

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



**PENGEMBANGAN SISTEM PENERING APEL OTOMATIS
MENGUNAKAN KONTROL PID DAN LABVIEW UNTUK
MONITORING SUHU DAN BERAT**

Sub Judul:

**Pengendalian Suhu *Heater* Otomatis pada Sistem Peningring Apel
Menggunakan Kontrol PID**

HALAMAN SAMPUJ

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

DANDHI RAMADHAN MUL DAN

2103431010

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



**PENGEMBANGAN SISTEM PENERING APEL OTOMATIS
MENGUNAKAN KONTROL PID DAN LABVIEW UNTUK
MONITORING BERAT DAN SUHU**

Sub Judul:

**Pengendalian Suhu *Heater* Otomatis pada Sistem Pening Apel
Menggunakan Kontrol PID**

HALAMAN JUDUL

SKRIPSI

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

DANDHI RAMADHAN MUL DAN

2103431010

**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 mengumumkan 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 : Dandhi Ramadhan Muldan

NIM : 2103431010

Tanda Tangan : 

Tanggal : 17 Juni 2025



**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 SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama : Dandhi Ramadhan Muldan
NIM : 2103431010
Program Studi : Instrumentasi dan Kontrol Industri
Judul Tugas Akhir : Pengendalian Suhu *Heater* Otomatis pada Sistem
Pengering Apel Menggunakan Kontrol PID.

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 23 Juni 2025 dan dinyatakan
LULUS.

Pembimbing 1 : Nuralam, S.Pd., M.T.
NIP. 197908102014041001

Depok, 23 Juni 2025

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Murie Dwyaniti, S.T., M.T.
NIP. 197803312002122002



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 Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan di Politeknik Negeri Jakarta. Skripsi ini berjudul “Perancangan Sistem Kontrol Alat Pengering Apel dengan Pengaturan Suhu dan Berat Otomatis”. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr Murie Dwiyanti, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro;
2. Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri;
3. Nuralam, S.Pd., M.T, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
4. Ayah Dadan Muldan Hendarsyah dan Ibu Dina Mardiana serta keluarga besar yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
5. Seluruh IKI 2021 A yang saling mendukung dan berjuang dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi selama masa kuliah;
6. Nasywa Alya dengan NIM 2303431026, yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama penyusunan skripsi ini.

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

Depok, 17 Juni 2025

Dandhi Ramadhan Muldan



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

Pengendalian Suhu Heater Otomatis pada Sistem Pengereng Apel Menggunakan Kontrol PID.

Abstrak

Permasalahan utama dalam proses pengeringan apel secara manual pada industri kecil dan menengah adalah ketidakmampuan dalam mengendalikan suhu serta berat bahan secara presisi, sehingga menyebabkan proses pengeringan yang tidak efisien dan mutu produk yang tidak konsisten¹. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol otomatis berbasis PID yang dapat mengatur suhu dan berat apel secara real-time selama proses pengeringan berlangsung². Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor suhu PT100 untuk pengukuran suhu dan load cell untuk pengukuran berat, dengan pengolahan data menggunakan mikrokontroler Arduino Mega serta pemantauan dan pengaturan parameter melalui perangkat lunak LabVIEW. Pendekatan yang digunakan meliputi integrasi sensor, algoritma PID untuk pengendalian suhu, serta monitoring berat secara otomatis, sehingga seluruh proses dapat berjalan secara mandiri dan terkontrol¹. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga suhu pengereng pada rentang 50–60°C dengan deviasi maksimal $\pm 2^\circ\text{C}$, serta mengatur berat apel secara otomatis dengan akurasi pengukuran di bawah 25%. Temuan ini membuktikan bahwa sistem kontrol otomatis yang dirancang dapat meningkatkan efisiensi waktu pengeringan, menghasilkan apel kering dengan kualitas lebih baik, dan mengurangi ketergantungan terhadap faktor eksternal seperti cuaca. Penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi sistem kontrol PID dan monitoring real-time dapat menjadi solusi efektif untuk modernisasi proses pengeringan apel, meningkatkan produktivitas, dan menjamin mutu produk pada industri pengolahan pangan berskala kecil hingga menengah.

Kata Kunci: Arduino Mega, Kontrol PID, LabVIEW, Monitoring, Pengereng Apel Otomatis



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

The Automatic Heater Temperature Control on an Apple Drying System Using PID Control.

