



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**OPTIMALISASI PENGENDALIAN OKSIGEN TERLARUT
DAN SUHU PADA AKUAKULTUR IKAN KOI DENGAN
VENTURI AERATOR, PELTIER, DAN IOT BERBASIS
LOGIKA FUZZY ANFIS**

TESIS
**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

MUHAMAD TAUFIK KUROHMAN
2309511009

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN
REKAYASA KONTROL INDUSTRI
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI 2025**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**OPTIMALISASI PENGENDALIAN OKSIGEN TERLARUT
DAN SUHU PADA AKUAKULTUR IKAN KOI DENGAN
VENTURI AERATOR, PELTIER, DAN IOT BERBASIS
LOGIKA FUZZY ANFIS**

TESIS

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
Mencapai derajat Magister Terapan dalam Bidang Rekayasa Kontrol Industri

MUHAMAD TAUFIK KUROHMAN
2309511009

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN
REKAYASA KONTROL INDUSTRI
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI 2025**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta.

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan oleh Politeknik Negeri Jakarta kepada saya.

Depok, 18 Juli 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Muhamad Taufik Kurohman
NIM 2309511009



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN-PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhamad Taufik Kurohman

NIM : 2309511009

Tanda Tangan : 

Tanggal : 18 Juli 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini yang diajukan oleh:

Nama : Muhamad Taufik Kurohman
NIM : 2309511009
Program Studi : Teknik Elektro – Rekayasa Kontrol Industri
Judul : Optimalisasi Pengendalian Oksigen Terlarut dan Suhu pada Akuakultur Ikan Koi dengan Venturi Aerator, Peltier, dan IoT Berbasis Logika Fuzzy *ANFIS*

Telah diuji oleh Tim Penguji dalam Sidang Tesis pada hari Senin tanggal 15 Juli tahun 2025 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh derajat gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Rekayasa Tenaga Listrik Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I : Dr. Drs. A. Tossin Alamsyah, S.T., M.T.

()

Pembimbing II : Dr. Murie Dwiyantri, S.T., M.T.

()

Penguji I : Dr. Ir. Dewi Yanti Liliana, S.Kom., M.Kom.

()

Penguji II : Dr. Yenniwarti Rafsyam, SST., M.T.

()

Penguji III : Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si.

()

Disahkan oleh
Ketua Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta




Dr. Isdawimah, S. T., M. T.
NIP. 196305051988112001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas rahmat dan ridho Allah SWT yang telah memberikan karunia kesehatan, waktu, ilmu, kekuatan dan kesempatan, sehingga dapat menyelesaikan Tesis kami yang berjudul **“Optimalisasi Pengendalian Oksigen Terlarut dan Suhu pada Akuakultur Ikan Koi dengan Venturi Aerator, Peltier, dan IoT Berbasis Logika Fuzzy ANFIS”**. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam proses pembuatan tesis ini tidak luput dari keterlibatan beberapa pihak sehingga dapat diselesaikan dengan sesuai rencana. Untuk itu kami ucapkan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Istri tercinta dan orang tua yang selalu memberikan dukungan, cinta dan pengertian selama masa studi ini. Dukungan dan doa mereka menjadi sumber kekuatan yang tidak ternilai bagi penulis.
2. Bapak Dr. Drs. A. Tossin Alamsyah, S.T., M.T. dan Ibu Dr. Murie Dwiyantri, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam proses penyesuaian tesis ini.
3. Bapak Nana Sutarna, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, atas arahan dan dukungannya selama penulis menimba ilmu di Politeknik Negeri Jakarta.
4. Ibu Dr. Isdawimah, S.T., M.T., selaku Ketua Program Pascasarjana, Politeknik Negeri Jakarta, atas dukungan, motivasi dan semangat yang diberikan.
5. Seluruh dosen Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, atas ilmu pengalaman, dan inspirasi yang diberikan.
6. Teman-teman Magister Terapan Teknik Elektro Angkatan 2022 (RKI, RKB, dan RTL) atas semangat, motivasi dan kebersamaannya



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik kontrol dan akuakultur.

Depok, 18 Juli 2025

Muhamad Taufik Kurohman





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Taufik Kurohman
NIM : 2309511009
Program Studi : Teknik Elektro – Rekayasa Kontrol Industri
Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Optimalisasi Pengendalian Oksigen Terlarut dan Suhu pada Akuakultur Ikan Koi dengan Venturi Aerator, Peltier, dan IoT Berbasis Logika Fuzzy ANFIS

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan)*. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 18 Juli 2025
Yang menyatakan

Muhamad Taufik Kurohman
2309511009



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Muhamad Taufik Kurohman Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro.
Optimalisasi pengendalian oksigen terlarut dan suhu pada akuakultur ikan koi dengan venturi aerator, peltier, dan iot berbasis logika fuzzy anfis

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem akuakultur pintar untuk mengoptimalkan pengendalian oksigen terlarut (DO) dan suhu air pada budidaya ikan koi. Sistem ini mengintegrasikan teknologi Venturi Aerator untuk aerasi efisien, modul Peltier untuk kontrol suhu, serta Internet of Things (IoT) untuk pemantauan real-time. Metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) diterapkan sebagai kontrol adaptif untuk mengatur kinerja aktuator berdasarkan data sensor. Pengujian menunjukkan bahwa model ANFIS mencapai kinerja tinggi dengan koefisien determinasi (R^2) 0,8622 untuk aerator dan 0,9618 untuk Peltier, serta akurasi prediksi yang stabil (RMSE 10,90 dan 6,47). Sistem berhasil mempertahankan DO rata-rata 5,84 mg/L dan suhu 27,84°C dalam rentang optimal untuk ikan koi. Integrasi IoT memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui platform Blynk dan pencatatan data otomatis di Google Sheets. Kontribusi penelitian ini meliputi pengembangan sistem akuakultur otomatis yang adaptif, dan mudah dioperasikan. Hasilnya membuktikan efektivitas ANFIS dalam mengelola parameter kualitas air secara dinamis, meningkatkan efisiensi operasional, dan mendukung budidaya ikan koi berkelanjutan.

Kata Kunci: *Venturi Aerator, modul Peltier, Internet of Things (IoT), Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS), akuakultur ikan koi*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	iii
HALAMAN-PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK.....	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Manfaat Teoritis	4
1.5.2 Manfaat Praktis	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Venturi Aerator	6
2.2 Modul Peltier	8
2.3 Mikrokontroler ESP 32	10
2.4 <i>Dissolved Oxygen</i> SEN0237	10
2.5 Sensor DS18B20	11



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.6	Teknologi Internet Of Things (IOT) dalam Akukultur dengan platform BLYNK	12
2.7	Metode Fuzzy dan Anfis dalam Pengendalian Kualitas Air	13
2.8	Matlab	16
2.9	Kajian Penelitian Terdahulu	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		20
3.1	Metode Penelitian	21
3.2	Desain Penelitian	22
3.3	Cara Kerja Sistem Keseluruhan	24
3.4	Flowchart Pengembangan dan Evaluasi Model <i>ANFIS</i>	26
3.5	Tahapan dan Rancangan Penelitian	27
3.5.1	Rancang Bangun Prototipe Akuakultur	27
3.5.2	Integrasi Sensor dengan ESP 32	28
3.5.3	Integrasi Sistem Venturi Aerator dengan ESP32	30
3.5.4	Integrasi Sistem Venturi Aerator dengan ESP32	31
3.5.5	Komunikasi dan Pengiriman data	32
3.5.5.1	Pengiriman data ESP32 ke Googlesheets	32
3.5.5.2	Pengiriman data ESP32 ke Blynk	34
3.5.6	Pemodelan ANFIS dengan Matlab	35
3.5.7	Implementasi model anfis matlab ke ESP 32	37
3.5.8	Evaluasi Kinerja Sistem Prediksi	39
3.5.8.1	Koefisien determinasi(R ²)	39
3.5.8.2	Mean Square Error(MSE)	39
3.5.8.3	Root Mean Square Error(RMSE)	39
3.5.8.4	Nash-Sutcliffe Efficiency(NSE)	40
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1	Pengujian dan Akuisisi Data	41
4.1.1	Pengujian PWM Aerasi terhadap Suhu dan DO	41
4.1.2	Pengujian PWM Peltier terhadap Suhu dan DO	45
4.2	Pemodelan Logika Fuzzy ANFIS	48
4.2.1	Pemodelan ANFIS untuk Pompa Aerator	49



