



**SISTEM PEMANTAUAN DAN KONTROL KUALITAS AIR PADA
BUDIDAYA BANDENG DENGAN METODE *FUZZY LOGIC***

SKRIPSI

Oleh

Imaniya Rosyidah

NIM 181910201079

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2023



**SISTEM PEMANTAUAN DAN KONTROL KUALITAS AIR PADA
BUDIDAYA BANDENG DENGAN METODE *FUZZY LOGIC***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1) dan mencapai gelar sarjana

Oleh

Imaniya Rosyidah

NIM 181910201079

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2023

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua tercinta saya, Bapak Mukromin dan Ibu Umi, serta adek kandung saya, Untsa. Terima kasih atas semua pengorbanan, usaha, motivasi, dukungan, serta doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah penulis.
2. Saudara dari ibu saya yang tersayang, yaitu Bude Li'anah dan Bude Khaula. Yang mana telah memberikan semangat serta dukungan kepada saya dari awal kuliah hingga menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dosen Pembimbing Utama, Bapak Ali Rizal Chaidir, S.T., M.T. serta Bapak Dosen Pembimbing Anggota, Bapak Ir. Sumardi, S.T., M.T. atas kesabaran dan keikhlasan membimbing penulis menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Teknik Elektro Universitas Jember yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama mengikuti pendidikan di Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
5. Sahabat tersayang saya, yang telah meluangkan waktunya untuk menemani saya menyelesaikan skripsi ini, memberikan dukungan, semangat serta motivasi kepada saya.
6. Almamater Universitas Jember yang saya banggakan.

MOTTO

“Diwajibkan atas kamu berperang, padahal itu tidak menyenangkan bagimu. Tetapi boleh jadi kamu tidak menyenangi sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui”

(QS. Al Baqarah : 216)

“Banyak permasalahan pelik yang berhasil diselesaikan dengan sikap bermurah hati”

(Ali Bin Abi Thalib)

“Ilmu pengetahuan adalah sumber hidup pikiran”

(Abu Bakar As Shiddiq)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Imaniya Rosyidah

NIM : 181910201079

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “**Sistem Pemantauan dan Kontrol Kualitas Air Pada Budidaya Bandeng dengan Metode *Fuzzy Logic***” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan sebuah karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus di junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya suatu pemaksaan atau tuntutan dari pihak manapun, serta bersedia mendapat sanksi akademik jika dikemudia hari pernyataan yang saya buat tidak benar.

Jember, 01 Januari 2023

Yang menyatakan,

Imaniya Rosyidah

NIM. 181910201079

SKRIPSI

**SISTEM PEMANTAUAN DAN KONTROL KUALITAS AIR PADA
BUDIDAYA BANDENG DENGAN METODE *FUZZY LOGIC***

Oleh

Imaniya Rosyidah

181910201079

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ali Rizal Chaidir, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Sumardi, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Sistem Pemantauan dan Kontrol Kualitas Air Pada Budidaya Bandeng dengan Metode *Fuzzy Logic*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Selasa, 03 Januari 2023

Tempat : Fakultas Teknik, Universitas Jember

Ketua,

Ali Rizal Chaidir, S.T., M.T.
NRP. 760015754

Anggota II,

Ir. Arizal Mujibtamala Nanda Imron, S.T., M.T.
NRP. 760017099

Anggota I,

Ir. Sumardi, S.T., M.T.
NIP. 196701131998021001

Anggota III,

Ir. Wahyu Muldayani, S.T., M.T.
NRP. 760016799

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP. 197008261997021001

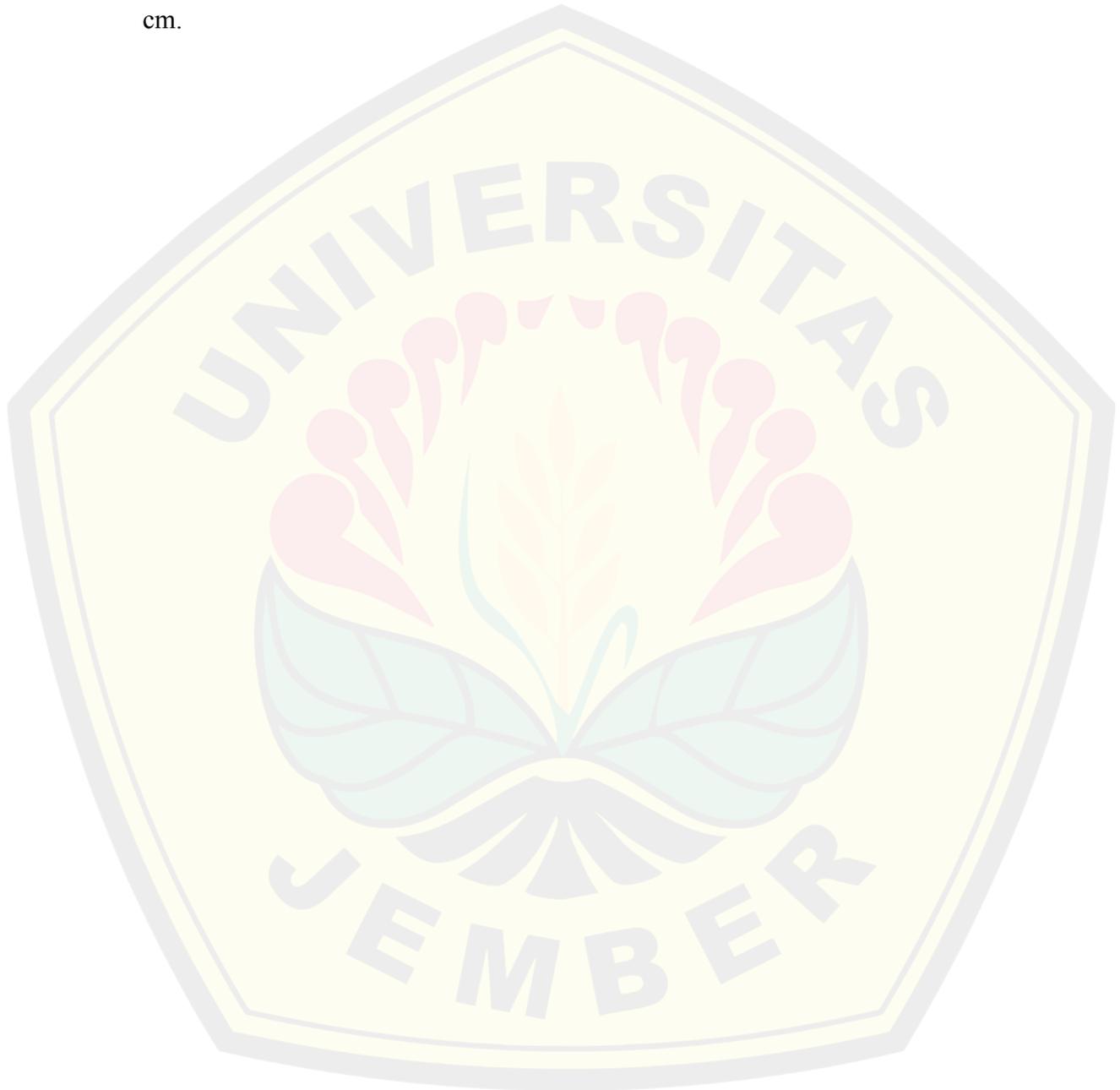
RINGKASAN

Sistem Pemantauan dan Kontrol Kualitas Air Pada Budidaya Bandeng dengan Metode Fuzzy Logic; Imaniya Rosyidah; 181910201079; 2022; 76 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perikanan budidaya merupakan sektor produksi pangan yang paling pesat perkembangannya. Salah satu penghasil perikanan budidaya di Indonesia adalah Provinsi Jawa Timur. Perikanan budidaya yang dihasilkan dari Jawa Timur salah satunya adalah budidaya bandeng. Budidaya ikan bandeng di daerah Jawa Timur masih menggunakan metode tradisional dan polikultur dengan budidaya ikan lainnya. Ikan bandeng memiliki nilai gizi yang tinggi dan banyak diminati oleh khalayak masyarakat, sehingga menjadi komoditas ekspor. Namun, dalam budidaya ikan bandeng masih terdapat permasalahan, seperti tingkat eutrofikasi (penggunaan pupuk berlebihan), pertumbuhan ikan yang lambat karena kualitas air yang kurang baik.

Peternak budidaya ikan bandeng mengalami kesulitan dalam manajemen kualitas air. Kualitas air dalam budidaya ikan bandeng sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhannya. Peternak budidaya ikan bandeng masih banyak yang menggunakan cara manual untuk mengetahui tingkat kualitas air, yaitu dengan cara melihat kondisi air dengan menggunakan indra penglihatan dan indra perasa. Maka dari itu penulis menciptakan alat yang dapat digunakan untuk memantau dan mengontrol tingkat kualitas air budidaya bandeng dengan metode fuzzy logic. Pada penelitian ini, penulis melakukan perbandingan antara hasil budidaya pada kolam otomatis dan kolam konvensional dengan cara mengukur berat dan panjang ikan seminggu sekali. Penelitian ini dilakukan selama satu bulan. Perlakuan pemberian pakan yang diberikan pada kolam otomatis dan kolam konvensional pada waktu dan jumlah pakan yang sama. Alat pemantauan yang digunakan untuk penelitian menggunakan metode fuzzy dengan tiga buah masukan berupa, suhu, salinitas, dan kekeruhan. Keluaran pada fuzzy, yaitu tingkat kualitas air yang akan digunakan untuk menyalakan atau mematikan pompa air. Tingkat kualitas air yang buruk, berada pada saat tingkat kualitas air yang dihasilkan 8 dengan nilai suhu

tinggi 29 – 30 °C, Salinitas tinggi sebesar 20 – 35 ppm, dan kekeruhan tinggi sebesar 16 – 22 NTU. Dengan menggunakan alat pemantauan dan kontrol kualitas air pada kolam otomatis, berat ikan kolam otomatis memiliki rata-rata 10,4 gram dan berat ikan kolam konvensional memiliki rata-rata 7,8 gram. Rata-rata panjang ikan pada kolam otomatis sebesar 8,9 cm, sedangkan pada kolam konvensional 8,1 cm.



SUMMARY

Water Quality Monitoring And Control System Of Milkfish Cultivation With Fuzzy Logic Method; Imaniya Rosyidah; 181910201079; 2022; 76 page; Departement of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

Aquaculture is the fastest growing sector of food production. One of the producers of aquaculture in Indonesia is East Java Province. One of the aquaculture products from East Java is milkfish cultivation. Milkfish cultivation in East Java still uses traditional methods and polycultures with other fish. Milkfish has high nutritional value and is high demand by the public, making it an export commodity. However, in milkfish cultivation there are still problems, such as the level of eutrophication (excessive use of fertilisers), slow fish growth due to poor water quality.

Milkfish farmers had experience difficulties in water quality management. Water quality in milkfish cultivation is greatly affect the growth rate. Many milkfish cultivation farmer still use tradisional metode to determind water quality, that is by looking at the conduction of the water by using the sense of sight and sense of taste. Therefor the autrhor created the tool that can be used to monitor and control the level of water quality of milkfish cultivation with fuzzy logic method. In this study, the author compared the results of cultivation in automatic ponds and conventional ponds by measuring the weight and length of fish once a week. This study was conducted for one month. The feeding treatment given to automatic ponds and conventional ponds at the same time and amount of feed. The monitoring tool used for the research uses a fuzzy method with three inputs, temperature, salinity, and turbidity. The fuzzy output is the water quality level that will be used to switch the water pump on or off. Water quality of poor level when the resulting water quality level was 8 with high temperature values of 29 - 30 °C, high salinity of 20 - 35 ppm, and high turbidity of 16 - 22 NTU. By using water quality monitoring and control tools in automatic ponds, the weight of fish in automatic ponds has an average of 10.4 grams and the weight of fish in conventional ponds has an average of 7.8

grams. The average length of fish in the automatic pond was 8.9 cm, while in the conventional pond it was 8.1 cm.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT. atas segala rahmat serta karunia yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Pemantauan dan Kontrol Kualitas Air Budidaya Pada Bandeng dengan Metode *Fuzzy Logic*”. Skripsi ini disusun guna melengkapi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Program Studi Strata Satu Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih pada:

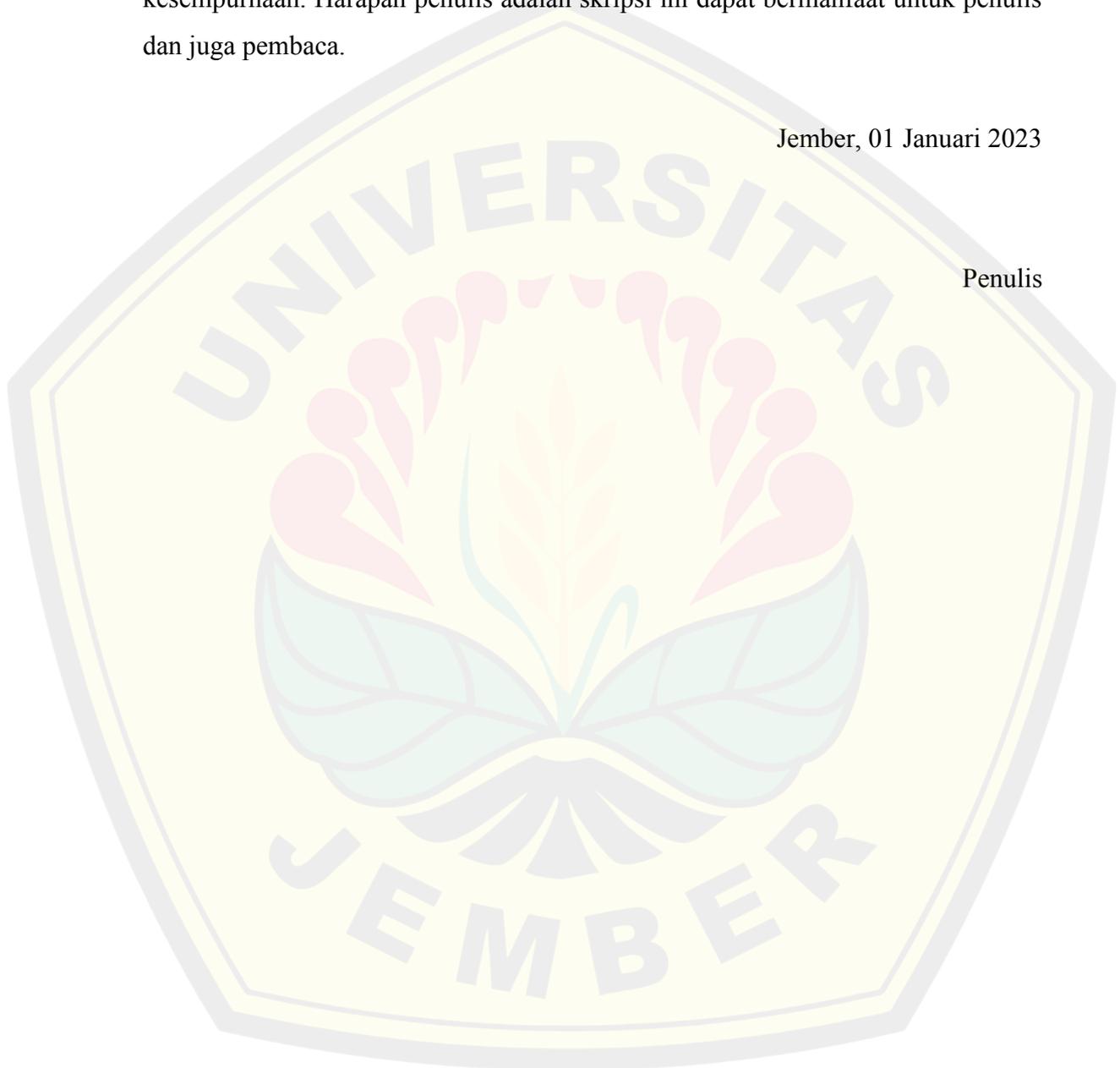
1. Allah SWT. berkat rahmat serta kuasa-Nya penulis diberikan kesehatan dan kelancaran.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Mukromin, Ibu Umi, dan adek kandung saya, Adek Untsa, serta kakak dari ibu saya, Bude Li'anah dan Bude Khaula. atas motivasi, dukungan secara moral maupun materi, kasih sayang, serta doa untuk saya.
3. Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. , selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Ali Rizal Chaidir, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Ir. Sumardi, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan serta bimbingan hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Bapak Ir. Azijal Mujibtamala Nanda Imron, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Ir. Wahyu Muldayani, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik serta saran, sehingga sangat membantu penyempurnaan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Teknik Elektro Universitas Jember yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama mengikuti pendidikan di Universitas Jember.
7. Sahabat saya, terima kasih telah meluangkan waktunya, menemani dan memberikan semangat, serta memberikan dorongan dan motivasi yang sangat membangun, dalam menyelesaikan skripsi ini.

8. Teman – teman Teknik Elektro angkatan 2018 yang telah membantu memberikan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Serta seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi yang tidak dapat disebut satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Harapan penulis adalah skripsi ini dapat bermanfaat untuk penulis dan juga pembaca.

Jember, 01 Januari 2023

Penulis

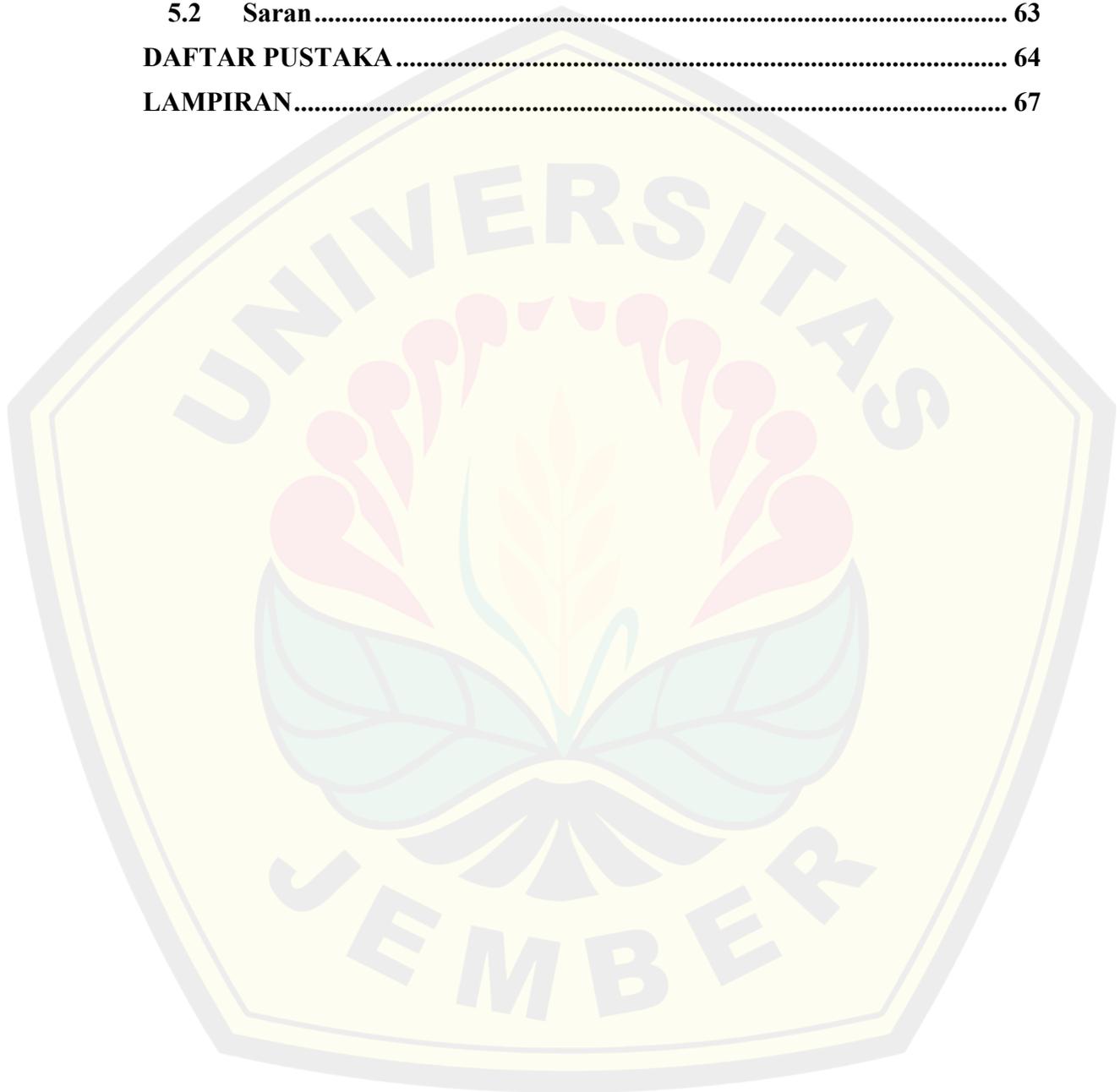


DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
LEMBAR PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
<i>SUMMARY</i>.....	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kualitas Air Budidaya Bandeng	5
2.1.1 Kekeruhan	6
2.1.2 Salinitas	6
2.1.3 Suhu	7
2.2 Sensor Turbidity.....	7
2.3 Sensor TDS.....	8
2.4 Sensor Suhu DS18B20.....	9
2.5 Arduino Nano	10
2.6 Pompa Air	11
2.7 Relay	12
2.8 Fuzzy Logic	12

2.8.1	Himpunan <i>Fuzzy</i>	13
2.8.2	Metode Fuzzy Mamdani.....	14
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1	Tempat Penelitian.....	16
3.2	Waktu Penelitian	16
3.3	Tahapan Penelitian.....	17
3.4	Alat dan Bahan	18
3.5	Perancangan Desain Sistem.....	19
3.6	Perancangan Mekanik	19
3.7	Perancangan Elektronika	21
3.7.1	Sensor.....	21
3.7.1.1	Rangkaian Sensor Suhu.....	22
3.7.1.2	Rangkaian Sensor TDS	22
3.7.1.3	Rangkaian Sensor Turbidity.....	23
3.7.2	Kontrol	24
3.7.3	Aktuator.....	25
3.7.3.1	Rangkaian Pompa DC	25
3.7.3.2	Rangkaian LCD	25
3.8	Perancangan Software	26
3.8.1	Blok Kontrol Alat.....	26
3.8.2	<i>Flowchart</i> Sistem	27
3.9	Metode Fuzzy Logic	28
3.9.1	Pembentukan Himpunan Fuzzy	29
3.9.2	Implikasi.....	34
3.9.3	Inferensi.....	37
3.9.4	Defuzzyfikasi	37
3.9.5	Program Metode Fuzzy	39
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Hasil Pengujian Sensor Suhu	41
4.2	Hasil Pengujian Sensor TDS	44
4.3	Hasil Pengujian Sensor Turbidity.....	48
4.4	Hasil Pengujian Proses Fuzzy.....	52

4.5	Pengujian Keseluruhan	55
4.5.1	Perbandingan Budidaya Kolam Konvensional Dan Otomatis	58
4.5.2	Grafik Kontrol Fuzzy	60
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		64
LAMPIRAN		67



