



© 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



**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL PADA
ALAT STERILISASI BAGLOG JAMUR TIRAM MENGGUNAKAN PID
ZIEGLER-NICHOLS**

Sub Judul :

**SISTEM KONTROL SUHU DALAM TANGKI STERILISASI
MENGGUNAKAN METODE PID ZIEGLER-NICHOLS PADA ALAT
STERILISASI BAGLOG JAMUR TIRAM**

**SKRIPSI
MUHAMAD RAHMANSYAH
2103431002**

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
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



**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL PADA
ALAT STERILISASI BAGLOG JAMUR TIRAM MENGGUNAKAN PID
ZIEGLER-NICHOLS**

**Sub Judul :
SISTEM KONTROL SUHU DALAM TANGKI STERILISASI
MENGGUNAKAN METODE PID ZIEGLER-NICHOLS PADA ALAT
STERILISASI BAGLOG JAMUR TIRAM**

**SKRIPSI
Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan**

**MUHAMAD RAHMANSYAH
2103431002**

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Muhamad Rahmansyah

NIM : 2103431002

Tanda Tangan :

Tanggal : 28 Juni 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

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

Skripsi Diajukan oleh :
Nama : Muhamad Rahmansyah
NIM : 2103431002
Program Studi : Instrumentasi Dan Kontrol Industri
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol
Pada Alat Sterilisasi Baglog Jamur Tiram
Menggunakan PID Ziegler-Nichols

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Senin, 30 Juni 2025
dan dinyatakan LULUS.

Pembimbing : **Iwa Sudradjat, S.T., M.T.**
NIP. 196106071986011002

Depok, 15 Juli 2025

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Murie Dwiyanti, 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul ***“Sistem Kontrol Suhu dalam Tangki Sterilisasi menggunakan Metode PID Ziegler-Nichols Pada Alat Sterilisasi Baglog Jamur Tiram”***. Skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi syarat salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini banyak memperoleh bantuan, bimbingan, arahan dan nasehat dari berbagai pihak yang akan selalu penulis syukuri dan kenang. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Dr. Murie Dwiyanti, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro;
2. Sulis Setiowati, S.Pd.,M.Eng. selaku Kepala Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri;
3. Iwa Sudradjat, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, serta pikiran untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi;
4. Farrel Akhdan Hadiyasha selaku rekan satu tim yang saling mendukung dan membantu dalam pengerjaan skripsi;
5. Orang tua yang senantiasa memberikan bantuan moral dan material;
6. Sahabat dan rekan-rekan IKI-21;

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

Depok, 18 Juni 2025

Muhamad Rahmansyah



Sistem Kontrol Suhu Dalam Tangki Sterilisasi Menggunakan Metode PID Ziegler-Nichols Pada Alat Sterilisasi Baglog Jamur Tiram

Abstrak

Proses sterilisasi merupakan salah satu tahapan penting dalam produksi baglog jamur tiram yang bertujuan untuk menghilangkan patogen dan mikroorganisme penghambat pertumbuhan jamur. Pada umumnya, proses sterilisasi masih menggunakan metode tradisional berbahan bakar kayu sehingga suhu yang dihasilkan tidak stabil dan membutuhkan waktu yang lama. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem monitoring dan kontrol suhu otomatis pada alat sterilisasi baglog jamur tiram menggunakan metode PID Ziegler-Nichols. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pusat kendali, sensor PT100 untuk mengukur suhu, dan sensor tekanan sebagai indikator keselamatan pada tangki sterilisasi. Pemrograman kontrol PID dilakukan melalui Arduino IDE dengan parameter yang diperoleh menggunakan metode tuning Ziegler-Nichols. Data suhu dan tekanan ditampilkan secara real-time melalui aplikasi LabVIEW sekaligus disimpan sebagai data logger. Pengujian dilakukan dengan variasi jumlah baglog sebanyak 10, 15, dan 20 buah untuk melihat pengaruh terhadap waktu pencapaian suhu setpoint sebesar 115°C . Parameter pengendalian PID diperoleh melalui metode Ziegler-Nichols dengan nilai K_p sebesar 2,591, K_i sebesar 0,0015477, dan K_d sebesar 1084,33. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mempercepat proses sterilisasi dibandingkan metode konvensional. Implementasi kontrol PID Ziegler-Nichols pada alat ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas proses sterilisasi baglog jamur tiram dengan pengendalian suhu yang lebih optimal dan waktu proses yang lebih singkat.

