



**KENDALI TEMPERATUR DAN PEMANTIK SEBAGAI PENGENDALI  
NYALA API PADA SISTEM PASTEURISASI SUSU**



**TUGAS AKHIR**

**Program Studi**

**S1 TEKNIK KOMPUTER**

UNIVERSITAS  
**Dinamika**

**Oleh:**

**RIZKY ALIEF FEBRIANSYAH**

**19410200020**

---

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA**

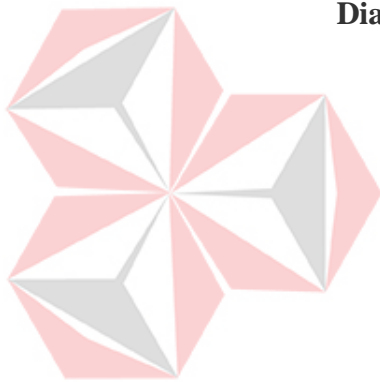
**UNIVERSITAS DINAMIKA**

**2023**

**KENDALI TEMPERATUR DAN PEMANTIK SEBAGAI PENGENDALI  
NYALA API PADA SISTEM PASTEURISASI SUSU**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Sarjana Teknik**



**Disusun Oleh:**

**Nama : Rizky Alief Febriansyah**

**NIM : 19410200020**

**Program : S1 (Strata Satu)**

**Jurusan : Teknik Komputer**

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA**

**UNIVERSITAS DINAMIKA**

**2023**

# TUGAS AKHIR

## KENDALI TEMPERATUR DAN PEMANTIK SEBAGAI PENGENDALI NYALA API PADA SISTEM PASTEURISASI SUSU

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**Rizky Alief Febriansyah**

**NIM: 19410200020**

Telah diperiksa, dibahas, dan disetujui oleh Dewan Pembahas

Pada: 17 Januari 2023

**Susunan Dewan Pembahas**

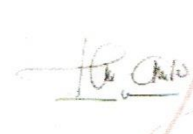
### **Pembimbing:**


I. Hariato, S.Kom., M.Eng.

NIDN. 0722087701

II. Weny Indah Kusumawati, S.Kom., M.MT.

NIDN. 0721047201

  
cn=Harianto Harianto,  
o=Universitas Dinamika,  
ou=Prodi S1 Teknik Komputer,  
email=hari@dinamika.ac.id,  
c=ID  
2023.01.18 10:55:55 +0700'

  
Universitas  
Dinamika  
2023.01.18  
10:22:58 +0700'

### **Pembahas:**

I. Pauladie Susanto, S.Kom., M.T.

NIDN. 0729047501

  
Universitas Dinamika  
2023.01.19 11:50:08  
+0700'

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

untuk memperoleh gelar sarjana

Digitally signed by  
Universitas Dinamika

Date: 2023.01.24  
11:04:48 +07'00'

Tri Sagirani, S.Kom., M.MT.

NIDN: 0731017601

Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika

UNIVERSITAS DINAMIKA



*“ENJOY IT WHILE IT LASTS”*

*-Rizy Alief Febriansyah-*

UNIVERSITAS  
**Dinamika**

*Atas berkat tuhan yang maha esa,*

*Ku persembahkan kepada keluarga saya untuk dukungannya selama ini dan doa tiada hentinya. Bersama teman-teman tim DINAMIKA ROBOTIC, Teknik Komputer Angkatan 2019. Terimakasih atas bantuan doa, dukungan yang membuat saya lebih semangat dan terus belajar menjadi pribadi yang lebih baik lagi.*



UNIVERSITAS  
Dinamika

**PERNYATAAN**  
**PERSETUJUAN PUBLIKASI DAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Sebagai mahasiswa **Universitas Dinamika**, Saya :

Nama : **Rizky Alief Febriansyah**  
NIM : **19410200020**  
Program Studi : **S1 Teknik Komputer**  
Fakultas : **Teknologi dan Informatika**  
Jenis Karya : **Laporan Tugas Akhir**  
Judul Karya : **KENDALI TEMPERATUR DAN PEMANTIK  
SEBAGAI PENGENDALI NYALA API PADA  
SISTEM PASTEURISASI SUSU**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Seni, Saya menyetujui memberikan kepada **Universitas Dinamika** Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas seluruh isi/sebagian karya ilmiah Saya tersebut diatas untuk disimpan, dialihmediakan, dan dikelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) untuk selanjutnya didistribusikan atau dipublikasikan demi kepentingan akademis dengan tetap mencantumkan nama Saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
2. Karya tersebut diatas adalah hasil karya asli Saya, bukan plagiat baik sebagian maupun keseluruhan. Kutipan, karya, atau pendapat orang lain yang ada dalam karya ilmiah ini semata-mata hanya sebagai rujukan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka Saya.
3. Apabila dikemudian hari ditemukan dan terbukti terdapat tindakan plagiasi pada karya ilmiah ini, maka Saya bersedia untuk menerima pencabutan terhadap gelar kesarjanaan yang telah diberikan kepada Saya.

Demikian surat pernyataan ini Saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 10 Desember 2022



Rizky Alief Febriansyah  
NIM : 19410200020

## ABSTRAK

Untuk memenuhi kebutuhan gizi masyarakat, sudah lama susu menjadi salah satu hal yang dibutuhkan oleh masyarakat. Pada usia seseorang antara 15 bulan hingga 65 tahun, kebutuhan susu sapi dapat dengan cepat membantu dan memperkuat tulang serta mencegah osteoporosis. Penelitian pasteurisasi ini menggunakan metode *Low Temperature Long Time (LTLT)* yang dirancang secara otomatis menggunakan kontrol PID. Kendali PID ini memiliki masukan berupa nilai temperatur dan parameter dengan *setpoint* sebesar 62° Celcius yang ditetapkan sebagai keluaran sistem aktuator servo dan pemantik elektrik yang diatur otomatis menggunakan *flame sensor* sebagai sistem pemantik api untuk memastikan saat api menyala, menjaga api selama proses pasteurisasi susu, dan ketika proses akhir pada pasteurisasi dengan menetapkan nilai *threshold*, dimana *flame sensor* ketika telah mencapai *setpoint* yang diinginkan sebesar 62°C, maka pemantik elektrik tidak melakukan aksi menyalakan kompor dan servo berputar ke 0° untuk mematikan kompor mati, proses tersebut terus terjadi hingga telah mencapai ambang batas suhu yang telah diatur yaitu kurang dari 61°C, sehingga pemantik elektrik menyala dan servo berputar 90° untuk menyalakan kompor. Dimana *flame sensor* mendeteksi dengan jarak 10 CM dari api dengan menunjukkan nilai *analog output* tidak lebih dari 4000, dan saat api padam nilai *analog output* menunjukkan nilai 4095.

**Kata Kunci:** Pateurisasi Susu, *Low Temperature Long Time (LTLT)*, Ziegler-Nichols 2, Pemantik Elektrik, *flame sensor*, *Analog Output*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan pada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat yang telah diberikan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Kendali Temperatur dan Pemantik Sebagai Pengendali Nyala Api Pada Sistem Pasteurisasi Susu”. Dalam perjalanan menyelesaikan pengerjaan laporan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, karena dengan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan dorongan dan dukungan baik secara moril maupun materiil, sehingga penulis dapat menempuh dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Pauladie Susanto, S.Kom., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Komputer sekaligus sebagai Dosen Penguji. Penulis mengucapkan terimakasih atas bimbingan yang diberikan dan kesempatan serta tuntunan baik secara lisan maupun tertulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir
4. Bapak Harianto, S.Kom., M. Eng., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan berupa motivasi, wawasan, dan saran bagi penulis selama pelaksanaan pengerjaan Tugas Akhir dan dalam pembuatan laporan tugas akhir
5. Ibu Weny Indah Kusumawati, S.Kom., M.MT., selaku dosen pembimbing yang banyak memberikan masukan dan solusi agar Tugas Akhir ini menjadi lebih baik dan penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini
6. Teman-teman seperjuangan S1 Teknik Komputer angkatan 2019 Universitas Dinamika, yang telah menemani penulis dalam menempuh jenjang program sarjana.
7. Teman-teman komunitas Dinamika Robotic yang telah memberikan dukungan moral dalam pengerjaan Tugas Akhir ini



8. Teman-teman terdekat yang tidak bisa saya sebut satu-persatu, yang telah membantu dengan doa dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat untuk menambah wawasan bagi pembacanya. Penulis juga menyadari dalam penulisan laporan ini banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik untuk memperbaiki kekurangan dan berusaha untuk lebih baik lagi.

Surabaya, 17 Januari 2023

Penulis

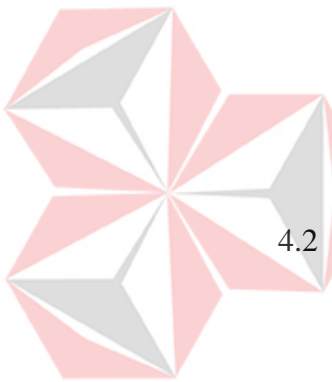


UNIVERSITAS  
**Dinamika**

## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	16
1.1 Latar Belakang.....	16
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat .....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Pasteurisasi.....	4
2.2 <i>Proportional Integral Derivative Control</i> (PID Control).....	4
2.2.1 Kontroler Proporsional (P) .....	5
2.2.2 Kontroler Integral (I).....	5
2.2.3 Kontroler Derivative (D).....	6
2.3 Metode Ziegler-Nichols.....	6
2.3.1 Ziegler-Nichols 1 ( <i>kendali terbuka</i> ).....	6
2.3.2 Ziegler-Nichols 2 ( <i>kendali tertutup</i> ) .....	7
2.4 Arduino IDE .....	9
2.5 ESP32 DEVKIT V1.....	9
2.6 Sensor Suhu DS1820 .....	10
2.7 <i>Flame Sensor</i> .....	11
2.8 Servo MG995.....	12
2.9 Motor DC.....	12
2.10 Relay .....	13

