



**RANCANG BANGUN MESIN PASTEURISASI SUSU DENGAN
TEKNOLOGI BERBASIS GELOMBANG MIKRO**

TUGAS AKHIR

**Program Studi
S1 Sistem Komputer**

**INSTITUT BISNIS
DAN INFORMATIKA**

stikom
SURABAYA

Oleh:

DIMAS BAYU PRATAMA

14.41020.0037

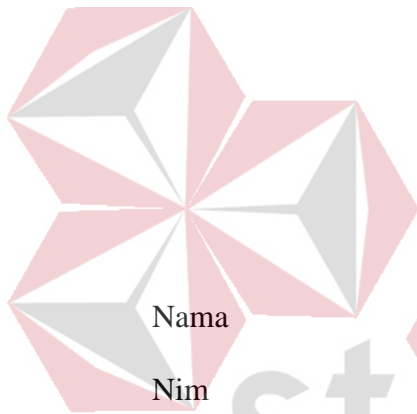
**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA
INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA
2018**

**RANCANG BANGUN MESIN PASTEURISASI SUSU DENGAN
TEKNOLOGI BERBASIS GELOMBANG MIKRO**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan

Program Sarjana Komputer



Disusun Oleh :

Nama : Dimas Bayu Pratama
Nim : 14.41020.0037
Program : S1 (Strata Satu)
Jurusan : Sistem Komputer

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

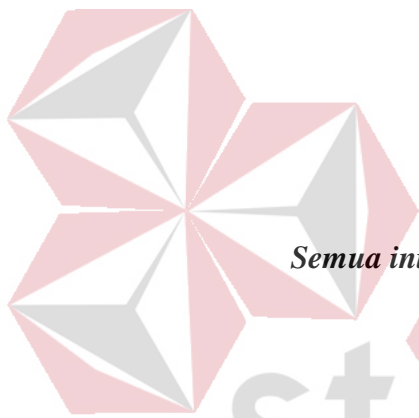
2018



“DON'T LET BULLSHIT STRESS YOU”

- Dimas Bayu Pratama -

INSTITUT BISNIS
DAN INFORMATIKA
stikom
SURABAYA



Semua ini saya persembahkan kepada

Allah SWT

*Papa, Mama, Adik serta seluruh keluarga yang selalu memberi semangat
dan motivasi disetiap harinya*

*Rizka, Sahabat DT, dan seluruh orang yang selalu menemani dan mau
mendukung saya untuk menjadi lebih baik lagi*

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN MESIN PASTEURISASI SUSU DENGAN TEKNOLOGI BERBASIS GELOMBANG MIKRO

Dipersiapkan dan disusun oleh
Dimas Bayu Pratama
NIM : 14.41020.0037

Telah diperiksa, diuji dan disetujui oleh Dewan Penguji

Pada : Agustus 2018

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing

I. Dr. Susijanto Tri Rasmana, S.Kom., M.T.

NIDN. 0727097302


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

NIDN. 0729047501

Pembahas

I. Heri Pratikno, M.T.



NIDN. 0716117302



13/08 2018

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

untuk memperoleh gelar Sarjana


FAKULTAS TEKNOLOGI
DAN INFORMATIKA

15/8

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 : Dimas Bayu Pratama
NIM : 14410200037
Program Studi : SI Sistem Komputer
Fakultas : Fakultas Teknologi dan Informatika
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : **RANCANG BANGUN MESIN PASTEURISASI SUSU
DENGAN TEKNOLOGI BERBASIS GELOMBANG MIKRO**

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 kesarjanaan yang telah diberikan kepada saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, Agustus 2018

Yang menyatakan



Dimas Bayu Pratama
NIM : 14.41020.0037

ABSTRAK

Pasteurisasi adalah proses pemanasan dengan tujuan mencegah kerusakan susu akibat aktivitas mikroorganisme perusak (patogen) dengan tetap menjaga kualitas nutrisi susu. Tetapi kebanyakan pasteurisasi yang sering digunakan saat ini yaitu pemanasan konveksi yang menggunakan kompor. Sedangkan penggunaan *microwaves* dalam pasteurisasi susu lebih menjamin untuk terjadinya kerusakan pada susu dan lebih banyak membunuh mikroorganisme patogen.

Pada penelitian ini penulis akan membuat sistem otomatis pasteurisasi susu menggunakan gelombang mikro yang secara otomatis terintegrasi dengan mikrokontroler. Diharapkan dengan adanya rancang bangun mesin pasteurisasi ini, mampu meningkatkan kualitas dan daya simpan dari susu. Komponen elektro pada mesin pasteurisasi susu yang akan digunakan antara lain Arduino UNO, sensor Pt100, *push button*, dan LCD 16x2 serta menggunakan aktuator seperti *microwaves* dan *solenoid valve*.

Pengujian akan dilakukan pada sistem apakah mikrokontroler dapat mengontrol waktu dan mengontrol temperatur agar tidak melebihi batas maksimum dan batas minimum dari mode yang telah dipilih. Mode yang akan digunakan pada mesin pasteurisasi susu ini adalah HTST (*High Temperature Short Time*) dengan pemanasan susu pada suhu 72°C-76°C selama 15-16 detik.