Kata Kunci: Arduino Mega 2560, baglog jamur tiram, mikrokontroler, sistem kontrol suhu, sterilisasi, PID Ziegler-Nichols, PT100.

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



Temperature Control System in a Sterilization Tank Using the Ziegler-Nichols PID Method on an Oyster Mushroom Baglog Sterilization Device

Abstract

The sterilization process is one of the critical stages in the production of oyster mushroom baglogs, aiming to eliminate pathogens and microorganisms that hinder mushroom growth. In general, sterilization is still carried out using traditional methods that rely on wood fuel, resulting in unstable temperatures and prolonged processing times. This research aims to design and implement an automatic temperature monitoring and control system for the oyster mushroom baglog sterilization device using the PID Ziegler-Nichols method. The system employs an Arduino Mega 2560 microcontroller as the main controller, a PT100 sensor to measure suhu, and a pressure sensor as a safety indicator in the sterilization tank. PID control programming was conducted using the Arduino IDE, with parameter values obtained through the Ziegler-Nichols tuning method. Temperature and Pressure data are displayed in real-time via the LabVIEW application and simultaneously recorded as a data logger. Testing was carried out by varying the number of baglogs 10, 15, and 20 units to observe the effect on the time required to reach the setpoint temperature of 115°C. The PID control parameters determined through the Ziegler-Nichols method were K_p of 2.591, K_i of 0.0015477, and K_d of 1084.33. The test results demonstrated that the system was able to accelerate the sterilization process compared to conventional methods. The implementation of PID Ziegler-Nichols control in this device is expected to improve the efficiency and quality of the baglog sterilization process by providing more optimal suhu regulation and reducing overall processing time.

Keywords: Arduino Mega 2560, microcontroller, oyster mushroom baglog, PID Ziegler-Nichols, PT100, sterilization, temperature control system.

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



DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
Abstrak	vi
Abstract	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Luaran	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 State of The Art.....	4
2.2 Sterilisasi.....	8
2.3 Baglog Jamur Tiram.....	9
2.4 Sistem Kendali	9
2.4.1 Sistem Kendali <i>Open Loop</i>	9
2.4.2 Sistem Kendali <i>Close Loop</i>	10
2.5 Kontrol PID (<i>Proportional Integral Derivative</i>).....	11
2.6 Perancangan Sistem Kendali.....	12
2.6.1 Model FOPDT (<i>First Order Plus Dead Time</i>).....	12
2.6.2 Metode PRC (<i>Process Reaction Curve</i>).....	12
2.6.3 Metode PID Ziegler-Nichols.....	13
2.7 Komponen.....	14
2.7.1 Arduino Mega 2560	14
2.7.2 Sensor PT100	16
2.7.3 <i>Pressure Transmitter</i>	17
2.7.4 <i>Solenoid Valve</i>	18
2.7.5 <i>Motorized Motorized control valve</i>	20
2.7.6 <i>Power supply</i>	21
2.7.7 <i>Safety Valve</i>	22
2.7.8 <i>Relay 24 VDC</i>	22

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

2.7.9	Modul Konverter 0-5 V ke 4-20 mA	23
2.7.10	Tungku Pemanas	24
2.7.11	Arduino IDE.....	25
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI		26
3.1	Rancang Bangun Alat	26
3.1.1	Deskripsi Alat	27
3.1.2	Cara Kerja Alat	28
3.1.3	Spesifikasi Alat	30
3.1.4	Diagram Blok.....	31
3.1.5	Perancangan Gambar Skematik pada Modul	33
3.1.6	Perancangan Mekanik Alat pada <i>Software Solidwork</i>	35
3.1.7	Deskripsi Alat Sub-Sistem	37
3.1.8	Diagram Blok Sub-Sistem	38
3.2	Realisasi Alat	39
3.3	Realisasi Program.....	40
3.3.1	Pemrograman PID pada Arduino IDE	41
BAB IV PEMBAHASAN.....		44
4.1	Pengujian Kontrol PID	44
4.1.1	Deskripsi Pengujian	44
4.1.2	Daftar Peralatan.....	44
4.1.3	Prosedur Pengujian	45
4.1.4	Data Hasil Pengujian <i>Open Loop</i>	45
4.1.5	Pemodelan Matematis	46
4.1.6	Perancangan Kontrol PID	49
4.1.7	Pengujian Kontrol PID dengan 10 Baglog.....	50
4.1.8	Pengujian Kontrol PID dengan 15 Baglog.....	54
4.1.9	Pengujian Kontrol PID dengan 20 Baglog.....	57
4.2	Analisa Hasil Pengujian	60
4.3	Analisa Karakteristik Alat.....	62
BAB V PENUTUP.....		64
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN		69