Abstract

The main problem in manual apple drying processes in small and medium industries is the inability to precisely control temperature and weight, resulting in inefficient drying and inconsistent product quality. This study aims to design and implement an automatic control system based on PID to regulate temperature and apple weight in real-time during the drying process. The developed system utilizes a PT100 temperature sensor for temperature measurement and a load cell for weight measurement, with data processing handled by an Arduino Mega microcontroller and parameter monitoring and adjustment through LabVIEW software. The approach involves sensor integration, PID algorithm for temperature control, and automatic weight monitoring, enabling the entire process to operate autonomously and under control. Test results show that the system can maintain the drying temperature within the range of 50–60°C with a maximum deviation of $\pm 2^\circ\text{C}$ and regulate apple weight automatically with measurement accuracy below 5%. These findings demonstrate that the designed automatic control system can improve drying time efficiency, produce higher quality dried apples, and reduce dependence on external factors such as weather. This study concludes that implementing a PID control system with real-time monitoring is an effective solution for modernizing apple drying processes, increasing productivity, and ensuring product quality in small to medium-scale food processing industries.

Key words: *Arduino Mega, Automatic Apple Dryer, LabVIEW, PID Control, Monitoring*



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 ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
<i>Abstrak</i>	vi
Abstract	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Luaran	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Pengeringan.....	4
2.3 Buah Apel	5
2.4 Kontrol Proportional-Integral-Derivative (PID)	5



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

2.4.1	Pengertian Kontrol Proportional-Integral-Derivative (PID)	5
2.4.2	Metode <i>Tuning</i> Proportional-Integral-Derivative (PID).....	6
2.5	Komponen	9
2.5.1	Sensor Berat <i>Load Cell</i>	9
2.5.2	Modul ADC HX711	10
2.5.3	Sensor Suhu PT100	11
2.5.4	Modul MAX31865	12
2.5.5	Arduino Mega	13
2.5.6	<i>Solid State Relay</i> (SSR).....	14
2.5.7	Elemen Pemanas (<i>Heater</i>).....	15
2.5.8	Kipas Angin AC	16
2.5.9	<i>Power Supply</i> 24V DC	17
2.5.10	<i>Step Down</i>	18
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....		22
3.1	Perancangan Sistem	22
3.2	Deskripsi Alat.....	23
3.3	Spesifikasi Alat.....	25
3.4	Cara Kerja Alat	28
3.5	Diagram Blok Sistem.....	30
3.6	Desain Alat	32
3.7	Deskripsi Alat Sub-Sistem	33
3.8	Cara kerja Alat Sub-Sistem	34
3.9	Diagram Blok Alat Sub-Sistem.....	35
3.10	Realisasi Alat	36
3.10.1	Perancangan Sistem Kontrol PID.....	38
3.10.2	Perancangan Sistem Komunikasi Data Arduino-LabVIEW	38



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

3.10.3	Pengendalian <i>Heater</i> dan Kipas pada Arduino.....	40
BAB IV PEMBAHASAN.....		41
4.1	Pengujian Akurasi Sensor Suhu PT100.....	41
4.1.1	Deskripsi Pengujian Akurasi Sensor Suhu PT100.....	41
4.1.2	Daftar Peralatan Pengujian Akurasi Sensor Suhu PT100.....	41
4.1.3	Prosedur Pengujian Akurasi Sensor Suhu PT100	42
4.1.4	Data Hasil Pengujian Akurasi Sensor Suhu PT100.....	43
4.2	Pengujian Akurasi Sensor <i>Load Cell</i>	46
4.2.1	Deskripsi Pengujian Akurasi Sensor <i>Load Cell</i>	46
4.2.2	Daftar Peralatan Pengujian Akurasi Sensor <i>Load Cell</i>	46
4.2.3	Prosedur Pengujian Akurasi Sensor <i>Load Cell</i>	47
4.2.4	Data Hasil Pengujian Akurasi Sensor <i>Load Cell</i>	47
4.3	Pengujian Fungsi Pengendalian <i>Heater</i> dan Kipas melalui <i>Solid State Relay</i> (SSR) 50	
4.3.1	Deskripsi Pengujian Fungsi Pengendalian <i>Heater</i> dan Kipas melalui <i>Solid State Relay</i> (SSR)	50
4.3.2	Daftar Peralatan Pengujian Fungsi Pengendalian <i>Heater</i> dan Kipas melalui <i>Solid State Relay</i> (SSR)	50
4.3.3	Prosedur Pengujian Fungsi Pengendalian <i>Heater</i> dan Kipas melalui <i>Solid State Relay</i> (SSR)	51
4.3.4	Data Hasil Pengujian Fungsi Pengendalian <i>Heater</i> dan Kipas melalui <i>Solid State Relay</i> (SSR).....	51
4.4	Pengujian Kontrol PID dalam Menjaga Suhu Ruang Pengering	55
4.4.1	Deskripsi Pengujian Kontrol PID dalam Menjaga Suhu Ruang Pengering.....	55
4.4.2	Daftar Peralatan Pengujian Kontrol PID dalam Menjaga Suhu Ruang Pengering	56
4.4.3	Prosedur Pengujian Kontrol PID dalam Menjaga Suhu Ruang Pengering	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

