



© 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN *INFANT INCUBATOR* DIGITAL
BERBASIS *ARDUINO UNO* DAN *RASPBERRY PI* SEBAGAI
*MONITORING REAL-TIME***

TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
Hasyim Muhammad Adam
NEGERI
2303321076
JAKARTA**

PROGRAM STUDI D3-ELEKTRONIKA INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**DESAIN SISTEM KONTROL *FUZZY LOGIC SUGENO*
BERBASIS *ARDUINO UNO* PADA *INFANT INCUBATOR*
*DIGITAL***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Diploma Tiga

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hasyim Muhammad Adam

2303321076

PROGRAM STUDI D3-ELEKTRONIKA INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Hasyim Muhammad Adam

NIM : 2303321076

Tanda Tangan : 

Tanggal : 16 Juli 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Hasyim Muhammad Adam

NIM : 2303321076

Program Studi : D3-Elektronika Industri

Judul Tugas Akhir : Desain Sistem Kontrol Berbasis *Fuzzy Logic Sugeno* berbasis Arduino Uno pada *Infant incubator* Digital

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Selasa, 7 Juli dan dinyatakan **LULUS**

Pembimbing I : Rika Novita Wardhani, S.T., M.T.

NIP. 197011142008122001

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**
Depok, 10 Juli 2026
Disahkan oleh



Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.

NIP. 197803312003122002



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

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Diploma Tiga. Tugas Akhir yang penulis buat adalah Desain Sistem Kontrol Berbasis *Fuzzy Logic Sugeno* berbasis *Arduino Uno* pada *Infant incubator* Digital. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro;
2. Bapak Ihsan Auditia Akhinov, S.T., M.T., selaku dosen Kepala Program Studi D3-Elektronika Industri
3. Ibu Rika Novita Wardhani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, dukungan, dan bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir.
4. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan dukungan moral, material, serta doa dalam menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Rekan satu tim, M. Fauzi Abdullah dan Maulana Syarif H., yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta kerja sama yang baik selama proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 16 Juli 2026

Penulis

Hasyim Muhammad Adam



ABSTRAK

Infant incubator digital merupakan alat penunjang kehidupan bayi prematur yang memerlukan kestabilan suhu ruang maupun suhu kulit agar proses termoregulasi bayi berlangsung optimal. Penelitian ini merancang sistem kontrol suhu pada infant incubator digital berbasis Arduino Uno menggunakan metode fuzzy logic Sugeno, dengan dua variabel input yaitu error dan delta error suhu, tiga himpunan fungsi keanggotaan segitiga, dan sembilan kaidah aturan (rule base). Keluaran fuzzy berupa nilai singleton dikonversi menjadi sinyal Time Proportional Control (TPC) untuk mengatur nyala-mati heater melalui Solid State Relay serta kecepatan kipas distribusi udara melalui sinyal PWM, berdasarkan umpan balik dari sensor suhu ruang SHT35 dan sensor suhu kulit Medke T1307 YSI 400. Sistem diuji pada dua mode operasi, yaitu Air mode dengan setpoint 34°C dan Skin mode dengan setpoint 37°C, masing-masing selama 30 menit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada Air mode, sistem mencapai kondisi mendekati steady state dalam waktu sekitar 6 menit dengan steady-state error sebesar 0.2°C (0.59%) dan tanpa overshoot. Pada Skin mode, sistem menunjukkan respon yang lebih landai dengan waktu respon lebih dari 30 menit, namun steady-state error terus mengecil secara konsisten dari 0.9°C menjadi 0.1°C tanpa overshoot maupun osilasi berlebih. Hasil ini membuktikan bahwa sistem kontrol fuzzy logic Sugeno yang dirancang mampu menjaga kestabilan suhu secara akurat, aman, dan adaptif terhadap karakteristik termal yang berbeda pada kedua mode operasi infant incubator.

Kata kunci : Infant Incubator, Fuzzy Logic Sugeno, Arduino Uno, Kontrol Suhu, Time Proportional Control.

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

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

Design of a Fuzzy Logic-Based Control System for a Digital Infant Incubator.

ABSTRACT

A digital infant incubator is a life-support device for premature infants that requires stable ambient and skin temperatures to support optimal thermoregulation. This study designs a temperature control system for a digital infant incubator based on Arduino Uno using the Sugeno fuzzy logic method, with two input variables, namely temperature error and delta error; three triangular membership function sets, and nine rule bases. The fuzzy output, in the form of a singleton value, is converted into a Time Proportional Control (TPC) signal to regulate the on-off duration of the heater via a Solid State Relay and the speed of the distribution fan via a PWM signal, based on feedback from an SHT35 ambient temperature sensor and a Medke TI307 YSI 400 skin temperature sensor. The system was tested in two operating modes, namely Air mode with a setpoint of 34°C and Skin mode with a setpoint of 37°C, each for 30 minutes. The test results show that in Air mode, the system reached a near steady-state condition within approximately 6 minutes with a steady-state error of 0.2°C (0.59%) and no overshoot. In Skin mode, the system exhibited a more gradual response with a response time exceeding 30 minutes, yet the steady-state error consistently decreased from 0.9°C to 0.1°C without overshoot or excessive oscillation. These results demonstrate that the designed Sugeno fuzzy logic control system is able to maintain temperature stability accurately, safely, and adaptively across the different thermal characteristics of both incubator operating modes.

Keywords : *Infant Incubator, Sugeno Fuzzy Logic, Arduino Uno, Temperature Control, Time Proportional Control*

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	0
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Luaran	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 State Of The Art	5
2.2 <i>Infant Incubator</i>	7
2.2.1 Standar Parameter <i>Infant incubator</i> berdasarkan <i>American National Standards Institute Association for the Advancement of Medical Instrumentation (ANSI/AAMI) II36:2004</i>	8
2.3 Sistem Kendali Lingkaran Tertutup (<i>Close-loop system</i>)	9
2.4 <i>Fuzzy Logic Controller (FLC)</i>	10
2.4.1 Metode <i>Fuzzy Sugeno</i>	10
2.4.2 Fungsi Keanggotaan (<i>Membership function</i>).....	11
2.4.3 <i>Fuzzifikasi</i>	13
2.4.4 Kaidah Aturan (<i>Rule base</i>).....	13
2.4.5 <i>DeFuzzifikasi</i>	14
2.5 Parameter Respon <i>Transien</i> Sistem Kendali	14
2.6 <i>Arduino Uno</i>	16
2.7 Modul Step Down XY-3606	16
2.8 Sensor SHT35	17
2.9 Sensor Medke T1307 YSI 400	17
2.10 <i>Heater</i>	18
2.11 <i>Solid State Relay</i>	19
2.12 <i>Fan Arctic P12 Pro</i>	19
2.13 Buzzer Alarm	20
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	20
3.1 Perancangan Alat.....	20
3.1.1 Deskripsi Sistem Kontrol	20
3.1.2 Cara Kerja Sistem Kontrol	20
3.1.3 <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> pada Sistem Kontrol.....	21
3.1.4 Diagram Blok Sistem Kontrol.....	23

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



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

3.2	Realisasi Alat.....	25
3.2.1	Rancang Bangun Sistem Kontrol <i>Infant Incubator</i>	25
3.2.2	<i>Wiring Diagram</i> Rangkaian	26
3.2.3	<i>Flowchart</i> Kontrol Logika <i>Fuzzy</i>	28
3.2.4	Pembuatan <i>Membership function Input dan Output</i>	29
3.2.5	Pembuatan Kaidah Aturan (<i>Rule base</i>)	35
3.2.6	Defuzzifikasi	39
3.2.7	Sistem Anti- <i>Overshoot</i>	41
3.2.8	Sistem Alarm dan Proteksi Suhu.....	42
3.2.9	Pemrograman pada Arduino.....	42
BAB IV PEMBAHASAN.....		49
4.1	Pengujian Kontrol <i>Fuzzy</i>	49
4.1.1	Deskripsi Pengujian	49
4.1.2	Prosedur Pengujian	49
4.1.3	Data Hasil Pengujian.....	50
4.1.4	Analisa Data / Evaluasi	54
BAB V PENUTUP		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....		59
DAFTAR LAMPIRAN		62