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Digaram Blok Sistem Kendali Open Loop	10
Gambar 2. 2 Diagram Blok Sistem Kendali Close Loop	10
Gambar 2. 3 Diagram Blok PID.....	11
Gambar 2. 4 Process Reaction Curve.....	13
Gambar 2. 5 Arduino Mega 2560	15
Gambar 2. 6 Sensor RTD PT100	16
Gambar 2. 7 Pressure Transmitter.....	17
Gambar 2. 8 Selenoid Valve	19
Gambar 2. 9 Motorized Motorized control valve.....	20
Gambar 2. 10 Power supply 24 VDC	21
Gambar 2. 11 Katup Pilot	22
Gambar 2.12 Relay 24 VDC.....	23
Gambar 2. 13 Module Converter V to A.....	24
Gambar 2. 14 Tungku Pemanas	24
Gambar 3. 1 Flowchart Rancang Bangun Alat	26
Gambar 3. 2 Flowchart Keseluruhan Sistem	30
Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem	31
Gambar 3. 4 Skematik Rangkaian Stepdown.....	33
Gambar 3. 5 Skematik pin Resistor 250 ohm	34
Gambar 3. 6 Skematik Modul Arduino Mega 2560.....	35
Gambar 3. 7 Tampak Depan Rancang Bangun Alat.....	35
Gambar 3. 8 Tampak 3D Rancang Bangun Alat.....	36
Gambar 3. 9 Tampak Atas Rancang Bangun Alat	36
Gambar 3. 10 Diagram Blok Sub-Sistem.....	38
Gambar 3. 11 Realisasi Alat.....	39
Gambar 3. 12 Realisasi Wiring Komponen	40
Gambar 4. 1 Grafik Suhu Saat Open Loop	46
Gambar 4. 2 Diagram Blok Simulasi Matlab.....	48
Gambar 4. 3 Grafik pada Simulasi Matlab.....	48
Gambar 4. 4 Diagram Blok Simulasi Sistem Close Loop.....	50
Gambar 4. 5 Grafik Simulasi Close Loop.....	50
Gambar 4. 6 Grafik Suhu dengan 10 Baglog	51
Gambar 4. 7 Grafik Suhu dengan 15 Baglog	55
Gambar 4. 8 Grafik Suhu dengan 20 Baglog	58
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Suhu dengan 10, 15, dan 20 Baglog	60

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 TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Karya Ferriawan Yudhanto	4
Tabel 2. 2 Penelitian Karya Supriatna Adhisuwignjo	5
Tabel 2. 3 Penelitian Karya Muh Asnoer Laagu	7
Tabel 2. 4 Persamaan Tuning PID Ziegler-Nichols	14
Tabel 2. 5 Spesifikasi Arduino Mega 2560	15
Tabel 2. 6 Spesifikasi Sensor RTD PT100	16
Tabel 2. 7 Spesifikasi Pressure Transmitter	18
Tabel 2. 8 Spesifikasi Solenoid Valve	19
Tabel 2. 9 Spesifikasi Motorized Motorized control valve	20
Tabel 2. 10 Spesifikasi Power supply	21
Tabel 2. 11 Spesifikasi Safety Valve	22
Tabel 2. 12 Spesifikasi Relay 24 VDC	23
Tabel 2. 13 Modul Converter V to A	24
Tabel 3. 1 Keterangan Komponen pada Gambar Perancangan Alat	36
Tabel 3. 2 Keterangan Realisasi Wiring Komponen	40
Tabel 4. 1 Daftar Peralatan Pengujian	44
Tabel 4. 2 Data Pengujian Kontrol PID dengan 10 Baglog	51
Tabel 4. 3 Data Pengujian Kontrol PID dengan 15 baglog	54
Tabel 4. 4 Data Pengujian Kontrol PID dengan 20 Baglog	57
Tabel 4. 5 Perbandingan Parameter dari Analisa Hasil Pengujian	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 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup Penulis	69
Lampiran 2 Dokumentasi Pengujian Alat	70
Lampiran 3 Program Arduino	71