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2.1.1 Kinerja Model ANFIS PWM Aerasi	49
4.2.1.2 ANFIS Training vs Validation Error PWM Aerasi	50
4.2.1.3 Scatter Plot PWM Aerasi	51
4.2.1.4 Fuzzy Logic Designer	52
4.2.1.5 Rule PWM Aerasi	53
4.2.1.6 Surface Viewer Aerasi	53
4.2.2 Pemodelan ANFIS untuk Pompa Peltier	54
4.2.2.1 Kinerja Model ANFIS PWM Aerasi	55
4.2.2.2 ANFIS Training vs Validation Error PWM Aerasi	56
4.2.2.3 Scatter Plot PWM Aerasi	57
4.2.2.4 Fuzzy Logic Designer	58
4.2.2.5 Rule PWM Aerasi	59
4.2.2.6 Surface Viewer Aerasi	60
4.2.3 Integrasi 2 Model ANFIS pada ESP32	61
4.2.3.1 Reprsntasi Model ANFIS dalam kode	61
4.2.3.2 Mekanisme Kerja Sinergis pada ESP32	62
4.3 Hasil Pengujian Sistem Terintegrasi dan Analisis	64
4.3.1 Hubungan PWM Aerasi dengan DO	66
4.3.2 Hubungan PWM Aerasi dengan SUHU	67
4.3.3 Hubungan PWM Peltier dengan DO	68
4.3.4 Hubungan PWM Peltier dengan SUHU	69
4.3.5 Hubungan DO dengan SUHU	70
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	75



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rangkuman Penelitian dengan ANFIS.....	18
Tabel 2.2 Rangkuman Penelitian Selain Metode Anfis.....	19
Tabel 3.1 Variable Parameter Aerasi dan Peltier.....	37
Tabel 4.1 Hubungan Variabel Suhu terhadap PWM Aerasi	42
Tabel 4.2 Hubungan Variabel Do terhadap PWM Aerasi.....	44
Tabel 4.3 Hubungan Variabel Suhu terhadap PWM Peltier	46
Tabel 4.4 Hubungan Variabel DO terhadap PWM Peltier	47
Tabel 4.5 Kinerja Model ANFIS Aerasi	49
Tabel 4.6 Kinerja Model ANFIS Peltier.....	55
Tabel 4.7 Hasil Uji Integrasi Model ANFIS ke ESP32	64
Tabel 4.8 Tabel Statistik	65

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2 Venturi Aerator	6
Gambar 2.2 Desain sitem Venturi Aerator	7
Gambar 2.3 TEC1-12706.....	8
Gambar 2.4. Susunan Peltier.....	9
Gambar 2.5 Mikrokontroler ESP-32.....	10
Gambar 2.6 Analog Dissolved Oxygen SEN0237.....	10
Gambar 2.7 Sensor DS18B20	11
Gambar 2.8 Tampilan BLYNK	12
Gambar 2.9 Struktur <i>ANFIS</i>	13
Gambar 2.10 Tampilan Matlab.....	16
Gambar 3.1 Kerangka Konseptual	20
Gambar 3.2 Diagram Blok	22
Gambar 3.3 Skematik Diagram Sistem.....	23
Gambar 3.4 <i>Flowchart Sistem</i>	25
Gambar 3.5 Flowchart Evaluasi Model <i>ANFIS</i>	27
Gambar 3.6 Desain Alat Akuakultur	28
Gambar 3.7 . <i>Wiring diagram Sensor</i>	29
Gambar 3.8 Penempatan Sensor	29
Gambar 3.9 Wiring diagram Aerasi Venturi.....	30
Gambar 3.10 Wiring diagram Aerasi Venturi.....	30
Gambar 3.11 Wiring diagram Sistem Peltier	31
Gambar 3.12 Aktual sistem Pendingin.....	31
Gambar 3.13 . Kode ESP32 Pengiriman data ke Googlesheets.....	32
Gambar 3.14 Program Google Apps Script	33
Gambar 3.15 Hasil Pembacaan di Googlesheests	33
Gambar 3.16 Kutipan Program blynk di esp32.....	34
Gambar 3.17 Tampilan BLYNK	34
Gambar 3.18 Struktur Model Anfis.....	35



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3.19 Implementasi Matlab ke ESP32	38
Gambar 4.1 Grafik Suhu terhadap PWM Pompa Aerasi	42
Gambar 4.2 Grafik DO terhadap PWM Pompa Aerasi	43
Gambar 4.3 Grafik DO terhadap PWM Pompa Aerasi dimatikan	44
Gambar 4.4 Grafik Suhu terhadap PWM Peltier	46
Gambar 4.5 Grafik DO terhadap PWM Peltier	47
Gambar 4.6 Program Matlab Untuk Pemodelan ANFIS	48
Gambar 4.7 ANFIS training vs Validation Error	49
Gambar 4.8 Scatter Plot PWM Aerasi	51
Gambar 4.9 Fuzzy Logic Designer PWM Aerasi	52
Gambar 4.10 Rules PWM Aerasi	53
Gambar 4.11 Surface Viewer Aerasi	54
Gambar 4.12 ANFIS training vs Validation Error Peltier	56
Gambar 4.13 Scatter Plot PWM Peltier	57
Gambar 4.14 Fuzzy Logic Designer PWM Peltier	58
Gambar 4.15 . Rules PWM Peltier	59
Gambar 4.16 Surface Viewer Peltier	60
Gambar 4.17 Program Fungsi Keanggotaan	61
Gambar 4.18 Program Koefisien Aturan Fuzzy	61
Gambar 4.19 Program Fungsi Gaussien	62
Gambar 4.20 Program Pembacaan Sensor	62
Gambar 4.21 Program Normalisasi Input	62
Gambar 4.22 Program Inferensi Fuzzy	64
Gambar 4.23 Program Denormalisasi	64
Gambar 4.24 Program Kontrol PWM	64
Gambar 4.25 Grafik PWM Aerasi dengan DO	66
Gambar 4.26 Grafik PWM Aerasi dengan SUHU	67
Gambar 4.27 Grafik PWM Peltier dengan DO	68
Gambar 4.28 Grafik PWM Peltier dengan SUHU	69
Gambar 4.29 Grafik Hubungan DO dengan SUHU	70



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program script untuk googlesheet	75
Lampiran 2. Foto Foto alat.....	87
Lampiran 3. Program Gabungan Model ANFIS ESP32	89
Lampiran 4. Program Matlab Untuk Pemodelan ANFIS	89



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Akuakultur merupakan sektor penting dalam penyediaan protein hewani bagi populasi global yang terus meningkat. Keberhasilan budidaya perikanan sangat bergantung pada parameter kualitas air, terutama oksigen terlarut dan suhu, yang merupakan faktor utama dalam menentukan kesehatan dan produktivitas ikan. Ketidakseimbangan oksigen terlarut dapat menyebabkan hipoksia, menghambat metabolisme, dan bahkan memicu kematian massal. Misalnya, kadar oksigen terlarut di bawah 3 mg/L mulai menyebabkan stres pada ikan, sementara tingkat di bawah 1 mg/L dapat mengakibatkan kematian massal [1]. Selain itu, kekurangan oksigen dapat melemahkan sistem imun ikan, meningkatkan kerentanan terhadap penyakit, mengurangi pertumbuhan hingga 30%, dan menurunkan tingkat kelangsungan hidup hingga 40% dalam kondisi ekstrem [2]. Contohnya pada bisnis ikan koi di Indonesia menunjukkan potensi besar melalui strategi pemasaran berbasis kualitas dan diversifikasi produk. Sebagai contoh, unit usaha Fara Koi Magetan mencatat rata-rata penjualan sebanyak 250 hingga 450 ekor per bulan, dengan jenis populer seperti Kohaku, Taisho Sanke, dan Showa sebagai pilihan utama konsumen. Namun, fluktuasi permintaan pasar sering terjadi akibat perubahan tren jenis ikan serta keterbatasan kapasitas produksi dalam memenuhi kebutuhan pasar yang terus berkembang [3]. Keberhasilan budidaya ikan koi sangat bergantung pada pengelolaan kualitas air, terutama kadar oksigen terlarut (dissolved oxygen, DO) dan suhu. Ketidakseimbangan parameter ini dapat memengaruhi pertumbuhan, kesehatan, serta tingkat kelangsungan hidup ikan koi [4].

