting menggunakan kontrol logika fuzzy	Menambahkan kontrol pH ,nutrisi dan cahaya tambahan
4	Fathurahman F, Setiawan E, dan Fitriyah H (2023)	Sistem kendali kekeruhan dan pH media hidroponik untuk selada air menggunakan algoritma fuzzy	Mengendalikan tingkat kekeruhan dan pH media hidroponik untuk selada air menggunakan algoritma fuzzy	Variabel yang dikontrol dan jenis metode fuzzy
5	Chairurrafi M, Fitriyah H, dan Prasetyo B (2022)	Sistem Kendali Level dan Suhu Air pada Hidroponik menggunakan Sensor Ultrasonik, Sensor Suhu, dan Arduino	Mengendalikan suhu air pada hidroponik selada	Mengendalikan pH, nutrisi, dan cahaya tambahan

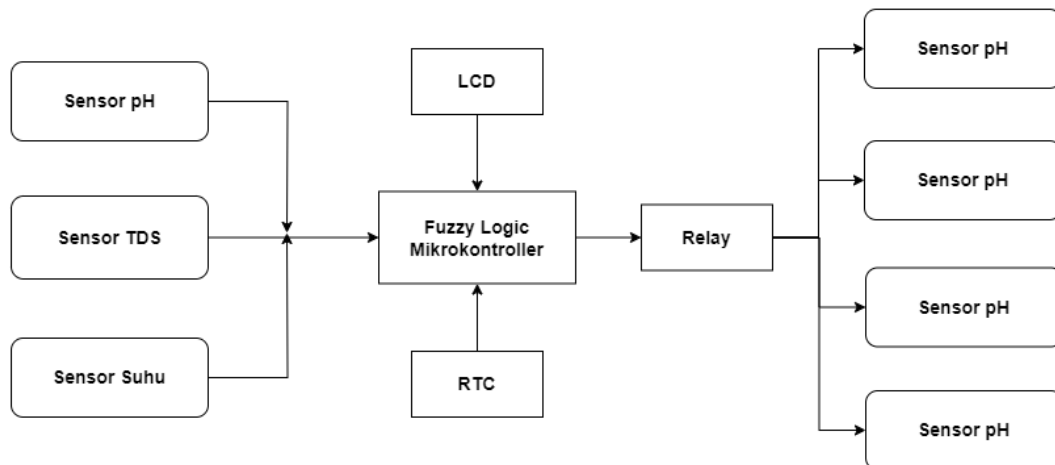
No	Peneliti	Judul	Persamaan	Perbedaan
		dengan Metode Regresi Linier		
6.	Supriani E, Budiyanto S, dan Sutarno (2021)	Respon Tanaman Selada Keriting Hijau Terhadap Penyinaran Lampu LED dan Konsentrasi CaCl_2 pada Sistem Hidroponik	Memberi tambahan cahaya pada malam hari	Cahaya dikontrol secara otomatis
7	Andhikaputra M, Faisol A, Auliasari K (2021)	Penerapan Metode Fuzzy Pada Sistem Monitoring Perkembangan Tanaman Hidroponik	Menggunakan sensor pH, TDS, dan sistem Fuzzy	Menggunakan Sensor suhu air DS18B20

Dari penjelasan terkait diatas, maka dapat disimpulkan bahawa tujuan penelitian ini adalah merekayasa kontrol nutrisi, tingkat keasaman, suhu air serta menambahkan cahaya tambahan secara otomatis untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman selada hidroponik.

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

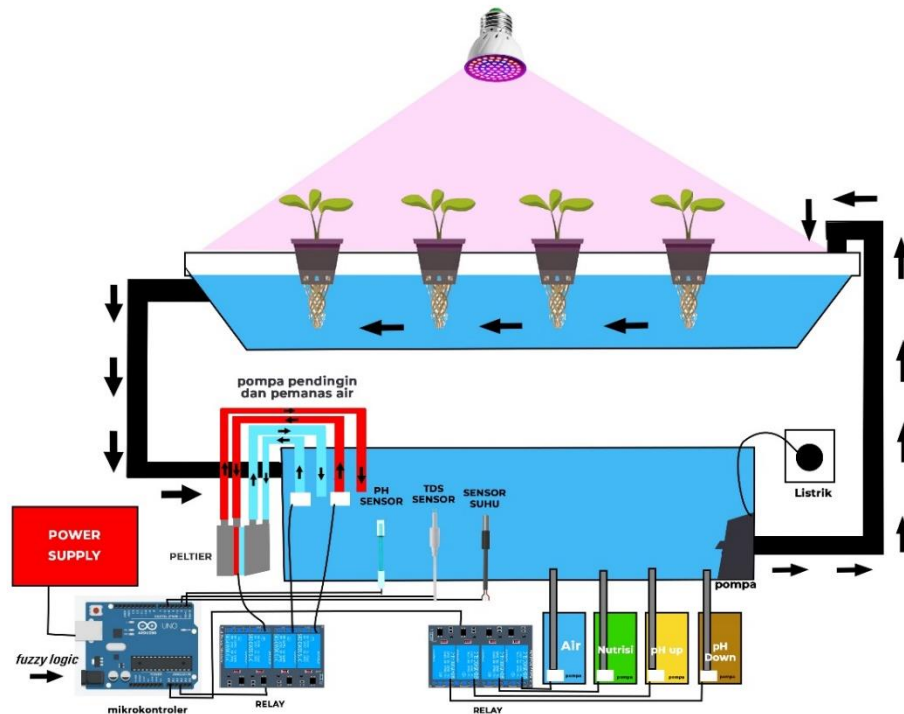
3.1 Desain Sistem Kendali Otomatis



Gambar 3.1 Desain sistem kendali otomatis

Pada gambar terdapat tiga sensor yang akan digunakan pada sistem kendali otomatis ini, diantaranya adalah sensor pH, TDS, dan suhu. Ketiga sensor tersebut di hubungkan ke mikrokontroler arduino mega sebagai input, selain ketiga sensor tersebut ada satu input yaitu RTC, komponen ini yang nantinya berfungsi untuk mengatur waktu kapan lampu grow light akan hidup dan mati. Data inputan dari sensor akan dikirim ke mikrokontroler arduino, kemudian data tersebut akan dilakukan perhitungan menggunakan metode *Fuzzy Logic Controller* yang akan menghasilkan output hasil perhitungan. Data output tersebut nantinya akan ditampilkan pada LCD sebagai informasi kepada user dan juga digunakan untuk mengontrol aktuator.

3.2 Desain Perancangan Sistem Kendali Otomatis



Gambar 3.2 Desain perancangan sistem kendali otomatis

Sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) yang akan digunakan untuk menerapkan sistem kendali otomatis ini. kontrol otomatis tersebut menggunakan sistem kendali yaitu mikrokontroler. Mikrokontroler memberikan perintah berdasarkan hasil eksekusi data yang diperoleh dari sensor, kemudian hasil eksekusi terbut digunakan untuk menggerakkan aktuator yang ada. Perintah aktuator diproses dengan metode *fuzzy logic*, Apabila sensor pH, TDS, suhu mendeteksi ketidak sesuaian nilai dengan set point yang sudah ditentukan maka sistem akan menggerakkan aktuator seperti pompa pH up, pH down, Nutrisi, Air, Pemanas, Cooler untuk mengkondisikan keadaan air menjadi normal sesuai set point yang telah ditentukan.