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 I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada berbagai bidang menjadikan langkah awal untuk kemajuan kehidupan bermasyarakat. Dalam bidang pertanian perkembangan teknologi mengalami perubahan yang baik secara signifikan termasuk dengan budidaya jamur tiram. Jamur tiram (*Pleurotus Ostreatus*) adalah salah satu jenis jamur kayu yang dapat dikonsumsi serta memiliki nilai gizi, vitamin dan beberapa mineral (Pasariibu, 2002). Jamur tiram merupakan salah satu komoditas pertanian dengan permintaan tinggi oleh masyarakat di Indonesia. Setiap tahun permintaan jamur tiram meningkat sebesar 10% untuk memenuhi berbagai kebutuhan hotel, restoran, dan sebagainya namun skala produksi dari jamur tiram masih rendah (BPS, 2020). Permintaan pasar yang tinggi dan capaian produksi jamur tiram yang rendah membuat peluang yang bagus untuk meningkatkan pendapatan masyarakat melalui pengembangan agribisnis yang tepat. Dalam memproduksi jamur tiram terdapat satu proses penting yaitu proses sterilisasi baglog atau media tanam jamur yang harus dilakukan dengan tujuan menghilangkan patogen dan mikroorganisme yang dapat mengganggu pertumbuhan dan kualitas jamur tiram yang akan dihasilkan. Pada saat ini proses sterilisasi baglog jamur tiram masih menggunakan metode tradisional dengan menggunakan kayu bakar untuk menghasilkan uap sehingga suhu yang dihasilkan tidak stabil dan waktu proses yang cukup lama.

Pada penelitian Sulistyanto, M. P. T., Pranata, K. B. S., & Ghufro, M. (2018), yang berjudul “Pemberdayaan Kelompok Petani Jamur Tiram Desa Duyung Kecamatan Trawas Kabupaten Mojokerto” diketahui bahwa proses sterilisasi baglog jamur tiram yang telah memakai pemanas LPG dapat mengurangi waktu proses dengan suhu yang digunakan sebesar 100 °C. Pada penelitian Kaidi, Totok Dwi Sukamyoga, Yuliatiningsih (2019), yang berjudul “Rancang Bangun Alat Sterilisasi Baglog Sistem Uap Air pada Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*)” diketahui bahwa proses sterilisasi



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

baglog jamur tiram yang telah memakai pemanas LPG dapat mengurangi waktu proses selama 4 jam dengan suhu yang digunakan sebesar 121°C . Penelitian tersebut telah mengubah metode untuk menghasilkan uap yang sebelumnya menggunakan kayu bakar diganti menjadi pemanas LPG. Namun pada penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan berupa perlakuan kontrol penuh dari manusia sehingga memungkinkan terjadinya ketidakstabilan suhu dalam proses sterilisasi baglog jamur tiram.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terdapat solusi untuk pengembangan alat sterilisasi baglog jamur tiram. Untuk saat ini dibutuhkan teknologi sistem kontrol suhu otomatis dalam proses sterilisasi baglog jamur tiram agar proses berjalan dengan suhu stabil, pengurangan intervensi dari kegagalan manusia dan mempersingkat waktu proses. Penambahan sistem kontrol suhu otomatis merupakan sebuah inovasi teknologi yang mendukung pengembangan agribisnis jamur tiram serta peningkatan efisiensi energi yang digunakan.