Kadar oksigen terlarut menjadi salah satu parameter utama dalam pengelolaan kualitas air. Penggunaan Venturi Aerator telah terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi transfer oksigen, memperbaiki kondisi kualitas air, serta mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan [4]. Teknologi ini bekerja

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

berdasarkan prinsip tekanan fluida yang memungkinkan pencampuran udara ke dalam air secara optimal, menghasilkan oksigenasi yang efisien. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa Venturi Aerator lebih hemat energi dibandingkan dengan metode aerasi konvensional, sehingga menjadi solusi yang tepat untuk budidaya ikan hias seperti koi [5]. Selain itu, pengendalian suhu menggunakan modul termoelektrik seperti Peltier juga menawarkan solusi yang efisien dan ramah lingkungan untuk menjaga stabilitas suhu air dalam akuakultur [6].

Teknologi modern berbasis Internet of Things (IoT) semakin memungkinkan pemantauan dan pengendalian kualitas air secara real-time. Dengan IoT, data lingkungan seperti suhu, DO, dan parameter kualitas air lainnya dapat dikumpulkan secara kontinu melalui sensor [7], [8]. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS), yang menggabungkan logika fuzzy dan kemampuan pembelajaran jaringan saraf tiruan untuk mengoptimalkan pengaturan operasional perangkat seperti mesin aerator dan modul Peltier, sehingga memungkinkan sistem menghasilkan keputusan adaptif yang lebih akurat [9].

Metode ANFIS dipilih karena telah terbukti mampu mengelola hubungan non-linear antar variabel kualitas air, seperti yang ditunjukkan dalam berbagai penelitian. Berdasarkan tinjauan pustaka, ANFIS telah digunakan secara luas untuk memprediksi dan mengontrol kadar oksigen terlarut serta suhu dalam akuakultur [10][11]. Penelitian-penelitian ini menunjukkan keberhasilan ANFIS dalam meningkatkan efisiensi aerasi, mengurangi konsumsi energi, dan menjaga kondisi optimal bagi ikan. Namun, belum ada penelitian yang mengintegrasikan ANFIS dengan teknologi Venturi Aerator, Peltier, dan IoT secara bersamaan. Oleh karena itu, pendekatan ini memberikan nilai tambah dengan menggabungkan kemampuan prediktif dan adaptif ANFIS dengan perangkat fisik yang efisien, seperti Venturi Aerator untuk oksigenasi dan Peltier untuk stabilisasi suhu.

Penggabungan teknologi Venturi Aerator, modul Peltier, IoT, dan metode ANFIS berpotensi memberikan dampak positif yang signifikan terhadap kualitas air dan pertumbuhan ikan hias seperti koi. Dengan pendekatan berbasis ANFIS, teknologi ini mampu mengatur kondisi lingkungan secara adaptif, menjaga

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

parameter seperti suhu dan kadar oksigen terlarut tetap dalam rentang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem akuakultur pintar yang mengintegrasikan keempat teknologi tersebut, yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi, mengurangi biaya operasional, dan memperkuat daya saing industri akuakultur Indonesia di pasar global.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini, rumusan masalah disusun untuk mengidentifikasi permasalahan yang akan dipecahkan melalui pengembangan sistem akuakultur pintar berbasis teknologi cerdas. Pertanyaan penelitian diarahkan untuk memahami bagaimana teknologi yang digunakan dapat meningkatkan pengelolaan kualitas air secara adaptif dan efisien dalam akuakultur. Rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengintegrasikan teknologi Venturi Aerator, modul Peltier, dan IoT untuk menjaga kestabilan oksigen terlarut (dissolved oxygen, DO) dan suhu air dalam akuakultur?
2. Bagaimana Evaluasi model prediksi dengan metode statistik koefisien determinasi (R^2), *Mean Square Error* (MSE), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)?
3. Bagaimana metode ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) dapat diterapkan untuk pengendalian adaptif dalam mengatur parameter DO dan suhu secara optimal?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini disusun untuk memberikan arah yang jelas dalam pengembangan sistem akuakultur pintar, dengan fokus pada integrasi teknologi canggih dan penerapan metode pengendalian adaptif berbasis ANFIS. Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan sistem akuakultur pintar yang mengintegrasikan Venturi Aerator, modul Peltier, dan IoT untuk mengelola kualitas air dalam budidaya.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Evaluasi model prediksi dengan metode statistik R^2 , RMSE, MAE, NSE berdasarkan studi eksperimen yang dilakukan.
3. Menerapkan metode ANFIS untuk pengendalian adaptif parameter DO dan suhu berdasarkan data real-time dari sensor IoT.

1.4 Batasan Penelitian

Untuk memastikan penelitian ini memiliki fokus yang jelas dan terukur, terdapat beberapa batasan yang diterapkan. Batasan ini bertujuan agar penelitian dapat dilakukan secara sistematis dalam lingkup yang spesifik dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Batasan penelitian ini meliputi:

1. Sistem pengendalian hanya mencakup dua parameter utama kualitas air, yaitu oksigen terlarut (DO) dan suhu air.
2. Penggunaan ANFIS difokuskan pada pengendalian adaptif untuk pengoperasian Venturi Aerator dan modul Peltier.
3. Data diambil dari sensor IoT yang dipasang pada sistem akuakultur berbasis laboratorium atau aquarium simulasi dengan lingkungan terkontrol.
4. Faktor eksternal seperti jenis pakan, populasi ikan, dan kualitas air awal tidak menjadi fokus utama penelitian ini.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi yang signifikan, baik secara teoritis maupun praktis, terhadap pengembangan teknologi akuakultur pintar dalam budidaya ikan koi. Manfaat penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1.5.1 Manfaat Teoritis

1. Menambah literatur ilmiah terkait penerapan metode ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*) untuk pengendalian adaptif dalam sistem akuakultur.
2. Mengembangkan pendekatan berbasis logika fuzzy dan jaringan saraf tiruan dalam pengelolaan kualitas air, khususnya parameter oksigen terlarut (DO) dan suhu air.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem otomatis berbasis IoT sebagai solusi inovatif untuk mendukung akuakultur berkelanjutan.

1.5.2 Manfaat Praktis

1. Memberikan solusi teknologi yang efisien dan hemat energi dalam mengelola kualitas air, dengan integrasi Venturi Aerator untuk meningkatkan DO dan modul Peltier untuk menjaga kestabilan suhu air.
2. Membantu petani ikan koi dalam memantau dan mengontrol parameter kualitas air secara real-time melalui teknologi IoT, sehingga mengurangi intervensi manual dan meningkatkan produktivitas budidaya.
3. Mendorong penerapan sistem akuakultur pintar yang adaptif dan berkelanjutan, sehingga dapat meningkatkan daya saing industri akuakultur ikan hias.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB 5

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Sistem akuakultur pintar yang mengintegrasikan Venturi Aerator, modul Peltier, IoT, dan ANFIS berhasil menjaga parameter DO dan suhu air dalam rentang optimal untuk ikan koi.
2. ANFIS terbukti efektif sebagai metode kontrol adaptif, dengan kemampuan memprediksi dan menyesuaikan operasi aktuator berdasarkan data real-time.
3. Teknologi IoT memungkinkan pemantauan, kontrol jarak jauh dan kemudahan dalam manajemen akuakultur.
4. Sistem ini menunjukkan stabilitas tinggi dalam menjaga kualitas air, yang berdampak positif pada kesehatan dan pertumbuhan ikan koi.