4.4.4 Data Hasil Pengujian Kontrol PID dalam Menjaga Suhu Ruang Pengering...	57
4.4.5 Hasil <i>Tuning</i> Parameter PID.....	62
4.4.6 Analisis Respon Transien Sistem	63
BAB V PENUTUP	50
5.1 Simpulan	50
5.2 Saran.....	50
LAMPIRAN.....	xviii





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 3. 1 Spesifikasi Fisik.....	25
Tabel 3. 2 Spesifikasi Komponen	26
Tabel 3. 3 Bagian Bagian Realisasi Sistem	37
Tabel 4. 1 Daftar Peralatan Pengujian Akurasi Sensor Suhu PT100	41
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Akurasi Sensor Suhu PT100	43
Tabel 4. 3 Daftar Peralatan Pengujian Akurasi Sensor Load Cell	46
Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Akurasi Sensor Load Cell	47
Tabel 4. 5 Daftar Peralatan Pengujian Fungsi Pengendalian Heater dan Kipas melalui Solid State Relay (SSR).....	50
Tabel 4. 6 Data Hasil Pengujian Fungsi Pengendalian Heater dan Kipas melalui Solid State Relay (SSR)	51
Tabel 4. 7 Daftar Peralatan Pengujian Kontrol PID dalam Menjaga Suhu Ruang Pengering	56
Tabel 4. 8 Data Hasil Pengujian Kontrol PID dalam Menjaga Suhu Ruang Pengering	57

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perbandingan Nilai Setpoint (SP) Terhadap Process Variable (PV) pada PID Closed Loop Controller	6
Gambar 2. 2 Efek dari setiap pengontrol Proporsional, Integral dan Derivatif pada sistem lup tertutup	8
Gambar 2. 3 Cara Kerja Dehydrator.....	8
Gambar 2. 4 Sensor Loadcell	9
Gambar 2. 5 Modul ADC HX711	10
Gambar 2. 6 Sensor Suhu PT100	11
Gambar 2. 7 Modul MAX31865.....	12
Gambar 2. 8 Arduino Mega.....	13
Gambar 2. 9 Solid State Relay (SSR)	14
Gambar 2. 10 Finned Heater.....	16
Gambar 2. 11 Kipas AC	16
Gambar 2. 12 PZEM 017DC Meter.....	17
Gambar 2. 13 Step Down.....	19
Gambar 2. 14 Struktur Sederhana Relay	20
Gambar 2. 15 LED	21
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian	23
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Cara Kerja Sistem Pengering Apel.....	29
Gambar 3. 3 Diagram Blok Cara Kerja Sistem Pengering Apel	31
Gambar 3. 4 Desain Alat Tampak Samping.....	32
Gambar 3. 5 Flowchart Cara Kerja Sub-Sistem	34
Gambar 3. 6 Sistem Tampak Samping	36
Gambar 3. 7 Realisasi Alat Tampak Belakang	37

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 Penulis.....	xviii
Lampiran 2 Dokumentasi Alat.....	xix
Lampiran 3 Program	xx





Hak Cipta :

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Apel merupakan buah yang memiliki kandungan air tinggi sehingga mudah mengalami kerusakan dan pembusukan. Salah satu upaya untuk memperpanjang umur simpan apel adalah dengan proses pengeringan. Namun, metode pengeringan tradisional seperti penjemuran matahari memiliki kekurangan, antara lain waktu pengeringan yang lama dan hasil yang kurang konsisten karena sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca (Sari & Prasetyo, 2022). Oleh sebab itu, diperlukan sistem pengeringan otomatis dengan pengendalian suhu yang presisi agar proses pengeringan menjadi lebih efisien dan kualitas apel kering tetap terjaga (Ramadhani & Hidayat, 2021).