3.3 Tanaman Selada



Gambar 3.3 Tanaman selada

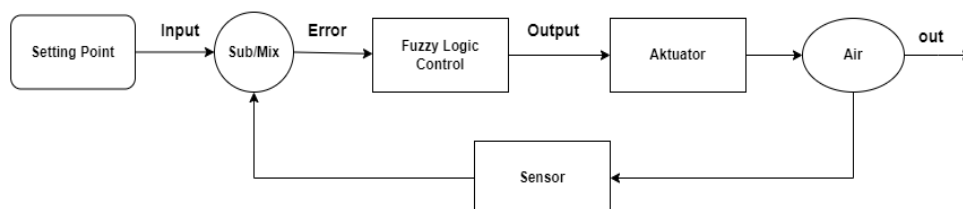
Hidroponik Selada (*Lactuca sativa*) merupakan jenis tanaman yang masih tergolong dalam sayuran. Tanaman ini cukup populer dibudidayakan oleh kalangan masyarakat menengah sampai dengan kebawah dikarenakan budidaya yang cukup mudah, tanaman selada ini juga sering kita dapati dibudidayakan dengan metode hidroponik untuk mengatasi keterbatas lahan yang kini banyak dialami oleh masyarakat. Selain mudah dibudidayakan tanaman selada memiliki banyak bahan zat yang baik untuk kesehatan, seperti sumber vitamin C, A, dan K, serta serat dan folat. Tanaman selada dapat ditanam di daerah dataran rendah maupun tinggi, dan suhu yang bagus untuk mendukung pertumbuhan tanaman ini antara 25-28 derajat Celcius. Sedangkan kebutuhan nutrisi berada pada rentang 560-840 dengan satuan ppm dan tingkat PH yang dibutuhkan untuk tanaman ini harus dalam rentang antara 5,5 dan 6,5 (Rizky et al., 2021).

3.4 Rancangan Percobaan

Pada tahap pengujian, penelitian ini akan dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor penting seperti:

1. Jumlah tanaman yang digunakan: Sebanyak 4 tanaman selada akan ditanam pada kendali otomatis dan 4 pada sistem manual sebagai pembanding.
2. Waktu pengamatan: Pertumbuhan tanaman akan diamati 7 hari sekali, dengan pengamatan dilakukan secara bertahap pada hari ke 1, 7, 14, 21 setelah semai.
3. Pengendalian variabel: Variabel seperti pH, nutrisi, suhu, dan pencahayaan dikendalikan melalui sistem kendali otomatis.
4. Pengumpulan data: Data tentang tinggi tanaman, jumlah daun berat segar.

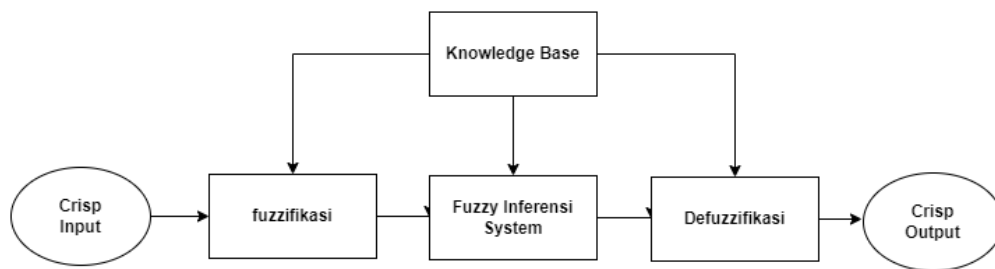
3.5 Fuzzy Logic Controller



Gambar 3.4 Fuzzy logic Controller

Fuzzy Logic Control (FLC) adalah salah satu aplikasi praktis dari *Fuzzy Logic* dalam konteks pengendalian dan automasi. FLC merupakan metode kontrol yang berfokus pada penanganan ketidakpastian dalam pengambilan keputusan (*Fuzzy Inference System*). Metode ini sudah banyak diterapkan diberbagai bidang karena kemudahan dalam implementasinya, contohnya seperti di bidang robotika, elektronika sedangkan pada bidang pertanian khususnya pada sistem hidroponik (Asmbangnirwana et al., 2020).

Sistem kontrol logika fuzzy memodelkan aturan manusia dan berdasarkan logika fuzzy, yang memungkinkan penalaran dan pengambilan keputusan yang lebih adaptif dalam situasi yang tidak pasti. Pada penelitian ini *fuzzy controller* diimplementasikan secara *closed-loop*, yang dimana hasil keluaran yang dieksekusi aktuator akan diumpan balik ke sensor dan akan diproses kembali oleh sistem.



Gambar 3.5 Desain *Fuzzy logic*

Diatas adalah gambar diagram sistem fuzzy logic dan berikut adalah beberapa komponen utama dalam sistem kontrol logika fuzzy:

1. Fuzzyfikasi (*Fuzzification*) Proses mengubah input numerik (misalnya, dari sensor) menjadi nilai linguistik atau variabel linguistik. Ini melibatkan penggunaan fungsi keanggotaan untuk menentukan sejauh mana suatu nilai input termasuk dalam setiap himpunan fuzzy.
2. Aturan Fuzzy (*Fuzzy Rules*): Menentukan aturan-aturan berdasarkan kondisi input dan hasil keluaran yang diinginkan. Aturan-aturan ini sering diekspresikan dalam bentuk.

$$\text{IF } X \text{ is } A \text{ THEN } Y \text{ is } B \quad (3.1)$$

Rule base diatas dapat dapat diartikan "Jika kondisi X is A maka Y hasilnya B".

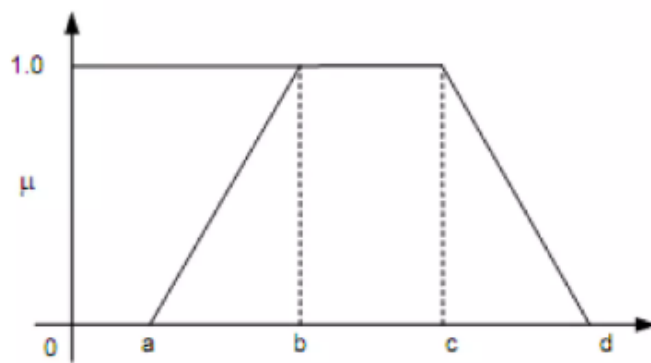
3. Inferensi merupakan bagian dari sistem yang bertugas mengevaluasi aturan-aturan fuzzy dan menghasilkan keluaran fuzzy. Model penalaran yang sering digunakan pada tahap ini biasanya menggunakan min dan max.
4. Defuzzifikasi merupakan kebalikan dari fuzzifikasi yaitu mengubah output fuzzy dari mesin inferensi menjadi nilai numerik yang dapat digunakan sebagai kontrol atau aksi selanjutnya. Defuzzifikasi melibatkan penggunaan fungsi keanggotaan dan berbagai metode untuk menghitung nilai numerik dari nilai fuzzy.

3.6 Penerapan Fuzzy

Metode *fuzzy logic* yang diterapkan pada studi kasus ini adalah *fuzzy Sugeno*. metode ini digunakan untuk menghitung serta mencari output dalam proses defuzzifikasi, output tersebut nantinya akan digunakan untuk mengeksekusi aktuator yang ada. Penelitian ini menggunakan fuzzy Sugeno orde 0. Aturan dasar (rule base) dalam metode ini direpresentasikan menjadi bentuk “IF THEN”. Sebagai ganti himpunan fuzzy, output adalah berupa data konstanta., dari output tersebut nantinya akan digunakan untuk menghidupkan relay yang ada diantaranya pompa nutrisi, pompa air, pompa ph up, pompa ph down, heater, dan pendingin. Dimana setiap relay akan hidup sesuai nilai yang didapatkan dari proses defuzzifikasi.

