

**SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS AIR MENGGUNAKAN LOGIKA
FUZZY MAMDANI**

(Skripsi)

Oleh

FERRY MUHAMAD



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

**ISTEM PEMANTAUAN KUALITAS AIR MENGGUNAKAN LOGIKA
FUZZY MAMDANI**

Oleh :

FERRY MUHAMAD

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Lampung



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

ABSTRAK

SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS AIR MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY MAMDANI

Oleh :

FERRY MUHAMAD

Logika *fuzzy* merupakan salah satu dari metode yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan dalam nilai yang tidak pasti. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan logika *fuzzy* dengan metode mamdani dalam pengambilan keputusan kualitas air pada sampel air tambak lobster.

Penelitian ini akan membuat sistem pemantauan serta pengambilan keputusan untuk menentukan kualitas air pada sampel air lobster yang akan dirancang berbasis simulasi pada matlab, kemudian mengimplementasikan kedalam mikrokontroler Arduino Mega.

Sistem pemantauan kualitas air yang dibangun, berhasil diwujudkan dengan kinerja yang memiliki tingkat akurasi sekitar 99.83% dan dapat memonitor tren atau kecenderungan perubahan kualitas air dalam selang waktu pengamatan selama 7 hari.

Kata Kunci: Logika Fuzzy, Metode Mamdani, Penentuan Kualitas Air, Pengambilan Keputusan

ABSTRACT

WATER QUALITY MONITORING SYSTEM USING FUZZY MAMDANI LOGIC

By:

FERRY MUHAMAD

Fuzzy logic is one of several methods that can be used in decision making in uncertain values. This study aims to determine the use of fuzzy logic with the Mamdani method in making water quality decisions on water sample lobster ponds.

This research will create a monitoring and decision-making system to determine water quality in lobster water samples that will be designed based on simulations in Matlab, then implement it into a microcontroller Arduino Mega.

The constructed water quality monitoring system was successfully realized with a performance that has an accuracy rate of about 99.83% and can monitor trends or trends in water quality changes over time within an observation period of 7 days.

Keywords: Fuzzy Logic, Mamdani Method, Determining Water Quality, Decision Making

Judul Skripsi

**SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS
AIR MENGGUNAKAN METODE FUZZY
MAMDANI**

Nama Mahasiswa

Ferry Muhamad

Nomor Pokok Mahasiswa

1915031061

Program Studi

Teknik Elektro

Fakultas

Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Herlinawati, S.T., M.T.

NIP 197103141999032001

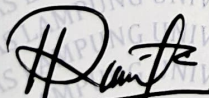


**Dr. Eng. Ageng Sadnowo Repelianto,
S.T., M.T.**

NIP. 196902281998031001

2. Mengetahui

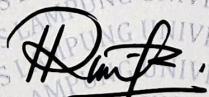
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Herlinawati, S.T., M.T.

NIP 197103141999032001

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Herlinawati, S.T., M.T.

NIP 197103141999032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

Herlinawati, S.T., M.T.

Sekretaris

**Dr. Eng. Ageng Sadnowo Repelianto,
S.T., M.T.**

Penguji

Sumadi, S.T., M.T.

Bukan Pembimbing

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M. Sc.

NIP 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 13 Maret 2024

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ferry Muhamad

Npm : 1915031061

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Sistem Pemantauan Kualitas Air Menggunakan Logika *Fuzzy* Mamdani” merupakan asli penelitian saya. Pada skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak terdapat atau ditebitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 3 April 2024

A handwritten signature in black ink is written over a red and blue revenue stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'SERUPAH RIBU RUPIAH', '10000', 'METERAL TEMPEL', and '23 CODALX109941556'.

Ferry Muhamad

NPM. 1915031061

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Bekasi, pada tanggal 8 Juli 2001. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Mahmud Mulyadi dan Ibu Fany Utami Dewi. Penulis memulai Pendidikan di SDIT Al Muchtar pada tahun 2007 hingga 2013, SMPIT Widya Duta pada tahun 2013 hingga 2016, dan SMA Negeri 14 Kota Bekasi. Pada tahun 2017 hingga 2019, penulis diterima di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Pada saat perkuliahan, penulis mengambil konsentrasi Elektrinika dan Kendali dan selama menjadi mahasiswa, penulis mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro sebagai anggota Divisi Sosial dan Kewirausahaan pada periode 2020 dan periode 2021. Penulis juga bergabung dalam keanggotaan asisten di Laboratorium Pengukuran Besaran Listrik sebagai koordinator praktikum dan asisten praktikum pada mata kuliah Pengukuran Besaran Listrik dan Rangkaian Listrik selama tahun 2021 hingga 2023. Selain itu, penulis juga mengikuti Kegiatan Pengabdian Masyarakat ke SMA YP Unila dan melakukan proyek pengukuran pentanahan. Penulis juga mengikuti program Magang di PT Haleyora Power Sub Region 7 Lampung pada bidang operasi dan pemeliharaan jaringan listrik.

PERSEMBAHAN

Ku persembahkan karya ini kepada

Ayah dan Ibu Tercinta

Mahmud Mulyadi dan Fany Utami Dewi

Saudaraku Tercinta

Ferdy Muhammad Ramadhan

Terima kasih untuk dukungan dan doa selama ini sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini

PERSEMBAHAN

**“Tidak perlu menunjukkan kesedihan didepan orang lain
karena rasa iba itu tidak dibutuhkan”**

“Tuntun kami kejalan yang lurus.”

(Q.S Al Fatihah ayat 6)

**“Pupuslah keputusan karena apa yang ada
pada diri orang lain.”**

(HR. Ibnu Majah)

**“Tidak beriman seseorang di antara kalian
hingga ia mencintai saudaranya sebagaimana
mencintai dirinya sendiri.”**

(HR. Bukhari dan Muslim)

SANWACANA

Puji syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Pemantauan Kualitas Air Menggunakan Logika *Fuzzy* Mamdani”. Selama menjalani pengerjaan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung
5. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku pembimbing utama yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing kepada penulis. Terima kasih atas ilmu, nasihat, saran, serta kritik selama proses penyusunan skripsi ini dan selama penulis menjadi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Ageng Sadnowo Repelianto, S.T., M.T. selaku pembimbing pendamping yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing kepada penulis. Terimakasih atas ilmu, nasihat, saran, serta kritik selama proses penyusunan skripsi ini dan selama penulis menjadi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung.
7. Bapak Sumadi, S.T., M.T. selaku penguji utama dalam proses penyusunan skripsi ini. Terimakasih atas ilmu, nasihat, saran, serta kritik selama penulis menjadi mahasiswa Teknik Elektro.

8. Bapak Saiful Alam, S.T., M.T. selaku pembimbing akademi penulis yang telah memberikan bimbingan bagi penulis selama menjalani studi di Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Ibu Yetti Yuniati, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Pengukuran Besaran Listrik yang turut berperan dalam memberikan motivasi, semangat, serta dukungan kepada penulis selama kuliah
10. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu, pengajaran, serta bimbingan selama penulis menjalani perkuliahan di Teknik Elektro Universitas Lampung.
11. Bapak Baiqodar, S.T. selaku PLP Laboratorium Pengukuran Besaran Listrik yang telah membantu serta memberikan semangat selama perkuliahan.
12. Seluruh Staff Jurusan Teknik Elektro serta Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah membantu penulis dalam segala urusan administrasi.
13. Orang tua yang penulis kasihi, Bapak Mahmud Mulyadi dan Ibu Fany Utami Dewi atas segala dukungan, nasehat, serta doa sehingga memberikan kelancaran pada penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan pengerjaan skripsi ini.
14. Erika selaku kerabat penulis yang selalu peduli dan membantu penulis selama merantau dan berkuliah di universitas lampung.
15. Joseph selaku kerabat penulis yang selalu memberi hal positif dari segala aspek.
16. Teman-teman UKM-PG: Joseph, Hari, Iyan dan Leon yang telah menjadi saksi selama masa perkuliahan yang penulis jalani.
17. Teman-teman Alanow: Bela, Dinda dan Najmil yang selalu memberikan semangat, motivasi, bimbingan serta doa kepada penulis selama perkuliahan dan pengerjaan skripsi.
18. Teman-teman Sobot Kiyay: Bintang, Nico, Akram dan Holau yang telah membantu penulis dalam akomodasi kehidupan sehari-hari.
19. Joseph, Hari, Dendy, Gusti, Tiara, Cahya, Murti, Zaki, Zahwa dan segenap rekan-rekan asisten Lab PBL yang saling membantu dan bekerja bersama penulis selama menjadi asisten lab PBL dan pengerjaan skripsi ini.

20. Semua pihak yang telah membantu selama pelaksanaan pengerjaan skripsi namun tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan serta kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kemajuan bersama. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan membantu bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 3 April 2024

Penulis,

Ferry Muhamad

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	
iv	
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Hipotesis	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Lobster	6
2.3 Logika <i>Fuzzy</i>	8
2.3.1 Sistem <i>Fuzzy</i>	8
2.3.2 Fungsi Keanggotaan	10
2.3.3 Sistem Inferensi Logika <i>Fuzzy</i>	12
2.4 Metode Mamdani	15

BAB 3	METODE PENELITIAN	16
3.1	Alat dan Bahan	16
3.2	Spesifikasi Alat	16
3.3	Prosedur Penelitian.....	17
3.4	Diagram Blok Sistem	18
3.4.1	Pengumpulan hasil pembacaan sensor	20
3.4.2	Fuzzifikasi	20
3.4.3	Aturan <i>fuzzy</i>	28
3.4.4	Inferensi.....	43
3.4.5	Defuzzifikasi Mamdani	43
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1	Hasil Pengujian <i>Fuzzy</i> Pada Arduino IDE	44
4.2	Hasil Pengujian <i>Fuzzy</i> Pada Matlab	45
4.3	Hasil pengujian <i>fuzzy</i> secara teori	47
4.4	Perbandingan Hasil <i>Fuzzy</i> Pada Arduino IDE Dengan Matlab	55
4.5	Hasil Pengujian Program <i>Fuzzy</i>	56
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran.....	59
LAMPIRAN		63

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Membership Function</i> Kurva Linear	10
Gambar 2.2 <i>Membership Function</i> Kurva Segitiga	11
Gambar 2.3 Alur Logika Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	12
Gambar 3.1 Diagram Prosedur Penelitian.....	17
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem	19
Gambar 3.3 Fungsi Keanggotaan Suhu.....	21
Gambar 3.4 Fungsi Keanggotaan pH	22
Gambar 3.5 Fungsi Keanggotaan Kadar Oksigen.....	23
Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan Salinitas	24
Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan Kualitas Air	26
Gambar 4.1 Hasil Pengujian <i>Fuzzy</i> Pada Arduino Ide uji coba 1	44
Gambar 4.2 Hasil Pengujian <i>Fuzzy</i> Pada Arduino Ide uji coba 2	45
Gambar 4.3 Simulasi <i>Fuzzy</i> Pada Matlab uji coba 1.....	46
Gambar 4.4 Pengujian <i>Fuzzy</i> Pada Matlab uji coba 2.....	47
Gambar 4.5 Grafik Hasil Defuzifikasi Uji Coba 1.....	50
Gambar 4.6 Grafik Hasil Defuzifikasi Uji Coba 2.....	54
Gambar 4.7 Grafik Tren Kualitas Air	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Standar Parameter Kualitas Air Tambak Lobster	7
Tabel 3.1 Variabel <i>Input</i>	21
Tabel 3.2 Himpunan <i>Fuzzy Output</i>	25
Tabel 3.3 Aturan <i>Fuzzy</i>	28
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil <i>Fuzzy</i> Pada Arduino IDE dan Matlab dengan teori	55
Tabel 4.2 Hasil pengujian <i>Fuzzy</i>	56

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lobster (*Panulirus spp*) hidup di kedalaman 100 -- 200 meter, dengan persebaran lobster hampir di seluruh wilayah perairan Indonesia. Oleh karena itu, budi daya lobster menjadi aktivitas usaha yang sangat diminati dan menarik perhatian masyarakat karena tingginya potensi devisa yang dihasilkan. Untuk meningkatkan produksi lobster secara maksimal, usaha budi daya ini memerlukan manajemen kualitas air yang baik, yang mencakup mengondisikan semua parameter kualitas air tambak agar nilai optimum bagi pertumbuhan lobster dapat tercapai.

Pengembangan budi daya lobster sendiri telah diatur dalam Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 12/PERMEN-KP/2020 tentang Pengelolaan Lobster (*Panulirus spp*), Kepiting (*Scylla spp.*), dan Rajungan (*Portunus spp.*) di Wilayah Negara Republik Indonesia. Hal yang harus diperhatikan dalam melakukan budi daya lobster tersebut di antaranya adalah suhu perairan sekitar 25°C sampai dengan 26°C, Salinitas 30 ppt sampai dengan 35 ppt, substrat dasar adalah pasir atau pasir berlumpur tanpa karang dan cangkang tiram, perairan harus bebas dari pengaruh air tawar dan dari aliran lain yang berasal dari kegiatan di darat pabrik, pertanian dan pemukiman dekat dengan sumber benih juga sumber pakan serta mudah dijangkau dengan transportasi.

