

**KENDALI DAN *MONITORING* PH AIR AKUAPONIK
BERBASIS IOT DENGAN METODE *FUZZY TYPE-2***

SKRIPSI



Oleh :

DEVAN CAKRA MUDRA WIJAYA

NPM. 18081010013

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2022**

**KENDALI DAN *MONITORING* PH AIR AKUAPONIK
BERBASIS IOT DENGAN METODE *FUZZY TYPE-2***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer Program Studi Informatika



Oleh :

DEVAN CAKRA MUDRA WIJAYA

NPM. 18081010013

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : KENDALI DAN *MONITORING* PH AIR AKUAPONIK
BERBASIS IOT DENGAN METODE *FUZZY TYPE-2*

Oleh : DEVAN CAKRA MUDRA WIJAYA

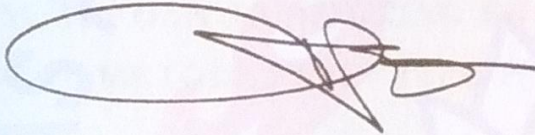
NPM : 18081010013

Telah Diseminarkan Dalam Ujian Skripsi Pada :
Hari Rabu, Tanggal 25 Mei 2022

Mengetahui

Dosen Pembimbing

1.



Dr. Basuki Rahmat, S.Si, MT.
NIPPPK. 19690723 2021211 002

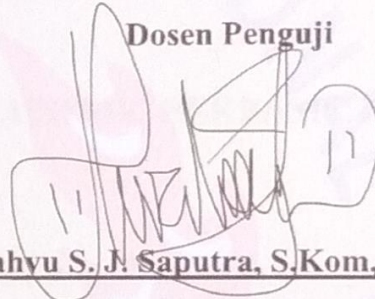
2.



Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom, M.Kom.
NIPPPK. 19890705 2021212 002

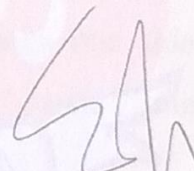
Dosen Penguji

1.



Wahyu S. J. Saputra, S.Kom, M.Kom.
NIPPPK. 19860825 2021211 003

2.

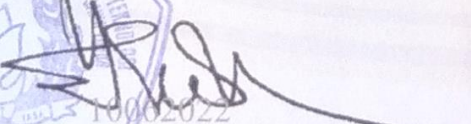


Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom, M.Kom.
NIPPPK. 19890705 2021212 002

Menyetujui

Dekan

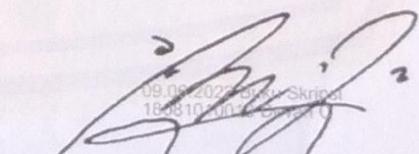
Fakultas Ilmu Komputer



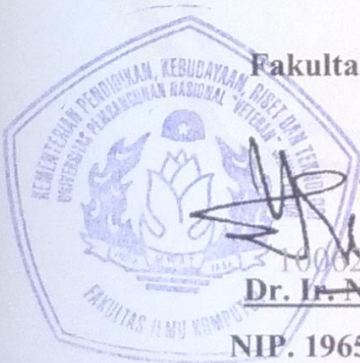
Dr. Ir. Ni Ketut Sari, MT.
NIP. 19650731 199203 2 001

Koordinator Program Studi

Informatika



Budi Nugroho, S.Kom, M.Kom.
NIPPPK. 19800907 2021211 005



SURAT PERNYATAAN ANTI PLAGIAT

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002 tentang Hak Cipta dan Permendiknas Nomor 17 Tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi. Saya, mahasiswa Informatika UPN "Veteran" Jawa Timur, yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : DEVAN CAKRA MUDRA WIJAYA
NPM : 18081010013

Menyatakan bahwa Judul Skripsi atau Tugas Akhir yang Saya ajukan dan kerjakan berjudul sebagai berikut :

“KENDALI DAN *MONITORING* PH AIR AKUAPONIK BERBASIS IOT DENGAN METODE *FUZZY TYPE-2*”

Bukan merupakan plagiat dari Skripsi atau Tugas Akhir atau Penelitian orang lain dan juga bukan merupakan produk dan atau *software* yang saya beli dari pihak lain. Saya juga menyatakan bahwa Skripsi atau Tugas Akhir ini adalah pekerjaan Saya sendiri, kecuali yang dinyatakan dalam Daftar Pustaka dan tidak pernah diajukan untuk syarat memperoleh gelar di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lain.

Jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini terbukti tidak benar, maka Saya siap menerima segala konsekuensinya.

Surabaya, 18 Mei 2022

Hormat Saya,



DEVAN CAKRA MUDRA WIJAYA

NPM. 18081010013

KENDALI DAN *MONITORING* PH AIR AKUAPONIK BERBASIS IOT DENGAN METODE *FUZZY TYPE-2*

Nama Mahasiswa : Devan Cakra Mudra Wijaya

NPM : 18081010013

Program Studi : Informatika

Dosen Pembimbing : 1. Dr. Basuki Rahmat, S.Si, MT.

2. Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom, M.Kom.

ABSTRAK

Covid-19 yang berlangsung di tahun 2020 menyebabkan perekonomian masyarakat global semakin menurun. Hal tersebut sangat mengkhawatirkan terutama dari sisi ketahanan pangan, sehingga masyarakat harus bergegas untuk menyelesaikan permasalahan tersebut secara mandiri. Budidaya dengan sistem akuaponik merupakan sebuah solusi alternatif yang dapat dilakukan saat ini, namun pengendalian pH sangat sulit untuk diatur yang terkadang dapat menyebabkan gagal panen. Hal tersebut dapat diselesaikan oleh penulis melalui sistem kendali dan *monitoring* pH air akuaponik berbasis IoT dengan metode *Fuzzy type-2*. Pada penelitian ini, penulis memakai mikrokontroler jenis NodeMCU ESP32 yang terintegrasi dengan *platform* i-ot.net dan *bot telegram*. Metodologi yang diterapkan pada penelitian ini menggunakan RAD (*Rapid Application Development*). Kategori pH terdiri dari 5 macam yaitu asam kuat (0-3), asam lemah (4-6), netral (7), basa lemah (8-10), dan basa kuat (11-14). Berdasarkan hasil pengujian, sistem yang dibuat ini dapat berjalan dengan baik dan telah valid yang ditunjukkan oleh adanya kesesuaian antara sistem dengan *requirement*. Lalu galat selisih rata-rata yang ada pada *sensor* sebesar 0,8. Sedangkan galat sistematis rata-rata yang ada pada *sensor* sebesar 0,1%. Kemudian, akurasi rata-rata yang ada pada *sensor* sebesar 91%. Dengan adanya sistem ini, masyarakat dapat mengikuti hasil uji coba yang sudah dilakukan.

Kata kunci: *pH, Akuaponik, IoT, On-Off Controller, Fuzzy Type-2, Bot Telegram.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian skripsi yang berjudul “**Kendali dan *Monitoring* pH Air Akuaponik Berbasis IoT Dengan Metode *Fuzzy Type-2***” sebagai bentuk pertanggungjawaban penulis terhadap pelaksanaan penelitian skripsi dengan baik. Isi dari laporan ini ialah pemaparan terkait rancang bangun sistem yang dapat menjaga keseimbangan pH pada air akuaponik dari jarak yang jauh, sehingga pertumbuhan ikan lele dan sawi pakcoy dapat menjadi optimal.

Adapun penelitian ini dilakukan sebagai persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Komputer Program Studi Informatika di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Penulis menyadari bahwa laporan penelitian tugas akhir atau skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Atas segala kekurangan dan ketidaksempurnaan penelitian ini, penulis sangat mengharapkan masukan, kritik, dan saran yang bersifat membangun ke arah perbaikan dan penyempurnaan dalam proses penelitian dan pembuatan laporan. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini. Penulis berharap dengan adanya laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 18 Mei 2022