3.5.1 Fuzzifikasi

Pada tahap fuzzifikasi nilai cips akan diproses menjadi fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan sendiri didapatkan melalui penelitian terdahulu atau dari seorang ahli atau sering disebut *knowledge base*. Pada penelitian ini ada tiga *input* yaitu suhu, pH, dan nutrisi. *Input* suhu memiliki 3 variabel linguistik diantaranya dingin, normal, panas. Kemudian untuk *input* pH memiliki 3 variabel linguistik yakni asam, normal, basa. Dan *input* nutrisi mempunyai variabel linguistik rendah, normal, dan tinggi. Untuk Output memiliki 6 output yang masing output memiliki 2 variabel linguistik.

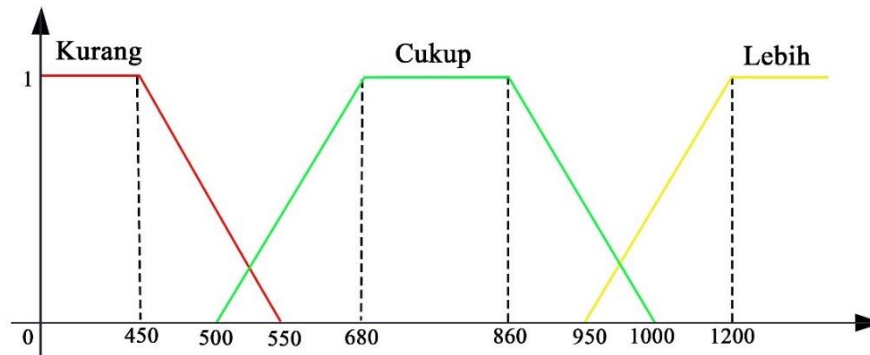


Gambar 3.6 kurva trapesium fuzzy

Pada penelitian ini menggunakan perhitungan menggunakan kurva trapesium, sehingga didapatkan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{d-x}{d-c} & c \leq x \leq d \\ 0 & a \geq x \geq d \end{cases} \quad (3.2)$$

1. Variabel Input Nutrisi



Gambar 3.7 Fungsi keanggotaan nutrisi

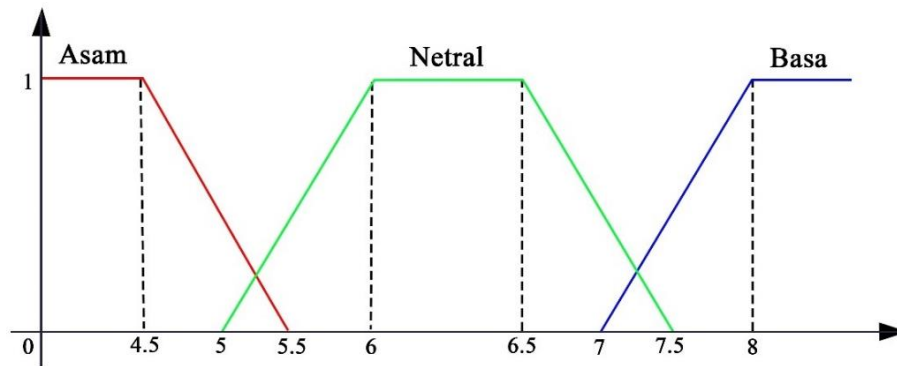
Pada grafik di atas, himpunan anggota Nutrisi adalah Kurang, dengan rentang di bawah 450 hingga 550; anggota Cukup, dengan rentang 500 hingga 1000; dan anggota Lebih, dengan rentang 950 hingga 1200. Berikut adalah rumus perhitungan masing-masing fungsi keanggotaan:

$$\text{Kurang (x)} = \begin{cases} 1 & x \leq 450 \\ \frac{550-x}{550-450} & 450 \leq x \leq 550 \\ 0 & x \geq 550 \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\text{Cukup (x)} = \begin{cases} 1 & 680 \leq x \leq 860 \\ \frac{x-500}{680-500} & 500 \leq x \leq 680 \\ \frac{1000-x}{1000-860} & 860 \leq x \leq 1000 \\ 0 & 500 \geq x \geq 1000 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\text{Lebih (x)} = \begin{cases} 1 & x \leq 1200 \\ \frac{x-950}{1200-950} & 1200 \leq x \leq 950 \\ 0 & x \leq 950 \end{cases} \quad (3.5)$$

2. Variabel Input pH



Gambar 3.8 Fungsi keanggotaan pH

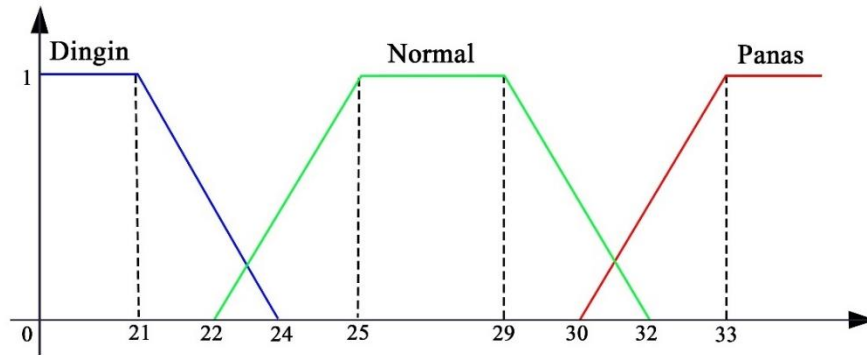
Pada grafik di atas, himpunan keanggotaan pH asam berada di antara 4,5 dan 5,5; himpunan keanggotaan netral berada di antara 5 dan 7,5; dan himpunan keanggotaan basa berada di antara 7 dan 8. Berikut adalah rumus perhitungan masing-masing fungsi keanggotaan:

$$\text{Asam}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 4.5 \\ \frac{5.5-x}{5.5-4.5} & 4.5 \leq x \leq 5.5 \\ 0 & x \geq 5.5 \end{cases} \quad (3.6)$$

$$\text{Netral}(x) = \begin{cases} \frac{x-5}{6-5} & 5 \leq x \leq 6 \\ \frac{7.5-x}{7.5-6.5} & 6 \leq x \leq 7.5 \\ 0 & x \leq 5 \text{ or } x \geq 7.5 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\text{Basa}(x) = \begin{cases} \frac{x-7}{8-7} & 7 \leq x \leq 8 \\ 0 & x \leq 7 \text{ or } x \geq 8 \end{cases} \quad (3.8)$$

3. Variabel Input Suhu Air



Gambar 3.9 Fungsi keanggotaan suhu

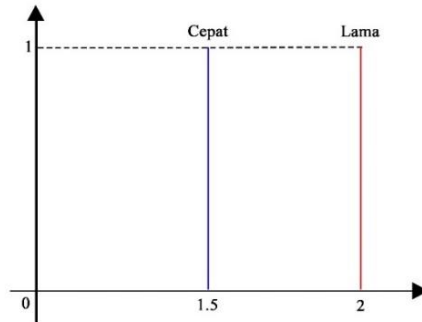
Pada grafik di atas, himpunan keanggotaan suhu Dingin berada di bawah 21 hingga 24, himpunan keanggotaan Normal berada di antara 22 dan 32, dan himpunan keanggotaan Panas berada di atas 30 hingga 33. Berikut adalah rumus perhitungan masing-masing fungsi keanggotaan:

$$\text{Dingin (x)} = \begin{cases} 1 & x \leq 21 \\ \frac{24-x}{24-21} & 21 \leq x \leq 24 \\ 0 & x \geq 24 \end{cases} \quad (3.9)$$

$$\text{Normal (x)} = \begin{cases} \frac{x-22}{25-22} & 25 \leq x \leq 29 \\ \frac{32-x}{32-29} & 22 \leq x \leq 25 \\ 1 & 29 \leq x \leq 32 \\ 0 & 30 \geq x \geq 33 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$\text{Panas (x)} = \begin{cases} \frac{x-30}{33-30} & 30 \leq x \leq 33 \\ 1 & x \geq 33 \\ 0 & x \leq 30 \end{cases} \quad (3.11)$$

