



**RANCANG BANGUN PENDINGIN SUSU HASIL PASTEURISASI  
MENGUNAKAN METODE *WATER COOLING SYSTEM***



**Oleh:**

**GITA ADI PUTRANTO**

**16.41020.0005**

---

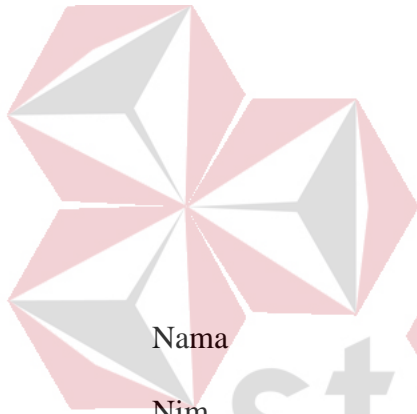
**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA  
INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA  
2019**

**RANCANG BANGUN PENDINGIN SUSU HASIL PASTEURISASI  
MENGUNAKAN METODE *WATER COOLING SYSTEM***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan

Program Sarjana Komputer

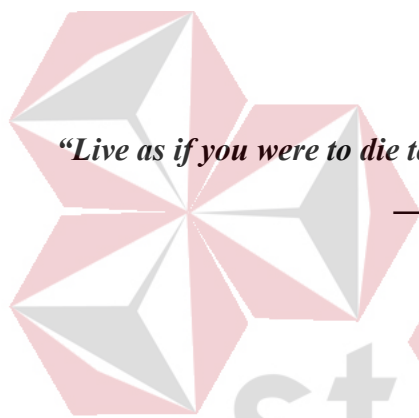


**Disusun Oleh :**

Nama : Gita Adi Putranto  
Nim : 16.41020.0005  
Program : S1 (Strata Satu)  
Jurusan : Sistem Komputer

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA  
INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA**

**2019**



*“Live as if you were to die tomorrow. Learn as if you were to live forever.”*

— Mahatma Gandhi —

INSTITUT BISNIS  
DAN INFORMATIKA

stikom  
SURABAYA

*Semua ini saya persembahkan kepada*

*Allah SWT*

*Ayah, Ibu, Saudara dan seluruh keluarga yang selalu mendukung dan memberi  
masukannya setiap saat.*

*Semua teman - teman yang selalu memberikan semangat, motivasi dan  
bantuan.*

INSTITUT BISNIS  
DAN INFORMATIKA  
stikom  
SURABAYA

## TUGAS AKHIR

### RANCANG BANGUN PENDINGIN SUSU HASIL PASTEURISASI MENGUNAKAN METODE *WATER COOLING SYSTEM*

Dipersiapkan dan disusun oleh  
**Gita Adi Putranto**  
**NIM : 16.41020.0005**

Telah diperiksa, diuji dan disetujui oleh Dewan Penguji

Pada : Januari 2019

#### Susunan Dewan Penguji

Pembimbing

**I. Harianto, S.Kom., M.Eng.**

NIDN. 0722087701

**II. Yosefine Triwidyastuti, M.T.**

NIDN. 0729038504

Pembahas

**I. Weny Indah Kusumawati, S.Kom., M.MT.**

NIDN. 0721047201



Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana



1/2/19

**Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika**

**INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA**

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

Sebagai mahasiswa Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, saya :

Nama : Gita Adi Putranto  
NIM : 16410200005  
Program Studi : S1 Sistem Komputer  
Fakultas : Fakultas Teknologi dan Informatika  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : **RANCANG BANGUN PENDINGIN SUSU HASIL PASTEURISASI  
MENGUNAKAN METODE WATER COOLING SYSTEM**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Seni, saya menyetujui memberikan kepada Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalti Free Right*) atas seluruh isi/ sebagian karya ilmiah saya tersebut di atas 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 di atas adalah karya asli saya, bukan plagiat baik sebagian maupun keseluruhan. Kutipan, karya atau pendapat orang lain yang ada dalam karya ilmiah ini adalah semata hanya rujukan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka saya
3. Apabila dikemudian hari ditemukan dan terbukti terdapat tindakan plagiat pada karya ilmiah ini, maka saya bersedia untuk menerima pencabutan terhadap gelar keserjanaan yang telah diberikan kepada saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, Januari 2019

Yang menyatakan



Gita Adi Putranto  
NIM 16.41020.0005

## ABSTRAK

Susu di negara Indonesia merupakan salah satu sumber protein hewani yang memiliki peran cukup besar. Pasteurisasi terbagi menjadi 3 yaitu LTLT (Low Temperature Long Time), HTST (High Temperature Short Time) dan UHT (Ultra High Temperature). Berdasarkan SNI 19-1502-1989 susu pasteurisasi dapat mengalami proses pemanasan pada suhu  $63^{\circ}\text{C}$ - $66^{\circ}\text{C}$  selama minimum 30 menit (LTLT) atau pada pemanasan  $72^{\circ}\text{C}$  selama minimum 15 detik (HTST). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pendingin susu hasil pasteurisasi menggunakan metode water cooling system secara otomatis untuk mengurangi campur tangan manusia dalam proses produksi.

Pada karya Tugas Akhir sebelumnya (Bachtiar, 2018) yang berjudul Kendali Temperatur Menggunakan PID untuk Sistem Pasteurisasi Susu dan (Nikiuluw, 2018) yang berjudul Kendali Suhu Menggunakan Fuzzy Logic Untuk Sistem Pasteurisasi Susu tidak memiliki sistem pendinginan yang terpadu. Proses pendinginan susu masih dilakukan dengan cara manual (dibiarkan pada suhu ruangan).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa data waktu yang dibutuhkan untuk proses pendinginan susu sampai sesuai dengan suhu ruangan  $32.5^{\circ}\text{C}$  dan tanpa mendapatkan perlakuan apapun adalah 7 jam 20 menit. Durasi rata-rata waktu pendinginan menggunakan alat adalah 1 jam 25 menit.

Kata Kunci : Pasteurisasi Susu, Pendinginan, Sensor DS18B20, *Water Cooling System*

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir pada Program Studi S1 Sistem Komputer di Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya.

Laporan Tugas Akhir ini berisi tentang pembahasan mengenai pembuatan Rancang Bangun Pendingin Susu Hasil Pasteurisasi Menggunakan Metode Water Cooling System. Penulis menyadari terdapat banyak kekurangan dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi seluruh pembaca. Saran dan kritik sangat diharapkan untuk pembelajaran di waktu yang akan datang.

Dalam usaha menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Allah SWT, karena rahmat dan karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua, Saudara, dan Seluruh Keluarga tercinta yang selalu memberi dukungan serta motivasi.
3. Bapak Dr. Jusak selaku Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika (FTI) Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya yang telah membantu proses penyelesaian Tugas Akhir ini.



4. Bapak Pauladie Susanto, S.Kom., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Sistem Komputer Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya yang telah memberikan ijin kepada penulis untuk mengerjakan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Harianto, S.Kom., M.Eng. dan Ibu Yosefine Triwidyastuti, M.T., selaku Dosen Pembimbing. Terima kasih atas bimbingan yang diberikan sehingga penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
6. Ibu Weny Indah Kusumawati, S.Kom., M.MT., selaku Dosen Penguji yang telah memberi masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh dosen dan staf Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya yang telah mengajar dan membagikan ilmunya.
8. Seluruh anggota keluarga S1 Sistem Komputer yang selalu memberikan semangat, arahan, pengalaman, serta segala bentuk dukungan yang diberikan.
9. Serta Piping Prabawati, yang selalu memberikan semangat, motivasi dan pemikiran yang luar biasa kepada penulis.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu pada kesempatan ini yang telah memberikan segala bantuan.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan imbalan yang setimpal atas segala bantuan yang telah diberikan. Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki kekurangan dan berusaha untuk lebih baik lagi.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan .....	4
1.5. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	6
2.1. Metode Pasteurisasi Susu .....	6
2.1.1. Jenis Mikroba Pada Susu .....	7
2.1.2. Proses Pendinginan Suhu Susu .....	9
2.2. Sistem Pendinginan Mesin .....	10
2.3. PID (Proportional Integral Derivatif) .....	14
2.3.1. Pengontrol Proporsional (P) .....	14
2.3.2. Pengontrol Integral (I) .....	15
2.3.3. Pengontrol Derivatif (D) .....	15
2.4. Sensor Suhu DS18B20 .....	16
2.5. Arduino UNO .....	17

2.6. LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ).....	20
2.7. Pompa Air Motor DC .....	21
2.8. Relay.....	23
2.9. <i>Solenoid Valve</i> .....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
3.1. Rancangan Penelitian .....	26
3.2. Studi Literatur.....	26
3.3. Perancangan Perangkat Lunak .....	26
3.3.1. Perancangan Sistem Kendali .....	26
3.3.2. PID (Proportional Integral Derivatif).....	28
3.3.3. Menentukan Nilai Kp, Ki, dan Kd .....	31
3.3.4. Pembacaan Sensor Suhu DS18B20.....	32
3.4. Perancangan Perangkat Keras dan Mekanik .....	33
3.4.1. Perancangan Rangkaian Elektronika.....	33
3.4.2. Perancangan Sensor Suhu DS18B20.....	35
3.4.3. Perancangan LCD.....	36
3.4.4. Perancangan Relay pada Arduino UNO .....	37
3.4.5. Perancangan Relay pada Beberapa Komponen.....	38
3.4.6. Perancangan Mekanik Alat .....	39
3.4.7. Ukuran Dimensi Alat Pendingin Susu .....	45
3.4.8. Struktur Material Alat Pendingin Susu .....	45
3.5. Pengujian Mekanik dan Sistem Kendali.....	46
3.5.1. Pengujian Arduino UNO.....	47
3.5.2. Pengujian Sensor Suhu DS18B20 .....	47

3.5.3. Pengujian <i>Solenoid Valve</i> .....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	49
4.1. Pengujian Arduino UNO .....	49
4.1.1. Tujuan Pengujian Arduino UNO.....	49
4.1.2. Alat yang Digunakan untuk Pengujian Arduino UNO.....	49
4.1.3. Prosedur Pengujian Arduino UNO.....	49
4.1.4. Hasil Pengujian Arduino UNO .....	51
4.2. Pengujian Sensor Suhu DS18B20 .....	52
4.2.1. Tujuan Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	52
4.2.2. Alat yang Digunakan untuk Pengujian Sensor DS18B20..	52
4.2.3. Prosedur Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	52
4.2.4. Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	53
4.3. Pengujian LCD 16x2 .....	54
4.3.1. Tujuan Pengujian LCD 16x2.....	54
4.3.2. Alat yang Digunakan untuk Pengujian LCD 16x2.....	54
4.3.3. Prosedur Pengujian LCD 16x2.....	54
4.3.4. Hasil Pengujian LCD 16x2 .....	55
4.4. Pengujian Pompa Air.....	56
4.4.1. Tujuan Pengujian Pompa Air .....	56
4.4.2. Alat yang Digunakan untuk Pengujian Pompa Air .....	56
4.4.3. Prosedur Pengujian Pompa Air .....	56
4.4.4. Hasil Pengujian Pompa Air .....	57
4.5. Pengujian <i>Solenoid Valve</i> .....	57
4.5.1. Tujuan Pengujian <i>Solenoid Valve</i> .....	57

4.5.2. Alat yang Digunakan untuk Pengujian <i>Solenoid Valve</i> .....	57
4.5.3. Prosedur Pengujian <i>Solenoid Valve</i> .....	58
4.5.4. Hasil Pengujian <i>Solenoid Valve</i> .....	58
4.6. Pengujian Relay 4 Channel .....	60
4.6.1 Tujuan Pengujian Relay 4 Channel .....	60
4.6.2 Alat yang Digunakan untuk Pengujian Relay 4 Channel...	60
4.6.3 Prosedur Pengujian Relay 4 Channel .....	60
4.6.4 Hasil Pengujian Relay 4 Channel.....	61
4.7. Pengujian Otomatisasi Sistem .....	61
4.7.1. Tujuan Pengujian Otomatisasi Sistem.....	61
4.7.2. Alat yang Digunakan untuk Pengujian Otomatisasi Sistem	61
4.7.3. Prosedur Pengujian Otomatisasi Sistem.....	62
4.7.4. Hasil Pengujian Otomatisasi Sistem .....	63
BAB V PENUTUP.....	69
5.1. Kesimpulan.....	69
5.2. Saran .....	70
DAFTAR PUSTAKA .....	71
LAMPIRAN I .....	73
LAMPIRAN II .....	76
BIODATA.....	78

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Segelas Susu Sapi Segar.....	6
Gambar 2. 2 Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> ( <i>S. aureus</i> ).....	8
Gambar 2. 3 Bakteri <i>Salmonella sp.</i> .....	8
Gambar 2. 4 Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	9
Gambar 2. 5 Susu Sapi Segar Kemasan Plastik .....	10
Gambar 2. 6 Sistem Pendingin pada Mesin .....	11
Gambar 2. 7 Blok Diagram PID.....	14
Gambar 2. 8 Sensor Suhu DS18B20 .....	16
Gambar 2. 9 Konfigurasi Pin Sensor Suhu DS18B20 .....	17
Gambar 2. 10 Mikrokontroler Arduino UNO .....	18
Gambar 2. 11 Konfigurasi Pin Arduino UNO .....	19
Gambar 2. 12 LCD 16x2.....	21
Gambar 2. 13 Pompa Air .....	22
Gambar 2. 14 Motor DC di dalam Pompa Air.....	22
Gambar 2. 15 Modul Relay .....	23
Gambar 2. 16 <i>Solenoid Valve</i> .....	24
Gambar 3. 1 Diagram Perencanaan Sistem Kendali .....	27
Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem PID.....	28
Gambar 3. 3 Diagram Blok PID.....	29
Gambar 3. 4 Flowchart Kontrol PID .....	30
Gambar 3. 5 Rangkaian Sistem Kendali .....	34
Gambar 3. 6 Rangkaian Sensor Suhu DS18B20 .....	35

Gambar 3. 7 Rangkaian LCD .....	36
Gambar 3. 8 Rangkaian Relay 4 Channel pada Arduino UNO.....	37
Gambar 3. 9 Rangkaian Relay 4 Channel pada Beberapa Komponen.....	38
Gambar 3. 10 Proses pengolahan susu .....	39
Gambar 3. 11 Rancangan Mekanik Tampak Atas .....	40
Gambar 3. 12 Rancangan Mekanik Tampak Bawah.....	41
Gambar 3. 13 Rancangan Mekanik Pengaduk Susu .....	42
Gambar 3. 14 Diagram Proses Pendinginan Susu.....	42
Gambar 3. 15 Rancang Bangun Alat Pendingin Susu Tampak Depan .....	44
Gambar 3. 16 Rancang Bangun Alat Pendingin Susu Tampak Samping .....	44
Gambar 4. 1 Tampilan Berhasil Mengunggah Program ke dalam Arduino Uno..	51
Gambar 4. 2 Tampilan pada <i>Serial Monitor</i> .....	51
Gambar 4. 3 Pengujian Sensor Suhu DS18B20 .....	53
Gambar 4. 4 Hasil Pengujian LCD .....	55
Gambar 4. 5 Hasil Pengujian Pompa Air.....	57
Gambar 4. 6 Tampilan Serial Monitor Hasil Pengujian <i>Solenoid Valve</i> .....	59
Gambar 4. 7 Tampilan Serial Monitor Hasil Pengujian Relay 4 Channel .....	61
Gambar 4. 8 Berhasil Mengunggah Program Otomatisasi ke dalam Arduino.....	63
Gambar 4. 9 Hasil Pengujian Pendinginan Tanpa Alat.....	64
Gambar 4. 10 Hasil Pengujian Pendinginan Tanpa Metode PID.....	65
Gambar 4. 11 Hasil Pengujian Pendinginan dengan Metode PID .....	66
Gambar 4. 12 Hasil Perbandingan Proses Pengujian Pendinginan .....	67

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Hasil Pengujian Nilai PID.....	31
Tabel 3. 2 Arah Kabel Rangkaian Sensor Suhu DS18B20 .....	35
Tabel 3. 3 Arah Kabel Rangkaian LCD .....	36
Tabel 3. 4 Arah Kabel Rangkaian Relay 4 Channel pada Arduino UNO.....	37
Tabel 3. 5 Arah Kabel Rangkaian Relay 4 Channel Beberapa Komponen .....	38
Tabel 4. 1 Hasil Percobaan Sensor Suhu DS18B20.....	53
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian <i>Solenoid Valve</i> untuk Mengalirkan Susu.....	59





# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Semakin hari perkembangan teknologi informasi dan elektronik melaju semakin pesat. Menurut Soesatyo pada artikel detik.com (2018) Revolusi Industri Pertama diawali dengan mekanisasi produksi menggunakan mesin tenaga air dan uap. Kemudian Revolusi Industri Kedua ditandai dengan adanya tenaga listrik yang memungkinkan proses produksi lebih mudah dan banyak dalam waktu singkat. Perkembangan yang sangat pesat mewujudkan otomatisasi produksi pada Revolusi Industri Ketiga karena dukungan industri elektronik dan teknologi informasi. Semua perubahan itu mendorong manusia untuk beradaptasi, perlahan merubah perilaku keseharian dan pada akhirnya memunculkan jenis pekerjaan baru yang menuntut keterampilan baru. Otomasi industri adalah salah satu cara yang digunakan oleh pelaku industri untuk memperkecil biaya produksi dan meningkatkan kualitas serta kuantitas produksi.