**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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Inkubator Bayi.....	8
Gambar 2. 2 Closed-Loop System	9
Gambar 2. 3 Kurva Segitiga.....	12
Gambar 2. 4 Arduino Uno	16
Gambar 2. 5 Modul Stepdown XY-3606	17
Gambar 2. 6 Sensor SHT35	17
Gambar 2. 7 Sensor Medke T1307	18
Gambar 2. 8 Heater.....	18
Gambar 2. 9 SSR.....	19
Gambar 2. 10 Arctic P12 Pro	20
Gambar 2. 11 Buzzer.....	21
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem Kontrol.....	23
Gambar 3. 2 Rancang Bangun Infant Incubator.....	25
Gambar 3. 3 Wiring Diagram Perancangan Alat.....	26
Gambar 3. 4 Flowchart Sistem Kontrol	28
Gambar 3. 5 Membership function Variabel input error	30
Gambar 3. 6 Membership function Variabel Input delta error	32
Gambar 3. 7 Variabel Output PWM Heater	34
Gambar 3. 8 Variabel Output PWM Fan.....	35
Gambar 3. 9 Rule base sistem.....	37
Gambar 4. 1 Respon Transien mode 1.....	55
Gambar 4. 2 Respon Transien mode 2	56



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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perancangan alat Terdahulu oleh Verrel Giano	5
Tabel 2. 2 Perancangan alat Terdahulu oleh Syaifudin	5
Tabel 2. 3 Perancangan alat Terdahulu oleh Yohanes Cristomus Co'o	6
Tabel 2. 4 Perancang alat terdahulu oleh Noor T. Al-Sharify.....	6
Tabel 2. 5 Perancangan alat terdahulu oleh.....	7
Tabel 2. 6 Parameter Infant Incubator berdasarkan American National Standards Institute Association for the Advancement of Medical Instrumentation (ANSI/AAMI) II36:2004	8
Tabel 3. 1 Hardware pada sistem kontrol.....	21
Tabel 3. 2 Software pada sistem kontrol	22
Tabel 3. 3 Spesifikasi sistem kontrol Incubator	25
Tabel 3. 4 Parameter Membership function Variabel Input Error.....	31
Tabel 3. 5 Parameter Membership function Variabel Input Delta Error	32
Tabel 3. 6 Nilai Singleton Variabel Output PWM Heater.....	33
Tabel 3. 7 Nilai Singleton Variabel Output PWM Fan.....	35
Tabel 3. 8 Rule Base Sistem.....	37
Tabel 4. 1 Alat dan bahan untuk pengujian.....	49
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian mode 1.....	50
Tabel 4. 3 Respon Transien pengujian mode 1	51
Tabel 4. 4 Hasil pengujian mode 2	52
Tabel 4. 5 Respon Transien Pengujian Mode 2.....	53

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Riwayat Hidup	62
Lampiran 2 Dokumentasi Alat	62
Lampiran 3 Dokumentasi Pengujian	63
Lampiran 4 POSTER	64
Lampiran 5 SOP	65
Lampiran 6 Program Sistem.....	65





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 I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi di industri medis berkembang pesat, terutama dalam pengembangan perangkat kesehatan yang memanfaatkan sistem kendali otomatis. *Infant incubator* (inkubator bayi) merupakan contoh perangkat elektro-medis vital yang memerlukan sistem kendali canggih untuk menyediakan lingkungan mikro yang stabil bagi bayi baru lahir prematur atau Bayi Berat Lahir Rendah (BBLR). Bayi prematur belum memiliki kemampuan *termoregulasi* tubuh yang sempurna karena lapisan lemak *subkutan* yang tipis dan hipotalamus yang belum matang. Kondisi ini membuat bayi sangat rentan mengalami *hipotermia* apabila berada di lingkungan dengan fluktuasi suhu yang signifikan. Menurut World Health Organization (WHO) dan data Survei Status Gizi Indonesia (2022), tingginya angka kelahiran prematur menuntut adanya fasilitas perawatan inkubator yang aman, stabil, dan efisien.

Pada umumnya, sistem inkubator bayi konvensional masih menggunakan metode kontrol sederhana seperti ON/OFF. Metode ini memiliki kelemahan berupa respon fluktuasi suhu internal yang tidak teratur (*Overshoot*) karena karakteristik pemanasan yang tidak linear, sehingga berisiko memengaruhi kondisi kesehatan bayi yang sensitif. Selain itu, banyak inkubator konvensional yang belum dilengkapi dengan perangkat antarmuka pemantauan secara *real-time*, sehingga menghambat tenaga medis untuk memonitor kondisi inkubator secara cepat dan akurat.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan implementasi *embedded system* menggunakan mikrokontroler andal seperti *Arduino Uno* yang mampu memproses data sensor dan mengendalikan aktuator secara responsif (Sutita & Irwan, 2024). Pengaturan kestabilan suhu akan jauh lebih optimal dengan menerapkan metode *Fuzzy logic sugeno*. Metode kontrol cerdas ini bekerja menggunakan logika linguistik dan derajat keanggotaan sehingga mampu menghasilkan keputusan kontrol yang sangat fleksibel dan presisi dalam menangani kondisi lingkungan yang non-linear (Handoyo et al., 2026). Performa sistem kontrol ini didukung oleh penggunaan *Solid State Relay* (SSR) sebagai pengontrol elemen



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

pemanas (*heater*) karena memiliki kecepatan switching tinggi dan memberikan pengendalian beban yang lebih stabil tanpa menghasilkan percikan listrik (Medina et al., 2024). (Ravichandran, 2024) menyatakan bahwa sensor SHT35 memiliki akurasi dan stabilitas yang tinggi untuk aplikasi suhu ruang. Pada perancangan alat ini, sensor tersebut dipadukan dengan sensor Medke T1307 YSI400 untuk pemantauan suhu kulit bayi.

Beberapa perancangan alat terdahulu telah mengimplementasikan metode kendali cerdas pada inkubator. Pertama, (Verrel G & Hariyanto, 2022) berhasil menstabilkan suhu menggunakan algoritma *Fuzzy logic sugeno*, namun aktuatornya masih mengandalkan saklar mekanik konvensional. Kedua, (Syarifudin et al., 2026) mengembangkan kendali *Fuzzy* berakurasi tinggi pada prototipe inkubator, tetapi belum mengintegrasikan aktuator *Solid State Relay* (SSR) dan sensor suhu kulit bayi. Ketiga, (Co'o et al., 2024) menggunakan *Fuzzy Logic* dengan pembacaan sensor ganda, namun sistemnya difokuskan pada efisiensi baterai untuk inkubator portabel (*transport*), bukan inkubator statis. Berdasarkan ketiga tinjauan tersebut, belum ditemukan sistem inkubator statis yang menggabungkan kontrol murni *Fuzzy logic sugeno*, aktuator SSR berbasis *time proportional control*, pembacaan sensor ganda secara bersamaan, dan antarmuka pemantauan *real-time* berbasis *Raspberry pi*.