2.11 LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ) 16x2 .....	14
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	16
3.1 Perancangan Perangkat Keras.....	16
3.2 <i>Flowchart</i> .....	17
3.3 Perancangan Sistem PID.....	18
3.4 Perancangan Rangkaian Sensor Suhu DS18B20 .....	19
3.5 Perancangan Rangkaian flame Sensor .....	19
3.6 Perancangan Rangkaian Servo.....	21
3.7 Rancangan Mekanik flame sensor .....	21
3.8 Perancangan Mekanik.....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	23
4.1 Pengujian LCD .....	23
4.1.1 Tujuan Pengujian LCD 16x2 .....	23
4.1.2 Alat yang digunakan Pengujian LCD 16x2 .....	23
4.1.3 Prosedur Pengujian LCD 16x2 .....	23
4.1.4 Hasil Pengujian Pengujian LCD 16x2 .....	24
4.2 Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	24
4.2.1 Tujuan Pengujian Sensor Suhu DS18B20 .....	24
4.2.2 Alat yang digunakan Pengujian Sensor Suhu DS18B20 .....	24
4.2.3 Prosedur Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	25
4.2.4 Hasil Pengujian Pengujian Sensor Suhu DS18B20 .....	25
4.3 Pengujian <i>Flame Sensor</i> .....	26
4.3.1 Tujuan Pengujian <i>Flame Sensor</i> .....	26
4.3.2 Alat yang digunakan Pengujian <i>Flame Sensor</i> .....	26
4.3.3 Prosedur Pengujian <i>Flame Sensor</i> .....	26
4.3.4 Hasil Pengujian Pengujian <i>Flame Sensor</i> .....	27
4.4 Pengujian Servo MG995.....	28
4.4.1 Tujuan Pengujian Servo MG995 .....	30
4.4.2 Alat yang digunakan Pengujian Servo MG995 .....	30
4.4.3 Prosedur Pengujian Servo MG995 .....	30



4.4.4 Hasil Pengujian Pengujian Servo MG995 .....	30
4.5 Pengujian Keseluruhan Sistem .....	31
4.5.1 Tujuan Pengujian Keseluruhan Sistem .....	31
4.5.2 Alat yang digunakan Pengujian Keseluruhan Sistem .....	31
4.5.3 Prosedur Pengujian Keseluruhan Sistem .....	32
4.5.5 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem .....	32
BAB V PENUTUP.....	35
5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran .....	35
DAFTAR PUSTAKA .....	36
LAMPIRAN .....	39
BIODATA PENULIS .....	50



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Sistem Kontrol PID .....	5
Gambar 2. 2 Respon Tangga Satuan Sistem .....	7
Gambar 2. 3 Kurva Respon Berbentuk S .....	7
Gambar 2. 4 Blok Diagram Ziegler-Nichols Tipe 2.....	8
Gambar 2. 5 Proses Osilasi Menentukan Paramter Pcr.....	8
Gambar 2. 6 ESP32 DEVKIT V1 .....	9
Gambar 2. 7 Sensor Suhu DS18B20 .....	10
Gambar 2. 8 Flame Sensor .....	11
Gambar 2. 9 Spektrum Cahaya .....	11
Gambar 2. 10 Servo Motor MG995 .....	12
Gambar 2. 11 Motor DC .....	13
Gambar 2. 12 Relay.....	13
Gambar 2. 13 LCD 16x2 I2C .....	30
Gambar 3. 1 Model Perancangan Perangkat Keras.....	16
Gambar 3. 2 Flowchart sistem pasteurisasi.....	18
Gambar 3. 3 Flowchart sistem PID .....	19
Gambar 3. 4 Flowchart function deteksi api menyala.....	20
Gambar 3. 5 Function flowchart deteksi api padam.....	20
Gambar 3. 6 Desain mekanik flame sensor tampak depan .....	21
Gambar 3. 7 Desain mekanik flame sensor samping .....	21
Gambar 3. 8 Desain mekanik flame sensor tampak belakang.....	21
Gambar 3. 9 Rancangan mekanik sistem pasteurisasi susu tampak depan .....	22
Gambar 3. 10 Rancangan mekanik sistem pasteurisasi susu tampak samping .....	22
Gambar 4. 1 Hasil Pengujian LCD 16x2 I2C.....	24
Gambar 4. 2 Hasil plotting data nilai suhu selama proses pasteurisasi 30 menit.....	33
Gambar 4. 3 Hasil perolehan nilai pada sistem kendali pasteurisasi pada Matlab.....	34

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Tabel Parameter Ziegler-Nichols Tipe 1.....	7
Tabel 2. 2 Tabel Parameter PID Ziegler-Nichols Tipe 2 .....	8
Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor Suhu DS18B20 .....	10
Tabel 2. 4 Spesifikasi Flame Sensor .....	12
Tabel 2. 5 Spesifikasi Motor Servo MG995 .....	12
Tabel 4. 1 Hasil pengujian sensor suhu DS18B20.....	25
Tabel 4. 2 Hasil pengujian rentang jarak flame sensor dengan api.....	27
Tabel 4. 3 Hasil pengujian flame sensor dengan jarak tetap 10 cm .....	28
Tabel 4. 4 Hasil pengujian Servo MG995 dengan busur derajat .....	30
Tabel 4. 5 Hasil pengujian keseluruhan sistem.....	32



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Program Pengujian LCD 16x2 I2C.....	39
Lampiran 2 Program Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	39
Lampiran 3 Program Pengujian Flame Sensor.....	40
Lampiran 4 Program Pengujian Servo MG995.....	40
Lampiran 5 Program Sistem Keseluruhan .....	41
Lampiran 6 Rangkaian Skematik Sensor dan Aktuator .....	45



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam memenuhi kebutuhan kecukupan gizi pada manusia, tak dapat dipungkiri susu termasuk dalam elemen yang dibutuhkan oleh manusia sejak dulu. Pada usia produktif manusia dalam rentang 15 tahun hingga 65 tahun, kebutuhan susu sapi dapat membantu pertumbuhan dan penguatan tulang serta mencegah osteoporosis pada usia lanjut. Susu banyak terkandung vitamin dan mineral seperti vitamin A, vitamin B6, vitamin B12, magnesium, dan juga fosfor. Air susu mengandung nutrisi gizi yang tinggi dimana didalamnya terkandung air (87,5%), karbohidrat (4,5%), lemak (3,6%), protein (3,4%), dan mineral (0,75%). Agar tidak rentan dan terkontaminasi oleh bakteri susu perlu memerlukan pengolahan agar tidak mudah rusak.

Pasteurisasi adalah sebuah proses dimana susu dipanaskan pada suhu tinggi dalam waktu tertentu dengan tujuan membunuh mikroorganisme patogen yang ada dan menjaga nutrisi susu agar tidak cepat busuk. Metode pasteurisasi yang umum digunakan adalah sebagai berikut: (1) pasteurisasi dengan temperatur tinggi dalam waktu yang singkat (*High Temperature Short Time*) yaitu proses pemanasan susu pada suhu 72 - 75°C selama 15 detik, (2) pasteurisasi dengan temperatur rendah dalam waktu lama (*Low Temperature Long Time*) yaitu proses pemanasan susu pada temperatur 62°C selama 30 menit, (3) pasteurisasi dengan temperatur sangat tinggi (*Ultra High Temperature*) yaitu memanaskan susu pada suhu 131°C selama 0,5 detik.

Pada penelitian sebelumnya, beberapa percobaan menerapkan pengendalian sistem *fuzzy* dan juga PID (Agastansa, et al., 2018) untuk mengatur temperatur suhu susu pada mesin pasteurisasi dan pemantik kompor yang digunakan menggunakan timer, namun, metode *fuzzy* dan PID tersebut menghasilkan respon sistem yang kurang stabil dan kepastian nyala api pada pemantik elektrik dimana kompor tidak menamjin untuk menyalakan api dikarenakan ketika pemantik elektrik dinyalakan, servo berputar pada derajat yang tergolong kecil, sehingga kompor tidak menyala (Nikiuluw, et al., 2018). Oleh karena itu, pada tugas akhir ini menggunakan *flame sensor* untuk menjaga



dan memastikan api selama sistem pasteurisasi susu berlangsung agar mendapatkan hasil kendali yang lebih stabil.

Dimana dalam *flame sensor* pada tugas akhir ini memiliki fungsi untuk mendeteksi dan memastikan nyala api selama proses awal, proses ketika pasteurisasi, dan proses akhir dengan pemantik elektrik sebagai aktuator yang bekerja. Serta dalam peletakan *flame sensor* diperlukan jarak aman untuk pembacaan sensor agar tidak merusak sensor tersebut.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis membuat alat pasteurisasi susu dengan sistem kontrol otomatis agar ketika pemantik api dinyalakan terbaca dan dipastikan oleh *flame sensor* untuk menjaga kepastian nyala api pada kompor selama proses pasteurisasi susu dan menjaga temperatur suhu susu tetap stabil menggunakan kontroler PID, dimana pada penelitian ini menggunakan metode LTLT (*Low Temperature Long Time*) dimana pemanasan susu sampai pada suhu 62°C dan mempertahankan suhu tersebut selama 30 menit.

## 1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana mengontrol kepastian nyala api menggunakan *flame sensor* sebagai pendeteksi nyala api selama proses awal, proses pasteurisasi, hingga proses akhir dengan pemantik elektrik sebagai actuators.

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, pembahasan masalah dibatasi pada beberapa hal berikut:

1. Menggunakan mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1 selama proses pembuatan pasteurisasi susu.
2. Parameter yang diuji adalah pembacaan sensor suhu DS18B29, suhu susu selama proses pasteurisasi, derajat servo pada knob kompor, dan jarak *flame sensor* dengan nyala api menggunakan *analog output*.
3. Menggunakan kontroler PID pada kendali pengaturan suhu susu selama proses pasteurisasi.

4. Gas LPG sebagai bahan bakar kompor yang dipastikan ada saat proses pasteurisasi berjalan.

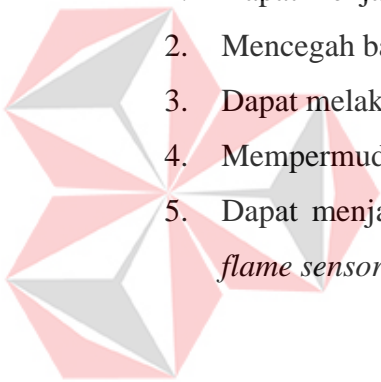
#### **1.4 Tujuan**

Bertujuan agar rancang bangun dapat berjalan secara otomatis dan terintegrasi mikrokontroler, serta menjamin kepastian mendeteksi nyala api pada pemantik elektrik selama proses pasteurisasi berlangsung menggunakan *flame sensor*.