Pemantauan air tambak lobster oleh masyarakat umumnya dilakukan secara manual. Penanganan ini tentunya akan membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup banyak setiap harinya. Selain itu masih banyak juga pemilik tambak lobster yang kurang memperhatikan kualitas air tambak. Hal tersebut dapat mengakibatkan

turunnya kualitas lobster yang dihasilkan. Untuk mewujudkan kualitas air tambak yang sesuai dan mudah untuk dimonitor hal ini menjelaskan pembuatan perangkat pemantauan yang akan dipasang di tambak lobster milik masyarakat, pemantauan ini untuk meningkatkan efisiensi waktu dan pendapatan hasil panen dengan memperhatikan indikator pada suatu kualitas terutama kualitas air.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan penelitian dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Membangun sistem pemantauan kualitas air berbasis logika *fuzzy*
2. Mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas berbasis logika *fuzzy* untuk memprediksi kualitas air tambak lobster.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam pengerjaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun sistem pemantauan berbasis logika *fuzzy* yang dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Mega?
2. Bagaimana cara mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas berbasis logika *fuzzy* untuk memprediksi kualitas air secara baik dan tepat?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam pengerjaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hanya menggunakan jenis logika *fuzzy* mamdani.
2. Sistem yang dibuat merupakan pemantauan kualitas air berbentuk simulasi yang hanya dapat mengambil keputusan.
3. Hanya menggunakan lima masukan variabel sebagai indikator kualitas air, yaitu:
 - a) Suhu
 - b) Kekeruhan
 - c) Tingkat keasaman
 - d) Salinitas
 - e) Kadar oksigen (*Dissolved Oxygen / DO*)

1.5 Manfaat Penelitian

Sistem pemantauan yang dibuat dapat memprediksi kualitas air pada lokasi tambak sebagai upaya untuk membantu mengelola kualitas air pada lokasi tambak serta mengurangi kendala yang terjadi pada tenaga manusia.

1.6 Hipotesis

Pada penelitian ini dirancang suatu sistem Inferensi *Fuzzy* Mamdani yang dapat melakukan analisa dan pengambilan keputusan. Hasil sistem dapat menganalisa kualitas air tambak lobster yang dapat membantu para pembudidaya lobster untuk menjaga habitat lobster dalam kondisi bagus sehingga lobster budidaya akan memiliki kualitas yang lebih bagus.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi mengenai latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang beberapa teori pendukung dan referensi materi yang diperoleh dari berbagai sumber buku, jurnal, *datasheet* dan penelitian ilmiah yang digunakan untuk penulisan laporan tugas akhir ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang langkah langkah pembuat sistem *fuzzy* serta mengimplementasikan sistem *fuzzy* berbasis simulasi pada dimatlab.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang pengujian sistem fuzzy yang telah dibuat pada Arduino Mega dan matlab dengan standar teori yang ada..

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan dari pembuatan simulasi *fuzzy* yang digunakan untuk mengambil sebuah keputusan pada tambak lobster dan saran yang menjadi pekerjaan mendatang sebagai peningkatan dari capaian rancangan hari ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian mengenai logika *Fuzzy*, di antaranya adalah sebagai berikut:

“Penerapan *Fuzzy Logic* Dengan Menggunakan Metode Mamdani Untuk Memprediksi Kualitas Kopi” oleh Dea Ayu Rahmawati pada tahun 2015. Pada penelitian ini merancang sebuah sistem pemantauan kualitas berbasis logika *fuzzy* dengan menggunakan metode mamdani dengan bantuan aplikasi matlab versi 7.8.0, Hasil yang didapat dengan melakukan pengujian data dari 16 sampel terdapat 1 jenis sampel yang berbeda dengan panelis. Metode defuzzifikasi yang terbaik yaitu metode yang memberikan nilai MSE terkecil. Semakin kecil nilai MSE semakin akurat hasil proses defuzzifikasi tersebut. Metode defuzzifikasi terbaik berdasarkan pengujian data adalah metode centroid dengan nilai MSE untuk jenis produk *banaran cafe* sebesar 0.08, sedangkan untuk *classic* sebesar 0.25 [1].

“Perbandingan Metode Logika *Fuzzy* Untuk Diagnosa Penyakit Diabetes” Oleh Hasan Nizar, Alifta Salma Shafira, Juvandio Aufaresa, Muhammad Alvi Awliya, Ummi Athiyah pada tahun 2021. Pada penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tiga metode logika *fuzzy* yaitu metode *fuzzy* mamdani, metode *fuzzy* sugeno dan metode *fuzzy* tsukamoto dalam mendeteksi penyakit diabetes untuk menentukan tingkat keakurasian untuk mendeteksi penyakit Diabetes. Dari hasil perbandingan ini diketahui bahwa metode sugeno lebih baik dengan menghasilkan 97,33% tingkat keakuratan dan nilai eror atau kesalahan yang kecil yaitu kurang dari 3% [2].

“Penerapan *Fuzzy Logic* Untuk Sistem Pengendalian Lalu Lintas” Oleh Deni Mulyadi, Eka Putra Pratama, Aries Saifudin dan Yulianti pada tahun 2021. Pada

penelitian ini memanfaatkan sistem pemantauan Logika *fuzzy* sebagai indikator lalu lintas untuk mengurangi permasalahan kemacetan di jalan raya. Menggunakan sensor foto elektrik pada di setiap persimpangan dan *microcontroller* arduino mega 2560 untuk menjalankan sebuah sistem *fuzzy* ke dalam bahasa pemrograman yang bisa diterima oleh perangkat keras. Dan meneliti dengan menggunakan simulasi empat buah persimpangan jalan, dan setiap persimpangan harus ada kendaraan minimal 30 kendaraan dengan waktu 60 detik. Pada hasil pengujian telah membuktikan perubahan pada kepadatan kendaraan pada persimpangan jalan ketika lampu hijau menyala [3].

“Implementasi Metode *Fuzzy Logic* Untuk Sistem Pengukuran Kualitas Udara Di Kota Medan Berbasis *Internet of Things* (IoT) “Oleh Jaka Prayudha, Ardianto Pranata dan Afdal Al Hafiz pada tahun 2018. Pada penelitian ini menggunakan sensor yang dapat mendeteksi gas buang kendaraan bermotor, partikel debu, asap dari hasil industri dan kadar oksigen dalam udara. Hasil dari proses akuisisi data sensor kemudian akan diproses dengan kecerdasan buatan *fuzzy* yang ditanamkan pada sebuah *chip* microcontroller. Sistem pengukur kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) ini akan dapat digunakan sebagai media penyebar luasan informasi terkait kualitas udara pada suatu wilayah, sehingga akan memberikan penurunan dampak kesehatan bagi masyarakat yang akan melakukan aktivitas di luar rumah. [4].

2.2 Lobster

Lobster (*Panulirus spp*) merupakan hewan yang masuk ke dalam *Crustacea* atau udang yang memiliki kulit keras. Secara umum lobster dewasa dapat ditemukan pada hamparan pasir yang terdapat spot karang dengan kedalaman antara 5–100 meter. Lobster bersifat nokturnal (aktif pada malam hari) dan melakukan proses pergantian kulit lobster atau udang karang pada umumnya hidup di tempat yang berbatu, seperti di karang (baik di karang hidup maupun mati) dan juga bisa ditemukan di pasir berbatu karang halus, Lobster menyukai daerah yang terlindung dan perairan tenang untuk ditinggali. Oleh karena itu, lobster banyak bersembunyi

di sela-sela karang. Lobster masuk ke dalam hewan nokturnal. Pada siang hari, lobster berlindung di sela-sela ataugua-gua karang. Pada malam hari, hewan ini keluar dari tempatnya bersembunyi kemudian mencari makan. Makanan lobster pada dasarnya adalah hewan benthik [5].

Pada umumnya lobster mempunyai habitat yang berada pada air laut namun lobster juga ada yang mempunyai habitat berbeda seperti pada umumnya yaitu berada di air tawar. Lobster memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi baik untuk pasar lokal maupun sebagai komoditas ekspor [2].

Padahal negara lain seperti Australia, Amerika Serikat, Cina dan lain sebagainya telah membudidayakan hewan yang memiliki capit ini sejak tahun 1980. Hal ini terjadi karena belum banyaknya ilmu pengetahuan yang secara khusus membahas mengenai berbagai spesies lobster air tawar di habitat aslinya. Selain itu, teknik adaptasi untuk domestikasi lobster air tawar dari habitat alam juga masih minim [6].

Berdasarkan studi literatur, pengembangbiakan lobster melalui budidaya harus memiliki beberapa parameter yang harus diperhatikan agar kualitas lobster yang dihasilkan dapat tumbuh besar dan juga baik, adapun kualitas air pemeliharaan harus memiliki beberapa nilai standar yang dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut [6].

Tabel 2.1 Standar Parameter Kualitas Air Tambak Lobster

No.	Parameter	Satuan	Nilai Ideal
1.	Suhu Air	°C	27 – 32
2.	Salinitas	Ppt	30 – 35
3.	Kecerahan	M	>3
4.	Kekeruhan	NTU	<5
5.	pH		7,0 – 8,5
6.	Oksigen Terlarut	mg/l	>5
7.	Nitrat (NO_3^-N)	mg/l	0 – 0,008
8.	Fosfat ($PO_4^{3-}P$),	mg/l	0 – 0,015

2.3 Logika Fuzzy

Kelebihan logika *fuzzy* dapat digunakan pada sebagian besar permasalahan yang terjadi di dunia nyata. Permasalahan di dunia nyata kebanyakan bukan biner dan bersifat non linier sehingga logika *fuzzy* cocok digunakan karena menggunakan nilai linguistik yang tidak linier.

Beberapa alasan yang dapat diutarakan mengapa kita menggunakan logika *fuzzy* di antaranya adalah mudah dimengerti, memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, mampu memodelkan fungsi-fungsi *nonlinier* yang sangat kompleks, dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional dan didasarkan pada bahasa alami. Setiap hasil keluaran sistem pastinya ada nilai gradasi di antara *true or false* dengan cara melakukan pergeseran skala *variable* yang dapat diukur sebagai bagian dari *true or* bagian dari *false*.

Untuk memanfaatkan keadaan tersebut perlu adanya teori himpunan klasik yang berdasarkan pada logika ekstrem yang dapat menetapkan objek sebagai anggota atau bukan anggota himpunan. Pada logika *fuzzy* suatu objek dapat menjadi anggota pada banyak himpunan dengan derajat keanggotaan yang berbeda pada masing-masing himpunan. Derajat keanggotaan pada suatu himpunan memiliki skala 0 sampai 1 [4].

2.3.1 Sistem Fuzzy

Sistem *fuzzy* adalah pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (*linguistic variable*) yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan, Hal – hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* yaitu:

a Variabel Fuzzy

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*, variabel *fuzzy* terdiri dari beberapa himpunan *fuzzy*. Contoh: variabel suhu, terbagi menjadi lima himpunan *fuzzy* yaitu: dingin, sejuk, normal, hangat dan panas.

b Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentudalam suatu variabel *fuzzy*. Dan himpunan *fuzzy* memiliki atribut sebagai berikut;

1. Linguistik

Yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : muda, parobaya, tua.

2. Numerik

Yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti : 50, 25, 45, dsb.

3. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh : semesta pembicaraan untuk variabel umur : $[0,100]$

4. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

Contoh :

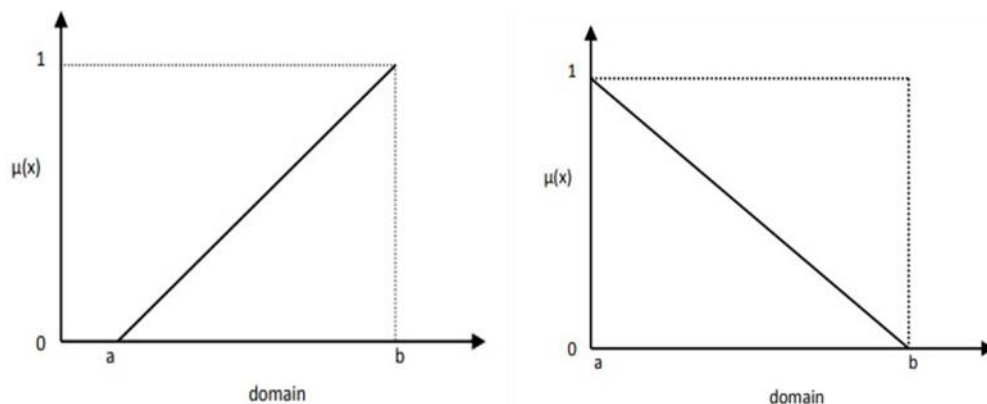
- | | |
|-------------|--|
| a. muda | = $[0,40]$ artinya seseorang dikatakan muda dengan umur 0 hingga 40 |
| b. parobaya | = $[30,50]$ artinya seseorang dikatakan parobaya dengan umur 30 hingga 50 |
| c. tua | = $[40,+\infty]$ artinya seseorang dikatakan tua dengan umur 40 hingga $+\infty$ |

2.3.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah melalui pendekatan fungsi, berikut merupakan kurva yang digunakan untuk mendefinisikan fungsi keanggotaan yaitu :

1. Kurva Linear

Pada dasarnya kurva linear merupakan kurva yang digambarkan kedalam bentuk paling sederhana yaitu garis lurus. Didalam logika *fuzzy* terdapat dua jenis kurva linear yaitu kurva linear naik dan kurva linear turun.