Oleh karena itu, perancangan alat ini dikembangkan untuk mengisi celah tersebut melalui Tugas Akhir dengan subjudul “Desain Sistem Kontrol *Fuzzy logic sugeno* Berbasis *Arduino Uno* pada *Infant Incubator Digital*”. Sistem ini diharapkan mampu menghasilkan pengendalian suhu yang stabil dan akurat, serta mempermudah visualisasi data bagi tenaga medis guna mendukung proses perawatan bayi prematur secara optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam perancangan alat ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menerapkan program *Fuzzy logic sugeno* pada *Arduino Uno* untuk mengatur kerja pemanas (*heater*) dan kipas (*fan*) berdasarkan data sensor SHT35 dan Medke T1307?



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

2. Bagaimana tingkat akurasi dan performa sistem kontrol tersebut dalam menjaga kestabilan suhu ruang inkubator setelah dilakukan pengujian?

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup perancangan alat, maka batasan masalah pada perancangan alat ini adalah sebagai berikut :

1. Perancangan alat ini difokuskan pada perancangan dan implementasi sistem kontrol suhu pada *infant incubator* digital menggunakan metode *Fuzzy logic sugeno* berbasis *Arduino Uno*.
2. Parameter yang digunakan dalam sistem kontrol ini adalah suhu ruang inkubator yang diukur menggunakan sensor SHT35 dan sensor kulit bayi yang diukur menggunakan sensor Medke T1307 YSI400.
3. Pengendalian suhu dilakukan menggunakan elemen pemanas yang dikontrol melalui *Solid State Relay* (SSR), dengan *fan* DC PWM sebagai komponen sirkulasi udara yang kecepatan putarnya diatur oleh sistem *fuzzy* untuk mengoptimalkan distribusi panas di dalam kabin inkubator.
4. Kelembaban ruang inkubator hanya digunakan sebagai parameter *monitoring* dan tidak dikendalikan secara aktif.
5. Analisis performa sistem dibatasi pada parameter *rise time*, *Overshoot*, *settling time*, *response time*, dan *Steady-state error*.
6. Perancangan alat ini tidak membahas aspek sertifikasi alat kesehatan, uji klinis, maupun penggunaan langsung pada pasien atau bayi prematur.
7. Perancangan alat ini tidak membahas perancangan bentuk fisik inkubator secara lengkap, serta sistem antarmuka *monitoring* berbasis *Raspberry pi*, karena bagian tersebut merupakan ruang lingkup subjudul anggota tim yang lain.

1.4 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat program algoritma *Fuzzy logic sugeno* pada mikrokontroler untuk mengendalikan sistem pemanasan inkubator secara otomatis.



© 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Mengetahui seberapa akurat dan stabil suhu ruangan serta performa alat yang dihasilkan oleh sistem kontrol tersebut melalui hasil pengujian alat.

1.5 Luaran

Luaran yang diharapkan dari perancangan alat Tugas Akhir ini adalah :

1. Prototipe sistem kontrol suhu *infant incubator* berbasis *Fuzzy logic sugeno* yang terintegrasi dengan sensor presisi dan aktuator *Solid State Relay* (SSR).
2. Laporan Tugas Akhir
3. Poster
4. SOP



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 V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan program, dan pengujian yang telah dilakukan pada "Desain Sistem Kontrol *Fuzzy logic sugeno* Berbasis *Arduino Uno* pada *Infant Incubator Digital*", maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan dari Tugas Akhir ini:

1. Penerapan Algoritma *Fuzzy logic sugeno* pada Sistem

Tujuan untuk membuat program *Fuzzy logic sugeno* pada mikrokontroler telah berhasil direalisasikan untuk mengendalikan suhu secara otomatis. Algoritma ini memproses dua variabel *input* (suhu *error* dan *delta error*) melalui pemetaan 3 himpunan fungsi keanggotaan segitiga, yang menghasilkan 9 kaidah aturan (*rule base*). *Output* dari perhitungan *fuzzy* berupa nilai tegas (*singleton*) yang kemudian dikonversi oleh *Arduino Uno* menjadi sinyal *Time Proportional Control* (TPC). Sinyal ini secara responsif mengatur durasi nyala-mati elemen pemanas (*heater*) melalui *Solid State Relay* (SSR) pada siklus 5000 ms, sekaligus mengatur kecepatan putar kipas distribusi (*fan DC*) melalui sinyal PWM, berdasarkan data umpan balik dari sensor ruang SHT35 dan sensor kulit Medke T1307.

2. Tingkat Akurasi dan Performa Sistem Kontrol

Berdasarkan hasil pengujian selama 30 menit pada kedua mode operasi, sistem kontrol *fuzzy sugeno* terbukti mampu menjaga kestabilan suhu tanpa menimbulkan *overshoot* pada *Air mode* maupun *Skin mode*. Pada *Air mode*, sistem mencapai kondisi mendekati steady state dengan rise time dan settling time sekitar 6 menit serta steady-state error sebesar 0.2°C (0.59%) terhadap setpoint 34°C, menunjukkan respon yang cepat dan akurat. Pada *Skin mode*, sistem menunjukkan respon yang lebih landai dengan rise time, settling time, dan response time di atas 30 menit karena karakteristik termal objek yang diukur lebih lambat, namun steady-state error terus mengecil secara konsisten dari 0.9°C menjadi 0.1°C sepanjang pengujian, menandakan tren konvergensi menuju setpoint 37°C. Kedua mode sama-



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

sama tidak menghasilkan peak time maupun *overshoot*, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol *fuzzy* sugeno yang dirancang memiliki tingkat akurasi dan performa yang baik, aman digunakan, serta mampu beradaptasi terhadap karakteristik termal yang berbeda pada masing-masing mode operasi infant incubator.

5.2 Saran

Meskipun prototipe sistem kontrol pada *infant incubator* digital ini telah bekerja dengan baik sesuai perancangan, masih terdapat beberapa potensi pengembangan untuk menyempurnakan alat ini di masa mendatang. Beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Penambahan Aktuator Pengendali Kelembaban Udara:

Pada perancangan alat ini, parameter kelembaban yang dibaca oleh sensor SHT35 hanya sebatas ditampilkan untuk kebutuhan *monitoring* tanpa adanya sistem kendali. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan untuk menambahkan modul pelembap udara (*humidifier* atau *mist maker*) yang dikendalikan secara otomatis agar kelembaban kabin dapat dijaga pada rentang ideal secara aktif.

2. Integrasi Sistem Catu Daya Cadangan (UPS):

Infant incubator merupakan alat penunjang kehidupan (*life-support*) yang tidak boleh mati tiba-tiba saat pemadaman listrik. Pengembangan ke depan sangat disarankan untuk menambahkan sistem peralihan catu daya otomatis (*Uninterruptible Power Supply / UPS*) atau baterai cadangan yang terintegrasi langsung dengan modul kontrol.

3. Pengujian Kalibrasi Standar Medis:

Agar alat dapat dikomersialkan atau digunakan langsung di fasilitas kesehatan, disarankan agar prototipe ini diuji kelayakannya menggunakan alat kalibrator medis standar seperti *INCU Analyzer*, untuk memvalidasi performa distribusi suhu, tingkat kebisingan, dan kecepatan aliran udara di berbagai titik kabin secara lebih komprehensif.