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sensor turbidity	7
Gambar 2.2 Sensor TDS	9
Gambar 2.3 Sensor suhu	9
Gambar 2.4 Konfigurasi pin arduino nano.....	11
Gambar 2.5 Pompa air DC	12
Gambar 2.6 Relay 2 <i>channel</i>	12
Gambar 2.7 Blok diagram proses logika <i>fuzzy</i>	14
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> tahapan penelitian.....	17
Gambar 3.2 Blok diagram keseluruhan sistem alat.....	19
Gambar 3.3 Desain alat tampak atas.....	19
Gambar 3.4 Desain alat tampak samping.....	20
Gambar 3.5 Wadah komponen.....	20
Gambar 3.6 Letak <i>probe</i> sensor di dalam air	20
Gambar 3.7 Keseluruhan alat.....	20
Gambar 3.8 Wadah komponen setelah jadi.....	21
Gambar 3.9 Rangkaian skematik sensor suhu DS18B20.....	22
Gambar 3.10 Rangkaian skematik sensor TDS	23
Gambar 3.12 Pin-pin arduino nano	24
Gambar 3.13 Rangkaian skematik pompa DC.....	25
Gambar 3.14 Rangkaian skematik LCD	26
Gambar 3.15 Blok kontrol pompa 1.....	26
Gambar 3.16 Blok kontrol pompa 2.....	27
Gambar 3.17 <i>Flowchart</i> sistem alat	27
Gambar 3.18 <i>Flowchart</i> proses <i>fuzzy</i>	29
Gambar 3.19 Derajat keanggotaan suhu	30
Gambar 3.20 Derajat keanggotaan salinitas.....	32
Gambar 3.21 Derajat keanggotaan kekeruhan	33
Gambar 3.22 Derajat keanggotaan kualitas air	34
Gambar 3.23 Program main <i>fuzzy</i>	39
Gambar 3.24 Program deklarasi <i>input</i> proses <i>fuzzy</i>	40
Gambar 3.25 Program deklarasi <i>output</i> <i>fuzzy</i>	40

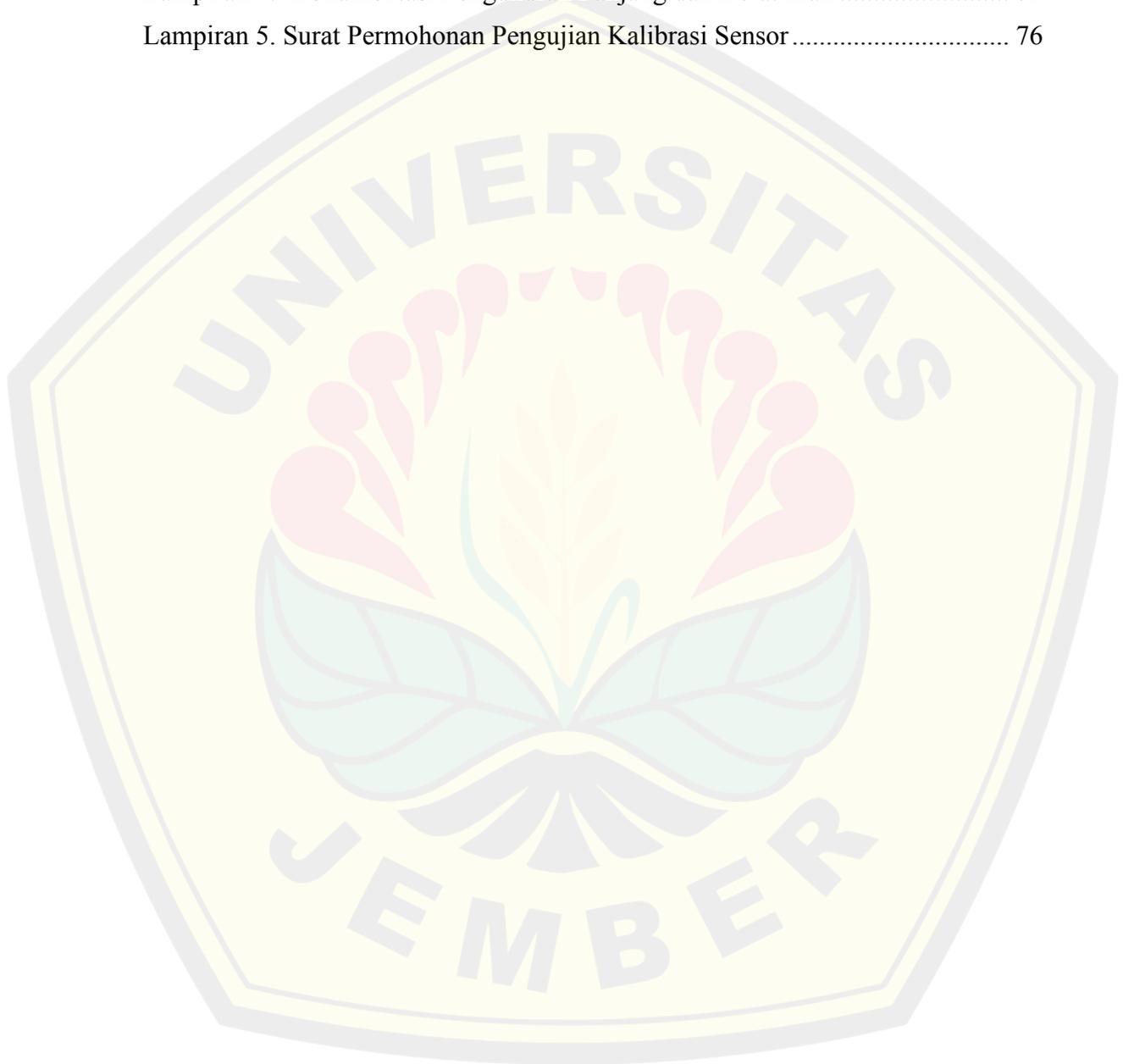
Gambar 4.1 Simulasi saat pengambilan data pengujian sensor suhu.....	42
Gambar 4.2 Sampel suhu A-E.....	42
Gambar 4.3 Sampel suhu F-I	42
Gambar 4.4 Grafik hubungan sensor suhu dengan thermometer.....	43
Gambar 4.5 Sampel larutan garam A-J.....	45
Gambar 4.6 Simulasi saat pengujian sensor TDS	45
Gambar 4.7 Grafik hubungan TDS meter dengan sensor TDS.....	47
Gambar 4.8 Sampel larutan kopi A-J.....	49
Gambar 4.9 Simulasi pengujian sensor turbidity	49
Gambar 4.10 Grafik hubungan sensor turbidity dengan turbidity meter	50
Gambar 4.11 Pengujian Fuzzy	52
Gambar 4.12 Pengujian keseluruhan alat.....	55
Gambar 4.13 Bibit ikan bandeng	59
Gambar 4.14 Grafik kontrol fuzzy	62
Gambar 1 Rangkaian skematik alat pemantauan dan kontrol kualitas air	70
Gambar 2 Rangkaian elektronika alat pemantauan dan kontrol kualitas air.....	70
Gambar 3 rangkaian PCB	70
Gambar 4 Thermometer	71
Gambar 5 TDS meter	71
Gambar 6 Turbidity meter.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai parameter kualitas air budidaya ikan bandeng.....	5
Tabel 2.2 Kisaran nilai parameter kekeruhan budidaya Bandeng.....	6
Tabel 2.3 Spesifikasi sensor turbidity	8
Tabel 2.4 Spesifikasi sensor TDS	9
Tabel 2.5 Spesifikasi sensor suhu	10
Tabel 2.6 Spesifikasi arduino nano	10
Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian	16
Tabel 3.2 Himpunan logika fuzzy	30
Tabel 3.3 Semesta Pembacaan Variabel Suhu	31
Tabel 3.4 Semesta pembacaan variabel salinitas	32
Tabel 3.5 Semesta pembacaan variabel kekeruhan.....	33
Tabel 3.6 Semesta pembacaan variabel kualitas air.....	34
Tabel 3.7 Aturan fuzzy mamdani kualitas air	36
Tabel 4.1 Data hasil pengujian sensor suhu sebelum di kalibrasi.....	42
Tabel 4.2 Data hasil sensor suhu setelah dikalibrasi.....	44
Tabel 4.3 Data hasil sensor TDS sebelum dikalibrasi	46
Tabel 4.4 Pengujian sensor TDS setelah di kalibrasi	47
Tabel 4.5 Data hasil sensor turbidity sebelum dikalibrasi	49
Tabel 4.6 Data hasil kalibrasi sensor turbidity.....	51
Tabel 4.7 Data hasil pengujian proses fuzzy.....	53
Tabel 4.8 Data hasil keseluruhan alat	56
Tabel 4.9 Hasil perbandingan berat ikan kolam otomatis dan konvensional.....	59
Tabel 4.10 Hasil perbandingan panjang ikan kolam otomatis dan konvensional .	60
Tabel 4.11 Kontrol fuzzy	61
Tabel 1 pengukuran berat dan panjang ikan kolam otomatis.....	72
Tabel 2 pengukuran berat dan panjang ikan kolam konvensional	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program Alat Pemantauan dan kontrol kualitas air menggunakan Fuzzy	67
Lampiran 2. Dokumentasi Alat Penelitian	70
Lampiran 3. Dokumentasi Alat Ukur Kalibrasi Sensor	71
Lampiran 4. Dokumentasi Pengukuran Panjang dan Berat Ikan	72
Lampiran 5. Surat Permohonan Pengujian Kalibrasi Sensor	76



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), Indonesia memiliki pulau sebanyak 17.499, dengan garis pantai sepanjang 81.000 Km. Luas daratan Indonesia sebesar 1,91 juta Km², sedangkan luas perairan mencapai 6,32 juta Km². Karena luasnya wilayah perairan, Indonesia memiliki potensi kelautan dan perikanan yang sangat besar. Perikanan salah satu sektor yang diandalkan untuk perkembangan nasional. Pada tahun 2019, nilai ekspor hasil perikanan Indonesia mencapai Rp73.681.883.000, dimana nilai tersebut naik 10,1% dari hasil ekspor pada tahun 2018 (KKP, 2020).

Perikanan budidaya merupakan salah satu sektor produksi pangan yang pesat perkembangannya di dunia dengan perkiraan, bahwa produksi akan semakin meningkat selama 15-20 tahun mendatang (Phillips et al., n.d.). Jawa Timur merupakan salah satu penghasil ikan budidaya di Indonesia. Di Jawa Timur terdapat beberapa kabupaten yang telah mengembangkan dan melaksanakan sistem perikanan budidaya, salah satu kabupaten yang telah melaksanakan kegiatan tersebut adalah Kabupaten Sidoarjo. Hasil perikanan budidaya di Kabupaten Sidoarjo, meliputi bandeng, udang windu, udang vaname, dan nila.

Budidaya ikan bandeng ada sejak abad ke-12, di Pulau Jawa. Hingga saat ini budidaya ikan bandeng masih banyak menggunakan metode tradisional dengan sistem polikultur dengan budidaya lainnya, seperti gracilia dan udang windu. Ikan bandeng menjadi makanan yang memiliki nilai gizi dan menjadi bahan ekspor ke Taiwan dan Tiongkok. Namun, dalam budidaya ikan bandeng terdapat kendala, salah satunya tingkat eutrofikasi yang ditimbulkan oleh penggunaan pupuk kandang berlebihan. Pertumbuhan ikan yang lambat karena kualitas air yang buruk dan pakan alami yang sulit tumbuh karena adanya kandungan zat kimiawi didalam air (Badrudin, 2014).

Pada perikanan budidaya hal yang sangat berpengaruh adalah kualitas air. Kualitas air dapat berupa besaran kimia dan besaran fisik. Besaran kimia, seperti derajat keasaman (pH), salinitas (kadar garam), dan kandungan senyawa kimia lainnya. Besaran fisik, meliputi tumbuhan dan hewan didalam air. Karakteristik

fisik air, meliputi kekeruhan, warna, bau, dan suhu. Parameter kualitas air yang perlu diamati untuk menghasilkan ikan yang optimal saat panen adalah suhu, derajat keasaman (pH), oksigen terlarut, salinitas, dan kekeruhan (Minggawati & Saptono, 2012). Setiap jenis ikan memiliki syarat kualitas air berbeda-beda agar tumbuh dengan optimal. Syarat ini harus diperhatikan oleh peternak, agar dapat menghasilkan kualitas ikan yang baik.

Pengamatan kualitas air harus dilakukan dengan baik oleh peternak. Peternak masih banyak melakukan pengamatan dengan menggunakan cara manual, yaitu melihat dan mengamati kondisi fisik air dan cuaca di daerahnya. Kegiatan tersebut dilakukan oleh peternak untuk menjaga kualitas air agar tetap baik dan stabil. Selain dengan cara mengamati kondisi fisik air secara langsung, peternak biasanya meminjam alat untuk mengukur kualitas air di Balai Budidaya Perikanan Daerah. Namun, dengan meminjam alat di Balai Perikanan terdapat kendala, yaitu petugas Balai Perikanan yang terlambat datang bisa sampai 1 atau 2 pekan. Hal ini menyulitkan peternak, karena nilai dari parameter kualitas air sangat cepat berubah, dan banyaknya jumlah kolam akan menambah tingkat kesulitan bagi peternak. Jika kondisi nilai parameter kualitas air tidak sesuai dengan syarat dari jenis ikan yang ada di dalam kolam, dan kondisi tersebut dapat diamati dengan cepat, peternak akan segera melakukan penanganan untuk menjaga kualitas air agar tetap stabil.

Berdasarkan permasalahan tersebut, terdapat beberapa penelitian yang telah mengembangkan alat untuk mengukur kualitas air, salah satunya, yaitu penelitian yang berjudul “Pengembangan *Prototype* Sistem Kendali Kualitas Air Tambak Udang”. Penelitian ini menjelaskan tentang sistem kendali kualitas air dengan parameter yang diukur, yaitu pH, kekeruhan, dan suhu. Untuk mengendalikan kualitas air pada penelitian ini menggunakan pompa air yang digunakan untuk memompa cairan pH tambahan. Pada penelitian ini terdapat kekurangannya yaitu kontrol kualitas air hanya berpaku pada pengendalian pH air (Ty & Utomo, 2019). Penelitian selanjutnya berjudul “Perancangan Sistem Pemantau Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Air Tawar”. Penelitian ini menggunakan sensor suhu, sensor pH, dan sensor kekeruhan. Penelitian ini berfokus pada sistem monitoring secara real-time, dimana hasil pengukuran yang dilakukan oleh sensor telah berjalan dengan baik.

Kekurangannya pada penelitian ini, yaitu belum adanya sistem kontrol untuk menjaga kestabilan kualitas air (Indartono et al., 2020). Penelitian selanjutnya berjudul “Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Air Secara Real-Time untuk Budidaya Perikanan Menggunakan Metode Fuzzy Logic”, penelitian ini membahas mengenai monitoring kualitas air dengan parameter suhu, ph, tds, dan kekeruhan. Hasil parameter diolah untuk mengetahui tingkat kualitas air dengan metode fuzzy. Metode fuzzy yang digunakan yaitu fuzzy sugeno. Kekurangan dari penelitian ini, yaitu belum adanya kontrol untuk menjaga kestabilan kualitas air (Nurwirasaputra et al., 2020).

Sehingga pada penelitian ini, penulis akan melakukan penelitian mengenai pemantauan dan kontrol kualitas air budidaya bandeng dengan metode logika *fuzzy*. Monitoring kualitas air menggunakan sensor turbidity, sensor TDS, dan sensor suhu. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino nano. Monitoring pada penelitian ini menggunakan LCD. Penelitian ini menggunakan metode logika *fuzzy* untuk mengelola input dari sensor turbidity, sensor TDS, dan sensor suhu untuk menilai tingkat kualitas air yang kemudian akan digunakan untuk menghidupkan dan mematikan pompa. Pompa digunakan untuk menjaga kualitas air agar tetap stabil. Diharapkan peternak ikan dapat terbantu dengan adanya penelitian ini dalam memantau dan menjaga kualitas air tambak agar hasil panen menjadi lebih optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disusun, penulis merumuskan permasalahan, sebagai berikut:

1. Bagaimana mengendalikan kualitas air pada budidaya ikan bandeng menggunakan logika *fuzzy*?
2. Bagaimana perbedaan hasil bandeng dengan sistem kolam otomatis dan kolam budidaya konvensional?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, penelitian ini memiliki tujuan, sebagai berikut:

1. Mengetahui cara mengendalikan kualitas air budidaya ikan bandeng dengan metode logika *fuzzy*.
2. Mengetahui perbedaan hasil bandeng dengan sistem budidaya kolam otomatis dan kolam konvensional.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mempermudah dan terfokus pada penelitian, maka terdapat beberapa batasan masalah, sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Nano.
2. Sensor yang digunakan yaitu, sensor turbidity, sensor TDS, dan sensor suhu.
3. Input nilai dari sensor digunakan untuk mengukur tingkat kualitas air.
4. Aktuator yang digunakan yaitu 2 pompa air DC.
5. Pompa menyala berdasarkan hasil dari nilai tingkat kualitas air.
6. Metode yang digunakan yaitu *fuzzy* Mamdani.
7. Bibit bandeng yang digunakan mulai dari usia gelondong hingga tahap pembesaran.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat membantu peternak ikan budidaya bandeng dalam memantau dan mengendalikan kualitas air agar hasil ikan yang didapatkan saat panen dapat optimal.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan mengenai kualitas air perikanan budidaya yang sesuai dengan prasyarat budidaya ikan, khususnya pada perikanan budidaya tambak bandeng. Kemudian, menjelaskan mengenai komponen – komponen yang digunakan untuk pembuatan alat penelitian, seperti mikronkontroler, sensor yang digunakan, dan aktuator. Selain itu, pada bab ini menjelaskan tentang metode yang digunakan untuk penelitian ini.

2.1 Kualitas Air Budidaya Bandeng

Perikanan budidaya yang dilakukan di area tambak, kualitas airnya sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup, makhluk hidup yang ada di dalamnya. Karena kualitas air dapat dipengaruhi oleh kondisi eksternal, seperti saat pemberian pakan, organisme dan tumbuhan yang berada di dalam air. Untuk meningkatkan kualitas ikan bandeng saat panen, memerlukan manajemen kualitas air yang baik, seperti menjaga kondisi parameter kualitas air untuk pertumbuhan bandeng yang optimal. Parameter yang penting dalam hal pengukuran kualitas air, yaitu kekeruhan, salinitas, derajat keasaman (pH), kadar oksigen, dan suhu (Goib Wiranto, 2010).

Pada budidaya bandeng terdapat lima kriteria kualitas air yang harus diamati, seperti suhu, kecerahan, salinitas, pH, dan DO (*Dyssolved Oxygen*). Dari kelima kriteria kualitas air budidaya bandeng, setiap kriteria memiliki rentang nilai masing – masing, dapat diketahui melalui tabel 2.1, sebagai berikut (Badan Standardisasi Nasional, 2011) :

Tabel 2.1 Nilai parameter kualitas air budidaya ikan bandeng

No.	Kriteria	Pustaka SNI. 6148.3:2013
1.	Suhu (°C)	28 – 32
2.	Kecerahan (cm)	20 – 30
3.	Salinitas (mg/L)	5 – 35
4.	Ph	6 – 8
5.	DO (mg/L)	> 5

2.1.1 Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan adanya suatu endapan lumpur pada dasar kolam atau plankton di dalam kolam. Kekeruhan yang disebabkan oleh endapan lumpur dapat menghambat jalur pernafasan ikan bandeng, sedangkan kekeruhan yang disebabkan oleh plankton dapat menyebabkan *blooming*. Sehingga pada malam hari ikan bandeng akan mengalami lemas karena kekurangan oksigen didalam air (Agustinus Bambang Kusworo, 2004). Terdapat beberapa penilaian yang menentukan tingkat kekeruhan budidaya ikan bandeng berdasarkan beberapa rujukan (H Kara, 2014):

Tabel 2.2 Kisaran nilai parameter kekeruhan budidaya Bandeng

Kisaran optimum	Kisaran optimal	Referensi
< 5 NTU	2,5 NTU	Kepmen LH 2004
< 5 NTU	2,5 NTU	Wardoyo, 1999
< 5 NTU	2,5 NTU	Pergub, DI Yogyakarta 2010
20 NTU	8 NTU	Irawan dkk, 2009

Pada tabel 2.2, kisaran nilai kekeruhan pada budidaya ikan bandeng memiliki kisaran optimum dan optimal. Dari setiap pendapat rata-rata menyebutkan, bahwa kisaran optimum kekeruhan budidaya ikan bandeng sekitar kurang dari 5 NTU, sedangkan kisaran optimalnya yaitu 2,5 NTU. Namun, pada penelitian yang dilakukan oleh Irawan,dkk. kekeruhan optimum ikan bandeng yaitu 20 NTU dan kekeruhan optimalnya pada 8 NTU.

2.1.2 Salinitas

Salinitas digunakan untuk membedakan jenis air, seperti air tawar, air laut, dan air payau. Bandeng merupakan salah satu ikan yang bersifat *euryhalien*, yaitu ikan yang memiliki toleransi terhadap perubahan salinitas relatif tinggi dalam waktu yang singkat. Salinitas berkaitan dengan tekanan osmotik air, semakin tinggi nilai salinitas maka semakin tinggi tekanan osmotik air. Jika salinitas perairan budidaya ikan bandeng memiliki rentang salinitas yang tinggi, maka dilakukan pergantian air yang baru dengan salinitas yang lebih baik, agar salinitas air tetap terjaga (Agustinus Bambang Kusworo, 2004). Salinitas merupakan salah satu

parameter yang mempengaruhi proses biologi sehingga mempengaruhi kehidupan organisme.

2.1.3 Suhu

Suhu sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup pertumbuhan ikan, secara umum laju pertumbuhan ikan akan meningkat berbanding lurus dengan kenaikan suhu sampai mencapai batas tertentu hingga dapat menyebabkan kematian ikan. Semakin tinggi suhu, semakin kecil kelarutan oksigen dalam air yang dapat menyebabkan nilai pH semakin besar. Kebutuhan oksigen sebagian besar, disebabkan karena tingkat metabolisnya yang sangat tinggi. Suhu untuk budidaya bandeng kurang lebih $26,5\text{ }^{\circ}\text{C} - 31,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Agustinus Bambang Kusworo, 2004).

2.2 Sensor Turbidity

Sensor *turbidity* merupakan alat untuk mendeteksi kadar kekeruhan air dengan membaca kecerahan air akibat dari dispersi sinar matahari atau lampu sebagai perbandingan cahaya yang dipantulkan terhadap cahaya yang tiba. Suatu intensitas cahaya yang dipantulkan oleh benda merupakan fungsi konsentrasi jika terjadi kondisi lainnya yang konsisten. Kekeruhan merupakan kondisi kekaburan dari zat cair yang disebabkan oleh partikel, umumnya partikel ini tidak nampak oleh mata telanjang, mirip dengan asap atau kabut diudara. Semakin banyak jumlah partikel yang terdapat didalam air menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan air tinggi. Pada sensor *turbidity*, semakin tinggi tingkat kekeruhan air maka diikuti oleh perubahan dari tegangan output sensor (Wadu et al., 2017).