Gambar 2.1 *Membership Function* Kurva Linear

Pada kurva linear naik, kenaikan himpunan nilai domain yang dimulai dari nol bergerak kekanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang semakin tinggi (representasi fungsi linear naik).

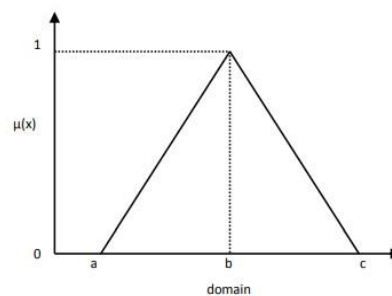
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

Lalu pada kurva linear turun himpunan bergerak kekanan yang dimulai dari titik $y < 1$ hingga mencapai titik nol pada sumbu x.

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

2. Kurva segitiga

Pada fungsi kurva segitiga hanya terdapat satu nilai x yang memiliki derajat keanggotaan yang sama dengan dengan 1 yaitu ketika $x=b$. namun nilai-nilai disekitar b memiliki derajat keanggotaan yang turun cukup tajam menjauhi 1. Pada dasarnya fungsi segitiga merupakan gabuangan antara dua fungsi yaitu fungsi linear naik dan fungsi linear turun.



Gambar 2.2 *Membership Function* Kurva Segitiga

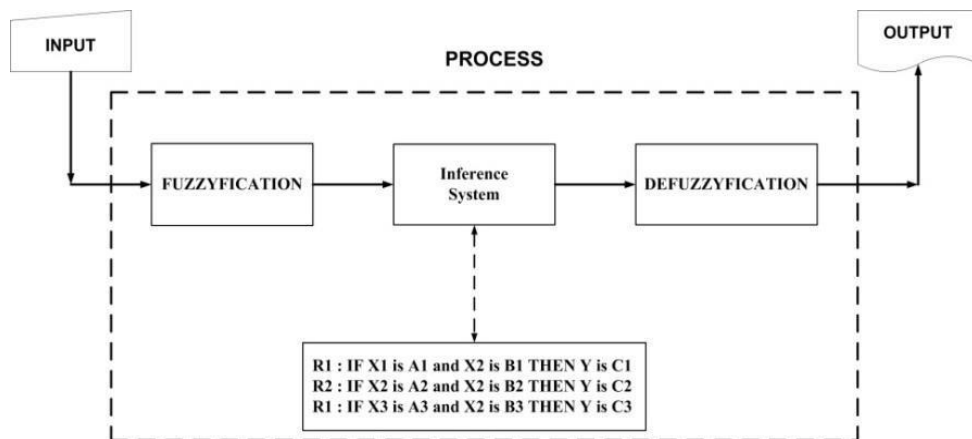
Adapun fungsi keanggotaan kurva segitiga sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & ; \quad a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & ; \quad b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

2.3.3 Sistem Inferensi Logika Fuzzy

Sistem *fuzzy* yang dihasilkan dikenal dengan sistem inferensi *fuzzy* (*fuzzy inference system* / FIS). FIS telah berhasil diaplikasikan diberbagai bidang, seperti kesehatan, mesin, analisis keputusan, analisis data dan sebagainya. Kemampuan FIS yang fleksibel diterapkan diberbagai bidang, maka FIS kini banyak digunakan oleh para peneliti.

Untuk menggunakan FIS harus melalui 3 (tiga) tahapan, yaitu masukkan dan dipetakan menjadi angka samar dengan fuzzifikasi (*fuzzyfication*). Setelah data didapat samar, dilanjutkan dengan pengolahan dengan menggunakan mesin *inference system*. Hasil keluaran dirubah kembali menjadi angka pasti dengan defuzzifikasi (*defuzzyfication*),



Gambar 2.3 Alur Logika Sistem Inferensi Fuzzy

2.3.3.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan fase pertama dari perhitungan *fuzzy* yaitu mengubah masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti ke dalam bentuk *fuzzy input* yang berupa samar samar tingkat kebenaran. Dengan demikian, tahap ini mengambil nilai-nilai tegas dan menentukan derajat di mana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai.

Setelah menentukan himpunan *fuzzy*, maka selanjutnya adalah membuat *fuzzy inference system* (FIS) yang didefinisikan dalam aturan (*rule*) *IF-THEN*. Fungsi ini untuk mendeklarasikan hasil yang akan didapatkan, jika masalah terjadi.

2.3.3.2 Operasi Inferensi

Operasi *fuzzy* dapat dilakukan jika bagian *antecedent* lebih dari satu pernyataan, sedangkan hasil akhir dari operasi adalah berupa bilangan tunggal. Dalam menggabungkan beberapa *antecedent* yang akan diteruskan ke bagian *consequent*, sebaiknya digunakan lebih dari satu *antecedentnya*. Penggabungan tersebut dapat dilakukan dengan operator AND dan OR.

Secara sintaks, suatu *fuzzy rule* dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{array}{l} \text{IF antecedent THEN consequent} \\ \text{IF a dan b, THEN c} \end{array} \quad (2.4)$$

2.3.3.3 Menghitung Nilai *Fire Strength*

Penghitungan nilai *fire strength* atau α -predikat (α -p) digunakan untuk mencari nilai yang terkuat dari antecedent. Metode yang digunakan biasanya dengan

menggunakan metode *Smallest of Maximum* (SOM), karena dicari nilai yang minimum adalah yang paling mendekati kebenaran:

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat}_n &= \mu_a(x) \cap \mu_b(y) \\ &= \min (\mu_a(x) ; \mu_b(y)) \\ &= \min (x;y)\end{aligned}\tag{2.5}$$

2.3.3.4 Penarikan Kesimpulan Metode Maksimum

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR atau *Union*.

2.3.3.5 Defuzzification (penegasan)

Kesimpulan atau keluaran dari sistem logika *fuzzy* adalah suatu himpunan *fuzzy* karena sistem tersebut hanya dapat mengeksekusikan nilai yang tegas, maka diperlukan suatu mekanisme untuk mengubah nilai *fuzzy* keluaran itu menjadi nilai yang tegas. Itulah peranan unit penegasan yang memuat fungsi-fungsi penegasan dalam sistem itu.

Input dari proses penegasan adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan–aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*, metode centeroid merupakan salah satu metode yang digunakan pada proses penegasan, solusi nilai tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan :

$$\text{defuzzifikasi} = \frac{\text{Jumlah Momen}}{\text{Jumlah Luas}} \quad (2.6)$$

2.4 Metode Mamdani

Ada beberapa metode dalam sistem logika *fuzzy*, salah satunya adalah metode mamdani. Metode Mamdani sering dikenal dengan sebagai Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975, Untuk metode Mamdani, pada setiap aturan yang berbentuk implikasi (sebab-akibat) anteseden yang berbentuk konjungsi AND menggunakan Min dan konjungsi OR menggunakan Max.

Sistem *fuzzy* model Mamdani memerlukan 4 tahapan, yaitu :

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pada metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Penggunaan fungsi implikasi

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah *min*.

3. Penarikan kesimpulan atau komposisi aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan, yang digunakan ialah metode Maksimum

4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi pada metode Mamdani dapat dilakukan dengan beberapa metode defuzzifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *centeroid*

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

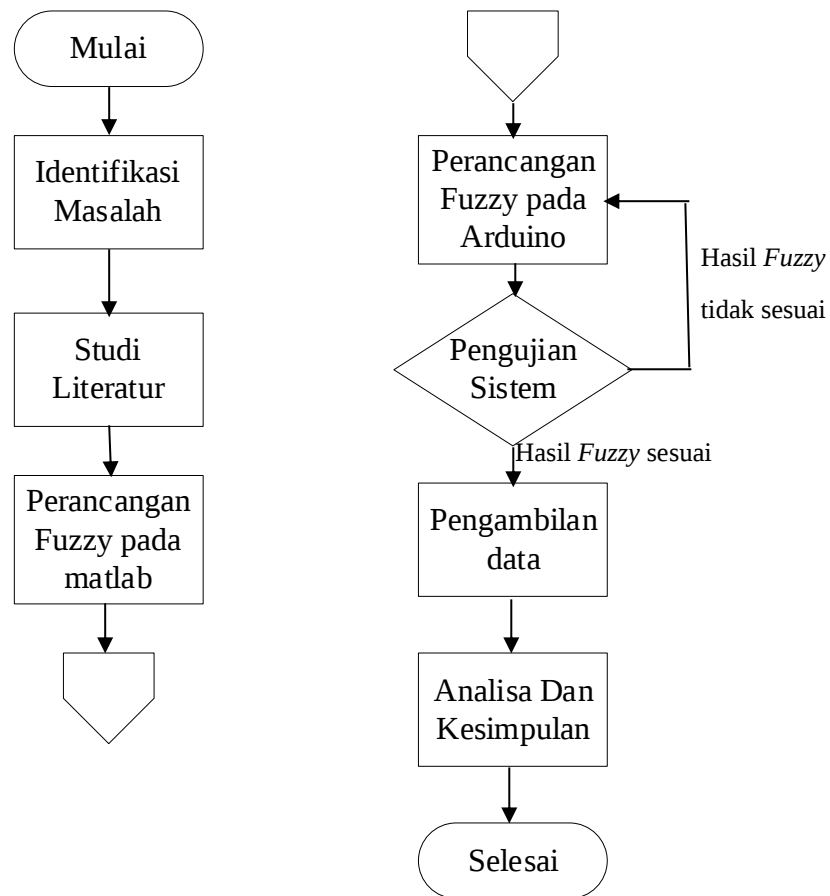
1. Matlab versi 2017a
2. Aplikasi Arduino IDE
3. Kabel USB dan Kabel Jumper
4. Arduino Mega

3.2 Spesifikasi Alat

Adapun spesifikasi alat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Matlab untuk menggunakan metode *fuzzy*.
2. Aplikasi Arduino IDE berfungsi untuk menggugah program ke Arduino Uno.
3. Kabel USB berfungsi untuk mengirimkan program dari laptop ke Arduino Uno.
4. Arduino Mega merupakan mikrokontroller yang akan dibuat.