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

DAFTAR PUSTAKA

- Anwari, A., Harisantoso, L., & Hotimah, S. S. (2024). *Optimalisasi Sistem Pendingin Konvensional Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO R3* (Vol. 2, Number 2).
- ARCTIC. (n.d.). *ARCTIC P12 Pro*.
- Azizah, N., Ansori, M. I. N., & Saputra, M. A. (2025). SISTEM PENENTUAN HARGA SEWA MOBIL BERBASIS LOGIKA FUZZY SUGENO BERDASARKAN JARAK TEMPUH DAN DURASI SEWA. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 9, Number 2).
- Bahyanto, B. I., Rasyidi, M. H., Zulfatman, & Afandi, R. (2025). SMART AND ADAPTIVE INCUBATOR DENGAN TEKNOLOGI PEMANAS HEMAT ENERGI. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.6943>
- Blegur, E. J., & Bonnu, C. H. (2025). SIMULASI PENGENDALI SUHU DAN KELEMBABAN PADA BUDIDAYA JAMUR TIRAM DENGAN METODE FUZZY LOGIC SUGENO: PENDEKATAN KONSEPTUAL. *Jurnal Teknik Informasi Dan Komputer (Tekinkom)*, 8(1), 57. <https://doi.org/10.37600/tekinkom.v8i1.2068>
- Co'o, Y. C., Wisana, I. D. G. H., & Kholiq, A. (2024). Fuzzy Logic Temperature Control on Baby Incubator Transport Battery Efficiency. *Jurnal Teknokes*, 17(1). <https://doi.org/10.35882/teknokes.v17i1.643>
- Fauzi Firdaus, R., Fauzi Ikhsan, A., & Malik Matin, I. M. (2022). RANCANG BANGUN PEMODELAN ALAT PENGENDALI PINTU OTOMATIS UNTUK IRIGASI SAWAH BERSKALA KECIL BERBASIS ARDUINO. 2(2).
- Fitri, R., Churil Aini, D., Dewatama, D., Nurcahyo, S., Malang, P. N., & Korespondensi, P. (2024). Sistem Kontrol Suhu pada Proses Pengeringan Kerupuk Kulit Jeruk menggunakan Metode Fuzzy logic Control. *Journal of Mechanical and Electrical Technology*, 3(3).
- Furizal, Ma'arif, A., Wijaya, S. A., Murni, & Suwarno, I. (2024). Analysis and Performance Comparison of Fuzzy Inference Systems in Handling Uncertainty: A Review. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 5(4), 1203–1215. <https://doi.org/10.18196/jrc.v5i4.22123>
- Hadianto, E., Amanda, D., Hindarto, D., Makmur, A., & Santoso, H. (2023). Design and Development of Coffee Machine Control System Using Fuzzy Logic. *Sinkron*, 8(1), 130–138. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i1.11917>
- Handoyo, A. S., Alfandy, A., & Fauzi, R. (2026). VOLTIFY: SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN MONITORING DAN MANAJEMEN KONSUMSI LISTRIK RUMAH TANGGA BERBASIS WEB MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 10, Number 2).
- Iksan, N., Hidayati, L., Andrasto, T., & Fathoni, K. (2022). JEPIN (*Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika*) Sistem Kendali Suhu dan Kelembapan pada Alat



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

- Penetas Telur Berbasis Fuzzy Logic Controller*. 8. <https://doi.org/10.70609/metrotech.v3i3.5136>
- Medina, J., Barros, K., Chamorro, W., & Ramírez, J. (2024). Design and Construction of a Controlled Solid-State Relay with Variable Duty Ratio for DOMOTIC Applications †. *Engineering Proceedings*, 77(1). <https://doi.org/10.3390/engproc2024077014>
- Muwaffaq, M. R. (2024). PERANCANGAN RANGKAIAN SEDERHANA INFANT WARMER BERBASIS ARDUINO UNO MENGGUNAKAN SIMULASI WOKWI SIMPLE INFANT WARMER CIRCUIT DESIGN BASED ON ARDUINO UNO USING WOKWI SIMULATION. In *Medika Trada : Jurnal Teknik Elektromedik Polbitrada* (Vol. 5, Number 1).
- Ningtias D.R., Wahyudi B., & Harsoyo T. I. (2021). *Monitoring Suhu pada Infant Warmer Menggunakan INCU Analyzer Berbasis Arduino*.
- Purwantoro, A., Malau, N. P., & Waluyo, R. (2026). Penilaian Risiko Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno: Studi Kasus Infrastruktur Perkotaan. *Rekayasa*, 19(1), 118–133. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v19i1.34064>
- Rahmah, A. F., Dwi Sartika Simatupang, & Alun Sujjada. (2023). Sistem Monitoring Dan Kontrol Tanaman Pada Greenhouse Berbasis Android Menggunakan Fuzzy Sugeno. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 4(2), 332–340. <https://doi.org/10.37859/coscitech.v4i2.5088>
- Ravichandran, V. (2024). *Development of a breath monitoring system using an STM32 microcontroller and a Bluetooth device with connected MEMS-based sensors Vijayakanna Ravichandran Master's Programme in Embedded Systems*.
- Saputri, Y. A., Sa'diyah, K., & Yulianto, E. (2022). ANALISIS EFISIENSI HEATER PADA PENGOLAHAN STEAM UNIT 7 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP. 2022(1), 54–63. <http://distilat.polinema.ac.id>
- Sutita, Y. izzah, & Irwan, H. (2024). Perancangan Arduino Uno pada Design Mesin Pick and Place Sorting Colour Automation untuk Meningkatkan Produktivitas. *Journal of Manufacturing in Industrial Engineering & Technology*, 3(2), 72–82. <https://doi.org/10.30651/mine-tech.v3i2.23987>
- Syaifudin, Kholiq, A., & Maghfiroh, A. , M. (2026). A Fuzzy Logic Approach for Temperature Stability in Infant Incubator Systems. *Engineering Science Letter*, 157–163. <https://doi.org/10.56741/IISTR.esl.001451>
- Texas Instrument. (n.d.). *LM2596 SIMPLE SWITCHER ® Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator*. Retrieved www.ti.com
- Upuy, D., & Hiariey, A. H. (2023). Implementasi Fuzzy Sugeno untuk menentukan Jumlah Produksi Tahu. In *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan (J-TIT)* (Vol. 10, Number 2). <https://doi.org/10.25047/jtit.v10i2.327>
- Verrel G, & Hariyanto. (2022). *SISTEM KONTROL KESTABILAN SUHU RUANGAN INKUBATOR BAYI MENGGUNAKAN METODE LOGIKA*



© 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

FUZZY-SUGENO.

Widodo, H., Eka Putra, Y., Suryani, S., & Ubaidah. (2024). Sistem Otomatisasi Pengaturan Suhu dan Sirkulasi Udara di Ruangan Pasien Menggunakan Relay SSR dan Teknologi IoT Berbasis Blynk. In *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika* (Vol. 12, Number 02).

World Health Organization. (2022). *WHO recommendations for care of the preterm or low-birth-weight infant*. World Health Organization.



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

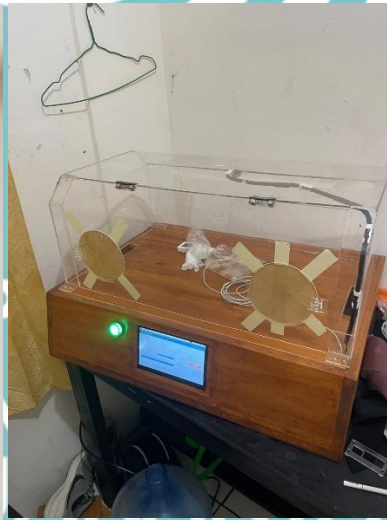
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Riwayat Hidup