Sistem kontrol suhu otomatis yang akan ditambahkan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan metode kontrol PID *Ziegler-Nichols* dikarenakan keunggulan metode tersebut cocok untuk memberikan parameter kontrol yang optimal untuk mencapai kestabilan suhu dengan waktu respon yang cepat sehingga suhu dapat terjaga secara optimal serta pengurangan waktu proses dalam proses sterilisasi baglog jamur tiram. Bahan baku yang akan digunakan adalah baglog jamur tiram mini dengan diameter 8 cm dan panjang 15 cm.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan dalam latar belakang dapat diambil perumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang alat sterilisasi baglog jamur tiram?
2. Bagaimana merancang sistem kontrol suhu pada alat sterilisasi baglog jamur tiram?



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. Bagaimana mengimplementasikan program sistem kontrol suhu menggunakan metode *PID Ziegler-Nichols* pada alat sterilisasi baglog jamur tiram?
4. Bagaimana perbandingan suhu terhadap jumlah baglog pada tangki sterilisasi dengan penerapan sistem kontrol suhu *PID Ziegler-Nichols*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka diperoleh tujuan dari penelitian sebagai berikut :

1. Mampu merancang alat sterilisasi baglog jamur tiram secara otomatis untuk mendapatkan suhu yang stabil dan mempersingkat waktu produksi.
2. Mampu mengimplementasikan program sistem kontrol suhu menggunakan metode *PID Ziegler-Nichols* pada alat sterilisasi baglog jamur tiram.
3. Mampu menganalisis kinerja sistem kontrol suhu menggunakan metode *PID Ziegler-Nichols* dan membuat perbandingan perubahan suhu terhadap jumlah baglog yang bervariasi.

1.4 Luaran

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini untuk tugas akhir sebagai berikut:

1. Laporan skripsi.
2. Publikasi jurnal.
3. Purwarupa Model Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Pada Alat Sterilisasi Baglog Jamur Tiram.
4. Mampu merancang dan mengontrol suhu pada tangki sterilisasi baglog jamur tiram menggunakan metode *PID Ziegler-Nichols*.

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 V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan sebagai berikut.

- Sistem kontrol PID dapat dirancang dan diimplementasikan untuk alat sterilisasi baglog jamur tiram dengan cara memerintah lewat *source code* sesuai dengan ketentuan proses yang berlaku.
- Dari pemodelan matematis didapatkan nilai $K_p = 2,591$, $K_i = 0,0015477$, dan $K_d = 1084,33$.
- Metode kontrol PID Ziegler-Nichols dalam sistem ini menghasilkan nilai *delay time* yang bervariasi. Pada pengujian dengan 10 buah baglog menghasilkan 1.539 detik, pengujian dengan 15 buah baglog menghasilkan 1.352 detik, dan pengujian dengan 20 buah baglog menghasilkan 1.600 detik.
- Metode kontrol PID Ziegler-Nichols dalam sistem ini menghasilkan nilai *rise time* yang bervariasi. Pada pengujian dengan 10 buah baglog menghasilkan 1.042 detik, pengujian dengan 15 buah baglog menghasilkan 665 detik, dan pengujian dengan 20 buah baglog menghasilkan 1.351 detik.
- Metode kontrol PID Ziegler-Nichols dalam sistem ini menghasilkan nilai *settling time* yang bervariasi. Pada pengujian dengan 10 buah baglog menghasilkan 1.835 detik, pengujian dengan 15 buah baglog menghasilkan 1.530 detik, dan pengujian dengan 20 buah baglog menghasilkan 1.820 detik.
- Variasi jumlah baglog, distribusi letak baglog dan suhu awal saat pengujian mempengaruhi percepatan perubahan suhu pada saat proses.



5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan berikut saran untuk pengembangan sistem kontrol pada alat sterilisasi baglog jamur tiram sebagai berikut :

- Mengganti tungku pemanas dengan model yang dapat menyalakan api *standby* karena apabila terdapat perubahan drastis dari aliran gas untuk pembakaran maka api tidak akan mati.
- Menambahkan sensor level untuk mengetahui volume air pada saat proses.