Suhu merupakan faktor kunci dalam proses pengeringan apel. Suhu optimal untuk pengeringan apel adalah sekitar 65°C, sedangkan suhu yang terlalu tinggi, misalnya 80°C, dapat mempercepat pengeringan namun berisiko menurunkan kualitas produk karena potensi kerusakan nutrisi dan perubahan tekstur (Rahmawati & Yuliani, 2023). Dalam penelitian ini, dilakukan dua kali uji coba pengeringan apel, yaitu pada suhu 65°C sebagai suhu optimal dan 80°C sebagai suhu di atas batas optimal. Tujuan dari perbedaan suhu ini adalah untuk membandingkan hasil kualitas apel kering serta waktu yang dibutuhkan pada masing-masing kondisi suhu pengeringan (Putra & Suryana, 2020).

Sistem kontrol suhu otomatis berbasis PID (Proportional-Integral-Derivative) banyak digunakan dalam industri pengolahan pangan karena mampu menjaga kestabilan suhu secara real-time dan mengoptimalkan proses pengeringan. Implementasi kontrol PID pada sistem pengering apel diharapkan dapat mempertahankan suhu ruang pengering sesuai setpoint yang diinginkan, sehingga proses pengeringan berjalan efisien dan mutu produk tetap optimal (Pratama & Nugroho, 2021).



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

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang sebelumnya maka dapat dirumuskan beberapa masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang sistem kontrol PID yang efektif untuk menjaga kestabilan suhu heater pada proses pengeringan apel secara otomatis sehingga kualitas apel kering tetap terjaga?
2. Bagaimana pengaruh pengaturan parameter kontrol PID terhadap *respons* dan kestabilan suhu dalam sistem pengering apel, serta dampaknya pada proses pengurangan kadar air apel?
3. Bagaimana sistem kontrol PID dapat mengatasi gangguan eksternal dan perubahan kondisi selama proses pengeringan apel agar suhu tetap sesuai *setpoint* dan mutu apel kering konsisten?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan penelitian ini, terdapat batasan masalah agar pembahasan lebih fokus dan terarah. Batasan tersebut yaitu:

1. Pengukuran suhu ruang pengering apel menggunakan sensor PT100 dengan modul MAX318659.
2. Pengukuran berat apel selama proses pengeringan menggunakan load cell dengan modul HX71110.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega sebagai pengendali utama sistem pengering apel.
4. Sistem kontrol suhu heater menggunakan algoritma PID untuk menjaga suhu ruang pengering apel.
5. Variabel yang dikendalikan adalah suhu ruang pengering selama proses pengeringan apel berlangsung.
6. Pengeringan apel dilakukan pada rentang suhu antara 60–70°C, sesuai standar pengeringan buah untuk menjaga kualitas.
7. Penelitian ini tidak mengatur variabel kelembapan secara langsung, hanya fokus pada suhu dan berat apel pada proses pengeringan.



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

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka diperoleh tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol PID yang efektif untuk mengendalikan suhu heater pada proses pengeringan apel secara otomatis, agar kualitas dan keamanan apel kering dapat terjaga.
2. Mengoptimalkan parameter kontrol PID agar suhu ruang pengering dapat dipertahankan stabil pada rentang 60–65°C sehingga proses pengeringan apel berjalan efisien dan kadar air apel turun sesuai standar pengeringan buah².
3. Menganalisis respons sistem kontrol PID terhadap gangguan eksternal dan perubahan kondisi selama proses pengeringan apel, guna memastikan mutu dan konsistensi hasil akhir apel kering.

1.5 Luaran

Luaran yang diharapkan dari pembuatan penelitian untuk tugas akhir ini sebagai berikut.

1. Laporan skripsi yang mendokumentasikan perancangan, implementasi, dan analisis.
2. Publikasi jurnal SNTE.
3. Model Sistem Pengembangan Sistem Pengering Apel Otomatis Menggunakan Kontrol PID dan LabVIEW untuk Monitoring Suhu dan Berat.