4. Variabel Output pompa nutrisi, air, ph up, ph down



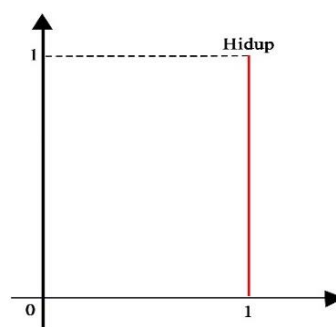
Gambar 3.10 Fungsi keanggotaan output pompa

Variabel output pompa nutrisi, air, pH up, pH down memiliki fungsi keanggotaan yang sama yang berjumlah tiga diantaranya Mati, Cepat, dan Lama. Dengan nilai berupa durasi pompa dihidupkan.

Tabel 3.1 Nilai keanggotaan pompa nutrisi, air, ph up, ph down (Sumber : Yoal et al., 2023)

Mati	Cepat	Lama
0	1.5 detik	2 detik

5. Variable pompa pemanas dan pendingin



Gambar 3.11 Fungsi keanggotaan output pendingin dan pemanas

Variabel output pompa nutrisi, air, pH up, pH down memiliki fungsi keanggotaan yang sama yang berjumlah 2 diantaranya Mati, Hidup.

Tabel 3.2 Nilai keanggotaan pemanas dan pendingin (Sumber : Yoal et al., 2023)

Mati	Hidup
0	1

3.5.2 Inferensi

Pada tahap ini akan dilakukan pencocokan aturan dasar (*rule base*) yang melibatkan beberapa kondisi *input* untuk menghasilkan suatu *output*. Dengan menggunakan metode Min, rule base yang memenuhi derajat keanggotaan untuk semua variabel input diproses. Oleh karena itu, operasi logika yang digunakan dalam penelitian ini adalah AND. *Rule base system* yang terbentuk pada penelitian ini yaitu $3 \times 3 \times 3 = 27$ buah aturan/rule yang dapat digunakan pada sistem (Purnawirawan & Afirianto, 2023). Aturan-aturan atau rule base system yang dapat disusun sebagai berikut :

Tabel 3.3 Rule base

No	rule base	Nutrisi	Air	pH up	pH down	heater	Pendingin
1	kurang - asam - dingin	lama	Mati	mati	lama	hidup	mati
2	kurang - asam - normal	cepat	Mati	mati	cepat	mati	mati
3	kurang - asam - panas	lama	Mati	mati	lama	mati	hidup
4	kurang - netral - dingin	lama	Mati	mati	mati	hidup	mati
5	kurang - netral - normal	cepat	Mati	mati	mati	mati	mati
6	kurang - netral - panas	lama	Mati	mati	mati	mati	hidup
7	kurang - basa - dingin	lama	Mati	Hidup	mati	hidup	mati
8	kurang - basa - normal	cepat	Mati	Hidup	mati	mati	mati
9	kurang - basa - panas	lama	Mati	Hidup	mati	mati	hidup
10	cukup - asam - dingin	mati	Mati	Mati	lama	hidup	mati
11	cukup - asam - normal	mati	Mati	mati	cepat	mati	mati
12	cukup - asam - panas	mati	mati	mati	lama	mati	hidup

No	rule base	Nutrisi	Air	pH up	pH down	heater	Pendingin
13	cukup - netral - dingin	mati	mati	mati	mati	hidup	mati
14	cukup - netral - normal	mati	mati	mati	mati	mati	mati
15	cukup - netral - panas	mati	mati	mati	mati	mati	hidup
16	cukup - basa - dingin	mati	mati	lama	mati	hidup	mati
17	cukup - basa - normal	mati	mati	cepat	mati	mati	mati
18	cukup - basa - panas	mati	mati	lama	mati	mati	hidup
19	lebih - asam - dingin	mati	lama	mati	lama	hidup	mati
20	lebih - asam - normal	mati	cepat	mati	cepat	mati	mati
21	lebih - asam - panas	mati	lama	mati	lama	mati	hidup
22	lebih - netral - dingin	mati	lama	mati	mati	hidup	mati
23	lebih - netral - normal	mati	cepat	mati	mati	mati	mati
24	lebih - netral - panas	mati	lama	mati	mati	mati	hidup
25	lebih - basa - dingin	mati	lama	lama	mati	hidup	mati
26	lebih - basa - normal	mati	cepat	cepat	mati	mati	mati
27	lebih - basa - panas	mati	lama	lama	mati	mati	hidup

3.5.3 Defuzzifikasi

Dalam tahap ini, dilakukan pengubahan nilai *fuzzy* menjadi data konstanta. Pada *fuzzy Sugeno*, defuzzifikasi dilakukan dengan perhitungan rata-rata tertimbang.

$$X = \frac{w1.z1+w2.z2}{w1+w2} \quad (3.12)$$

Keterangan :

X = Hasil defuzzifikasi

w1.w2 =hasil fuzifikasi

z1.z2 = fungsi keanggotaan output

3.6 Pengujian Kalibrasi

Pengujian dilakukan guna mengetahui seberapa akurat sensor dan sistem kendali otomatis yang telah dibangun. Hasil dari proses pengujian ini akan menunjukkan sensor pH, TDS, dan suhu air dapat bekerja sesuai harapan.

$$Error = \frac{Pembacaan\ sensor - Pembacaan\ alat}{Pembacaan\ alat} \times 100\% \quad (3.13)$$

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan rata-rata kesalahan atau error dari semua data hasil pengujian dengan rumus sebagai berikut.

$$Rata - rata\ Error = \frac{\sum Error}{\sum DataUji} \quad (3.14)$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini didapatkan melalui proses pengujian. Pengujian dilakukan pada sensor-sensor yang digunakan serta sistem untuk mengetahui tingkat akurasi dari sistem kendali otomatis yang sudah dibangun.

4.1.1 Pengujian Sensor DS18B20 dengan Termometer

Pada tabel 3.7 dibawah ini merupakan tabel hasil pengujian sensor DS18B20 dengan Termometer HTC-2. Berikut hasil perbandingan beserta persentase *error*.

Tabel 4.1 Tingkat akurasi sensor DS18B20

No	Sensor DS18B20	Termometer	Error(%)
1	28.19	28	0.67%
2	29.31	29	10.05%
3	30.63	30	2.05%
4	31.56	31	1.77%
5	32.75	32	2.29%
6	33.06	33	0.18 %
7	34.75	34	2.15%
8	35.63	35	1.76 %
9	36.56	36	1.53%
10	37.56	37	1.49%
Rata-rata error(%)			2.39%

4.1.2 Percobaan Sensor pH dengan pH meter

Dibawah ini merupakan tabel hasil pengujian sensor pH dengan pH meter. Berikut hasil perbandingan beserta persentase *error*.

Tabel 4.2 Tingkat akurasi sensor pH

No	Sensor pH	pH meter	Error(%)
1	2.65	3.43	22.7%
2	2.89	2.62	10.3%
3	4.10	4.62	11.2%

No	Sensor pH	pH meter	Error(%)
4	4.45	4.91	9.3%
5	5.26	5.47	3.8%
6	5.65	5.72	1.2%
7	6.20	6.21	0.1%
8	6.75	6.45	4.6%
9	7.35	6.68	10%
10	7.56	6.81	11%
Rata-rata error(%)			8.42%

4.1.3 Percobaan Sensor TDS dengan TDS meter

Dibawah ini merupakan tabel hasil percobaan sensor TDS dengan TDS meter. Berikut hasil perbandingan beserta persentase *error*.