#### **1.5 Manfaat**

Adapun dari Tugas Akhir ini dapat diperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Dapat menjaga kestabilan suhu susu selama proses pasteurisasi terjadi.
2. Mencegah bakteri mikroorganisme patogen yang terdapat pada susu murni.
3. Dapat melakukan kendali pasteurisasi susu secara otomatis.
4. Mempermudah dalam kendalipengolahan pasteurisasi susu.
5. Dapat menjamin kepastian api untuk dinyalakan atau dimatikan menggunakan *flame sensor*.



UNIVERSITAS  
Dinamika

## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Pasteurisasi

Pasteurisasi adalah sebuah proses termal pada temperatur tinggi bertujuan untuk membunuh bakteri mikroba dan sebagian mikroorganisme dengan meminimalisir kerusakan protein. Pasteurisasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu *Low Temperature Long Time (LTLT)* dengan suhu 62°C selama 30 menit dan *High Temperature Short Time (HTST)* dengan suhu 72°C selama 15 detik. Pasteurisasi dilanjutkan dengan melakukan proses pendinginan pada suhu 4°C, sehingga menambah daya simpan susu.

Pasteurisasi merupakan sistem pemanasan yang membunuh sebagian, tetapi tidak semua mikroorganisme dalam makanan yang kemudian diproses dan disimpan dalam kondisi yang meminimalkan pertumbuhan. Dalam pasteurisasi susu, pasteurisasi digunakan untuk membunuh mikroorganisme patogen. Pasteurisasi memiliki beberapa tujuan, antara lain:

1. Membunuh mikroba vegetatif tertentu yang bersifat patogen
2. Inaktivasi Enzim yang membuat susu cepat rusak
3. Memperpanjang daya simpan dan ketahanan susu

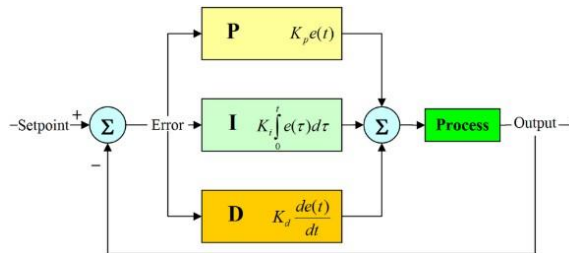
Metode pasteurisasi yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

1. *High Temperature Short Time (HTST)* yaitu pasteurisasi dengan suhu tinggi (72-75°C) dalam waktu 15 detik.
2. *Low Temperature Long Time (LTLT)* yaitu pasteurisasi dengan suhu rendah (61°C) dengan waktu lama (30 Menit).
3. *Ultra High Temperature (UHT)* yaitu pasteurisasi dengan suhu sangat tinggi (131°C) selama 0.5 detik.

### 2.2 *Proportional Integral Derivative Control (PID Control)*

PID (*Proportional Integral Derivative*) adalah sebuah sistem kontrol untuk menentukan suatu sistem instrumentasi dengan menggunakan umpan balik pada sistem

tersebut (*feedback*). Sistem kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu *Proportional*, *Integral*, dan *Derivative*, ketiganya dapat beroperasi secara bersamaan atau terpisah tergantung pada respon perangkat. dalam perancangan sistem kontrol PID mengatur parameter P, I, atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan.



Gambar 2. 1 Sistem Kontrol PID  
(Sumber: <https://id.wikipedia.org/wiki/PID>)

### 2.2.1 Kontroler Proporsional (P)

Kontroler proporsional merupakan kontroler yang digunakan mengatur perilaku sinyal error terhadap input dari sistem. Dapat dikatakan bahwa kontroler proporsional dengan masukannya. Rumus dasar dari kontroler proporsional adalah:

$$P = K_p e(t)$$

Dengan:

P adalah Proporsional

$K_p$  adalah nilai konstanta proporsional

$e(t)$  adalah nilai error yang selalu berubah

### 2.2.2 Kontroler Integral (I)

Kontroler integral memiliki karakteristik yang hampir serupa dengan integral. Keluaran pengontrol ini dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan, keluaran pengontrol merupakan penjumlahan yang kontinu dari perubahan masukannya. Jika sinyal tidak mengalami perubahan, keluaran menjaga keadaan seperti sebelum terjadi masukan. Rumus dari pengontrol integral adalah:

$$I = K_i \int_0^t e(t) dt$$

Dengan:

I adalah integral

Ki adalah nilai konstanta integral

$e(t)$  adalah nilai error

dt adalah nilai perubahan waktu (*second*)

### 2.2.3 Kontroler Derivative (D)

Kontroler derivative memiliki sebuah karakteristik seperti diferensial, perubahan secara tiba-tiba pada masukan pengontrol mengakibatkan perubahan yang signifikan. Ketika masukan dalam keadaan tetap, keluaran pengontrol juga tidak mengalami perubahan, sedangkan apabila sinyal masukan berubah mendadak dan meningkat, sinyal keluaran menghasilkan sinyal berbentuk impuls. Rumus dari kontroler derivative adalah:

$$D = K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Dengan

D adalah derivative

Kd adalah nilai konstanta derivative

$de(t)$  adalah nilai perubahan error

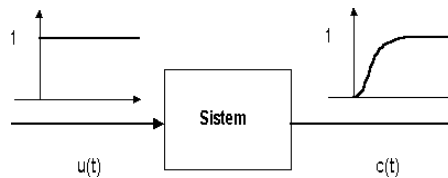
dt adalah nilai perubahan waktu (*second*)

## 2.3 Metode Ziegler-Nichols

Salah satu metode dalam mencari parameter-parameter PID adalah dengan metode Ziegler-Nichols. Ziegler-Nichols mengusulkan aturan untuk menentukan nilai Kp, Ti, dan Td melalui karakteristik tanggapan peralihan dari plant yang diberikan.

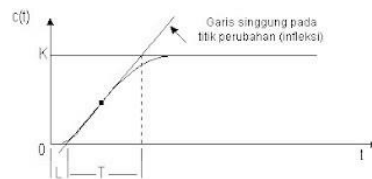
### 2.3.1 Ziegler-Nichols 1 (*kendali terbuka*)

Metode Ziegler-Nichols 1 menggunakan sistem *open loop*. System diberi input step, sehingga respon *open loop* terbentuk.



Gambar 2. 2 Respon Tangga Satuan Sistem  
(Sumber: <http://galih-control-system.blogspot.com/>)

Dari respon *open loop* yang dihasilkan, parameter-parameter Ziegler-Nichols tipe I (L dan T) dapat didapatkan. Proses desain menentukan parameter L dan T ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2. 3 Kurva Respon Berbentuk S  
(Sumber: <https://blogkuliahku.blogspot.com/2007/05/tutorial-metode-ziegler-nichols-pada.html>)

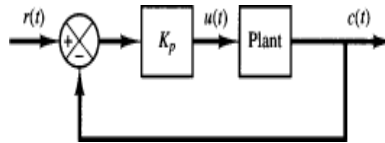
Kurva berbentuk S memiliki dua konstanta, waktu mati (*dead time*) L dan waktu tunda T. Gambar 2.3 menunjukkan kurva reaksi berubah setelah interval L. Sedangkan waktu tunda menggambarkan perubahan kurva setelah mencapai 66%. Pada kurva dibuat suatu garis yang bersinggungan dengan garis kurva. Garis singgung memotong dengan sumbu absis dan garis maksimum. Perpotongan garis singgung dengan sumbu absis merupakan ukuran waktu mati, dan perpotongan dengan garis maksimum adalah waktu tunda yang diukur dari titik waktu L.

Tabel 2. 1 Tabel Parameter Ziegler-Nichols Tipe 1

Tipe Pengendali	Kp	Ti	Td
P	$\frac{T}{L}$	$\infty$	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	2L	0.5L

### 2.3.2 Ziegler-Nichols 2 (kendali tertutup)

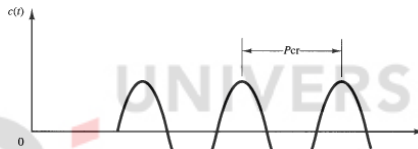
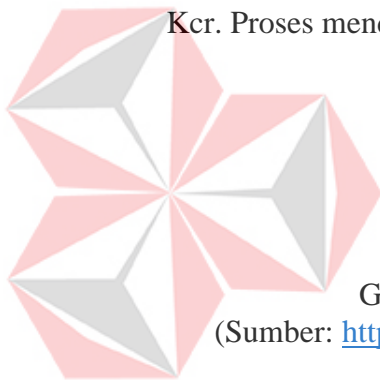
Dalam metode tipe 2, digunakan kendali tertutup. Namun yang digunakan hanya  $K_p$ , dimana sistem dibuat berosilasi dengan mengatur besarnya nilai  $K_p$ .



Gambar 2. 4 Blok Diagram Ziegler-Nichols Tipe 2

(Sumber: <https://instrumentationsystem.blogspot.com/2011/05/metoda-tuning-ziegler-nichols.html>)

Besaran nilai  $K_p$  pada respon sistem berosilasi terus menerus merupakan nilai  $K_{cr}$ . Proses mendapatkan nilai  $P_{cr}$  dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 5 Proses Osilasi Menentukan Parameter  $P_{cr}$

(Sumber: <https://instrumentationsystem.blogspot.com/2011/05/metoda-tuning-ziegler-nichols.html>)

Setelah parameter  $K_{cr}$  dan  $P_{cr}$  didapatkan, nilai-nilai  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  dapat dihitung pada tabel dibawah ini

Tabel 2. 2 Tabel Parameter PID Ziegler-Nichols Tipe 2

Tipe Pengendali	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$0.5K_{cr}$	$\infty$	0
PI	$0.45K_{cr}$	$\frac{1}{1.2}P_{cr}$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$

Pada kendali PID yang dirancang dengan paralel atau tiga aksi terpisah, maka  $T_i$  dan  $T_d$  dikonversi terlebih dahulu untuk mendapatkan  $K_i$  dan  $K_d$ , berikut merupakan rumus untuk menentukan  $K_i$  dan  $K_d$ .

$$K_i = 2 \times \frac{K_p}{T_i}$$

$$K_d = K_p \times T_d$$

## 2.4 Arduino IDE

*Arduino IDE* adalah singkatan dari *Integrated Development Environment* yang hadir dalam bentuk perangkat lunak berupa *software* penulisan program untuk melakukan fungsi-fungsi yang tertanam pada lingkungan pengembangan terintegrasi, *compile* dan *upload* program ke board arduino. Arduino menggunakan bahasa pemrograman C yang telah dimodifikasi yang sering disebut dengan pemrograman C untuk Arduino

Bahasa pemrograman *Arduino IDE* telah dimodifikasi sedemikian rupa untuk memudahkan pemula dalam penulisan sintaks pemrograman dari bahasa aslinya. *Arduini IDE* dibuat dari bahasa pemrograman Java dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut *wiring* untuk memfasilitasi operasi input dan output lebih mudah.