5.2 Saran

1. Pengembangan Model: Tambahkan parameter kualitas air lain seperti pH dan amonia ke dalam model ANFIS untuk kontrol yang lebih komprehensif.
2. Skala Implementasi: Uji coba sistem pada skala yang lebih besar (kolam budidaya komersial) untuk mengevaluasi kinerja dalam kondisi riil.
3. Antarmuka Pengguna: Kembangkan aplikasi mobile khusus dengan fitur notifikasi dan analisis data lebih mendalam.
4. Integrasi dengan Sistem Lain: Eksplorasi integrasi dengan sistem pemberian pakan otomatis untuk optimasi lebih menyeluruh.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Kamil, U. Dindin, dan N. M. Z., "Kualitas air budidaya ikan koi (*Cyprinus rubrofasciatus*) pada sistem Vertiqua menggunakan filter Biofikal atas," *Habitat: Jurnal Ilmiah Ilmu Hewani dan Peternakan*, vol. 2, no. 2, pp. 42–53, Aug. 2024.
- [2] Kahartonia dan D. I. Mawarnia, "Kaji eksperimental pengaruh debit udara dan air terhadap peningkatan oksigen terlarut pada air kolam ikan koi," *SIMETRIS*, vol. 17, no. 2, Dec. 2023
- [3] J. P. Nugraha and D. B. Sasongko, "Strategy Implementation and Success Factors of Koi Fish Marketing through Online Media at the Fara Koi Magetan Business Unit," *Int. J. Sci. Multidiscip. Res.*, vol. 1, no. 5, pp. 423-434, 2023.
- [4] B. F. Kurnianto, D. Azmiraldy, R. H. Cahyo, and D. Agusman, "Implementasi Penggunaan Microbubble Venturi Dalam Sistem Aerasi Untuk Pembibitan Ikan Nila," *Bantenese Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 5, no. 1, Jun. 2023, e-ISSN 2656-1840.
- [5] D. Azmiraldy and P. H. Gunawan, "Efektivitas Penggunaan Microbubble Venturi Untuk Sistem Aerasi pada Tempat Pembibitan Nila," *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 05, no. 01, pp. 043-048, 2025, eISSN 2747-1381
- [6] F. Iqbal, M. N. Gull, H. M. Rizwan, D. Amir, A. Saleem, S. U. Haq, and T. A. Cheema, "Uncovering the Cooling Potential by Water Circulation on the Hot Side of a Peltier Module," *Eng. Proc.*, vol. 45, p. 34, 2023, doi: 10.3390/engproc2023045034
- [7] M. Octaviani and N. P. IS, "Sistem Pemantauan Kualitas Air Berbasis IoT Untuk Kolam Budidaya Ikan Lele di Agrowisata Tekno 44," *AMPERE*, vol. 9, no. 1, Jun. 2024, ISSN 2477-2755 (P), 2622-2981 (E).
- [8] P. Wijaya and T. Wellem, "Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan Suhu dan Ketinggian Air pada Akuarium Ikan Hias berbasis

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- IoT," *Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON)*, vol. 4, no. 1, pp. 225-233, Sep. 2022.
- [9] I. Wahyuni et al., "Application of ANFIS in Environmental Parameter Optimization," *J. Sains Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 15–23, 2021.
- [10] Y. Zhang, X. Li, and J. Wang, "Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) Based Control of Dissolved Oxygen in Aquaculture Systems," in *Journal of Aquaculture Engineering and Management*, vol. 35, no. 4, pp. 245-252, 2020.
- [11] S. Kumar and R. Patel, "Temperature and Dissolved Oxygen Control in Recirculating Aquaculture Systems Using ANFIS," in *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, vol. 42, no. 3, pp. 175-183, 2019.
- [12] R. Widodo, "Performance of Venturi Aerator in aquaculture systems," *J. Aquaculture Eng.*, vol. 10, no. 4, pp. 210-220, 2021
- [13] A. A. Rokhim, L. Endahwati, and S. Sutiyono, "Pemanfaatan Energi Panas Menggunakan Termoelektrik Generator dengan Variasi Peltier," *Jurnal Flywheel*, vol. 14, no. 1, pp. 19-23, Feb. 2023. E-ISSN: 2745-7435, P-ISSN: 1979-5858.
- [14] K. Santoso, "IoT for water quality monitoring," *J. Smart Aquaculture*, vol. 10, no. 4, pp. 65-72, 2021.
- [15] H. Supriyono, A. Hibatullah, and K. Harismah, "Turbidity Monitoring of Freshwater Using Internet of Things Platform," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Apr. 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1858/1/012048.
- [16] T. S. P. Pratama, B. Setiyono, and H. Afrisal, "Sistem kontrol dan pemantauan kualitas air pada parameter oksigen terlarut dan suhu," *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 24, no. 1, pp. 1–10, Jan. 2022.
- [17] T. Tukadi dan M. F. Zakariya, "Monitoring Dan Kontrol Kondisi Air Kolam Ikan Menggunakan Blynk Berbasis Iot," *Journal of System and Computer Engineering (JSCE)*, vol. 3, no. 1, hlm. 196-205, Jan. 2022. Diakses pada 16 Juli 2025. [Online]