Tabel 4.3 Tingkat akurasi sensor TDS

No	Sensor TDS	TDS meter	Error(%)
1.	972	1026	5.2%
2.	787	785	0.2%
3.	700	708	1.1%
4.	625	647	3.4%
5.	417	452	7,7%
6.	354	384	7.8%
7.	262	306	14.3%
8.	192	237	18.9%
9	573	606	5.4%
10	1179	1546	23.7%
Rata-rata error(%)			8.77%

4.1.4 Pengujian Sistem Fuzzy

Tujuan dari pengujian sistem *fuzzy* adalah untuk memastikan apakah komponen elektronik yang telah dirangkai bekerja dengan baik dan benar dalam desain sistem hidroponik pintar dengan menggunakan metode *fuzzy logic sugeno* untuk mengontrol pompa, dan juga untuk memastikan bahwa aturan yang dibuat oleh sistem *fuzzy* bekerja dengan baik dalam desain sistem ini.

Test ini dilakukan selama satu hari. Peneliti menggunakan air es dan air panas untuk mengubah suhu air yang akan dibaca oleh sensor DS18B20, sehingga didapatkan data input yang sesuai dengan aturan yang diinginkan. Sedangkan untuk

menguji TDS, peneliti menggunakan air nutrisi dan air, dan untuk menguji pH, peneliti menggunakan cairan pH naik dan turun. Data hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan output yang diharapkan dengan cara manual.

Tabel 4. 4 Pengujian sistem fuzzy

Rule	Input			Diharapkan	Kesesuaian
	TDS (ppm)	pH	Suhu (°C)		
1	257	3.6	17	Pompa Nutrisi, ph up, heater hidup	Sesuai
2	264	3.6	26	Pompa Nutrisi, ph up Hidup	Sesuai
3	323	3.6	34	Pompa Nutrisi, ph up Hidup, pendingin	Sesuai
4	267	4.2	23	Pompa Nutrisi, heater hidup	Sesuai
5	223	4.2	25	Pompa Nutrisi hidup	Sesuai
6	342	4.2	32	Pompa Nutrisi, pendingin hidup	Sesuai
7	333	7.7	33	Pompa Nutrisi, ph down, heater hidup	Sesuai
8	424	7.7	27	Pompa Nutrisi, ph down hidup	Sesuai
9	454	7.7	34	Pompa Nutrisi, ph down, pendingin hidup	Sesuai
10	563	3.2	16	Pompa ph up, heater hidup	Sesuai
11	573	3.2	27	Pompa ph up hidup	Sesuai
12	568	3.2	34	Pompa ph up, pendingin hidup	Sesuai
13	804	6.2	19	Heater hidup	Sesuai
14	790	6.2	27	Mati semua	Sesuai
15	570	6.2	34	Pendingin hidup	Sesuai
16	779	8.7	20	Pompa ph down, heater hidup	Sesuai
17	563	8.7	26	Pompa ph down hidup	Sesuai
18	822	8.7	34	Pompa ph down, pendingin hidup	Sesuai
19	1123	4.7	19	Pompa air, ph up, heater hidup	Sesuai
20	1252	4.7	26	Pompa air, ph up hidup	Sesuai
21	1334	4.7	31	Pompa air, ph up, pendingin hidup	Sesuai
22	1175	6.6	22	Pompa air, heater hidup	Sesuai
23	1124	6.6	27	Pompa air hidup	Sesuai
24	1365	6.6	35	Pompa air, pendingin hidup	Sesuai
25	2123	8.4	17	Pompa air, ph down, heater hidup	Sesuai
26	1923	8.4	25	Pompa air, ph down hidup	Sesuai
27	1890	8.4	32	Pompa air, ph down, pendingin hidup	Sesuai

Berdasarkan hasil data pengujian pada tabel maka dapat diperoleh bahwa tingkat kesesuaian dari perancangan sistem kendali otomatis menggunakan fuzzy sugeno untuk kontrol pompa berbasis arduino, yaitu :

$$Kesesuaian = \frac{\text{Jumlah percobaan yang benar}}{\text{Total percobaan}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Maka dengan hasil akurasi sistem sebesar 100% maka standar tingkat akurasi masuk ke klasifikasi *Excelent Classification* (Nor & Taufiq, 2019).

4.1.5 Pengujian Sistem Fuzzy

Pengujian RTC bertujuan untuk menentukan apakah waktu yang telah diseting sudah sesuai atau belum. waktu diseting untuk menghidupkan lampu grow light dimalam hari, tepanya pada pukul 19.00 sampai dengan 23.00 WIB. Lampu growlight akan hidup dalam rentang waktu yang ditentukan dan akan mati diluar rentang waktu tersebut.

Tabel 4.5 Pengujian RTC

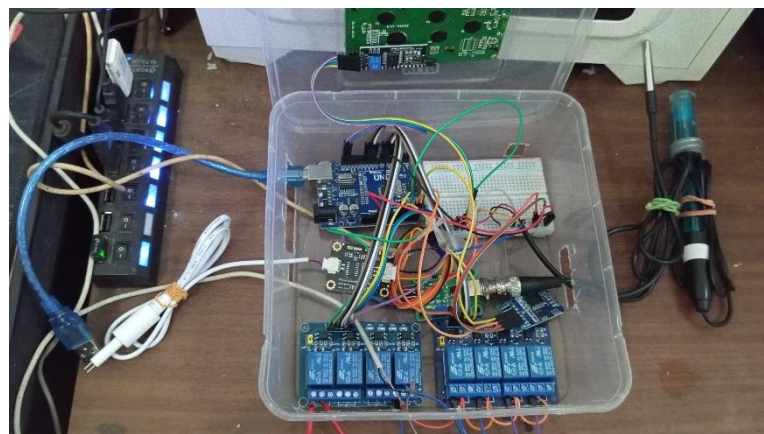
Waktu	Keadaan	Kesesuaian
18.00 WIB	Mati	Sesuai
19.15 WIB	Hidup	Sesuai
21.50 WIB	Hidup	Sesuai
22.30 WIB	Hidup	Sesuai
23.10 WIB	Mati	Sesuai]

4.2 Pembahasan

Bagian ini membahas tentang sistem yang telah berhasil dibuat, termasuk pembuatan kendali otomatis dan penjelasan hardware beserta fungsi-fungsinya.

4.2.1 Sistem Hardware

Hardware sistem penelitian ini terdiri dari komponen yang dapat secara otomatis mengontrol pH, TDS dan suhu. Arduino Uno sebagai mikrokontroler adalah komponen penting. Ada beberapa komponen lain yang terhubung ke Arduino Uno, diantaranya RTC, LCD dan Relay, pompa, pemanas, pendingin dan lampu grow light sebagai output.



Gambar 4.1 Hardware sistem kendali otomatis

Pertama kali yang dilakukan oleh sistem adalah membaca keadaan air dengan sensor pH, TDS, suhu DS18B20. Setelah data berhasil terbaca, data dikirim ke mikrokontroler Arduino, kemudian data-data pembacaan sensor tersebut akan dihitung menggunakan metode *fuzzy Sugeno*. Hasil perhitungan digunakan untuk mengatur output pompa Nutrisi, pompa Air, pompa pH up, pompa pH down, pendingin dan heater.