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

- Yudhanto, F., Anugrah, R. A., & Yudha, V. (2022). Rancang bangun boiler untuk proses sterilisasi baglog jamur di Kelompok Tani Pesona Jamur Dusun Klangon. *Webinar Abdimas 5 – 2022: Kreatif di Era Disruptif*, 5, 1268–1274. <https://doi.org/10.18196/ppm.55.1073>
- Sulistyanto, M. P. T., Pranata, K. B. S., & Ghufro, M. (2018). Pemberdayaan kelompok petani jamur tiram Desa Duyung Kecamatan Trawas Kabupaten Mojokerto. *MARTABE: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(3), 108–116.
- Laagu, M. A., Sutimi, V. N., Rahardi, G. A., Muldayani, W., Hadi, W., & Widjonarko. (2024). Peningkatan produktivitas budidaya jamur tiram dengan pemanfaatan kontrol suhu pada steamer baglog di daerah pertanian industrial. *CONSEN: Indonesian Journal of Community Services and Engagement*, 4(1), 20–29. <https://doi.org/10.57152/consen.v4i1.1030>
- Kaidi, T.D.S., & Yuliatiningsih (2019). Rancang Bangun Alat Sterilisasi Baglog Sistem Uap Air pada Jamur Tiram Putih. *Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian*, 10(1), 35–42.
- Laksono, G. T. (2023). Sistem Pengendalian Tingkat dan Aliran Udara Menggunakan Metode Cascade PID pada Modul Latih RT 512 dan RT522.
- Arifin, A. (2021, Juni 27). Sistem Kontrol Open Loop & Close Loop Serta Contohnya. Retrieved from carailmu : <https://www.carailmu.com/2021/06/open-loop-close-loop.html>
- Adhisuwigno, S. (2021). Sistem pengaturan suhu boiler pada sterilisasi baglog dengan kontrol PI. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Indonesia*, 9(2), 115–122.

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

Akbar, M. R., Setiyono, B., & Sofwan, A. (2019). Perancangan purwarupa sistem pengaturan suhu dan kelembaban pada ruang budidaya jamur tiram. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 8(3), 238–243.

Hakim, P., Suherdi, D., Rista Maya, W., & Kustini, R. (2022). Implementasi teknik PWM pada stim sterilisasi baglog jamur tiram berbasis Arduino. *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, 1(6), 6974.

Arduino. (2024). Arduino® Mega 2560 Rev3. Arduino. <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000067-datasheet.pdf>

Utomo, B. T. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Suhu Pada Alat Steamer untuk Sterilisasi Baglog Jamur Tiram. *Repository Universitas Jember*, 5-32. Diambil kembali dari [:https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/103485](https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/103485)

Sumarkantini. (2018). EVALUASI KALIBRASI TRANSDUSER RTD PT100 DAN TERMOKOPEL TYPE K. *Journal Of Electrical Power, Instrument And Control (EPIC)*, 1(2), 1-9. Diambil kembali dari <https://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit/article/view/1328>

Ahmad Sujoko, M. L. (2015). Kajian Sterilisasi Media Tumbuh Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus* (L) Fries) Menggunakan Steamer Baglog. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3(3), 303-314. Diambil kembali dari <https://jkptb.ub.ac.id/index.php/jkptb/article/view/298>

Sampurno, B., Abdurrahmand, A., & Hadi, H. S. (2015). Sistem Kendali PID pada Pengendalian Suhu untuk Kestabilan Proses Pemanasan Minuman Sari Jagung.

Arduino. (2025, Juli 8). Arduino® Mega 2560 Rev3. Retrieved from : <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000067-datasheet.pdf>

STRORK TRONIE. (2023). Data sheet TF Pt100-3L. Retrieved from https://www.stoerk-tronic.com/fileadmin/erp/dokumente/datenblaetter/en/900001_052.pdf



© 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

WisNER. (2021). Pressure Transmitter. Retrieved from <https://wisner-hiyutec.com/product/pressure-transmitter-0-200bar-200-bar-output-4-20ma-24vdc-20mpa>

Danfoss. (2021). Data sheet Solenoid valve.

INDUSTRIE TECHNIK. (2021). MOTORIZED CONTROL VALVE. Retrieved from <https://www.ib-controls.com/docs/ICN/INDTECHNIK%20Short%20Catalog%20Motorized%20Valves.pdf>

HEXAGON. (2013). POWER SUPPLY.