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Allah SWT yang selalu ada dalam memberikan berbagai macam kemudahan saat penulis berada di titik terendah. Kedua orang tua serta keluarga besar yang selama ini mendukung dan mendoakan keberhasilan penulis dalam melakukan segala hal yang positif. Kemudian, tidak lupa penulis berterima kasih kepada semua pihak yang turut membantu melancarkan proses penyelesaian penelitian skripsi ini, yaitu kepada yang terhormat :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, M.MT., IPU., selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Dr. Ir. Ni Ketut Sari, MT., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Dr. Basuki Rahmat, S.Si, MT., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang selalu memberikan dukungan berupa saran, arahan, dan juga inovasi dalam proses penyelesaian skripsi ini.
4. Ibu Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom, M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang selalu memberikan dukungan berupa koreksi, arahan, dan juga saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Almamater tercinta yang selalu memfasilitasi penulis selama ini, sehingga penulis dapat mengembangkan keilmuannya ke arah inovasi bela negara.
6. Komunitas Robotika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan kesempatan bagi penulis dalam mengeksplorasi keilmuan sistem kontrol.
7. Seluruh teman senasib seperjuangan (angkatan 2018), kakak tingkat, serta adek tingkat yang selama ini tetap saling membantu di samping kesibukan.
8. Heri Khariono, Merdin Risalul Abrori, Rifky Akhmad Fernanda, dan Haidar Ananta Kusuma yang mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Toko ISEE Robot dan CNC Bandung yang selalu menyediakan kebutuhan penulis dalam pengadaan *hardware*.
10. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Terima kasih atas bantuannya, semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan yang setimpal kepada semua pihak yang telah membantu penulis dengan dukungan secara finansial, emosional, do'a, dan waktu yang telah diluangkan, sehingga penulis telah berhasil melaksanakan penelitian dan proses penyusunan laporan skripsi dengan baik dan tepat.

Akhir kata, penulis menyadari dalam penulisan laporan penelitian skripsi ini masih jauh dari kata sempurna serta masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu penulis mengharapkan adanya masukan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan proses penelitian atau penyusunan laporan yang mungkin akan dilakukan lagi dikemudian hari. Penulis berharap, semoga laporan penelitian skripsi ini memberikan dampak yang positif bagi pembaca dan khususnya bagi penulis juga.

Surabaya, 18 Mei 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
SURAT PERNYATAAN ANTI PLAGIAT	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR <i>SOURCE CODE</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah	5
1.4. Tujuan.....	5
1.5. Manfaat.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Penelitian Terdahulu.....	7
2.2. Dasar Teori	9
2.2.1. Derajat Keasaman (pH).....	9
2.2.2. Sejarah <i>Fuzzy</i>	10
2.2.3. Variabel <i>Fuzzy</i>	11
2.2.4. Himpunan <i>Fuzzy</i>	11
2.2.5. Himpunan Tegas	11
2.2.6. Himpunan Semesta.....	12

2.2.7.	<i>Domain</i>	12
2.2.8.	Fungsi Keanggotaan.....	12
2.2.8.1.	<i>Footprint Of Uncertainty (FOU)</i>	13
2.2.8.2.	<i>Upper Membership Function (UMF)</i>	13
2.2.8.3.	<i>Lower Membership Function (LMF)</i>	13
2.2.9.	Representasi Kurva	13
2.2.9.1.	Representasi Kurva Linear.....	14
2.2.9.2.	Representasi Kurva Segitiga.....	15
2.2.9.3.	Representasi Kurva Trapesium.....	16
2.2.9.4.	Representasi Kurva Gaussian	17
2.2.9.5.	Representasi Kurva Beta.....	18
2.2.10.	Operator <i>Fuzzy</i>	19
2.2.10.1.	Operator AND (<i>Meet</i>).....	19
2.2.10.2.	Operator NOT (<i>Negation</i>).....	20
2.2.10.3.	Operator OR (<i>Join</i>)	20
2.2.11.	Cara Kerja <i>Fuzzy Type-2</i>	20
2.2.11.1.	Fuzzifikasi (<i>Fuzzifier</i>).....	21
2.2.11.2.	Inferensi (<i>Inference Rule</i>).....	21
2.2.11.3.	Reduksi Tipe (<i>Typeduction</i>)	21
2.2.11.4.	Defuzzifikasi (<i>Defuzzifier</i>).....	22
2.2.12.	<i>Internet of Things</i>	23
2.2.13.	NodeMCU ESP32	24
2.2.14.	PH Sensor Kit.....	25
2.2.15.	<i>Electrical Relay</i>	26
2.2.16.	NodeMCU ESP32 <i>Baseboard</i>	26
2.2.17.	<i>Submersible Pump Aquarium</i>	27