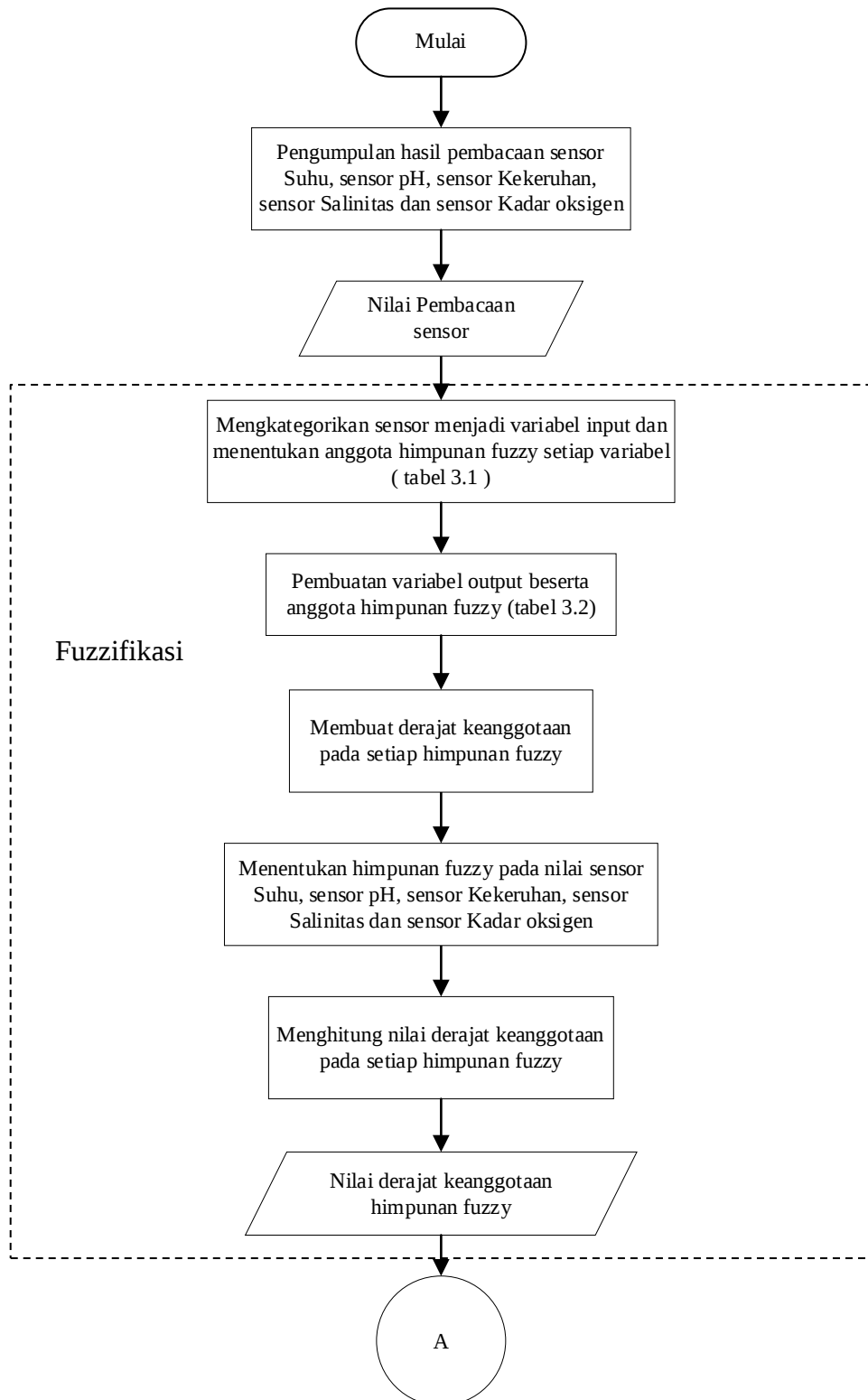
3.3 Prosedur Penelitian

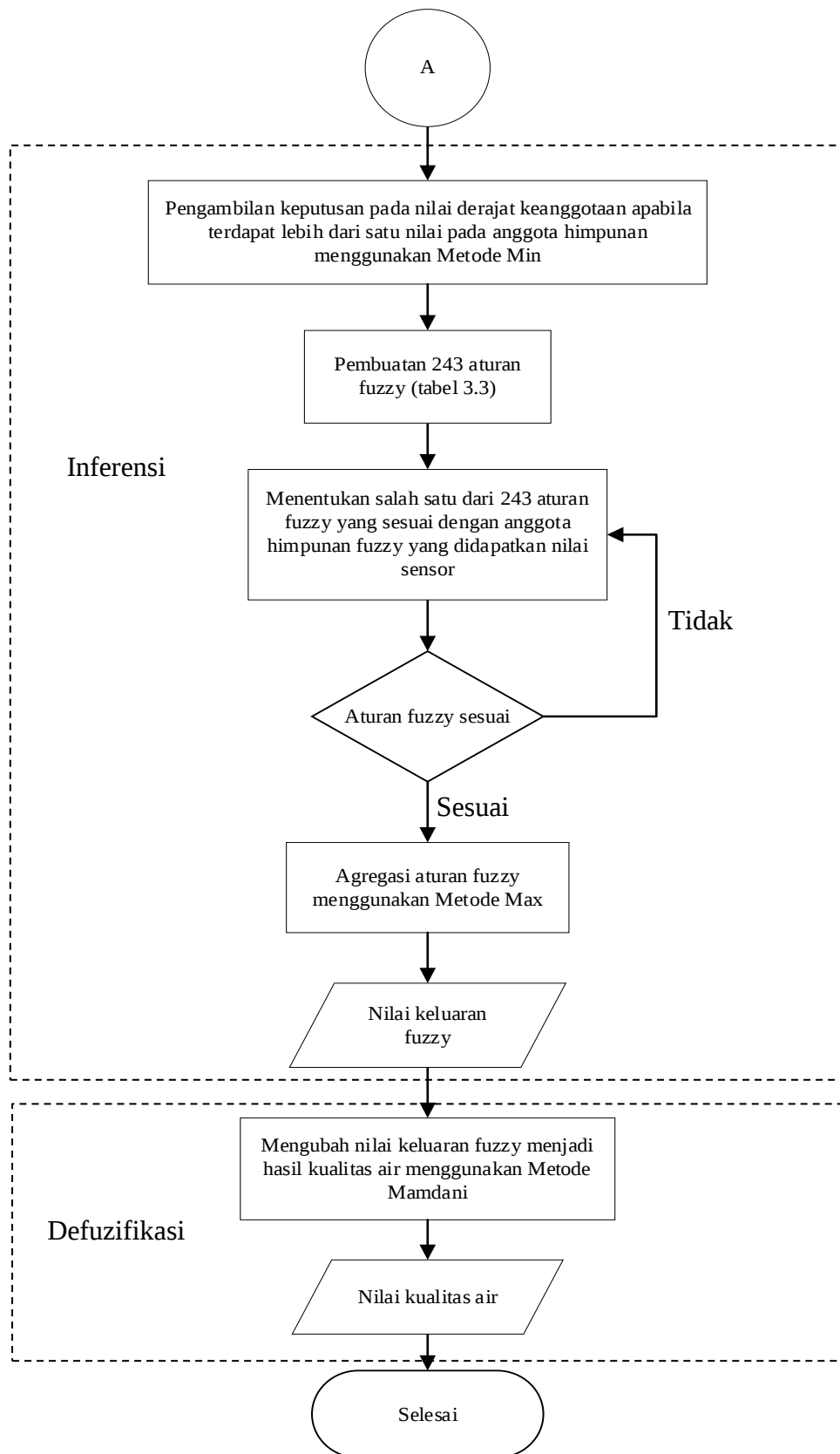


Gambar 3.1 Diagram Prosedur Penelitian

Berdasarkan gambar diagram alir penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi masalah yang terjadi setelah itu dilanjutkan ke langkah berikutnya yakni studi literatur untuk memberikan wawasan serta acuan dalam pelaksanaan penelitian dan dilanjut membuat sebuah konsep untuk merancang sistem yang akan dibuat untuk memecahkan masalah yang terjadi yaitu dengan merancang *fuzzy* pada matlab. Kemudian dilakukan perancangan sistem dengan menerapkan sistem *fuzzy* pada Arduino IDE setelah selesai dirancang maka tahap selanjutnya adalah pengujian *fuzzy* pada Arduino IDE, jika dalam tahap ini pengujian sistem berhasil dengan hasil yang mempunyai akurasi 100% maka akan dilanjutkan ke tahap pengambilan data namun apabila belum berhasil maka akan kembali ke tahap perancangan sistem. Setelah pengambilan data yang diinginkan maka selanjutnya dilakukan analisa dan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, lalu selesai.

3.4 Diagram Blok Sistem





Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem

3.4.1 Pengumpulan hasil pembacaan sensor

Nilai *input* pada sistem *fuzzy* ini ialah hasil pembacaan sensor, dimana terdapat lima sensor yaitu sensor suhu, sensor kekeruhan, sensor pH, sensor salinitas dan sensor kadar oksigen. Nilai kelima sensor akan diambil secara satu persatu selama selang waktu 7 hari dimulai dari tanggal 8 september 2023 sampai dengan 14 september 2023 yang diambil pada pukul 09.00 WIB, pukul 13.00 WIB dan 17.00 WIB dengan menggunakan objek yang sama yaitu sampel air pada tambak lobster, hasil pembacaan sensor dapat dilihat pada tabel 4.2.

3.4.2 Fuzzifikasi

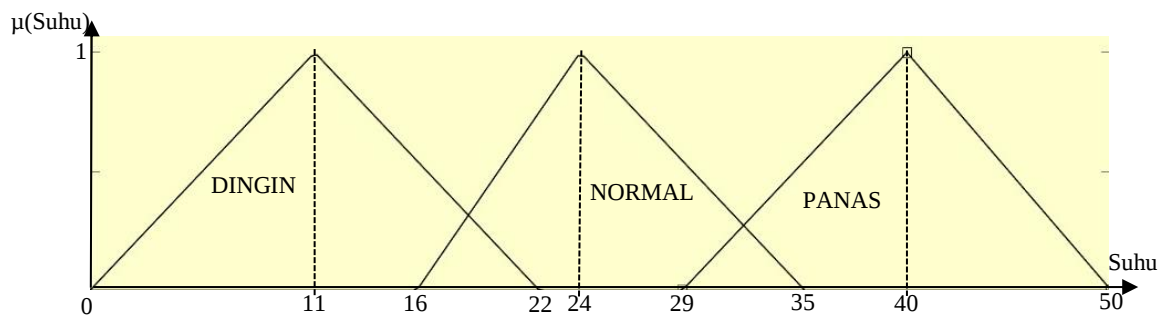
Fuzzifikasi merupakan proses pengubahan nilai masukan yang berupa nilai pembacaan hasil sensor kedalam bentuk nilai *fuzzy* yang berupa derajat keanggotaan masing masing variabel masukan, Sensor akan dikategorikan kedalam variabel input yang masing masing memiliki tiga himpunan fuzzy dimana setiap himpunan fuzzy memiliki nilai parameter masing masing. [7] [8]

Dengan demikian tahap ini mengambil nilai hasil pembacaan kelima sensor dan menentukan dimana nilai nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang telah ditentukan.

Tabel 3.1 Variabel *Input*

Variabel <i>Input</i>	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Parameter
Suhu (°C)	Dingin	0 – 22
	Normal	16 – 35
	Panas	29 – 50
Tingkat keasaman (pH)	Asam	0 – 7
	Netral	5 – 9
	Basa	7 – 14
Kekeruhan (NTU)	Rendah	0 – 20
	Baik	10 – 60
	Tinggi	40 – 100
Salinitas (g/l)	Tawar	0 – 5
	Payau	6 – 29
	Laut	30 – 40
Kadar Oksigen	Sedikit	1 – 3
	Sedang	3 – 5
	Banyak	5 – 10

Setelah menentukan nilai pembacaan sensor berada di himpunan *fuzzy* yang sesuai maka langkah selanjutnya ialah menghitung nilai derajat keanggotaan masing masing himpunan fuzzy.



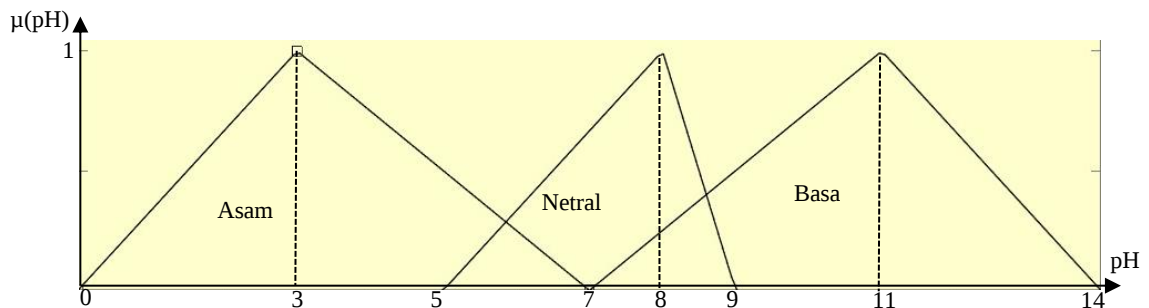
Gambar 3.3 Fungsi Keanggotaan Suhu

$$\mu_{\text{dingin}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 0 \text{ atau } x \geq 22 \\ \frac{x-0}{11-0} & ; \quad 0 \leq x \leq 11 \\ \frac{22-x}{22-11} & ; \quad 11 \leq x \leq 22 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu_{\text{normal}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 16 \text{ atau } x \geq 35 \\ \frac{x-16}{24-16} & ; \quad 16 \leq x \leq 24 \\ \frac{35-x}{35-24} & ; \quad 24 \leq x \leq 35 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_{\text{dingin}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 29 \text{ atau } x \geq 50 \\ \frac{x-29}{40-29} & ; \quad 29 \leq x \leq 40 \\ \frac{50-x}{50-40} & ; \quad 40 \leq x \leq 50 \end{cases} \quad (3.3)$$

Gambar 3.6 adalah tampilan variabel masukkan suhu pada perangkat lunak Matlab. Pada variabel masukkan suhu menggunakan fungsi keanggotaan segitiga yang terdiri dari tiga fungsi keanggotaan yaitu dingin [0 11 22] dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.1, normal [16 24 35] dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.2 dan panas [29 39 50] dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.3.



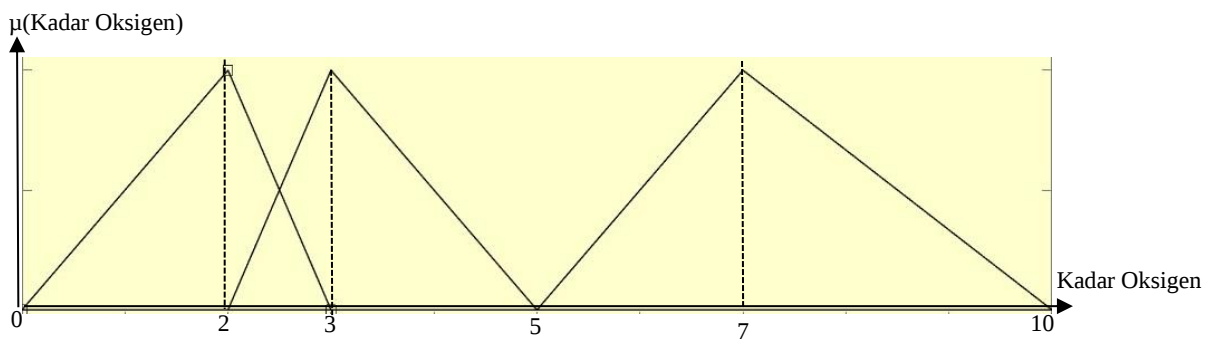
Gambar 3.4 Fungsi Keanggotaan pH

$$\mu_{\text{asam}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 0 \text{ atau } x \geq 7 \\ \frac{x-0}{3-0} & ; \quad 0 \leq x \leq 3 \\ \frac{7-x}{7-3} & ; \quad 3 \leq x \leq 7 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\mu_{\text{netral}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 5 \text{ atau } x \geq 9 \\ \frac{x-5}{7-5} & ; \quad 5 \leq x \leq 8 \\ \frac{9-x}{9-7} & ; \quad 8 \leq x \leq 9 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu_{\text{basa}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 6 \text{ atau } x \geq 14 \\ \frac{x-6}{11-6} & ; \quad 6 \leq x \leq 11 \\ \frac{14-x}{14-11} & ; \quad 11 \leq x \leq 14 \end{cases} \quad (3.6)$$

Gambar 3.7 adalah tampilan variabel masukkan pH pada perangkat lunak Matlab. Pada variabel masukkan pH menggunakan fungsi keanggotaan segitiga yang terdiri dari tiga fungsi keanggotaan yaitu asam [0 3 7] dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.4, netral [5 8 9] dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.5 dan basa [7 11 14] dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.6.