## 2.5 ESP32 DEVKIT V1

ESP32 Module merupakan prototyping mikrkontroler yang ringkas dan mudah diprogram melalui Arduino IDE. NodeMCU bisa dianalogikan sebagai board arduino yang terkoneksi dengan ESP32. Dalam NodeMCU telah dikemas ESP32 ke dalam sebuah board yang terintegrasi dengan beberapa fitur selayaknya mikrokontroler dan akses terhadap WiFi juga chip komunikasi berupa USB to Serial NodeMCU ESP32 memiliki 48 GPIO (*General Purpose Input Output*).



Gambar 2. 6 ESP32 DEVKIT V1

(Sumber: <https://makeradvisor.com/tools/esp32-dev-board-wi-fi-bluetooth/>)



## 2.6 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 merupakan sensor yang terbuat dari *stainless steel* yang aman untuk benda cair, dan dapat membaca suhu dalam rentang -55 derajat celcius hingga +125 derajat celcius dengan akurasi +/-0,5 derajat celcius. Sensor suhu DS18B20 menyediakan 9 hingga 12-bit hasil pembacaan, dimana jumlah bit tersebut dapat dikonfigurasi.



Gambar 2. 7 Sensor Suhu DS18B20

(Sumber: <https://cncstorebandunggo.blogspot.com/2019/03/tutorial-mengakses-sensor-suhu-ds18b20.html>)

Setiap sensor memiliki nomor seri 64-bit yang unik yang disematkan pada masing-masing chip, sehingga memungkinkan penggunaan sensor hanya melalui 1 (satu) pin jalur data komunikasi (*digital one wire*). Berikut merupakan tabel spesifikasi pada sensor suhu DS18B20:

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor Suhu DS18B20

Power	3 – 5,5 Volt
Konsumsi arus	1mA
Rentang pembacaan sensor suhu	-55°C - 125°C
Akurasi	+/- 0,5°C
Resolusi	9 – 12 bit

## 2.7 Flame Sensor

*Flame sensor* merupakan alat optik yang digunakan untuk mendeteksi jika terdapat keberadaan nyala api maupun mendeteksi adanya asap di dalam atau di sekitar dengan *transducer* menggunakan *infrared* (Saputra, et al., 2016). Sensor ini mendeteksi api pada rentang panjang gelombang antara 760 nm – 1100 nm. Sensor ini memiliki 4 pin yaitu VCC, GND, AO (*Analog Output*), dan DO (*Digital Output*). Pin AO (*Analog*

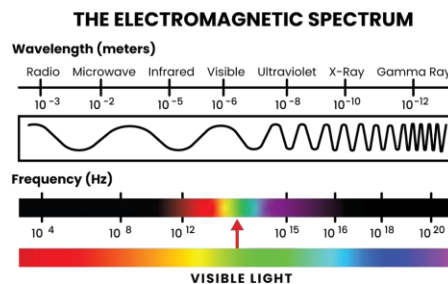
*Output*) dapat memprediksi letak api dikarenakan sudut pembacaanya  $60^\circ$ . Pada pin DO (*Digital Output*) hanya mengetahui ada atau tidaknya api, tetapi tidak dapat mengetahui posisi letak api tersebut. Untuk pin analog tegangan inputnya sebesar 5V dan pada pin digital sebesar 3.3V. Apabila tegangan VCC pada output analog dari sensor ini kurang dari 3.3V, maka pendeteksian api menjadi tidak stabil dan terjadi kesalahan pada output.



Gambar 2. 8 Flame Sensor

(Sumber: <https://www.perintang.com/product/flame-sensor-module/>)

Sensor api ini dirancang untuk mendeteksi api, bukan panas suhu dari api tersebut. Keberadaan api dapat dideteksi menggunakan spektrum cahaya *infrared* maupun *ultraviolet* dan mikroprosesor dalam sensor api bekerja untuk membedakan spektrum cahaya pada api yang terdeteksi tersebut. Prinsip kerja sensor ini yaitu mendeteksi *infrared* atau *ultraviolet* dari api yang menyala.



Gambar 2. 9 Spektrum Cahaya

(Sumber: [Urutan spektrum gelombang elektromagnetik berdasar... \(ruangguru.com\)](#))

Berikut merupakan tabel fitur spesifikasi dari *flame sensor*:

Tabel 2. 4 Spesifikasi Flame Sensor

Panjang gelombang cahaya	760nm – 1100nm
Jarak deteksi terdekat sensor	20 cm – 100 cm
Tegangan kerja sensor	3.3 – 5 Volt
Keluaran sensor	Analog dan digital

## 2.8 Servo MG995

Motor servo merupakan perangkat elektromagnet yang dirancang untuk digunakan sebagai penggerak dalam sebuah rangkaian yang menghasilkan torsi dan kecepatan berdasarkan arus dan tegangan listrik yang diberikan. Motor servo merupakan salah satu jenis motor listrik yang memakai sistem jenis *closed loop*, sistem ini dipakai untuk mengontrol kecepatan dan percepatan motor listrik dengan akurasi yang cukup tinggi.



Gambar 2. 10 Servo Motor MG995

(Sumber: <https://components101.com/motors/mg996r-servo-motor-datasheet>)

Berikut merupakan tabel spesifikasi daripada motor servo MG995:

Tabel 2. 5 Spesifikasi Motor Servo MG995

Bobot	55g
Dimensi	40,7 x 19,7 x 42,9 mm
Power	4,8 – 7,2 Volt

## 2.9 Motor DC

Motor DC (*Direct Current*) merupakan perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*), dapat juga disebut sebagai motor arus searah. Motor DC memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah untuk dapat menggerakannya.



Gambar 2. 11 Motor DC

(Sumber: <https://student-activity.binus.ac.id/himtek/2017/05/08/motor-dc-dan-jenis-jenisnya/>)

Jumlah putaran per menit yang dihasilkan pada motor dc yaitu kurang lebih sebesar 3000 – 8000 RPM (*Revolutions per Minute*) dengan tegangan operasional sekitar 1,5 hingga 24 volt. Pada prinsipnya, motor dc menggunakan konsep elektromagnet untuk bergerak, ketika arus listrik diberikan ke kumparan, permukaan kumparan yang bersifat utara bergerak menghadap ke magnet yang berkutub selatan dan kumparan yang bersifat selatan bergerak menghadap magnet yang berkutub utara.

### 2.10 Relay

Relay merupakan komponen elektromanikal saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet coil dan mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*). Prinsip yang dilakukan oleh relay yaitu menggerakkan kontak saklar, sehingga arus listrik yang kecil dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.



Gambar 2. 12 Relay

(Sumber: <https://components101.com/switches/5v-dual-channel-relay-module-pinout-features-applications-working-datasheet>)

Berikut beberapa fungsi relay dalam sebuah rangkaian elektronika:

- Mengendalikan sirkuit tegangan tinggi menggunakan bantuan sinyal bertegangan rendah.
- Menjalankan fungsi logika.
- Memberikan fungsi penundaan waktu.
- Melindungi motor dari korsleting atau kelebihan tegangan.

### 2.11 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2 merupakan perangkat tampilan dengan kristal cair sebagai layar utama, dan juga dapat menampilkan karakter dan gambar. Dalam modul LCD 16x2 terdapat mikrokontroler berfungsi sebagai pengontrol tampilan karakter LCD 16x2. Mikrokontroler LCD 16x2 dilengkapi dengan memori dan register, memori yang digunakan adalah:

- a. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan tempat karakter ditampilkan
- b. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan tempat untuk menggambarkan pola karakter dimana bentuk dari karakter dapat berubah sesuai dengan keinginan
- c. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan tempat untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrik pembuat LCD 16x2.

Pin, kaki atau jalur input kontrol pada LCD diantaranya adalah:

- a. Pin data merupakan jalur untuk memberikan data karakter yang ditampilkan menggunakan LCD 16x2 dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
- b. Pin RS (*Register Selcet*) bertugas sebagai indikator yang menentukan jenis data yang masuk, baik data atau perintah.
- c. Pin R/W (*Read Write*) sebagai instruksi pada modul jika *low* melakukan *write*, dan *high* melakukan *read*



Gambar 2. 13 LCD 16x2 12C

(Sumber: <https://www.aksesoriskomputerlampung.com/2020/05/lcd-i2c-16x2-green.html>)

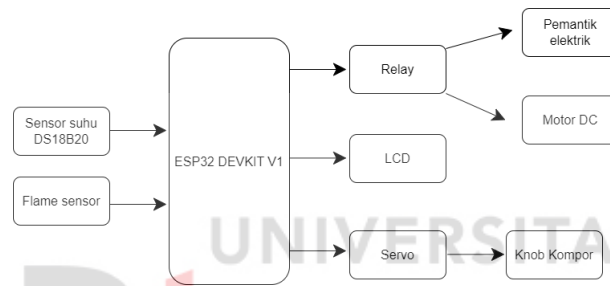


UNIVERSITAS  
**Dinamika**

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Perancangan Perangkat Keras

Gambar di bawah ini merupakan rancangan perangkat keras dengan masukan berasal dari nilai sensor suhu DS18B20 dan *Flame Sensor*. Masukan tersebut ditampilkan oleh *LCD (Liquid Crystal Disk)* dan diproses oleh mikrokontroler *ESP32 DEVKIT V1* dan mengirimkan perintah servo sebagai aktuator knob kompor gas untuk menyalakan kompor dengan menggunakan pemantik api melalui relay, sehingga terjadi pemanasan.