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [17] L. Wahyudi, "Adaptive neuro-fuzzy control in aquaculture," *J. Artificial Intelligence Systems*, vol. 9, no. 2, pp. 78-85, 2021.
- [18] M. Hendra, "ANFIS for quality control in aquaculture," *Smart Systems Tech.*, vol. 15, no. 3, pp. 50-60, 2022.
- [19] A. Matsniya, A. Riski, and A. Kamsyakawuni, "Penerapan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) dalam Prediksi Produksi Tembakau di Jember," *InComTech: Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 13, no. 1, pp. 51–68, Apr. 2023.
- [20] R. Rahayu Rahman, A. Wibisono, R. Mulanti, H. N. Fadhli, G. R. Zahra, A. Anisa, N. M. Gultom, R. D. Anjani, A. M. Azkiya, S. Alhaq, S. Anwar, N. R. S. Laksono, R. A. Purnama, M. D. M. Darmawan, R. N. Fadillah, E. Angeline, N. Octavia, W. Wiyoto, and R. Siskandar, "Analisis Kelayakan Kualitas Air untuk Mengoptimalkan Pertumbuhan Ikan Lele Berbasis Fuzzy Logic Mamdani," *Indonesian Journal of Science*, vol. 5, no. 1, pp. 60-76, Apr. 2024
- [21] A. M. Gadallah, S. A. Elsayed, S. Mousa, and H. A. Hefny, "A Fuzzy-Based Approach for Flexible Modeling and Management of Freshwater Fish Farming," *Mathematics*, vol. 12, no. 13, p. 2146, Jul. 2024.
- [22] M. M. Rahman, S. A. Hossain, and K. M. Azim, "Reproductive Performance of Koi Carp at Different Temperature Gradients," *Journal of Applied Aquaculture*, vol. 31, no. 3, pp. 234-245, 2019, doi: 10.1080/10454438.2019.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Program script untuk googlesheet

```
function doGet(e) {
  Logger.log(JSON.stringify(e)); // Log parameter yang diterima
  var result = 'Ok';

  if (!e.parameter || Object.keys(e.parameter).length === 0) {
    result = 'No Parameters';
  } else {
    var sheet_id = '1PbB818kgzfnXnaf5ao8oYsmdEqid5jElguwyJf12hm4'; // Ini adalah spreadsheet kamu yang aktif PWM Venturi PWM Peltier Suhu Dissolved Oxygen
    var sheet = SpreadsheetApp.openById(sheet_id).getActiveSheet();

    // Header sesuai parameter Arduino/ESP32
    var header = [
      "Date",
      "Time",
      "PWM Venturi",
      "PWM Peltier",
      "Suhu",
      "Dissolved Oxygen"
    ];

    // Pastikan header ditulis jika belum sesuai
    var firstRow = sheet.getRange(1, 1, 1, header.length).getValues()[0];
    if (firstRow.length !== header.length || firstRow[0] !== "Date") {
      sheet.getRange(1, 1, 1, header.length).setValues([header]);
    }

    var newRow = sheet.getLastRow() + 1;

    // Waktu (timestamp dari parameter, atau waktu sekarang)
    var timestamp = e.parameter.timestamp ? stripQuotes(e.parameter.timestamp) : new Date();
    var timeLocal = new Date(timestamp);
    var formattedDate = Utilities.formatDate(timeLocal, Session.getScriptTimeZone(), "yyyy-MM-dd");
    var formattedTime = Utilities.formatDate(timeLocal, Session.getScriptTimeZone(), "HH:mm:ss");

    // Inisialisasi data baris
    var rowData = [];
    rowData[0] = formattedDate;
    rowData[1] = formattedTime;

    // Mapping parameter ESP32 ke kolom
    var sensorColumns = {
      'PWM_Pump': 2, // Iradiasi Matahari
      'PWM_Peltier': 3, // Wind Speed
      'TEMP': 4, // Wind Direction
      'DO': 5
    };

    // Isi data dari parameter
    for (var param in e.parameter) {
      if (sensorColumns.hasOwnProperty(param)) {
        rowData[sensorColumns[param]] = stripQuotes(e.parameter[param]);
      }
    }

    Logger.log('Row data: ' + JSON.stringify(rowData));
    sheet.getRange(newRow, 1, 1, rowData.length).setValues([rowData]);

    result = 'Data successfully written';
  }

  return ContentService.createTextOutput(result);
}

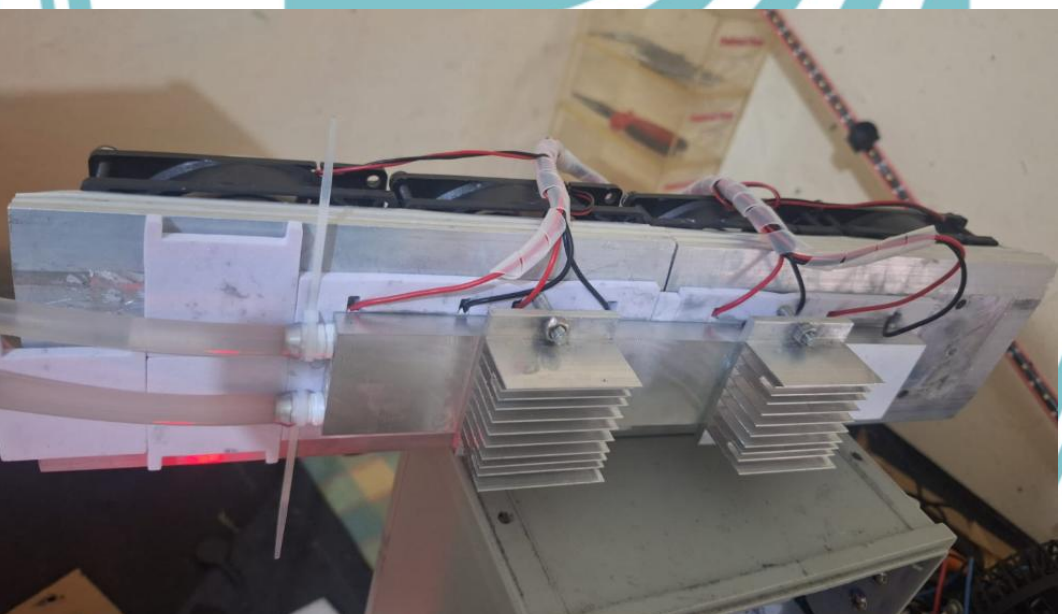
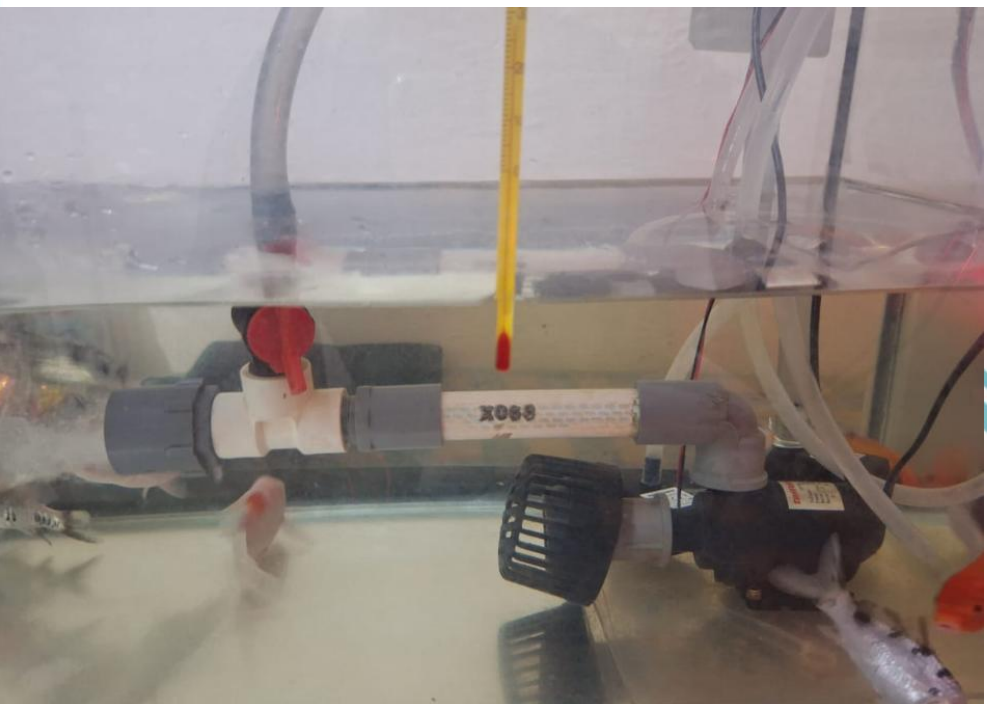
function stripQuotes(value) {
  if (typeof value === 'string') {
    return value.replace(/^[^"]*"$/g, '');
  }
  return value;
}
```


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2. Foto Foto alat





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 3. Program Gabungan Model ANFIS ESP32

```
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <math.h>

// ===== Konfigurasi Blynk IoT =====
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6GN40HG95"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Quickstart Template"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "VwGUrUk0CrGTGXi3utodoW4wmF-54JGq"
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;

// ===== Konfigurasi WiFi =====
const char* ssid = "taufikkuro";
const char* password = "taufik907";
const String scriptURL =
"https://script.google.com/macros/s/AKfycbxi0ILTJxApErmCDLP5do0auAAsbu25kurzrYBVucF
y_ef1tfC151ofQIXa3n91IaLa/exec";
```


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// ===== Pin Configuration =====

#define ONE_WIRE_BUS 21    // Pin sensor suhu DS18B20
#define DO_PIN 34         // Pin sensor DO
#define PUMP_RPWM 25      // Pompa PWM kanan
#define PUMP_LPWM 26      // Pompa PWM kiri
#define PELTIER1_RPWM 27  // Peltier 1 PWM kanan
#define PELTIER1_LPWM 14  // Peltier 1 PWM kiri
#define PELTIER2_RPWM 19  // Peltier 2 PWM kanan
#define PELTIER2_LPWM 18  // Peltier 2 PWM kiri
#define PUMP_EN 5         // Enable pompa

// ===== PWM Configuration =====

#define PWM_FREQ 5000     // Frekuensi PWM 5kHz
#define PWM_RES 8         // Resolusi 8-bit (0-255)
#define PUMP_R_CH 0       // Channel PWM pompa kanan
#define PUMP_L_CH 1       // Channel PWM pompa kiri
#define PELTIER1_R_CH 2   // Channel Peltier 1 kanan
#define PELTIER1_L_CH 3   // Channel Peltier 1 kiri
#define PELTIER2_R_CH 4   // Channel Peltier 2 kanan
#define PELTIER2_L_CH 5   // Channel Peltier 2 kiri