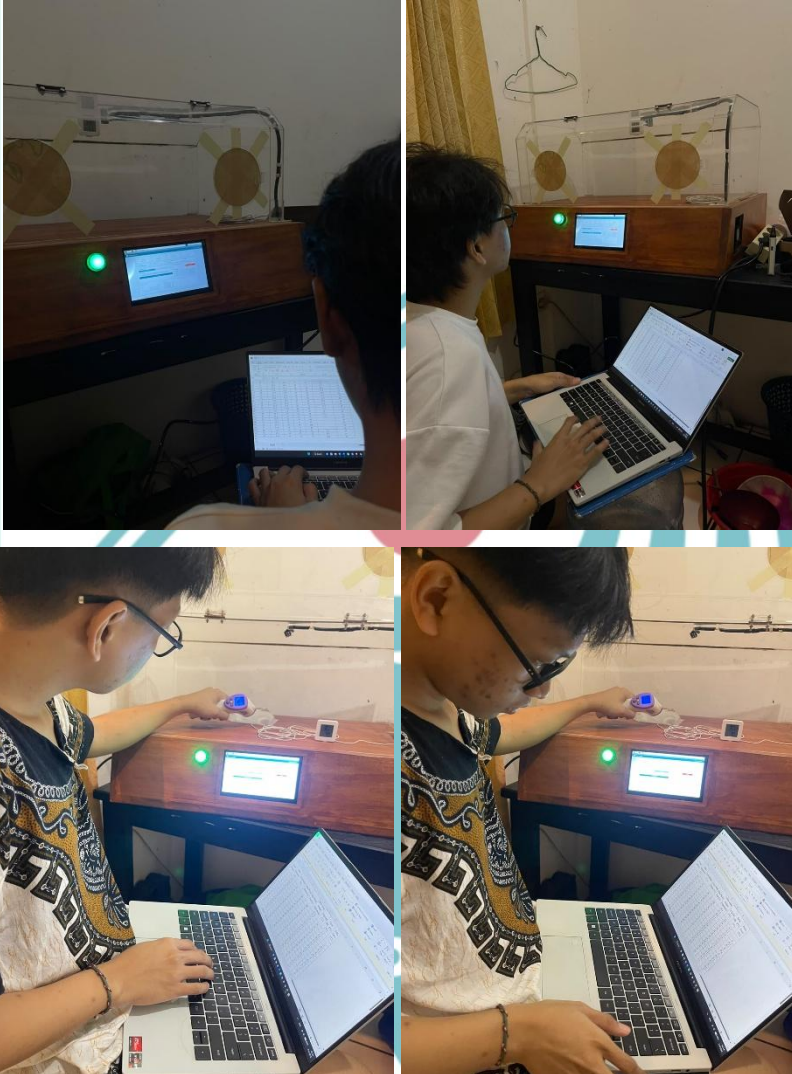
Penulis bernama Hasyim Muhammad Adam, Anak ketiga dari tiga bersaudara. Lahir di Jakarta, tanggal 23 November 2004. Lulus dari SDN 03 Marunda pada tahun 2016, SMPN 162 Jakarta pada tahun 2019, SMKN 4 Jakarta pada tahun 2023, dan Sedang menjalankan Gelar Diploma Tiga (D3) Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Elektronika Industri, Politeknik Negeri Jakarta.

Lampiran 2 Dokumentasi Alat



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Dokumentasi Pengujian



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



Judul : Rancang Bangun *Infant Incubator* Digital Berbasis Arduino Uno dan Raspberry Pi sebagai *Monitoring Real Time*

TUJUAN

1. Merancang *Infant Incubator* digital berbasis Arduino Uno dan Raspberry Pi sebagai *monitoring real time*.
2. Merancang sistem kontrol berbasis *fuzzy logic* Sugeno pada *infant incubator* digital.
3. Merancang sistem *monitoring* dan antarmuka pengguna berbasis Raspberry Pi pada *infant incubator* digital

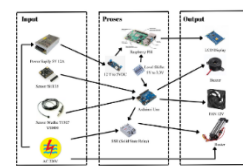
LATAR BELAKANG

Tingginya angka kelahiran prematur menuntut ketersediaan inkubator dengan kestabilan suhu yang sangat presisi guna mencegah hipotermia. Namun, inkubator konvensional saat ini masih rentan terhadap fluktuasi suhu akibat kontrol mekanik (ON/OFF), minimnya validasi tata letak sensor yang akurat, serta ketiadaan antarmuka visual untuk pemantauan data. Belum adanya sistem terintegrasi yang memadukan kendali cerdas, pembacaan sensor ganda, dan antarmuka interaktif inilah yang melatarbelakangi kami untuk merancang *Infant Incubator Digital* berbasis Arduino Uno dan Raspberry Pi sebagai *monitoring real-time*.

CARA KERJA ALAT

1. Akuisisi data sensor oleh Arduino Uno : Arduino membaca data sensor SHT35 dan Medke T1307 YSI-400 dan memproses data dengan Fuzzy, lalu mengirim data tersebut ke Raspberry Pi.
2. Raspberry Pi menampilkan data yang telah diproses oleh Arduino Uno ke *user interface*. Kemudian, *user* dapat mengirimkan perintah balik ke Arduino Uno.
3. Arduino Uno akan menerima kembali data yang dikirimkan oleh Raspberry Pi, menciptakan loop kondisi tertutup (*closed-loop*) yang terus menyesuaikan diri hingga kondisi mendekati *setpoint* yang ditentukan.

BLOK DIAGRAM



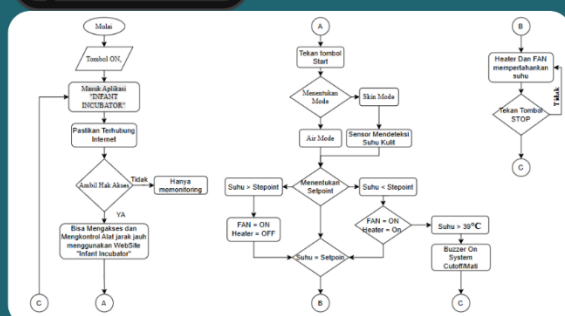
SPESIFIKASI ALAT

Jenis Parameter	Nilai
Setpoint Suhu Udara	32 °C - 34 °C
Setpoint Suhu Kulit	35 °C - 37 °C
Kelembaban relatif	> 40%
Sumber Power	220V

MAKET



FLOW DIAGRAM



Dibuat Oleh :



M. Fauzi Abdullah
(2303321052)



Hasyim M. A.
(2303321033)



Maulana Syarif .H
(2303321017)

Dosen Pembimbing

Rika Novita Wardhani, S.T., M.T.





SOP PENGGUNAAN ALAT

Infant Incubator Digital Berbasis Arduino Uno dan Raspberry Pi sebagai Monitoring Real Time

CARA PENGOPRASIAN ALAT

- Persiapan Alat** : Pastikan infant incubator, Hp / Laptop siap digunakan. Periksa perkabelan dan catu daya terhubung dengan baik. pastikan memiliki koneksi internet/sinyal yang stabil.
- Menyalakan Alat** : hubungkan infant incubator ke sumber listrik 220V AC, kemudian tekan sakelar utama infant incubator. Tunggu hingga LCD menyala dan menampilkan desktop, pastikan terhubung ke internet jika ingin mengakses lewat website.
- Mengakses Software** : Buka software "Infant Incubator". Pastikan sistem dalam keadaan stop. jika mau menjalankan sistem pastikan Hak Akses berada di anda, dan jika ingin mengakses lewat web site silahkan untuk Lepas Hak Akses.
- Menjalankan Sistem** : Tekan start untuk menjalankan sistem infant incubator. Pastikan suhu setpoint dalam range 32-35°C "Air Mode" tunggu hingga suhu dalam ruangan mencapai setpoint dan kelembapan terjaga di >40%.
- Pergantian mode** : "Air Mode" digunakan apabila belum adanya bayi di dalam inkubator dan juga untuk menjaga udara dan kehangatan sesuai kebutuhan. "Skin Mode" digunakan apabila bayi sudah berada didalam inkubator dan pastikan Skin Probe diletakan di atas dan tempatkan pada kulit bayi langsung untuk monitoring suhu kulit bayi.
- Monitoring Sistem** : Amati perubahan suhu udara dan kelembapan, amati juga suhu kulit bayi melalui layar monitor dan juga website Infant incubator, sistem berjalan otomatis jika ada lonjakan suhu yang signifikan sistem akan menghidupkan Alarm pada suhu diatas 37,0°C. dan apabila suhu melonjak >39°C sistem akan mati dengan otomatis sebagai Warning System.
- Mengakhiri Sistem** : Setelah infant Incubator selesai digunakan, tekan tombol stop dan lepaskan hak akses kemudian close software Infant Incubator, lalu shutdown sistem dan matikan sakelar.