Susu adalah salah satu bahan pangan penting yang mengandung banyak zat gizi. Di Indonesia susu merupakan salah satu sumber protein hewani yang memiliki peran cukup besar. Susu merupakan elemen penting penyeimbang program 4 Sehat 5 Sempurna yang sudah dipopulerkan sejak tahun 1950. Terdapat banyak nutrisi penting pada susu yaitu protein, karbohidrat, kalori, lemak, kalsium, fosfor, zat besi, vitamin, dan air. Pada kehidupan sehari-hari masyarakat modern saat ini susu maupun produk olahan susu sangat mudah ditemukan.

Pada kondisi alami, susu mengandung mikroorganisme kurang dari  $5 \times 10^3$  per mililiter jika diperah dengan cara yang benar dan bersumber dari sapi yang sehat. Susu yang baik berbau khas susu segar dan bebas dari bau asing, misalnya asam, pahit atau obat-obatan. Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2011 mensyaratkan bahwa mutu susu segar memiliki berat jenis minimal 1,0270 g/ml pada suhu 27,5 derajat Celcius, tidak berubah warna, bau, rasa, kekentalan, dan uji alkohol negatif. Kandungan nutrisi yang terdiri dari protein, glukosa, garam mineral, vitamin dan pH sekitar 6,80 menyebabkan mikroorganisme mudah tumbuh dan berkembang pada susu (Widodo, 2018).

Pencegahan kontaminasi bakteri pada susu dapat dilakukan dengan memperbaiki proses penerimaan bahan baku penanganan, pemrosesan, dan meminimalkan sentuhan tangan manusia. Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk mencegah kerusakan pada susu adalah dengan cara pasteurisasi. Pasteurisasi adalah sebuah proses pemanasan makanan dengan tujuan membunuh organisme merugikan seperti bakteri, protozoa, kapang, dan khamir dan suatu proses untuk memperlambatkan pertumbuhan mikroba pada makanan. Proses ini diberi nama atas penemunya Louis Pasteur seorang ilmuwan Perancis.

Pada umumnya pasteurisasi terbagi menjadi 3 yaitu LTLT (*Low Temperature Long Time*), HTST (*High Temperature Short Time*) dan UHT (*Ultra High Temperature*). Berdasarkan SNI 19-1502-1989 susu pasteurisasi dapat mengalami proses pemanasan pada suhu 63°C-66°C selama minimum 30 menit (LTLT) atau pada pemanasan 72°C selama minimum 15 detik (HTST).

Pada karya Tugas Akhir sebelumnya (Bachtiar, 2018) yang berjudul Kendali Temperatur Menggunakan PID Untuk Sistem Pasteurisasi Susu dan

(Nikiuluw, 2018) yang berjudul Kendali Suhu Menggunakan *Fuzzy Logic* Untuk Sistem Pasteurisasi Susu tidak memiliki sistem pendinginan yang terpadu. Proses pendinginan susu masih dilakukan dengan cara manual (dibiarkan pada suhu ruangan). Penulis memiliki gagasan untuk membuat suatu alat agar mengurangi campur tangan manusia dalam proses penurunan suhu susu hasil pasteurisasi sebelum pengemasan. Alat pendingin susu hasil pasteurisasi ini diharapkan mampu mempercepat proses pengolahan susu dan dapat dilakukan secara otomatis.

### 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem pendingin susu hasil pasteurisasi menggunakan metode *water cooling system* secara otomatis untuk mengurangi campur tangan manusia dalam proses produksi.
2. Bagaimana pengaruh penerapan PID dalam mengontrol kecepatan sirkulasi air pendingin.

### 1.3. Batasan Masalah

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini terdapat beberapa batasan masalah, diantaranya adalah:

1. Bahan baku susu berasal langsung dari proses pasteurisasi yang telah selesai.
2. Digunakan untuk kapasitas usaha kecil dan menengah.
3. Tidak termasuk proses pengemasan susu.
4. Menggunakan air biasa untuk media pendingin.
5. Menggunakan sensor DS18B20 sebagai pemantau suhu pada susu.
6. Sistem kontrol menggunakan Arduino UNO.

#### 1.4. Tujuan

Membuat alat bantu proses pendinginan susu hasil pasteurisasi secara otomatis untuk mengurangi campur tangan manusia dan mengimplementasikan metode *water cooling system* pada proses penurunan suhu.

#### 1.5. Sistematika Penulisan

##### **BAB I            PENDAHULUAN**

Pada bab ini dijelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dari penelitian ini, dan sistematika penulisan Tugas Akhir.

##### **BAB II           LANDASAN TEORI**

Pada bab ini membahas teori penunjang baik secara metode, *software* dan *hardware* secara singkat sebagai acuan pada penelitian Tugas Akhir.

##### **BAB III          METODE PENELITIAN**

Pada bab ini dibahas tentang tahapan dalam pembuatan rancangan perangkat dengan menggabungkan *hardware* dan *software*, metode *water cooling system*, rancangan mekanik dan *rule-rule* sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan.

##### **BAB IV          HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang pengujian sistem otomatisasi yang meliputi pengujian terhadap *hardware*, *software*, kinerja *water cooling system* dan terintegrasi dengan mikrokontroler.

## **BAB V        PENUTUP**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran sebagai pengembangan penelitian di waktu yang akan datang.

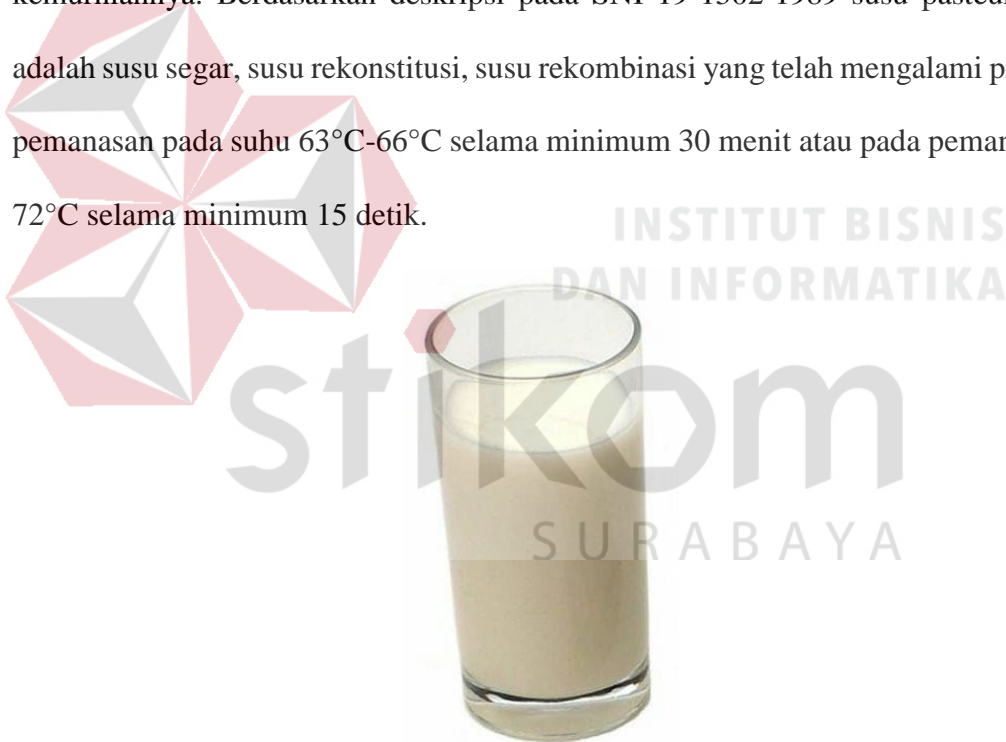


## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Metode Pasteurisasi Susu

Menurut SNI 01-3141-1998 Susu segar adalah cairan yang berasal dari ambung sapi sehat dan bersih, yang diperoleh dengan cara pemerahan yang benar, kandungan alaminya tidak dikurangi atau ditambah sesuatu apapun dan belum mendapat perlakuan apapun kecuali proses pendinginan tanpa mempengaruhi kadar kemurniannya. Berdasarkan deskripsi pada SNI 19-1502-1989 susu pasteurisasi adalah susu segar, susu rekonstitusi, susu rekombinasi yang telah mengalami proses pemanasan pada suhu  $63^{\circ}\text{C}$ - $66^{\circ}\text{C}$  selama minimum 30 menit atau pada pemanasan  $72^{\circ}\text{C}$  selama minimum 15 detik.



Gambar 2. 1 Segelas Susu Sapi Segar

Pasteurisasi (Wardana, 2012) bertujuan untuk mengurangi mikroorganisme patogen yang ada dalam bahan baku tersebut, yang dapat menimbulkan penyakit pada manusia, misalnya *Mycobacterium tuberculosis* dan *Coxiella burnetii*. Selain itu, proses ini juga dapat menon-aktifkan enzim fosfatase dan katalase yaitu enzim

yang membuat susu cepat rusak. Setelah pasteurisasi diharapkan sekitar 99% dari seluruh mikroorganisme telah terbunuh. Dengan demikian susu pasteurisasi akan aman untuk dikonsumsi dan daya simpannya lebih panjang.

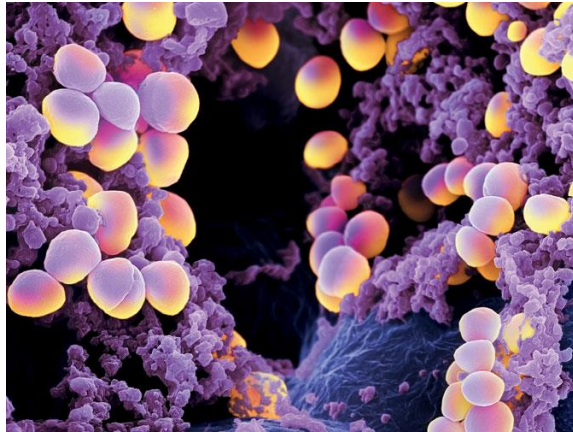
Metode Pasteurisasi yang umum digunakan adalah:

1. Pasteurisasi dengan suhu tinggi dan waktu singkat (*High Temperature Short Time/HTST*), yaitu proses pemanasan susu selama 15 – 16 detik pada suhu 71,7 – 75°C dengan alat *Plate Heat Exchanger*.
2. Pasteurisasi dengan suhu rendah dan waktu lama (*Low Temperature Long Time/LTLT*) yakni proses pemanasan susu pada suhu 61°C selama 30 menit.
3. Pasteurisasi dengan suhu sangat tinggi (*Ultra High Temperature*) yaitu memanaskan susu pada suhu 131°C selama 0,5 detik. Pemanasan dilakukan dengan tekanan tinggi untuk menghasilkan perputaran dan mencegah terjadinya pembakaran susu pada alat pemanas.

#### **2.1.1. Jenis Mikroba Pada Susu**

##### *a. Staphylococcus aureus*

Salah satu bakteri penyebab keracunan setelah minum susu adalah *S. aureus*. Di beberapa negara di Eropa, seperti Norwegia, *S. aureus* merupakan salah satu bakteri penyebab keracunan setelah minum susu (Jorgensen et al. 2005).

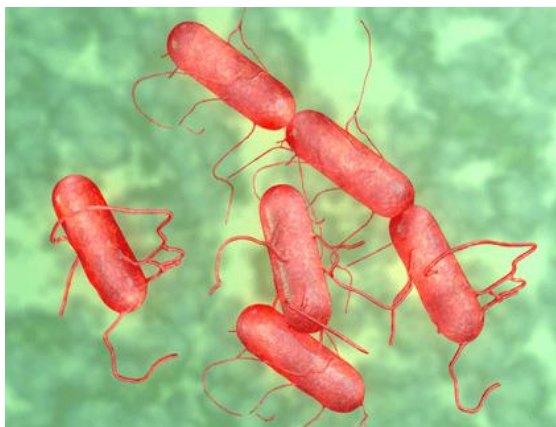


Gambar 2. 2 Bakteri *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)

Sumber-sumber *S. aureus* terdapat di sekitar kita, yaitu bagian permukaan kulit, mukosa mulut, hidung, dan kulit kepala. *S. aureus* menghasilkan enterotoksin yang menyebabkan mual, muntah, dan diare dan kasus tersebut disebut intoksikasi. Pemeriksaan *S. aureus* dapat menggunakan metode isolasi dilanjutkan uji koaglutinasi plasma kelinci (AOAC, 1996).

b. *Salmonella sp.*

*Salmonella sp.* merupakan bakteri berbahaya yang dikeluarkan dari saluran pencernaan hewan dan manusia bersama dengan feses. *Salmonella enteritidis* merupakan salah satu serotipe yang sering mengontaminasi susu di samping *Salmonella typhimurium* (Sarati, 1999).



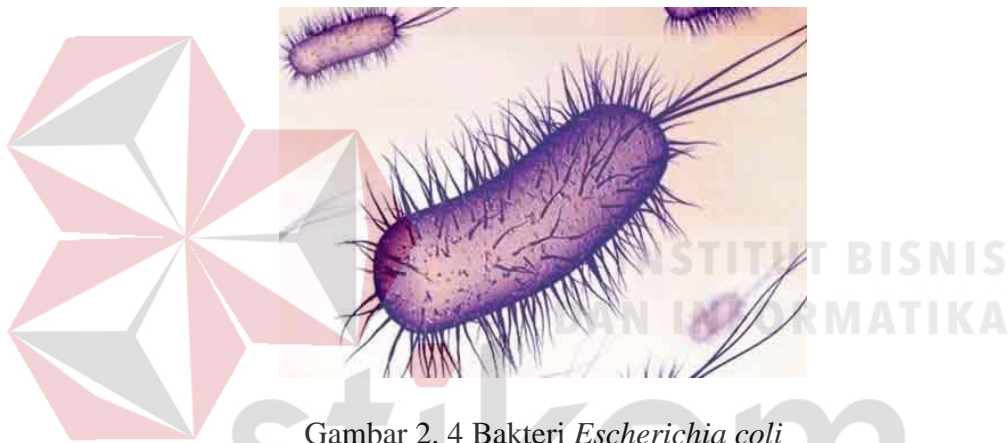
Gambar 2. 3 Bakteri *Salmonella sp.*



Berdasarkan SNI 01-6366-2000, pemeriksaan *Salmonella sp.* dilakukan secara kualitatif dan harus negatif. Salah satu metode untuk pemeriksaan *Salmonella sp.* adalah metode AOAC (1996).

c. *Escherichia coli*

Bakteri patogen yang sering mencemari susu salah satunya adalah *E. coli*. Pada manusia, *E. coli* yang menyebabkan diare dikelompokkan menjadi empat, yaitu *enterotoksigenik E. coli* (ETEC), *enteroinvasif E. coli* (EIEC), *enteropatogenik E. coli* (EPEC), dan *enterohemoragik E. coli* (EHEC).



Gambar 2. 4 Bakteri *Escherichia coli*

*E. coli* termasuk bakteri berbahaya karena dapat menyebabkan diare. Salah satu syarat *E. coli* dalam SNI 01-6366-2000 harus negatif. Pemeriksaan *E. coli* dapat menggunakan metode AOAC (1996), sedangkan untuk strain *E. coli* O157:H7 mengikuti Robert et al. (1995).

### 2.1.2. Proses Pendinginan Suhu Susu

Proses pendinginan dilakukan dengan menurunkan suhu secara cepat sehingga bisa memperpanjang daya simpannya dan menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk dalam susu yang telah dipasteurisasi. Pada suhu tersebut mikroba pembusuk meskipun tidak mati, tetapi tidak dapat tumbuh dan berkembang.

Penggunaan bahan dari plastik baik dalam bentuk mangkok (cup), botol maupun lainnya sekarang ini banyak dipakai untuk susu sapi segar pasteurisasi dan fermentasi. Secara umum, plastik sebaiknya dihindarkan dari panas dan minyak. (Murti, 2009)

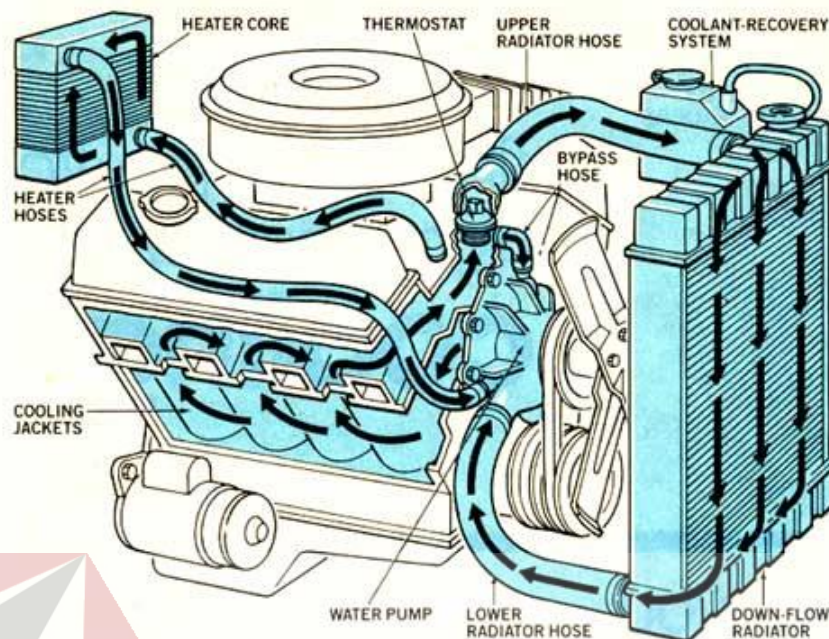


Gambar 2. 5 Susu Sapi Segar Kemasan Plastik

Ketika plastik terkena suhu tinggi, maka zat yang terkandung dalam plastik dapat melepaskan berbagai bahan kimiawi. Jika dikonsumsi, kandungan bahan kimiawi tersebut akan masuk pada jaringan tubuh. Faktor yang menyebabkan mudahnya perpindahan zat kimia tersebut karena lemahnya ikatan struktur plastik, yaitu hasil sisa monomer plastik. Makanan dengan suhu tinggi jika dibiarkan terlalu lama di dalam plastik, maka kontak dan perpindahan sisa monomer plastiknya juga semakin banyak. (Candraswari, 2017)

## 2.2. Sistem Pendinginan Mesin

Pembakaran campuran bahan bakar-udara yang terjadi di silinder mesin dapat mencapai temperatur 2.200 derajat celcius atau lebih sehingga seluruh bagian mesin akan menjadi panas.