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 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan pada sistem pengering apel otomatis berbasis Arduino dan LabVIEW, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem pengendalian *heater* dan kipas menggunakan *Solid State Relay* (SSR) sudah berfungsi dengan baik, mampu mengatur suhu ruang pengering sesuai *setpoint* yang diinginkan secara otomatis.
2. Nilai *tuning* PID yang digunakan adalah **K_p = 37,6**, **T_i = 18**, dan **T_d = 4,5** (hasil *tuning* metode Ziegler-Nichols). Berdasarkan hasil pengujian respon transien sistem, diperoleh waktu naik (**T_r**) sebesar **220 detik**, waktu puncak (**T_p**) **250 detik**, waktu pemantapan (**T_s**) **350 detik**, dan deviasi suhu *steady-state* hanya **±0,5°C**. Waktu pemulihan sistem terhadap gangguan rata-rata adalah **100 detik**, sehingga suhu ruang pengering dapat kembali stabil dengan cepat setelah terjadi gangguan.
3. Fitur proteksi suhu berlebih diatur pada **batas suhu maksimum 70°C**. Apabila suhu ruang pengering melebihi batas tersebut, sistem secara otomatis akan secara otomatis mematikan *heater*. Hal ini membuktikan bahwa sistem pengering apel yang dirancang telah memenuhi aspek keamanan dan keandalan operasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran untuk pengembangan sistem pengering apel otomatis agar lebih optimal dan bermanfaat di masa mendatang:

1. Melakukan kalibrasi dan peningkatan akurasi sensor suhu dan berat secara berkala untuk meningkatkan keandalan sistem.
2. Mengimplementasikan *auto-tuning* pada kontrol PID agar sistem dapat menyesuaikan parameter kontrol secara otomatis sesuai kondisi lingkungan.
3. Meningkatkan kapasitas penyimpanan data dan fitur laporan otomatis dari *database* untuk memudahkan analisis hasil pengeringan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Ainun Nidhar, Belyamin, Sonki Prasetya, dan Dianta Mustofa Kamal, "Perbandingan Kontrol Temperatur menggunakan *Relay* dan PID pada Oven Pengering berbasis *Load Cell* untuk Mengukur Kadar Air Buah," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 20, no. 1, pp. 81-94, Apr. 2025.
- D. Rahmawati dan S. Yuliani, "Pengaruh Suhu Pengeringan terhadap Mutu Apel Kering," *Jurnal Keteknikan Pertanian*, vol. 11, no. 1, pp. 33-40, 2023.
- E. Santoso, *Dasar-Dasar Sistem dan Kontrol*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2022.
- H. Hidayat, *Pengantar Sistem Kontrol dan Aplikasinya*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2023.
- A. Prasetyo, D. Santoso, and S. Wulandari, "Metode *Tuning* PID Ziegler-Nichols pada Sistem Kendali Suhu," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 10, no. 1, pp. 25-32, 2022.
- W. T. Wahono, D. Radianto, A. D. Risdhayanti, and K. A. Fairus, "Penggunaan PID untuk stabilitas suhu pada proses pengeringan biji kakao," *Jurnal Elkolind*, vol. 11, no. 3, 2024.
- Utomo, "Aturan Persamaan PID Klasik," *Jurnal Teknik*, 2021.
- F. O. Sinaga, K. Amdani, dan J. Rajagukguk, "Rancang Bangun Miniatur Eskalator Otomatis Menggunakan Sensor Berat (Load Cell) Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 2560," *Einstein (e-Journal)*, vol. 7, no. 3, pp. 15-21, 2019.
- H. Rahman dan M. Putra, "Implementasi Kontrol PID dengan *Tuning* Otomatis Menggunakan LabVIEW," *Jurnal Otomasi dan Instrumentasi*, vol. 9, no. 1, pp. 12-20, 2025.
- H. Supriyono dkk., "Perancangan dan Analisis Elemen Pemanas untuk Sistem Pengering," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 45-52, 2015.
- Ikhsan, M., "Perancangan Sistem Pengeringan Buah Berbasis Mikrokontroler dengan Sensor Load Cell dan Sensor Suhu," Universitas Jember, 2022.
- L. Sari dan B. Nugroho, "Analisis Parameter PID untuk Pengendalian Suhu Otomatis," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, vol. 8, no. 3, pp. 101-110, 2024.
- N. P. Sari dan D. Prasetyo, "Perbandingan Metode Pengeringan Buah Apel: Tradisional dan Oven Listrik," *Jurnal Teknologi Pangan*, vol. 10, no. 1, pp. 45-52, 2022.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