Gambar 3. 1 Model Perancangan Perangkat Keras

Bagian diagram blok pada kendali pasteurisasi susu diatas dijelaskan sebagai berikut:

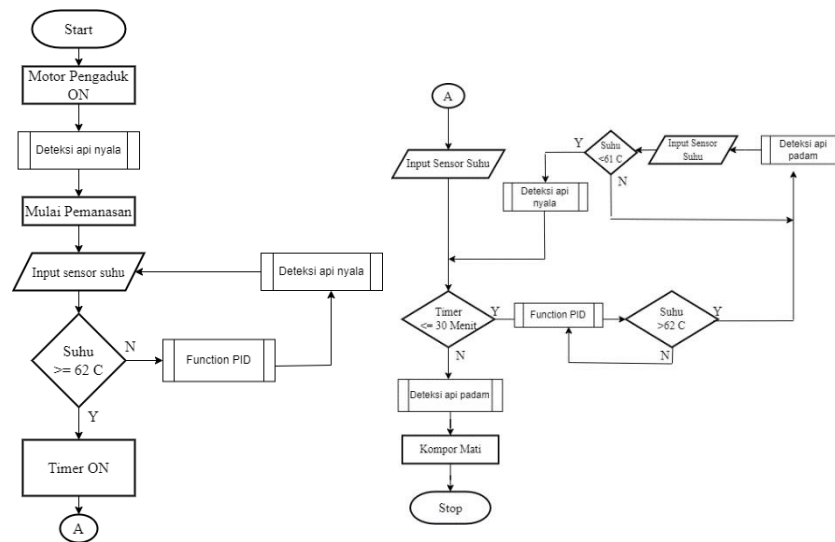
1. Input:
  - a. Sensor Temperatur DS18B20: Bertujuan mengambil nilai temperatur dalam satuan celcius dari sistem pasteurisasi susu.
  - b. *Flame Sensor*: Bertujuan sebagai pendeteksi kondisi api pada kompor ketika pemantik dinyalakan.
  
2. Output:
  - a. Motor DC: Bertujuan sebagai pengaduk pada saat proses pasteurisasi agar merata.
  - b. Servo: Bertujuan sebagai aktuator pengatur knob kompor untuk mengatur besar kecil nyala kompor pada saat proses pasteurisasi berjalan.
  - c. Pemantik Elektrik: Bertujuan sebagai alat memantik api pada kompor.

- d. LCD 16x2: Bertujuan untuk menampilkan data keluaran dari masukan pada sistem pasteurisasi susu.
- e. Relay: Bertujuan untuk mengaktifkan saklar dan memutuskan aliran listrik.

### 3.2 *Flowchart*

Berdasarkan Gambar dibawah dijelaskan bahwa sistem pada saat dinyalakan motor pengaduk menyala. Kemudian pematik menyala untuk menyalakan api, selanjutnya sensor api melakukan deteksi. Apabila sensor api tidak mendeteksi api dari kompor saat pematik selesai menyala, maka sensor memerintahkan mikrokontroler untuk menyalakan ulang pematik dan menyalakan peringatan berupa *buzzer*, apabila api telah menyala, maka proses pasteurisasi susu dimulai. Dalam proses pasteurisasi susu, sensor suhu melakukan deteksi suhu dari susu yang dimasak. Apabila suhu susu terdeteksi belum mencapai 61 derajat Celsius, maka mikrokontroler mengatur besar kecilnya api dari kompor menggunakan servo yang memutar knob pengatur api dengan menggunakan logika PID. Dalam proses pemasakan tersebut sensor suhu terus melakukan deteksi untuk menjaga kestabilan suhu dari susu yang dimasak agar susu mendapatkan tingkat kematangan yang sesuai dengan memerintahkan mikrokontroler untuk mengatur besar kecilnya api menggunakan servo yang terhubung ke knob kompor. Dalam proses pasteurisasi tersebut sensor api terus melakukan deteksi api dari kompor. Setelah 30 menit, maka timer berhenti dan mikrokontroler mematikan kompor untuk menghentikan proses pasteurisasi susu.





Gambar 3. 2 Flowchart sistem pasteurisasi

### 3.3 Perancangan Sistem PID

Flowchart sistem PID dapat dilihat pada gambar di bawah, dimana pada proses awal diberi inisialisasi untuk masing – masing nilai untuk  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ . nilai *setpoint* suhu dimasukkan sebesar  $62^{\circ}\text{C}$ . Variabel  $dt$  yang menunjukkan besar perubahan waktu diberi nilai 6, Setelah semua variabel diinisialisasi, setiap proses PID dapat dimulai dengan menghitung nilai kesalahan yang ada pada variabel ‘err’. Nilai kesalahan didapat dari hasil pengurangan nilai setpoin (variabel ‘setTemp’) dengan nilai hasil baca sensor suhu (variabel ‘tempC’).

Sebelum menghitung rumus PID, diperlukan perhitungan untuk nilai integral error yang dimasukkan ke variabel ‘iState’. Perhitungan nilai integral dalam sistem ini dirubah dalam mikrokontroler menjadi bentuk penjumlahan diskrit. Nilai variabel ‘iState’ awal diinisialisasi dengan nilai nol, dengan anggapan bahwa proses integral dimulai dari waktu ke-0. Nilai ‘iState’ melakukan update dari penjumlahan nilai ‘iState’ sebelumnya dengan nilai error terbaru (variabel ‘err’).

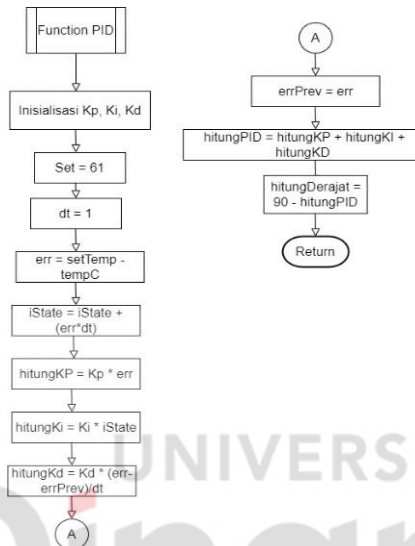
Proses selanjutnya merupakan perhitungan nilai PID dengan menghitung masing – masing nilai dari  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ . Dimana masing – masing rumus tersebut adalah sebagai berikut:

$$Kp = Kp \times err$$

$$Ki = Ki \times iState$$

$$Kd = Kd \times (err - errPrev)/dt$$

Proses terakhir dari algoritma PID adalah mengubah nilai PID menjadi servo derajat (variabel 'derajat').



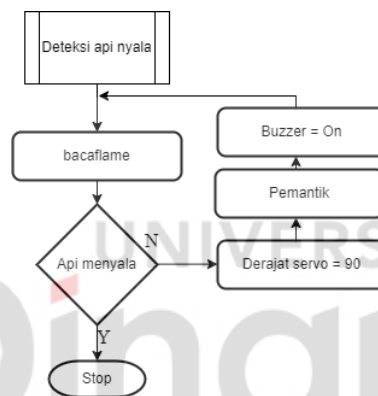
Gambar 3. 3 Flowchart sistem PID

### 3.4 Perancangan Rangkaian Sensor Suhu DS18B20

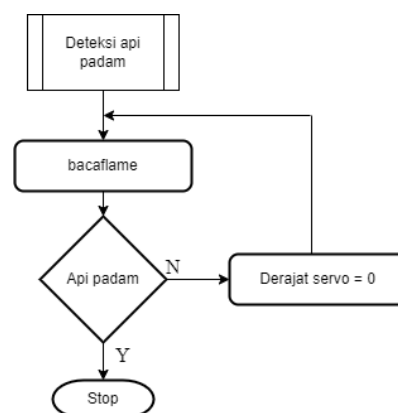
Sensor temperatur DS18B20 digunakan untuk membaca dalam rentang -10 hingga +85 derajat Celcius. Sensor ini merupakan sensor digital yang memiliki akurasi pada rentang +/-0,5 derajat. Sensor ini bekerja dalam komunikasi serial satu jalur data dan satu ground atau yang biasa disebut *one wire*. Dalam sebuah *one wire* dapat menginisiasi dan mengontrol komunikasi dengan satu data signal. Pada sensor DS18B20 terdapat 3 pin yang digunakan yaitu jalur data signal, *ground*, dan jalur power supply VCC 5 V. VCC dan pin data signal dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1, tetapi ditambahkan resistor *pull-up* sebesar 4.7k dikarenakan *internal pull-up* pada sensor DS18B20 tidak terlalu kuat, sehingga membutuhkan *external pull-up* dari resistor 4.7k. Skema rangkaian elektronika suhu DS18B20 dapat dilihat di lampiran 6.

### 3.5 Perancangan Rangkaian flame Sensor

Sensor ini mendeteksi nyala api dalam rentang panjang gelombang antara 760 nm – 1100 nm. Sensor ini memiliki 4 pin yaitu VCC, GND, AO (Analog Output), dan DO (Digital Output). Pin AO (Analog Output) dapat diprediksi letak api dikarenakan sudut pembacaanya 60°. Pada pin DO (Digital Output) hanya mengetahui apakah ada api atau tidak, tetapi tidak dapat mengetahui posisi api tersebut. Untuk pin analog tegangan inputnya sebesar 5V dan pada pin digital sebesar 3.3V. Apabila tegangan VCC pada output analog dari sensor ini kurang dari 3.3V, maka pendeteksian api menjadi tidak stabil dan output terjadi kesalahan. Pada sistem pasteurisasi susu, digunakan analog output untuk menentukan nilai *threshold* pada api kompor.