Gambar 2. 6 Sistem Pendingin pada Mesin

Sistem pendingin merupakan komponen paling penting pada mesin.

Metode pendinginan mesin ada dua macam:

- Pendinginan air (*water cooling system*) adalah cara mendinginkan mesin secara tidak langsung dengan mengalirkan air agar panas mesin terbawa ke radiator dan didinginkan dengan udara dari kipas angin. Kebanyakan mobil menggunakan pendinginan dengan air.
- Pendinginan udara langsung (*air cooling system*) adalah cara mendinginkan mesin menggunakan sirip-sirip pada bagian blok silinder.
- Panas yang ditimbulkan oleh mesin disalurkan ke sirip-sirip dan didinginkan oleh udara luar.

Fungsi dari sistem pendingin yaitu:

- Berguna untuk menyerap panas untuk mengurangi tingkat kerusakan dan keausan pada mesin.

- b. Menjaga suhu mesin dalam kondisi optimal dan menghindari panas berlebih (*over heating*).

Bagian dan Fungsi Sistem Pendinginan dengan air:

- a. Selubung air (*water jacket*)

Kepala silinder dan blok silinder mempunyai selubung air (*water jacket*) yang mengelilingi dinding silinder dan ruang bakar (ruang bagian luar blok silinder). Air mengalir dari pompa air melalui kipas (*impeller*) pompa menuju selubung air, mengambil panasnya (secara induksi) dari bagian-bagian metal di dalam silinder kemudian dibawa ke radiator.

- b. Pompa air

Terpasang pada bagian depan mesin dan digerakkan oleh puli di poros engkol mesin dengan perantara tali (*belt*). Kipas akan berputar untuk menarik air pendingin dari radiator dan dialirkan ke selubung air pada (*water jacket*) blok silinder.

- c. Termostat

Termostat adalah katup otomatis yang digunakan sebagai alat untuk mengatur aliran air pendingin dari mesin ke radiator. Bila mesin dalam keadaan dingin, katup termostat menutup untuk menjaga agar air dari selubung air (mesin) tidak mengalir ke radiator. Akibatnya, air dalam selubung mesin menjadi panas secara cepat. Jika ruang bakar dingin, akan terjadi pembakaran tidak sempurna dan terjadi polusi udara akibat ada gas buang yang mengandung hidro-karbon (HC) dan gas CO yang berbahaya bagi kesehatan. Setelah mesin menjadi panas, klep termostat akan membuka sehingga terjadi aliran air dari mesin menuju radiator. Termostat dirancang untuk dioperasikan pada temperatur tertentu. Ada

dua macam kapasitas yang biasa dipakai, yaitu katup yang mulai membuka pada temperatur 85 derajat celcius sehingga akan membuka penuh pada temperatur 96 derajat celcius dan katup mulai membuka pada temperatur 91 derajat celcius dan membuka penuh pada temperatur 102 derajat celcius.

d. Radiator

Radiator merupakan alat pemindah panas. Panas dipindahkan melalui air yang berasal dari selubung mesin dengan cara induksi. Kipas angin (*fan*) menggerakkan udara dingin dari luar melewati sirip sehingga membawa panas air ke udara luar. Air pendingin bersiklus secara terus-menerus antara selubung-air pada mesin dan radiator.

e. Kipas angin (*fan*)

Fungsi kipas angin adalah menarik atau mendorong udara luar agar melalui inti radiator sehingga terjadi perpindahan panas dari air ke udara. Akibatnya, panas mesin dapat didinginkan (meski kendaraan diam atau berkecepatan rendah).

Penggerak kipas angin ada dua macam:

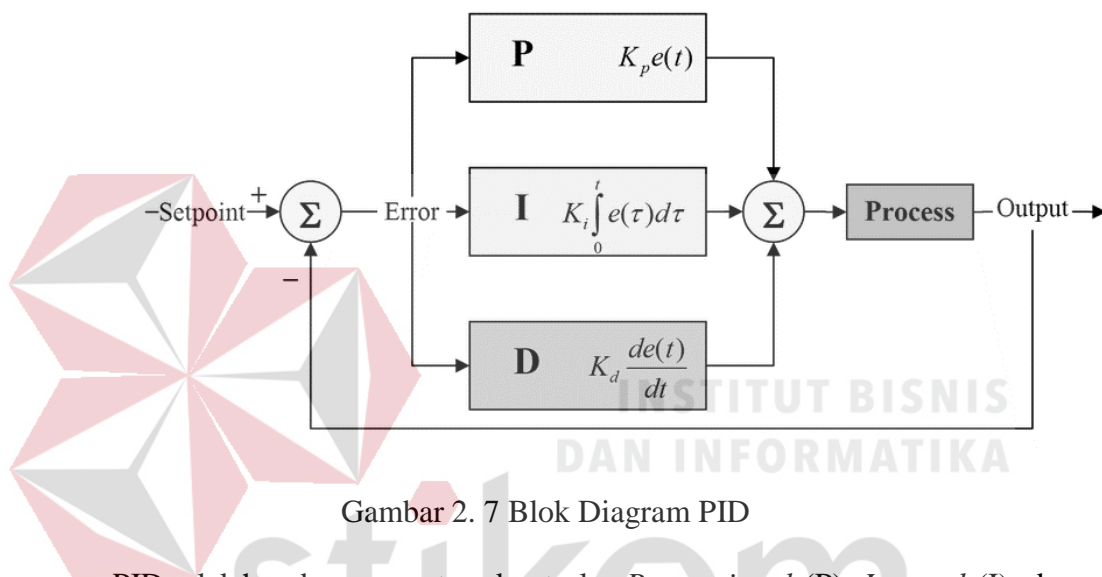
1. Motor listrik

Kipas angin digerakkan motor listrik dan dikendalikan dengan saklar termostat. Motor penggerak kipas angin akan mematikan motor listrik secara otomatis jika temperatur air pendingin telah turun di bawah 93 derajat celcius dan hidup secara otomatis jika temperatur air pendingin sudah mencapai 93 derajat celcius.

## 2. Poros engkol dengan transmisi puli *belt*

Kipas angin yang digerakkan dengan poros engkol akan terus-menerus berputar dan putarannya sebanding dengan putaran mesin poros engkol. (Darmawan, 2008)

### 2.3. PID (Proportional Integral Derivatif)



Gambar 2. 7 Blok Diagram PID

PID adalah gabungan antara kontroler *Proportional* (P), *Integral* (I), dan *Derivative* (D). Kontrol PID merupakan kontroler untuk menentukan akurasi suatu sistem instrumentasi yang akan bereaksi terhadap error yang telah diberikan oleh sensor sehingga memberikan nilai perbaikan (*feedback*) kepada nilai output.

#### 2.3.1. Pengontrol Proporsional (P)

Pengontrol *proporsional* memiliki keluaran yang sebanding (proporsional) dengan besarnya sinyal kesalahan. Secara sederhana dapat dinyatakan bahwa keluaran pengontrol P merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya. Rumus pengontrol P dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\mathbf{P} = K_p e(t)$$

P : Proporsional

K<sub>p</sub> : nilai konstanta proposional

e(t) : nilai error yang selalu akan berubah

### 2.3.2. Pengontrol Integral (I)

Pengontrol ini berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan stabil nol. Jika sebuah pengontrol tidak memiliki unsur integrator, pengontrol proporsional tidak mampu menjamin keluaran sistem dengan keadaan kesalahan konstan nol. Rumus pengontrol P dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

I : Integral

K<sub>i</sub> : nilai konstanta integral

e(t) : nilai error

dt : nilai perubahan waktu (*second*)

### 2.3.3. Pengontrol Derivatif (D)

Keluaran pengontrol D memiliki sifat seperti halnya suatu operasi diferensial. Kontrol *Derivatif* dapat digunakan untuk memperbaiki respon transien dengan memprediksi error yang akan terjadi. Kontrol *Derivatif* hanya berubah saat ada perubahan error sehingga saat error statis kontrol ini tidak akan bereaksi, hal ini pula yang menyebabkan kontroler *Derivatif* tidak dapat dipakai sendiri. Rumus pengontrol D dapat dinyatakan sebagai berikut :

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



D : Derivatif

Kd : nilai konstanta Derivatif

de(t) : nilai perubahan error

dt : nilai perubahan waktu (*second*)

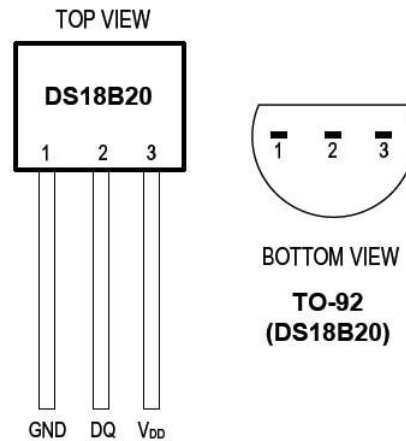
#### 2.4. Sensor Suhu DS18B20

Menurut (Suranata, 2016) DS18B20 adalah sensor suhu digital seri terbaru dari Maxim IC (Maxim Integrated Products). Sensor ini mampu membaca suhu dengan ketelitian 9 hingga 12-bit, dapat membaca rentang suhu  $-55^{\circ}\text{C}$  hingga  $125^{\circ}\text{C}$  dengan ketelitian  $(\pm 0.5^{\circ}\text{C})$ . Setiap sensor yang diproduksi memiliki kode unik sebesar 64-Bit yang tertanam pada masing-masing chip, sehingga memungkinkan penggunaan sensor dalam jumlah besar hanya melalui satu kabel saja (*single wire data bus/1-wire protocol*).



Gambar 2. 8 Sensor Suhu DS18B20





Gambar 2. 9 Konfigurasi Pin Sensor Suhu DS18B20

## 2.5. Arduino UNO

Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital *input/output* (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah *ICSP header*, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang fungsi mikrokontroler. Suplai daya pada Arduino UNO dapat melalui koneksi USB atau menggunakan power suplai eksternal. Pemilihan sumber daya dilakukan secara otomatis oleh board. Suplai tegangan eksternal (non-USB) diperoleh dari tegangan masukan adaptor DC dengan rentang 7 to 12 volt atau menggunakan baterai dalam rentang yang sama. Adaptor dihubungkan melalui sebuah konektor DC berukuran 2.1 mm ke power jack pada *board*.



Gambar 2. 10 Mikrokontroler Arduino UNO

Spesifikasi dari Arduino Uno secara singkat :

- a. Mikrokontroler : ATmega32P
- b. Tegangan operasional pada 5 Vdc
- c. Tegangan masukan (rekomendasi) pada 7 – 12 Vdc
- d. Jumlah Digital I/O > 14 pin
- e. Jumlah analog Input > 6 pin
- f. Flash Memory 32 KB
- g. SRAM 2 KB
- h. eepROM 1 KB
- i. Clocking speed > 16 MHz
- j. Panjang papan elektronik > 68.6 mm
- k. Lebar papan elektronik > 53.4 mm
- l. Berat modul : 25 gr



- a. pin khusus SDA dan SCL yang dekat dengan pin AREF
- b. pin IOREF yang diletakkan dekat dengan pin RESET
- c. Rangkaian RESET yang lebih efektif
- d. Penggunaan Atmega 16U2 menggantikan Atmega 8U2

Pin daya yang terdapat pada Arduino Uno antara lain:

- a. Vin : tegangan suplai masuk sebesar 5 volt, sebagai pengganti daya dari USB maupun dari power suplai jack DC.
- b. 5V : tegangan keluaran yang digunakan untuk catu daya module, sensor, maupun shield
- c. 3V3 : tegangan keluaran khusus dengan output 3.3 volt, yang difungsikan sebagai catu daya
- d. GND : pin ground untuk Vin, 5 volt, dan 3.3 volt.

(Faudin, 2017)

## 2.6. LCD (*Liquid Crystal Display*)

Pengertian LCD (*Liquid Crystal Display*) pada (Kho, 2018) adalah suatu jenis media display (tampilan) yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*) untuk menghasilkan gambar yang terlihat. Teknologi LCD (*Liquid Crystal Display*) atau Penampil Kristal Cair sudah banyak digunakan pada produk-produk seperti layar Laptop, layar Ponsel, layar Kalkulator, layar Jam Digital, layar Multimeter, Monitor Komputer, Televisi, dan produk-produk elektronik lainnya. LCD tidak memancarkan pencahayaan apapun, LCD hanya merefleksikan dan mentransmisikan cahaya yang melewatinya. Oleh karena itu, LCD memerlukan Backlight atau Cahaya latar belakang untuk sumber cahayanya.

Bagian-bagian LCD (*Liquid Crystal Display*) diantaranya adalah :

- a. Lapisan Terpolarisasi 1 (*Polarizing Film 1*)
- b. Elektroda Positif (*Positive Electrode*)
- c. Lapisan Kristal Cair (*Liquid Cristal Layer*)
- d. Elektroda Negatif (*Negative Electrode*)
- e. Lapisan Terpolarisasi 2 (*Polarizing film 2*)
- f. Backlight atau Cermin (*Backlight or Mirror*)



Gambar 2. 12 LCD 16x2

### 2.7. Pompa Air Motor DC

Pompa air adalah mesin untuk menggerakkan cairan atau fluida. Pompa menggerakkan fluida dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi, untuk mengatasi perbedaan tekanan ini maka diperlukan tenaga (energi).



Gambar 2. 13 Pompa Air

Motor Listrik DC atau DC Motor adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*). Motor DC ini juga dapat disebut sebagai Motor Arus Searah. Motor Listrik DC memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah atau DC (*Direct Current*) untuk dapat menggerakannya. Motor Listrik DC atau DC Motor ini menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah RPM (*Revolutions per minute*) dan dapat dibuat berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam apabila polaritas listrik yang diberikan pada Motor DC tersebut dibalikkan. (Kho, 2017)



Gambar 2. 14 Motor DC di dalam Pompa Air

## 2.8. Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.

Kontak Poin (*Contact Point*) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
- Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)



Gambar 2. 15 Modul Relay

Jenis-jenis relay ada berbagai macam, di antaranya adalah sebagai berikut:

- Single Pole Single Throw* (SPST) : Relay golongan ini memiliki 4 Terminal, 2 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil.



- b. *Single Pole Double Throw* (SPDT) : Relay golongan ini memiliki 5 Terminal, 3 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil.
- c. *Double Pole Single Throw* (DPST) : Relay golongan ini memiliki 6 Terminal, diantaranya 4 Terminal yang terdiri dari 2 Pasang Terminal Saklar sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil. Relay DPST dapat dijadikan 2 Saklar yang dikendalikan oleh 1 Coil.
- d. *Double Pole Double Throw* (DPDT) : Relay golongan ini memiliki Terminal sebanyak 8 Terminal, diantaranya 6 Terminal yang merupakan 2 pasang Relay SPDT yang dikendalikan oleh 1 (*single*) Coil. Sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil. (Suhinar, 2018)

## 2.9. *Solenoid Valve*

Menurut (Suprianto, 2015) *Solenoid valve* merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan. *Solenoid valve* ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem fluida. Seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolik ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan elemen kontrol otomatis.



Gambar 2. 16 *Solenoid Valve*



Terdapat banyak jenis dari *solenoid valve* tergantung bentuk dan kegunaannya. Memiliki 2 jenis cara kerja, yaitu *Normally Close* (NC) dan *Normally Open* (NO). Berfungsi hanya menutup atau membuka saluran karena hanya memiliki 1 lubang *inlet* dan 1 lubang *outlet*. *Solenoid valve* akan bekerja bila kumparan mendapatkan tegangan arus listrik yang sesuai dengan tegangan kerja (biasanya tegangan kerja 100/200 volt AC atau tegangan kerja 12/24 volt DC).



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Rancangan Penelitian**

Pada bab ini akan dibahas mengenai tahapan dalam pembuatan rancang bangun pendingin susu hasil pasteurisasi menggunakan metode *water cooling system*. Terdapat beberapa tahapan dalam pembuatan alat ini meliputi :

1. Studi Literatur
2. Perancangan Perangkat Lunak
3. Perancangan Perangkat Keras dan Mekanik
4. Pengujian Mekanik dan Sistem Kendali

#### **3.2. Studi Literatur**

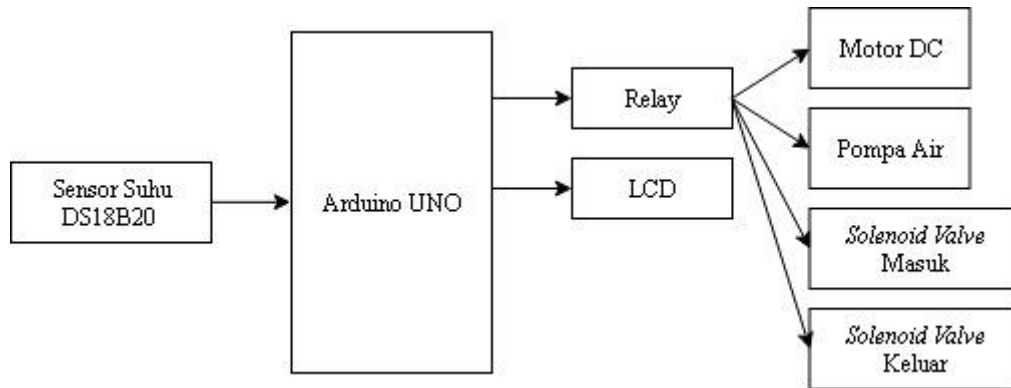
Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan berbagai sumber teori dan literatur yang memiliki bahasan terkait. Penelitian ini menggunakan banyak literatur yang berkaitan dengan pasteurisasi susu serta metode *water cooling system*. Teori-teori yang telah terkumpul dapat digunakan sebagai langkah awal penelitian dengan benar sesuai dengan kerangka berpikir ilmiah.