ALAT DAN BAHAN

1. Arduino Uno
2. Heater
3. Fan PWM
4. Sensor SHT35
5. Sensor Medke T1307 (YSI400)
6. Solid State Relay
7. Buzzer
8. Raspberry Pi 4
9. LCD

DIBUAT OLEH



M. Fauzi Abdullah
(2303321052)



Hasyim M. A.
(2303321033)



Maulana Syarif .H
(2303321017)

DOSEN PEMBIMBING

Rika Novita Wardhani, S.T., M.T.

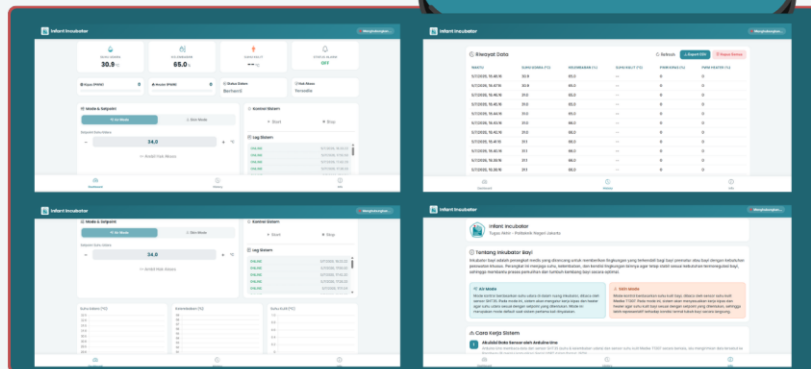
TAMPILAN WEBSITE

QR CODE WEB



WEB MONITORING

<https://smart-incubator-c61a1.web.app/>



POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kampus Universitas Indonesia, Beji, Depok, 16425.



Lampiran 6 Program Sistem

/* INKUBATOR BAYI DIGITAL — Arduino Uno

Fuzzy Sugeno (2 Input / 2 Output / 9 Rule)

Input : error (setpoint-actual, $\pm 2^{\circ}\text{C}$), delta error ($\pm 1^{\circ}\text{C}$)

Output : duty kipas & duty heater (0-255), weighted average defuzzifikasi
Protokol serial JSON ke Raspberry Pi, TX tiap 2 detik */

```
#include <Wire.h>
#include <EEPROM.h>
#include <avr/wdt.h>
#include <math.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>

// PIN
#define PIN_THERM    A0
#define PIN_SSR      9
#define PIN_FAN      10
#define PIN_BUZZER    8

#define SHT35_ADDR    0x45

// THERMISTOR (Steinhart-Hart)
#define THERM_R_SERI  1500.0f
#define THERM_A        1.412962e-3f
#define THERM_B        2.514458e-4f
#define THERM_C        9.235785e-21f

#define SAMPLE_MS      500UL
#define SEND_MS        2000UL
#define TPC_WINDOW_MS  5000UL
#define BAUD_RATE      9600

// SETPOINT
#define SP_AIR_MIN      32.0f
#define SP_AIR_MAX      34.0f
#define SP_AIR_DEF      33.0f

#define SP_SKIN_MIN     35.0f
#define SP_SKIN_MAX     37.0f
#define SP_SKIN_DEF     36.0f

// ALARM & PROTEKSI SUHU RUANG
#define ALARM_WARN      38.0f
#define ALARM_CRIT      39.0f
#define TEMP_CUTOFF     39.5f

// ALARM KELEMBABAN (hysteresis)
#define RH_LOW_ON       40.0f
#define RH_LOW_OFF      42.0f
#define RH_HIGH_ON      60.0f
#define RH_HIGH_OFF     58.0f

// KLASIFIKASI SUHU TUBUH BAYI (mode skin)
#define BT_HYPO_MAX     36.4f
#define BT_FEVER_MIN    37.5f
```

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



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



© 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

```
float    vSuhu      = 0.0f;
float    vRh        = 0.0f;
float    vKulit     = -1.0f;

float    smoothedADC = 0.0f;
bool     firstTherm  = true;

uint8_t  outFan      = 0;
uint8_t  outHeat     = 0;

AlarmState alarmSt = AL_OFF;
RhAlarmState alarmRh = RH_OK;
BodyTempState btSt = BT_NA;

bool     buzOn       = false;
unsigned long lastBuzz = 0UL;

float    prevErr     = 0.0f;
bool     ssrOn       = false;
unsigned long lastSample = 0UL;
unsigned long lastSend  = 0UL;
unsigned long tpcStart  = 0UL;

void readSHT35();
void readThermistor();
void runFuzzy();
void updateTPC();
void checkAlarm();
void checkRhAlarm();
void checkBodyTemp();
void updateBuzzer();
void sendData();
void readSerial();
void processCmd(const char* cmd);
void sendAck(const char* key, const char* val);
void saveEEPROM();
void loadEEPROM();
void setSkinMode(bool active);
static float triMF(float x, float a, float b, float c);

void setup() {
    wdt_disable();

    Serial.begin(BAUD_RATE);
    Wire.begin();
    Wire.setWireTimeout(3000, true);

    pinMode(PIN_SSR, OUTPUT);
    pinMode(PIN_FAN, OUTPUT);
    pinMode(PIN_BUZZER, OUTPUT);
    digitalWrite(PIN_SSR, LOW);
    digitalWrite(PIN_BUZZER, LOW);
```



© 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// Timer1: Fast PWM 25 kHz di Pin 10 (OC1B)
TCCR1A = (1 << COM1B1) | (1 << WGM11);
TCCR1B = (1 << WGM13) | (1 << WGM12) | (1 << CS10);
ICR1 = 639;
OCR1B = 0;

loadEEPROM();

// SHT35 soft-reset
Wire.beginTransmission(SHT35_ADDR);
Wire.write(0x30); Wire.write(0xA2);
Wire.endTransmission();
delay(20);

unsigned long now = millis();
lastSample = now - SAMPLE_MS;
lastSend = now - SEND_MS;
tpcStart = now;

wdt_enable(WDTO_8S);

Serial.println(F("{\"boot\":\"Inkubator v3.9 OK\"}"));
}

void loop() {
    wdt_reset();

    readSerial();
    updateTPC();
    updateBuzzer();

    unsigned long now = millis();

    if ((now - lastSample) >= SAMPLE_MS) {
        lastSample = now;

        readSHT35();
        if (skinActive) readThermistor();

        checkAlarm();
        checkRhAlarm();
        checkBodyTemp();
        runFuzzy();
    }

    if (sendNow || (now - lastSend) >= SEND_MS) {
        lastSend = now;
        sendNow = false;
        sendData();
    }
}
```

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

```
// SHT35 — suhu & kelembaban ruang
void readSHT35() {
  Wire.beginTransmission(SHT35_ADDR);
  Wire.clearWireTimeoutFlag();
  Wire.write(0x2C); Wire.write(0x06);
  if (Wire.endTransmission(true) != 0) return;
  delay(15);

  Wire.requestFrom((uint8_t)SHT35_ADDR, (uint8_t)6);
  if (Wire.getWireTimeoutFlag()) return;
  if (Wire.available() < 6) return;

  uint8_t d[6];
  for (uint8_t i = 0; i < 6; i++) d[i] = Wire.read();

  uint16_t rawT = ((uint16_t)d[0] << 8) | d[1];
  uint16_t rawH = ((uint16_t)d[3] << 8) | d[4];

  float t = -45.0f + 175.0f * ((float)rawT / 65535.0f);
  float h = 100.0f * ((float)rawH / 65535.0f);

  if (t > -10.0f && t < 60.0f) vSuhu = t;
  if (h >= 0.0f && h <= 100.0f) vRh = h;
}