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

- Nugroho, S. dan D. Sari, "Implementasi Arduino Mega pada Sistem Pengering Otomatis," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 10, no. 1, pp. 45-52, 2022.
- Polinema, "Implementasi PID Control Untuk Pengendalian Suhu Foam Mat Drying Pada Proses Ekstrak Buah Sirsak," 2021.
- Prasetyo, A., D. Santoso, dan S. Wulandari, "Metode *Tuning* PID Ziegler-Nichols pada Sistem Kendali Suhu," 2022.
- Pratama, Y. dan A. Nugroho, "Implementasi Kontrol PID pada Sistem Pengeringan Buah Berbasis Arduino," *Jurnal Elektro dan Instrumentasi*, vol. 10, no. 1, pp. 25-32, 2021.
- Putra, R. A. dan A. Suryana, "Analisis Efektivitas Pengeringan Buah Apel pada Berbagai Suhu," *Jurnal Rekayasa dan Teknologi*, vol. 8, no. 2, pp. 60-68, 2020.
- R. Ramadhani dan T. Hidayat, "Rancang Bangun Alat Pengering Buah Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 9, no. 2, pp. 123-130, 2021.
- T. Wibowo, "Studi Eksperimental *Tuning* PID Metode Ziegler-Nichols pada Sistem Kendali Proses," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 15, no. 1, pp. 33-40, 2023.
- Utomo, "Aturan Persamaan PID Klasik," *Jurnal Teknik*, 2021.
- Wahono, W. T., D. Radianto, A. D. Risdhayanti, dan K. A. Fairus, "Penggunaan PID untuk stabilitas suhu pada proses pengeringan biji kakao," *Jurnal Elkolind*, vol. 11, no. 3, 806, 2024.
- Wahyu Tri Wahono et al., "Penggunaan PID untuk Stabilitas Suhu pada Proses Pengeringan Biji Kakao," *Jurnal Elkolind*, vol. 11, no. 3, Sept. 2024.
- Y. Pratama dan A. Nugroho, "Implementasi Kontrol PID pada Sistem Pengeringan Buah Berbasis Arduino," *Jurnal Elektro dan Instrumentasi*, vol. 10, no. 1, pp. 25-32, 2021.

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

LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Penulis



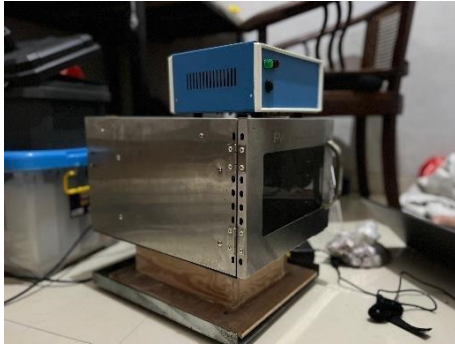
Penulis bernama Dandhi Ramadhan Muldan, anak pertama dari 3 bersaudara dan lahir di Jakarta, 03 Desember 2002. Latar belakang pendidikan formal penulis adalah sekolah dasar di SDN 06 Kampung Makasar lulus pada tahun 2015. Melanjutkan ke sekolah menengah pertama di SMP 275 Jakarta lulus pada tahun 2018. Kemudian melanjutkan sekolah menengah kejuruan di SMA Muhammadiyah 4 Jakarta lulus pada tahun 2021. Lalu 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 dandhiramadhan03@gmail.com

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Lampiran 2 Dokumentasi 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



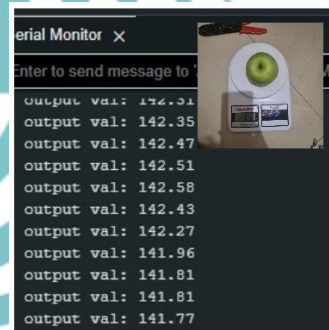
Realisasi sistem pengering apel



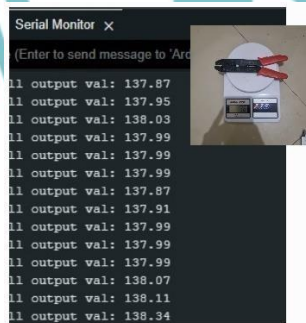
Box kontrol sistem



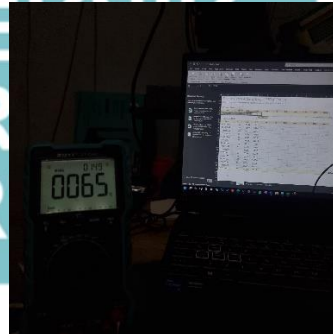
Aktuator pengering (fan heater)