CAT PUMPS. (2025). DATA SHEET HIGH-PRESSURE RELIEF VALVES. Retrieved from https://www.catpumps.com/sites/default/files/2025-02/7034_G.pdf

Futurlec. (2019). 24VDC 5A Power Relay Datasheet.

electronicsworld. (2019). 0-5V or 4-20mA to 0-5V signal. Retrieved from <https://www.electronicworld.co.uk/wp-content/uploads/2019/04/2019ewApr-1.pdf>

Miyako . (2025). Tungku Kompor.

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 Daftar Riwayat Hidup Penulis



Penulis bernama Muhamad Rahmansyah, anak terakhir dari dua bersaudara dan lahir di Jakarta pada 14 Januari 2003. Latar belakang pendidikan formal penulis yaitu Sekolah Dasar di SDN Jagakarsa 01 Pagi, lulus pada tahun 2015. Melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMPN 96 Jakarta, lulus pada tahun 2018. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas di SMA 97 Jakarta, lulus pada tahun 2021. Setelah itu penulis melanjutkan studi ke jenjang perkuliahan Sarjana Terapan (S.Tr) di Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Elektro Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri sejak tahun 2021. Penulis dapat dihubungi melalui email rahmansyah1401@gmail.com.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

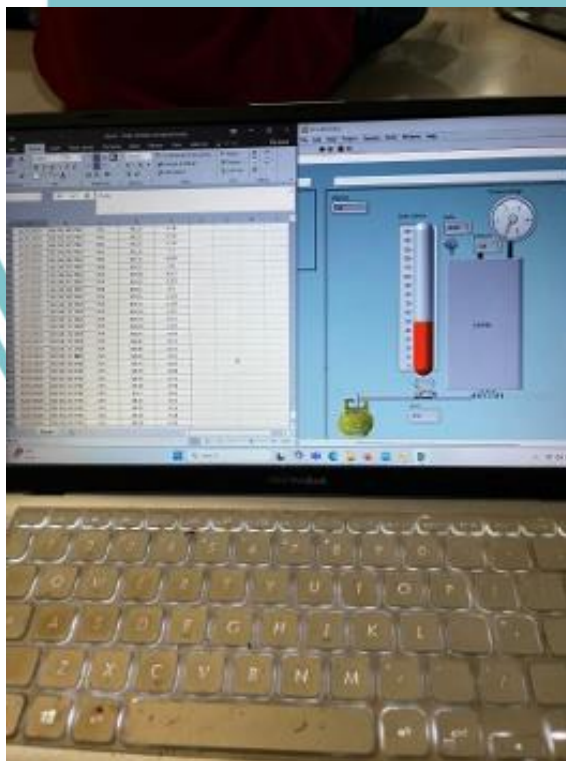


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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

Lampiran 2 Dokumentasi Pengujian Alat





Lampiran 3 Program Arduino

```
// === PIN KONFIGURASI ===
const int SUHU_PIN = A0;
const int PRESSURE_PIN = A1;
const int CONTROL_VALVE_PIN = 5;
const int SOLENOID_PIN = 2;

// === VARIABEL PROSES ===
float suhu = 0.0;
float filteredSuhu = 0.0;
float Pressure = 0.0;
float filteredPressure = 0.0;
float suhuVoltage = 0.0;
float PressureVoltage = 0.0;
float servo = 0.0; // Output PWM ke valve (150-255)
float filteredServo = 255.0; // Output servo dengan EMA
const float alpha = 0.1; // EMA smoothing factor

// === PID KONFIGURASI ===
const float setpoint = 115.0;
float error = 0, lastError = 0;
float integral = 0, derivative = 0;

// PID constants (aksi reverse)
const float Kp = 2,591;
const float Ki = 0.0015477;
const float Kd = 1084.33;

// Batasan integral untuk anti-windup
const float integralMin = -500.0;
const float integralMax = 500.0;

// === TIMER ===
bool suhuSudahCapaiSetpoint = false;
bool timerSetelahSetpointAktif = false;
unsigned long waktuSetelahSetpoint = 0;
const unsigned long durasiSetelahSetpoint = 20UL * 60UL * 1000UL; //
30 menit dalam ms

// === KONFIGURASI KONDISI SOLENOID ===
const float suhuSolenoidAktif = 80.0; // Solenoid aktif jika suhu ≥
80°C

// Fungsi konversi tegangan ke suhu/tekanan
float convertToValue(float voltage, float minVal, float maxVal) {
    float normalizedVoltage = (voltage - minVal) / (maxVal - minVal);
```