Gambar 3. 4 *Flowchart function* deteksi api menyala



Gambar 3. 5 *Function flowchart* deteksi api padam

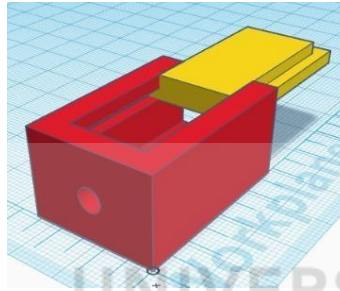
Untuk skema rangkaian elektronika *flame sensor* dapat dilihat di lampiran 6.

### 3.6 Perancangan Rangkaian Servo

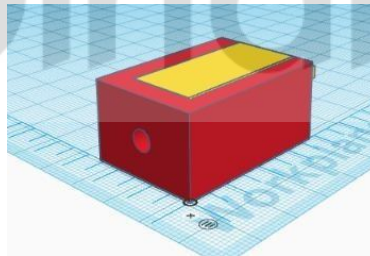
Dalam melakukan proses pemanasan dibutuhkan perangkat servo yang bertugas sebaifai aktuator dalam memutar knob kompor secara otomatis. Dalam penelitian ini memakai servo yaitu servo 90 derajat. Pada saat servo berada pada sudut  $0^\circ$  kompor mati, dan pada saat servo bergerak pada sudut  $90^\circ$ , maka kompor menyala. Skema rangkaian elektronika Servo dapat dilihat di lampiran 6.

### 3.7 Rancangan Mekanik flame sensor

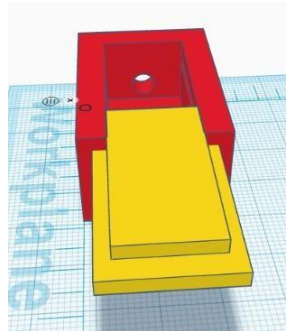
Berikut merupakan rancangan mekanik pada *flame sensor*:



Gambar 3. 6 Desain mekanik *flame sensor* tampak depan



Gambar 3. 7 Desain mekanik *flame sensor* samping



Gambar 3. 8 Desain mekanik *flame sensor* tampak belakang

Berikut ini merupakan ukuran dari dimensi rancangan mekanik *flame sesnor* pada sistem pasteurisasi susu:

1. Dimensi panjang: 3,7 CM
2. Dimensi lebar: 1,8 CM

### 3.8 Perancangan Mekanik

Berikut gambar perancangan mekanik pada sistem pasteurisasi susu:



Gambar 3. 9 Rancangan mekanik sistem pasteurisasi susu tampak depan



Gambar 3. 10 Rancangan mekanik sistem pasteurisasi susu tampak samping

Setelah pemasangan komponen dilakukan, berikut merupakan ukuran dari dimensi dari alat sistem pasteurisasi susu:

1. Panjang rancang bangun : 47 CM
2. Lebar rancang bangun : 33 CM
3. Tinggi rancang bangun : 65 CM
4. Luas rancang bangun : 100.815  $CM^3$

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini membahas hasil serta pembahasan pada pengujian otomasi dan sistem kendali yang telah dibuat oleh penulis pada alat pasteurisasi susu.

#### **4.1 Pengujian LCD**

##### **4.1.1 Tujuan Pengujian LCD 16x2**

Pengujian ini dilakukan untuk menampilkan keluaran dari pembacaan sensor serta proses pada alat pasteurisasi. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui LCD 16x2 dapat berjalan dengan baik dan membaca data yang dikirim pada saat proses pasteurisasi berjalan.

##### **4.1.2 Alat yang digunakan Pengujian LCD 16x2**

Adapun alat yang perlu digunakan dalam melakukan pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. 1 Buah Laptop
2. 1 Kabel USB
3. 1 ESP32 DEVKIT V1
4. 1 LCD 16x2

##### **4.1.3 Prosedur Pengujian LCD 16x2**

Berikut ini adalah prosedur langkah-langkah pengujian pada LCD 16x2:

1. Menghubungkan LCD 16x2 dengan ESP32 DEVKIT V1.
2. Menyambungkan kabel USB ke laptop.
3. Menjalankan sourcecode Arduino IDE untuk pengujian LCD 16x2.
4. Mengamati data keluaran yang tampil pada LCD 16x2.

#### 4.1.4 Hasil Pengujian Pengujian LCD 16x2

Pengujian LCD 16x2 merupakan hasil dari sourcecode yang diupload kedalam mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1. Berikut merupakan hasil pengujian LCD dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 4. 1 Hasil Pengujian LCD 16x2 I2C

Dari hasil percobaan pada gambar 4.1 menunjukkan data yang dikirim dari mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1 dapat diterima dengan baik oleh LCD 16x2.

## 4.2 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

### 4.2.1 Tujuan Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian ini bertujuan mengetahui suhu temperatur pada saat susu dipanaskan pada proses pasteurisasi susu.

### 4.2.2 Alat yang digunakan Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Beberapa alat yang digunakan dalam melakukan pengujian sensor suhu DS18B20 adalah sebagai berikut:

1. 1 Buah Laptop
2. 1 Kabel USB
3. 1 Sensor Suhu DS18B20
4. 1 LCD 16x2
5. 1 ESP32 DEVKIT V1

### 4.2.3 Prosedur Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Dibawah ini adalah langkah-langkah percobaan sistem pada Sensor Suhu DS18B20:

1. Menghubungkan Sensor Suhu DS18B20 dan LCD 16x2 pada mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1.
2. Menyambungkan kabel USB ke laptop.
3. Menjalankan sourcecode Arduino IDE untuk pengujian sensor suhu DS18B20 dan LCD 16x2.
4. Meninjau data keluaran yang tampil pada LCD 16x2.

### 4.2.4 Hasil Pengujian Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pada pengujian sensor temperatur DS18B20 yaitu sensor melakukan pembacaan dan menampilkan data keluaran pada LCD 16x2. Satuan suhu yang digunakan dalam pembacaan sensor ini menggunakan satuan celcius. Berikut merupakan hasil pengujian sensor suhu DS18B20 yang ditampilkan pada LCD 16x2:

Tabel 4. 1 Hasil pengujian sensor suhu DS18B20

No	Sensor Suhu DS18B20	Termometer Digital	Selisih Pengukuran	Error
1	28.94	28.40	0.54	1.90%
2	29.75	29.70	0.05	0.16%
3	30.20	30.40	0.20	0.65%
4	35.20	34.20	1.00	2.92%
5	29.60	28.80	0.80	2.78%
6	30.84	30.00	0.84	2.80%
7	29.12	29.80	0.68	2.28%
8	29.12	28.50	0.62	2.17%
9	32.30	32.60	0.30	0.92%
10	31.81	31.10	0.71	2.28%
11	31.81	31.60	0.21	0.66%
12	33.75	33.60	0.15	0.44%
13	37.60	37.10	0.50	1.34%
14	39.80	39.80	0.00	0.00%
15	42.38	42.30	0.08	0.18%
16	44.81	44.10	0.71	1.61%
17	46.80	46.00	0.80	1.74%
18	48.88	48.60	0.28	0.57%
19	52.88	51.80	1.08	2.08%
20	55.19	55.50	0.31	0.55%
21	56.40	56.50	0.10	0.17%
22	58.19	58.10	0.09	0.01%
23	61.38	60.80	0.58	0.95%
24	62.16	62.60	0.44	0.70%



No	Sensor Suhu DS18B20	Termometer Digital	Selisih Pengukuran	Error
25	60.13	60.20	0.07	0.11%
26	59.94	59.80	0.14	0.23%
27	59.69	59.50	0.19	0.31%
28	59.38	58.50	0.88	1.51%
29	59.00	59.50	0.50	0.84%
30	58.75	58.50	0.25	0.42%
Rata-Rata			0.43	0.01%

Dari hasil percobaan DS18B20 dengan termometer memiliki rata-rata selisih sebesar  $0.4367^{\circ}\text{C}$  dan presentase error sebesar 0.01%, dengan adanya percobaan ini sensor DS18B20 dapat digunakan pada sistem pasteurisasi susu.

### 4.3 Pengujian *Flame Sensor*

#### 4.3.1 Tujuan Pengujian *Flame Sensor*

Pengujian selanjutnya merupakan pengujian pada *flame sensor* sebagai pendeteksi pemantik kompor pada sistem pasteurisasi susu. Pengujian ini bertujuan mengetahui apakah *flame sensor* dapat mendeteksi adanya api menggunakan analog output dengan menampilkan data keluaran pada LCD 16x2.

#### 4.3.2 Alat yang digunakan Pengujian *Flame Sensor*

Alat yang digunakan dalam pengujian *Flame Sensor* sebagai berikut:

1. 1 Buah Laptop
2. 1 Kabel USB
3. 1 Flame sensor
4. 1 LCD 16x2
5. 1 ESP32 DEVKIT V1

#### 4.3.3 Prosedur Pengujian *Flame Sensor*

Langkah-langkah dalam percobaan pada *Flame Sensor* sebagai berikut:

1. Menghubungkan flame sensor dan LCD 16x2 pada mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1.
2. Menyambungkan kabel USB ke laptop.

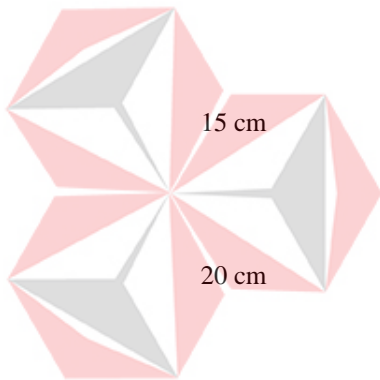
3. Menjalankan sourcecode Arduino IDE untuk pengujian flame sensor dan LCD 16x2.
4. Meninjau data keluaran yang tampil pada LCD 16x2.