2.2.18. <i>Pneumatic Solenoid Valve</i>	28
2.2.19. <i>Piezo Buzzer</i>	28
2.2.20. LCD I2C.....	29
2.2.21. <i>Switching Power Supply</i>	30
2.2.22. RTC (<i>Real Time Clock</i>).....	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1. Metode Penelitian.....	31
3.1.1. Prasyarat (<i>Requirement</i>).....	32
3.1.1.1. Studi Literatur	32
3.1.1.2. Analisis Masalah.....	32
3.1.1.3. Analisis Solusi	32
3.1.1.4. Analisis Kebutuhan.....	32
3.1.1.5. Analisis Sistem	33
3.1.2. Perancangan Prototipe (<i>Prototyping</i>).....	34
3.1.2.1. Skema Perancangan <i>Software</i>	34
3.1.2.2. Skema Perancangan <i>Hardware</i>	41
3.1.2.3. Skema Perancangan Sistem Akuaponik	46
3.1.2.4. Skema Perancangan Logika <i>Fuzzy Type-2</i>	46
3.1.3. Hasil (<i>Output</i>)	56
3.1.4. Pengujian (<i>Testing</i>)	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1. Hasil Penelitian.....	59
4.1.1. Implementasi Rancangan <i>Hardware</i>	59
4.1.1.1. Implementasi Rangkaian <i>Hardware</i> pH <i>Up-Down</i>	59
4.1.1.2. Implementasi Rangkaian <i>Hardware</i> Monitor	60
4.1.1.3. Implementasi Rangkaian <i>Hardware</i> Timer.....	60

4.1.1.4.	Implementasi Rangkaian <i>Hardware Alarm</i>	61
4.1.1.5.	Implementasi Rangkaian <i>Hardware pH</i>	61
4.1.1.6.	Implementasi Rangkaian <i>Hardware Pompa Sirkulasi</i>	62
4.1.1.7.	Implementasi Rangkaian <i>Hardware Secara Keseluruhan</i>	62
4.1.2.	Implementasi Rancangan <i>Software</i>	63
4.1.2.1.	Instalasi <i>CP210X Driver</i>	64
4.1.2.2.	Instalasi dan Pengaturan <i>Board NodeMCU ESP32</i>	64
4.1.2.3.	Instalasi dan Pengaturan <i>Library</i>	67
4.1.2.4.	Implementasi Kalibrasi <i>Hardware (pH Sensor Kit dan RTC)</i> ..	68
4.1.2.5.	Implementasi <i>On-Off Controller</i>	69
4.1.2.6.	Implementasi <i>Internet of Things</i>	70
4.1.2.7.	Implementasi <i>Bot Telegram</i>	74
4.1.2.8.	Implementasi Logika <i>Fuzzy Type-2</i>	77
4.1.3.	Implementasi Rancangan Sistem Akuaponik	81
4.1.3.1.	Implementasi Sistem Akuakultur.....	81
4.1.3.2.	Implementasi Sistem Hidroponik	84
4.1.3.3.	Perawatan Sistem Akuaponik	87
4.1.3.4.	Hasil Budidaya Akuaponik.....	88
4.2.	Pengujian (Eksperimen)	89
4.2.1.	Pengujian <i>Hardware Dengan Multimeter</i>	89
4.2.2.	Pengujian Koneksi <i>Wi-Fi</i>	90
4.2.3.	Pengujian Koneksi <i>IoT</i>	90
4.2.4.	Pengujian Koneksi <i>Bot Telegram</i>	91
4.2.5.	Pengujian Opsi <i>Bot Telegram</i>	91
4.2.6.	Pengujian pH dengan Kertas Lakmus	102
4.2.7.	Pengujian <i>Monitoring pH</i>	105

4.2.8. Pengujian Pengaruh pH Asam	109
4.2.9. Pengujian <i>Fuzzy Type-2</i>	110
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	113
5.1. Kesimpulan.....	113
5.2. Saran	113
DAFTAR PUSTAKA	115
TENTANG PENULIS.....	123