Gambar 2.1 Sensor turbidity

(Wadu et al., 2017)

Sensor turbidity terdiri dari module sensor dan probe sensor (gambar 2.1). pada bagian module sensor turbidity terdapat spesifikasinya, dilihat pada tabel 2.2

sensor turbidity dapat bekerja, yaitu dengan tegangan dan arus operasional sebesar 5VDC dan 40 mA. Modul dan probe sensor turbidity dapat membaca nilai tingkat cahaya ketika suhu objek bekisar 5°C - 90°C. Kelebihan dari sensor turbidity ini memiliki waktu respon yang cepat dan dimensi module yang kecil.

Tabel 2.3 Spesifikasi sensor turbidity

Tegangan Operasional	5 VDC
Arus Operasional	40 mA (Max)
Waktu <i>Respons</i>	<500 ms
<i>Output Analog</i>	0,4 - 5 Volt
Rentang Temperature	5°C - 90°C
<i>Storage Temperature</i>	-10°C – 90°C
Berat	30 g
Dimensi	38 mm x 28 mm x 10 mm

2.3 Sensor TDS

Sensor TDS (*Total Dissolved Solid*) merupakan istilah untuk mengetahui tingkat zat terlarut di dalam air. Zat yang terlarut dapat berupa zat organik maupun non-organik, seperti magnesium, kalsium, senyawa koloid dan sebagainya. Sensor TDS digunakan untuk mengetahui jumlah zat yang terlarut dalam air, sehingga dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kualitas air. Sensor TDS mendeteksi banyak padatan yang terkandung didalam air dengan satuan mg/L. Semakin tinggi nilai TDS maka semakin banyak zat yang terlarut didalam air (DFRobot, 2020).

Sensor TDS memiliki dua bagian, yaitu bagian modul sensor dan bagian probe sensor (gambar 2.2). probe sensor digunakan untuk mendapatkan nilai *input* sensor yang kemudian akan diproses oleh modul sensor dan akan diteruskan ke mikrokontroler, dimana hasil yang diperoleh oleh probe dan modul sensor akan dikelola. modul sensor digunakan untuk mengolah data yang diperoleh dari probe sensor. Dari tabel 2.4, sensor turbidity dapat bekerja dengan tegangan 3,3 – 5 VDC dan arusnya 0 – 2,3 mA. Sensor ini memiliki ukuran probe yang panjang sekitar 83 cm. Sensor turbidity memiliki akurasi sensor yang besar dengan nilai yang dapat terbaca memiliki rentang yang besar juga, 0 – 10000 PPM.

Tabel 2.4 Spesifikasi sensor TDS

Modul	
<i>Input Voltage</i>	3.3 – 5.5 V
<i>Output voltage</i>	0 -2.3 V
<i>Working current</i>	3 – 6 Ma
<i>TDS measurement range</i>	0 – 1000 ppm
<i>TDS measurement accuracy</i>	± 10%
<i>Modul size</i>	42 x 32 mm
Probe	
<i>Number of needle</i>	2
<i>Total length</i>	83 cm
<i>Colour</i>	Balck
<i>Other</i>	<i>Waterproof probe</i>



Gambar 2.2 Sensor TDS
(Prahditia P., 2020)

2.4 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 adalah sensor dengan operasi output dalam bentuk digital, mampu beroperasi hanya dengan menggunakan satu kabel yang menggunakan protokol *one wire*. Dimana, hanya dengan membutuhkan satu kabel untuk data yang terhubung ke mikrokontroler. Dengan adanya satu kabel untuk menghubungkan data sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengoperasikan banyak sensor DS18B20 sekaligus hanya dengan satu kabel penghubung yang sama (Qalit & Rahman, 2017)



Gambar 2.3 Sensor suhu
(Qalit & Rahman, 2017)

Tabel 2.5 Spesifikasi sensor suhu

Tegangan Operasional	3 – 5,5 VDC
Waktu Respons	750 ms
Rentang Temperature	-55°C - +125°C
Akurasi	-10°C – +85°C
Resolusi <i>Temperature</i>	9 – 12 bits

Gambar 2.3 merupakan gambar sensor suhu DS18B20, dimana sensor ini merupakan sensor suhu yang berbentuk probe dengan kelebihanya, yaitu telah waterproof sehingga dapat digunakan di dalam air. Dari tabel 2.5, Sensor ini memiliki waktu respon yang cepat, yaitu 750 ms dengan tegangan operasionalnya sebesar 3 – 5,5 VCD. Kelebihan lain dari sensor DS18B20 sendiri dapat membaca suhu dengan rentang -55°C - +125°C.

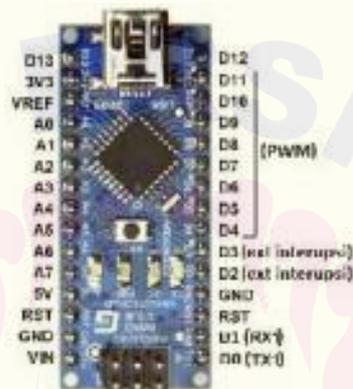
2.5 Arduino Nano

Arduino nano merupakan sebuah perkembangan *board* mikrokontroler yang berbasis chip Atmega328P dengan bentuk yang kecil dan minimalis. Arduino nano menggunakan konektor mini-B USB. Arduino nano tidak dilekngkapi dengan socket catu daya, sehingga untuk sumber daya dapat langsung menggunakan catu daya mini USB *ports*. Arduino nano dapat diprogram menggunakan *software* Arduino IDE. Arduino nano telah dilengkapi dengan boatloader, sehingga, program dapat langsung di *upload* ke *board* arduino (Sistem & Otomatisasi, 2018).

Tabel 2.6 Spesifikasi arduino nano

Tegangan kerja	5 V
Tegangan input	7 – 12 V
Digital pin I/O	14 dengan 6 pin PWM
Analog pin	8
Arus	40 mA
Memory flas	32 kb
SRAM	1 Kb
EEPROM	512 Kb
Kecepatan <i>clock</i>	16 MHz
Ukuran <i>board</i>	4,5 x 18 mm
Berat	5 gram

Tabel 2.6, menjelaskan mengenai spesifikasi dari arduino nano. Arduino nano memiliki tegangan kerja sebesar 5 VDC, dengan tegangan input yang dibutuhkan yaitu 7 – 12 V. Jumlah pin pada arduino nano 28 pin, dengan 14 pin digital I/O dan 8 pin analog. Kecepatan clock yang relatif cepat, yaitu 16 MHz. Selain itu, dimensi yang mungil dengan berat yang kurang dari 10 gram menjadi kelebihan untuk arduino nano dibandingkan dengan arduino lainnya. Konfigurasi pin dapat dilihat pada gambar 2.4, dengan pin digital berada di bagian kanan dan pin analog berada di bagian kiri.



Gambar 2.4 Konfigurasi pin arduino nano
(Iksal dkk, 2018)

2.6 Pompa Air

Pompa merupakan mesin mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari daerah rendah ke tinggi. Pompa juga dapat difungsikan untuk mengalirkan air dari tekanan rendah ke tekanan yang tinggi, selain itu pompa sebagai penguat laju aliran cairan suatu sistem perpipaan. Prinsip kerja pompa yaitu melakukan penghisapan dan penekanan terhadap cairan. Pada bagian sisi hisap pompa terjadi penurunan tekanan, sehingga menyebabkan perbedaan tekanan pada cairan dan ruang pompa (Kusuma et al., 2020).

Pompa DC merupakan pompa yang jenis motornya menggunakan motor DC. Dimana, jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memerikan beda tegangan pada kedua terminalnya, maka motor akan berputar searah dengan jarum jam. Pompa DC memiliki tegangan yang relatif rendah yaitu 12V.



Gambar 2.5 Pompa air DC
(Purotani, 2018)

2.7 Relay

Relay adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang dapat digerakkan oleh arus listrik. Relay memiliki kumparan tegangan yang dilitkann pada inti. Terdapat tuas yang akan tertarik menuju inti besi ketika arus mengalir melewati kumparan. Dalam beberapa rangkaian elektronika membutuhkan relay sebagai eksekutor antar beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem *power supply*. Relay dapat digunakan untuk mengontrol motor AC dengan menggunakan rangkaian kontrol DC.



Gambar 2.6 Relay 2 *channel*
(Dimas Bayu, 2017)

2.8 Fuzzy Logic

Logika *fuzzy* merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Mulanya logika *fuzzy* dikenal sebagai logika tegas (*Crisp Logic*) yang memiliki nilai benar atau salah secara tegas. Saat logika lama fuzzy menyatakan segala hal dapat dimisalkan dalam biner (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak). Logika *fuzzy* memiliki kemungkinan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam putih, dan dalam bentuk linguistik,

konsep tidak pasti, seperti “sedikit”, “lumayan”, dan “sangat”. Logika ini berhubungan dengan *set fuzzy* dan teori kemungkinan. Lotfi Zadeh mengatakan integrasi logika *fuzzy* kedalam sistem informasi dan rekayasa proses adalah menghasilkan aplikasi seperti sistem kontrol, alat-alat rumah tangga, dan sistem pengambil keputusan yang lebih fleksibel. Terdapat beberapa hal yang ada pada sistem *Fuzzy*, yaitu (Firman W, 2015):

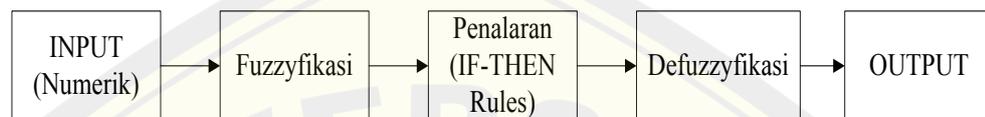
1. Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang akan ditentukan dalam suatu sistem *fuzzy*, seperti suhu, umur, dan sebagainya.
2. Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam variabel *fuzzy*.
3. Semesta adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam variabel *fuzzy*.
4. Domain adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.
- 5.

2.8.1 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (*lingustik variabel*), yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan, dalam semesta U . keanggotaan suatu nilai pada himpunan dinyatakan derajat keanggotaan yang rentang nilainya antara 0,0 sampai dengan 1,0. Nilai keanggotaannya tidak hanya memiliki nilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan bahwa salah, nilai 1 menunjukkan bahwa benar, dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar atau salah. Pada himpunan *fuzzy*, sebuah objek dapat berada pada sebuah himpunan secara parsial. Derajat keanggotaan *fuzzy* diukur dengan fungsi yang merupakan generalisasi dari fungsi karakteristik yang disebut fungsi keanggotaan (Firman W, 2015).

Dalam logika *fuzzy* variabel yang bersifat kabur dapat diibaratkan sebuah himpunan yang anggotanya adalah suatu nilai crisp dan derajat keanggotaannya dalam himpunan tersebut. Terdapat beberapa proses dalam logika *fuzzy*, sebagai berikut (Firman W, 2015):

1. *Fuzzyfikasi* merupakan proses untuk mendapatkan derajat keanggotaan dari sebuah nilai numerik masukan.
2. Penalaran merupakan proses untuk mendapatkan aksi keluaran dari suatu kondisi *input* dengan mengikuti aturan-aturan (*IF-THEN Rules*) yang telah ditetapkan yang disebut sebagai *inference/reasoning*.
3. *Defuzzyfikasi* merupakan proses untuk merubah hasil penalaran yang berupa derajat keanggotaan keluaran menjadi variabel numerik kembali.



Gambar 2.7 Blok diagram proses logika *fuzzy*

(Firman W, 2015)

Proses *fuzzy* dijelaskan melalui gambar 2.7, dengan input berupa nilai, kemudian akan di *fuzzyfikasi*, yaitu pengelompokan nilai dengan dibagikan menjadi beberapa himpunan. Pembuatan rules yang diperoleh dari pembagian himpunan. Kemudian akan dilanjutkan dengan *defuzzyfikasi*, dimana hasil dari nilai rules yang telah dibuat berupa derajat anggota keluaran diubah menjadi hasil numerik kembali.

2.8.2 Metode Fuzzy Mamdani

Metode Mamdani disebut dengan nama Metode *Max-Min*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *output*, diperlukan empat tahapan, sebagai berikut (Puryono, 2014):

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Pada metode Mamdani, dalam variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi 1 atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Fungsi implikasi yang digunakan pada Metode Mamdani adalah Min. Pada fungsi ini membuat aturan-aturan dasar berdasarkan himpunan *fuzzy*.

3. Komposisi Aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan kolerasi antar aturan. Terdapat tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu:

a. Metode Max

Pada metode max keluaran himpunan *fuzzy* didapatkan dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output*.

b. Metode *Additive*

Pada metode *additive*, penyelesaian himpunan *fuzzy* didapatkan dengan melakukan *bounded-sum* terhadap semua output daerah *fuzzy*.

c. Metode Probabilistik OR

Pada metode probabilistik OR, penyelesaian himpunan *fuzzy* didapatkan dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

4. Penegasan (*Defuzzy*)

Masukan dari proses *defuzzyfikasi* adalah himpunan *fuzzy* yang diperoleh komposisi antara aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab 3 akan menjelaskan mengenai proses penelitian berlangsung, dimulai dengan waktu, tempat, objek, perancangan sistem, perancangan elektronika, metode yang akan diterapkan, dan alat maupun bahan yang akan digunakan untuk penelitian.

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat, sebagai berikut:

1. Laboratorium Fakultas Teknik, yang beralamat di Jl. Kalimantan No. 37, Tegal Boto Lor, Kecamatan Sumpalsari, Kabupaten Jember .
2. Laboratorium Fakultas Matematika dan IPA, yang beralamat di Jl. Kalimantan No. 37, Tegal Boto Lor, Kecamatan Sumpalsari, Kabupaten Jember.
3. Rumah peneliti, yang beralamat di Jl. Singajaya, Singopadu Kecamatan Tulangan, Kabupaten Sidoarjo.

3.2 Waktu Penelitian

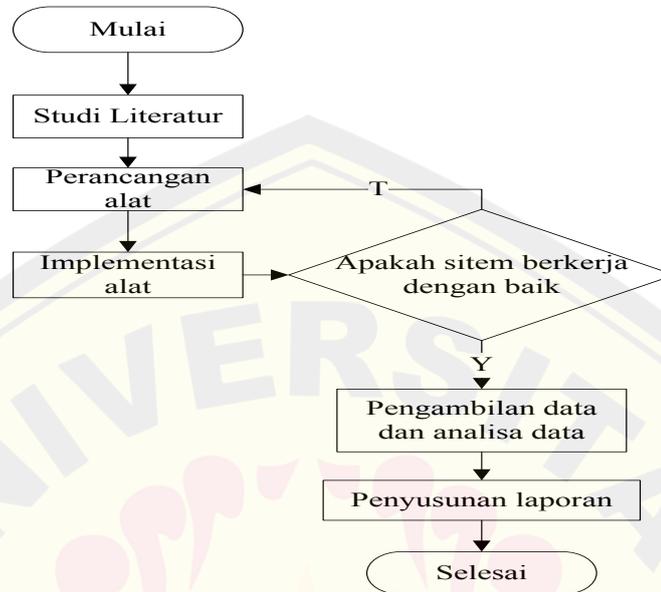
Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini dimulai pada bulan Juni 2022 sampai dengan November 2022 dengan rincian pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian

No	Kegiatan	Bulan					
		I	II	III	IV	V	VI
1	Studi Literatur						
2	Perancangan dan pemodelan sistem						
3	Pengambilan data						
4	Analisa data						
5	Pembuatan laporan						

3.3 Tahapan Penelitian

Langkah – langkah yang dilakukan untuk pelaksanaan penelitian ini, sebagai berikut:



Gambar 3.1 *Flowchart* tahapan penelitian

1. Studi Literatur

Tahap awal pelaksanaan penelitian dengan mencari literatur dari penelitian sebelumnya melalui buku atau internet untuk mengetahui komponen yang digunakan, prinsip kerja, serta teori yang digunakan untuk menunjang penelitian ini. Diharapkan dengan adanya literatur yang telah diperoleh dapat memberikan arahan untuk meminimalisir kekurangan dari penelitian sebelumnya.

2. Perancangan Alat

Tahap ini merupakan tahap untuk merancang kontruksi alat secara sistematis untuk alat penelitian. Diharapkan alat yang dirancang ini dapat terbentuk sesuai dengan rancangan.

3. Implementasi Alat

Tahap ini merupakan tahap pengujian alat. Setelah perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, maka dilakukan pengujian pada masing-masing komponen dan dilakukan pada keseluruhan sistem.

4. Analisa dan Pengambilan Data

Tahap ini merupakan tahap untuk mengolah hasil dari implementasi alat. Setelah melakukan implementasi alat, dan data yang dihasilkan sesuai dengan target yang diharapkan maka data dicatat dan dianalisa sesuai dengan penelitian yang dilakukan.

5. Penyusunan Laporan

Tahap ini merupakan tahap dimana analisa dan pengambilan data dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam pembahasan. Kemudian, hasil dari pembahasan ditarik menjadi beberapa kesimpulan mengenai kinerja dan hasil dari alat yang telah dibuat, memberikan suatu saran dari penelitian yang telah dilakukan.

3.4 Alat dan Bahan

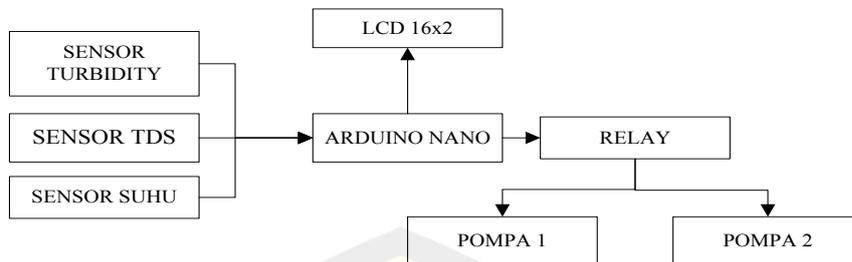
Peralatan yang digunakan untuk penelitian:

1. Laptop
2. Alat ukur, meliputi multimeter, power supply, TDSmeter, turbidimeter, dan thermometer.
3. Perkakas, meliputi solder, obeng, gergaji, bor.
4. Perangkat lunak, meliputi fritzing, Eagle, Arduino IDE

Sedangkan, bahan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

1. Mikrokontroler arduino nano
2. Sensor turbidity
3. Sensor TDS
4. Sensor suhu DS18B20
5. Pompa air DC
6. Relay
7. PCB
8. Kabel jumper

3.5 Perancangan Desain Sistem

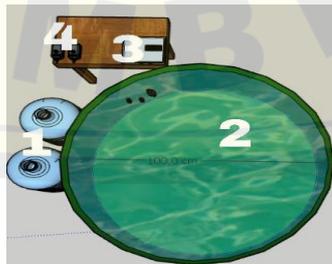


Gambar 3.2 Blok diagram keseluruhan sistem alat

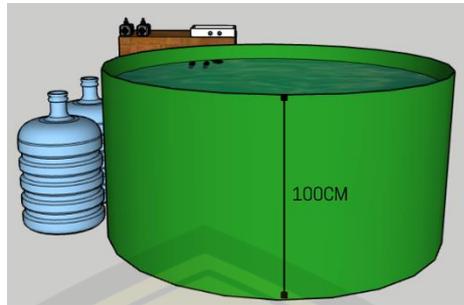
Dari gambar 3.2, perancangan seluruh alat penelitian membutuhkan beberapa komponen pendukung untuk menunjang jalannya alat penelitian. Mikrokontroler merupakan bagian komponen yang harus ada pada alat. Mikrokontroler yang digunakan yaitu arduino nano. Pemilihan mikrokontroler arduino nano, karena bentuk mikrokontroler yang mini, terdapat pin analog *input* yang lebih banyak dibandingkan dengan arduino UNO.

Pada alat penelitian terdapat dua buah sensor sebagai *input*, terdiri dari sensor turbidity (kekeruhan) untuk mengukur banyaknya partikel (kekeruhan) di dalam air dan sensor TDS untuk mengukur kadar larutan garam yang terkandung didalam air. Sensor suhu untuk mengukur nilai suhu didalam air. Untuk *output* terdapat LCD dan Pompa. Pompa digunakan untuk memompa air keluar dari kolam dan memompa air masuk ke dalam kolam. Pompa akan dijalankan ketika kualitas air yang terdapat di dalam kolam dalam kondisi kualitas air yang buruk dengan penentuan kondisinya dari logika fuzzy. Untuk mengetahui hasil pengukuran kualitas air menggunakan LCD 16x2 yang akan menunjukkan hasil kekeruhan, salinitas, suhu, serta hasil kualitas air.

3.6 Perancangan Mekanik



Gambar 3.3 Desain alat tampak atas



Gambar 3.4 Desain alat tampak samping



(a) Saat kondisi terbuka

(b) Saat kondisi tertutup

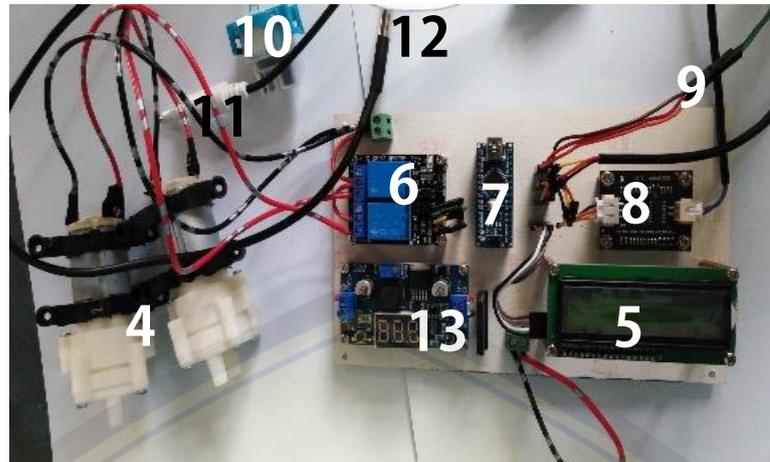
Gambar 3.5 Wadah komponen



Gambar 3.6 Letak *probe* sensor di dalam air



Gambar 3.7 Keseluruhan alat



Gambar 3.8 Wadah komponen setelah jadi

Keterangan:

- 1 = Penampung air
- 2 = Kolam
- 3 = Wadah Komponen
- 4 = Pompa air 1 dan 2
- 5 = LCD
- 6 = Relay
- 7 = Arduino nano
- 8 = *Module* sensor TDS
- 9 = *Module* sensor turbidity
- 10 = *Probe* sensor turbidity
- 11 = *Probe* sensor TDS
- 12 = Sensor suhu DS18B20
- 13 = *Stepdown converter*

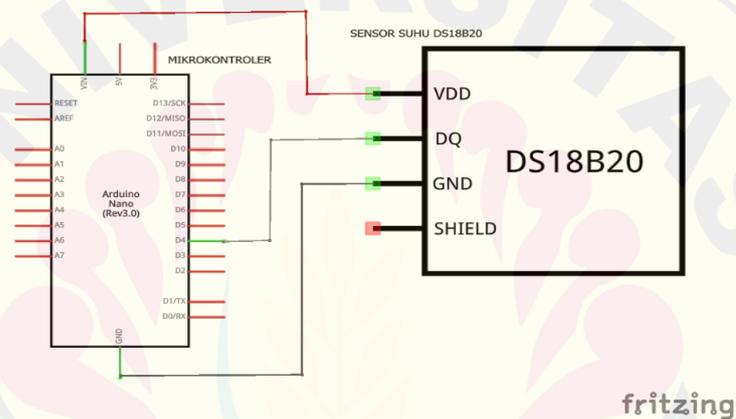
3.7 Perancangan Elektronika

3.7.1 Sensor

Perancangan elektronika bagian sensor, menjelaskan mengenai sensor-sensor yang digunakan pada penelitian ini. Selain itu, menjelaskan mengenai rangkaian dari setiap sensor yang terhubung ke arduino nano. Sensor yang digunakan, yaitu sensor suhu, sensor TDS, dan sensor turbidity.