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

```

float value = normalizedVoltage * 200.0;
return value;
}

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(CONTROL_VALVE_PIN, OUTPUT);
  pinMode(SOLENOID_PIN, OUTPUT);
  analogWrite(CONTROL_VALVE_PIN, 255); // Valve buka penuh saat
  awal
  digitalWrite(SOLENOID_PIN, LOW); // Solenoid tertutup saat
  awal

  suhuVoltage = analogRead(SUHU_PIN) * (5.0 / 1023.0);
  PressureVoltage = analogRead(PRESSURE_PIN) * (5.0 / 1023.0);

  suhu = convertToValue(suhuVoltage, 1.0, 5.0);
  Pressure = convertToValue(PressureVoltage, 1.0, 5.0);

  filteredSuhu = suhu;
  filteredPressure = Pressure;
  filteredServo = 255.0;

  Serial.println("Servo;Setpoint;Suhu;Pressure;Solenoid");
}

void loop() {
  // Baca sensor
  suhuVoltage = analogRead(SUHU_PIN) * (5.0 / 1023.0);
  PressureVoltage = analogRead(PRESSURE_PIN) * (5.0 / 1023.0);
  suhu = convertToValue(suhuVoltage, 1.0, 5.0);
  Pressure = convertToValue(PressureVoltage, 1.0, 5.0);

  // Terapkan filter EMA untuk sensor
  filteredSuhu = (alpha * suhu) + ((1 - alpha) * filteredSuhu);
  filteredPressure = (alpha * Pressure) + ((1 - alpha) *
  filteredPressure);

  // Cek apakah suhu mencapai setpoint untuk pertama kali (±1.0°C)
  if (!timerSetelahSetpointAktif && abs(suhu - setpoint) <= 1.0) {
    suhuSudahCapaiSetpoint = true;
    waktuSetelahSetpoint = millis();
    timerSetelahSetpointAktif = true;
  }

  // Jika suhu sudah pernah mencapai setpoint, mulai hitung durasi
  if (suhuSudahCapaiSetpoint) {

```



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

```

unsigned long durasiBerjalan = millis() - waktuSetelahSetpoint;
if (durasiBerjalan >= durasiSetelahSetpoint) {
    analogWrite(CONTROL_VALVE_PIN, 0); // Tutup valve
    digitalWrite(SOLENOID_PIN, LOW); // Tutup solenoid
    while (1); // Hentikan program
}
}

// === PID CONTROL ===
error = setpoint - suhu;

// Deadband ±1.0°C
if (abs(error) < 1.0) {
    error = 0;
    integral = 0;
}

integral += error;
if (integral > integralMax) integral = integralMax;
else if (integral < integralMin) integral = integralMin;

derivative = error - lastError;
float output = Kp * error + Ki * integral + Kd * derivative;

// Konversi output ke rentang 150-255
output = constrain(output, 150, 255);

// Terapkan EMA ke output PWM
filteredServo = (alpha * output) + ((1 - alpha) * filteredServo);

servo = filteredServo;
analogWrite(CONTROL_VALVE_PIN, (int)servo);

lastError = error;

// === Solenoid kontrol berdasarkan suhu yang difilter ===
if (filteredSuhu >= suhuSolenoidAktif) {
    digitalWrite(SOLENOID_PIN, HIGH);
} else {
    digitalWrite(SOLENOID_PIN, LOW);
}

// Kirim data ke Serial
Serial.print(servo, 2);
Serial.print(";");
Serial.print(setpoint, 2);
Serial.print(";");

```



© 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

```
Serial.print(filteredSuhu, 2);
Serial.print(";");
Serial.print(filteredPressure, 2);
Serial.print(";");
Serial.println(digitalRead(SOLENOID_PIN) == HIGH ? 1 : 0);

delay(1000);
}
```