// ===== DO Sensor Configuration =====

#define VREF 3300         // Tegangan referensi 3.3V
#define ADC_RES 4095      // Resolusi ADC 12-bit
#define TWO_POINT_CALIBRATION 0
#define CAL1_V 743        // Kalibrasi 1: voltage
#define CAL1_T 28         // Kalibrasi 1: temperature
#define CAL2_V 1300       // Kalibrasi 2: voltage
#define CAL2_T 15         // Kalibrasi 2: temperature

// ===== Range Operasional =====

const float TEMP_MIN = 25.0;
const float TEMP_MAX = 30.0;
const float DO_MIN = 3.0;  // Batas bawah DO yang valid untuk kontrol ANFIS
const float DO_MAX = 8.0;  // Batas atas DO yang valid untuk kontrol ANFIS
const int PUMP_MIN = 150;
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

const int PUMP_MAX = 255;
const int PELTIER_MIN = 100;
const int PELTIER_MAX = 255;

// Tabel kalibrasi DO
const uint16_t DO_Table[41] = {
  14460, 14220, 13820, 13440, 13090, 12740, 12420, 12110, 11810, 11530,
  11260, 11010, 10770, 10530, 10300, 10080, 9860, 9660, 9460, 9270,
  9080, 8900, 8730, 8570, 8410, 8250, 8110, 7960, 7820, 7690,
  7560, 7430, 7300, 7180, 7070, 6950, 6840, 6730, 6630, 6530, 6410
};

// ===== Variabel Global =====
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

float currentTemp = 27.0; // Nilai suhu terkini, inisialisasi awal
float doValue = 5.5;     // Nilai DO terkini, inisialisasi awal
int pwmPump = 200;       // Nilai PWM pompa, inisialisasi awal
int pwmPeltier = 180;    // Nilai PWM peltier, inisialisasi awal
int lastPumpPWM = 200;   // Nilai PWM pompa sebelumnya
int lastPeltierPWM = 180; // Nilai PWM peltier sebelumnya

// Interval waktu
const long pumpInterval = 300000; // Interval kontrol 5 menit (300.000 ms)
unsigned long previousPumpTime = 0; // Waktu terakhir kontrol
unsigned long lastSend = 0; // Waktu terakhir kirim data
const long intervalSend = 10000; // Interval kirim data 10 detik (10.000 ms)
unsigned long lastBlynkUpdate = 0; // Waktu terakhir update Blynk
const long blynkInterval = 2000; // Interval update Blynk 2 detik (2.000 ms)

// === Parameter MF Suhu & DO untuk ANFIS Pompa ===
float suhuMF_Pompa[5][2] = {
  {0.0606, -0.0676}, {0.1346, 0.2045}, {0.1059, 0.4994}, {0.0961, 0.7451}, {0.1060, 0.9988}
};
float doMF_Pompa[5][2] = {
  {0.0035, -0.0118}, {0.0621, 0.2305}, {0.1053, 0.5002}, {0.0975, 0.7474}, {0.1057, 1.0011}
}

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

};

float ruleOutputPompa[25] = {
    45.5531, 99.1870, 1.1714, -19.4606, -88.3250,
    -134.8154, 0.7204, -0.0272, -2.6283, 186.2970,
    -0.0179, -0.0005, -0.000009, 0.0005, 0.0095,
    -3.4107, 3.5106, 0.0434, 0.6997, -13.5688,
    -11.3064, 30.5785, 0.3915, 36.0527, 6.8912
};

// === Parameter MF untuk ANFIS Peltier (versi normalisasi 0-1) ===
float suhuMF_Peltier[5][2] = {
    {0.10978, 0.04837}, {0.15814, 0.25666}, {0.10109, 0.52342},
    {0.11655, 0.63039}, {0.06099, 0.89597}
};

float doMF_Peltier[5][2] = {
    {0.04380, 0.03428}, {0.08512, 0.45027}, {0.06800, 0.46455},
    {0.18275, 0.74808}, {0.11599, 0.95887}
};

float ruleOutputPeltier[25] = {
    0.6546, 4.4457, 15.6543, 1.0950, 5.0092,
    2.0942, 1.4586, 2.8422, 2.7347, 3.9091,
    13.3942, -6.9285, 7.8148, 8.5741, -11.6948,
    -11.6770, -12.9080, -0.6037, 4.6227, -7.6374,
    7.9303, 7.3488, -7.0577, 8.1871, 14.3355
};

// === Fungsi Gaussian Membership Function ===
float gaussmf(float x, float sigma, float c) {
    return exp(-pow((x - c), 2) / (2 * pow(sigma, 2)));
}

// === Fungsi Normalisasi Output Peltier ===
float normalizePeltierOutput(float z) {
    float z_min = -12.9080;
    float z_max = 15.6543;
    return (z - z_min) / (z_max - z_min);
}

```


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// === Fungsi ANFIS untuk Pompa ===
float anfisPompa(float suhuIn, float doIn) {
    float suhuNorm = (suhuIn - 25.0) / 5.0;
    float doNorm = (doIn - 4.0) / 3.0;

    float suhuMFval[5], doMFval[5];
    for (int i = 0; i < 5; i++) {
        suhuMFval[i] = gaussmf(suhuNorm, suhuMF_Pompa[i][0], suhuMF_Pompa[i][1]);
        doMFval[i] = gaussmf(doNorm, doMF_Pompa[i][0], doMF_Pompa[i][1]);
    }

    float numerator = 0.0, denominator = 0.0;
    for (int i = 0; i < 5; i++) {
        for (int j = 0; j < 5; j++) {
            int idx = i * 5 + j;
            float w = suhuMFval[i] * doMFval[j];
            numerator += w * ruleOutputPompa[idx];
            denominator += w;
        }
    }

    float output = numerator / (denominator + 1e-6);
    return constrain(output, 0, 255); // Batasi ke PWM range
}

// === Fungsi ANFIS untuk Peltier ===
float anfisPeltier(float suhuIn, float doIn) {
    float suhuNorm = (suhuIn - 25.0) / 5.0;
    float doNorm = (doIn - 4.0) / 3.0;

    float suhuMFval[5], doMFval[5];
    for (int i = 0; i < 5; i++) {
        suhuMFval[i] = gaussmf(suhuNorm, suhuMF_Peltier[i][0], suhuMF_Peltier[i][1]);
        doMFval[i] = gaussmf(doNorm, doMF_Peltier[i][0], doMF_Peltier[i][1]);
    }
}
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

float numerator = 0.0, denominator = 0.0;
for (int i = 0; i < 5; i++) {
    for (int j = 0; j < 5; j++) {
        int idx = i * 5 + j;
        float w = suhuMFval[i] * doMFval[j];
        float z = normalizePeltierOutput(ruleOutputPeltier[idx]);
        numerator += w * z;
        denominator += w;
    }
}

float output = numerator / (denominator + 1e-6);
return constrain(output * 255.0, 0, 255); // PWM range
}

// ===== Fungsi Baca DO =====
float readStableDOValue(float temperature) {
    long sum = 0;
    for (int i = 0; i < 20; i++) { // Ambil 20 sampel
        sum += analogRead(DO_PIN);
        delay(1);
    }
    uint16_t avgRaw = sum / 20;
    uint16_t voltage = VREF * avgRaw / ADC_RES;
    return readDO(voltage, (uint8_t)temperature) / 1000.0;
}

int16_t readDO(uint32_t voltage_mv, uint8_t temperature_c) {
    #if TWO_POINT_CALIBRATION == 0
        uint16_t V_saturation = (uint32_t)CAL1_V + 35 * temperature_c - 35 * CAL1_T;
        return (voltage_mv * DO_Table[temperature_c] / V_saturation);
    #else
        uint16_t V_saturation = (temperature_c - CAL2_T) * (CAL1_V - CAL2_V) / (CAL1_T - CAL2_T) + CAL2_V;
        return (voltage_mv * DO_Table[temperature_c] / V_saturation);
    #endif
}

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// ===== Fungsi Kontrol PWM =====

void applyPWM() {
    ledcWrite(PUMP_R_CH, pwmPump);
    ledcWrite(PUMP_L_CH, 0);
    ledcWrite(PELTIER1_R_CH, pwmPeltier);
    ledcWrite(PELTIER1_L_CH, 0);
    ledcWrite(PELTIER2_R_CH, pwmPeltier);
    ledcWrite(PELTIER2_L_CH, 0);

    lastPumpPWM = pwmPump;
    lastPeltierPWM = pwmPeltier;
}

// ===== Fungsi Kontrol ANFIS =====
void updatePWMWithANFIS(float doValue, float temp) {
    pwmPump = (int)anfisPompa(temp, doValue);
    pwmPeltier = (int)anfisPeltier(temp, doValue);
    applyPWM();

    Serial.printf("ANFIS Control - Pump: %d, Peltier: %d | Temp: %.2fC, DO: %.2fmg/L\n",
        pwmPump, pwmPeltier, temp, doValue);
}

// ===== Fungsi Update Blynk =====
void sendToBlynk() {
    Blynk.virtualWrite(V6, currentTemp);
    Blynk.virtualWrite(V7, doValue);
    Blynk.virtualWrite(V4, lastPeltierPWM);
    Blynk.virtualWrite(V5, lastPumpPWM);

    if (currentTemp > (TEMP_MAX + 1.0) || doValue < (DO_MIN - 1.0)) {
        Blynk.logEvent("warning", String("Parameter kritis! Temp: ") + currentTemp + "C, DO: " +
            doValue + "mg/L");
    }
}
```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// ===== SETUP =====