3.7.1.1 Rangkaian Sensor Suhu

Pada gambar 3.9, rangkaian sensor suhu. Sensor suhu yang digunakan pada penelitian ini, yaitu sensor suhu dengan jenis DS18B20. Sensor suhu DS18B20 dipilih karena sensor tersebut berbentuk probe yang telah waterproof pada bagian ujung probe. Sensor suhu ini digunakan untuk mengukur suhu didalam air kolam budidaya bandeng. Sensor suhu DS18B20, memiliki 3 kaki pin, yaitu pin VCC, pin *output*, dan pin *ground*. Ketiga pin sensor suhu akan dihubungkan ke kaki-kaki pin mikrokontroler, yaitu arduino nano. Sensor suhu DS18B20 memiliki nilai *output* sensor berupa nilai digital, sehingga untuk pin *output* sensor akan dihubungkan ke pin D4 arduino nano.

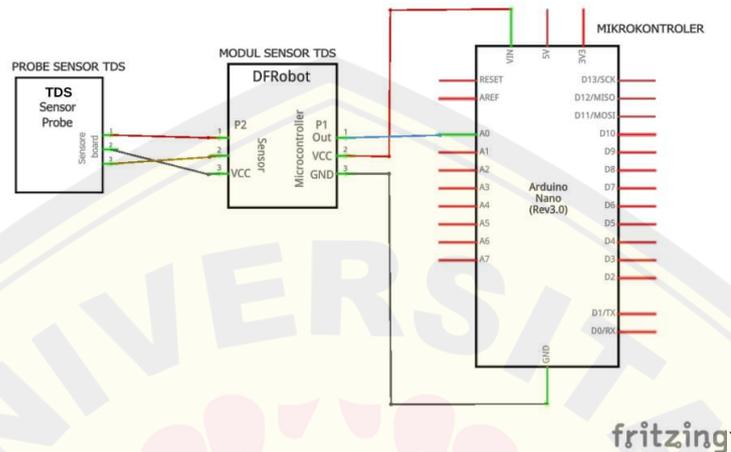


Gambar 3.9 Rangkaian skematik sensor suhu DS18B20

3.7.1.2 Rangkaian Sensor TDS

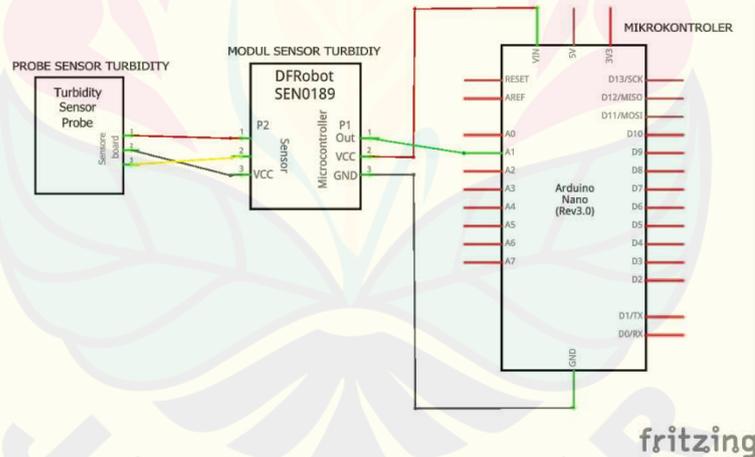
Pada gambar 3.10, merupakan gambar rangkaian sensor TDS. Sensor TDS terdiri dari modul sensor dan probe sensor. sensor TDS digunakan untuk mengukur kadar garam didalam air. Probe sensor TDS merupakan jenis probe sensor yang waterproof sehingga dapat dimasukkan didalam air. Probe sensor TDS terdiri dari 3 pin, yaitu pin VCC, pin *ground*, dan pin *output* probe. Ketiga pin dari probe sensor TDS, akan dihubungkan ke kaki pin modul sensor TDS sebelum dihubungkan ke mikrokontrolernya. Probe sensor TDS ini terdapat 2 buah logam berbentuk jarum, yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kepadatan larutan didalam air. Modul sensor TDS memiliki 6 pin, dengan 3 pin sebagai pin *input* dari probe sensor, dan 3 pin *output* modul yang akan terhubung ke kaki-kaki pin arduino. Ketiga pin

modul yang akan dihubungkan ke kaki pin mikrokontroler, yaitu pin VCC, pin *ground*, dan pin *output* modul. Nilai *output* modul sensor TDS adalah analog, sehingga pada pin *output* modul akan dihubungkan ke kaki pin A0 pada arduino nano.



Gambar 3.10 Rangkaian skematik sensor TDS

3.7.1.3 Rangkaian Sensor Turbidity



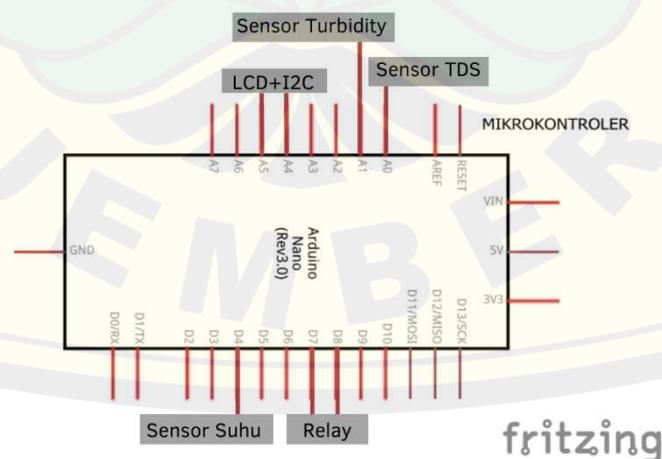
Gambar 3.11 Rangkaian skematik sensor turbidity

Pada gambar 3.11, merupakan gambar rangkaian sensor turbidity. Sensor turbidity digunakan untuk mengetahui tingkat kekeruhan didalam air. Sensor ini terdiri dari probe sensor dan modul sensor. Pada bagian probe sensor turbidity terdapat photodiode. Photodiode ini digunakan untuk memancarkan cahaya dan menangkap cahaya sehingga sensor dapat mengetahui tingkat kekeruhan air. Pada bagian probe dihubungkan ke modul sensor dengan menghubungkan kaki pin probe

ke kaki pin sensor dengan menggunakan kabel. Pada bagian modul sensor terdapat 6 kaki pin, 3 untuk terhubung ke probe sensor, dan 3 untuk menghubungkan ke mikrokontroler. Pada modul sensor turbidity kaki pinnya terdiri dari pin VCC, pin *ground*, dan pin *output*. Module sensor turbidity memiliki keluaran nilai analog, sehingga pada pin *output* modul terhubung ke pin A1 arduino nano.

3.7.2 Kontrol

Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini, yaitu arduino nano. Arduino nano memiliki jumlah 30 pin, dimana terdapat pin VCC, pin ground, pin analog yang berjumlah 8, pin I/O 14 dimana terdapat 6 pin PWM. Arduino nano digunakan untuk mengontrol nilai masukan dari ketiga sensor yang kemudian akan hasilnya akan dikeluarkan dengan menampilkannya pada LCD dan mengatur kondisi pompa menyala dan mati. Pada arduino nano dimasukkan sebuah program untuk dapat mengontrol kualitas air didalam kolam yang mengelola nilai dari 3 masukan sensor, dengan menggunakan logika fuzzy. Logika fuzzy digunakan untuk mengontrol tingkat kualitas air. Pada pin arduino yang digunakan untuk pelaksanaan penelitian terdapat pada 4 pin analog. 3 pin digital. Pin A0 terhubung ke sensor TDS, pin A1 terhubung ke sensor turbidity, pin A4 dan A5 terhubung ke I2C LCD. Pada pin digital arduino, yang terhubung ke sensor suhu D4, dan yang terhubung ke relay pin D7 dan D8. Dapat dilihat pada gambar 3.12, untuk pin-pin arduino nano yang terhubung dengan sensor dan aktuatornya.

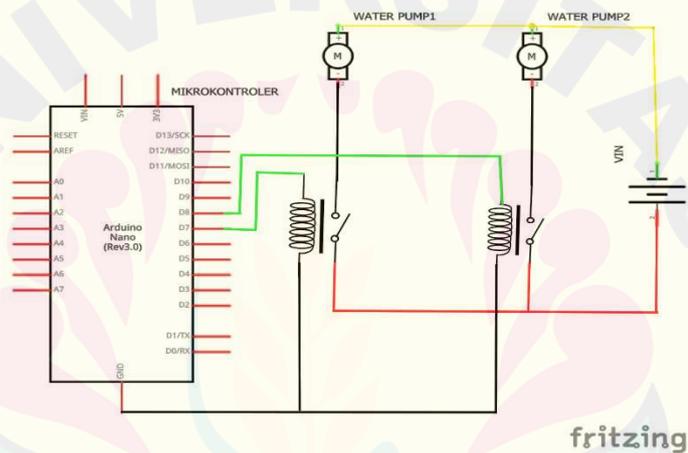


Gambar 3.12 Pin-pin arduino nano

3.7.3 Aktuator

3.7.3.1 Rangkaian Pompa DC

Pada gambar 3.13, merupakan gambar rangkaian aktuator pompa DC. Pompa DC dihubungkan ke arduino melalui relay. Relay yang digunakan, yaitu relay 2 channel 5V. Relay berfungsi sebagai *switching* pompa DC. Model relay yang digunakan, yaitu relay dengan sistem *normally open*, karena saat kondisi awal alat dinyalakan, kondisi pompa adalah mati. Pompa DC akan menyala dan mati berdasarkan hasil nilai keluaran fuzzy yang berupa kualitas air. Pengendali pompa DC berdasarkan nilai defuzzyfikasi yang telah diolah hasilnya oleh mikrokontroler. Pompa DC yang digunakan, yaitu pompa DC dengan tegangan *input* 12V.

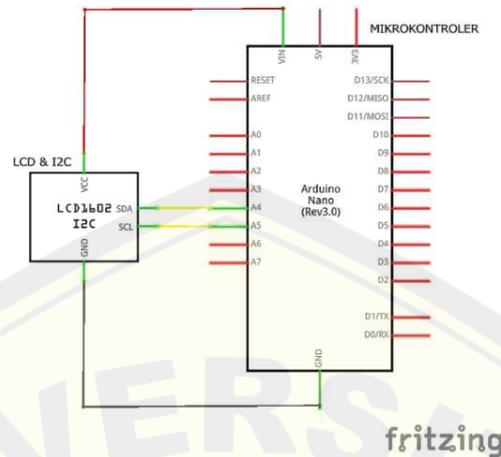


Gambar 3.13 Rangkaian skematik pompa DC

3.7.3.2 Rangkaian LCD

Pada gambar 3.14, merupakan gambar rangkaian LCD yang telah dihubungkan dengan I2C. Menghubungkan LCD ke arduino nano, membutuhkan komponen tambahan berupa I2C, untuk mempermudah saat menghubungkan antar pin-pinnya, karena hanya membutuhkan 4 pin saja yang harus terhubung ke arduino nano, yaitu pin VCC, pin *ground*, pin A4, dan pin A5. Pin A4 sebagai pin SDA pada arduino nano. Pin A5 sebagai pin SCL pada arduino nano. LCD yang digunakan yaitu LCD dengan tipe 16x2, dimana LCD ini menampilkan 16 karakter dalam 1 baris, dan terdapat 2 baris untuk dapat menampilkan karakternya. LCD

pada alat ini digunakan untuk menampilkan hasil baca sensor suhu, sensor TDS, sensor turbidity, hasil defuzzyfikasi yang berupa angka, dan kondisi pompa DC.

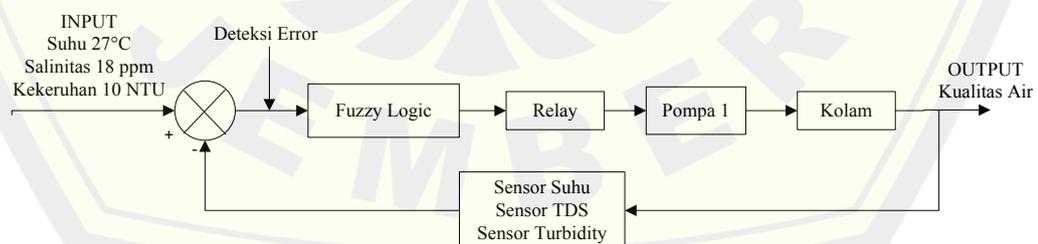


Gambar 3.14 Rangkaian skematik LCD

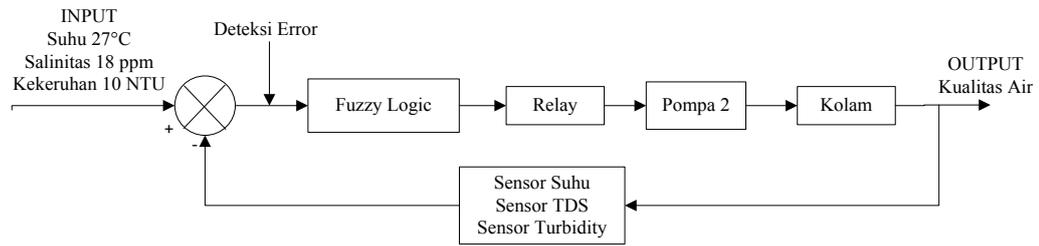
3.8 Perancangan Software

3.8.1 Blok Kontrol Alat

Pada gambar 3.15 dan 3.16, mengenai blok kontrol pompa air yang digunakan untuk memompa air masuk dan air keluar guna menjaga stabilnya tingkat kualitas air di kolam. Blok kontrol pompa bekerja dengan sistem *loop* tertutup, dimana, sistem akan berjalan secara terus-menerus. Menyalakan atau mematikan pompa secara otomatis dilakukan dengan memberikan *input* nilai, seperti nilai suhu, salinitas, dan kekeruhan. Nilai dari parameter *input* akan di proses menggunakan *fuzzy logic*. *Fuzzy logic* berfungsi sebagai kontrolernya. Dalam proses *fuzzy*, akan mendapatkan suatu nilai *output* sebuah derajat keanggotaan kualitas air.

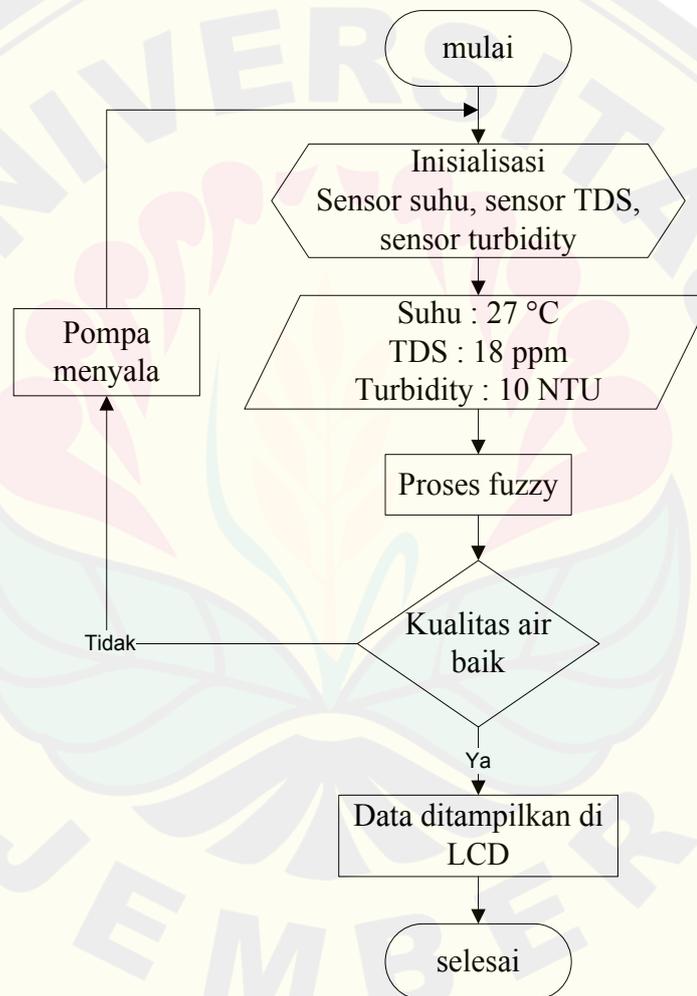


Gambar 3.15 Blok kontrol pompa 1



Gambar 3.16 Blok kontrol pompa 2

3.8.2 Flowchart Sistem



Gambar 3.17 Flowchart sistem alat

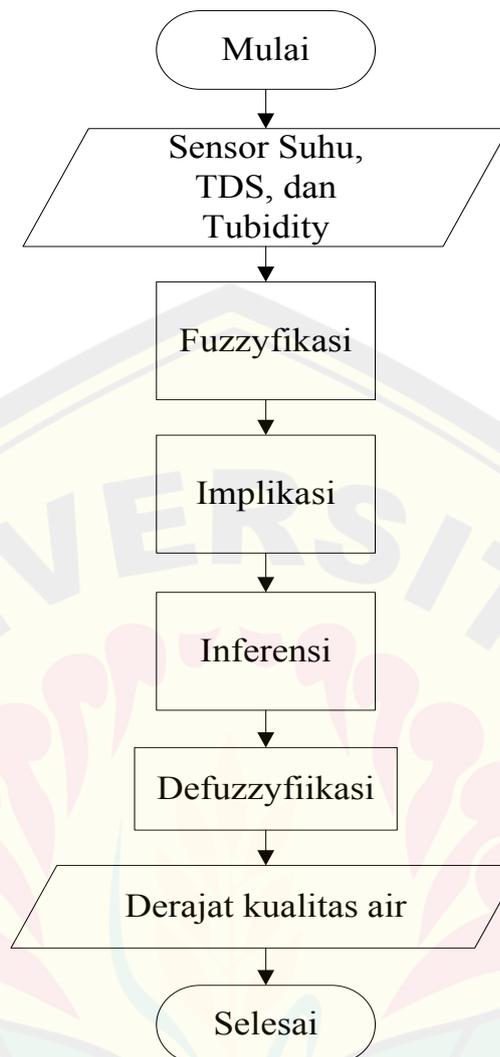
Pada gambar 3.17, saat sistem aktif, dilakukan inisialisasi sensor, yang terdiri dari sensor turbidity, sensor TDS, dan sensor suhu. Sensor secara otomatis akan membaca kualitas air kolam. Batas nilai sensor pada kualitas air kolam yaitu,

suhu sebesar 27 °C, Kekeruhan sebesar 10 NTU, dan salinitas sebanyak 22 mg/L. Hasil dari pembacaan nilai sensor akan diteruskan dan diolah menggunakan proses fuzzy. Proses fuzzy digunakan untuk menentukan tingkat kualitas air. Jika kualitas air yang terdeteksi adalah buruk, maka sistem akan menyalakan kedua pompa sampai terindikasi bahwa kualitas air telah kembali baik. Setiap data yang terukur oleh sensor akan ditampilkan ke LCD.

3.9 Metode Fuzzy Logic

Metode logika fuzzy pada penelitian ini berfungsi untuk menentukan kualitas air kolam dengan membuat parameter nilai-nilai penyebab kualitas air berdasarkan hasil nilai *input*. Logika fuzzy yang digunakan untuk menentukan kualitas air adalah Fuzzy Mamdani. Pada pembuatan logika fuzzy di MATLAB, menggunakan bagian aplikasi fuzzy untuk pembentukan himpunan fuzzy hingga ke bagian pembuatan aturan fuzzy sampai diperoleh hasil defuzzyfikasi.

Pada gambar 3.18, menunjukkan bahwa melakukan proses fuzzy untuk mengukur tingkat kualitas air terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan. Tahapan yang pertama dilakukan dengan memasukkan parameter nilai *input* yang diperoleh dari sensor suhu, sensor turbidity, dan sensor TDS. Nilai yang telah ditentukan dilanjutkan menuju ke proses fuzzyfikasi, dimana parameter *input* akan dibagi menjadi beberapa himpunan yang nantinya digunakan untuk mengolah nilai hasil defuzzyfikasi. Setelah menentukan himpunan tiap keanggotaan *input* dan *output*, dilakukan fungsi implikasi untuk membentuk *rules* yang sesuai dengan jumlah himpunan keanggotaannya. Dilanjutkan dengan fungsi inferensi untuk mendapatkan nilai-nilai dari hasil penalaran fuzzy. Tahap terakhir yaitu defuzzyfikasi, yaitu menentukan nilai akhir atau nilai *output* dari fuzzy. Sehingga, keluar nilai derajat kulaitas air.

Gambar 3.18 *Flowchart* proses fuzzy

3.9.1 Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pembentukan himpunan fuzzy merupakan tahap awal saat akan melaksanakan proses logika fuzzy, tahap ini disebut dengan fuzzyfikasi. Fuzzyfikasi adalah proses untuk mendapatkan himpunan keanggotaan dari sebuah nilai masukan. Pada tabel 3.2, himpunan fuzzy dibagi menjadi dua, terdapat himpunan masukan dan himpunan keluaran. Himpunan masukan fuzzy terdapat tiga, yaitu suhu, salinitas, dan kekeruhan. Pada setiap fungsi masukan fuzzy, terbagi menjadi tiga himpunan keanggotaan, seperti suhu terdapat himpunan keanggotaan dingin, hangat, dan panas. Salinitas terdapat tiga himpunan keanggotaan, yaitu

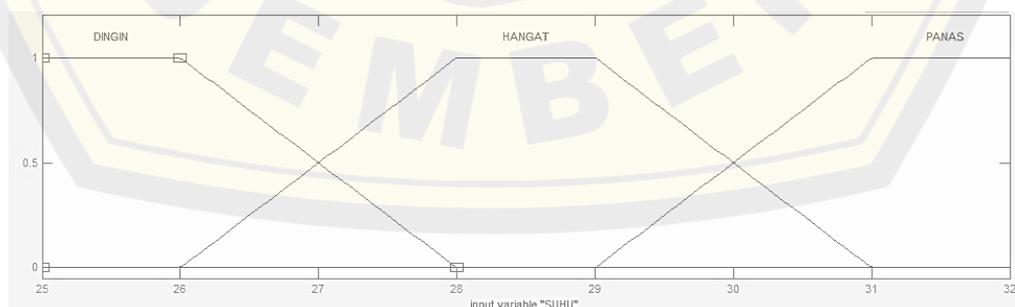
kurang, cukup, dan lebih. Kekeruhan terdapat tiga himpunan keanggotaan, yaitu jernih, keruh, dan sangat keruh. Fungsi keluaran fuzzy berupa kualitas air. Pada bagian kualitas air terbagi menjadi tiga himpunan keanggotaan, yaitu baik, buruk, dan sangat buruk.