#### **3.3. Perancangan Perangkat Lunak**

##### **3.3.1. Perancangan Sistem Kendali**

Tahap berikutnya yang harus dilakukan dalam perancangan alat pendingin pasteurisasi susu adalah pembuatan sistem kendali. Tahap ini dibuat sebagai acuan

penyusunan sistem kendali secara lengkap. Berikut adalah diagram blok perencanaan sistem kendali:



Gambar 3. 1 Diagram Perencanaan Sistem Kendali

Setiap bagian dari diagram blok sistem pada gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. *Input* pada Mikrokontroler

*Input* pada Mikrokontroler ini diperoleh melalui Sensor Suhu DS18B20.

##### a. Sensor Suhu DS18B20

Sensor ini berfungsi untuk mengambil nilai temperatur suhu dari susu yang akan didinginkan pada bak penampung.

#### 2. *Output* pada Mikrokontroler

Terdapat beberapa *output* pada mikrokontroler meliputi motor dc, pompa air, solenoid valve masuk dan keluar yang akan dijelaskan sebagai berikut:

##### a. Motor DC

Motor DC digunakan sebagai pengaduk susu agar proses pendinginan berlangsung lebih cepat.

##### b. Pompa Air

Pompa Air digunakan untuk mengalirkan air dari bak penampung ke bak selubung air.

c. *Solenoid Valve Masuk*

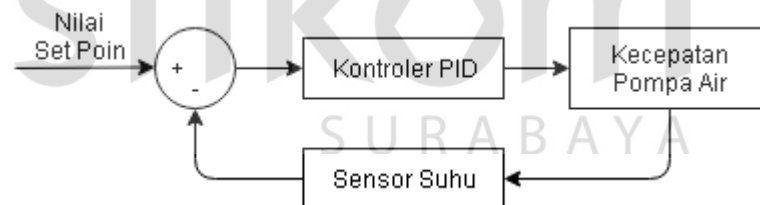
*Solenoid valve* masuk memiliki fungsi untuk mengalirkan susu hasil pasteurisasi ke dalam sistem pendingin.

d. *Solenoid Valve Keluar*

*Solenoid valve* keluar berfungsi untuk mengalirkan susu yang sudah melalui proses pendinginan.

### 3.3.2. PID (Proportional Integral Derivatif)

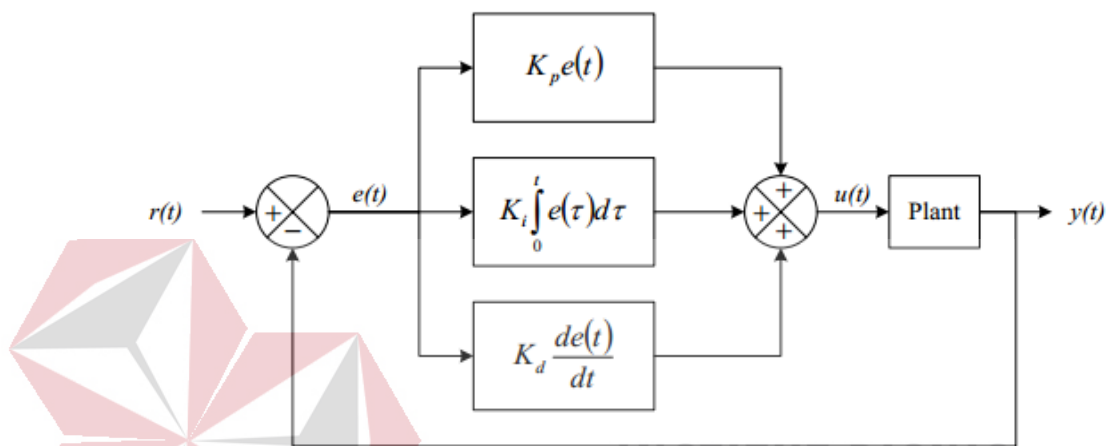
Sistem kendali PID berfungsi untuk mengolah suatu sinyal kesalahan atau *error*. Proses perhitungan nilai *error* dilakukan dengan menggunakan rumus PID. Selanjutnya, nilai *error* yang diperoleh kemudian digunakan sebagai sinyal kendali atau sinyal kontrol yang akan diteruskan ke *output* berupa aktuator. Berikut skema blok diagram PID pada sistem pendinginan suhu yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem PID

Sistem yang akan dibuat memiliki set poin suhu 32.5 derajat celcius. Jika suhu tinggi 72 derajat celcius (*HTST*) maka kecepatan pompa air akan maksimal, kecepatan tersebut akan berkurang seiring dengan penurunan suhu. Apabila pengukuran suhu telah mencapai set poin sebesar 32.5 derajat celcius maka pompa air akan otomatis mati. Sistem ini menggunakan kontrol PID untuk mengontrol kecepatan motor dc agar bekerja optimal.

Kendali PID bertujuan untuk mengolah suatu sinyal kesalahan atau *error* yang berupa nilai dalam bentuk angka. Nilai tersebut akan diproses oleh PID dan menghasilkan sinyal kendali atau sinyal kontrol yang akan dilanjutkan ke *output* yang berupa aktuator. Berikut gambaran blok diagram PID secara umum yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Diagram Blok PID

Pada gambar blok diagram diatas nilai  $r(t)$  merupakan nilai pada setpoint atau nilai yang ingin dicapai, sedangkan  $y(t)$  merupakan hasil *output* dari sistem PID yang nilainya akan dikontrol sampai sama dengan nilai pada setpoint. Nilai  $e(t)$  atau nilai *error* adalah selisih nilai *output* dengan nilai setpoint. Hasil perhitungan nilai *error* ini yang akan dimasukkan ke beberapa parameter pengendali PID yaitu proporsional, integral, dan derivatif. Nilai  $u(t)$  adalah hasil penjumlahan dari keseluruhan nilai pada hasil perhitungan proporsional, integral, dan derivatif pada pengendali PID.

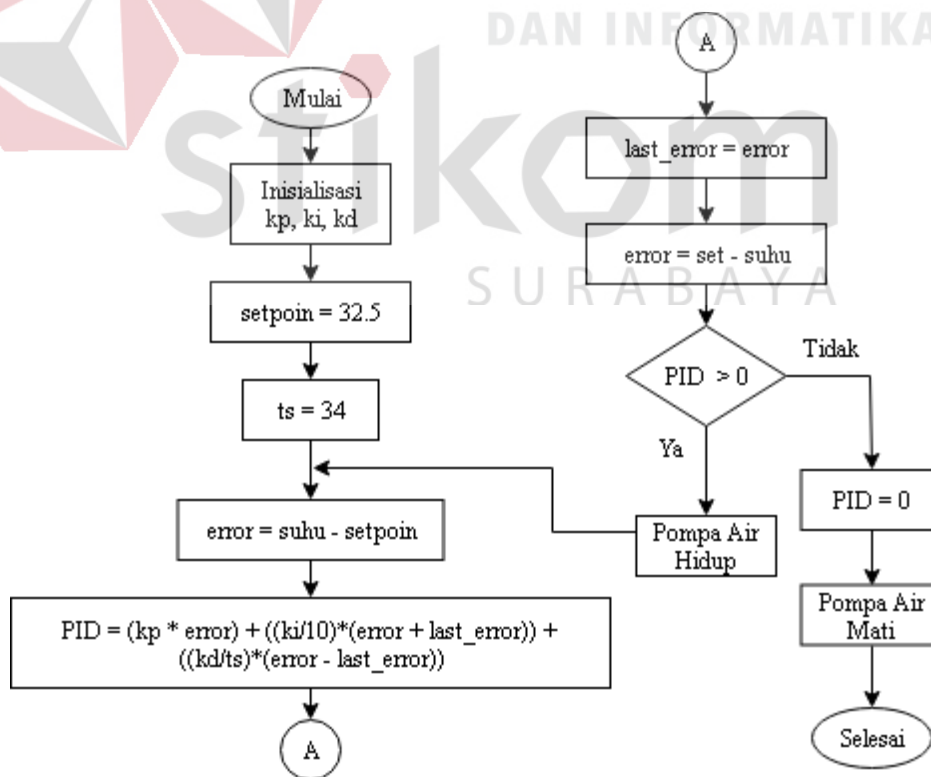
Sistem kendali PID bertugas mengatur konstanta proporsional ( $K_p$ ), integral ( $K_i$ ), dan derivatif ( $K_d$ ) agar respon pada sinyal keluaran sistem terhadap masukan menjadi tepat. Selanjutnya nilai tersebut akan menjadi parameter pada proses

pengendalian pada plant atau aktuator. *Output* yang dihasilkan dihitung kembali menggunakan parameter hasil baca sensor kemudian dibandingkan dengan nilai setpoint atau biasa disebut *feedback*.

Untuk mengimplementasikan pengendali kontrol PID pada mikrokontroler maka proses tersebut akan diubah menjadi bentuk sinyal diskrit.

$$u(t_k) = K_p e(t_k) + K_i \Delta t \sum_{i=1}^k e(t_i) + \frac{K_d}{\Delta t} (e(t_k) - e(t_{k-1}))$$

Flowchart kontrol PID dapat dilihat pada Gambar 3.4. Variabel setpoint berisi nilai suhu 32.5 derajat celcius. Nilai kp ki kd berasal dari proses tuning dengan metode *trial and error*. Setelah semua variabel berisi nilai maka proses PID dapat dimulai dengan menghitung nilai error. Nilai error didapat dari hasil pengurangan nilai setpoint dengan nilai hasil baca sensor suhu.



Gambar 3. 4 Flowchart Kontrol PID

Setelah semua variabel berisi nilai awal maka proses perhitungan nilai PID dapat dimulai.  $T_s$  ialah *time sampling* atau waktu cuplik, nilai  $t_s = 34$  didapatkan dari jumlah data yang diambil setiap 5 menit pada proses percobaan pertama berdurasi 2 jam 45 menit. Nilai pembagi  $K_i$  pada kontroler Integral didapatkan dari beberapa percobaan. Ketika pembagi diberi nilai 1 maka menghasilkan nilai  $I$  pada kisaran ratusan. Untuk mendapatkan nilai  $I$  pada kisaran puluhan maka nilai pembagi = 10.

Hasil perhitungan nilai error akan disimpan pada variabel error. Nilai error tersebut didapatkan dari pengurangan nilai suhu hasil baca sensor dengan nilai setpoint. Proses berikutnya adalah penghitungan nilai  $P$  yang didapat dari perkalian nilai  $k_p$  dan error. Nilai  $I$  didapat dari perkalian nilai  $k_i$  dengan selisih nilai error lama dikurangi nilai error yang baru. Nilai  $D$  didapatkan dari pembagian nilai  $k_d$  oleh  $t_s$ , kemudian hasilnya dikali dengan selisih nilai error lama dikurangi nilai error yang baru. Semua nilai dari perhitungan tadi akan dijumlahkan menjadi satu. Hasil nilai tersebut akan menjadi acuan hidup matinya motor dc pada pompa air.

### 3.3.3. Menentukan Nilai $K_p$ , $K_i$ , dan $K_d$

Tunning kontrol PID ini bertujuan untuk menentukan paramater aksi kontrol Proportional, Integratif, Derivatif. Proses ini dapat dilakukan dengan metode *trial and error*. Data hasil tuning dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Hasil Pengujian Nilai PID

Nilai $K_p$	Nilai $K_i$	Nilai $K_d$	Nilai PID
1	2	1	45
3	1	2	120
3	2	1	127
2	1	3	82
3	3	1	135

Nilai Kp	Nilai Ki	Nilai Kd	Nilai PID
4	3	1	172
5	3	1	210
3	4	1	142
5	4	1	217
6	4	1	255

Proses percobaan pemberian nilai dilakukan hingga diperoleh hasil nilai PID yang sesuai. Percobaan dilakukan dengan menggunakan nilai suhu yang diatur pada 72°C. Nilai PID digunakan untuk mengatur nilai PWM motor yang memiliki rentang 0 - 255. Dari hasil percobaan didapatkan nilai yang sesuai yaitu  $K_p = 6$ ,  $K_i = 4$  dan  $K_d = 1$ . Nilai tersebut kemudian dimasukkan dalam program PID yang berada dalam mikrokontroler Arduino UNO.

#### 3.3.4. Pembacaan Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 berfungsi sebagai pengukur suhu pada bak penampung susu. Data yang dikirimkan oleh Sensor suhu DS18B20 berupa data digital yang memiliki ukuran suatu suhu tertentu. Hasil output dari sensor kemudian diterima oleh mikrokontroler arduino UNO. Data tersebut kemudian diolah dan akan ditampilkan pada lcd 16x2.

Kabel data output sensor suhu DS18B20 dimasukkan pin 2 pada mikrokontroler Arduino UNO. Berikut adalah program untuk pembacaan sensor suhu DS18B20.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// sensor diletakkan di pin 2
#define ONE_WIRE_BUS 2

// setup sensor
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
```



```
// berikan nama variabel, masukkan ke library Dallas
DallasTemperature sensorSuhu(&oneWire);

double suhuSekarang;

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
  sensorSuhu.begin();
}

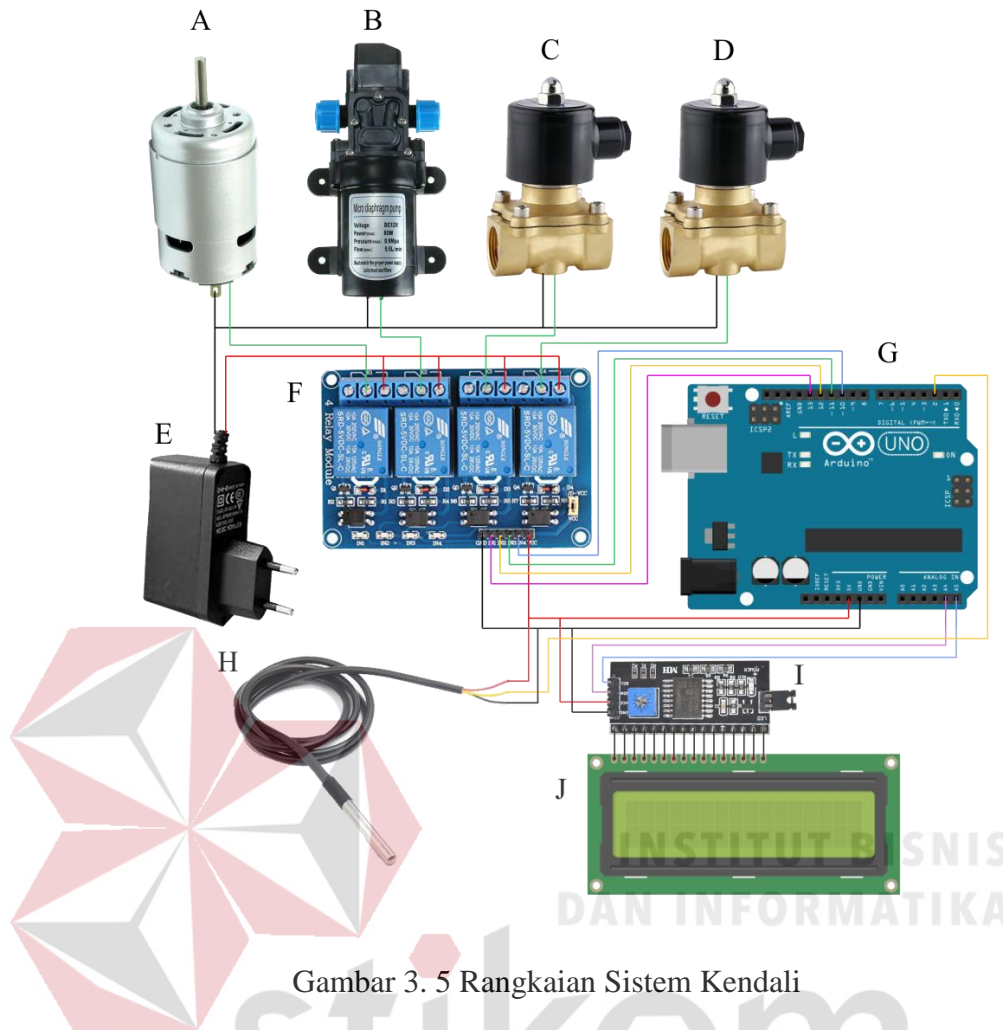
void loop(void)
{
  suhuSekarang = ambilSuhu();
  Serial.println(suhuSekarang);
  delay(2000);
}