// Thermistor kulit — hanya Mode Skin
void readThermistor() {
  long adcSum = 0;
  for (int i = 0; i < 10; i++) { adcSum += analogRead(PIN_THERM); delay(2); }
  float currentADC = (float)adcSum / 10.0f;

  if (currentADC <= 0.0f || currentADC >= 1023.0f) return;

  if (firstTherm) { smoothedADC = currentADC; firstTherm = false; }
  else smoothedADC = 0.1f * currentADC + 0.9f * smoothedADC;

  float R = THERM_R_SERI * (1023.0f - smoothedADC) / smoothedADC;
  float lnR = log(R);
  float invT = THERM_A + THERM_B * lnR + THERM_C * (lnR * lnR * lnR);
  float t = 1.0f / invT - 273.15f;

  if (t > 20.0f && t < 50.0f) vKulit = t;
}

// Membership function segitiga/shoulder
static float triMF(float x, float a, float b, float c) {
  if (a == b) {
    if (x <= a) return 1.0f;
    if (x >= c) return 0.0f;
    return (c - x) / (c - b);
  }
  if (b == c) {
    if (x <= a) return 0.0f;
```



© 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

```
if (x >= b) return 1.0f;
return (x - a) / (b - a);
}
if (x <= a || x >= c) return 0.0f;
if (x == b) return 1.0f;
return (x < b) ? ((x - a) / (b - a)) : ((c - x) / (c - b));
}
```

// Fuzzy Sugeno controller

```
void runFuzzy() {
    if (!sysRun) {
        outFan = 0;
        outHeat = 0;
        OCR1B = 0;
        if (ssrOn) { digitalWrite(PIN_SSR, LOW); ssrOn = false; }
        prevErr = 0.0f;
        return;
    }

    if (coolingMode) {
        outFan = FAN_FULL;
        outHeat = HEAT_OFF;
        OCR1B = 639;
        if (ssrOn) { digitalWrite(PIN_SSR, LOW); ssrOn = false; }
        return;
    }

    if (vSuhu >= TEMP_CUTOFF) {
        outFan = FAN_FULL;
        outHeat = HEAT_OFF;
        OCR1B = 639;
        if (ssrOn) { digitalWrite(PIN_SSR, LOW); ssrOn = false; }
        return;
    }

    float actual, setp;
    if (skinActive) {
        actual = vKulit;
        setp = spSkin;
        if (vKulit < 20.0f || vKulit > 50.0f) { // fail-safe sensor invalid
            outFan = FAN_LOW;
            outHeat = HEAT_OFF;
            OCR1B = ((uint32_t)outFan * 639UL) / 255UL;
            if (ssrOn) { digitalWrite(PIN_SSR, LOW); ssrOn = false; }
            return;
        }
    } else {
        actual = vSuhu;
        setp = spAir;
        if (vSuhu < 10.0f || vSuhu > 55.0f) { // fail-safe sensor invalid
            outFan = FAN_LOW;
            outHeat = HEAT_OFF;
            OCR1B = ((uint32_t)outFan * 639UL) / 255UL;
        }
    }
}
```

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

```

if (ssrOn) { digitalWrite(PIN_SSR, LOW); ssrOn = false; }
return;
}
}

float err = constrain(setp - actual, -2.0f, 2.0f);
float dErr = constrain(err - prevErr, -1.0f, 1.0f);
prevErr = err;

float muE[3];
muE[0] = triMF(err, -2.0f, -2.0f, 0.0f);
muE[1] = triMF(err, -1.0f, 0.0f, 1.0f);
muE[2] = triMF(err, 0.0f, 2.0f, 2.0f);

float muDE[3];
muDE[0] = triMF(dErr, -1.0f, -1.0f, 0.0f);
muDE[1] = triMF(dErr, -0.5f, 0.0f, 0.5f);
muDE[2] = triMF(dErr, 0.0f, 1.0f, 1.0f);

// REVISI: numFan dan numHeat dihitung independen, masing-masing dari
// kolom rule table-nya sendiri (skala FAN_* vs skala HEAT_*), supaya
// hasil defuzzifikasi heater akurat sesuai persentase HEAT_* yang benar
// (bukan ikut byte skala fan).
float numFan = 0.0f, numHeat = 0.0f, den = 0.0f;
for (uint8_t i = 0; i < 3; i++) {
  if (muE[i] < 1e-4f) continue;
  for (uint8_t j = 0; j < 3; j++) {
    float mu = (muE[i] < muDE[j]) ? muE[i] : muDE[j];
    if (mu < 1e-4f) continue;
    numFan += mu * ruleTable[i][j].fan;
    numHeat += mu * ruleTable[i][j].heat;
    den += mu;
  }
}

if (den > 1e-6f) {
  outFan = (uint8_t)constrain((int)(numFan / den), 0, 255);
  outHeat = (uint8_t)constrain((int)(numHeat / den), 0, 255);
} else {
  outFan = FAN_VLOW;
  outHeat = HEAT_OFF;
}

// Anti-overshoot: predictive heater cutoff (fan tetap jalan, tidak ikut turun)
if (err <= HEAT_CUTOFF_MARGIN) {
  outHeat = HEAT_OFF;
}

// Anti-overshoot: fan hold di sekitar setpoint; heater ikut dikunci
// ke level setara (HEAT_LOW), kecuali sudah dipaksa OFF di atas.
bool nearSetpoint = (fabsf(err) <= FAN_HOLD_BAND);
bool stableSlope = (fabsf(dErr) <= FAN_HOLD_DE_BAND);
if (nearSetpoint && stableSlope) {

```



© 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
outFan = FAN_HOLD_LEVEL;
if (err > HEAT_CUTOFF_MARGIN) outHeat = HEAT_LOW;
}

OCR1B = ((uint32_t)outFan * 639UL) / 255UL;
}

// Time Proportional Control (SSR heater)
void updateTPC() {
    unsigned long now = millis();
    unsigned long elap = now - tpcStart;
    if (elap >= TPC_WINDOW_MS) { tpcStart = now; elap = 0; }

    if (!sysRun || outHeat == 0 || coolingMode) {
        if (ssrOn) { digitalWrite(PIN_SSR, LOW); ssrOn = false; }
        return;
    }

    unsigned long onMs = ((unsigned long)outHeat * TPC_WINDOW_MS) / 255UL;
    bool want = (elap < onMs);
    if (want != ssrOn) {
        digitalWrite(PIN_SSR, want ? HIGH : LOW);
        ssrOn = want;
    }
}

// Alarm & proteksi suhu (hysteresis)
void checkAlarm() {
    if (!sysRun) {
        alarmSt = AL_OFF;
        coolingMode = false;
        return;
    }

    float val = vSuhu;

    if (val >= ALARM_CRIT) {
        alarmSt = AL_CRIT;
        coolingMode = true;
        outHeat = 0;
        if (ssrOn) { digitalWrite(PIN_SSR, LOW); ssrOn = false; }
    } else if (val >= ALARM_WARN) {
        alarmSt = AL_WARN;
    } else {
        alarmSt = AL_OFF;
        coolingMode = false;
    }
}

// Alarm kelembaban RH, independen dari alarm suhu (hysteresis)
void checkRhAlarm() {
```