Tabel 3.2 Himpunan logika fuzzy

Fungsi	Masukan	Himpunan Fuzzy
Masukan	Suhu	Dingin
		Hangat
		Panas
	Salinitas	Kurang
		Cukup
		Lebih
	Kekeruhan	Jernih
		Keruh
		Sangat keruh
Keluaran	Kualitas air	Baik
		Kurang baik
		Buruk

1. Variabel Suhu

Pada gambar 3.19 dan tabel 3.3, variabel suhu pada pembentukan himpunan fuzzy dibagi menjadi 3, yaitu dingin, hangat, dan panas. Nilai yang diukur berdasarkan dengan nilai pra-syarat budidaya ikan bandeng, dengan nilai setpointnya yaitu 27 °C.



Gambar 3.19 Derajat keanggotaan suhu

Tabel 3.3 Semesta Pembacaan Variabel Suhu

Himpunan	Semesta Pembacaan
Dingin	[25 – 28]
Hangat	[26 – 31]
Panas	[29 – 32]

Fungsi keanggotaannya, sebagai berikut:

$$\mu_{dingin}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 26 \\ \frac{x - 26}{28 - 26} & 26 \leq x \leq 28 \\ 1 & x \leq 28 \end{cases}$$

$$\mu_{hangat}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 31 \\ \frac{31 - x}{31 - 26}, \frac{x - 26}{31 - 26} & 26 \leq x \leq 31 \\ 1 & x \leq 28 \end{cases}$$

$$\mu_{panas}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 29 \\ \frac{32 - x}{32 - 29} & 29 \leq x \leq 32 \\ 1 & x \leq 32 \end{cases}$$

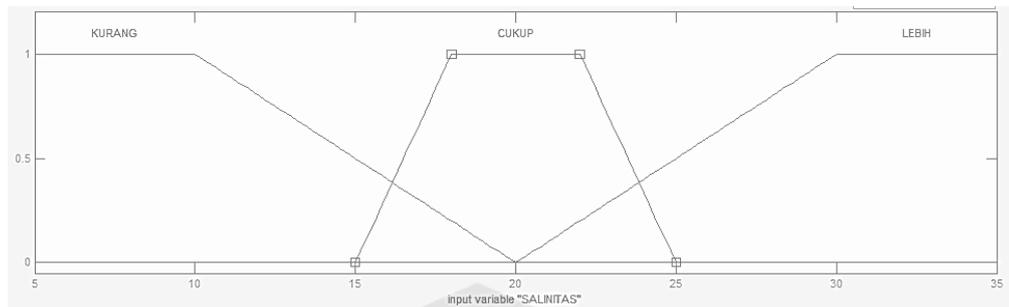
maka, nilai keanggotaan dari masukan nilai suhu sebesar 27 °C, sebagai berikut:

$$\mu_{dingin}(x) = \frac{27 - 25}{28 - 25} = 0,6$$

$$\mu_{hangat}(x) = \frac{31 - 27}{31 - 26} = 0,8$$

2. Variabel Salinitas

Pada gambar 3.20 dan tabel 3.4, variabel pembentukan himpunan fuzzy salinitas dibagi menjadi 3, yaitu kurang, cukup, lebih. Nilai yang diukur berdasarkan dengan nilai pra-syarat dari budidaya bandeng, dengan nilai set pointnya, yaitu 22 ppm.



Gambar 3.20 Derajat keanggotaan salinitas

Tabel 3.4 Semesta pembacaan variabel salinitas

Himpunan	Semesta Pembacaan
Kurang	[5 – 20]
Cukup	[15 – 25]
Lebih	[20 – 35]

Fungsi keanggotaannya, sebagai berikut:

$$\mu_{kurang}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 20 \\ \frac{20-x}{20-5} & 5 \leq x \leq 20 \\ 1 & x \leq 5 \end{cases}$$

$$\mu_{cukup}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 25 \\ \frac{x-15}{25-15}, \frac{25-x}{25-15} & 15 \leq x \leq 25 \\ 1 & x \leq 15 \end{cases}$$

$$\mu_{lebih}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 35 \\ \frac{35-x}{35-20} & 20 \leq x \leq 35 \\ 1 & x \leq 20 \end{cases}$$

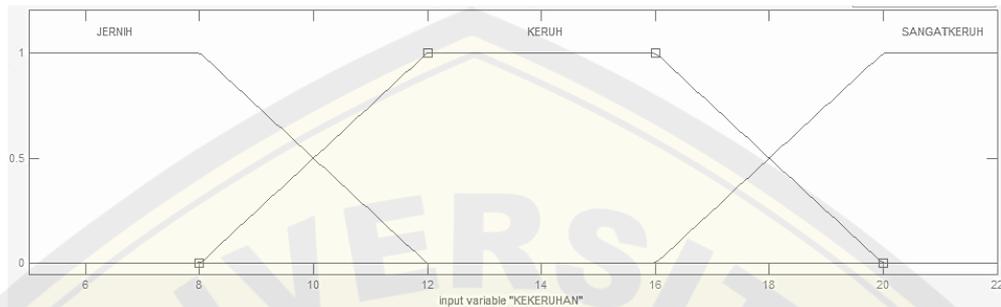
maka, nilai keanggotaan dari masukan nilai salinitas sebesar 18 ppm, sebagai berikut:

$$\mu_{kurang}(x) = \frac{20-18}{20-5} = 0,1$$

$$\mu_{cukup}(x) = \frac{18-15}{25-15} = 0,3$$

3. Variabel Kekeruhan

Pada gambar 3.21 dan tabel 3.5, variabel pembentukan himpunan fuzzy kekeruhan dibagi menjadi 3, yaitu bersih, keruh, dan sangat keruh. Nilai yang diukur berdasarkan dari pra-syarat budidaya ikan bandeng, dengan nilai set-pointnya yaitu 10 NTU.



Gambar 3.21 Derajat keanggotaan kekeruhan

Tabel 3.5 Semesta pembacaan variabel kekeruhan

Himpunan	Semesta Pembacaan
Jernih	[5 – 12]
Keruh	[8 – 20]
Sangat Keruh	[16 – 22]

Fungsi keanggotaannya, sebagai berikut:

$$\mu_{jernih}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 12 \\ \frac{x - 5}{12 - 5} & 5 \leq x < 12 \\ 1 & x \leq 5 \end{cases}$$

$$\mu_{keruh}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 20 \\ \frac{20 - x}{20 - 8}, \frac{x - 8}{20 - 8} & 8 \leq x < 20 \\ 1 & x \leq 8 \end{cases}$$

$$\mu_{sangatkeruh}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 22 \\ \frac{x - 16}{22 - 16} & 16 \leq x < 22 \\ 1 & x \leq 16 \end{cases}$$

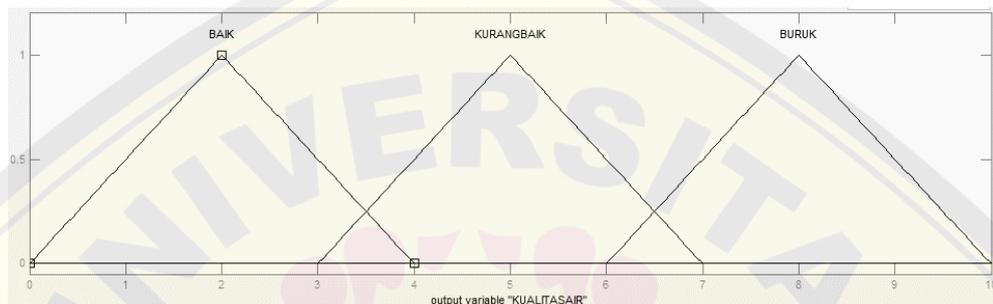
maka, nilai keanggotaan dari masukan nilai kekeruhan sebesar 10 NTU, sebagai berikut:

$$\mu_{jernih}(x) = \frac{9 - 5}{12 - 5} = 0,7$$

$$\mu_{keruh}(x) = \frac{20 - 10}{20 - 8} = 0,8$$

4. Derajat Keanggotaan Keluaran

Keluaran dari proses fuzzy adalah kualitas air dengan 3 parameter *input* nilai sensor. Pada gambar 3.22 dan tabel 3.6, penentuan derajat keanggotaan pengukuran kualitas air, dibagi menjadi tiga keanggotaan, yaitu baik, kurang baik, dan buruk.



Gambar 3.22 Derajat keanggotaan kualitas air

Tabel 3.6 Semesta pembacaan variabel kualitas air

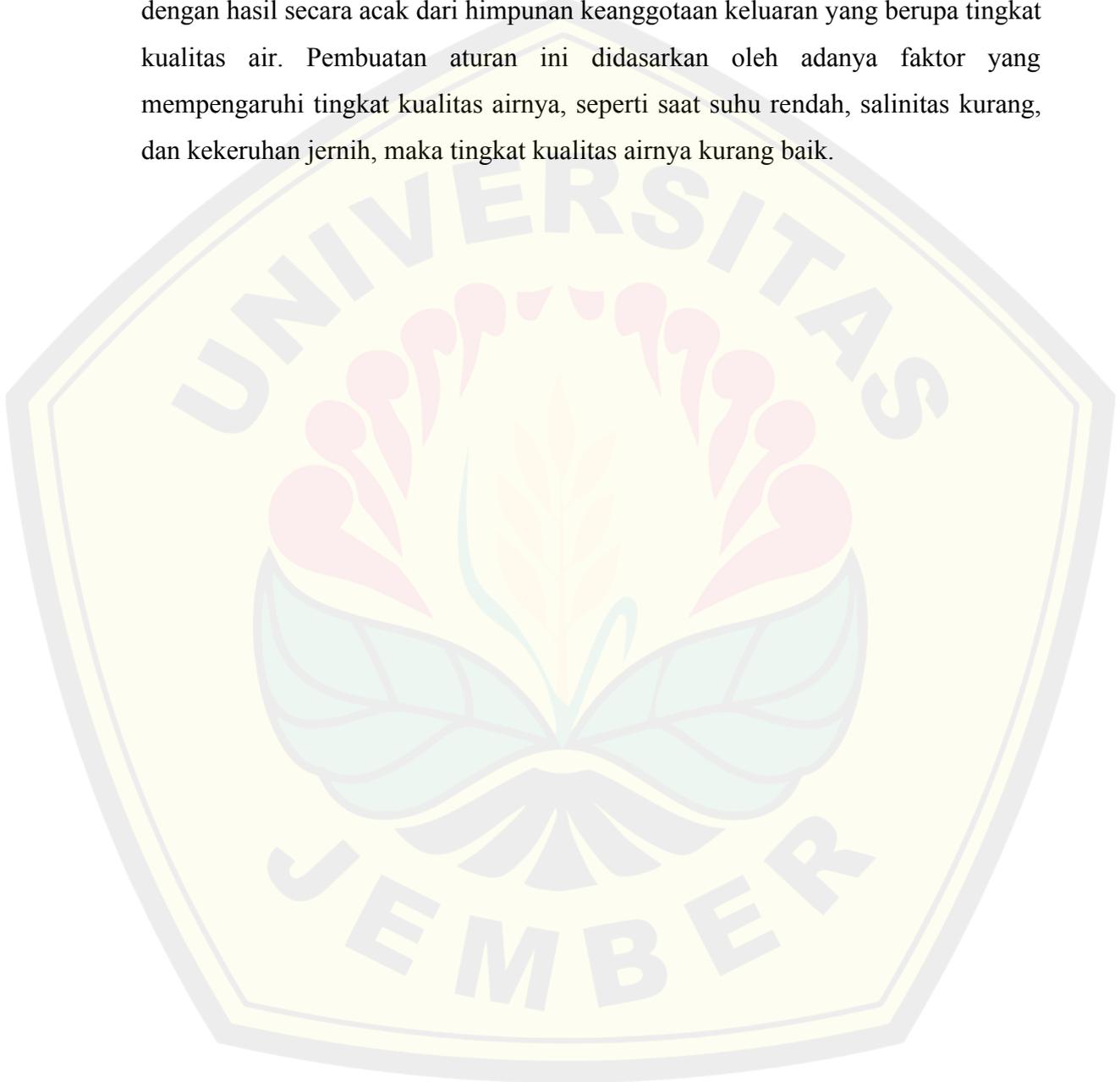
Himpunan	Semesta Pembacaan
Baik	[0 – 4]
Kurang Baik	[3 – 7]
Buruk	[6 – 10]

3.9.2 Implikasi

Dalam tahapan aturan dasar dibentuk aturan yang sesuai dengan klasifikasi variabel berdasarkan karakteristiknya. Aturan dasar fuzzy, dinyatakan dalam hubungan “IF-THEN”, seperti IF $x=a$ dan $y=b$, Then $z=c$, dimana a dan b merupakan variabel linguistik dan c merupakan hasil dari aturan dasar. Tahap aplikasi fungsi implikasi dilakukan dengan pembentukan aturan dasar. Aturan yang digunakan berasal dari keanggotaan pada tiap variabel yang telah ditentukan melalui proses fuzzyfikasi.

Pada tabel 3.7 merupakan tabel aturan fuzzy. Aturan fuzzy dibentuk menggunakan MATLAB pada bagian aturan fuzzy-nya. Aturan fuzzy ini dibuat dengan mengelola himpunan keanggotaan masukan fuzzy dan sebagai hasilnya

diperoleh dari hasil derajat nilai keanggotaan keluaran fuzzy yang berupa kualitas air. Dari ketiga masukan fuzzy, yaitu suhu, salinitas, dan kekeruhan yang memiliki tiga himpunan anggota, keluaran fuzzy yang berupa kualitas air memiliki tiga himpunan keanggotaan juga. Sehingga aturan fuzzy yang dibentuk sebanyak 27 aturan dengan menggabungkan secara acak tiga himpunan keanggotaan masukan dengan hasil secara acak dari himpunan keanggotaan keluaran yang berupa tingkat kualitas air. Pembuatan aturan ini didasarkan oleh adanya faktor yang mempengaruhi tingkat kualitas airnya, seperti saat suhu rendah, salinitas kurang, dan kekeruhan jernih, maka tingkat kualitas airnya kurang baik.



Tabel 3.7 Aturan fuzzy mamdani kualitas air

Suhu	Salinitas	Kekeruhan	Kualitas Air
Dingin	Kurang	Jernih	Kurang baik
Dingin	Kurang	Keruh	Kurang baik
Dingin	Kurang	Sangat keruh	Buruk
Dingin	Cukup	Jernih	Baik
Dingin	Cukup	Keruh	Baik
Dingin	Cukup	Sangat keruh	Kurang baik
Dingin	Lebih	Jernih	Kurang baik
Dingin	Lebih	Keruh	Buruk
Dingin	Lebih	Sangat keruh	Buruk
Hangat	Kurang	Jernih	Baik
Hangat	Kurang	Keruh	Kurang baik
Hangat	Kurang	Sangat keruh	Buruk
Hangat	Cukup	Jernih	Baik
Hangat	Cukup	Keruh	Baik
Hangat	Cukup	Sangat keruh	Buruk
Hangat	Lebih	Jernih	Baik
Hangat	Lebih	Keruh	Kurang baik
Hangat	Lebih	Sangat keruh	Buruk
Panas	Kurang	Jernih	Kurang baik
Panas	Kurang	Keruh	Buruk
Panas	Kurang	Sangat keruh	Buruk
Panas	Cukup	Jernih	Baik
Panas	Cukup	Keruh	Baik
Panas	Cukup	Sangat keruh	Kurang baik
Panas	Lebih	Jernih	Baik
Panas	Lebih	Keruh	Kurang baik
Panas	Lebih	Sangat keruh	Buruk

3.9.3 Inferensi

Tahapan melakukan penalaran nilai – nilai fuzzy *input* sehingga dapat menghasilkan *ouput* fuzzy dengan sistem perhitungan matematis. Menggunakan metode MAX.

$$\begin{aligned} \text{Kurang baik} &= \{R1; R2; R6; R7; R11; R17; R19; R24; R26\} \\ &= \{0,1; 0,1; 0; 0; 0,1; 0; 0; 0; 0\} \\ &= 0,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buruk} &= \{R3; R5; R8; R9; R12; R15; R18; R20; R21; R27\} \\ &= \{0,3; 0; 0; 0; 0,1; 0; 0; 0; 0; 0\} \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

Mencari nilai dari t_1 dan t_2 untuk mengetahui nilai z pada proses defuzzyfikasi.

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{t_1 - 3}{10 - 3} = 0,1 \\ t_1 &= (0,1 \times 7) + 3 = 3,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{t_2 - 2}{10 - 2} = 0,3 \\ t_2 &= (0,3 \times 7) + 3 = 5,1 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\mu(z) = \begin{cases} 0,1; & x \leq 3,7 \\ \frac{z - 3}{10 - 3}; & 3,7 \leq x \leq 5,1 \\ 0,3; & x \geq 5,1 \end{cases}$$

3.9.4 Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi merupakan proses akhir metode fuzzy. Proses defuzzyfikasi yaitu suatu proses yang menentukan penegasan *output* dengan menggunakan metode centroid atau mencari titik tengah. Adapun rumus metode centroid yang digunakan yaitu:

$$z^x = \frac{M1 + M2 + M3}{A1 + A2 + A3} \quad 3.1$$

Keterangan rumus 3.1:

Z = Defuzzyfikasi

M = Momentum

A = Luas

1. Menentukan nilai M

$$M1 = \int_3^{3,7} 0,1z \, dz = 0,05z^2$$

$$= (0,05 \times 13,69) - (0,1 \times 3) = 0,234$$

$$M2 = \int_{3,7}^{5,1} \frac{z-3}{10-3} z \, dz = \frac{(2z-9)z^2}{42}$$

$$= \left(\frac{31,212}{42} \right) - 21,90442 = 1,265$$

$$M3 = \int_{5,1}^{10} 0,3z \, dz = 0,15z^2$$

$$= (0,15 \times 100) - (0,15 \times 26,01) = 11,099$$

2. Menentukan nilai A

$$A1 = \int_3^{3,7} 0,1 \, dz = 0,1z$$

$$= (0,1 \times 3,7) - (0,1 \times 3) = 0,07$$

$$A2 = \int_{3,7}^{5,1} \frac{z-3}{10-3} \, dz = \frac{z^2 - 6z}{14}$$

$$= \left(\frac{-4,59}{14} \right) - \left(\frac{-8,51}{14} \right) = 0,28$$

$$A3 = \int_{5,1}^{10} 0,3 \, dz = 0,3z$$

$$= (3) - (1,53) = 1,47$$

3. Menentukan nilai z

$$\begin{aligned} z &= \frac{M1 + M2 + M3}{A1 + A2 + A3} \\ &= \frac{0,234 + 1,265 + 11,099}{0,07 + 0,28 + 1,47} \\ &= 6,87 \end{aligned}$$

3.9.5 Program Metode Fuzzy

Pada proses pemrograman fuzzy di *software* Arduino IDE, terdapat bagian penting yang harus dibuat untuk dapat memunculkan nilai-nilai fuzzy berikutnya. Terdapat bagian main program yang digunakan untuk memunculkan proses fuzzy pada saat alat dijalankan.

```
#include <Fuzzy.h>
Fuzzy *fuzzy = new Fuzzy();
float output = fuzzy->defuzzify(1);
```

Gambar 3.23 Program main fuzzy

Pada gambar 3.23 merupakan bagian gambar main program fuzzy. Pada tiap baris program ini memiliki fungsi yang berbeda. Pada bagian “#include <Fuzzy.h>”, digunakan untuk pemanggilan proses fuzzy pada program. Pada bagian “Fuzzy *fuzzy = new Fuzzy()”, digunakan untuk memanggil proses rules fuzzy yang digunakan. Pada bagian “float output = fuzzy->defuzzify(1)”, berfungsi untuk menampilkan hasil dari proses defuzzyfikasi.

Pada gambar 3.24, mengenai deklarasi input fuzzy. Pada proses fuzzy digunakan 3 masukan fuzzy, yaitu suhu, salinitas, dan kekeruhan. Deklarasi input, berfungsi untuk mengetahui nilai-nilai dari setiap keanggotaan fuzzy yang telah dibuat. Pada setiap masukan fuzzy terdapat 3 anggota himpunan. Deklarasi proses fuzzy digunakan untuk mengatur pada bagian pembentukan aturan-aturan fuzzy pada bagian void setup.

```
//deklarasi input Suhu
FuzzySet *Sdingin = new FuzzySet(25, 25, 26, 28);
FuzzySet *Shangat = new FuzzySet(26, 28, 29, 31);
FuzzySet *Spanas = new FuzzySet(29, 31, 32, 32);

//deklarasi input Salinitas
FuzzySet *SLkurang = new FuzzySet(5, 5, 10, 20);
FuzzySet *SLcukup = new FuzzySet(15, 18, 22, 25);
FuzzySet *SLlebih = new FuzzySet(20,30,35,35);

//deklarasi input Kekeruhan
FuzzySet *Kjernih = new FuzzySet(5, 5, 8, 12);
FuzzySet *Kkeruh = new FuzzySet(8, 12, 16, 20);
FuzzySet *Ksangatkeruh = new FuzzySet(16, 20, 22, 22);
```

Gambar 3.24 Program deklarasi *input* proses fuzzy

Pada gambar 3.25, mengenai deklarasi *output* fuzzy. *Output* fuzzy yang digunakan pada penelitian ini merupakan kualitas air. *Output* fuzzy terdapat tiga himpunan keanggotaan. Pada program deklarasi *output* fuzzy dimasukkan keanggotaan fuzzy-nya, dan dimasukkan nilai himpunan keanggotaan yang dibutuhkan untuk proses penelitian. Deklarasi *output* proses fuzzy berfungsi untuk mengelola program berikutnya, yaitu pembentukan aturan-aturan fuzzy. Selain itu, deklarasi *output* fuzzy digunakan untuk menentukan nilai yang dihasilkan pada proses defuzzyfikasi.

```
//deklarasi output
FuzzySet *baik = new FuzzySet(0, 2, 2, 4);
FuzzySet *kurangbaik = new FuzzySet(3, 5, 5, 7);
FuzzySet *buruk = new FuzzySet(6, 8, 8, 10);
```

Gambar 3.25 Program deklarasi *output* fuzzy

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

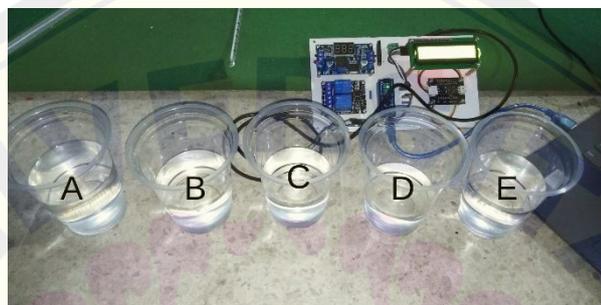
Pada bab 4, akan membahas mengenai hasil dan analisis data hasil penelitian yang telah dilakukan. Penelitian ini dilakukan dengan membuat alat pemantauan dan kontrol kualitas air budidaya bandeng. Alat yang dibuat terdiri dari 3 buah masukan berupa sensor, mikrokontroler arduino nano sebagai pemroses data, 1 buah LCD untuk pemantauan, dan 2 buah aktuator, yaitu pompa untuk mengontrol kualitas air di dalam kolam menggunakan fuzzy. Sensor yang digunakan yaitu sensor suhu, sensor TDS, dan sensor turbidity. Pada bab 4 ini akan dilakukan beberapa aspek uji coba terhadap sensor, metode, dan keseluruhan alat. Pengujian yang pertama dilakukan dengan menguji sensor suhu. Pengujian ini dilakukan untuk mengkalibrasikan sensor suhu agar dapat digunakan untuk penelitian. Pengujian kedua, yaitu menguji sensor TDS. Pengujian sensor ini berfungsi untuk mengetahui kadar garam didalam air. Pengujian ketiga, yaitu pengujian sensor turbidity (kekeruhan), untuk mengkalibrasikan sensor agar dapat digunakan untuk mengukur kekeruhan didalam air. Pengujian selanjutnya, yaitu pengujian proses fuzzy, yang bertujuan untuk mengetahui sistem fuzzy dapat digunakan pada alat pemantauan dan kontrol kualitas air.