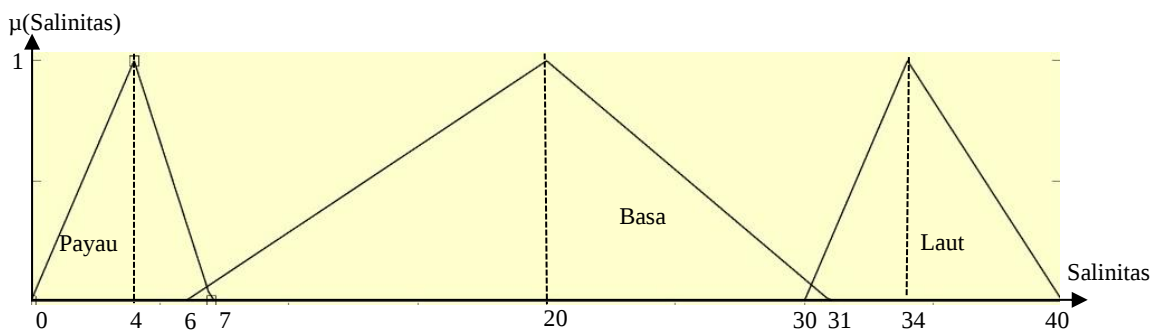
Gambar 3.5 Fungsi Keanggotaan Kadar Oksigen

$$\mu_{\text{sedikit}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 0 \text{ atau } x \geq 3 \\ \frac{x-0}{2-0} & ; \quad 0 \leq x \leq 2 \\ \frac{3-x}{3-2} & ; \quad 2 \leq x \leq 3 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$\mu_{\text{cukup}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 2 \text{ atau } x \geq 5 \\ \frac{x-2}{3-2} & ; \quad 2 \leq x \leq 3 \\ \frac{5-x}{5-3} & ; \quad 3 \leq x \leq 5 \end{cases} \quad (3.11)$$

$$\mu_{\text{banyak}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 5 \text{ atau } x \geq 10 \\ \frac{x-5}{7-5} & ; \quad 5 \leq x \leq 7 \\ \frac{10-x}{10-7} & ; \quad 7 \leq x \leq 10 \end{cases} \quad (3.12)$$

Gambar 3.9 adalah tampilan variabel masukkan kadar oksigen pada perangkat lunak Matlab. Pada variabel masukkan kadar oksigen menggunakan fungsi keanggotaan segitiga yang terdiri dari tiga fungsi keanggotaan yaitu sedikit [0 2 3] dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.10, cukup [2 3 5] dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.11 dan banyak [5 7 10] dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.12.



Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan Salinitas

$$\mu_{\text{payau}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 0 \text{ atau } x \geq 7 \\ \frac{x-0}{4-0} & ; \quad 0 \leq x \leq 4 \\ \frac{7-x}{7-4} & ; \quad 4 \leq x \leq 7 \end{cases} \quad (3.13)$$

$$\mu_{\text{tawar}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 6 \text{ atau } x \geq 31 \\ \frac{x-6}{20-6} & ; \quad 6 \leq x \leq 20 \\ \frac{31-x}{31-20} & ; \quad 20 \leq x \leq 31 \end{cases} \quad (3.14)$$

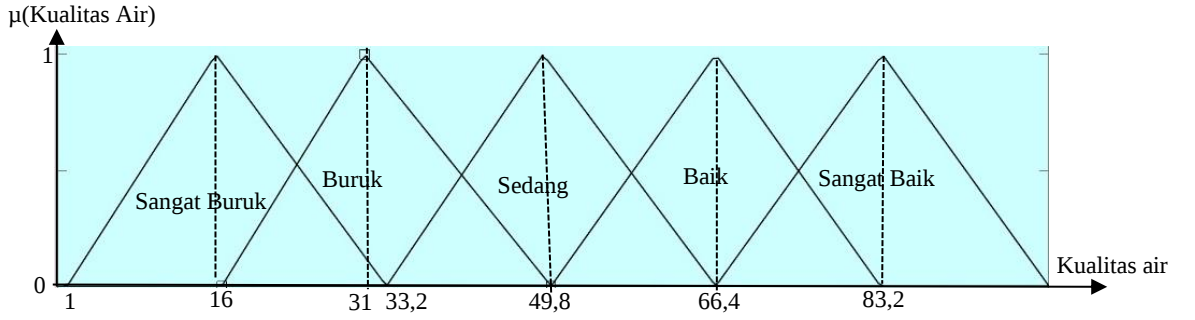
$$\mu_{\text{laut}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 30 \text{ atau } x \geq 40 \\ \frac{x-30}{34-30} & ; \quad 30 \leq x \leq 34 \\ \frac{40-x}{40-34} & ; \quad 34 \leq x \leq 40 \end{cases} \quad (3.15)$$

Gambar 3.10 adalah tampilan variabel masukkan salinitas pada perangkat lunak Matlab. Pada variabel masukkan salinitas menggunakan fungsi keanggotaan segitiga yang terdiri dari tiga fungsi keanggotaan yaitu payau [0 4 7] dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.13, tawar [6 17 29] dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.14 dan laut [30 35 40] dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.15.

Pembuatan variabel output yaitu kualitas air dimana terdiri dari lima himpunan fuzzy seperti pada tabel 3.2 [9]

Tabel 3.2 Himpunan *Fuzzy Output*

Variabel <i>Output</i>	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Parameter
Kualitas Air	Sangat Buruk	1 – 33,2
	Buruk	16,6 – 49,8
	Sedang	33,2 – 66,4
	Bagus	49,8 – 83
	Sangat Bagus	66,4 – 100



Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan Kualitas Air

$$\mu_{\text{sangat buruk}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 1 \text{ atau } x \geq 33,2 \\ \frac{x-1}{16,6-1} & ; \quad 1 \leq x \leq 16,6 \\ \frac{33,2-x}{33,2-16,6} & ; \quad 16,6 \leq x \leq 33,2 \end{cases} \quad (3.16)$$

$$\mu_{\text{buruk}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 16,6 \text{ atau } x \geq 49,8 \\ \frac{x-16,6}{31-16,6} & ; \quad 16,6 \leq x \leq 31 \\ \frac{49,8-x}{49,8-31} & ; \quad 31 \leq x \leq 49,8 \end{cases} \quad (3.17)$$

$$\mu_{\text{sedang}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 33,2 \text{ atau } x \geq 66,4 \\ \frac{x-33,2}{49-33,2} & ; \quad 33,2 \leq x \leq 49 \\ \frac{66,4-x}{66,4-49} & ; \quad 49 \leq x \leq 66,4 \end{cases} \quad (3.18)$$

$$\mu_{\text{bagus}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 49,8 \text{ atau } x \geq 83 \\ \frac{x-49,8}{66,4-49,8} & ; \quad 49,8 \leq x \leq 66,4 \\ \frac{83-x}{83-66,4} & ; \quad 66,4 \leq x \leq 83 \end{cases} \quad (3.19)$$

$$\mu_{\text{sangat bagus}}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 66,4 \text{ atau } x \geq 100 \\ \frac{x-66,4}{83,2-66,4} & ; \quad 66,4 \leq x \leq 83,2 \\ \frac{100-x}{100-83,2} & ; \quad 83,2 \leq x \leq 100 \end{cases} \quad (3.20)$$

Gambar 3.11 adalah tampilan variabel keluaran kualitas air pada perangkat lunak Matlab. Pada variabel keluaran kualitas air menggunakan fungsi keanggotaan segitiga yang terdiri dari tiga fungsi keanggotaan yaitu sangat buruk $[0 \ 16 \ 33,2]$ dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.16, buruk $[16,6 \ 31 \ 49,8]$ dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.17, sedang $[33,2 \ 49,8 \ 66,4]$ dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.18, bagus $[49,8 \ 66,4 \ 83]$ dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.19 dan sangat bagus $[66,4 \ 83,2 \ 100]$ dengan derajat keanggotaan pada persamaan 3.20.

3.4.3 Aturan fuzzy

Pada sistem pemantauan kualitas air terdapat 243 aturan *fuzzy* yang didapatkan dari perhitungan 3^5 , dimana 3 merupakan variabel himpunan dari *fuzzy* dan 5 variabel dari input yang digunakan pada sistem pemantauan monitoring. Berikut merupakan tabel yang digunakan pada sistem pemantauan monitoring ini:

Tabel 3.3 Aturan Fuzzy

Aturan fuzzy	Suhu	pH	Kekeruhan	DO	Salinitas	Kualitas air
1	dingin	asam	rendah	sedikit	payau	sangatburuk
2	dingin	asam	rendah	sedikit	tawar	Buruk
3	dingin	asam	rendah	sedikit	laut	Sangatburuk
4	dingin	Asam	rendah	banyak	Payau	Buruk
5	dingin	Asam	rendah	banyak	Tawar	Sedang
6	dingin	Asam	rendah	banyak	Laut	Buruk
7	dingin	Asam	rendah	cukup	Payau	Sangatburuk
8	dingin	Asam	rendah	cukup	Tawar	Buruk
9	dingin	Asam	rendah	cukup	Laut	Sangatburuk
10	dingin	Asam	biasa	sedikit	Payau	Buruk
11	dingin	Asam	biasa	sedikit	Tawar	Sedang
12	dingin	Asam	biasa	sedikit	Laut	Buruk
13	dingin	Asam	biasa	banyak	Payau	Sedang
14	dingin	Asam	biasa	banyak	Tawar	Bagus
15	dingin	asam	biasa	banyak	Laut	Sedang
16	dingin	asam	biasa	cukup	Payau	Buruk
17	dingin	asam	biasa	cukup	Tawar	Sedang
18	dingin	asam	biasa	cukup	Laut	Buruk
19	dingin	asam	tinggi	sedikit	Payau	Sangatburuk
20	dingin	asam	tinggi	sedikit	Tawar	Buruk
21	dingin	asam	tinggi	sedikit	Laut	Sangatburuk
22	dingin	asam	tinggi	banyak	Payau	Buruk
23	dingin	asam	tinggi	banyak	Tawar	Sedang
24	dingin	asam	tinggi	banyak	Laut	Buruk
25	dingin	asam	tinggi	cukup	Payau	Sangatburuk
26	dingin	asam	tinggi	cukup	Tawar	Buruk
27	dingin	asam	tinggi	cukup	Laut	Sangatburuk
28	dingin	netral	rendah	sedikit	Payau	Buruk

Aturan fuzzy	Suhu	pH	Kekeruhan	DO	Salinitas	Kualitas air
29	dingin	netral	rendah	sedikit	Tawar	Sedang
30	dingin	netral	rendah	sedikit	Laut	Buruk
31	dingin	netral	rendah	banyak	Payau	Sedang
32	dingin	netral	rendah	banyak	Tawar	Bagus
33	dingin	netral	rendah	banyak	Laut	Sedang
34	dingin	netral	rendah	cukup	Payau	Buruk
35	dingin	netral	rendah	cukup	Tawar	Sedang
36	dingin	netral	rendah	cukup	Laut	Buruk
37	dingin	netral	biasa	sedikit	Payau	Sedang
38	dingin	netral	biasa	sedikit	Tawar	Bagus
39	dingin	netral	biasa	sedikit	Laut	Sedang
40	dingin	Netral	biasa	banyak	Payau	bagus
41	dingin	Netral	biasa	banyak	Tawar	sangatbagus
42	dingin	Netral	biasa	banyak	Laut	bagus
43	dingin	Netral	biasa	cukup	Payau	sedang
44	dingin	Netral	biasa	cukup	Tawar	bagus
45	dingin	Netral	biasa	cukup	Laut	sedang
46	dingin	Netral	tinggi	sedikit	Payau	buruk
47	dingin	Netral	tinggi	sedikit	Tawar	sedang
48	dingin	netral	tinggi	sedikit	laut	buruk
49	dingin	netral	tinggi	banyak	payau	sedang
50	dingin	netral	tinggi	banyak	tawar	bagus
51	dingin	netral	tinggi	banyak	laut	sedang
52	dingin	netral	tinggi	cukup	payau	buruk
53	dingin	netral	tinggi	cukup	tawar	sedang
54	dingin	netral	tinggi	cukup	laut	buruk
55	dingin	basa	rendah	sedikit	payau	sangatburuk
56	dingin	basa	rendah	sedikit	tawar	buruk
57	dingin	basa	rendah	sedikit	laut	sangatburuk
58	dingin	basa	rendah	banyak	payau	buruk
59	dingin	basa	rendah	banyak	tawar	sedang
60	dingin	basa	rendah	banyak	laut	buruk
61	dingin	basa	rendah	cukup	payau	sangatburuk
62	dingin	basa	rendah	cukup	tawar	buruk
63	dingin	basa	rendah	cukup	laut	sangatburuk
64	dingin	basa	biasa	sedikit	payau	buruk
65	dingin	basa	biasa	sedikit	tawar	sedang
66	dingin	basa	biasa	sedikit	laut	buruk