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  sensors.begin();

  pinMode(PUMP_EN, OUTPUT);
  digitalWrite(PUMP_EN, HIGH);

  ledcSetup(PUMP_R_CH, PWM_FREQ, PWM_RES);
  ledcSetup(PUMP_L_CH, PWM_FREQ, PWM_RES);
  ledcSetup(PELTIER1_R_CH, PWM_FREQ, PWM_RES);
  ledcSetup(PELTIER1_L_CH, PWM_FREQ, PWM_RES);
  ledcSetup(PELTIER2_R_CH, PWM_FREQ, PWM_RES);
  ledcSetup(PELTIER2_L_CH, PWM_FREQ, PWM_RES);

  ledcAttachPin(PUMP_RPWM, PUMP_R_CH);
  ledcAttachPin(PUMP_LPWM, PUMP_L_CH);
  ledcAttachPin(PELTIER1_RPWM, PELTIER1_R_CH);
  ledcAttachPin(PELTIER1_LPWM, PELTIER1_L_CH);
  ledcAttachPin(PELTIER2_RPWM, PELTIER2_R_CH);
  ledcAttachPin(PELTIER2_LPWM, PELTIER2_L_CH);

  Serial.print("Connecting to WiFi");
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("\nConnected to WiFi!");

  Blynk.config(auth);
  bool blynkConnected = Blynk.connect();
  if (blynkConnected) {
    Serial.println("Connected to Blynk!");
  } else {
    Serial.println("Blynk connection failed! Retrying in loop...");
  }
}
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
applyPWM();
Serial.println("System ready with ANFIS control!");
}

// ===== LOOP =====
void loop() {
  if (!Blynk.connected()) {
    Serial.println("Blynk is NOT connected. Attempting to reconnect...");
    Blynk.connect();
    delay(500);
  }

  Blynk.run();

  unsigned long currentMillis = millis();

  // Baca sensor suhu
  sensors.requestTemperatures();
  float temp = sensors.getTempCByIndex(0);
  if (temp >= -50.0 && temp <= 125.0) {
    currentTemp = temp;
  }
  currentTemp = constrain(currentTemp, TEMP_MIN - 5.0, TEMP_MAX + 5.0);

  // Baca sensor DO
  float rawDoValue = readStableDOValue(currentTemp);
  if (rawDoValue >= 3.0 && rawDoValue <= 8.5) {
    doValue = rawDoValue;
  } else {
    Serial.printf("Outlier DO terdeteksi: %.2f mg/L (diluar 3.0-8.5). Menggunakan nilai sebelumnya:
    %.2f mg/L\n", rawDoValue, doValue);
  }
  doValue = constrain(doValue, DO_MIN, DO_MAX);

  // Kontrol ANFIS
  if (currentMillis - previousPumpTime >= pumpInterval) {
```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
previousPumpTime = currentMillis;
updatePWMWithANFIS(doValue, currentTemp);
}

// Update Blynk
if (Blynk.connected() && (currentMillis - lastBlynkUpdate >= blynkInterval)) {
    lastBlynkUpdate = currentMillis;
    sendToBlynk();
}

// Kirim data ke Google Sheets
if (currentMillis - lastSend >= intervalSend) {
    lastSend = currentMillis;

    Serial.printf("System Status - Temp: %.2f°C, DO: %.2fmg/L | Pump: %d, Peltier: %d\n",
        currentTemp, doValue, pwmPump, pwmPeltier);

    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        HTTPClient http;
        http.setTimeout(15000);
        http.setFollowRedirects(HTTPC_STRICT_FOLLOW_REDIRECTS);

        String url = scriptURL + "?TEMP=" + String(currentTemp, 2) +
            "&DO=" + String(doValue, 2) +
            "&PWM_Pump=" + String(pwmPump) +
            "&PWM_Peltier=" + String(pwmPeltier);

        http.begin(url);
        int httpCode = http.GET();

        if (httpCode == HTTP_CODE_OK) {
            String payload = http.getString();
            Serial.println("Data sent to Google Sheets. Server response:");
            Serial.println(payload);
        } else {
            Serial.printf("Failed to send data. HTTP Code: %d. Error: %s\n", httpCode,
                http.errorToString(httpCode).c_str());
        }
    }
}
```


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
String errorPayload = http.getString();
if (errorPayload.length() > 0) {
    Serial.print("Error Response Body (if any): ");
    Serial.println(errorPayload);
}
}
http.end();
} else {
    Serial.println("WiFi not connected, skipping data send to Google Sheets.");
}
}
delay(500);
}
```

Lampiran 4. Program Matlab Untuk Pemodelan ANFIS

```
%% === 1. Load Data ===
data = importdata('peltier.dat'); % Format: Suhu, DO, Pump
if isempty(data)
    error('File tes.dat tidak dapat dibaca atau kosong');
end

input = data(:, 1:2);
output = data(:, 3);

%% === 2. Normalisasi (Min-Max Scaling) ===
input_min = min(input);
input_max = max(input);
input_range = input_max - input_min;
input_range(input_range == 0) = 1; % Hindari pembagian dengan nol
input_norm = (input - input_min) ./ input_range;

output_min = min(output);
output_max = max(output);
output_range = output_max - output_min;
output_range(output_range == 0) = 1;
output_norm = (output - output_min) ./ output_range;
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

%% == 3. Split Data (60% train, 20% val, 20% test) ==

```
dataset = [input_norm output_norm];
```

```
N = size(dataset,1);
```

```
idx = randperm(N);
```

```
nTrain = floor(0.6 * N);
```

```
nVal = floor(0.2 * N);
```

```
nTest = N - nTrain - nVal;
```

```
trainInput = input_norm(idx(1:nTrain), :);
```

```
trainOutput = output_norm(idx(1:nTrain), :);
```

```
valInput = input_norm(idx(nTrain+1:nTrain+nVal), :);
```

```
valOutput = output_norm(idx(nTrain+1:nTrain+nVal), :);
```

```
testInput = input_norm(idx(nTrain+nVal+1:end), :);
```

```
testOutput = output_norm(idx(nTrain+nVal+1:end), :);
```

%% == 4. Training ANFIS dengan Grid Partition (genfis1) ==

```
if size(trainInput, 1) < 10
```

```
    error('Data training terlalu sedikit untuk pelatihan ANFIS');
```

```
end
```

```
% Struktur awal dengan 5 MF per input
```

```
numMFs = 5;
```

```
mfType = 'gaussmf';
```

```
fis = genfis1([trainInput trainOutput], numMFs, mfType);
```

```
% Training menggunakan data training dan validasi
```

```
[chkFIS, trainError, ~, finalFIS, valError] = ...
```

```
    anfis([trainInput trainOutput], fis, ...
```

```
    [1000 0 0.01 0.9 1.1], [], [valInput valOutput]);
```