4.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu

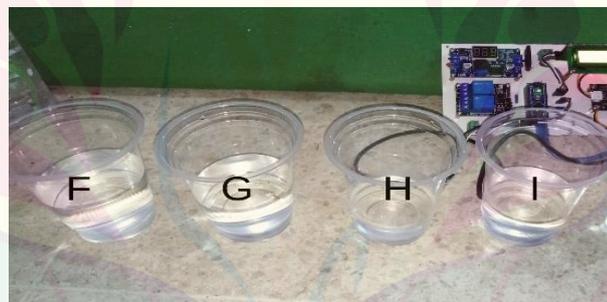
Pengujian sensor suhu menggunakan media air dengan variasi suhu yang akan diukur suhunya dengan menggunakan sensor suhu DS18B20 dan thermometer air. Hasil yang terukur oleh sensor suhu akan dibandingkan dengan nilai yang terukur oleh thermometer. Pengujian sensor suhu dilakukan dengan 9 sampel air, dengan masing-masing air memiliki suhu berbeda. Sampel air diberi label berupa huruf A sampai dengan J. Label sampel A dimulai dengan suhu terendah (dingin) sampai dengan suhu tertinggi (panas) diberi label I. Pengujian sensor suhu dilakukan dengan memasukkan sensor suhu dan thermometer secara bersamaan ke dalam gelas yang telah diberi label secara bergantian. Jika telah diukur dan dicatat, maka sensor suhu dan thermometer akan dibersihkan dengan menggunakan air agar suhunya kembali ke suhu ruang. Hasil yang telah dibaca oleh sensor suhu dan thermometer akan disusun ke dalam tabel.



Gambar 4.1 Simulasi saat pengambilan data pengujian sensor suhu



Gambar 4.2 Sampel suhu A-E



Gambar 4.3 Sampel suhu F-I

Tabel 4.1 Data hasil pengujian sensor suhu sebelum di kalibrasi

Label Gelas	X	Y	E%
A	18	18,5	2,70%
B	24	24,66	2,68%
C	26	25,5	1,96%
D	28	28,5	1,75%
E	34	33,61	1,16%
F	36	36,22	0,60%
G	38	38,13	0,34%
H	39	39,2	0,51%
I	44	44,25	0,56%
Rata-rata E%		=	1,226%

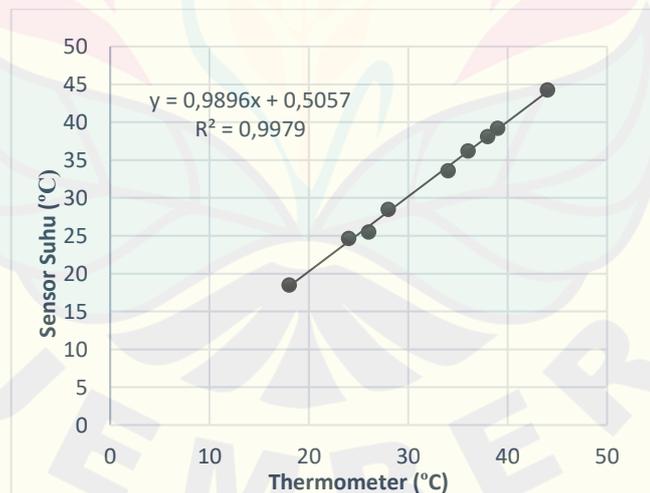
Keterangan:

X = Thermometer

Y = Sensor suhu

E% = Error %

Dari tabel 4.1, dapat dilihat terdapat koefisien X dan koefisien Y. Koefisien X merupakan nilai dari thermometer dan koefisien Y merupakan nilai yang terukur dari sensor suhu. Terdapat 9 kali percobaan pengambilan data dengan nilai suhu yang berbeda-beda. Pada saat nilai X 18, nilai yang diperoleh sensor suhu yaitu 18,5. Saat nilai X 24, nilai yang diperoleh sensor suhu 24,66. Saat nilai X 26, nilai yang dibaca oleh sensor suhu (koefisien Y), yaitu 25,5. Saat nilai yang diperoleh thermometer 28, nilai sensor suhu 28,5. Saat nilai thermometer 34, nilai sensor suhu 33,61. Pada saat nilai thermometer yang diperoleh 36, nilai yang diperoleh sensor suhu 36,22. Saat nilai thermometer 38, maka nilai suhu yang diperoleh 38,13. Saat nilai thermometer 39, maka nilai sensor suhu 39,2. Pada pengukuran suhu yang terakhir, yang terukur oleh thermometer 44 dan nilai yang terukur oleh sensor suhu 44,25. Pada pengujian ini memiliki rata-rata error persen sebesar 1,226%. Sehingga, diperlukan adanya kalibrasi sensor dengan menggunakan sistem regresi linier.



Gambar 4.4 Grafik hubungan sensor suhu dengan thermometer

Dari gambar 4.4, dapat dilihat bahwa sumbu x merupakan nilai thermometer dan sumbu y merupakan nilai sensor suhu. Grafik ini digunakan untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor suhu dengan alat ukur suhu, yaitu thermometer. Terdapat beberapa titik yang tidak tepat menempel di tengah garis lurus, hal ini menandakan

bahwa akurasi sensor cukup baik, sehingga dilakukan kalibrasi dengan sistem regresi linier. Koefisien regresi linier yang diperoleh, yaitu $R^2 = 0,9979$ dari nilai regresinya sebesar $y = 0,9896x + 0,5057$.

Tabel 4.2 Data hasil sensor suhu setelah dikalibrasi

Label Gelas	X	Y	E%
A	18	18,44	2,37%
B	24	24,25	1,03%
C	26	26,56	2,11%
D	28	28,28	0,99%
E	34	34,31	0,90%
F	36	36,13	0,36%
G	38	38	0%
H	39	39,06	0,15%
I	44	44,15	0,33%
		Rata-rata E%	0,86%

Keterangan:

X = Thermometer

Y = Sensor suhu

E% = Error persen

Dari tabel 4.2, dapat diketahui bahwa saat nilai X 18, maka nilai Y yang diperoleh 18,44. Saat nilai X 24, nilai Y yang diperoleh 24,5. Pada saat nilai suhu X, 26, nilai suhu pada kolom Y, 26,56. Saat nilai suhu yang diperoleh thermometer 28, nilai sensor suhu 28,28. Saat nilai thermometer 34, nilai sensor suhu yang diperoleh 34,31. Pada saat nilai thermometer 36, nilai suhu yang diperoleh 36,13. Saat nilai X 38, nilai sensor suhu memiliki nilai yang sama yaitu 38. Saat suhu pada thermometer 39, nilai pada sensor suhu 39,06. Pengujian terakhir dengan suhu air yang diperoleh thermometer 44, nilai sensor suhu 44,15. Adapun rata-rata error persen yang didapatkan, yaitu 0,86%. Nilai error persen ini mengalami penurunan dibandingkan dengan nilai error persen sebelum di kalibrasi, yaitu 1,226%.

4.2 Hasil Pengujian Sensor TDS

Pengujian sensor TDS dilakukan dengan menggunakan air mineral dan air larutan garam. Volume air yang digunakan untuk pengujian yaitu 200 mL. Terdapat

10 sampel air dengan diberi label A sampai dengan J. Label A, merupakan air mineral tanpa campuran garam. Sedangkan, label B sampai J, merupakan air larutan garam, dengan garam yang ditambahkan secara berurutan, yaitu 1 sendok untuk label B, 2 sendok garam untuk label C, 3 sendok garam untuk label D, 4 sendok garam untuk label E, 5 sendok garam untuk label F, 6 sendok garam untuk label G, 7 sendok garam untuk label H, 8 sendok garam untuk label I, dan 9 sendok garam untuk label J. Garam yang digunakan yaitu garam dapur.

Pengujian sensor TDS digunakan untuk mengukur kadar garam di dalam air. Pengujian sensor bertujuan untuk mengetahui keakuratan sensor TDS. Pengujiannya dilakukan dengan membandingkan nilai dari TDS meter dan sensor TDS.



Gambar 4.5 Sampel larutan garam A-J



Gambar 4.6 Simulasi saat pengujian sensor TDS

Tabel 4.3 Data hasil sensor TDS sebelum dikalibrasi

Label Gelas	X	Y	E%
A	13	18,6	30,60%
B	18	26,71	32,60%
C	25	36,74	31,95%
D	30	50,55	40,65%
E	46	69,86	34,15%
F	56	81,23	31,05%
G	70	96,16	27,20%
H	82	110,84	26,01%
I	98	130,68	25%
J	108	144,88	25,45%
Rata-rata E% = 30,466%			

Keterangan:

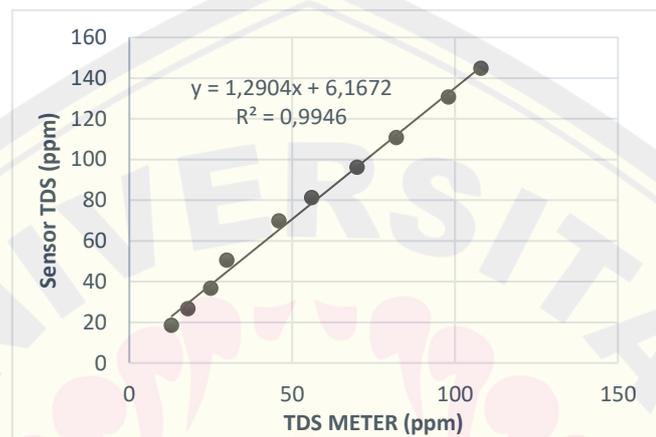
X = TDS meter

Y = sensor TDS

E% = Error persen

Dari tabel 4.3, dapat dilihat bahwa pengujian sensor TDS memiliki rentang nilai yang sangat berbeda jauh dari nilai yang diperoleh oleh TDS meter dan nilai yang diperoleh dari sensor TDS. Nilai yang diperoleh dari TDS meter pada air murni tanpa campuran garam 13, sedangkan pada sensor TDS diperoleh 18,6. Pada label gelas B dengan penambahan 1 sendok garam, pada TDS meter diperoleh 18, sedangkan sensor TDS diperoleh hasil 26,71. Pada label gelas C dengan penambahan 2 sendok garam, sensor TDS diperoleh nilai 25 dan sensor TDS 36,74. Pada label gelas D dengan penambahan 3 sendok garam, dari TDS meter diperoleh nilai 30, sensor TDS diperoleh nilai 50,55. Pada label E dengan penambahan 4 sendok garam, pengukuran dengan TDS meter diperoleh nilai 46, sedangkan sensor TDS diperoleh nilai 69,86. Pada label F dengan penambahan 5 sendok garam, pengukuran dengan TDS meter diperoleh nilai 56, sedangkan dari sensor TDS diperoleh 81,23. Pada label G dengan penambahan 6 sendok garam, diperoleh nilai dari TDS meter 70 dan nilai dari sensor TDS 96,16. Pada label H dengan penambahan 7 sendok garam, dengan nilai yang diperoleh dari TDS meter 82, sedangkan dari sensor TDS 110,84. Pada label I dengan penambahan 8 sendok gara,

diperoleh nilai dari TDS meter sebesar 98, sedangkan dari sensor TDS 130,68. Pada label J dengan penambahan 9 sendok garam, diperoleh nilai dari TDS meter 108, sedangkan dari sensor TDS 144,88. Pengujian sensor TDS sebelum dikalibrasi memiliki nilai rata-rata error persen sebesar 30,466%. Nilai tersebut, menandakan bahwa keakuratan sensor TDS sangat lemah, sehingga perlu dilakukan kalibrasi sensor dengan sistem regresi linier.



Gambar 4.7 Grafik hubungan TDS meter dengan sensor TDS

Dari gambar 4.7, dapat dilihat bahwa nilai yang diperoleh dari pengukuran TDS meter dengan sensor TDS, terdapat beberapa nilai yang tidak selinier, hal ini menandakan keakuratan sensor TDS kurang tepat. Kalibrasi sensor dilakukan dengan sistem regresi linier. Pengujian sensor TDS mendapatkan nilai regresi linier sebesar $y = 1,2904x + 6,1672$, dengan koefisien regresinya, yaitu $R^2 = 0,9946$.

Tabel 4.4 Pengujian sensor TDS setelah di kalibrasi

Label Gelas	X	Y	E%
A	13	11	18%
B	18	18	0%
C	25	26	3,80%
D	30	30	0%
E	46	46	0%
F	56	57	1,75%
G	70	70	0%
H	82	79	3,79%
I	98	98	0%
J	108	107	0,93%
Rata-rata E% = 2,827%			

Keterangan:

X = TDS meter

Y = Sensor TDS

E% = Error persen

Dari tabel 4.4, dapat dilihat bahwa nilai yang diperoleh dari hasil pengukuran TDS meter dan sensor TDS memiliki nilai yang mendekati. Perbandingan nilai yang diperoleh dari sensor dan alat ukur tidak memiliki perbandingan yang jauh. Pada label A dengan nilai TDS meter 13, nilai yang diperoleh sensor TDS 11. Pada label B dengan nilai TDS meter 18, nilai yang diperoleh sensor TDS 18. Pada label C dengan nilai TDS meter 25, nilai yang diperoleh sensor TDS 26. Pada label D dengan nilai TDS meter 30, nilai yang diperoleh sensor TDS sebesar 30. Pada label E dengan nilai TDS meter sebesar 46, nilai yang diperoleh sensor TDS 46. Pada label F dengan nilai dari TDS meter 56, nilai dari sensor TDS 57. Pada label G dengan nilai TDS meter 70, nilai sensor TDS sebesar 70. Pada label H dengan nilai TDS meter 82, diperoleh nilai sensor TDS 79. Pada label I dengan nilai TDS meter sebesar 98, diperoleh nilai sensor TDS sebesar 98. Pada label J diperoleh nilai dari TDS meter sebesar 108, sedangkan nilai dari sensor TDS 107. Dari pengujian yang telah dikalibrasi rata-rata error persen yang didapatkan 2,827%. Menurunnya nilai rata-rata error persen dari sebelum dikalibrasi dan setelah dikalibrasi, sensor TDS memiliki keakuratan yang lebih baik.

4.3 Hasil Pengujian Sensor Turbidity

Pengujian sensor turbidity dilakukan dengan air jernih dan larutan air kopi, yang dilarutkan dengan air sebanyak 250 mL. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 10 sampel yang diberi label pada gelas mulai dari A sampai J. Label A, merupakan air biasa tanpa campuran kopi. Sedangkan, label B sampai J, merupakan air luran kopi dengan garam yang ditambahkan secara berurutan, yaitu 1 sendok kopi untuk label B, 2 sendok kopi untuk label C, 3 sendok kopi untuk label D, 4 sendok kopi untuk label E, 5 sendok kopi untuk label F, 6 sendok kopi untuk label G, 7 sendok kopi untuk label H, 8 sendok kopi untuk label I, dan 9

sendok kopi untuk label J. Pengujiannya dilakukan dengan membandingkan nilai sensor dengan nilai alat ukur kekeruhan, yaitu turbidity meter.



Gambar 4.8 Sampel larutan kopi A-J



Gambar 4.9 Simulasi pengujian sensor turbidity

Tabel 4.5 Data hasil sensor turbidity sebelum dikalibrasi

Label Gelas	X	Y	E%
A	1,12	60	98,13%
B	4,25	61	93,03%
C	4,7	61	92,93%
D	7,7	58	86,72%
E	10,5	67	84,32%
F	11,4	67	82,98%
G	13,5	68	80,15%
H	15,4	75	79,47%
I	16,4	75	78,13%
J	19,7	81	75,68%
Rata-rata E%			= 85,154%

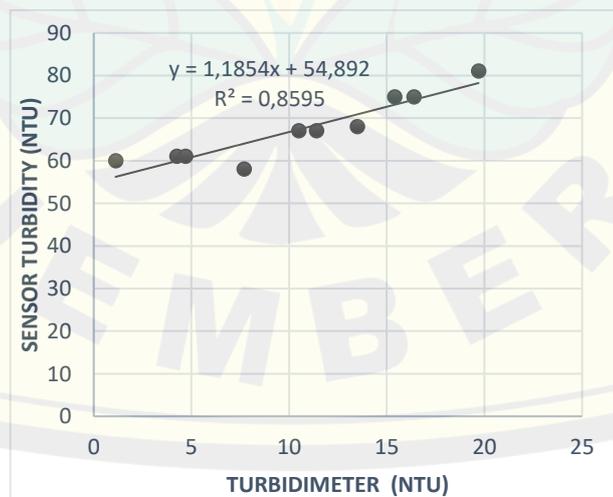
Keterangan:

X = Turbidity meter

Y = Sensor turbidity

E% = Error persen

Dari tabel 4.5, dapat dilihat bahwa nilai yang diperoleh antara alat ukur dan sensor memiliki perbandingan yang sangat jauh. Pada label A dengan kondisi air jernih tanpa campuran kopi, pada alat ukur diperoleh nilai 1,12, sedangkan nilai sensor turbidity sebesar 60. Pada label B dengan penambahan 1 sendok kopi, nilai yang diperoleh alat ukur 4,25, sedangkan nilai sensor turbidity 61. Pada label C dengan penambahan 2 sendok kopi, diperoleh nilai alat ukur 4,7, sedangkan pada sensor turbidity 61. Pada label D dengan penambahan 3 sendok kopi, diperoleh nilai alat ukur 7,7 dan nilai sensor turbidity 58. Pada label E dengan penambahan 4 sendok kopi, nilai yang diperoleh alat ukur 10,5, dan nilai sensor turbidity 67. Pada label F dengan penambahan 5 sendok kopi, nilai yang diperoleh alat ukur sebesar 11,4, sedangkan pada sensor turbidity 67. Pada label G dengan penambahan 6 sendok kopi, nilai pada alat ukur 13,5 dan nilai sensor turbidity 68. Pada label H dengan penambahan 7 sendok kopi, nilai yang diperoleh alat ukur 15,4 dan nilai sensor turbidity 75. Pada label I dengan penambahan 8 sendok kopi, nilai yang diperoleh alat ukur 16,4 dan nilai sensor turbidity 75. Pada label J dengan penambahan 9 sendok kopi, nilai yang diperoleh alat ukur 19,7 dengan nilai yang diperoleh sensor turbidity 81. Pada pengujian ini memiliki rata-rata error persen sebesar 85,154%. Besarnya nilai rata-rata error persesn menandakan bahwan sensor memiliki nilai keakuratan yang rendah, sehingga diperlukan kalibrasi sensor.



Gambar 4.10 Grafik hubungan sensor turbidity dengan turbidity meter

Dari gambar 4.10, dapat dilihat bahwa pengukuran nilai oleh sensor turbidity dan alat ukur turbidity meter memiliki nilai yang terpaut jauh, sehingga keakuratan sensor sangat lemah. Kalibrasi sensor turbidity dilakukan dengan menggunakan sistem regresi linier untuk mendapatkan keakuratan sensor yang lebih baik. Pengujian sensor turbidity mendapatkan nilai regresi linier sebesar $y = 1,1854x + 54,892$, dengan koefisien regresinya, yaitu $R^2 = 0,8595$. Setelah dilakukan kalibrasi, dilakukan pengujian sensor turbidity kembali dengan sampel air yang sama.

Tabel 4.6 Data hasil kalibrasi sensor turbidity

Label Gelas	X	Y	E%
A	1,12	1	12%
B	4,25	4,26	0,23%
C	4,7	4,8	2%
D	7,7	7,76	0,77%
E	10,5	10,13	3,65%
F	11,4	11,43	0,26%
G	13,5	13,74	1,75%
H	15,4	15,09	2,05%
I	16,4	16,93	3,13%
J	19,7	19,02	3,57%
Rata-rata E%			= 2,941%

Keterangan:

X = Turbidity meter

Y = Sensor turbidity

E% = Error persen

Dari tabel 4.6, dapat dilihat bahwa nilai yang diperoleh dari sensor dengan nilai yang diperoleh dari alat ukur memiliki nilai yang saling mendekati. Pada label A dengan hasil yang diperoleh dari alat ukur 1,12 dan hasil sensor turbidity 1. Pada label B dengan nilai yang diperoleh alat ukur 4,25 dan hasil sensor turbidity 4,26. Pada label C dengan nilai yang diperoleh sensor 4,7 dan hasil yang diperoleh sensor turbidity 4,8. Pada label D dengan nilai alat ukur 7,7 dan nilai sensor turbidity 7,76. Pada label E dengan nilai dari alat ukur 10,5, sedangkan nilai yang diperoleh sensor turbidity 10,13. Pada label F dengan yang nilai yang diperoleh dari alat ukur 11,4

dan nilai sensor turbidity 11,43. Pada label G dengan nilai alat ukur 13,5, sedangkan nilai sensor turbidity 13,74. Pada label H dengan nilai yang diperoleh alat ukur 15,4, sedangkan nilai yang diperoleh alat ukur 15,09. Pada label I dengan nilai pada alat ukur 16,4, sedangkan pada sensor turbidity 16,93. Pada label J dengan nilai alat ukur 19,7 dan nilai sensor turbidity yang diperoleh 19,02. Pada pengujian yang telah dilakukan kalibrasi, nilai rata-rata error persen yang diperoleh lebih sedikit, yaitu sebesar 2,941%. Keakuratan sensor menjadi lebih baik dibandingkan sebelum dikalibrasi.

4.4 Hasil Pengujian Proses Fuzzy

Pengujian proses fuzzy dilakukan dengan membandingkan nilai hasil fuzzy yang ditampilkan di LCD dengan nilai fuzzy yang diperoleh dari hasil simulasi MATLAB. Pengujian proses fuzzy dilakukan di dalam air kolam dengan kolam yang belum diisi dengan ikan bandeng. Pengujian proses fuzzy dilakukan untuk mengetahui tingkat kualitas air dengan membandingkan nilai standart pada budidaya ikan bandeng dengan nilai yang diperoleh oleh ketiga sensor. Pengujian fuzzy dilakukan di kolam yang belum diisi dengan ikan bertujuan untuk dapat merubah-ubah nilai suhu, salinitas, dan kekeruhan pada kolam. Pengujiannya dilakukan dengan mengikuti rules yang telah dibuat, terdapat 14 kali percobaan pengambilan data, mulai dari suhu terendah sampai tertinggi, salinitas terendah sampai tertinggi, dan kekeruhan terendah sampai tertinggi.