Aturan fuzzy	Suhu	pH	Kekeruhan	DO	Salinitas	Kualitas air
67	dingin	basa	biasa	banyak	payau	sedang
68	dingin	basa	biasa	banyak	tawar	bagus
69	dingin	basa	biasa	banyak	laut	sedang
70	dingin	basa	biasa	cukup	payau	buruk
71	dingin	basa	biasa	cukup	tawar	sedang
72	dingin	basa	biasa	cukup	laut	buruk
73	dingin	basa	tinggi	sedikit	payau	sangatburuk
74	dingin	basa	tinggi	sedikit	tawar	buruk
75	dingin	basa	tinggi	sedikit	laut	sangatburuk
76	dingin	basa	tinggi	banyak	payau	buruk
77	dingin	basa	tinggi	banyak	tawar	Sedang
78	dingin	basa	tinggi	banyak	laut	Buruk
79	dingin	basa	tinggi	cukup	payau	Sangatburuk
80	dingin	basa	tinggi	cukup	tawar	Buruk
81	dingin	basa	tinggi	cukup	laut	Sangatburuk
82	normal	asam	rendah	sedikit	payau	Buruk
83	normal	asam	rendah	sedikit	tawar	Sedang
84	normal	asam	rendah	sedikit	laut	Buruk
85	normal	asam	rendah	banyak	payau	Sedang
86	normal	asam	rendah	banyak	tawar	Bagus
87	normal	asam	rendah	banyak	laut	Sedang
88	normal	asam	rendah	cukup	payau	Buruk
89	normal	asam	rendah	cukup	tawar	Sedang
90	normal	asam	rendah	cukup	laut	buruk
91	normal	asam	biasa	sedikit	payau	sedang
92	normal	asam	biasa	sedikit	tawar	bagus
93	normal	asam	biasa	sedikit	laut	sedang
94	normal	asam	biasa	banyak	payau	bagus
95	normal	asam	biasa	banyak	tawar	sangatbagus
96	normal	asam	biasa	banyak	laut	bagus
97	normal	asam	biasa	cukup	payau	sedang
98	normal	asam	biasa	cukup	tawar	bagus
99	normal	asam	biasa	cukup	laut	sedang
100	normal	asam	tinggi	sedikit	payau	buruk
101	normal	asam	tinggi	sedikit	tawar	sedang
102	normal	asam	tinggi	sedikit	laut	buruk
103	normal	asam	tinggi	banyak	payau	sedang
104	normal	asam	tinggi	banyak	tawar	bagus

Aturan fuzzy	suhu	pH	Kekeruhan	DO	Salinitas	Kualitas air
105	normal	asam	tinggi	banyak	laut	sedang
106	normal	asam	Tinggi	cukup	payau	buruk
107	normal	asam	Tinggi	cukup	tawar	sedang
108	normal	asam	Tinggi	cukup	laut	buruk
109	normal	netral	Rendah	sedikit	payau	Sedang
110	normal	netral	rendah	sedikit	tawar	Bagus
111	normal	netral	rendah	sedikit	laut	Sedang
112	normal	netral	rendah	banyak	payau	Bagus
113	normal	netral	rendah	banyak	tawar	Sangatbagus
114	normal	netral	rendah	banyak	laut	Bagus
115	normal	netral	rendah	cukup	payau	Sedang
116	normal	netral	rendah	cukup	tawar	bagus
117	normal	netral	rendah	cukup	laut	sedang
118	normal	netral	biasa	sedikit	payau	bagus
119	normal	netral	biasa	sedikit	tawar	sangatbagus
120	normal	netral	biasa	sedikit	laut	bagus
121	normal	netral	biasa	banyak	payau	sangatbagus
122	normal	netral	biasa	banyak	tawar	sangatbagus
123	normal	netral	biasa	banyak	laut	sangatbagus
124	normal	netral	biasa	cukup	payau	bagus
125	normal	netral	biasa	cukup	tawar	sangatbagus
126	normal	netral	biasa	cukup	laut	bagus
127	normal	netral	tinggi	sedikit	payau	sedang
128	normal	netral	tinggi	sedikit	tawar	bagus
129	normal	netral	tinggi	sedikit	laut	sedang
130	normal	netral	tinggi	banyak	payau	bagus
131	normal	netral	tinggi	banyak	tawar	sangatbagus
132	normal	netral	tinggi	banyak	laut	bagus
133	normal	netral	tinggi	cukup	payau	sedang
134	normal	netral	tinggi	cukup	tawar	bagus
135	normal	netral	tinggi	cukup	laut	sedang
136	normal	basa	rendah	sedikit	payau	buruk
137	normal	basa	rendah	sedikit	tawar	sedang
138	normal	basa	rendah	sedikit	laut	buruk
139	normal	basa	rendah	banyak	payau	sedang
140	normal	basa	rendah	banyak	tawar	bagus
141	normal	basa	rendah	banyak	laut	sedang
142	normal	basa	rendah	cukup	payau	buruk

Aturan fuzzy	Suhu	pH	Kekeruhan	DO	Salinitas	Kualitas air
143	normal	basa	rendah	cukup	tawar	sedang
144	normal	basa	rendah	cukup	laut	buruk
145	normal	basa	biasa	sedikit	payau	sedang
146	normal	basa	biasa	sedikit	tawar	bagus
147	normal	basa	biasa	sedikit	laut	sedang
148	normal	basa	biasa	banyak	payau	bagus
149	normal	basa	biasa	banyak	tawar	sangatbagus
150	normal	basa	biasa	banyak	laut	bagus
151	normal	basa	biasa	cukup	payau	sedang
152	normal	basa	biasa	cukup	tawar	bagus
153	normal	basa	biasa	cukup	laut	sedang
154	normal	basa	tinggi	sedikit	payau	buruk
155	normal	basa	tinggi	sedikit	tawar	sedang
156	normal	basa	tinggi	sedikit	laut	buruk
157	normal	basa	tinggi	banyak	payau	sedang
158	normal	basa	tinggi	banyak	tawar	bagus
159	normal	basa	tinggi	banyak	laut	sedang
160	normal	basa	tinggi	cukup	payau	buruk
161	normal	basa	tinggi	cukup	tawar	sedang
162	normal	basa	tinggi	cukup	laut	buruk
163	panas	asam	rendah	sedikit	payau	sangatburuk
164	panas	asam	rendah	sedikit	tawar	buruk
165	panas	asam	rendah	sedikit	laut	sangatburuk
166	panas	asam	rendah	banyak	payau	buruk
167	panas	asam	rendah	banyak	tawar	sedang
168	panas	asam	rendah	banyak	laut	buruk
169	panas	asam	rendah	cukup	payau	sangatburuk
170	panas	asam	rendah	cukup	tawar	buruk
171	panas	asam	rendah	cukup	laut	sangatburuk
172	panas	asam	biasa	sedikit	payau	buruk
173	panas	asam	biasa	sedikit	tawar	sedang
174	panas	asam	biasa	sedikit	laut	buruk
175	panas	asam	biasa	banyak	payau	sedang
176	panas	asam	biasa	banyak	tawar	bagus
177	panas	asam	biasa	banyak	laut	sedang
178	panas	asam	biasa	cukup	payau	buruk
179	panas	asam	biasa	cukup	tawar	sedang

Lanjutan Tabel 3.3 Aturan *fuzzy*

Aturan <i>fuzzy</i>	Suhu	pH	Kekeruhan	DO	Salinitas	Kualitas air
180	panas	asam	biasa	cukup	laut	buruk
181	panas	asam	tinggi	sedikit	payau	sangatburuk
182	panas	asam	tinggi	sedikit	tawar	buruk
183	panas	asam	tinggi	sedikit	laut	sangatburuk
184	panas	asam	tinggi	banyak	payau	buruk
185	panas	asam	tinggi	banyak	tawar	sedang
186	panas	asam	tinggi	banyak	laut	buruk
187	panas	asam	tinggi	cukup	payau	sangatburuk
188	panas	asam	tinggi	cukup	tawar	buruk
189	panas	asam	tinggi	cukup	laut	sangatburuk
190	panas	netral	rendah	sedikit	payau	buruk
191	panas	netral	rendah	sedikit	tawar	sedang
192	panas	netral	rendah	sedikit	laut	buruk
193	panas	netral	rendah	banyak	payau	sedang
194	panas	netral	rendah	banyak	tawar	bagus
195	panas	netral	rendah	banyak	laut	sedang
196	panas	netral	rendah	cukup	payau	buruk
197	panas	netral	rendah	cukup	tawar	sedang
198	panas	netral	rendah	cukup	laut	buruk
199	panas	netral	biasa	sedikit	payau	sedang
200	panas	netral	biasa	sedikit	tawar	bagus
201	panas	netral	biasa	sedikit	laut	sedang
202	panas	netral	biasa	banyak	payau	bagus
203	panas	netral	biasa	banyak	tawar	sangatbagus
204	panas	netral	biasa	banyak	laut	bagus
205	panas	netral	biasa	cukup	payau	sedang
206	panas	netral	biasa	cukup	tawar	bagus
207	panas	netral	biasa	cukup	laut	sedang
208	panas	netral	tinggi	sedikit	payau	buruk
209	panas	netral	tinggi	sedikit	tawar	sedang
210	panas	netral	tinggi	sedikit	laut	buruk
211	panas	netral	tinggi	banyak	payau	sedang
212	panas	netral	tinggi	banyak	tawar	bagus
213	panas	netral	tinggi	banyak	laut	sedang
214	panas	netral	tinggi	cukup	payau	buruk

Lanjutan Tabel 3.3 Aturan *fuzzy*

Aturan <i>fuzzy</i>	Suhu	pH	Kekeruhan	DO	Salinitas	Kualitas air
215	panas	netral	tinggi	cukup	tawar	sedang
216	panas	netral	tinggi	cukup	laut	buruk
217	panas	basa	rendah	sedikit	payau	sangatburuk
218	panas	basa	rendah	sedikit	tawar	buruk
219	panas	basa	rendah	sedikit	laut	sangatburuk
220	panas	basa	rendah	banyak	payau	buruk
221	panas	basa	rendah	banyak	tawar	sedang
222	panas	basa	rendah	banyak	laut	buruk
223	panas	basa	rendah	cukup	payau	sangatburuk
224	panas	basa	rendah	cukup	tawar	buruk
225	panas	basa	rendah	cukup	laut	sangatburuk
226	panas	basa	biasa	sedikit	payau	buruk
227	panas	basa	biasa	sedikit	tawar	sedang
228	panas	basa	biasa	sedikit	laut	buruk
229	panas	basa	biasa	banyak	payau	sedang
230	panas	basa	biasa	banyak	tawar	bagus
231	panas	basa	biasa	banyak	laut	sedang
232	panas	basa	biasa	cukup	payau	buruk
233	panas	basa	biasa	cukup	tawar	sedang
234	panas	basa	biasa	cukup	laut	buruk
235	panas	basa	tinggi	sedikit	payau	sangatburuk
236	panas	basa	tinggi	sedikit	tawar	buruk
237	panas	basa	tinggi	sedikit	laut	sangatburuk
238	panas	basa	tinggi	banyak	payau	buruk
239	panas	basa	tinggi	banyak	tawar	sedang
240	panas	basa	tinggi	banyak	laut	buruk
241	panas	basa	tinggi	cukup	payau	sangatburuk
242	panas	basa	Tinggi	cukup	tawar	buruk
243	panas	basa	Tinggi	cukup	laut	sangatburuk

Aturan-aturan *fuzzy* dinyatakan dalam bentuk logika *IF-THEN*. Berikut merupakan *knowledge base fuzzy* pada penelitian ini:

1. *IFdinginANDasamANDrendahANDsedikitANDpayauTHENsangatburuk*
2. *IFdinginANDasamANDrendahANDsedikitANDtawarTHENburuk*