4.2.2 Sistem Kendali Otomatis

Pada penelitian ini menggunakan metode tanam hidroponik DFT yang dibuat menggunakan bahan paralon dengan panjang satu meter. Kemudian paralon tersebut diberi lubang untuk tempat menanam tanaman selada, akar tanaman yang

berada dalam paralon akan teraliri air nutrisi yang dipompa melalui bak air utama. Sistem kendali otomatis akan dipasang pada bak utama, karena air pada bak utama tersebut yang akan dipompa menuju paralon dimana tempat tanaman selada ditanam.



Gambar 4.2 instalasi sistem kendali otomatis

Sistem kendali otomatis akan memompa nutrisi apabila sensor TDS membaca bahwa air dalam bak utama mengalami kekurangan nutrisi, apabila sensor TDS membaca kadar nutrisi yang berlebih maka sistem akan menghidupkan pompa air untuk menormalkan kembali kadar nutrisi pada air yang ada dalam bak utama. Begitu juga dengan pompa lainnya seperti pompa pH up dan pH down akan bekerja ketika nilai pH air pada bak utama tidak sesuai dengan rentang normal.



Gambar 4.3 Alat pemanas dan pendingin

Sensor suhu DS18B20 akan membaca data suhu air yang terdapat di bak utama, apabila sensor membaca nilai air dalam bak lebih besar dari 30 °C yang berarti panas maka sistem akan menghidupkan relay peltier untuk mendinginkan air, dan sebaliknya apabila suhu air terdeteksi dingin maka sistem akan menhidupkan relay heater untuk memanaskan air sampai suhu air berada pada nilai normal.

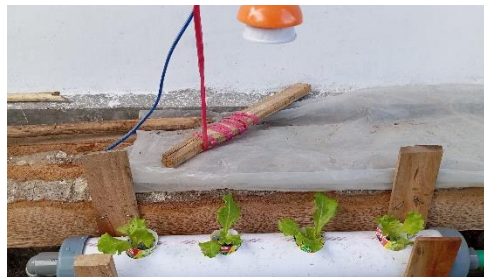


Gambar 4.4 pemasangan *growt light*

Lampu *grow light* diletakan diatas tanaman selada hidroponik dengan jarak 15 cm. pemberian jarak tersebut bertujuan agar cahaya *grow light* dapat terpancar secara merata keseluruh tanaman.

4.2.4 Pertumbuhan Tanaman Selada

Proses pembenihan atau semai tanaman selada dilakukan selama 15 hari pada media tanam rockwool. Setelah usia semai mencapai 15 hari atau sudah muncul daun ke empat maka tanaman selada siap dipindah tanam ke media hidroponik



Gambar 4.5 Dengan sistem 1 HST



Gambar 4.6 Tanpa sistem 1 HST

Setelah pindah tanam maka dilakukan pengamatan parameter pertumbuhan tanaman selada selama 21 HST (hari setelah tanam) yang meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun masing-masing tanaman setiap hari pada pukul 7 pagi.



Gambar 4.7 Dengan sistem 21 HST



Gambar 4.8 Tanpa sistem 21 HST

Pada hari ke 21 HST kondisi kesegaran tanaman terlihat berbeda, daun selada hidroponik dengan perlakuan tanpa sistem menjadi layu. Hal tersebut disebabkan suhu yang terlalu tinggi, suhu pada hidroponik tanpa sistem mencapai 32 °C. Karena tidak adanya sistem pendingin ataupun pemanas menyebabkan suhu menjadi tidak teratur.

4.2.4.1 Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman selada diukur setiap tujuh hari sekali. Pengukuran ini dimulai dari pangkal tanaman, yaitu bagian tanaman yang terletak di atas media tanam, hingga puncak daun tertinggi.



Gambar 4.9 tinggi tanaman dengan sistem

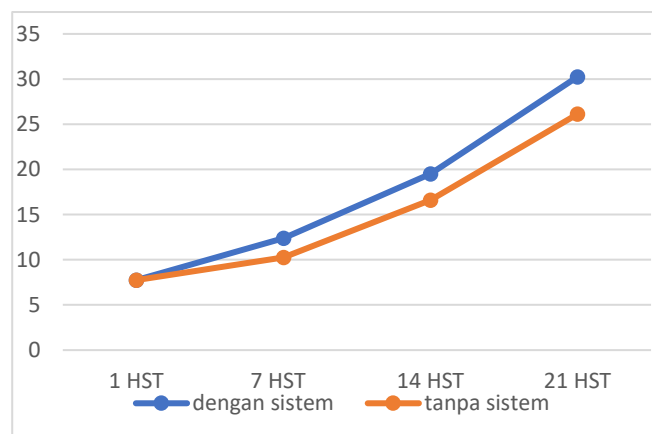


Gambar 4.10 tinggi tanaman tanpa sistem

Tabel 4.6 Data pertumbuhan tinggi tanaman selada

tinggi tanaman (cm)										
Hari ke-	dengan sistem				Rata-rata	tanpa sistem				Rata-rata
	s1	s2	s3	s4		s1	s2	s3	s4	
1 HST	8	7	8	8	7.75	7	8	7.5	8	7.75
7 HST	12.5	11	13	13	12.37	10	11	9.5	10.5	10.25
14 HST	19	18	21	20	19.5	16	17	16.5	17	16.62
21 HST	30	29	32	30	30.25	25	27	26	26.5	26.12

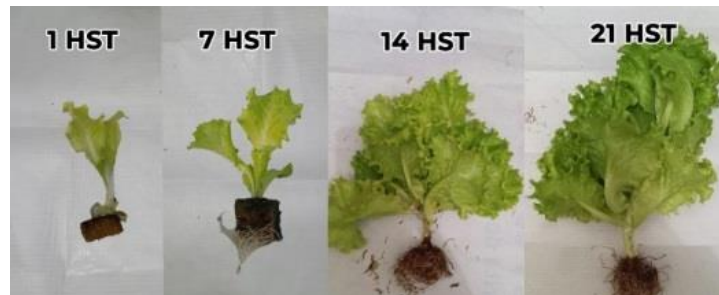
Dibawah ini adalah grafik data pada tabel 4.9 apabila ditampilkan dalam bentuk grafik.



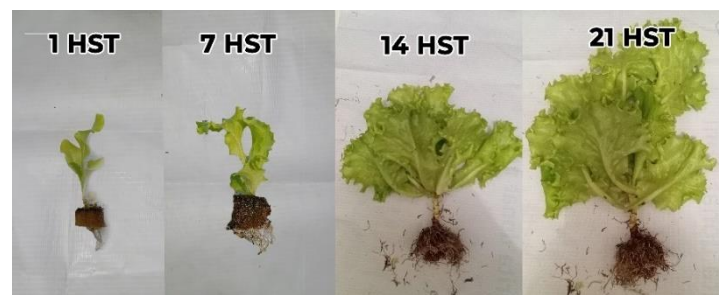
Gambar 4.11 grafik tinggi tanaman

4.2.4.2 Jumlah Daun

Perhitungan jumlah /daun tanaman selada juga dilakukan setiap tujuh hari sekali. Jumlah daun tanaman selada yang dapat dihitung adalah daun yang sudah membuka.