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1.....	11
Persamaan 2.2.....	11
Persamaan 2.3.....	13
Persamaan 2.4.....	13
Persamaan 2.5.....	13
Persamaan 2.6.....	14
Persamaan 2.7.....	15
Persamaan 2.8.....	16
Persamaan 2.9.....	17
Persamaan 2.10.....	18
Persamaan 2.11.....	19
Persamaan 2.12.....	19
Persamaan 2.13.....	20
Persamaan 2.14.....	20
Persamaan 2.15.....	21
Persamaan 2.16.....	21
Persamaan 2.17.....	22
Persamaan 2.18.....	22
Persamaan 2.19.....	22
Persamaan 2.20.....	22
Persamaan 3.1.....	39
Persamaan 3.2.....	39
Persamaan 3.3.....	57
Persamaan 3.4.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Hasil Penelitian.....	7
Tabel 3.1 Analisis kebutuhan <i>hardware</i>	33
Tabel 3.2 Analisis kebutuhan <i>software</i>	33
Tabel 3.3 Skenario otomatisasi sistem.....	34
Tabel 3.4 Skenario kontrol sistem	36
Tabel 3.5 Perhitungan Regresi Linear pH <i>Sensor</i>	39
Tabel 3.6 Aturan Dasar Inferensi <i>Fuzzy Type-2</i>	51
Tabel 3.7 Nilai Fungsi Keanggotaan pHair	54
Tabel 3.8 Reduksi Tipe Bagian 1	54
Tabel 3.9 Reduksi Tipe Bagian 2 (Kiri)	54
Tabel 3.10 Reduksi Tipe Bagian 2 (Kanan).....	55
Tabel 3.11 Skenario uji coba (<i>by manual</i>).....	58
Tabel 3.12 Skenario uji coba (<i>by system</i>).....	58
Tabel 4.1 Pengujian <i>Monitoring</i> pH	105
Tabel 4.2 Pengaruh pH Asam terhadap pertumbuhan Sawi Pakcoy dan Lele	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Derajat Keasaman (pH)	9
Gambar 2.2 Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Type-2</i>	12
Gambar 2.3 Representasi Kurva Linear Naik	14
Gambar 2.4 Representasi Kurva Linear Turun.....	15
Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga.....	16
Gambar 2.6 Representasi Kurva Trapesium.....	17
Gambar 2.7 Representasi Kurva Gaussian	18
Gambar 2.8 Representasi Kurva Beta	18
Gambar 2.9 Cara Kerja <i>Fuzzy Type-2</i>	20
Gambar 2.10 Cara Kerja <i>Internet of Things</i>	23
Gambar 2.11 NodeMCU ESP32	25
Gambar 2.12 PH <i>Sensor Kit</i>	25
Gambar 2.13 <i>Electrical Relay</i>	26
Gambar 2.14 NodeMCU ESP32 <i>Baseboard</i>	27
Gambar 2.15 <i>Submersible Pump Aquarium</i>	27
Gambar 2.16 <i>Pneumatic Solenoid Valve</i>	28
Gambar 2.17 <i>Piezo Buzzer</i>	29
Gambar 2.18 LCD I2C	29
Gambar 2.19 <i>Switching Power Supply</i>	30
Gambar 2.20 RTC (<i>Real Time Clock</i>).....	30
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian.....	31
Gambar 3.2 <i>Workflow Sistem</i>	38
Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem.....	40
Gambar 3.4 Diagram Rangkaian <i>Hardware pH Up-Down</i>	41