float ambilSuhu()
{
  sensorSuhu.requestTemperatures();
  double suhu = sensorSuhu.getTempCByIndex(0);
  return suhu;
}
```

### **3.4. Perancangan Perangkat Keras dan Mekanik**

#### **3.4.1. Perancangan Rangkaian Elektronika**

Pada Gambar 3.5 dibawah adalah rangkaian sistem kendali yang akan digunakan pada rancang bangun alat pendingin susu hasil pasteurisasi. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino UNO sebagai pusat pengendali. *Input* yang terdapat pada alat ini diperoleh dari sensor suhu DS18B20, dan *push button*. Sedangkan *output* yang dimiliki oleh alat ini adalah LCD, dan 4 buah *relay* yang terhubung pada 2 buah *solenoid valve*, motor pengaduk dan pompa air.



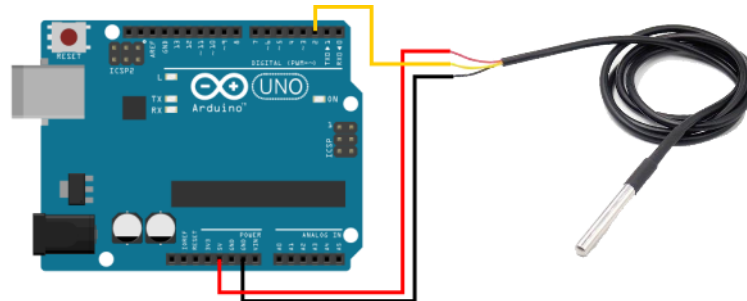
Gambar 3. 5 Rangkaian Sistem Kendali

Daftar nama alat pada Gambar 3.5 adalah sebagai berikut:

- a. Motor DC
- b. Pompa Air DC
- c. *Solenoid Valve* masuk
- d. *Solenoid Valve* keluar
- e. Adaptor 12 Volt
- f. Modul *Relay*
- g. Arduino UNO
- h. Sensor DS18B20
- i. Modul I2C

j. LCD 16x2

### 3.4.2. Perancangan Sensor Suhu DS18B20



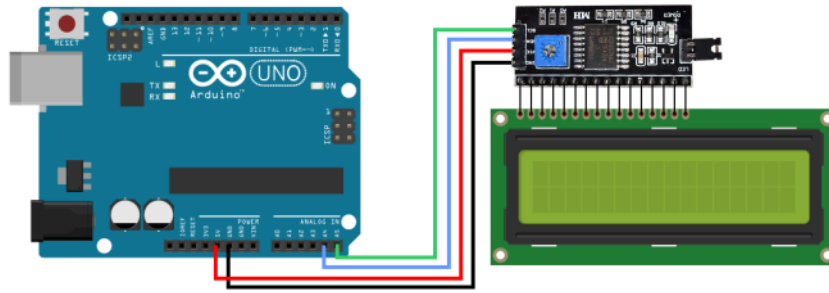
Gambar 3. 6 Rangkaian Sensor Suhu DS18B20

Pada Gambar 3.5 di atas adalah rangkaian kabel sensor suhu DS18B20 pada Arduino UNO. Terdapat 3 kabel pada sensor suhu DS18B20 yaitu vcc, ground dan data. Kabel vcc dan ground digunakan untuk memberi daya pada sensor. Sedangkan kabel data digunakan untuk output sensor ke Arduino UNO. Pin 2 pada Arduino UNO dikonfigurasi menjadi Protokol Komunikasi 1-Wire. Protokol Komunikasi 1-Wire adalah protokol komunikasi serial menggunakan satu jalur data. Untuk konfigurasi kabel bisa dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3. 2 Arah Kabel Rangkaian Sensor Suhu DS18B20

Arah Kabel	
Sensor DS18B20	Arduino UNO
VCC	VCC
GND	GND
Data	PIN D2

### 3.4.3. Perancangan LCD



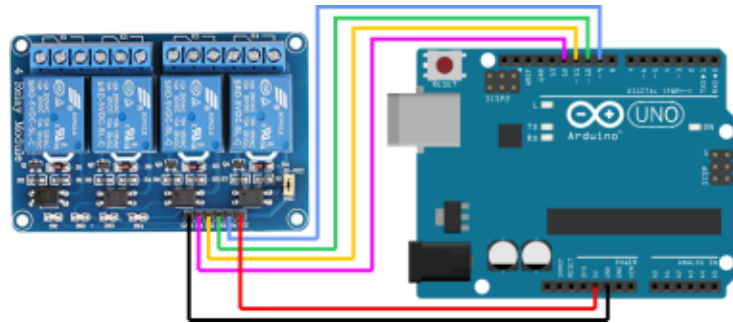
Gambar 3. 7 Rangkaian LCD

Pada Gambar 3.7 di atas adalah rangkaian kabel LCD menggunakan modul I2C pada Arduino UNO. I2C (*Inter Integrated Circuit*) adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Komunikasi I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan Arduino UNO. Pada Arduino UNO pin A4 dikonfigurasi untuk SDA dan pin A5 untuk SCL. Untuk konfigurasi kabel bisa dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3. 3 Arah Kabel Rangkaian LCD

Arah Kabel	
I2C LCD	Arduino UNO
VCC	VCC
GND	GND
SDA	PIN A4
SCL	PIN A5

### 3.4.4. Perancangan Relay pada Arduino UNO



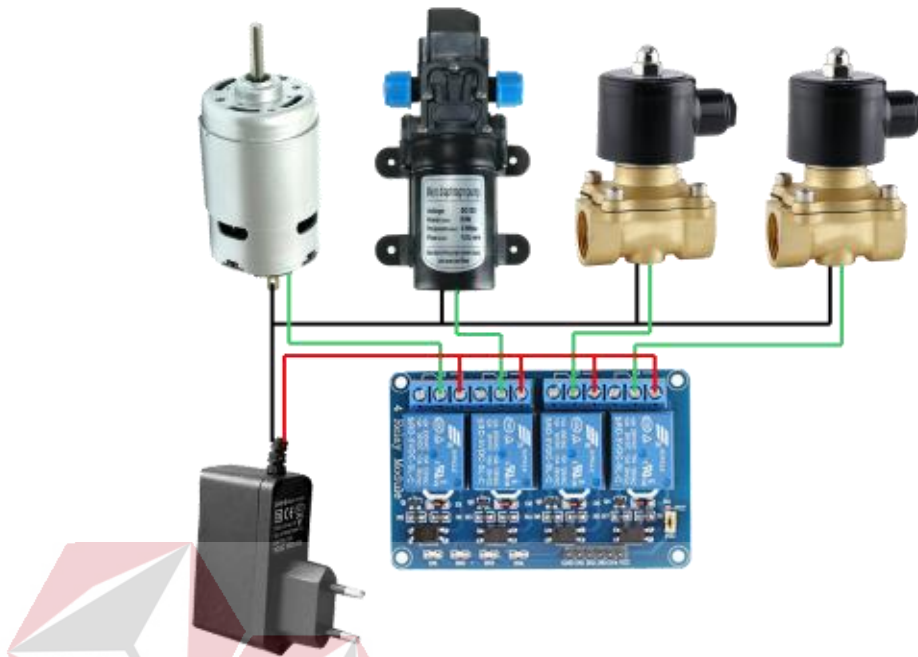
Gambar 3. 8 Rangkaian Relay 4 Channel pada Arduino UNO

Pada Gambar 3.8 di atas adalah rangkaian kabel Relay 4 channel pada Arduino UNO. Modul relay tersedia dalam berbagai tegangan kerja yaitu 5 volt DC, 12 volt DC dan 220 volt AC. Terdapat 2 mode input dalam pengaktifan channel modul relay yaitu aktif *high* (1) dan aktif *low* (0) yang bisa dikonfigurasi pada pin yang tersedia. Pada sistem ini menggunakan mode aktif *high* dengan tegangan input 5 volt. Untuk konfigurasi kabel bisa dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3. 4 Arah Kabel Rangkaian Relay 4 Channel pada Arduino UNO

Arah Kabel	
Relay 4 Channel	Arduino UNO
VCC	VCC
GND	GND
Ch 1	PIN D12
Ch 2	PIN D11
Ch 3	PIN D10
Ch 4	PIN D9

### 3.4.5. Perancangan Relay pada Beberapa Komponen



Gambar 3. 9 Rangkaian Relay 4 Channel pada Beberapa Komponen

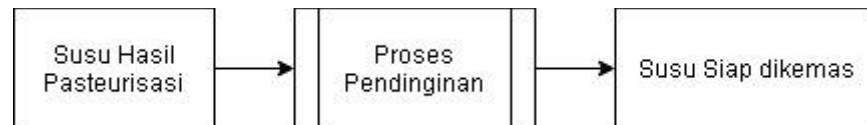
Pada Gambar 3.9 di atas adalah rangkaian kabel Relay 4 channel pada beberapa komponen yaitu Motor Pengaduk, Pompa Air, dan *Solenoid valve*. Relay adalah perangkat yang berfungsi sebagai saklar elektronik. Modul relay digunakan untuk mengaktifkan komponen melalui program pada saat diperlukan. Untuk konfigurasi kabel bisa dilihat pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3. 5 Arah Kabel Rangkaian Relay 4 Channel Beberapa Komponen

Arah Kabel		
Adaptor 12V	Relay	<i>Solenoid Valve</i> , Pompa Air, dan Motor DC
VCC	COM Ch 1	
	COM Ch 2	
	COM Ch 3	
	COM Ch 4	
	NC Ch 1	VCC
	NC Ch 2	
	NC Ch 3	
	NC Ch 4	
GND		GND

### 3.4.6. Perancangan Mekanik Alat

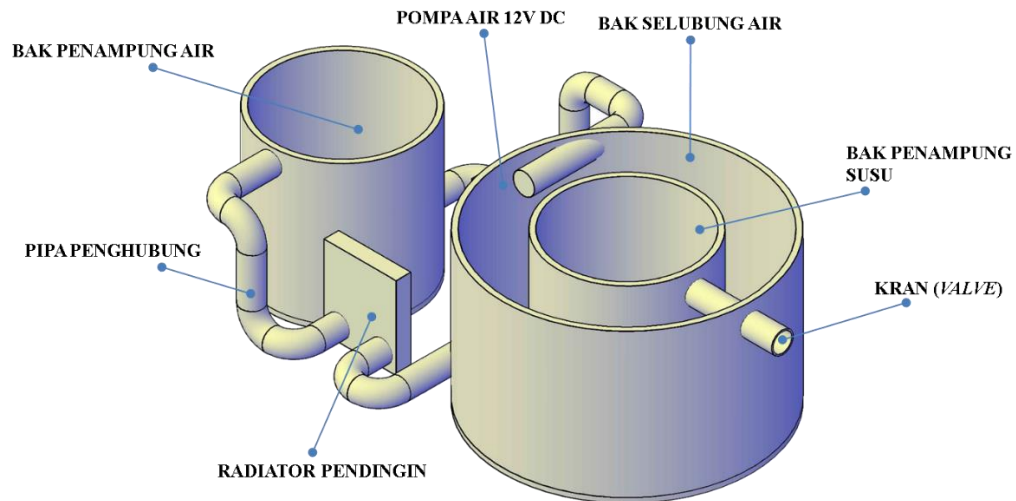
Pada tahap ini, akan dibahas mengenai tahapan-tahapan yang dibutuhkan untuk merancang bangun pendingin susu hasil pasteurisasi menggunakan metode *water cooling system*. Adapun proses yang dilakukan untuk memperoleh susu yang siap dikemas dijelaskan pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Proses pengolahan susu

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa untuk memperoleh susu yang siap dikemas, maka perlu adanya proses penurunan suhu dari susu yang berasal dari proses pasteurisasi. Pada penelitian ini, proses penurunan suhu akan dilakukan dengan menggunakan metode *water cooling system*. Metode ini, dilakukan dengan mengalirkan air pendingin untuk menyelimuti bak penampung susu dan terus bersirkulasi hingga suhu pada susu turun sesuai dengan ketentuan. Kecepatan sirkulasi air pendingin dapat berubah dari cepat ke lambat dan berhenti sesuai dengan suhu susu pada bak penampung. Ketika suhu susu tinggi, aliran air pendingin yang menyelimuti bak penampung akan bersirkulasi dengan cepat dan kemudian melambat seiring dengan penurunan suhu susu. Setelah proses penurunan suhu selesai dan diperoleh suhu sesuai ketentuan, maka *solenoid valve* keluar akan terbuka dan susu hasil pendinginan siap untuk proses pengemasan.

Rancangan mekanik yang digunakan dalam proses pendinginan susu hasil pasteurisasi menggunakan metode *water cooling system* disajikan pada Gambar berikut :

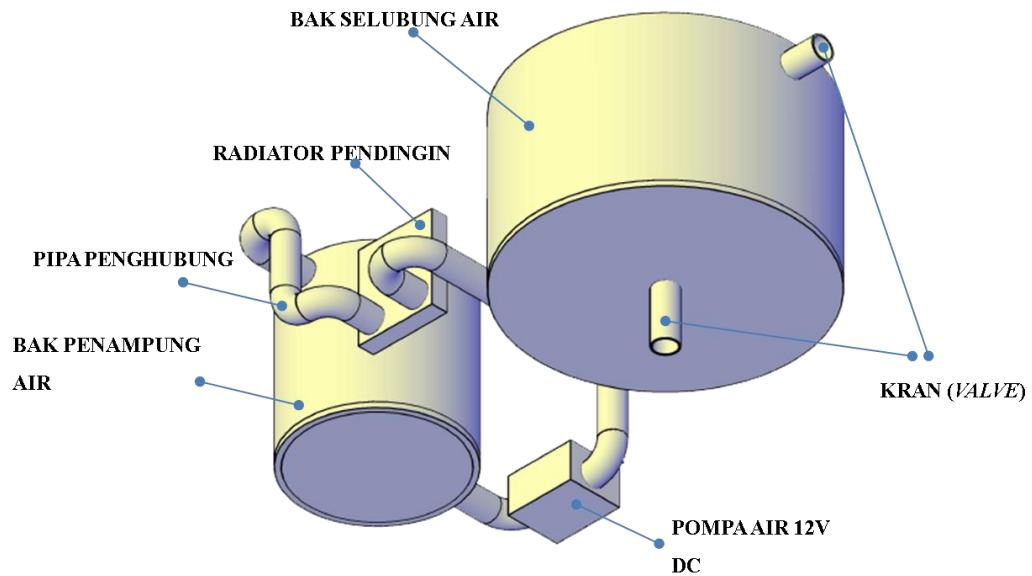


Gambar 3. 11 Rancangan Mekanik Tampak Atas

Dalam Gambar 3.11 tersebut dapat dilihat bahwa dalam alat ini terdapat bak, selang penghubung, pompa air, radiator serta *solenoid valve*. Adapun, bak dibagi kedalam tiga macam yakni bak untuk menampung susu, bak selubung air dan penampungan air. Ketiga bak tersebut disambungkan oleh selang penghubung dengan fungsi masing-masing. Pada alat ini, air akan disirkulasikan dalam bak selubung air melalui selang penghubung dengan menggunakan pompa air. Selanjutnya radiator berfungsi untuk mendinginkan kembali air yang telah disirkulasi kemudian ditampung dalam bak penampungan air.

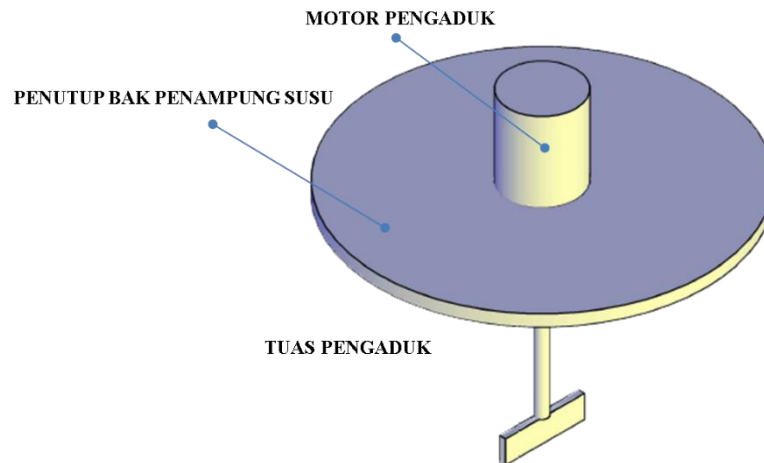
Selanjutnya gambar rancangan mekanik tampak bawah dari alat ini akan disajikan sebagai berikut :





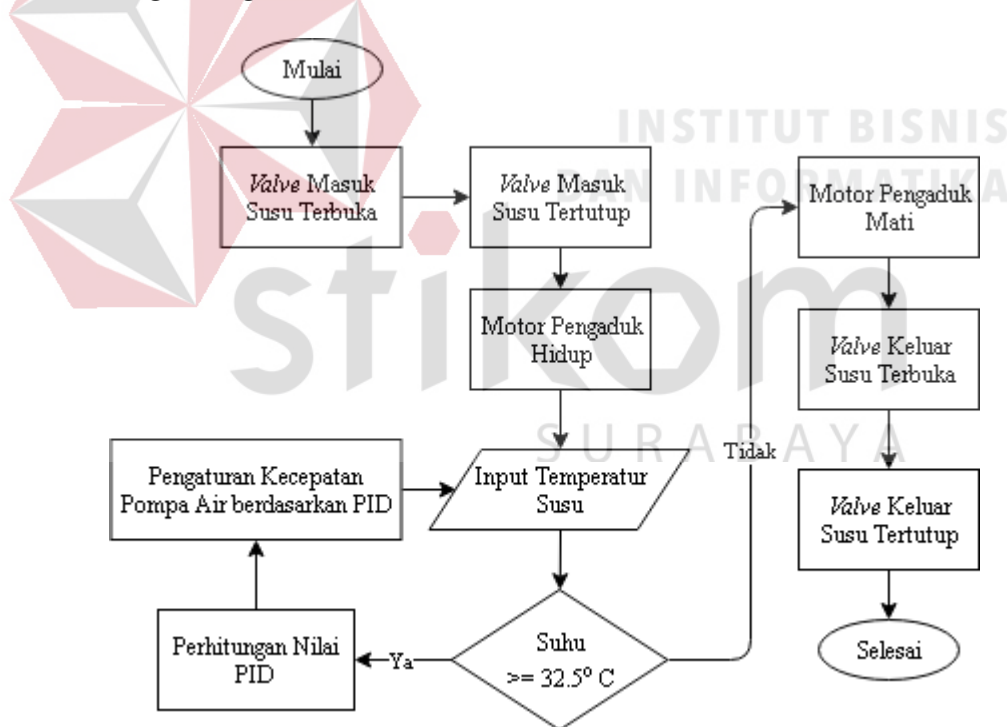
Gambar 3. 12 Rancangan Mekanik Tampak Bawah

Pada gambar rancangan tampak bawah dapat dilihat bahwa dalam alat ini terdapat dua *solenoid valve*. *Solenoid valve* pada bagian atas berfungsi untuk mengalirkan susu panas hasil pasteurisasi untuk didinginkan dalam alat ini. Selanjutnya, setelah penurunan suhu susu sudah tercapai, maka *solenoid valve* yang berada pada bagian bawah akan membuka dan mengalirkan susu yang siap untuk dikemas. Untuk menentukan indikator pencapaian suhu pada alat ini menggunakan sensor suhu DS18B20. Pada bagian tutup bak penampungan susu juga akan dilengkapi dengan motor dan tuas pengaduk. Tuas pengaduk ini berfungsi untuk membuat sirkulasi aliran susu agar proses pendinginan berlangsung lebih cepat. Berikut adalah gambar rancangan mekanik tampak atas penutup dan pengaduk susu.