Gambar 4.12 banyak daun tanaman dengan system

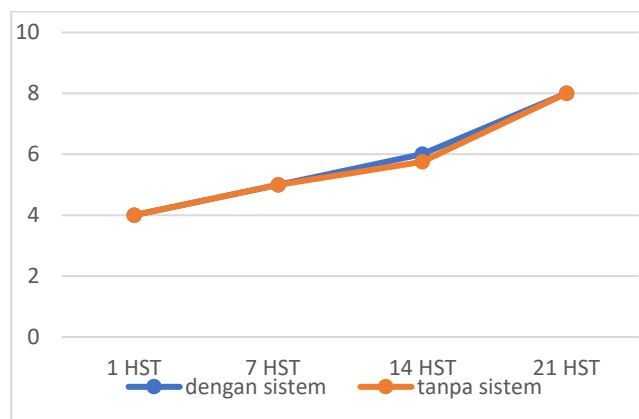


Gambar 4.13 banyak daun tanaman tanpa sistem

Tabel 4.7 Data pertumbuhan daun tanaman selada

Jumlah daun (Helai)										
Hari ke-	dengan sistem				Rata-rata	tanpa sistem				Rata-rata
	s1	s2	s3	s4		s1	s2	s3	s4	
1 HST	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4.00
7 HST	5	5	5	5	5.00	5	5	5	5	5.00
14 HST	6	6	6	6	6.00	6	5	6	6	5.75
21 HST	8	8	8	8	8.00	8	8	8	8	8.00

Dibawah ini adalah grafik data pada tabel 4.10 apabila disajikan dalam bentuk grafik.



Gambar 4.14 Grafik rata-rata pertumbuhan daun

4.2.4.3 Berat Segar

Pengukuran rata-rata berat segar tanaman selada juga dilakukan pada hari terakhir yakni hari ke 21 HST. Tabel pengukuran berisi berat masing tanaman yang ditotal dan dicari rata-rata dari setiap perlakuan.



Gambar 4.15 berat dengan sistem

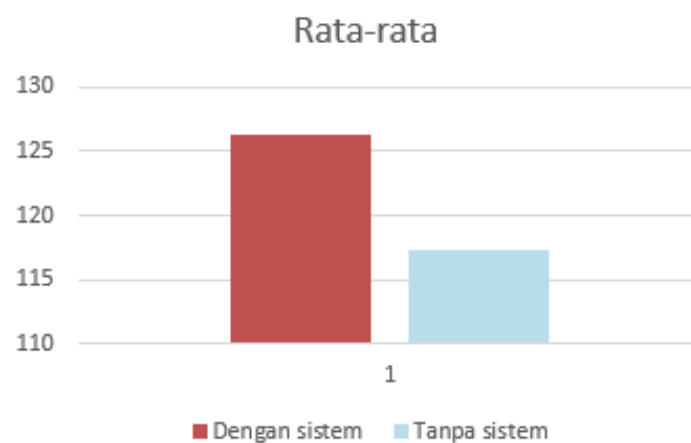


Gambar 4.16 berat tanpa sistem

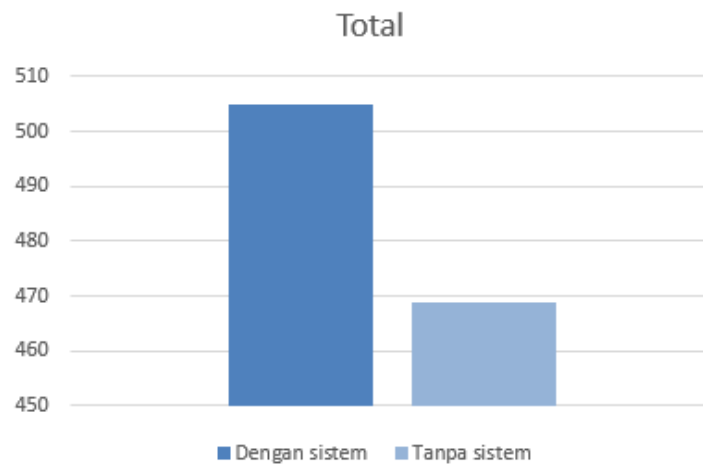
Tabel 4.8 Data berat tanaman selada

Berat segar (gram)										
Hari ke-	dengan sistem				Total	tanpa sistem				Total
	s1	s2	s3	s4		s1	s2	s3	s4	
21 HST	125	122	130	128	505	116	118	117	118	469
	Rata-rata				126.25					117.25

Dibawah ini adalah grafik data pada tabel 4.11 apabila ditampilkan dalam bentuk grafik.



Gambar 4.17 Grafik rata-rata berat tanaman



Gambar 4. 18 Grafik berat total tanaman

4.3 Hasil Analisa

Sensor dan sistem dalam penelitian ini diuji guna mengetahui tingkat akurasi. Terdapat tiga sensor yang akan diuji diantaranya: TDS menghasilkan tingkat kesalahan sebesar 8,77%, pH menghasilkan kesalahan 8,42%, dan suhu menghasilkan kesalahan 2,39%. Dan hasil pengujian sistem fuzzy menghasilkan persentase keberhasilan 100%, yang sesuai dengan peraturan yang ada.

Pertumbuhan tanaman selada pada hari ke 21 HST menggunakan sistem kendali otomatis memiliki rata-rata tinggi 30.25 cm, jumlah daun 8 helai, dan berat 126.25 gram. Sedangkan tanaman selada tanpa sistem memiliki rata-rata tinggi 26.12 cm, jumlah daun 8 helai, dan berat 117.25 gram. Pada hari ke 20 HST, daun selada tanpa sistem layu dikarenakan suhu air yang panas. Kesimpulan tersebut menunjukkan bahwa sistem berhasil berjalan dengan baik dan terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman selada.

4.4 Integrasi Islam

Bertani dalam islam memiliki banyak manfaat, bahkan manfaat tersebut tidak hanya dirasakan oleh manusia saja bahkan makhluk yang ada disekitar juga merasakan manfaat tersebut. Rasulullah *Shallallahu `alaihi Wa Sallam* bersabda dalam sebuah hadist

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

“Tidaklah seorang muslim yang menanam tanaman atau bertani kemudian burung, manusia atau pun binatang ternak memakan hasilnya, kecuali semua itu merupakan sedekah baginya.” (HR. Imam Bukhari hadits no.2321).

Menurut Syaikh Utsaimin, hadist tersebut berfungsi sebagai dalil yang menjelaskan anjuran Rasulullah dalam bercocok tanam, karena kegiatan bercocok tanam memiliki dua manfaat: manfaat dunia dan manfaat agama. Pertumbuhan (menyediakan bahan makanan) adalah manfaat bersifat dunia (duniawiyah) dari bercocok tanam. Karena dalam bercocok tanam, tidak hanya petani, tetapi juga masyarakat dan negaranya. Dengan menyediakan kebutuhan manusia, petani telah membantu. Manfaat yang bersifat diniyyah, atau pahala, Sesungguhnya, ketika tumbuhan yang kita tanam dikonsumsi oleh baik manusia, burung maupun hewan lainnya, meskipun itu hanya satu biji, maka penanamnya akan mendapatkan pahala (Darul Fikr: Bairut, 1981).

Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan melakukan kegiatan bercocok tanam atau bertani dapat memberikan manfaat yang sangat besar. Hal tersebut dikarenakan hasil bercocok tanam tidak hanya dirasakan secara pribadi tapi juga bermanfaat bagi makhluk tuhan yang lainya seperti burung atau

hewan lainya, dan hal tersebut terhitung sedekah. Pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pertumbuhan selada sehingga apabila tingkat pertumbuhan semakin bertambah dan meningkat maka bertambah juga manfaat bagi mahluk disekitar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pertumbuhan tanaman selada pada hari ke 21 HST menggunakan sistem kendali otomatis memiliki rata-rata tinggi 30.25 cm, jumlah daun 8 helai, dan berat 126.25 gram. Sedangkan tanaman selada tanpa sistem memiliki rata-rata tinggi 26.12 cm, jumlah daun 8 helai, dan berat 117.25 gram. Pada hari ke 20 HST, daun selada tanpa sistem layu dikarenakan suhu air yang panas. Kesimpulan tersebut membuktikan bahwa sistem kendali otomatis yang dibangun telah berhasil berjalan dengan baik dan terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman selada.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran untuk penelitian yang akan datang.