Gambar 3.5 Diagram Rangkaian <i>Hardware Monitor</i>	42
Gambar 3.6 Diagram Rangkaian <i>Hardware Timer</i>	43
Gambar 3.7 Diagram Rangkaian <i>Hardware Alarm</i>	43
Gambar 3.8 Diagram Rangkaian <i>Hardware pH</i>	44
Gambar 3.9 Diagram Rangkaian <i>Hardware Pompa Sirkulasi</i>	44
Gambar 3.10 Perancangan <i>Hardware Secara Keseluruhan</i>	45
Gambar 3.11 Perancangan <i>Main Box</i>	45
Gambar 3.12 Perancangan Sistem Akuaponik	46
Gambar 3.13 <i>Fuzzy Interface System</i>	47
Gambar 3.14 Grafik <i>Input Variabel pHair</i>	47
Gambar 3.15 <i>FIS Output Variable “RelaypHup”</i>	49
Gambar 3.16 Durasi waktu pada variabel “RelaypHup”	50
Gambar 3.17 <i>FIS Output Variable “RelaypHdown”</i>	50
Gambar 3.18 Durasi waktu pada variabel “RelaypHdown”	50
Gambar 4.1 Implementasi Rangkaian <i>Hardware pH Up-Down</i>	59
Gambar 4.2 Implementasi Rangkaian <i>Hardware Monitor</i>	60
Gambar 4.3 Implementasi Rangkaian <i>Hardware Timer</i>	60
Gambar 4.4 Implementasi Rangkaian <i>Hardware Alarm</i>	61
Gambar 4.5 Implementasi Rangkaian <i>Hardware pH</i>	61
Gambar 4.6 Implementasi Rangkaian <i>Hardware Pompa Sirkulasi</i>	62
Gambar 4.7 Tampilan Depan Rangkaian <i>Hardware Keseluruhan</i>	62
Gambar 4.8 Tampilan Samping Rangkaian <i>Hardware Keseluruhan</i>	63
Gambar 4.9 Tampilan Belakang Rangkaian <i>Hardware Keseluruhan</i>	63
Gambar 4.10 <i>Download CP210X Driver</i>	64
Gambar 4.11 <i>Install CP210X Driver</i>	64

Gambar 4.12 <i>Additional Board Manager</i> URL ESP32.....	65
Gambar 4.13 Install ESP32 <i>Board</i>	65
Gambar 4.14 Pengaturan <i>Board</i> ESP32.....	66
Gambar 4.15 Pengaturan <i>Port</i> (COM) ESP32	66
Gambar 4.16 Install <i>Library</i> di <i>Library Manager</i>	67
Gambar 4.17 Install <i>Library</i> Manual.....	68
Gambar 4.18 Hasil Install <i>Library</i> Manual.....	68
Gambar 4.19 Tahapan pertama i-ot.net: memilih paket <i>instance</i>	71
Gambar 4.20 Tahapan kedua i-ot.net: atur <i>node</i>	71
Gambar 4.21 Tahapan ketiga i-ot.net: konfirmasi	71
Gambar 4.22 Tahapan keempat i-ot.net: pilih detail	72
Gambar 4.23 Tahapan kelima i-ot.net: tambah <i>device</i>	72
Gambar 4.24 Hasil pengisian <i>client id</i> , hak akses, dan <i>filter topic</i>	73
Gambar 4.25 Pembuatan <i>Bot Telegram</i>	74
Gambar 4.26 <i>Bot Telegram</i> Berhasil Dibuat.....	75
Gambar 4.27 Penerapan Tanah Sebagai Dasar Akuarium	81
Gambar 4.28 Perendaman Tanah Akuarium.....	82
Gambar 4.29 Pelarutan Garam Pada Air Akuarium	82
Gambar 4.30 Pelarutan <i>Nitro-Bacteria</i> Pada Air Akuarium	83
Gambar 4.31 Benih Ikan Lele Dumbo	83
Gambar 4.32 Penebaran Benih Ikan Lele	84
Gambar 4.33 Pembuatan Lahan Tanam Hidroponik	84
Gambar 4.34 Merendam Biji Sawi Pakcoy	85
Gambar 4.35 Menerapkan Biji Pada <i>Rockwool</i>	85
Gambar 4.36 Penyemaian Sawi Pakcoy	86