Gambar 3. 13 Rancangan Mekanik Pengaduk Susu

Selanjutnya, sistem kerja alat pada proses pendinginan susu dijelaskan sesuai dengan diagram berikut:

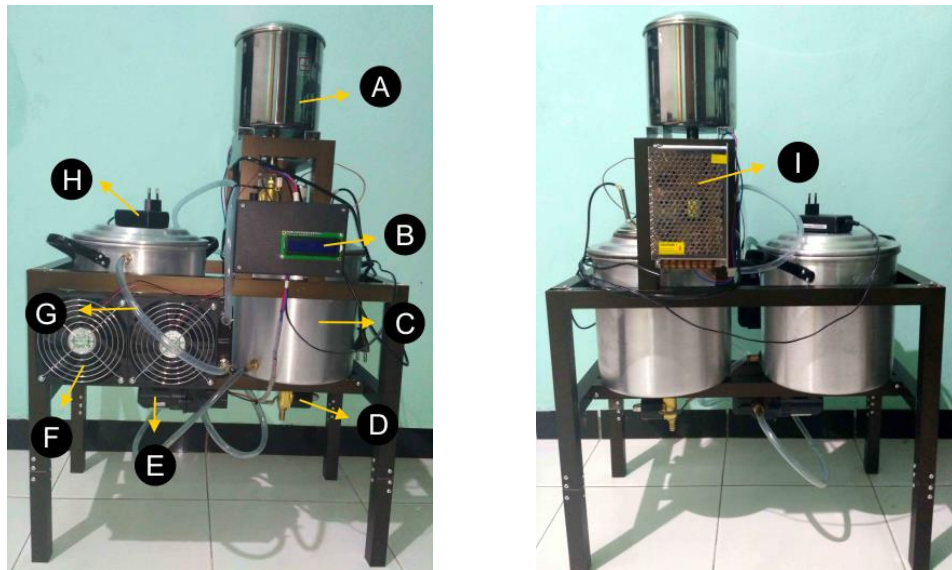


Gambar 3. 14 Diagram Proses Pendinginan Susu

Proses pendinginan susu dimulai dengan mengalirkan susu panas melalui kran masuk (*valve*) ke dalam bak penampung susu dan akan menutup setelah penuh. Sensor suhu yang berada pada bak penampungan susu membaca temperatur dan

mengirimkan datanya ke mikrokontroler. Suhu ruangan pada lokasi pembuatan alat ini kurang lebih  $32,5^{\circ}\text{C}$ . *High Temperature Short Time*, yaitu proses pemanasan susu secara cepat/flash dengan kombinasi suhu  $71-72.5^{\circ}\text{C}$  selama 15 detik dan diikuti pendinginan secepatnya. Kontrol PID merupakan kontroler untuk menentukan akurasi suatu sistem instrumentasi yang akan bereaksi terhadap error yang telah diberikan oleh sensor sehingga memberikan nilai perbaikan (*feedback*) kepada nilai output yang berupa PWM. PWM ( *Pulse Width Modulation*) adalah salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (*duty cycle*) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. *Duty Cycle* merupakan representasi dari kondisi logika *high* dalam suatu periode sinyal dan dinyatakan dalam bentuk (%) dengan range 0% sampai 100%. Kecepatan pompa dalam mengalirkan air pendingin bergantung dengan kondisi suhu pada bak penampungan susu. Apabila suhu pada bak penampungan susu sudah sesuai dengan temperatur ruangan maka pompa air akan otomatis mati dan kran keluar (*valve*) akan membuka dan mengalirkan susu pada proses pengemasan.

Berikut ini adalah hasil pembuatan keseluruhan alat pendingin susu hasil pasteurisasi menggunakan metode *water cooling system*.



Gambar 3. 15 Rancang Bangun Alat Pendingin Susu Tampak Depan



Gambar 3. 16 Rancang Bangun Alat Pendingin Susu Tampak Samping

Keterangan pada gambar Rancang Bangun Alat Pendingin Susu:

- a. Bak Penampung Susu Bagian Atas
- b. LCD
- c. Bak Selubung Air
- d. *Solenoid Valve* Susu Keluar

- e. Pompa Air DC 12V
- f. Radiator Pendingin dan Kipas 12V
- g. Selang Air
- h. Adaptor 12V 1.5A
- i. Adaptor 12V 5A
- j. Motor DC Pengaduk
- k. *Solenoid Valve* Susu Masuk
- l. Bak Pendingin Susu

#### 3.4.7. Ukuran Dimensi Alat Pendingin Susu

Ukuran dimensi dari alat pendingin susu setelah dilakukan perancangan untuk setiap komponennya diperoleh sebagai berikut :

- 1. Panjang rancang bangun : 55 cm
- 2. Lebar rancang bangun : 33 cm
- 3. Tinggi rancang bangun : 70 cm
- 4. Luas rancang bangun : 15,950 cm<sup>3</sup>

#### 3.4.8. Struktur Material Alat Pendingin Susu

Berikut akan dijelaskan mengenai bahan material yang digunakan dalam pembuatan rancang bangun pendingin susu:

Bagian rancang bangun pendingin susu

- 1. Aluminium
- 2. Baut dan Mur
- 3. Panci Alumunium

4. Rantang Tunggal Stainless
5. Pipa stainless
6. Nepel Kuningan
7. Tuas Pengaduk
8. Selang Air
9. Paku Rivet
10. Radiator Pendingin
11. 2 buah Kipas 12 Volt

Bagian elektronika rancang bangun pendingin susu

1. Arduino UNO
2. Kabel USB
3. Sensor DS18B20
4. Motor DC
5. Pompa Air
6. Relay 5 Volt
7. LCD 16x2
8. Saklar
9. 2 buah *solenoid valve* 12 Volt
10. Adaptor 12 Volt

### **3.5. Pengujian Mekanik dan Sistem Kendali**

Tujuan proses pengujian proses ini dilakukan adalah untuk memastikan alat berjalan sesuai dengan harapan penulis. Pengujian dilakukan pada seluruh

komponen dan perangkat dengan menyatukan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Setiap perangkat di uji dengan menggunakan mikrokontroler Arduino yang sudah berisi program instruksi didalamnya. Apabila terjadi kesalahan dalam proses pengujian, maka akan dilakukan perbaikan sesuai dengan ketentuan.

### **3.5.1. Pengujian Arduino UNO**

Pengujian pada Arduino UNO bertujuan untuk mengetahui apakah Arduino yang digunakan tidak mengalami kerusakan pada rangkaian elektroniknya maupun pada saat proses memasukkan program dan menjalankannya. Pengujian dilakukan dengan memberikan program sederhana ke dalam Arduino menggunakan software Arduino IDE. Mikrokontroler Arduino UNO yang dapat berjalan baik dan benar sangat berpengaruh pada proses pengoperasian alat.

### **3.5.2. Pengujian Sensor Suhu DS18B20**

Sensor Suhu DS18B20 dalam alat ini digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu pada susu selama proses pendinginan. Pengujian pada sensor ini dilakukan untuk memastikan bahwa sensor telah bekerja dengan baik dalam membaca suhu. Indikator yang digunakan dalam pengujian ini diperoleh melalui nilai suhu yang ditampilkan pada LCD. Apabila suhu yang ditampilkan pada LCD sesuai atau mendekati dengan pengukuran menggunakan termometer digital maka Sensor suhu DS18B20 ini telah bekerja dengan baik. Diharapkan sensor suhu ini memiliki keakuratan yang sama dengan termometer digital.

### 3.5.3. Pengujian *Solenoid Valve*

Pada alat ini *solenoid valve* berfungsi sebagai penahan aliran susu saat proses pendinginan berlangsung. Terdapat 2 *solenoid valve* pada alat ini, yang pertama terletak diantara bak penampung awal dan bak pendingin, yang kedua terletak antara bak pendingin dan bak penampung setelah proses selesai. *Solenoid valve* pertama berfungsi untuk mengalirkan susu panas hasil dari proses pasteurisasi dari bak penampung awal ke bagian bak pendingin saat proses pendinginan sedang berlangsung. *Solenoid valve* yang kedua berfungsi untuk mengalirkan susu hasil proses pendinginan keluar dari bak pendingin ke bak penampung hasil proses pendinginan.

Pengujian *solenoid valve* bertujuan untuk mengetahui apakah *solenoid valve* tersebut bekerja dengan baik dapat terbuka dan tertutup. Selain itu pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan susu kedalam bak pendingin sesuai dengan volume yang ditentukan. Proses menentukan waktu ini sangat penting agar volume susu yang masuk tidak melebihi batas yang bisa berakibat tumpah dan berpotensi mengenai bagian elektronika.



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

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

#### **4.1. Pengujian Arduino UNO**

##### **4.1.1. Tujuan Pengujian Arduino UNO**

Pengujian Arduino UNO bertujuan untuk mengetahui apakah Arduino UNO dalam kondisi baik dan dapat menjalankan program yang dimasukkan dengan benar.

##### **4.1.2. Alat yang Digunakan untuk Pengujian Arduino UNO**

Berikut ini alat-alat yang dibutuhkan pada pengujian Arduino UNO:

- a. PC (*Personal Computer*).
- b. Kabel USB.
- c. Arduino UNO.
- d. *Software* Arduino IDE.

##### **4.1.3. Prosedur Pengujian Arduino UNO**

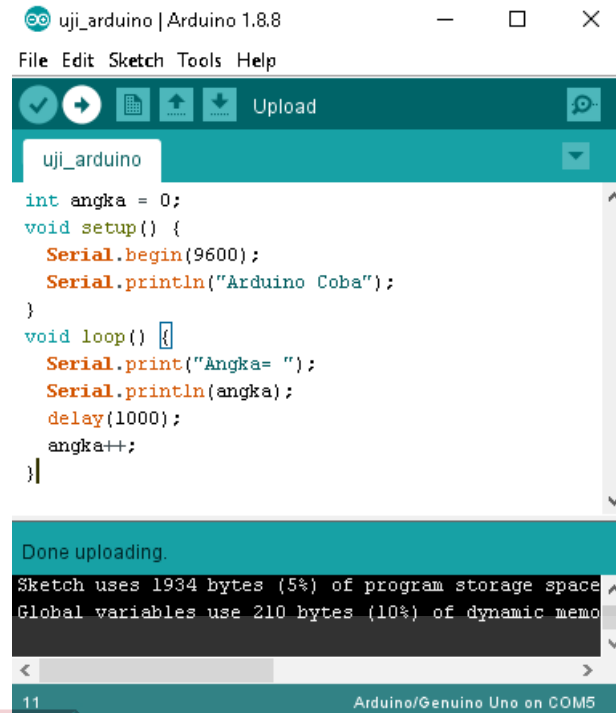
Berikut ini langkah-langkah pada prosedur pengujian Arduino UNO:

- a. Menghidupkan PC.
- b. Menyambungkan PC pada Arduino UNO dengan menggunakan kabel USB.
- c. Membuka *software* Arduino IDE pada PC.

Berikut contoh program yang digunakan untuk melakukan pengujian:

```
int angka = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Arduino Coba");
}
void loop() {
  Serial.print("Angka= ");
  Serial.println(angka);
  delay(1000);
  angka++;
}
```

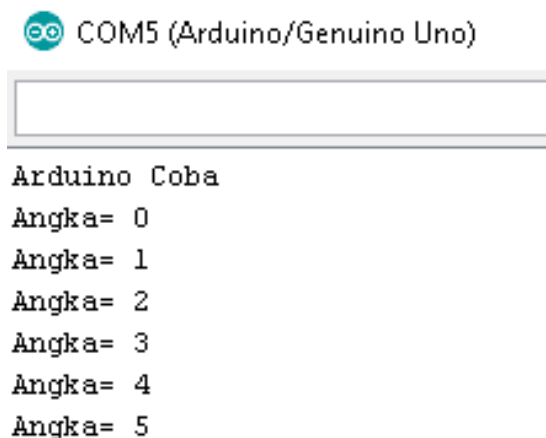
- d. Setelah selesai pembuatan program, menekan tombol bergambar centang dengan tulisan "*Verify*" untuk memeriksa jika terdapat kesalahan pada program yang telah dibuat. Selanjutnya melakukan pengaturan board dengan memilih Arduino/Genuino UNO melalui kolom menu bertuliskan "*Tools*". Kemudian melakukan pengaturan port Arduino sesuai dengan yang terdeteksi oleh PC.
- e. Menekan tombol bergambar panah kanan dengan tulisan "*Upload*" untuk mengunggah program ke dalam Arduino UNO.
- f. Jika program telah berhasil diunggah maka menekan tombol bergambar kaca pembesar bertuliskan "*Serial Monitor*". Berikutnya akan muncul jendela yang berisi hasil dari jalannya program.
- g. Pengujian program pada Arduino UNO melalui *software* Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 4.1 yang ditandai dengan tulisan "*Done Uploading*". Tulisan tersebut memiliki arti bahwa program yang dibuat sudah benar dan program tersebut berhasil diunggah.



Gambar 4. 1 Tampilan Berhasil Mengunggah Program ke dalam Arduino Uno

#### 4.1.4. Hasil Pengujian Arduino UNO

Program yang diunggah ke dalam Arduino UNO merupakan program untuk mengirim data menggunakan port serial. Proses pengiriman data dari Arduino UNO ke PC terhubung melalui kabel USB.



Gambar 4. 2 Tampilan pada *Serial Monitor*

Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa data yang dikirim ke serial monitor sesuai dengan program yang dibuat dan diunggah pada Arduino UNO.

## **4.2. Pengujian Sensor Suhu DS18B20**

### **4.2.1. Tujuan Pengujian Sensor Suhu DS18B20**

Pengujian sensor suhu DS18B20 bertujuan untuk mengetahui apakah sensor bisa mengukur suhu dengan baik saat proses pendinginan sedang berlangsung.

### **4.2.2. Alat yang Digunakan untuk Pengujian Sensor DS18B20**

Berikut ini alat-alat yang dibutuhkan pada pengujian sensor suhu DS18B20:

- a. PC (*Personal Computer*).
- b. Kabel USB.
- c. Arduino UNO.
- d. *Software* Arduino IDE.
- e. Sensor Suhu DS18B20

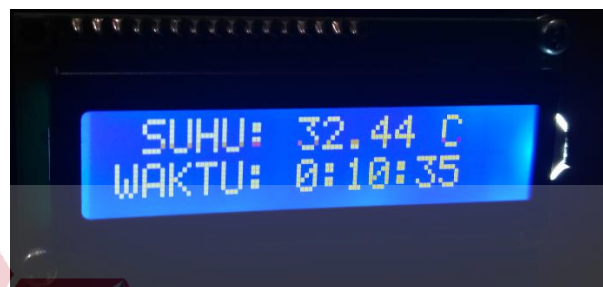
### **4.2.3. Prosedur Pengujian Sensor Suhu DS18B20**

Berikut ini langkah-langkah pada prosedur pengujian sensor suhu DS18B20:

- a. Menghidupkan PC.
- b. Menyambungkan PC pada Arduino UNO dengan menggunakan kabel USB.
- c. Menghubungkan Sensor DS18B20 dan LCD pada Arduino UNO.
- d. Membuka *software* Arduino IDE pada PC.
- e. Mengunggah program untuk untuk pengujian sensor pada Arduino UNO.
- f. Setelah selesai mengamati data pengukuran sensor di LCD.

#### 4.2.4. Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 dapat melakukan pengukuran suhu dengan baik dan menampilkan data hasil pengukuran pada LCD. Satuan suhu yang digunakan dalam pengukuran sensor ini adalah derajat celcius. Berikut hasil pengujian sensor suhu DS18B20 yang ditampilkan pada LCD:



Gambar 4. 3 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Setelah melakukan pengujian pengambilan data berhasil. Kemudian dilakukan pengujian keakuratan sensor suhu DS18B20 dengan membandingkan dengan hasil pengukuran termometer digital. Hasil dari pengujian sensor dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 1 Hasil Percobaan Sensor Suhu DS18B20

Pengujian	Sensor DS18B20	Termometer Digital	Selisih
1	33.00	32.59	-0.41
2	33.30	33.30	0.00
3	38.25	39.70	1.45
4	43.75	45.00	1.25
5	50.44	51.20	0.76
6	54.03	55.60	1.57
7	58.59	60.50	1.91
8	64.56	65.20	0.64
9	71.25	72.50	1.25
10	72.31	73.70	1.39
Rata - Rata			0.98

Dari hasil pengujian sensor suhu DS18B20 dan termometer digital dapat disimpulkan bahwa rata-rata selisih suhu antara hasil pengukuran termometer digital dengan sensor suhu DS18B20 adalah 0.98°C.

### **4.3. Pengujian LCD 16x2**

#### **4.3.1. Tujuan Pengujian LCD 16x2**

Pengujian LCD bertujuan untuk mengetahui apakah LCD bisa menampilkan data yang dikirimkan oleh Arduino UNO pada saat proses pendinginan sedang berlangsung.

#### **4.3.2. Alat yang Digunakan untuk Pengujian LCD 16x2**

Berikut ini alat-alat yang dibutuhkan pada pengujian LCD:

- a. PC (*Personal Computer*).
- b. Kabel USB.
- c. Arduino UNO.
- d. *Software* Arduino IDE.
- e. LCD 16x2
- f. Modul I2C
- g. Kabel *Jumper*

#### **4.3.3. Prosedur Pengujian LCD 16x2**

Berikut ini langkah-langkah pada prosedur pengujian LCD:

- a. Menghidupkan PC.
- b. Menyambungkan PC pada Arduino UNO menggunakan kabel USB.

- c. Menghubungkan LCD pada Arduino UNO menggunakan kabel jumper.
- d. Membuka *software* Arduino IDE pada PC.
- e. Mengunggah program untuk untuk pengujian LCD pada Arduino UNO.
- f. Setelah selesai mengamati tampilan pada LCD.

#### 4.3.4. Hasil Pengujian LCD 16x2

LCD dapat menampilkan data yang dikirimkan oleh mikrokontroler dengan baik dan benar. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 4 Hasil Pengujian LCD

#### **4.4. Pengujian Pompa Air**

##### **4.4.1. Tujuan Pengujian Pompa Air**

Pengujian pompa air DC bertujuan untuk mengetahui apakah pompa dapat berputar dan mengalirkan air dengan baik. Pompa air ini sangat penting dalam proses pendinginan karena berfungsi untuk mengatur sirkulasi air yang digunakan sebagai media pemindah panas.

##### **4.4.2. Alat yang Digunakan untuk Pengujian Pompa Air**

Berikut ini alat-alat yang dibutuhkan pada pengujian pompa air:

- a. Pompa Air.
- b. Kabel.
- c. Selang.
- d. Adaptor 12 Volt.

##### **4.4.3. Prosedur Pengujian Pompa Air**

Berikut ini langkah-langkah pada prosedur pengujian pompa air:

- a. Memasang kabel Pompa Air pada Adaptor 12 Volt.
- b. Memasang selang pada kedua ujung Pompa Air.
- c. Menyiapkan air untuk pengujian pada ember.
- d. Letakkan selang masuknya air pada ember.
- e. Menghubungkan Adaptor 12 Volt pada listrik.



#### 4.4.4. Hasil Pengujian Pompa Air

Pompa Air dapat berfungsi mengalirkan air melalui selang dengan baik. Pompa Air tersebut menghasilkan getaran pada saat bekerja, getaran tersebut di redam menggunakan bantalan karet pada kaki-kakinya. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 5 Hasil Pengujian Pompa Air

#### 4.5. Pengujian Solenoid Valve

##### 4.5.1. Tujuan Pengujian Solenoid Valve

Pengujian solenoid valve bertujuan untuk mengetahui apakah *solenoid valve* dapat terbuka, tertutup, dan mengalirkan air dengan baik. *Solenoid valve* ini sangat penting dalam proses perpindahan susu dari tempat satu ke tempat yang lainnya.

##### 4.5.2. Alat yang Digunakan untuk Pengujian Solenoid Valve

Berikut ini alat-alat yang dibutuhkan pada pengujian *Solenoid Valve*:

- a. PC (*Personal Computer*).
- b. Arduino UNO.
- c. Kabel USB.

- d. Kabel Jumper.
- e. *Software* Arduino IDE.
- f. *Solenoid Valve*.
- g. Relay.
- h. Adaptor 12 Volt.

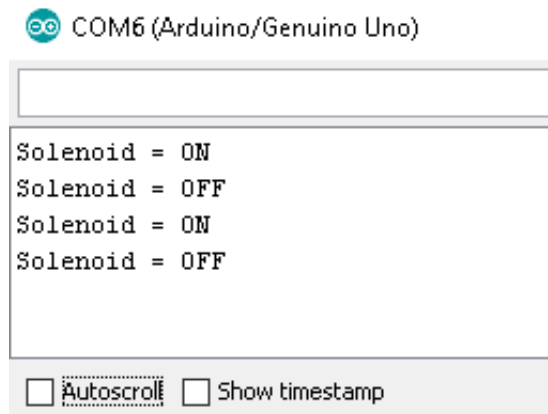
#### 4.5.3. Prosedur Pengujian *Solenoid Valve*

Berikut ini langkah-langkah pada prosedur pengujian *Solenoid Valve*:

- a. Menghidupkan PC.
- b. Menyambungkan PC pada Arduino UNO menggunakan kabel USB.
- c. Menyambungkan Relay pada Arduino UNO menggunakan kabel *jumper*.
- d. Menyambungkan kabel *Solenoid Valve* ke COM dan NO pada Relay.
- e. Membuka *software* Arduino IDE pada PC.
- f. Mengunggah program untuk pengujian *Solenoid Valve* pada Arduino UNO.
- g. Setelah selesai mengamati reaksi pada *Solenoid Valve*.

#### 4.5.4. Hasil Pengujian *Solenoid Valve*

Program yang diunggah ke dalam Arduino UNO merupakan program untuk membuka dan menutup *solenoid valve* melalui relay. *Solenoid valve* dapat membuka dan menutup dengan baik. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 6 Tampilan Serial Monitor Hasil Pengujian *Solenoid Valve*

Pengujian berikutnya adalah pengujian untuk mengalirkan susu dari bak penampung susu bagian atas ke bak pendingin susu. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan susu dan mengetahui berapa volumenya. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian *Solenoid Valve* untuk Mengalirkan Susu

Pengujian	Waktu (detik)	Volume (ml)
1	10	140
2	15	190
3	20	250
4	25	300
5	30	360
6	45	500
Jumlah	145	1740
Rata - rata		12

Pada Tabel berisi data diatas dapat dilihat bahwa rata - rata waktu yang dibutuhkan oleh *solenoid valve* untuk mengalirkan susu dari bak penampung susu bagian atas ke bak pendingin susu adalah 12 ml/detik.

#### 4.6. Pengujian Relay 4 Channel

##### 4.6.1 Tujuan Pengujian Relay 4 Channel

Pengujian relay bertujuan untuk mengetahui apakah semua channel pada relay dapat hidup dan mati dengan baik. Setiap channel pada relay ini memiliki peran sangat penting dalam proses kendali solenoid valve masuk, motor pengaduk, kipas radiator, dan solenoid valve keluar.

##### 4.6.2 Alat yang Digunakan untuk Pengujian Relay 4 Channel

Berikut ini alat-alat yang dibutuhkan pada pengujian Relay 4 Channel:

- a. PC (*Personal Computer*).
- b. Arduino UNO.
- c. Kabel USB.
- d. Kabel Jumper.
- e. *Software* Arduino IDE.
- f. Relay 4 Channel.

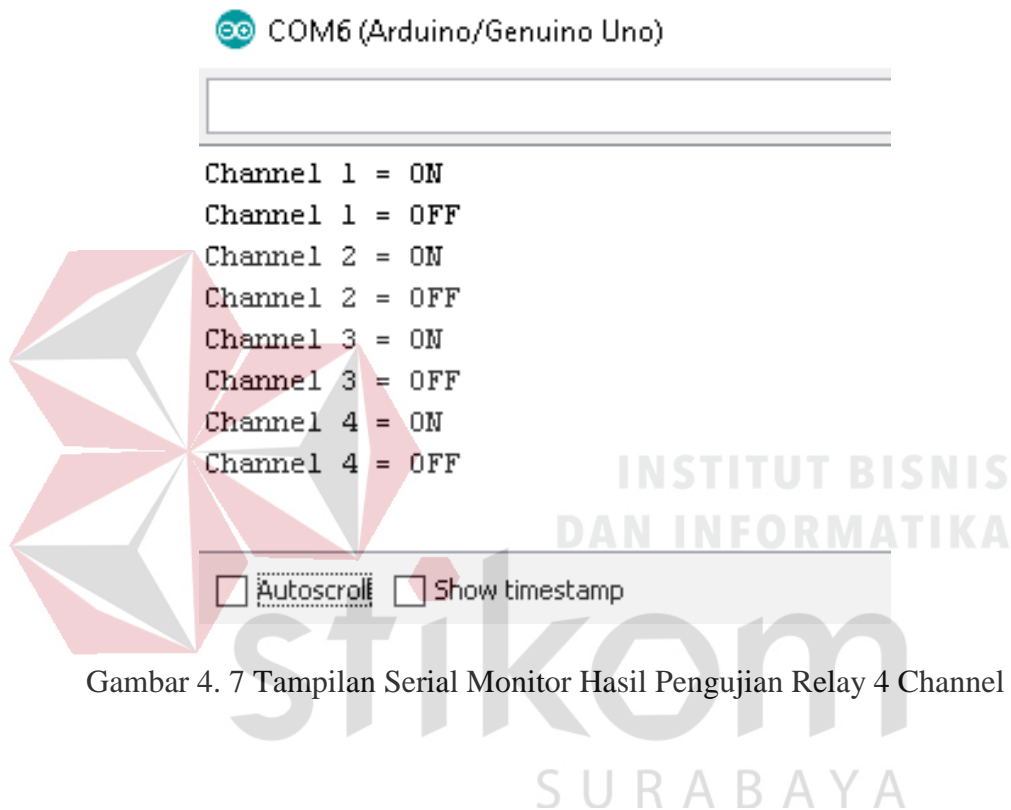
##### 4.6.3 Prosedur Pengujian Relay 4 Channel

Berikut ini langkah-langkah pada prosedur pengujian Relay:

- a. Menghidupkan PC.
- b. Menyambungkan PC pada Arduino UNO menggunakan kabel USB.
- c. Menyambungkan Relay pada Arduino UNO menggunakan kabel *jumper*.
- d. Membuka *software* Arduino IDE pada PC.
- e. Mengunggah program untuk pengujian Relay pada Arduino UNO.