Verifikasi sensor Loadcell



Verifikasi sensor PT100



Verifikasi sensor PT100



Lampiran 3 Program

Hak Cipta :

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

```
#include <Arduino_FreeRTOS.h>
#include <task.h>
#include <PID_v1.h>
#include <Adafruit_MAX31865.h>
#include <HX711_ADC.h>
#include <EEPROM.h>

// ===== PIN & OBJEK SENSOR ===== //
#define RREF 430.0
#define RNOMINAL 100.0
Adafruit_MAX31865 thermo(31, 33, 35, 37); // CS, DI, DO, CLK

// ===== PIN I/O ===== //
#define BUTTON_PIN 5
#define SSR_PIN 2
#define RELAY_PIN 4

// ===== VARIABEL GLOBAL ===== //
double suhu = 0;
bool sistemAktif = false;
bool sistemAwal = true; // TRUE saat sistem belum diaktifkan

// PID setup
double setpointSuhu = 65.0;
double pwm = 0;
double Kp = 28.964, Ki = 133.717, Kd = 20.856;
PID myPID(&suhu, &pwm, &setpointSuhu, Kp, Ki, Kd, DIRECT);

#define PWM_CYCLES 100
#define AC_PERIOD_MS 20

const int HX711_dout = A1; // Sesuaikan pin ini
const int HX711_sck = A0; // Sesuaikan pin ini
HX711_ADC LoadCell(HX711_dout, HX711_sck);
float berat = 0;

// Gunakan nilai hasil kalibrasi kamu di sini
float calibrationValue = 22.50;
float beratApel = 0;

// Timer 8 jam
unsigned long waktuMulaiSistem = 0;
const unsigned long durasiSistemMs = 8UL * 60 * 60 * 1000; // 8 jam dalam ms
```




Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
bool lastButtonState = HIGH;

// ===== SETUP ===== //
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    delay(10);

    pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SSR_PIN, OUTPUT);
    pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(SSR_PIN, LOW);
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);

    thermo.begin(MAX31865_3WIRE);

    myPID.SetMode(AUTOMATIC);
    myPID.SetOutputLimits(0, 255);

    LoadCell.begin();
    LoadCell.setCalFactor(calibrationValue);

    // Tare hanya saat awal, pastikan timbangan kosong
    LoadCell.start(2000, true);

    if (LoadCell.getTareTimeoutFlag() || LoadCell.getSignalTimeoutFlag()) {
        Serial.println("ERROR: Cek koneksi HX711");
        while (1)
            ;
    }

    Serial.println("Timbangan siap");
    while (!LoadCell.update())
        ; // pastikan data pertama valid

    // FreeRTOS Tasks
    xTaskCreate(TaskAwal, "Awal", 512, NULL, 2, NULL);
    xTaskCreate(TaskSensor, "Sensor", 512, NULL, 2, NULL);
    xTaskCreate(TaskPID, "PID", 512, NULL, 1, NULL);
    xTaskCreate(TaskSerialPrint, "SerialPrint", 512, NULL, 1, NULL);
}

void loop() {}

// ===== TASK SENSOR ===== //
void TaskSensor(void *pvParameters) {
    (void)pvParameters;
    for (;;) {
```



Hak Cipta :

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

```
if (!sistemAwal) {

    static boolean newDataReady = false;

    if (LoadCell.update()) {
        newDataReady = true;
    }
    if (newDataReady) {
        berat = LoadCell.getData(); // dalam gram
        newDataReady = false;
    }

    suhu = thermo.temperature(RNOMINAL, RREF);

    // Cek apakah sudah 8 jam atau beratApel sudah kurang dari 25% berat awal
    if (millis() - waktuMulaiSistem >= durasiSistemMs || beratApel < beratApel * 0.25) {
        sistemAwal = true;
        digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH); // Matikan relay
        Serial.println("Waktu 8 jam habis, kembali ke sistem awal.");
    }
}
vTaskDelay(50 / portTICK_PERIOD_MS);
}