Gambar 4.37 Pemindahan Lahan Tanam Hidroponik	86
Gambar 4.38 Pemberian Larutan AB <i>Mix Cair</i>	88
Gambar 4.39 Hasil Budidaya Ikan Lele.....	88
Gambar 4.40 Hasil Budidaya Sawi Pakcoy	89
Gambar 4.41 Pengujian <i>Multimeter</i> pada <i>Hardware</i>	89
Gambar 4.42 Notifikasi Koneksi <i>Wi-Fi</i> Berhasil.....	90
Gambar 4.43 Notifikasi Koneksi <i>Wi-Fi</i> Gagal.....	90
Gambar 4.44 Notifikasi Koneksi IoT Berhasil	90
Gambar 4.45 Notifikasi Koneksi IoT Gagal	91
Gambar 4.46 Notifikasi Koneksi <i>Bot Telegram</i> Berhasil.....	91
Gambar 4.47 Notifikasi Koneksi <i>Bot Telegram</i> Gagal.....	91
Gambar 4.48 Respon <i>bot telegram</i> jika kode rahasia benar	92
Gambar 4.49 Respon <i>bot telegram</i> jika kode rahasia salah.....	92
Gambar 4.50 Respon opsi “Iya” pada menu Bantuan <i>Bot</i>	93
Gambar 4.51 Respon opsi “Tidak” pada menu Bantuan <i>Bot</i>	93
Gambar 4.52 <i>Monitoring pH</i> melalui <i>bot telegram</i>	94
Gambar 4.53 Menu “Pengaturan pH”	94
Gambar 4.54 Sub Menu “ <i>All-pH</i> ”	95
Gambar 4.55 Aksi <i>All-pH</i> “ <i>ON</i> ” Jika “Iya”	95
Gambar 4.56 Aksi <i>All-pH</i> “ <i>ON</i> ” Jika “Tidak”	96
Gambar 4.57 Aksi <i>All-pH</i> “ <i>OFF</i> ” Jika “Iya”	96
Gambar 4.58 Aksi <i>All-pH</i> “ <i>OFF</i> ” Jika “Tidak”	97
Gambar 4.59 Sub Menu “ <i>pH-Up</i> ”	97
Gambar 4.60 Aksi <i>pH-Up</i> “ <i>ON</i> ” Jika “Iya”	98
Gambar 4.61 Aksi <i>pH-Up</i> “ <i>ON</i> ” Jika “Tidak”	98

Gambar 4.62 Aksi pH-Up “OFF” Jika “Iya”	99
Gambar 4.63 Aksi pH-Up “OFF” Jika “Tidak”	99
Gambar 4.64 Sub Menu “pH-Down”	100
Gambar 4.65 Aksi pH-Down “ON” Jika “Iya”	100
Gambar 4.66 Aksi pH-Down “ON” Jika “Tidak”	101
Gambar 4.67 Aksi pH-Down “OFF” Jika “Iya”	101
Gambar 4.68 Aksi pH-Down “OFF” Jika “Tidak”	102
Gambar 4.69 Pengujian Kertas Lakmus (Asam Kuat)	103
Gambar 4.70 Pengujian Kertas Lakmus (Asam Lemah)	103
Gambar 4.71 Pengujian Kertas Lakmus (Netral)	104
Gambar 4.72 Pengujian Kertas Lakmus (Basa Lemah)	104
Gambar 4.73 Pengujian Kertas Lakmus (Basa Kuat)	105
Gambar 4.74 Pengujian <i>Fuzzy Type-2</i> : Asam Kuat	110
Gambar 4.75 Pengujian <i>Fuzzy Type-2</i> : Asam Lemah	111
Gambar 4.76 Pengujian <i>Fuzzy Type-2</i> : Netral	111
Gambar 4.77 Pengujian <i>Fuzzy Type-2</i> : Basa Lemah	112
Gambar 4.78 Pengujian <i>Fuzzy Type-2</i> : Basa Kuat	112

DAFTAR SOURCE CODE

<i>Source Code 4.1 Kalibrasi pH</i>	68
<i>Source Code 4.2 Kalibrasi Waktu</i>	69
<i>Source Code 4.3 On-Off Controller : Alarm (dinamis).....</i>	69
<i>Source Code 4.4 On-Off Controller : pH Up-Down (statis)</i>	70
<i>Source Code 4.5 On-Off Controller : pH Up-Down (dinamis).....</i>	70
<i>Source Code 4.6 Konfigurasi IoT</i>	73
<i>Source Code 4.7 Publish Data IoT : Monitoring pH</i>	74
<i>Source Code 4.8 Konfigurasi Bot Telegram.....</i>	75
<i>Source Code 4.9 Reply Keyboard Bot Telegram</i>	75
<i>Source Code 4.10 Inline Keyboard Bot Telegram</i>	76
<i>Source Code 4.11 Menu Bot Telegram</i>	76
<i>Source Code 4.12 Fuzzifikasi</i>	77
<i>Source Code 4.13 Inferensi</i>	79
<i>Source Code 4.14 Reduksi Tipe dan Defuzzifikasi</i>	79
<i>Source Code 4.15 Reset IT2FL pH Akuaponik</i>	80