Gambar 4.11 Pengujian Fuzzy

Tabel 4.7 Data hasil pengujian proses fuzzy

Standart Nilai			Sensor			LCD	MATLAB	E%
Suhu (°C)	Salinitas (ppm)	Kekeruhan (NTU)	Suhu (°C)	Salinitas (ppm)	kekeruhan (NTU)			
25 – 32	5 – 35	5 – 20	25,94	14	19	6,94	6,94	0%
			25,37	8	20	8	8	0%
			25,44	8	19	6,94	7,02	1,15%
			25,6	27	12	8	8	0%
			27,94	28	9	3,38	3,37	0,29%
			27,81	30	15	5,24	5,24	0%
			27,87	30	14	5,16	5,17	0,19%
			27,94	29	22	8	8	0%
			28	15	14	5	5	0%
			28,06	22	15	3,19	3,07	3%
			30,06	22	16	3,25	3,25	0%
			30,12	30	15	5	5	0%
			30,94	35	21	8	8	0%
31,06	7	11	6,74	6,74	0%			

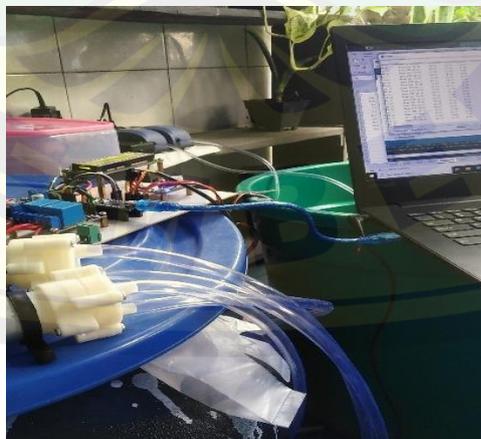
Dari tabel 4.7, dapat dilihat bahwa nilai suhu, salinitas dan kekeruhan yang terukur pada air kolam berbeda-beda. Data hasil pengujian proses fuzzy dilakukan dengan mengambil beberapa rules yang telah dibuat. Pada percobaan pertama dengan suhu 25,94 °C, salinitas 14 ppm, dan kekeruhan 19 NTU, nilai fuzzy yang ditampilkan pada LCD 6,94 sedangkan nilai pada simulasi matlab 6,94. Pada percobaan kedua dengan suhu 25,37 °C, salinitas 8 ppm, dan kekeruhan 20 NTU, nilai fuzzy yang ditampilkan di LCD 8 dan nilai yang diperoleh dari simulasi matlab 8. Pada percobaan ketiga dengan suhu 25,44 °C, salinitas 8 ppm, dan kekeruhan 19 NTU, nilai yang ditampilkan pada LCD 6,94, sedangkan nilai pada matlab 7,02. Pada percobaan keempat dengan suhu 25,6 °C, salinitas 27 ppm, dan kekeruhan 12 NTU. Hasil yang ditampilkan pada LCD 8, sedangkan dari matlab 8. Pada percobaan kelima dengan suhu 27,94 °C, salinitas 28 ppm, dan kekeruhan 9 NTU. Nilai yang ditampilkan pada LCD 3,38 dan nilai dari simulasi matlab 3,37. Pada percobaan keenam dengan suhu 27,81 °C, salinitas 30 ppm, dan kekeruhan 15 NTU, hasil pada LCD 5,24, sedangkan hasil pada simulasi matlab 5,24. Pada percobaan ketujuh dengan suhu 27,87 °C, salinitas 30 ppm, dan kekeruhan 15 NTU, hasil fuzzy yang ditampilkan di LCD 5,16 dan hasil simulasi matlab 5,17. Pada percobaan kedelapan dengan suhu 27,94 °C, salinitas 29 ppm, dan kekeruhan 22 NTU. Nilai yang ditampilkan LCD 8, dan nilai dari simulasi matlab 8. Pada percobaan kesembilan dengan suhu 28 °C, salinitas 15 ppm, dan kekeruhan 14 NTU, nilai yang ditampilkan LCD 5, dan hasil dari simulasi matlab 5. Pada percobaan kesepuluh dengan suhu 28,06 °C, salinitas 22 ppm, dan kekeruhan 15 NTU, hasil yang ditampilkan pada LCD 3,19 dan hasil simulasi matlab 3,19. Pada percobaan kesebelas dengan suhu 30,06 °C, salinitas 22 ppm, dan kekeruhan 16 NTU, hasil pada LCD 3,25 sedangkan hasil simulasi matlab 3,25. Pada percobaan keduabelas dengan suhu 30,12 °C, salinitas 30 ppm, dan kekeruhan 15 NTU, nilai yang ditampilkan LCD 5 dan nilai yang ditampilkan simulasi matlab 5. Percobaan terakhir dengan suhu 27,94 °C, salinitas 7 ppm, dan kekeruhan 11 NTU hasil pada LCD 6,74 dan simulasi matlab diperoleh hasil 6,74.

Dari data hasil pengujian proses fuzzy dapat diketahui bahwa metode fuzzy dapat di terapkan pada pengujian keseluruhan alat, karena error persen yang terjadi

sangat rendah. Ketika suhu rendah 25,37 °C, salinitas tinggi 27 ppm, dan kekeruhan sedang 12 NTU, nilai fuzzynya 8, namun saat suhu sedang 27,94 °C, salinitas tinggi 28 ppm, dan kekeruhan rendah 9 NTU, nilai fuzzynya rendah 3,37. Ketika suhu tinggi 30,06 °C, salinitas rendah 22 ppm, dan kekeruhan sedang 16 NTU, fuzzy nya bernilai 3,19. Saat suhu tinggi 31,06 °C, salinitas rendah 7 ppm, dan kekeruhan sedang 11 ppm, maka nilai fuzzynya sedang 6,74.

4.5 Pengujian Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan budidaya ikan bandeng pada kolam otomatis dan kolam konvensional. Bibit bandeng yang digunakan yaitu, bibit usia gelondong dengan panjang bandeng rata-rata 3 – 5 cm. Pemberian pakan terhadap kedua kolam, yaitu sama dengan memberikan 10 gram pakan apung bermerk HIT-PRO-VITE. Pemberian pakan dilakukan sehari dua kali, yaitu pada waktu pagi dan sore hari. Pengujian keseluruhan dilakukan selama 28 hari atau 4 minggu. Pada setiap kolam berisi 15 ekor bibit bandeng. Pengujian ini dilakukan hingga bibit ikan bandeng menjadi ke usia semai, dan siap ditebar ke kolam pembesaran. Pengujian keseluruhan dilakukan setiap hari dengan pengambilan datanya dilakukan pada siang hari jam 14.00. Pengambilan data dilakukan siang hari karena pada siang hari terdapat perubahan suhu dan kekeruhan dari air kolam karena faktor teriknya matahari dan plankton maupun lumut. Pada kolam konvensional pergantian air dilakukan selama 1 minggu sekali, sedangkan kolam otomatis pergantian air kolam dilakukan ketika nilai kualitas airnya buruk.



Gambar 4.12 Pengujian keseluruhan alat

Tabel 4.8 Data hasil keseluruhan alat

Minggu	Suhu (°C)	Salinitas (ppm)	Kekeruhan (NTU)	Fuzzy	Pompa 1 & 2
1	26,69	10	10	4,11	OFF
	29,56	18	17	4,13	OFF
	29,12	17	20	5,91	OFF
	31,31	34	20	8	ON
	31,44	30	9	3,89	OFF
	31,44	29	17	5,59	OFF
	28,06	29	18	6,21	OFF
2	27,69	32	19	6,94	OFF
	28,25	31	19	6,94	OFF
	27,75	31	20	8	ON
	26,29	26	6	2,74	OFF
	27,12	18	11	3,22	OFF
	26,81	22	10	4,05	OFF
	28,75	28	18	6,21	OFF
3	26,44	27	16	6,55	OFF
	28,25	32	19	6,94	OFF
	28	31	21	8	ON
	26,81	26	16	4,15	OFF
	28,12	26	21	8	ON
	31,94	26	21	8	ON
	28,5	31	19	6,94	OFF
4	28,25	31	21	8	ON
	27,06	15	10	3,89	OFF
	27,94	32	21	8	ON
	28,06	32	21	8	ON
	26,87	19	6	2	OFF
	27,12	16	10	3,9	OFF
	26,81	23	14	4,75	OFF

Dari tabel 4.8, dapat dilihat bahwa nilai suhu, salinitas, dan kekeruhan air kolam sangat bervariasi. Mulai dari suhu, salinitas, dan kekeruhan terendah sampai dengan tertinggi. Pada bagian tabel 4.8, kolom fuzzy digunakan untuk mengetahui tingkat derajat kualitas air yang terukur. Terdapat 4 minggu pengambilan data pada penelitian ini. Pada minggu pertama kualitas air terukur baik dengan hasil yang diperoleh dibawah nilai 8, namun terdapat satu hari pada hari kelima minggu pertama kualitas air yang terukur buruk, sehingga pompa air menyala. Tingkat kualitas air yang buruk ditandai dengan menyalanya pompa air. Pada hari kelima minggu pertama, kualitas air buruk saat nilai suhu 31,31 °C, salinitas 34 ppm, dan kekeruhan 20 NTU. Kualitas air hari kelima minggu pertama ini mengalami suhu tinggi, salinitas tinggi, dan kekeruhan tinggi, sehingga menandakan bahwa kualitas airnya buruk. Pada minggu kedua pengukuran kualitas air baik, namun terdapat 1 kali pengukuran air yang buruk, yaitu pada hari ketiga. Pada hari ketiga minggu kedua, nilai suhu yang terukur sebesar 27,75 °C, salinitas 31 ppm, dan kekeruhan 20 NTU. Suhu air sedang, salinitas tinggi, dan kekeruhan tinggi dapat menyebabkan nilai kualitas air buruk. Setelah pengukuran kualitas air yang buruk pada minggu kedua hari ketiga, hari keempat mengalami perubahan dengan nilai kualitas air (fuzzy) sebesar 2,74. Nilai tersebut menandakan bahwa kualitas air yang terukur baik. Suhu air yang terukur pada hari keempat minggu kedua 26,29 °C, salinitas 26 ppm, dan kekeruhan 6 NTU. Nilai kualitas air (fuzzy) mengalami kenaikan terus menerus sampai dengan minggu ketiga pada hari ketiga, terjadi nilai kualitas air yang buruk dengan nilai kualitas airnya 8. Suhu yang terukur 28 °C, salinitas 31 ppm, dan kekeruhan 21 NTU. Nilai kualitas air buruk dikarenakan kekeruhan yang mencapai nilai 21 NTU dan salinitas yang tinggi. Setelah dilakukan pergantian air, kualitas air kembali normal. Namun, pada hari kelima dan keenam minggu ketiga terjadi tingkat kualitas air yang buruk kembali, karena nilai kekeruhan pada kedua hari tersebut mencapai 21 NTU. Pada minggu keempat terjadi kualitas air yang buruk sebanyak tiga kali, hal ini dikarenakan tingkat salinitas yang tinggi, mencapai nilai 31 ppm sampai dengan 32 ppm, dan nilai kekeruhannya mencapai 21 NTU. Tingkat salinitas yang tinggi dikarenakan adanya sisa-sisa pakan yang terdapat didalam air menumpuk sehingga dapat mempengaruhi nilai salinitasnya. Pada hari

terakhir pengambilan data nilai kualitas air yang terukur baik, karena nilai fuzzy sebesar 4,75, dengan suhu yang terukur 26,81 °C, salinitas 23 ppm, dan kekeruhan 14 NTU.

Nilai kualitas air yang terukur selama penelitian dilakukan terhitung baik, karena nilai kualitas air yang buruk terjadi sebanyak 8 kali, ketika nilai fuzzy yang terukur sebesar 8. Nilai fuzzy terukur 8 karena adanya nilai tingkat kekeruhan yang tinggi, yaitu lebih besar dari 19, suhu yang panas, sebesar 31,94, dan salinitas tinggi, sebesar 32. Nilai kualitas air yang buruk terjadi paling banyak pada minggu ketiga dan minggu keempat, yakni sebanyak 3 kali pergantian air dengan indikator pompa *on*. Pada 2 minggu terakhir telah banyak terjadi penumpukan sisa-sisa pakan ikan setiap harinya dan adanya lumut yang menempel pada bagian dinding kolam. Selain, itu faktor yang dapat mempengaruhi nilai sensor yang terukur dikarenakan cuaca pada saat penelitian yang tidak menentu seperti panas, mendung, dan hujan.

4.5.1 Perbandingan Budidaya Kolam Konvensional Dan Otomatis

Hasil budidaya kolam konvensional dan kolam otomatis memiliki nilai hasil yang berbeda. Perbedaan ini dilakukan dengan cara mengukur berat dan panjang ikan dari masing-masing kolam. Pengukuran tersebut dilakukan setiap minggu pada saat penelitian berlangsung. Pengukuran berat dan panjang ikan dilakukan satu minggu sekali, mulai dari sebelum alat digunakan untuk memantau kolam otomatis sampai dengan hari ke-28 setelah alat digunakan untuk memantau.

Ikan bandeng yang diukur pertama kali sampai dengan minggu ketiga merupakan ikan yang sama. Namun, pada saat minggu empat digunakan ikan yang berbeda dari ikan yang diukur pertama kali, karena faktor adaptasi ikan yang berbeda. Ikan bandeng yang digunakan, yaitu ikan bandeng dengan usia gelondong. Sehingga rentan terjadi kematian karena proses adaptasi. Pada setiap kolam terisi 15 ekor bibit ikan bandeng. Perlakuan yang diberikan pada kolam konvensional dan kolam otomatis sama, yaitu pemberian pakan ikan dilakukan dua kali sehari dengan berat pakan 10 gram.



Gambar 4.13 Bibit ikan bandeng

Tabel 4.9 Hasil perbandingan berat ikan kolam otomatis dan konvensional

Minggu	Berat (g)		
	Otomatis	Konvensional	Selisih
0	2	2	0
1	5	4	1
2	9	7	2
3	14	11	3
4	22	15	7
Rata-rata	10,4	7,8	-

Dari tabel 4.9, dapat dilihat bahwa pada kolam konvensional dan kolam otomatis berat ikan memiliki perbedaan. Pada minggu ke-0 berat ikan yang diukur, yakni sama, dengan berat 2 gram. Pada minggu ke-1 berat ikan pada kolam otomatis 5 gram, sedangkan pada kolam konvensional 4 gram. Pada minggu ke-2, berat ikan kolam otomatis 9 gram, sedangkan berat ikan kolam konvensional 7 gram. Pada minggu ke-3, berat ikan kolam otomatis 14 gram, sedangkan berat ikan kolam konvensional 11 gram. Pada minggu ke-4 berat ikan kolam otomatis 22 gram, sedangkan kolam otomatis 15 gram. Dari data hasil, terdapat selisih antara berat ikan kolam otomatis dan kolam konvensional. Selisih berat ikan yang terukur beragam, hingga pada minggu keempat selisih berat ikan bandeng sebesar 7 gram. Rata-rata berat ikan pada kolam otomatis dan kolam konvensional memiliki perbedaan pula. Pada kolam otomatis rata-rata berat ikan bandeng sebesar 10,4 gram. Sedangkan, pada kolam konvensional berat rata-rata ikan bandeng sebesar 7,8 gram. Ikan pada kolam otomatis memiliki bobot yang lebih besar daripada ikan didalam kolam konvensional.

Tabel 4.10 Hasil perbandingan panjang ikan kolam otomatis dan konvensional

Minggu	Panjang (cm)		
	Otomatis	Konvensional	Selisih
0	4,5	4,5	0
1	6,5	5	1,5
2	9	9,5	0,5
3	11,5	10	1,5
4	13	11,5	2,5
Rata-rata	8,9	8,1	-

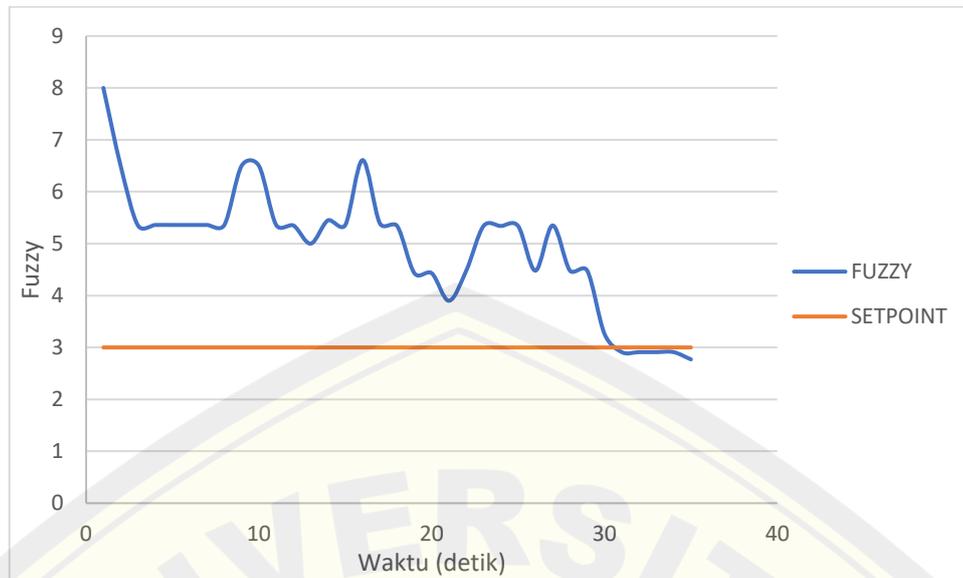
Dari tabel 4.10, dapat dilihat bahwa panjang ikan memiliki perbedaan. Pada minggu ke-0, panjang ikan sama, yaitu sepanjang 4,5 cm. Pada minggu ke-1, panjang ikan kolam otomatis 6,5 cm, sedangkan kolam manual 5 cm, selisih panjang ikan 1,5 cm. Pada minggu ke-2, panjang ikan kolam otomatis 6,5 cm, sedangkan panjang ikan kolam konvensional 9,5 cm, selisih antara panjang tersebut 0,5cm. Pada minggu ke-3, panjang ikan kolam otomatis 11,5 cm, sedangkan panjang ikan kolam konvensional 10 cm. Selisih dari panjang ikan minggu ke-3 1,5 cm. Pada minggu ke-4, panjang ikan kolam otomatis 13 cm, sedangkan kolam konvensional 11,5 cm. Selisih panjang ikan minggu ke-4, sebesar 2,5 cm. Dari hasil perbandingan panjang ikan, ikan pada kolam otomatis memiliki ukuran lebih panjang daripada ikan pada kolam konvensional.

4.5.2 Grafik Kontrol Fuzzy

Pengujian terhadap keseluruhan alat juga dilakukan dengan memantau saat terjadinya kontrol kualitas air. Saat kualitas air yang terdeteksi memiliki nilai yang tinggi, maka menandakan bahwa kualitas air tersebut buruk, sehingga diperlukan kontrol kualitas air, yaitu dengan membuang air di dalam kolam dan menambahkannya dengan air baru yang bersih, hingga nilai kualitas air yang terukur mengecil atau semakin turun dan stabil. Proses kontrol kualitas air dengan metode fuzzy menghasilkan data seperti pada tabel 4.11 dan dibuat sebuah grafik seperti pada gambar 4.8.

Tabel 4.11 Kontrol fuzzy

WAKTU	FUZZY
1	8
2	6,5
3	5,35
4	5,36
5	5,36
6	5,36
7	5,36
8	5,36
9	6,5
10	6,5
11	5,36
12	5,35
13	5
14	5,45
15	5,36
16	6,61
17	5,39
18	5,34
19	4,43
20	4,43
21	3,9
22	4,48
23	5,34
24	5,34
25	5,34
26	4,48
27	5,35
28	4,48
29	4,48
30	3,26
31	2,91
32	2,91
33	2,91
34	2,91
35	2,77



Gambar 4.14 Grafik kontrol fuzzy

Dari tabel 4.11 dan gambar 4.14, dapat dilihat bahwa, pada saat melakukan kontrol kualitas air, sistem fuzzy akan menurunkan nilai kualitas airnya hingga ke nilai terkecil. Nilai set point yang menjadi batasan, yaitu pada nilai 3. Nilai set point 3 digunakan untuk menjadi acuan atau batas nilai tingkat kualitas air karena menyesuaikan dengan kondisi air tambak. Nilai kualitas air pada grafik yang terbaca pertama dimulai pada saat nilai 8 yang menandakan bahwa kualitas airnya buruk, kemudian semakin turun hingga mencapai ke nilai yang mendekati nilai set point dan nilai yang terbaca pada sistem fuzzy menjadi stabil. Kualitas air pada sistem fuzzy ditentukan oleh 3 parameter, yaitu suhu air, salinitas air, dan kekeruhan air. Grafik fuzzy diperoleh saat melakukan proses kontrol kualitas air. Grafik ini digunakan untuk mengetahui nilai yang dihasilkan setelah dilakukan kontrol kualitas air. Nilai fuzzy akan semakin mengecil ketika proses kontrol kualitas air berlangsung.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil yang telah diperoleh dalam penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Mengendalikan kualitas air budidaya bandeng dengan metode fuzzy. Masukan fuzzy, yaitu suhu, salinitas, dan kekeruhan. Keluaran fuzzynya, yaitu kualitas air. Dari penelitian yang telah dilakukan saat nilai fuzzy yang dihasilkan bernilai 3,89 dengan suhu sebesar 27,06 °C, salinitas sebesar 15 ppm, kekeruhan sebesar 10 NTU, maka pompa akan mati yang menandakan bahwa kualitas air masih baik. Saat nilai fuzzy terbaca 8 dengan suhu sebesar 28,25 °C, salinitas sebesar 31 ppm, dan kekeruhan sebesar 21 NTU, maka pompa akan menyala yang menandakan bahwa kualitas air sedang buruk.
2. Pada kolam otomatis dan kolam konvensional berpengaruh terhadap berat dan panjang bandeng. Rata-rata berat ikan pada kolam otomatis sebesar 10,4 gram, sedangkan pada kolam konvensional sebesar 7,8 gram. Rata-rata panjang ikan pada kolam otomatis sebesar 8,9 cm, sedangkan pada kolam konvensional 8,1 cm.

5.2 Saran

Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan dan disempurnakan dikemudian hari, penulis memberikan saran, sebagai berikut:

1. Menambahkan parameter lain dari kualitas air, yaitu parameter pH. Parameter pH bisa menggunakan sensor pH. Sensor pH dapat digunakan untuk mengukur pH didalam air, selain itu pH merupakan parameter kualitas air yang penting untuk pertumbuhan ikan, sehingga proses pemantauan kualitas air akan lebih akurat.
2. Lebih ditingkatkan untuk penggunaan mikrokontroler ke arduino mega, agar saat menjalankan sistem fuzzy dapat meminimalisir error persen yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

A. Qalit and A. Rahman, “Rancang Bangun Prototipe Pemantauan Kadar Ph Dan Kontrol Suhu Serta Pemberian Pakan Otomatis Pada Budidaya Ikan Lele Sangkuriang Berbasis Iot,” *J. Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 8–15, 2017.