- f. Setelah selesai mengamati reaksi pada Relay.

#### 4.6.4 Hasil Pengujian Relay 4 Channel

Program yang diunggah ke dalam Arduino UNO merupakan program untuk menghidupkan dan mematikan setiap channel pada modul relay. Relay dapat hidup dan mati dengan baik. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 7 Tampilan Serial Monitor Hasil Pengujian Relay 4 Channel

### 4.7. Pengujian Otomatisasi Sistem

#### 4.7.1. Tujuan Pengujian Otomatisasi Sistem

Pengujian otomatisasi sistem bertujuan untuk mengetahui kinerja dari alat pendingin yang tersusun dari beberapa komponen yang sudah dirangkai menjadi satu.

#### 4.7.2. Alat yang Digunakan untuk Pengujian Otomatisasi Sistem

Berikut ini alat-alat yang dibutuhkan pada pengujian Otomatisasi Sistem:

- a. PC (*Personal Computer*).
- b. Arduino UNO
- c. Sensor Suhu DS18B20
- d. LCD 16x2
- e. Motor DC
- f. Pompa Air DC
- g. *Solenoid Valve* masuk
- h. *Solenoid Valve* keluar
- i. Adaptor 12 Volt
- j. Modul Relay
- k. Sensor DS18B20
- l. Modul I2C

#### **4.7.3. Prosedur Pengujian Otomatisasi Sistem**

Berikut ini langkah-langkah pada prosedur pengujian Otomatisasi Sistem:

- a. Menghubungkan PC pada alat pendingin susu, menggunakan kabel USB tepatnya pada Arduino UNO.
- b. Mengunggah program pendingin ke dalam Arduino UNO.
- c. Setelah selesai melepaskan kabel USB pada alat pendingin susu.
- d. Menyambungkan kabel power supply ke listrik.
- e. Hidupkan saklar pada alat pendingin dan mengamati data pada tampilan LCD.

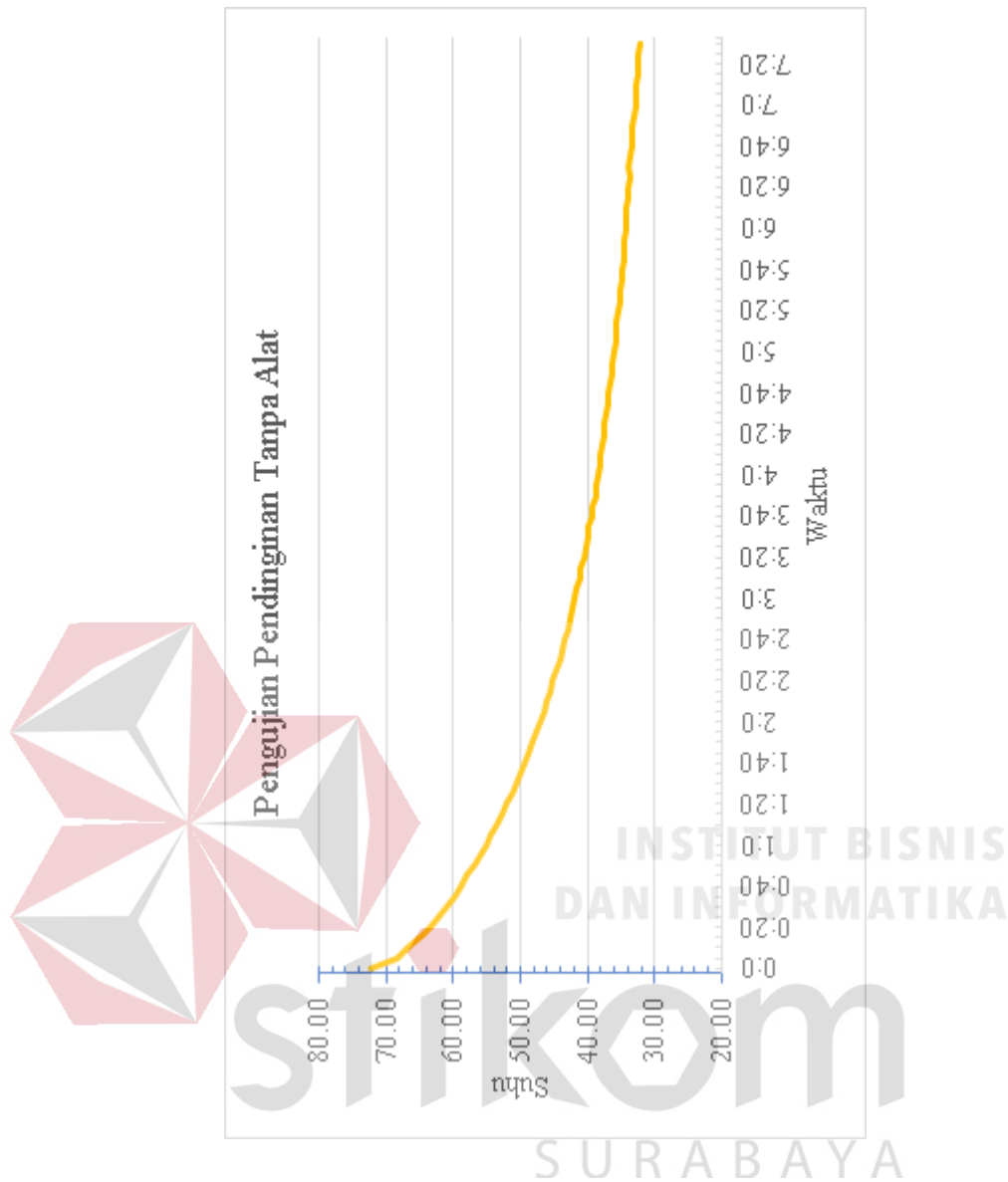
#### 4.7.4. Hasil Pengujian Otomatisasi Sistem

Terdiri dari beberapa pengujian yang dilakukan oleh penulis untuk mengetahui kinerja sistem. Pengujian pertama yang dilakukan adalah memasukkan program pada Arduino UNO, dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 4. 8 Berhasil Mengunggah Program Otomatisasi ke dalam Arduino.

Pengujian berikutnya adalah mencari data durasi pendinginan susu tanpa mendapatkan perlakuan apapun. Data suhu diambil menggunakan termometer digital. Volume susu yang digunakan dalam pengujian adalah 1 liter. Pengujian dilakukan menggunakan panci tertutup dan dibiarkan begitu saja sampai suhu pada termometer yang dicelupkan pada panci menunjukkan suhu ruangan sekitar yaitu 32.5 derajat celcius. Data hasil pengujian pendinginan susu tanpa mendapatkan perlakuan apapun bisa dilihat pada Gambar 4. 9 berikut ini.

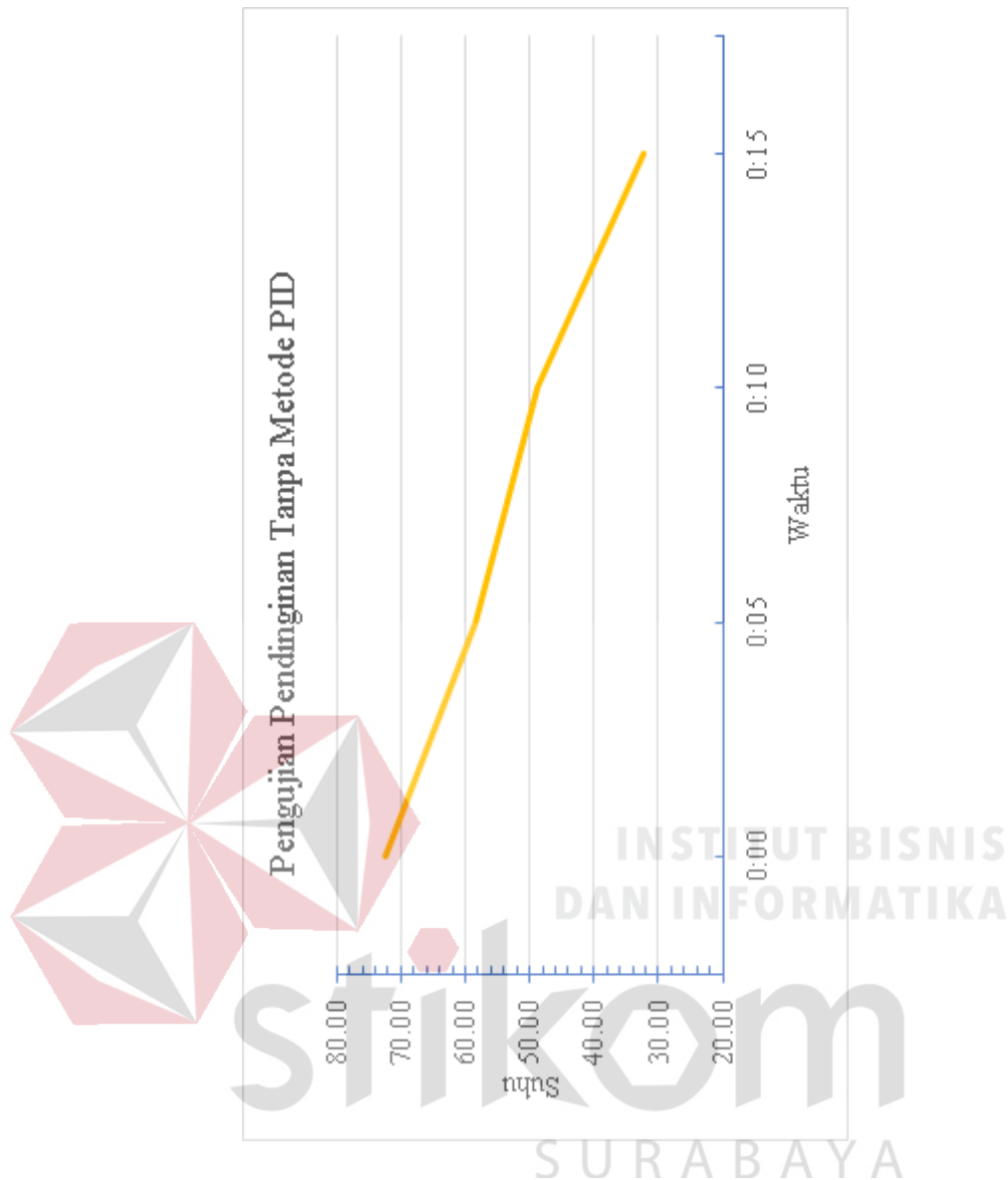


Gambar 4. 9 Hasil Pengujian Pendinginan Tanpa Alat

Pada Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pendinginan susu sampai sesuai dengan temperatur ruangan  $32.5^{\circ}\text{C}$  dan tanpa mendapatkan perlakuan apapun adalah 7 jam 20 menit. Detail data angka berupa tabel dapat dilihat pada lampiran.

Tahap pengujian berikutnya adalah pendinginan menggunakan alat pendingin tanpa menggunakan metode PID. Data hasil pengujian pendinginan susu dapat di lihat pada Gambar 4.10 berikut ini.

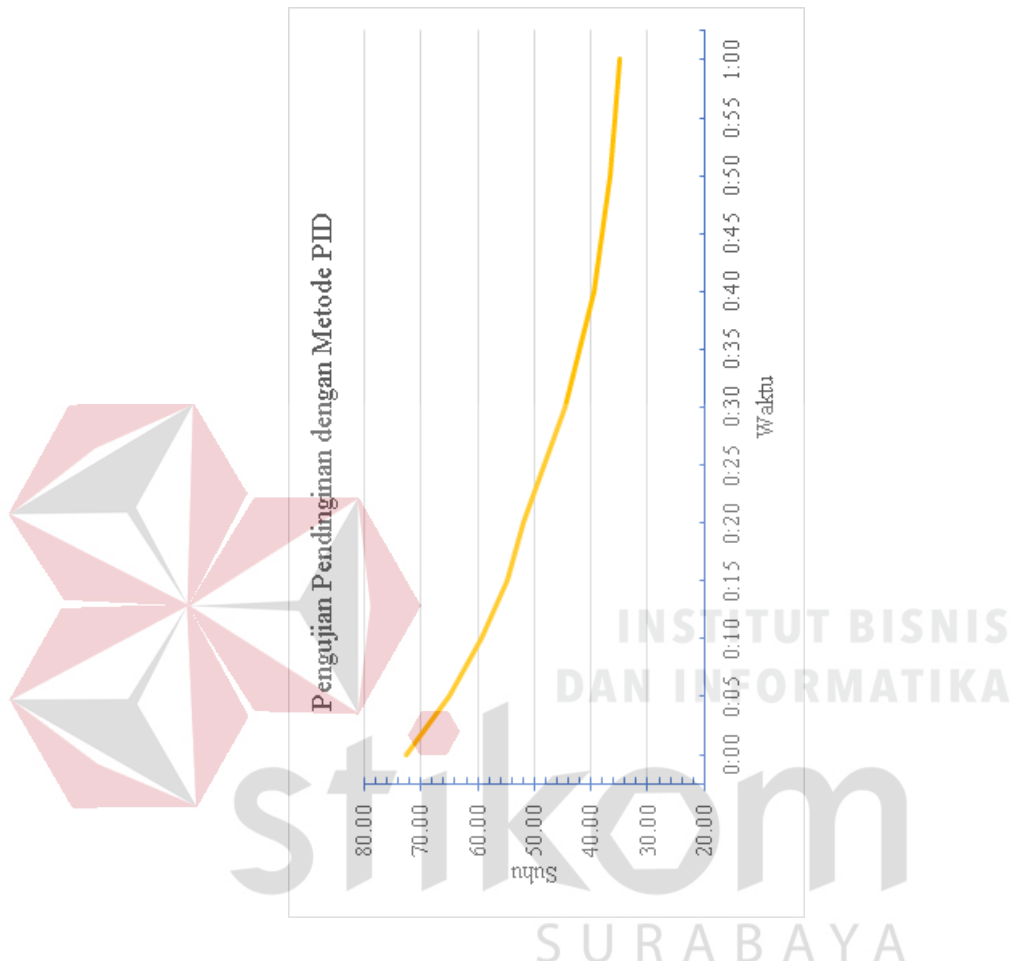




Gambar 4. 10 Hasil Pengujian Pendinginan Tanpa Metode PID

Pada Gambar 4.10 menunjukkan hasil pada pengujian sistem pendinginan susu menggunakan alat pendingin tanpa menggunakan metode PID. Waktu pendinginan diambil dari mulai berjalannya proses pendinginan sampai suhu susu sama dengan suhu air pendingin. Lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pendinginan susu sampai sesuai dengan temperatur ruangan  $32.5^{\circ}\text{C}$  adalah 15 menit.

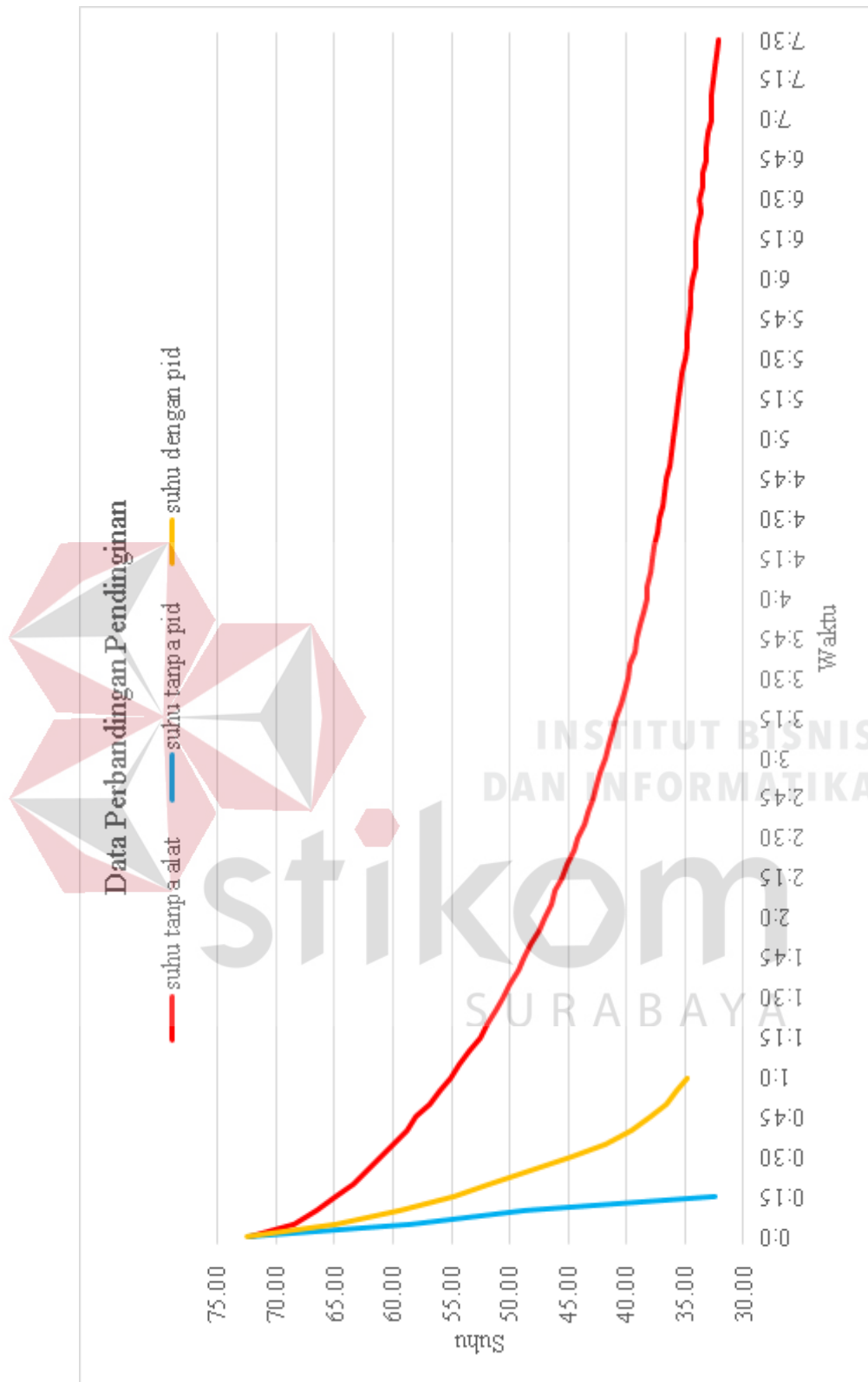
Tahap pengujian terakhir adalah pendinginan menggunakan alat pendingin dengan menggunakan metode PID. Data hasil pengujian pendinginan susu dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut ini.



Gambar 4. 11 Hasil Pengujian Pendinginan dengan Metode PID

Pada Gambar 4.11 menunjukkan hasil pada pengujian sistem pendinginan susu menggunakan alat pendingin dengan menggunakan metode PID. Waktu pendinginan diambil dari mulai berjalannya proses pendinginan sampai suhu susu sama dengan suhu air pendingin. Lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pendinginan susu sampai sesuai dengan temperatur ruangan  $32.5^{\circ}\text{C}$  adalah 1 jam.

Perbandingan data pada beberapa proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut ini.



Gambar 4. 12 Hasil Perbandingan Proses Pengujian Pendinginan

Pada Gambar 4.12 menunjukkan perbandingan data hasil pengujian. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa proses pendinginan menggunakan alat menjadi lebih cepat.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

Berdasarkan pengujian pada sistem yang dirancang dalam Tugas Akhir ini, maka ada beberapa kesimpulan dan saran dari hasil yang diperoleh.

#### **5.1. Kesimpulan**

1. Penerapan otomatisasi sistem pendinginan susu hasil pasteurisasi menggunakan mikrokontroler Arduino UNO sebagai pusat kendali berjalan dengan baik.
2. Pengujian *solenoid valve* berjalan dengan baik, volume susu yang masuk pada bak pendingin sesuai dengan yang ditentukan. *Solenoid valve* bekerja dengan baik saat dijalankan oleh program pada sistem.
3. Proses pendinginan susu tanpa mendapatkan perlakuan apapun dari suhu 72°C sampai dengan temperatur ruangan 32.5°C adalah 7 jam 20 menit.
4. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk proses pendinginan menggunakan aliran air pendingin dari bawah ke atas dengan Metode PID adalah 1 jam 25 menit.
5. Menurut hasil pengujian selanjutnya, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk proses pendinginan menggunakan aliran air dari bawah ke atas tanpa Metode PID menurut hasil pengujian adalah 11 menit 3 detik.
6. Pendinginan yang dilakukan menggunakan alat lebih cepat daripada pendinginan manual pada wadah tertutup. Selisih waktu pendinginan manual dengan pendinginan menggunakan alat adalah 5 jam 55 menit.

7. Proses pendinginan tanpa menggunakan metode PID memiliki durasi lebih singkat daripada pengujian yang lainnya tetapi berdampak pada kenaikan suhu air pendingin lebih cepat.

## 5.2. Saran

Adapun saran untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian Tugas Akhir ini yaitu:

1. Penggantian *solenoid valve* yang lebih besar agar mempercepat perpindahan aliran susu.
2. Penambahan sensor suhu pada bak air pendingin agar mudah mengetahui kapan saatnya diganti.
3. Penambahan sistem penguras air pada bak air pendingin yang lebih mudah.
4. Pembuatan sistem pengemasan dari hasil pendinginan sistem ini.
5. Menambahkan tombol untuk mengulang otomatis proses pendinginan susu.

## DAFTAR PUSTAKA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1996. *Official Methods of Analysis, 16th Ed.* Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC.
- Bachtiar, PAP. 2018. Kendali Temperatur Menggunakan PID Untuk Sistem Pasteurisasi Susu. *JCONES* (2018).
- Candraswari, R. 2017. Ini Bahayanya Membungkus Makanan Panas Dengan Plastik. <https://helohehat.com/hidup-sehat/fakta-unik/membungkus-makanan-panas-dengan-plastik>. 19 September 2018.
- Darmawan, I. 2008. Merawat dan Memperbaiki Mobil Bensin. Puspa Swara. Jakarta.
- Faudin, A. 2017. Mengenal, Apa itu Arduino Uno. <https://www.nyebarilmu.com/mengenal-apa-itu-arduino-uno/>. 27 Desember 2018.
- Jorgensen, H.J., T. Mork, H.R. Hogasen, and L.M. Rorvik. 2005. Enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in bulk milk in Norway. *J. Appl. Microbiol.* (99): 158–166.
- Kho, D. 2017. Pengertian Motor DC dan Prinsip Kerjanya. <https://teknikelektronika.com/pengertian-motor-dc-prinsip-kerja-dc-motor>. 8 September 2018.
- \_\_\_\_\_. 2018. Pengertian LCD (*Liquid Crystal Display*) dan Prinsip Kerja LCD. <https://teknikelektronika.com/pengertian-lcd-liquid-crystal-display-prinsip-kerja-lcd/>. 27 Desember 2018.
- Murti, T.W., H. Purnomo dan S. Usmiati. 2009. *Pascapanen Dan Teknologi Pengolahan Susu*. Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian, Bogor. Hlm 259-599.
- Nikiuluw, R. 2018. Kendali Suhu Menggunakan Fuzzy Logic Untuk Sistem Pasteurisasi Susu. *JCONES* (2018).
- Robert, D., W. Hooper, and W. Greenwood. 1995. Public health laboratory service London. *Practical Food Microbiol.* (1): 40– 43.
- Sarati, A. 1999. *Pemeriksaan angka kuman dan jenis kuman Salmonella pada air susu sapi segar yang diperoleh dari loper/penjual di kota Semarang*. Skripsi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro, Semarang.

- Soesatyo, B. 2018. Generasi Milenial dan Era Industri 4.0. <https://news.detik.com/kolom/3981811/generasi-milenial-dan-era-industri-40>. 27 Desember 2018.
- Suhinar. 2018. Cara Kerja Relay, Komponen dan Fungsinya. <https://www.listrik-praktis.com/2018/05/cara-kerja-relay-komponen-dan-fungsinya.html>. 27 Desember 2018.
- Suprianto. 2015. Pengertian dan Prinsip Kerja Solenoid Valve. <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-dan-prinsip-kerja-solenoid-valve/>. 27 Desember 2018.
- Suranata, A. 2016. Cara Menggunakan Sensor Suhu Digital DS18B20 di Raspberry Pi. <https://tutorkeren.com/artikel/cara-menggunakan-sensor-suhu-digital-ds18b20-di-raspberry-pi.htm>. 27 Desember 2018.
- Wardana, A.S. 2012. *Teknologi Pengolahan Susu*. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Slamet Riyadi. Surakarta
- Widodo. 2018. *BAKTERI ASAM LAKTAT STRAIN LOKAL: Isolasi sampai Aplikasi sebagai Probiotik dan Starter Fermentasi Susu*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.