3. *IFdinginANDDasamANDrendahANDsedikitANDlautTHENsangatburuk*
4. *IFdinginANDDasamANDrendahANDbanyakANDpayauTHENburuk*
5. *IFdinginANDDasamANDrendahANDbanyakANDtawarTHENsedang*
6. *IFdinginANDDasamANDrendahANDbanyakANDlautTHENburuk*
7. *IFdinginANDDasamANDrendahANDcukupANDpayauTHENsangatburuk*
8. *IFdinginANDDasamANDrendahANDcukupANDtawarTHENburuk*
9. *IFdinginANDDasamANDrendahANDcukupANDlautTHENsangatburuk*
10. *IFdinginANDDasamANDbiasaANDsedikitANDpayauTHENburuk*
11. *IFdinginANDDasamANDbiasaANDsedikitANDtawarTHENsedang*
12. *IFdinginANDDasamANDbiasaANDsedikitANDlautTHENburuk*
13. *IFdinginANDDasamANDbiasaANDbanyakANDpayauTHENsedang*
14. *IFdinginANDDasamANDbiasaANDbanyakANDtawarTHENbagus*
15. *IFdinginANDDasamANDbiasaANDbanyakANDlautTHENsedang*
16. *IFdinginANDDasamANDbiasaANDcukupANDpayauTHENburuk*
17. *IFdinginANDDasamANDbiasaANDcukupANDtawarTHENsedang*
18. *IFdinginANDDasamANDbiasaANDcukupANDlautTHENburuk*
19. *IFdinginANDDasamANDtinggiANDsedikitANDpayauTHENsangatburuk*
20. *IFdinginANDDasamANDtinggiANDsedikitANDtawarTHENburuk*
21. *IFdinginANDDasamANDtinggiANDsedikitANDlautTHENsangatburuk*
22. *IFdinginANDDasamANDtinggiANDbanyakANDpayauTHENburuk*
23. *IFdinginANDDasamANDtinggiANDbanyakANDtawarTHENsedang*
24. *IFdinginANDDasamANDtinggiANDbanyakANDlautTHENburuk*
25. *IFdinginANDDasamANDtinggiANDcukupANDpayauTHENsangatburuk*
26. *IFdinginANDDasamANDtinggiANDcukupANDtawarTHENburuk*
27. *IFdinginANDDasamANDtinggiANDcukupANDlautTHENsangatburuk*
28. *IFdinginANDnetralANDrendahANDsedikitANDpayauTHENburuk*
29. *IFdinginANDnetralANDrendahANDsedikitANDtawarTHENsedang*
30. *IFdinginANDnetralANDrendahANDsedikitANDlautTHENburuk*
31. *IFdinginANDnetralANDrendahANDbanyakANDpayauTHENsedang*
32. *IFdinginANDnetralANDrendahANDbanyakANDtawarTHENbagus*
33. *IFdinginANDnetralANDrendahANDbanyakANDlautTHENsedang*
34. *IFdinginANDnetralANDrendahANDcukupANDpayauTHENburuk*

35. IFdinginANDnetralANDrendahANDcukupANDtawarTHENSedang
36. IFdinginANDnetralANDrendahANDcukupANDlautTHENburuk
37. IFdinginANDnetralANDbiasaANDsedikitANDpayauTHENSedang
38. IFdinginANDnetralANDbiasaANDsedikitANDtawarTHENbagus
39. IFdinginANDnetralANDbiasaANDsedikitANDlautTHENSedang
40. IFdinginANDnetralANDbiasaANDbanyakANDpayauTHENbagus
41. IFdinginANDnetralANDbiasaANDbanyakANDtawarTHENSangatbagus
42. IFdinginANDnetralANDbiasaANDbanyakANDlautTHENbagus
43. IFdinginANDnetralANDbiasaANDcukupANDpayauTHENSedang
44. IFdinginANDnetralANDbiasaANDcukupANDtawarTHENbagus
45. IFdinginANDnetralANDbiasaANDcukupANDlautTHENSedang
46. IFdinginANDnetralANDtinggiANDsedikitANDpayauTHENburuk
47. IFdinginANDnetralANDtinggiANDsedikitANDtawarTHENSedang
48. IFdinginANDnetralANDtinggiANDsedikitANDlautTHENburuk
49. IFdinginANDnetralANDtinggiANDbanyakANDpayauTHENSedang
50. IFdinginANDnetralANDtinggiANDbanyakANDtawarTHENbagus
51. IFdinginANDnetralANDtinggiANDbanyakANDlautTHENSedang
52. IFdinginANDnetralANDtinggiANDcukupANDpayauTHENburuk
53. IFdinginANDnetralANDtinggiANDcukupANDtawarTHENSedang
54. IFdinginANDnetralANDtinggiANDcukupANDlautTHENburuk
55. IFdinginANDbasaANDrendahANDsedikitANDpayauTHENSangatburuk
56. IFdinginANDbasaANDrendahANDsedikitANDtawarTHENburuk
57. IFdinginANDbasaANDrendahANDsedikitANDlautTHENSangatburuk
58. IFdinginANDbasaANDrendahANDbanyakANDpayauTHENburuk
59. IFdinginANDbasaANDrendahANDbanyakANDtawarTHENSedang
60. IFdinginANDbasaANDrendahANDbanyakANDlautTHENburuk
61. IFdinginANDbasaANDrendahANDcukupANDpayauTHENSangatburuk
62. IFdinginANDbasaANDrendahANDcukupANDtawarTHENburuk
63. IFdinginANDbasaANDrendahANDcukupANDlautTHENSangatburuk
64. IFdinginANDbasaANDbiasaANDsedikitANDpayauTHENburuk
65. IFdinginANDbasaANDbiasaANDsedikitANDtawarTHENSedang
66. IFdinginANDbasaANDbiasaANDsedikitANDlautTHENburuk

67. IFdinginANDBasaANDbiasaANDbanyakANDpayauTHENSsedang
68. IFdinginANDBasaANDbiasaANDbanyakANDtawarTHENbagus
69. IFdinginANDBasaANDbiasaANDbanyakANDlautTHENSsedang
70. IFdinginANDBasaANDbiasaANDcukupANDpayauTHENburuk
71. IFdinginANDBasaANDbiasaANDcukupANDtawarTHENSsedang
72. IFdinginANDBasaANDbiasaANDcukupANDlautTHENburuk
73. IFdinginANDBasaANDtinggiANDsedikitANDpayauTHENSangatburuk
74. IFdinginANDBasaANDtinggiANDsedikitANDtawarTHENburuk
75. IFdinginANDBasaANDtinggiANDsedikitANDlautTHENSangatburuk
76. IFdinginANDBasaANDtinggiANDbanyakANDpayauTHENburuk
77. IFdinginANDBasaANDtinggiANDbanyakANDtawarTHENSsedang
78. IFdinginANDBasaANDtinggiANDbanyakANDlautTHENburuk
79. IFdinginANDBasaANDtinggiANDcukupANDpayauTHENSangatburuk
80. IFdinginANDBasaANDtinggiANDcukupANDtawarTHENburuk
81. IFdinginANDBasaANDtinggiANDcukupANDlautTHENSangatburuk
82. IFnANDmalANDasamANDrendahANDsedikitANDpayauTHENburuk
83. IFnANDmalANDasamANDrendahANDsedikitANDtawarTHENSsedang
84. IFnANDmalANDasamANDrendahANDsedikitANDlautTHENburuk
85. IFnANDmalANDasamANDrendahANDbanyakANDpayauTHENSedang
86. IFnANDmalANDasamANDrendahANDbanyakANDtawarTHENbagus
87. IFnANDmalANDasamANDrendahANDbanyakANDlautTHENSedang
88. IFnANDmalANDasamANDrendahANDcukupANDpayauTHENburuk
89. IFnANDmalANDasamANDrendahANDcukupANDtawarTHENSsedang
90. IFnANDmalANDasamANDrendahANDcukupANDlautTHENburuk
91. IFnANDmalANDasamANDbiasaANDsedikitANDpayauTHENSedang
92. IFnANDmalANDasamANDbiasaANDsedikitANDtawarTHENbagus
93. IFnANDmalANDasamANDbiasaANDsedikitANDlautTHENSedang
94. IFnANDmalANDasamANDbiasaANDbanyakANDpayauTHENbagus
95. IFnANDmalANDasamANDbiasaANDbanyakANDtawarTHENSangatbagus
96. IFnANDmalANDasamANDbiasaANDbanyakANDlautTHENbagus
97. IFnANDmalANDasamANDbiasaANDcukupANDpayauTHENSedang
98. IFnANDmalANDasamANDbiasaANDcukupANDtawarTHENbagus

99. IFnANDmalANDDasamANDbiasaANDcukupANDlautTHENsedang
100. IFnANDmalANDDasamANDtinggiANDsedikitANDpayauTHENburuk
101. IFnANDmalANDDasamANDtinggiANDsedikitANDtawarTHENsedang
102. IFnANDmalANDDasamANDtinggiANDsedikitANDlautTHENburuk
103. IFnANDmalANDDasamANDtinggiANDbanyakANDpayauTHENsedang
104. IFnANDmalANDDasamANDtinggiANDbanyakANDtawarTHENbagus
105. IFnANDmalANDDasamANDtinggiANDbanyakANDlautTHENsedang
106. IFnANDmalANDDasamANDtinggiANDcukupANDpayauTHENburuk
107. IFnANDmalANDDasamANDtinggiANDcukupANDtawarTHENsedang
108. IFnANDmalANDDasamANDtinggiANDcukupANDlautTHENburuk
109. IFnANDmalANDnetralANDrendahANDsedikitANDpayauTHENsedang
110. IFnANDmalANDnetralANDrendahANDsedikitANDtawarTHENbagus
111. IFnANDmalANDnetralANDrendahANDsedikitANDlautTHENsedang
112. IFnANDmalANDnetralANDrendahANDbanyakANDpayauTHENbagus
113. IFnANDmalANDnetralANDrendahANDbanyakANDtawarTHENsangatbagus
114. IFnANDmalANDnetralANDrendahANDbanyakANDlautTHENbagus
115. IFnANDmalANDnetralANDrendahANDcukupANDpayauTHENsedang
116. IFnANDmalANDnetralANDrendahANDcukupANDtawarTHENbagus
117. IFnANDmalANDnetralANDrendahANDcukupANDlautTHENsedang
118. IFnANDmalANDnetralANDbiasaANDsedikitANDpayauTHENbagus
119. IFnANDmalANDnetralANDbiasaANDsedikitANDtawarTHENsangatbagus
120. IFnANDmalANDnetralANDbiasaANDsedikitANDlautTHENbagus
121. IFnANDmalANDnetralANDbiasaANDbanyakANDpayauTHENsangatbagus
122. IFnANDmalANDnetralANDbiasaANDbanyakANDtawarTHENsangatbagus
123. IFnANDmalANDnetralANDbiasaANDbanyakANDlautTHENsangatbagus
124. IFnANDmalANDnetralANDbiasaANDcukupANDpayauTHENbagus

125. IFnANDmalANDnetralANDbiasaANDcukupANDtawarTHENsangatbagus
s
126. IFnANDmalANDnetralANDbiasaANDcukupANDlautTHENbagus
127. IFnANDmalANDnetralANDtinggiANDsedikitANDpayauTHENsedang
128. IFnANDmalANDnetralANDtinggiANDsedikitANDtawarTHENbagus
129. IFnANDmalANDnetralANDtinggiANDsedikitANDlautTHENsedang
130. IFnANDmalANDnetralANDtinggiANDbanyakANDpayauTHENbagus
131. IFnANDmalANDnetralANDtinggiANDbanyakANDtawarTHENsangatba
gus
132. IFnANDmalANDnetralANDtinggiANDbanyakANDlautTHENbagus
133. IFnANDmalANDnetralANDtinggiANDcukupANDpayauTHENsedang
134. IFnANDmalANDnetralANDtinggiANDcukupANDtawarTHENbagus
135. IFnANDmalANDnetralANDtinggiANDcukupANDlautTHENsedang
136. IFnANDmalANDbiasaANDrendahANDsedikitANDpayauTHENburuk
137. IFnANDmalANDbiasaANDrendahANDsedikitANDtawarTHENsedang
138. IFnANDmalANDbiasaANDrendahANDsedikitANDlautTHENburuk
139. IFnANDmalANDbiasaANDrendahANDbanyakANDpayauTHENsedang
140. IFnANDmalANDbiasaANDrendahANDbanyakANDtawarTHENbagus
141. IFnANDmalANDbiasaANDrendahANDbanyakANDlautTHENsedang
142. IFnANDmalANDbiasaANDrendahANDcukupANDpayauTHENburuk
143. IFnANDmalANDbiasaANDrendahANDcukupANDtawarTHENsedang
144. IFnANDmalANDbiasaANDrendahANDcukupANDlautTHENburuk
145. IFnANDmalANDbiasaANDbiasaANDsedikitANDpayauTHENsedang
146. IFnANDmalANDbiasaANDbiasaANDsedikitANDtawarTHENbagus
147. IFnANDmalANDbiasaANDbiasaANDsedikitANDlautTHENsedang
148. IFnANDmalANDbiasaANDbiasaANDbanyakANDpayauTHENbagus
149. IFnANDmalANDbiasaANDbiasaANDbanyakANDtawarTHENsangatbagu
s
150. IFnANDmalANDbiasaANDbiasaANDbanyakANDlautTHENbagus
151. IFnANDmalANDbiasaANDbiasaANDcukupANDpayauTHENsedang
152. IFnANDmalANDbiasaANDbiasaANDcukupANDtawarTHENbagus
153. IFnANDmalANDbiasaANDbiasaANDcukupANDlautTHENsedang