#### 4.3.4 Hasil Pengujian Pengujian *Flame Sensor*

Pada pengujian *flame sensor* yaitu flame sensor dapat melakukan pendeteksi keberadaan api pada kompor dan menampilkan data keluaran di LCD 16x2. Berikut merupakan hasil pengujian *flame sensor*:

Tabel 4. 2 Hasil pengujian rentang jarak *flame sensor* dengan api

Jarak	Analog output flame sensor	Keterangan	Presentase Akurasi
10 cm	3823	Terdeteksi	100%
	3547	Terdeteksi	
	3623	Terdeteksi	
	3551	Terdeteksi	
	3509	Terdeteksi	
	3959	Terdeteksi	
15 cm	4071	Tidak Terdeteksi	40%
	4027	Tidak Terdeteksi	
	4079	Tidak Terdeteksi	
	3775	Terdeteksi	
20 cm	3791	Terdeteksi	20%
	4079	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
25 cm	4095	Tidak Terdeteksi	0%
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
30 cm	4095	Tidak Terdeteksi	0%
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
35 cm	4095	Tidak Terdeteksi	0%
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
40 cm	4095	Tidak Terdeteksi	0%
	4095	Tidak Terdeteksi	
45 cm	4095	Tidak Terdeteksi	0%
	4095	Tidak Terdeteksi	



Jarak	Analog output flame sensor	Keterangan	Presentase Akurasi
50 cm	4095	Tidak Terdeteksi	0%
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	
	4095	Tidak Terdeteksi	

Pada tabel diatas disimpulkan bahwa presentase keberhasilan pembacaan untuk *flame sensor* pada rentang jarak 10 cm yaitu sebesar 100%, untuk jarak 15 cm sebesar 40%, jarak 20 cm sebesar 20%, dan pada jarak 25 cm hingga 50 cm mendapatkan presensatse akurasi sebesar 0% dimana dalam rentang jarak tersebut *analog output* pada *flame sensor* tidak mendeteksi adanya api. Pengujian berikutnya dilakukan dengan meletakkan *flame sensor* pada satu tempat dengan rentang jarak yang sama pada setiap percobaan, yaitu 10 cm dari nyala api pada kompor. Untuk data dari percobaan analisis *flame sensor* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Hasil pengujian flame sensor dengan jarak tetap 10 cm

No	Waktu	Jarak	Nilai Analog Output	Keterangan
1	00:01:00	10 cm	3823	Terdeteksi
2	00:02:00	10 cm	3547	Terdeteksi
3	00:03:00	10 cm	3623	Terdeteksi
4	00:04:00	10 cm	3551	Terdeteksi
5	00:05:00	10 cm	3509	Terdeteksi
6	00:06:00	10 cm	3383	Terdeteksi
7	00:07:00	10 cm	3263	Terdeteksi
8	00:08:00	10 cm	3477	Terdeteksi
9	00:09:00	10 cm	3455	Terdeteksi
10	00:10:00	10 cm	3403	Terdeteksi
11	00:11:00	10 cm	3283	Terdeteksi
12	00:12:00	10 cm	3427	Terdeteksi
13	00:13:00	10 cm	3423	Terdeteksi
14	00:14:00	10 cm	3379	Terdeteksi
15	00:15:00	10 cm	3391	Terdeteksi
16	00:16:00	10 cm	3383	Terdeteksi
17	00:17:00	10 cm	3407	Terdeteksi
18	00:18:00	10 cm	3367	Terdeteksi
19	00:19:00	10 cm	3261	Terdeteksi
20	00:20:00	10 cm	3371	Terdeteksi
21	00:21:00	10 cm	3279	Terdeteksi
22	00:22:00	10 cm	3379	Terdeteksi
23	00:23:00	10 cm	3351	Terdeteksi
24	00:24:00	10 cm	3327	Terdeteksi

No	Waktu	Jarak	Nilai Analog Output	Keterangan
25	00:25:00	10 cm	3451	Terdeteksi
26	00:26:00	10 cm	3351	Terdeteksi
27	00:27:00	10 cm	3281	Terdeteksi
28	00:28:00	10 cm	3527	Terdeteksi
29	00:29:00	10 cm	3346	Terdeteksi
30	00:30:00	10 cm	3419	Terdeteksi

Pada tabel diatas disimpulkan bahwa presentase keberhasilan pembacaan untuk *flame sensor* pada rentang jarak tetap 10 cm dari nyala api yaitu sebesar 100%.

#### 4.4 Pengujian Servo MG995

##### 4.4.1 Tujuan Pengujian Servo MG995

Pengujian berikut merupakan pengujian pada motor servo MG995 yang digunakan sebagai aktuator pengatur knob kompor pada sistem pengatur suhu. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah servo MG995 dapat bekerja dengan baik dan benar dimana menampilkan data keluaran pada LCD 16x2.

##### 4.4.2 Alat yang digunakan Pengujian Servo MG995

Alat yang digunakan dalam pengujian servo sebagai berikut:

1. 1 Laptop
2. 1 Kabel USB
3. 1 Buah *Flame sensor*
4. 1 Buah LCD 16x2
5. 1 ESP32 DEVKIT V1
6. 1 Buah Power supply 9V 1A

##### 4.4.3 Prosedur Pengujian Servo MG995

Dibawah ini adalah langkah-langkah percobaan pada Servo MG995:

1. Menghubungkan Servo MG995 dan LCD 16x2 pada mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1.
2. Mengaktifkan power supply 9V 1A.
3. Menyambungkan kabel USB ke laptop.

4. Menjalankan sourcecode Arduino IDE untuk pengujian Servo MG995 dan LCD 16x2.
5. Meninjau data keluaran yang tampil pada LCD 16x2.

#### 4.4.4 Hasil Pengujian Pengujian Servo MG995

Pada pengujian motor servo MG995 dimana servo dapat melakukan pembacaan data dengan baik dan menampilkan data keluaran pada LCD 16x2. Berikut hasil pengujian servo pada gambar dibawah:

Tabel 4. 4 Hasil pengujian Servo MG995 dengan busur derajat

No	Derajat Servo	Busur Derajat	Selisih Pengukuran	Error
1		10.00°	0.00°	0.00%
2		10.00°	0.00°	0.00%
3	10	10.10°	0.10°	0.99%
4		10.00°	0.00°	0.00%
5		10.00°	0.00°	0.00%
6		29.90°	0.10°	0.33%
7		29.00°	1.00°	3.44%
8	30	30.00°	0.00°	0.00%
9		30.00°	0.00°	0.00%
10		30.00°	0.00°	0.00%
11		40.00°	0.00°	0.00%
12		40.00°	0.00°	0.00%
13	40	40.00°	0.00°	0.00%
14		40.00°	0.00°	0.00%
15		40.00°	0.00°	0.00%
16		45.00°	0.00°	0.00%
17		45.10°	0.10°	0.22%
18	45	45.00°	0.00°	0.00%
19		45.00°	0.00°	0.00%
20		45.10°	0.10°	0.22%
21		60.00°	0.00°	0.00%
22		60.00°	0.00°	0.00%
23	60	60.00°	0.00°	0.00%
24		60.00°	0.00°	0.00%
25		60.00°	0.00°	0.00%
26		90.00°	0.00°	0.00%
27		90.00°	0.00°	0.00%
28	90	90.00°	0.00°	0.00%
29		90.00°	0.00°	0.00%
30		90.00°	0.00°	0.00%
Rata-Rata			0.04°	0.17%

Pada tabel diatas disimpulkan hasil rata-rata selisih derajat servo dengan busur derajat adalah sebesar 0,04° dan presentase error sebesar 0.17%. Dengan ini servo

dapat digunakan sebagai aktuator pengatur knob kompor gas pada sistem pasteurisasi susu.

## **4.5 Pengujian Keseluruhan Sistem**

### **4.5.1 Tujuan Pengujian Keseluruhan Sistem**

Pada pengujian ini merupakan tahap pada keseluruhan sistem yang sudah diuji pada Mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1. Pengujian keseluruhan ini adalah untuk mengatur temperatur, sensor api, servo, pemantik elektrik, dan motor pengaduk pada sistem pasteurisasi susu.

### **4.5.2 Alat yang digunakan Pengujian Keseluruhan Sistem**

Berikut adalah beberapa alat yang harus dipersiapkan:

1. 1 Laptop
2. 1 ESP32 DEVKIT V1
3. 1 Sensor Suhu DS18B20
4. 1 *Flame Sensor*
5. 1 Servo MG995
6. 1 LCD 16x2
7. 1 Kabel USBB
8. 1 Power Supply 9V 1A
9. 1 Power Supply 12V
10. 1 Motor DC
11. 1 Pemantik Elektrik
12. 1 Kompor
13. 1 Gas LPG

### **4.5.3 Prosedur Pengujian Keseluruhan Sistem**

Langkah-langkah percobaan keseluruhan sistem adalah seperti berikut:

1. Memasang Sensor Temperatur DS18B20, *Flame Sensor*, Servo MG995, Motor DC, Pemantik Elektrik dengan mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1.

2. Mengaktifkan power supply 9V pada mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1, sambungkan juga power supply 12V di motor DC.
3. Menyambungkan kabel downloader ke Laptop.
4. Mengunduh program pengujian alat ke dalam mikrokontroler.
5. Mengamati data yang tampil pada LCD 16x2.

#### 4.5.4 Metode Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian pasteurisasi susu ini menggunakan metode *Low Temperature Long Time* dimana metode pasteurisasi ini membutuhkan suhu  $62^{\circ}$  selama 30 menit pada saat proses pasteurisasi berlangsung. Dari nilai suhu tersebut dapat mengetahui respon yang dihasilkan dari servo untuk mencapai titik stabil dengan menggunakan nilai Kp, Ki, dan Kd yang sudah diperoleh dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols 2.

#### 4.5.5 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Dalam pengujian ini merupakan percobaan untuk menguji kepastian *flame sensor* dapat mengambil keputusan yang tepat dengan aktuator pemantik elektrik serta servo ketika suhu telah mencapai *setpoint* yaitu  $62^{\circ}$  dan bila dibawah *setpoint* yaitu  $61^{\circ}$ .