Agustinus Bambang Kusworo. “Pengelolaan Kualitas Air Pada Pembesaran Ikan Bandeng.” *Departemen Pendidikan Nasional Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar Dan Menengah Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan*, vol. 53, no. 9, 2004, pp. 1689–99.

Badan Standardisasi Nasional, “SNI 6148.3:2013 Ikan Bandeng (*Chanos chanos*, Forskal) - Bagian 3 : Produksi benih.,” *Sni*, pp. 1–13, 2011.

D. Alexander and O. Turang, “Pengembangan Sisrem Relay Pengenadalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu,” *Semin. Nas. Inform.*, vol. 2015, no. November, pp. 75–85, 2015.

DFRobot, “Gravity: Analog TDS Sensor , Meter For Arduino SKU SEN0244-DFRobot,” p. 1, 2020.

Elga Aris Prastyo. 2020. “*Turbidity Sensor (Kekeruhan Air) SEN0189*”.

Firman Wahyudi. 2015. “*Fuzzy Logic*”.

Goib Wiranto, I. D. 2010. Pembuatan Sistem Monitoring Kualitas Air. *Teknologi Indonesia*, 107-113.

H. F. Nurwirasaputra, S. Sumaryo, and ..., “Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Air Secara Real-time Untuk Budidaya Perikanan Menggunakan Metode Fuzzy Logic,” *eProceedings ...*, vol. 7, no. 2, pp. 2992–2999, 2020.

Indartono, Kuart, et al. “Perancangan Sistem Pemantau Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Air Tawar.” *Journal of Information System Management (JOISM)*, vol. 1, no. 2, 2020, pp. 11–17.

Kusuma, Kadek Bayu, et al. “Perancangan Sistem Pompa Air Dc Dengan Plts 20

- KWp Tianyar Tengah Sebagai Suplai Daya Untuk Memenuhi Kebutuhan Air.” *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 7, no. 2, 2020, pp. 46–56.
- Minggawati, Infa, and Saptono. “Parameter Kualitas Air Untuk Budidaya Ikan Patin (*Pangasius Pangasius*) Di Karamba Sungai Kahayan, Kota Palangkaraya.” *Jurnal Ilmu Hewani Tropika*, vol. 1, no. 1, 2012, pp. 27–30.
- Muhammad Jefri. 2014. “Kelayakan Parameter Fisika Kualitas Air Untuk Usaha Budidaya Ikan Bandeng Dengan Sistem Keramba Jaring Tancap (Kjt) Pada Lahan Bekas Galian Batu Merah (Studi Kasus Desa Gentungan, Kec Bajeng Barat, Kab. Gowa)”. Makasar: Universitas Negeri Makasar.
- N. C. Putra, Jayanta, and Y. Widiastiwi, “Penerapan Logika Fuzzy Untuk Mendeteksi Kualiatas Air Higiene Sanitasi Menggunakan Metode Sugeno (Studi Kasus : Air Tanah Kota Bekasi),” *J. Semin. Nas. Mhs. Ilmu Komput. dan Apl.*, vol. 1, no. 4, pp. 693–706, 2020.
- Oki Pratama. 2020. “*Konservasi Perairan Sebagai Upaya Menjaga Potensi Keluatan dan Perikanan Indonesia*”. <https://kkp.go.id/djprl/artikel/21045-konservasi-perairan-sebagai-upaya-menjaga-potensi-kelautan-dan-perikanan-indonesia> Diakses pada 14 Maret 2022
- P. Sistem and K. Otomatisasi, “Perancangan Sistem Kendali Otomatisasi On-Off Lampu Berbasis Arduino dan Borland Delphi,” no. November, pp. 117–123, 2018.
- Phillips, Michael, et al. *MENJELAJAHI MASA DEPAN PERIKANAN*.
- Puryono, Daniel Alfa. “Metode Fuzzy Inferensi System Mamdani Untuk Menentukan Bantuan Modal Usaha Bagi UMKM Ramah Lingkungan.” *Jurnal STIMIKA*, vol. 1, no. 1, 2014, pp. 1–6.
- Putra, Nanda Cahaya, et al. “Penerapan Logika Fuzzy Untuk Mendeteksi Kualiatas Air Higiene Sanitasi Menggunakan Metode Sugeno (Studi Kasus : Air Tanah Kota Bekasi).” *Jurnal Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer Dan Aplikasi*, vol. 1, no. 4, 2020, pp. 693–706.

Setiadi, David, and Muhamad Nurdin Abdul Muhaemin. "PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IoT) PADA SISTEM MONITORING IRIGASI (SMART IRIGASI)." *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi Dan Elektronika*, vol. 3, no. 2, 2018, p. 95.

Supegina, Fina, and Eka Jovi Setiawan. "Rancang Bangun Iot Temperature Controller Untuk Enclosure Bts Berbasis Microcontroller Wemos Dan Android." *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 8, no. 2, 2017, p. 145.

T. P. W.-I. Badrudin, "Budidaya Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Pada Tambak Ramah Lingkungan," *Budid. Ikan Bandeng (Chanos chanos) Pada Tambak Ramah Lingkung.*, pp. 1–22, 2014.

Ty, Avara Ghamaliel, and Pramudi Utomo. "Pengembangan Prototype Sistem Kendali Kualitas Air Tambak Udang." *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 4, no. 1, 2019, pp. 75–82.

Wadu, Robinson A., et al. "Rancang Bangun Sistem Sirkulasi Air Pada Akuarium/Bak Ikan Air Tawar Berdasarkan Kekeruhan Air Secara Otomatis." *Jurnal Ilmiah Flash*, vol. 3, no. 1, 2017, pp. 1–10,

LAMPIRAN

Lampiran 1. Program Alat Pemantauan dan kontrol kualitas air menggunakan Fuzzy

```

//-----sensor suhu-----//
#include <Wire.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#define sensorsuhuku 4
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
const byte degreeSymbol = B11011111;
OneWire ds18b20(sensorsuhuku);
DallasTemperature sensorSuhu(&ds18b20);
float suhuSekarang;
float suhuKalibrasi;
float suhu;
//----- tds-----//
#include <EEPROM.h>
#include "GravityTDS.h"
#define TdsSensorPin A1
GravityTDS gravityTds;
float teg;
float temperature = 25, tdsValue = 0;
int tdsKalibrasi1 = 0;
//----- kekeruhan-----//
int sensorkeruh;
float tegangan;
int kalibrasi;
int kekeruhan;

void setup()

```

```
{
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(4, 0);
  lcd.print("KUALITAS AIR");
  lcd.clear();
  sensorSuhu.begin();
  pinMode (A0, INPUT);
  gravityTds.setPin(TdsSensorPin);
  gravityTds.setAref(5.0);
  gravityTds.setAdcRange(1024);
  gravityTds.begin();
  Serial.begin(115200);
}

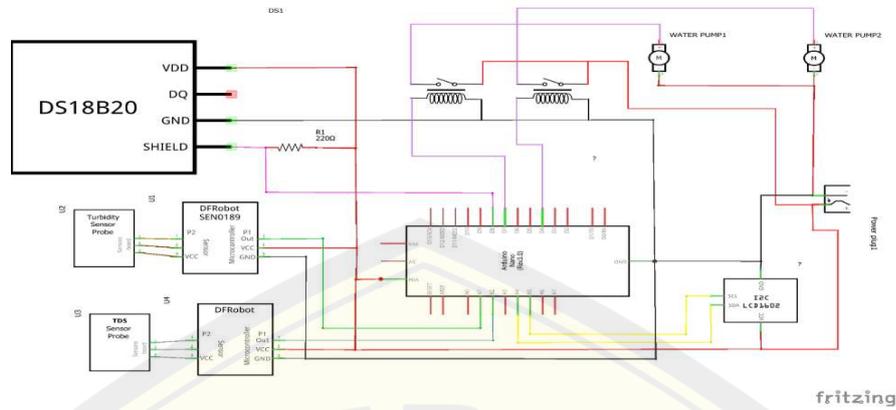
void loop()
{
  sensor_suhu();
  sensor_tds();
  sensor_turbidity();
}

void sensor_turbidity() {
  sensorkeruh = analogRead(A0);
  sensorkeruh = map(sensorkeruh, 0, 1023, 1023, 0);
  tegangan = sensorkeruh * (5.0 / 1024.0);
  kalibrasi = (sensorkeruh - 54.892) / 1.1854;
  lcd.setCursor(8, 0);
  lcd.print(kalibrasi);
  lcd.print("NTU  ");
}

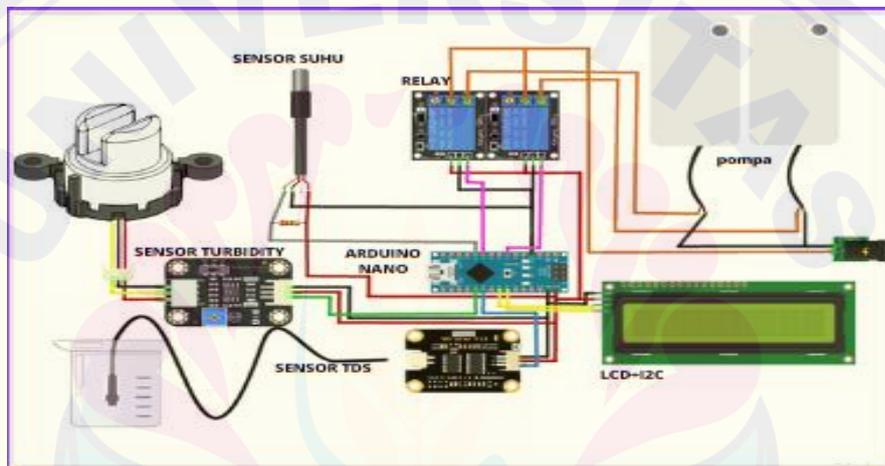
void sensor_tds() {
```

```
gravityTds.setTemperature(temperature);
gravityTds.update();
tdsValue = gravityTds.getTdsValue();
int tds= (tdsValue - 6.1672) / 1.2904;
tdsKalibrasi1 = tds;
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(tdsKalibrasi1);
lcd.print("ppm ");
lcd.setCursor(7, 1);
lcd.print(g_fisOutput[0]);
}
void sensor_suhu() {
float suhuSekarang = ambilSuhu();
float suhuKalibrasi = (suhuSekarang - 0.8411) /
0.9846;
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(suhuKalibrasi);
lcd.write(degreeSymbol);
lcd.print("C");
}
float ambilSuhu()
{
sensorSuhu.requestTemperatures();
float suhu = sensorSuhu.getTempCByIndex(0);
return suhu;
}
```

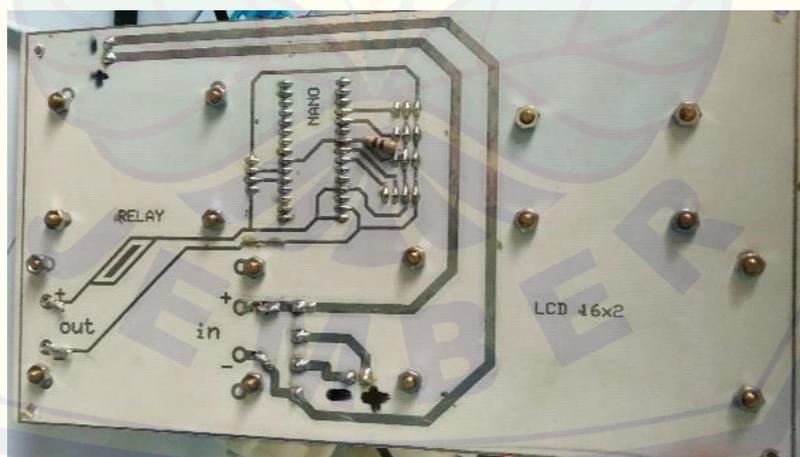
Lampiran 2. Dokumentasi Alat Penelitian



Gambar 1 Rangkaian skematik alat pemantauan dan kontrol kualitas air

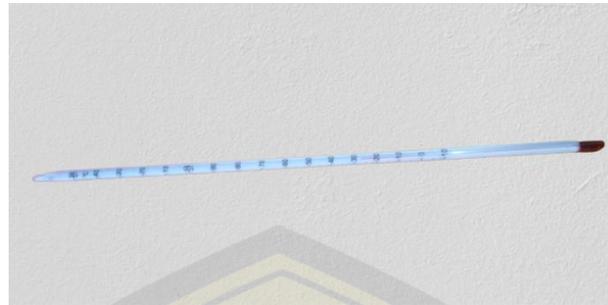


Gambar 2 Rangkaian elektronika alat pemantauan dan kontrol kualitas air



Gambar 3 rangkaian PCB

Lampiran 3. Dokumentasi Alat Ukur Kalibrasi Sensor



Gambar 4 Thermometer



Gambar 5 TDS meter



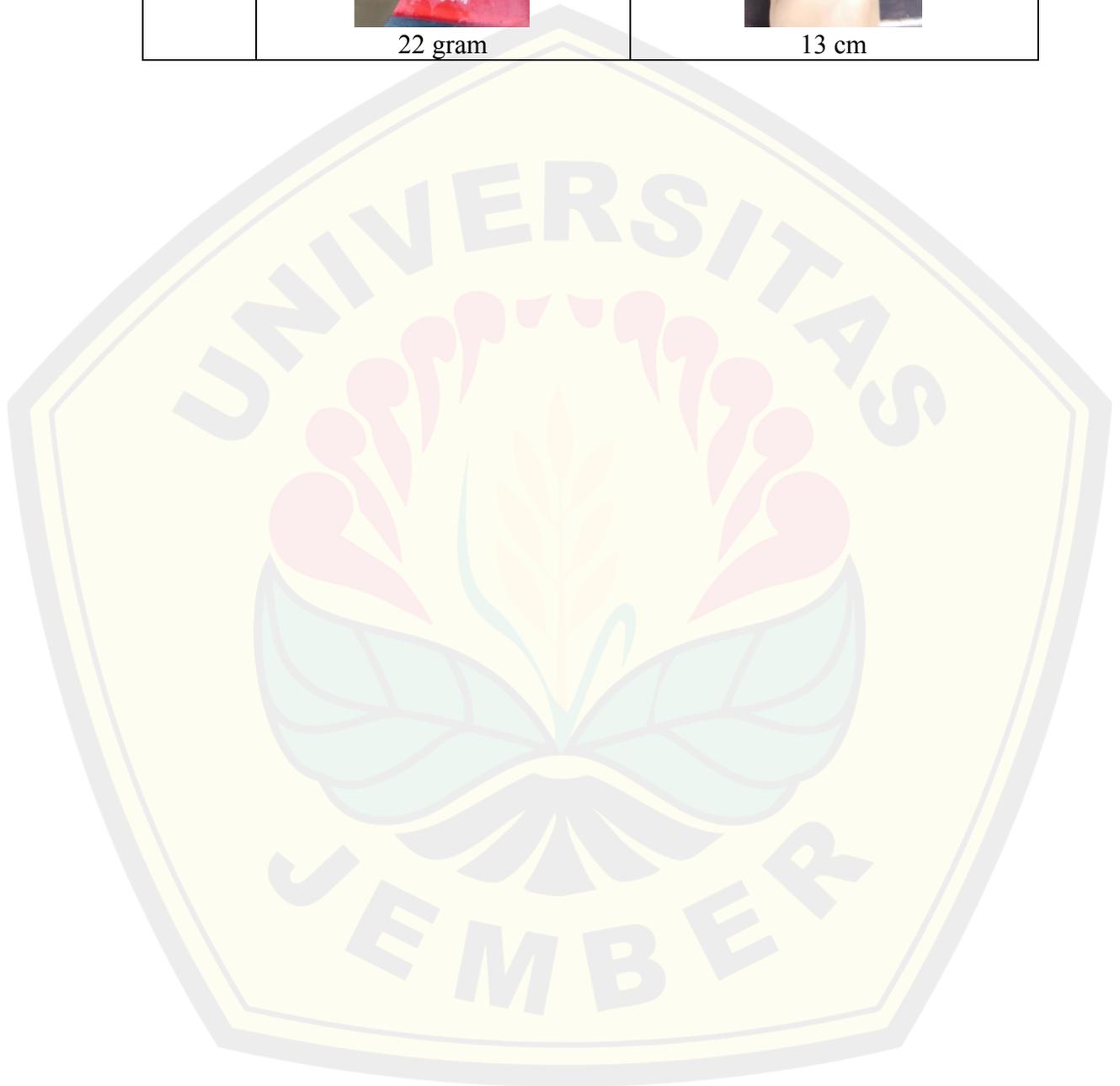
Gambar 6 Turbidity meter

Lampiran 4. Dokumentasi Pengukuran Panjang dan Berat Ikan

Tabel 1 pengukuran berat dan panjang ikan kolam otomatis

Minggu	Berat	Panjang
0	 2 gram	 4,5 cm
1	 5 gram	 6,5 cm
2	 9 gram	 9 cm
3	 14 gram	 11,5 cm

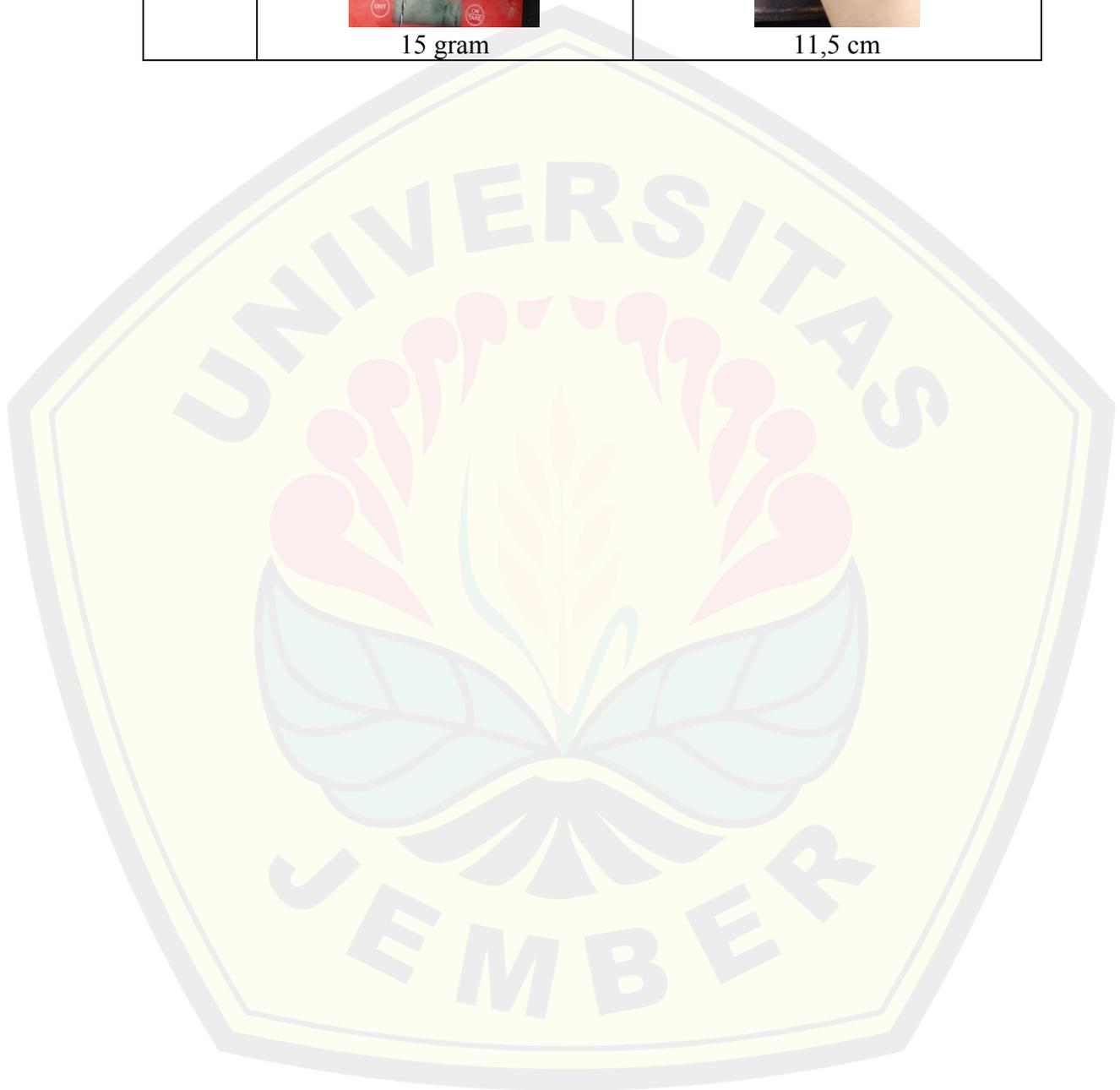
4	 <p data-bbox="603 611 715 642">22 gram</p>	 <p data-bbox="1082 611 1166 642">13 cm</p>
---	--	--



Tabel 2 pengukuran berat dan panjang ikan kolam konvensional

Minggu	Berat	Panjang
0	 2 gram	 4,5 cm
1	 4 gram	 5 cm
2	 7 gram	 9,5 cm
3	 11 gram	 10 cm

4	 <p data-bbox="608 607 710 642">15 gram</p>	 <p data-bbox="1070 607 1177 642">11,5 cm</p>
---	--	--





Lampiran 5.

Surat Permohonan Pengujian Kalibrasi Sensor

FORMULIR PERMOHONAN MELAKUKAN ANALISIS
JURUSAN KIMIA FMIPA UNIVERSITAS JEMBER
DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama lengkap : Imaniya Rosyidah
NIP/NIM : 181910201079
Fakultas/ Jurusan : Teknik / Teknik Elektro
Universitas : Universitas Jember
Alamat asal : Jl. Singajaya 03/01, Tulangan - Sidoarjo
Alamat di Jember : Jl. Mas III, Penumahan D'centro blok C1
Nomor HP : 087825415501
E-mail : imaniya06@gmail.com

Mengajukan permohonan untuk melakukan penelitian Laboratorium di Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember dengan judul **Sistem Pemantauan dan kontrol kualitas Air Budidaya Bandeng dengan metode fuzzy Logic**

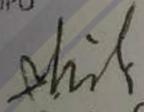
Saya sanggup memenuhi segala ketentuan yang berlaku Atas ini yang diberikan disampaikan terima kasih

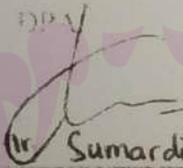
Mengetahui

Jember, 23 Agustus 2022
Hormat saya

DPU

DPA


Ak Rizal Chaidir, ST-MT
NIP 760015759


Ir. Sumardi, ST, MT
NIP 196701131998021001


Imaniya Rosyidah
NIM 181910201079

PERIKAR PERSETUJUAN

Ketua URG CIA Jurusan Kimia memotaskan bahwa peneliti tersebut diatas di nyatakan

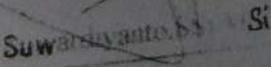
1. **DISETUJUI** untuk melakukan penelitian di Laboratorium yang ada di Jurusan Kimia dengan ketentuan .

Setelah selesai melakukan penelitian peneliti harus segera menyelesaikan urusan administrasi dan biaya penelitian di bagian administrasi dan keuangan Jurusan Kimia

2. **TIDAK DISETUJUI** dengan alasan

Jember, 23 Agustus 2022

Mengetahui
Ketua CIA


Suwardiyanto, S.Si
NIP 19759111198021001