© 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
if (!sysRun) {
    alarmRh = RH_OK;
    return;
}

switch (alarmRh) {
    case RH_LOW:
        if (vRh >= RH_LOW_OFF) alarmRh = RH_OK;
        break;
    case RH_HIGH:
        if (vRh <= RH_HIGH_OFF) alarmRh = RH_OK;
        break;
    default:
        if (vRh < RH_LOW_ON) alarmRh = RH_LOW;
        else if (vRh > RH_HIGH_ON) alarmRh = RH_HIGH;
        break;
}

// Klasifikasi suhu tubuh bayi dari vKulit (khusus Mode Skin)
void checkBodyTemp() {
    if (!skinActive || vKulit < 20.0f || vKulit > 50.0f) {
        btSt = BT_NA;
        return;
    }

    if (vKulit <= BT_HYPO_MAX) btSt = BT_HYPO;
    else if (vKulit >= BT_FEVER_MIN) btSt = BT_FEVER;
    else
        btSt = BT_NORMAL;
}

// Buzzer — prioritas: alarm suhu CRIT > WARN > alarm RH
void updateBuzzer() {
    bool anyAlarm = (alarmSt != AL_OFF) || (alarmRh != RH_OK);

    if (!anyAlarm) {
        if (buzOn) { digitalWrite(PIN_BUZZER, LOW); buzOn = false; }
        return;
    }

    unsigned long now = millis();

    unsigned long span;
    if (alarmSt == AL_CRIT) {
        span = 200UL;
    } else if (alarmSt == AL_WARN || alarmRh != RH_OK) {
        span = buzOn ? 200UL : 1000UL;
    } else {
        span = 200UL;
    }

    if ((now - lastBuzz) >= span) {
        buzOn = !buzOn;
    }
}
```



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

```
digitalWrite(PIN_BUZZER, buzOn ? HIGH : LOW);
lastBuzz = now;
}

// Kirim status ke Raspberry Pi (JSON, fn/ht dalam persen 0-100)
void sendData() {
    Serial.print(F("\su\":")); Serial.print(vSuhu, 1);
    Serial.print(F(",\rh\":")); Serial.print((int)vRh);

    Serial.print(F(",\sk\":"));
    if (skinActive && vKulit > 0.0f) Serial.print(vKulit, 1);
    else Serial.print(F("-1"));

    Serial.print(F(",\fn\":")); Serial.print((int)map(outFan, 0, 255, 0, 100));
    Serial.print(F(",\ht\":")); Serial.print((int)map(outHeat, 0, 255, 0, 100));

    Serial.print(F(",\al\":"));
    if (alarmSt == AL_CRIT) Serial.print(F("2"));
    else if (alarmSt == AL_WARN) Serial.print(F("1"));
    else Serial.print(F("0"));

    Serial.print(F(",\rha\":"));
    if (alarmRh == RH_LOW) Serial.print(F("1"));
    else if (alarmRh == RH_HIGH) Serial.print(F("2"));
    else Serial.print(F("0"));

    Serial.print(F(",\bt\":"));
    if (btSt == BT_HYPO) Serial.print(F("1"));
    else if (btSt == BT_NORMAL) Serial.print(F("2"));
    else if (btSt == BT_FEVER) Serial.print(F("3"));
    else Serial.print(F("0"));

    Serial.print(F(",\md\":")); Serial.print(skinActive ? F("1") : F("0"));
    Serial.print(F(",\rn\":")); Serial.print(sysRun ? F("1") : F("0"));
    Serial.print(F(",\cl\":")); Serial.print(coolingMode ? F("1") : F("0"));

    Serial.print(F(",\sa\":")); Serial.print(spAir, 1);
    Serial.print(F(",\ss\":")); Serial.print(spSkin, 1);
    Serial.println(F("{}"));
}

void readSerial() {
    static char buf[64];
    static uint8_t pos = 0;

    while (Serial.available()) {
        char c = (char)Serial.read();
        if (c == '\n' || c == '\r') {
            if (pos > 0) { buf[pos] = '\0'; processCmd(buf); }
            pos = 0;
        } else if (pos < 63) {
            buf[pos++] = c;
        }
    }
}
```

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

```

    }
  }
}

// Perintah dari Raspberry Pi: run, mode, spAir, spSkin
void processCmd(const char* cmd) {
  bool needSave = false;
  char ackVal[8];

  if (strstr(cmd, "\\run\\:1")) {
    if (!sysRun) {
      sysRun = true;
      prevErr = 0.0f;
      coolingMode = false;
      setSkinMode(false);

      tpcStart = millis();
      readSHT35();
      checkAlarm();
      checkRhAlarm();
      checkBodyTemp();
      runFuzzy();
    }
    sendAck("run", "1");
    sendNow = true;
    return;
  }

  if (strstr(cmd, "\\run\\:0")) {
    sysRun = false;
    coolingMode = false;
    setSkinMode(false);
    outFan = 0;
    outHeat = 0;
    OCR1B = 0;
    if (ssrOn) { digitalWrite(PIN_SSR, LOW); ssrOn = false; }
    sendAck("run", "0");
    sendNow = true;
    return;
  }

  if (strstr(cmd, "\\mode\\:\\skin\\")) {
    if (sysRun) setSkinMode(true);
    sendAck("mode", "skin");
    sendNow = true;
    return;
  }

  if (strstr(cmd, "\\mode\\:\\air\\")) {
    setSkinMode(false);
    sendAck("mode", "air");
    sendNow = true;
    return;
  }
}

```

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

```

}

const char* p = strstr(cmd, "\"spAir\":");
if (p) {
    float v = atof(p + 8);
    v = constrain(v, SP_AIR_MIN, SP_AIR_MAX);
    if (fabs((double)(v - spAir)) > 0.05f) { spAir = v; needSave = true; }
    dtostrf(spAir, 4, 1, ackVal);
    sendAck("spAir", ackVal);
    if (needSave) saveEEPROM();
    sendNow = true;
    return;
}

p = strstr(cmd, "\"spSkin\":");
if (p) {
    float v = atof(p + 9);
    v = constrain(v, SP_SKIN_MIN, SP_SKIN_MAX);
    if (fabs((double)(v - spSkin)) > 0.05f) { spSkin = v; needSave = true; }
    dtostrf(spSkin, 4, 1, ackVal);
    sendAck("spSkin", ackVal);
    if (needSave) saveEEPROM();
    sendNow = true;
    return;
}
}

void setSkinMode(bool active) {
    if (active) {
        strcpy(ctrlMode, "skin");
        skinActive = true;
        firstTherm = true;
        vKulit = -1.0f;
        prevErr = 0.0f;
        btSt = BT_NA;
    } else {
        strcpy(ctrlMode, "air");
        skinActive = false;
        vKulit = -1.0f;
        prevErr = 0.0f;
        btSt = BT_NA;
    }
}

void saveEEPROM() {
    EEPROM.put(EEPROM_ADDR_AIR, spAir);
    EEPROM.put(EEPROM_ADDR_SKIN, spSkin);
    EEPROM.update(EEPROM_ADDR_FLAG, EEPROM_MAGIC);
}

void loadEEPROM() {
    if (EEPROM.read(EEPROM_ADDR_FLAG) != EEPROM_MAGIC) return;
    EEPROM.get(EEPROM_ADDR_AIR, spAir);

```



© 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

```
EEPROM.get(EEPROM_ADDR_SKIN, spSkin);  
spAir = constrain(spAir, SP_AIR_MIN, SP_AIR_MAX);  
spSkin = constrain(spSkin, SP_SKIN_MIN, SP_SKIN_MAX);  
}  
  
void sendAck(const char* key, const char* val) {  
  Serial.print(F("{\"ack\":\"ok\",\"k\":\"\"}"));  
  Serial.print(key);  
  Serial.print(F("\",\"v\":\"\"}"));  
  Serial.print(val);  
  Serial.println(F("{}"));  
}
```