154. IFnANDmalANDbasaANDtinggiANDsedikitANDpayauTHENburuk
155. IFnANDmalANDbasaANDtinggiANDsedikitANDtawarTHENsedang
156. IFnANDmalANDbasaANDtinggiANDsedikitANDlautTHENburuk
157. IFnANDmalANDbasaANDtinggiANDbanyakANDpayauTHENsedang
158. IFnANDmalANDbasaANDtinggiANDbanyakANDtawarTHENbagus
159. IFnANDmalANDbasaANDtinggiANDbanyakANDlautTHENsedang
160. IFnANDmalANDbasaANDtinggiANDcukupANDpayauTHENburuk
161. IFnANDmalANDbasaANDtinggiANDcukupANDtawarTHENsedang
162. IFnANDmalANDbasaANDtinggiANDcukupANDlautTHENburuk
163. IFpanasANDasamANDrendahANDsedikitANDpayauTHENsangatburuk
164. IFpanasANDasamANDrendahANDsedikitANDtawarTHENburuk
165. IFpanasANDasamANDrendahANDsedikitANDlautTHENsangatburuk
166. IFpanasANDasamANDrendahANDbanyakANDpayauTHENburuk
167. IFpanasANDasamANDrendahANDbanyakANDtawarTHENsedang
168. IFpanasANDasamANDrendahANDbanyakANDlautTHENburuk
169. IFpanasANDasamANDrendahANDcukupANDpayauTHENsangatburuk
170. IFpanasANDasamANDrendahANDcukupANDtawarTHENburuk
171. IFpanasANDasamANDrendahANDcukupANDlautTHENsangatburuk
172. IFpanasANDasamANDbiasaANDsedikitANDpayauTHENburuk
173. IFpanasANDasamANDbiasaANDsedikitANDtawarTHENsedang
174. IFpanasANDasamANDbiasaANDsedikitANDlautTHENburuk
175. IFpanasANDasamANDbiasaANDbanyakANDpayauTHENsedang
176. IFpanasANDasamANDbiasaANDbanyakANDtawarTHENbagus
177. IFpanasANDasamANDbiasaANDbanyakANDlautTHENsedang
178. IFpanasANDasamANDbiasaANDcukupANDpayauTHENburuk
179. IFpanasANDasamANDbiasaANDcukupANDtawarTHENsedang
180. IFpanasANDasamANDbiasaANDcukupANDlautTHENburuk
181. IFpanasANDasamANDtinggiANDsedikitANDpayauTHENsangatburuk
182. IFpanasANDasamANDtinggiANDsedikitANDtawarTHENburuk
183. IFpanasANDasamANDtinggiANDsedikitANDlautTHENsangatburuk
184. IFpanasANDasamANDtinggiANDbanyakANDpayauTHENburuk
185. IFpanasANDasamANDtinggiANDbanyakANDtawarTHENsedang

186. IFpanasANDDasamANDtinggiANDbanyakANDlautTHENburuk
187. IFpanasANDDasamANDtinggiANDcukupANDpayauTHENsangatburuk
188. IFpanasANDDasamANDtinggiANDcukupANDtawarTHENburuk
189. IFpanasANDDasamANDtinggiANDcukupANDlautTHENsangatburuk
190. IFpanasANDnetralANDrendahANDsedikitANDpayauTHENburuk
191. IFpanasANDnetralANDrendahANDsedikitANDtawarTHENsedang
192. IFpanasANDnetralANDrendahANDsedikitANDlautTHENburuk
193. IFpanasANDnetralANDrendahANDbanyakANDpayauTHENsedang
194. IFpanasANDnetralANDrendahANDbanyakANDtawarTHENbagus
195. IFpanasANDnetralANDrendahANDbanyakANDlautTHENsedang
196. IFpanasANDnetralANDrendahANDcukupANDpayauTHENburuk
197. IFpanasANDnetralANDrendahANDcukupANDtawarTHENsedang
198. IFpanasANDnetralANDrendahANDcukupANDlautTHENburuk
199. IFpanasANDnetralANDbiasaANDsedikitANDpayauTHENsedang
200. IFpanasANDnetralANDbiasaANDsedikitANDtawarTHENbagus
201. IFpanasANDnetralANDbiasaANDsedikitANDlautTHENsedang
202. IFpanasANDnetralANDbiasaANDbanyakANDpayauTHENbagus
203. IFpanasANDnetralANDbiasaANDbanyakANDtawarTHENsangatbagus
204. IFpanasANDnetralANDbiasaANDbanyakANDlautTHENbagus
205. IFpanasANDnetralANDbiasaANDcukupANDpayauTHENsedang
206. IFpanasANDnetralANDbiasaANDcukupANDtawarTHENbagus
207. IFpanasANDnetralANDbiasaANDcukupANDlautTHENsedang
208. IFpanasANDnetralANDtinggiANDsedikitANDpayauTHENburuk
209. IFpanasANDnetralANDtinggiANDsedikitANDtawarTHENsedang
210. IFpanasANDnetralANDtinggiANDsedikitANDlautTHENburuk
211. IFpanasANDnetralANDtinggiANDbanyakANDpayauTHENsedang
212. IFpanasANDnetralANDtinggiANDbanyakANDtawarTHENbagus
213. IFpanasANDnetralANDtinggiANDbanyakANDlautTHENsedang
214. IFpanasANDnetralANDtinggiANDcukupANDpayauTHENburuk
215. IFpanasANDnetralANDtinggiANDcukupANDtawarTHENsedang
216. IFpanasANDnetralANDtinggiANDcukupANDlautTHENburuk
217. IFpanasANDbiasaANDrendahANDsedikitANDpayauTHENsangatburuk

218. IFpanasANDbasaANDrendahANDsedikitANDtawarTHENburuk
219. IFpanasANDbasaANDrendahANDsedikitANDlautTHENSangatburuk
220. IFpanasANDbasaANDrendahANDbanyakANDpayauTHENburuk
221. IFpanasANDbasaANDrendahANDbanyakANDtawarTHENSedang
222. IFpanasANDbasaANDrendahANDbanyakANDlautTHENburuk
223. IFpanasANDbasaANDrendahANDcukupANDpayauTHENSangatburuk
224. IFpanasANDbasaANDrendahANDcukupANDtawarTHENburuk
225. IFpanasANDbasaANDrendahANDcukupANDlautTHENSangatburuk
226. IFpanasANDbasaANDbiasaANDsedikitANDpayauTHENburuk
227. IFpanasANDbasaANDbiasaANDsedikitANDtawarTHENSedang
228. IFpanasANDbasaANDbiasaANDsedikitANDlautTHENburuk
229. IFpanasANDbasaANDbiasaANDbanyakANDpayauTHENSedang
230. IFpanasANDbasaANDbiasaANDbanyakANDtawarTHENbagus
231. IFpanasANDbasaANDbiasaANDbanyakANDlautTHENSedang
232. IFpanasANDbasaANDbiasaANDcukupANDpayauTHENburuk
233. IFpanasANDbasaANDbiasaANDcukupANDtawarTHENSedang
234. IFpanasANDbasaANDbiasaANDcukupANDlautTHENburuk
235. IFpanasANDbasaANDtinggiANDsedikitANDpayauTHENSangatburuk
236. IFpanasANDbasaANDtinggiANDsedikitANDtawarTHENburuk
237. IFpanasANDbasaANDtinggiANDsedikitANDlautTHENSangatburuk
238. IFpanasANDbasaANDtinggiANDbanyakANDpayauTHENburuk
239. IFpanasANDbasaANDtinggiANDbanyakANDtawarTHENSedang
240. IFpanasANDbasaANDtinggiANDbanyakANDlautTHENburuk
241. IFpanasANDbasaANDtinggiANDcukupANDpayauTHENSangatburuk
242. IFpanasANDbasaANDtinggiANDcukupANDtawarTHENburuk
243. IFpanasANDbasaANDtinggiANDcukupANDlautTHENSangatburuk

3.4.4 Inferensi

Prosedur inferensi digunakan untuk menarik kesimpulan dari himpunan aturan *fuzzy*, pada penelitian ini menggunakan metode inferensi Min-Max. Apabila nilai pembacaan sensor terdapat pada lebih dari satu himpunan *fuzzy* sehingga terdapat dua atau lebih derajat keanggotaan maka akan menggunakan metode min untuk mengambil nilai derajat keanggotaan paling rendah.

Metode Max digunakan untuk pengambilan keputusan apabila terdapat hasil rules yang menyatakan dua atau lebih berada dalam satu himpunan *fuzzy* pada bagian *consequent / THEN*. Sehingga pada proses ini yang awalnya berupa nilai masukkan *fuzzy* akan dirubah menjadi nilai keluaran *fuzzy*.

3.4.5 Defuzzifikasi Mamdani

Defuzzifikasi Mamdani menggunakan metode Center of Area (CoA), sehingga akan mengubah nilai keluaran dari proses *fuzzy* yang disebut nilai *fuzzy* kembali menjadi nilai tegas (*crisp*) yang berupa hasil kualitas air dimana akan dikategorikan berdasarkan himpunan himpunan *fuzzy* yang telah ditentukan sebelumnya.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian ini yaitu:

1. Implementasi pemantauan kualitas air berbasis *fuzzy* telah terealisasi akurasi sekitar 99.83%.
2. Pengujian sistem pemantauan pengimplementasian *fuzzy* untuk menentukan kualitas air pada sampel air tambak lobster selama 7 hari mampu menunjukkan perubahan kualitas air yang menurun.

5.2 Saran

Adapun saran yang diperoleh berdasarkan penelitian ini yaitu:

1. Penggunaan mikrokontroler Arduino memiliki kelemahan tidak bisa terhubung ke internet sehingga tidak bisa melakukan sistem pemantauan jarak jauh, sehingga pada penelitian berikutnya diharapkan menggunakan mikrokontroler yang sudah dilengkapi untuk terhubung ke internet.
2. Pada penelitian ini hanya menggunakan lima indikator penentu kualitas air sehingga kualitas air tidak bisa dikatakan sempurna, sehingga pada penelitian berikutnya diharapkan dapat menambahkan indikator baru yang tidak dipakai pada penelitian ini.

3. pada penelitian ini terdapat sebanyak 243 rules, sehingga memerlukan penyederhanaan rules untuk mempersingkat waktu pemrosesan kualitas air dikarenakan semakin banyak rules yang dipakai maka waktu proses akan semakin lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Rahmawati, “Penerapan *Fuzzy Logic* Dengan Menggunakan Metode Mamdani Untuk Memprediksi Kualitas Kopi,” Semarang, 2019.
- [2] H. Nizar, “Perbandingan Metode Logika *Fuzzy* Untuk Diagnosa Penyakit Diabetes,” Purwokerto, 2021.
- [3] D. Mulyadi, “Penerapan *Fuzzy Logic* Untuk Sistem Pengendalian Lalu Lintas,” Tangerang, 2021.
- [4] J. Prayudha, “Implementasi Metode *Fuzzy Logic* Untuk Sistem Pengukuran Kualitas Udara Di Kota Medan Berbasis *Internet Of Things (IOT)*,” Sistem Komputer, vol. 4, pp. 141-148, 2018.
- [5] K. H. Rombe, “Pengelolaan Perikanan Lobster Dengan Pendekatan EAFM Di Teluk Palabuhanratu,” vol. 3, pp. 231-238, 2018.
- [6] C. Setiawan, Untung Besar Bisnis Lobster Air Tawar, Jagaraksa: PT AgroMedia Pustaka, 2021.
- [7] Raman, “*Fuzzy Logic Water Quality Index and Importance of Water Quality Parameters*,” SAGE Publishing, California, 2023.
- [8] H. W. Yupit Sudio, “Pembuatan Sistem Monitoring Suhu, PH, TDS, DO, Amodia Dan Nitrit Air Kolam Bagi UMKM Fullobster Surabaya Berbasis Machine Learning,” Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ, vol. 9, pp. 249-254, 2022.
- [9] P. Bokingkito, “*Using Fuzzy Logic for Real - Time Water Quality Assessment Monitoring System*,” dalam *The 2018 2nd International Conference*, Philippines, 2023.
- [10] Yudhanto, Pengantar Teknologi *Internet Of Things (IOT)*, Surakarta: UNS Press, 2019.

- [11] R. Pujiarso, "Penerapan Metode *Fuzzy Tsukamoto* Untuk Menentukan Harga Sewa Hotel," vol. 3, pp. 2581-2588, 2019.
- [12] Y. Efendi, "*Internet Of Things (IOT)* Sistem Penegndalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer, vol. 4, 2018.
- [13] Z. M. S. A. Wawan wawan, "*Optimization of National Rice Production with Fuzzy Logic using Mamdani Method*," *Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science*, vol. 1, p. 1, 2021.
- [14] S. N. Putri, "*Construction fuzzy logic with curve shoulder in inference system mamdani*," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1776, 2021.
- [15] E. M. S. Rochman, "Implementation of Fuzzy Mamdani For Recommended Tourist Locations In Madura - Indonesia," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1477, 2020.
- [16] E. F. Yogachi, "*Design and Development of Fuzzy Logic Application Mamdani Method in Predicting The Number of Covid-19 Positive Cases in West Java*," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1115, 2021.
- [17] D. A. R. Wati, *Sistem Kendali Cerdas*, vol. 2, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2011, pp. 161-177.
- [18] B. Y. K. Y. Agung Setiawan, *Logika Fuzzy Dengan Matlab*, Bali: Jayapangus Press, 2018.