// ===== TASK PID ===== //
void TaskPID(void *pvParameters) {
    (void)pvParameters;
    for (;;) {
        if (!sistemAwal) {
            if (myPID.GetMode() != AUTOMATIC) {
                myPID.SetMode(AUTOMATIC);
            }
            myPID.Compute();
        } else {
            pwm = 0;
            myPID.SetMode(MANUAL);
        }

        // Output PWM ke SSR
        int onCycles = round((float)pwm / 255.0 * PWM_CYCLES);
        for (int i = 0; i < PWM_CYCLES; i++) {
            digitalWrite(SSR_PIN, (i < onCycles) ? HIGH : LOW);
            vTaskDelay(AC_PERIOD_MS / portTICK_PERIOD_MS);
        }

        vTaskDelay(1000 / portTICK_PERIOD_MS);
    }
}
```



Hak Cipta :

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

```
}  
}  
  
// ===== TASK SERIAL PRINT ===== //  
void TaskSerialPrint(void *pvParameters) {  
    (void)pvParameters;  
    for (;;) {  
        if (!sistemAwal) {  
            Serial.print(">");  
            Serial.print(setpointSuhu);  
            Serial.print(";");  
            Serial.print(suhu);  
            Serial.print(";");  
            Serial.print(pwm);  
            Serial.print(";");  
            Serial.print(berat);  
            Serial.print(";?");  
        }  
        vTaskDelay(5000 / portTICK_PERIOD_MS);  
    }  
}  
  
// ===== TASK AWAL ===== //  
void TaskAwal(void *pvParameters) {  
    (void)pvParameters;  
    unsigned long lastPrintTime = 0;      // Waktu terakhir cetak Serial  
    const unsigned long intervalPrint = 5000; // 5 detik  
    for (;;) {  
        static boolean newDataReady = false;  
        float berat = 0;  
  
        if (LoadCell.update()) {  
            newDataReady = true;  
        }  
  
        if (sistemAwal) {  
            if (Serial.available()) {  
                char input = Serial.read();  
                if (input == 's' || input == 'S') {  
                    sistemAwal = !sistemAwal;  
                    if (!sistemAwal) {  
                        beratApel = beratApel * 0.25;  
                        waktuMulaiSistem = millis(); // Catat waktu mulai sistem  
                        digitalWrite(RELAY_PIN, LOW); // Relay ON saat sistem aktif  
                    } else {  
                        digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH); // Relay OFF saat sistem awal  
                    }  
                }  
            }  
        }  
    }  
}
```




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

```
Serial.print("Sistem ");
Serial.println(sistemAwal ? "Nonaktif" : "Aktif");
} else if (input == 't' || input == 'T') {
    LoadCell.start(2000, true);
    Serial.println("Berat di-reset (Tare)");
}
}

// ===== CEK TOMBOL ===== //
bool currentButtonState = digitalRead(BUTTON_PIN);
if (lastButtonState == HIGH && currentButtonState == LOW) { // Tombol ditekan (tekanan
baru)
    sistemAwal = !sistemAwal;
    if (!sistemAwal) {
        waktuMulaiSistem = millis(); // Catat waktu mulai sistem
        digitalWrite(RELAY_PIN, LOW); // Relay ON saat sistem aktif
    } else {
        digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH); // Relay OFF saat sistem awal
    }
    Serial.print("Sistem ");
    Serial.println(sistemAwal ? "Nonaktif" : "Aktif");
    delay(300); // debounce sederhana
}

lastButtonState = currentButtonState;

suhu = thermo.temperature(RNOMINAL, RREF);

if (newDataReady) {
    berat = LoadCell.getData(); // dalam gram
    newDataReady = false;
}

// Cetak setiap 5 detik
if (millis() - lastPrintTime >= intervalPrint) {
    lastPrintTime = millis();
    Serial.print(">");
    Serial.print(setpointSuhu);
    Serial.print(";");
    Serial.print(suhu);
    Serial.print(";");
    Serial.print(pwm);
    Serial.print(";");
    Serial.print(berat);
    Serial.print(";;");
}
}
```



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

```
vTaskDelay(200 / portTICK_PERIOD_MS); // pembacaan sensor tiap 200 ms
}  
  
vTaskDelay(50 / portTICK_PERIOD_MS); // jika sistemAwal = false, tetap delay 200ms
}  
}
```