%% == 5. Evaluasi Model pada Data Test ==

```
predTestNorm = evalfis(testInput, chkFIS);
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

predTest = predTestNorm * (output_max - output_min) + output_min;
actualTest = testOutput * (output_max - output_min) + output_min;

% Evaluasi metrics
SSres = sum((actualTest - predTest).^2);
SStot = sum((actualTest - mean(actualTest)).^2);
R2 = 1 - SSres/SStot;
RMSE = sqrt(mean((actualTest - predTest).^2));
MAE = mean(abs(actualTest - predTest));

fprintf('R² Test    : %.4f\n', R2);
fprintf('RMSE Test  : %.4f\n', RMSE);
fprintf('MAE Test   : %.4f\n', MAE);

%% === 6. Simpan Model FIS ke File ===
writefis(chkFIS, 'model_ANFIS_Peltier');
disp('Model ANFIS (Grid Partition) telah disimpan sebagai file: model_ANFIS_Peltier.fis');

%% === 7. Plot Training Error & Validation Error ===
figure;
plot(trainError, 'b', 'LineWidth', 1.5); hold on;
plot(valError, 'r', 'LineWidth', 1.5);
legend('Training Error', 'Validation Error');
xlabel('Epoch'); ylabel('Error');
title('ANFIS Training vs Validation Error');
grid on;

%% === 8. Simulasi Training & Validasi ===
predTrain = evalfis(trainInput, chkFIS) * (output_max - output_min) + output_min;
actualTrain = trainOutput * (output_max - output_min) + output_min;

predVal = evalfis(valInput, chkFIS) * (output_max - output_min) + output_min;
actualVal = valOutput * (output_max - output_min) + output_min;

%% === 9. Scatter Plot for Training, Validation, and Testing, All Combined ===
figure;

```


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
% === Subplot 1: Training ===
subplot(2,2,1);
scatter(actualTrain, predTrain, 'filled');
coeffTrain = polyfit(actualTrain, predTrain, 1);
xFitTrain = linspace(min(actualTrain), max(actualTrain), 100);
yFitTrain = polyval(coeffTrain, xFitTrain);
hold on;
plot(xFitTrain, yFitTrain, 'k--', 'LineWidth', 1.5);
r2Train = 1 - sum((actualTrain - predTrain).^2) / sum((actualTrain - mean(actualTrain)).^2);
title(sprintf('Training RÂ² = %.4f, r2Train));
xlabel('PWM Actual ');
ylabel('PWM Prediksi ');
axis equal; grid on;

% === Subplot 2: Validation ===
subplot(2,2,2);
scatter(actualVal, predVal, 'filled');
coeffVal = polyfit(actualVal, predVal, 1);
xFitVal = linspace(min(actualVal), max(actualVal), 100);
yFitVal = polyval(coeffVal, xFitVal);
hold on;
plot(xFitVal, yFitVal, 'k--', 'LineWidth', 1.5);
r2Val = 1 - sum((actualVal - predVal).^2) / sum((actualVal - mean(actualVal)).^2);
title(sprintf('Validation RÂ² = %.4f, r2Val));
xlabel('PWM Actual ');
ylabel('PWM Prediksi ');
axis equal; grid on;

% === Subplot 3: Testing ===
subplot(2,2,3);
scatter(actualTest, predTest, 'filled');
coeffTest = polyfit(actualTest, predTest, 1);
xFitTest = linspace(min(actualTest), max(actualTest), 100);
yFitTest = polyval(coeffTest, xFitTest);
hold on;
plot(xFitTest, yFitTest, 'k--', 'LineWidth', 1.5);
r2Test = 1 - sum((actualTest - predTest).^2) / sum((actualTest - mean(actualTest)).^2);
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

title(sprintf('Testing  $R\hat{A}^2 = %.4f$ , r2Test));
xlabel('PWM Actual ');
ylabel('PWM Prediksi ');
axis equal; grid on;

% === Subplot 4: Gabungan All Data ===
subplot(2,2,4);
scatter(actualTrain, predTrain, 25, 'b', 'filled'); hold on;
scatter(actualVal, predVal, 25, 'g', 'filled');
scatter(actualTest, predTest, 25, 'r', 'filled');

% Gabungan semua data
allActual = [actualTrain; actualVal; actualTest];
allPred = [predTrain; predVal; predTest];
coeffAll = polyfit(allActual, allPred, 1);
xFitAll = linspace(min(allActual), max(allActual), 100);
yFitAll = polyval(coeffAll, xFitAll);
plot(xFitAll, yFitAll, 'k--', 'LineWidth', 1.5);

r2All = 1 - sum((allActual - allPred).^2) / sum((allActual - mean(allActual)).^2);
title(sprintf('Gabungan All Data  $R\hat{A}^2 = %.4f$ , r2All));
xlabel('PWM Actual ');
ylabel('PWM Prediksi ');
legend('Train', 'Validation', 'Test', 'Regresi', 'Location', 'best');
axis equal; grid on;

sgtitle('Scatter Plot: PWM Actual vs Prediksi - ANFIS Grid Partition');

% === 11. Evaluasi Tambahan: RMSE, MAE,  $R\hat{A}^2$ , dan NSE ===
% Fungsi NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency)
nse = @(obs, sim) 1 - sum((obs - sim).^2) / sum((obs - mean(obs)).^2);

% --- Training ---
RMSE_train = sqrt(mean((actualTrain - predTrain).^2));
MAE_train = mean(abs(actualTrain - predTrain));

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

NSE_train = nse(actualTrain, predTrain);

% --- Validation ---
RMSE_val = sqrt(mean((actualVal - predVal).^2));
MAE_val = mean(abs(actualVal - predVal));
NSE_val = nse(actualVal, predVal);

% --- Testing (sudah dihitung sebelumnya) ---
NSE_test = nse(actualTest, predTest);

%% === 13. Evaluasi Keseluruhan Data Gabungan ===
% Gabungkan semua data aktual dan prediksi
allActual = [actualTrain; actualVal; actualTest];
allPred = [predTrain; predVal; predTest];

% Evaluasi statistik gabungan
RMSE_all = sqrt(mean((allActual - allPred).^2));
MAE_all = mean(abs(allActual - allPred));
NSE_all = nse(allActual, allPred);
R2_all = 1 - sum((allActual - allPred).^2) / sum((allActual - mean(allActual)).^2);

% === 12. Print Semua Evaluasi ke Command Window ===
fprintf('\n--- Evaluasi Kinerja Model ANFIS ---\n');
fprintf('TRAINING:\n RÂ² = %.4f\n RMSE = %.4f\n NSE = %.4f\n', r2Train, RMSE_train,
NSE_train);
fprintf('VALIDATION:\n RÂ² = %.4f\n RMSE = %.4f\n NSE = %.4f\n', r2Val, RMSE_val,
NSE_val);
fprintf('TESTING:\n RÂ² = %.4f\n RMSE = %.4f\n NSE = %.4f\n', r2Test, RMSE, NSE_test);

% === 14. Print Statistik Gabungan ===
fprintf('\nGABUNGAN (TRAIN + VALID + TEST):\n');
fprintf(' RÂ² = %.4f\n', R2_all);
fprintf(' RMSE = %.4f\n', RMSE_all);
fprintf(' MAE = %.4f\n', MAE_all);
fprintf(' NSE = %.4f\n', NSE_all);

```




Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
%% == 13. Persamaan Linear Uji Alat dari Gabungan Data ==
```

```
% Menggunakan hasil regresi linear dari semua data (train+val+test)
```

```
coeffReg = polyfit(allPred, allActual, 1); %  $y = a \cdot x + b$ 
```

```
a = coeffReg(1); % Slope
```

```
b = coeffReg(2); % Intercept
```

```
fprintf('\n--- Persamaan Kalibrasi/Uji Alat (Regresi Linear dari Prediksi ANFIS) ---\n');
```

```
fprintf('PWM_aktual = %.4f * PWM_prediksi + %.4f\n', a, b);
```