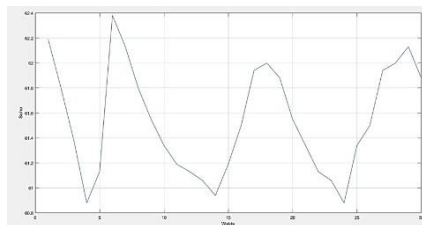
Tabel 4. 5 Hasil pengujian keseluruhan sistem

No	Suhu	Analog output <i>flame sensor</i>	Kondisi pemantik elektrik	Kondisi kompor	Derajat servo
1	62.19	4095	Tidak Memantik	Padam	$0^{\circ}$
2	61.80	4095	Tidak Memantik	Padam	$0^{\circ}$
3	61.38	4095	Tidak Memantik	Padam	$0^{\circ}$
4	60.88	3527	Memantik	Menyala	$90^{\circ}$
5	61.13	3875	Tidak Memantik	Menyala	$90^{\circ}$
6	62.38	4095	Tidak Memantik	Padam	$0^{\circ}$
7	62.13	4095	Tidak Memantik	Padam	$0^{\circ}$
8	61.80	4095	Tidak Memantik	Padam	$0^{\circ}$
9	61.55	4095	Tidak Memantik	Padam	$0^{\circ}$
10	61.34	4095	Tidak Memantik	Padam	$0^{\circ}$
11	61.19	4095	Tidak Memantik	Padam	$0^{\circ}$
12	61.13	4095	Tidak Memantik	Padam	$0^{\circ}$
13	61.06	4095	Tidak Memantik	Padam	$0^{\circ}$
14	60.94	4095	Memantik	Menyala	$90^{\circ}$
15	61.19	3356	Tidak Memantik	Menyala	$90^{\circ}$
16	61.50	3419	Tidak Memantik	Menyala	$90^{\circ}$

No	Suhu	Analog output flame sensor	Kondisi pemantik elektrik	Kondisi kompor	Derajat servo
17	61.94	3650	Tidak Memantik	Menyala	90°
18	62.00	4095	Tidak Memantik	Padam	0°
19	61.88	4095	Tidak Memantik	Padam	0°
20	61.55	4095	Tidak Memantik	Padam	0°
21	61.34	4095	Tidak Memantik	Padam	0°
22	61.13	4095	Tidak Memantik	Padam	0°
23	61.06	4095	Tidak Memantik	Padam	0°
24	60.88	4095	Memantik	Menyala	90°
25	61.34	3231	Tidak Memantik	Menyala	90°
26	61.50	3547	Tidak Memantik	Menyala	90°
27	61.94	3854	Tidak Memantik	Menyala	90°
28	62.00	4095	Tidak Memantik	Padam	0°
29	62.13	4095	Tidak Memantik	Padam	0°
30	61.88	3991	Tidak Memantik	Padam	0°

Pada tabel diatas disimpulkan bahwa ketika suhu telah mencapai *setpoint* yang diinginkan yaitu sebesar 62°, maka pemantik elektrik tidak melakukan aksi menyalakan kompor dan servo berputar ke 0° untuk mematikan kompor, proses tersebut terus terjadi hingga telah mencapai ambang batas suhu yang telah diatur yaitu kurang dari 61°, sehingga pemantik elektrik menyala dan servo berputar 90° untuk menyalakan kompor. Dalam keseluruhan proses tersebut berulang selama 30 menit hingga proses pasteurisasi selesai.

Pengambilan data dilakukan setiap satu menit sekali untuk mengambil nilai suhu pada saat sistem pasteurisasi berjalan. Berikut merupakan hasil plot data nilai temperatur selama 30 menit menggunakan matlab, ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4. 2 Hasil plotting data nilai suhu selama proses pasteurisasi 30 menit



Dari percobaan selama 30 menit diperoleh nilai rise time sebesar 0.38 menit, overshoot sebesar 0.61%, settling min sebesar 60.88, dan settling max sebesar 62.38. dapat dilihat pada gambar berikut:

```
RiseTime: 0.3897
SettlingTime: NaN
SettlingMin: 60.8800
SettlingMax: 62.3800
Overshoot: 0.6129
Undershoot: 0
Peak: 62.3800
PeakTime: 6
```

Gambar 4. 3 Hasil perolehan nilai pada sistem kendali pasteurisasi pada Matlab



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian Kendali Temperatur dan Pemantik untuk Pengendali Nyala Api Pada Sistem Pasteurisasi yang dirancang Tugas Akhir ini, terdapat beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pengujian sensor suhu DS18B20 didapatkan rata-rata selisih pengukuran adalah sebesar  $0.43^{\circ}\text{C}$  dan rata-rata presentase error sebesar 0.01%.
2. Pengujian menyalakan kompor menggunakan pemantik elektrik dengan *flame sensor* digunakan *analog output* untuk mengetahui nilai threshold yang diberikan dalam kurang dari 4000 untuk mendeteksi api pada jarak tetap 10 CM untuk memastikan nyala kompor dengan presentase keberhasilan sebesar 100%.
3. Pada pengujian kepastian *flame sensor* dapat disimpulkan ketika suhu telah mencapai *setpoint* yang diinginkan yaitu sebesar  $62^{\circ}$ , maka pemantik elektrik tidak melakukan aksi menyalakan kompor dan servo berputar ke  $0^{\circ}$  untuk mematikan kompor, proses tersebut terus terjadi hingga telah mencapai ambang batas suhu yang telah diatur yaitu kurang dari  $61^{\circ}$ , sehingga pemantik elektrik menyala dan servo berputar  $90^{\circ}$  untuk menyalakan kompor. Dalam keseluruhan proses tersebut berulang selama 30 menit hingga proses pasteurisasi selesai.

### 5.2 Saran

Adapun saran lebih lanjut pada pengerjaan Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Pemasangan sensor MQ sebagai keamanan gas pada kompor untuk mencegah kebocoran.
2. Menambahkan fitur *Internet of Things* agar dapat dipantau melalui *wireless*.
3. Menambahkan tombol *reset* yang digunakan untuk menjalankan kembali aktivitas alat pasteurisasi susu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, d. K., 2020. *Manfaat Minum Susu sebagai Cara Hidup Sehat*. [Online]  
Available at: <https://www.alodokter.com/manfaat-minum-susu-sebagai-cara-hidup-sehat>  
[Accessed 8 September 2022].
- Ajie, 2016. *MENANGANI SENSOR API (FLAME DETECTOR) DENGAN ARDUINO*. [Online]  
Available at: <http://saptaji.com/2016/08/11/menangani-sensor-api-flame-detector-dengan-arduino/>  
[Accessed 28 July 2022].
- Aldisa, R. T., Karel, F. N. & Aldinugroho, M., 2022. Sistem Peringatan Dini Kebakaran Dengan Flame Sensor dan Arduino. *MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, Volume 6, p. 6.
- Ardutech, 2019. *Arduino Sensor Suhu DS18B20*. [Online]  
Available at: <https://www.ardutech.com/arduino-sensor-suhu-ds18b20/>  
[Accessed 6 September 2022].
- Ardutech, 2020. *Mengenal ESP32 Development Kit untuk IoT (Internet of Things)*. [Online]  
Available at: <https://www.ardutech.com/mengenal-esp32-development-kit-untuk-iot-internet-of-things/>  
[Accessed 6 September 2022].
- Badi, 2022. *Motor DC : Pengertian, Fungsi, Prinsip Kerja, Jenis Bagian*. [Online]  
Available at: <https://thecityfoundry.com/motor-dc/>  
[Accessed 6 September 2022].
- Elektro, 2021. *Menggunakan Sensor Suhu DS18B20 pada Arduino*. [Online]  
Available at: <https://elektro.uma.ac.id/2021/03/10/10780/>  
[Accessed 6 September 2022].
- Kho, D., n.d. *Pengertian Relay dan Fungsinya*. [Online]  
Available at: <https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>  
[Accessed 6 September 2022].
- Mulachela, H., 2022. *Pasteurisasi Adalah Proses Pemanasan Makanan, Ini Jenis dan Manfaatnya*. [Online]  
Available at: <https://katadata.co.id/intan/berita/620b68aad3906/pasteurisasi-adalah-proses-pemanasan-makanan-ini-jenis-dan-manfaatnya#:~:text=dilindungi%20Undang%20Undang,->

.Pasteurisasi%20Adalah%20Proses%20Pemanasan%20Makanan%2C%20Ini%20Jenis%20dan%20Manfaatnya,akibat%  
[Accessed 12 September 2022].

Nikiuluw, R., J. & H., 2018. Kendali Suhu Menggunakan Fuzzy Logic Untuk Sistem Pasteurisasi Susu.

Nurdian, W., 2019. *Arduino IDE, Pengertian dan istilah yang sering digunakan*. [Online]  
Available at: <https://www.idebebas.com/arduino-ide/>  
[Accessed 6 September 2022].

Nyebarilmu, 2017. *Tutorial Arduino mengakses Sensor Flame*. [Online]  
Available at: <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-sensor-flame/>  
[Accessed 6 September 2022].

Prastyo, E. A., 2020. *Sensor Suhu DS18B20*. [Online]  
Available at: <https://www.edukasielektronika.com/2020/09/sensor-suhu-ds18b20.html>  
[Accessed 6 September 2022].

randomnerdtutorials.com, 2018. *ESP32 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use?*. [Online]  
Available at: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>  
[Accessed 6 September 2022].

Schneider, 2019. *Apa itu Servo Motor dan Kegunaannya ?*. [Online]  
Available at: <https://www.se.com/id/id/faqs/FA374507/>  
[Accessed 6 September 2022].

Tafifah, E., 2021. *Mengenal Perangkat Lunak Arduino IDE*. [Online]  
Available at: <https://www.kmtech.id/post/mengenal-perangkat-lunak-arduino-ide>  
[Accessed 6 September 2022].

Triwidyastuti, Y., Nizar, M., H. & J., 2019. PENGENDALI SUHU PADA PROSES PASTEURISASI SUSU DENGAN. *Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Volume 6, p. 8.

Tungga dewi, Z. I., 2020. *Kontrol PID (Proportional Integral Derivative Controller)*. [Online]  
Available at: <https://imeldaazahraa.medium.com/kontrol-pid-proportional-integral-derivative-controller-c173086724af>  
[Accessed 12 September 2022].

Update, I., 2022. *PID Controller untuk Arduino*. [Online]  
Available at: <https://indobot.co.id/blog/pid-controller-untuk-arduino/>  
[Accessed 27 July 2022].

Wang, L., 2020. *Basics of PID Control*. RMIT University, Melbourne: ResearchGate.

wikielektronika, 2022. *Pengertian dan Cara Kerja Motor Servo*. [Online]  
Available at: <https://wikielektronika.com/pengertian-dan-cara-kerja-motor-servo/2/>  
[Accessed 6 September 2022].



UNIVERSITAS  
**Dinamika**