1. Dapat menggunakan metode perhitungan lain seperti PID atau sejenisnya untuk mengontrol sistem.
2. Mencoba lebih banyak ujicoba untuk menambah tingkat akurasi penangkapan data dari sensor.
3. Menambah variabel pengukuran lain seperti lebar daun, panjang daun dan lain-lain.
4. Mencoba sistem kendali otomatis pada objek tanaman yang lain selain selada seperti pakcoy, bayam dll.

DAFTAR PUSTAKA

- Andhikaputra, M. L., Faisol, A., & Auliasari, K. (2021). PENERAPAN METODE FUZZY PADA SISTEM MONITORING PERKEMBANGAN TANAMAN HIDROPONIK. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 5, Issue 1).
- Ariananda, B., Nopsagiarti, T., Mashadi, D., Program, M., Agroteknologi, S., Pertanian, F., Program, D., Islam, U., & Singingi, K. (2020). *SELADA (Lactuca sativa L.) HIDROPONIK SISTEM FLOATING EFFECT OF VARIOUS CONCENTRATIONS AB MIX NUTRITION SOLUTION ON GROWTHAND PRODUCTION OF Lettuce (Lactuca sativa L.) HYDROPONIC FLOATING SYSTEM*. 9(2).
- Asmbangnirwana, I., Endryansyah, W., Rusimamto, M., & Syariffuddien, Z. (2020). *Pengendalian Suhu Air Nutrisi Pada Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique) Berbasis Fuzzy Logic Controller*.
- Chairurrafi, M. R., Fitriyah, H., & Prasetyo, B. H. (2022). *Sistem Kendali Level dan Suhu Air pada Hidroponik menggunakan Sensor Ultrasonik, Sensor Suhu, dan Arduino dengan Metode Regresi Linier* (Vol. 6, Issue 1). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Darul Fikr: Bairut, Libanon. (1981). *Shahihul Bukhari jilid 3. 1415 H. Abu Abdilllah Muhammad bin Isma'il Al Bukhari*.
- Fathurrahman, F., Setiawan, E., & Fitriyah, H. (2023). *Sistem Kendali Kekeruhan dan pH Media Hidroponik untuk Selada Air menggunakan Algoritma Fuzzy*. 7(7), 3057–3062.
- Kobar, A. M., Indra, J., & Cahyana, Y. (2023). *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA Hidroponik Pintar Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Internet of Things Pada Tanaman Selada*. 7, 1784–1795. <https://doi.org/10.30865/mib.v7i4.6731>
- Luthfi Andhikaputra, M., Faisol, A., & Auliasari, K. (2021). Penerapan Metode Fuzzy Pada Sistem Monitoring Perkembangan Tanaman Hidroponik. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 5(1), 299–307. <https://doi.org/10.36040/jati.v5i1.3312>
- Nor, L., & Taufiq. (2019). *RANCANG BANGUN KENDALI ATAP JEMURAN OTOMATIS BERBASIS ATMEGA 328*.
- Norma Aroyandini, E., Ayu Krismawati, R., Rijal Anas, A., Yogyakarta, N., Studi Sosiologi Fakultas Ilmu Sosial dan Humaniora, P., Sunan Kalijaga, U., Studi Sejarah Kebudayaan Islam, P., Adab dan Ilmu Budaya, F., Colombo Yogyakarta No, J., Malang, K., Istimewa Yogyakarta, D., & Laksda Adisucipto, J. (2021). *MENANAM TUMBUHAN DALAM PERSPEKTIF ISLAM DAN SAINS SEBAGAI UPAYA PREVENTIF UNTUK MENGURANGI KERUSAKAN LINGKUNGAN* (Vol. 3).

- Novitasari, D. (2020). Analisis Kelayakan Finansial Budidaya Selada Dengan Hidroponik Sederhana Skala Rumah Tangga. *SEPA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 17(1), 19. <https://doi.org/10.20961/sepa.v17i1.38060>
- Nurchahyo, A. R., Prawioredjo, K., & Sulaiman, S. (2020). Prototipe Sistem Pembuatan Larutan Nutrisi Otomatis pada Hidroponik Metode Nutrient Film Technique. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 19(02), 71–82. <https://doi.org/10.31358/techne.v19i02.230>
- Purnawirawan, O., & Afirianto, T. (2023). IMPLEMENTASI ALGORITMA FUZZI MAMDANI PADA SISTEM PAKAR MENGGUNAKAN SOFTWARE APLIKASI MATLAB R2007b, STUDI KASUS: TANAMAN HIDROPONIK SELADA AIR. 10(7), 1437–1446. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2023107977>
- Rizky, N., Putri, E., Bakti, K., & Nugroho, W. E. (2021). SISTEM MONITORING PERTUMBUHAN DAN PERAWATAN SELADA KERITING MENGGUNAKAN WEMOS D1 R1.
- Sendari, N. T. (2022). LAMA PENYINARAN DAN DAYA LAMPU LED TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL MICROGREENS TANAMAN BUNGA MATAHARI (*Helianthus annuus*).
- Sihaloho, A., Dwi Pratiwi, K., Pengajar Program Studi Agroteknologi Fakultas pertanian USI, S., & Program Studi Agroteknologi Fakultas pertanian USI, M. (2021). PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa* L.) AKIBAT JENIS MEDIA TANAM HIDROPONIK DAN KONSENTRASI NUTRISI AB MIX. 4(2).
- Sri Indriani, E., Qurthobi, A., Darmawan, D., & Fisika, T. (2020). PERANCANGAN KONTROL SUHU LARUTAN NUTRISI PADA SISTEM HIDROPONIK MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY; STUDI KASUS SELADA KERITING (*LACTUCA SATIVA* L.).
- Supriani, E., Budiyanto, S., & Sutarno, S. (2021). Respon Tanaman Selada Keriting Hijau Terhadap Penyinaran Lampu LED dan Konsentrasi CaCl₂ pada Sistem Hidroponik. *AGROVITAL: Jurnal Ilmu Pertanian*, 6(2), 99. <https://doi.org/10.35329/agrovital.v6i2.2713>
- Virha, F. A., Fawzy, B. & Bayfurqon, M. (2020). Agrotekma Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian Pengaruh Sistem Aerasi Dan Pemangkasan Akar Terhadap Produksi Bayam Merah (*Amaranthus Tricolor* L.) Pada Hidroponik Rakit Apung The Effect of Aeration System and Root Pruning on the Production of Red Spinach (*Amaranthus tricolor* L.) on Floating Raft System Hydroponic. 5(1). <https://doi.org/10.31289/agr.v5i1.4633>
- Wati, D. R., & Sholihah, W. (2021). Pengontrol pH dan Nutrisi Tanaman Selada pada Hidroponik Sistem NFT Berbasis Arduino. *MULTINETICS*, 7(1), 12–20. <https://doi.org/10.32722/multinetics.v7i1.3504>

- Wibowo, S. (2021). Aplikasi Sistem Aquaponik Dengan Hidroponik Dft Pada Budidaya Tanaman Selada (*Lactuca Sativa* L.). *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 8(2), 125–133. <https://doi.org/10.32699/ppkm.v8i2.1490>
- Yoal, H., Dirgantara, W., & Subairi, S. (2023). Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Penetas Telur Otomatis Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno Berbasis IoT. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(2), 176–183. <https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i2.356>