Kata Kunci : Pasteurisasi, Susu, *Microwaves*, HTST.

KATA PENGANTAR

Pertama-tama penulis panjatkan puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat izin, Rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan judul “**RANCANG BANGUN MESIN PASTEURISASI SUSU DENGAN TEKNOLOGI BERBASIS GELOMBANG MIKRO**” yang merupakan salah satu syarat menempuh Tugas Akhir pada Program Studi S1 Sistem Komputer di Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya. Shalawat serta salam tidak lupa selalu penulis panjatkan kepada Rasulullah SAW.

Di dalam buku Laporan Tugas Akhir ini dilakukan pembahasan mengenai pembuatan sistem otomatisasi pasteurisasi susu menggunakan teknologi berbasis gelombang mikro. Harapan penulis semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat untuk menambah wawasan bagi pembacanya. Penulis juga menyadari dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan.

Dalam usaha menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik moral maupun materi. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Allah SWT, karena rahmat dan karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua, Adik, dan Seluruh Keluarga tercinta yang selalu memberi dukungan dan motivasi baik moral dan juga materiil kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

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 Dr. Susijanto Tri Rasmana, S.Kom., M.T. dan Bapak Pauladie Susanto, S.Kom., M.T., selaku Dosen Pembimbing. Terima kasih atas bimbingan yang diberikan sehingga penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
6. Bapak Heri Pratikno, M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberi masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Rizka Hasna Marita yang selalu mendampingi dan membantu penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
8. Sahabat-sahabat DT yang selalu memotivasi, dan selalu mendukung penulis untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman seperjuangan S1 Sistem Komputer angkatan 2014 yang selalu memberi semangat dan motivasi kepada penulis.
10. Pengurus Himpunan Mahasiswa S1 Sistem Komputer yang selalu memotivasi penulis untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Semua Staf Dosen yang telah mengajar dan memberikan ilmunya.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu yang telah membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung.

Banyak hal dalam laporan Tugas Akhir ini yang masih perlu diperbaiki lagi. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang dapat membangun dari semua pihak agar dapat menyempurnakan penulisan ini ke depannya. Penulis juga memohon maaf yang besar jika terdapat kata-kata yang salah serta menyinggung perasaan pembaca. Akhir kata penulis ucapkan banyak terima kasih yang besar kepada para pembaca, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Agustus 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN SYARAT	ii
MOTTO.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Susu	7
2.1.1 Manfaat dan Nilai Gizi Susu	7
2.1.2 Komposisi Susu Sapi.....	8
2.1.3 Mikrobiologi Susu.....	11
2.1.4 Ketahanan Mikrobiologi Terhadap Pemanasan	11
2.2 Pasteurisasi	12

2.3	Gelombang Mikro (<i>Microwaves</i>)	14
2.4	Arduino UNO	15
2.5	<i>Software</i> Arduino IDE	18
2.6	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	20
2.7	<i>Relay</i>	25
2.8	<i>Solenoid Valve</i>	27
2.9	Sensor Suhu RTD Pt100	29
BAB III METODE PENELITIAN		31
3.1	Rancangan Penelitian	31
3.2	Pengumpulan Teori dan Literatur	32
3.3	Tahap Perencanaan	32
3.3.1	Perencanaan Mekanik	32
3.3.2	Perencanaan Sistem Kendali	37
3.4	Tahap Pembuatan Mekanik dan Sistem Kendali	39
3.3.3	Pembuatan Sistem Kendali	39
3.3.4	<i>Software</i> Sistem Kendali	40
3.3.5	Kalibrasi Sensor Pt100	43
3.3.6	Pembuatan Mekanik	47
3.3.7	Ukuran Dimensi Mesin Pasteurisasi Susu	49
3.3.8	Struktur Material Mesin Pasteurisasi Susu	49
3.5	Pengujian Mekanik Dan Sistem Kendali	50
3.4.1	Pengujian Arduino UNO	50
3.4.2	Pengujian Sensor Pt100	51
3.4.3	Pengujian LCD	51
3.4.4	Pengujian <i>Microwaves</i>	52
3.4.5	Pengujian <i>Solenoid Valve</i>	52

3.4.6	Pengujian Otomatisasi Sistem.....	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		55
4.1	Pengujian Arduino UNO	55
4.1.1	Tujuan Pengujian Arduino UNO.....	55
4.1.2	Alat dan Prosedur Pengujian Arduino UNO	55
4.1.3	Hasil Pengujian Arduino UNO	57
4.2	Pengujian Sensor Pt100.....	58
4.2.1	Tujuan Pengujian Sensor Pt100	58
4.2.2	Alat dan Prosedur Pengujian Sensor Pt100.....	58
4.2.3	Hasil Pengujian Sensor Pt100	61
4.3	Pengujian LCD	62
4.3.1	Tujuan Pengujian LCD.....	62
4.3.2	Alat dan Prosedur Pengujian LCD	62
4.3.3	Hasil Pengujian LCD	64
4.4	Pengujian <i>Microwave</i>	66
4.4.1	Tujuan Pengujian <i>Microwaves</i>	66
4.4.2	Alat dan Prosedur Pengujian <i>Microwaves</i>	66
4.4.3	Hasil Pengujian <i>Microwaves</i>	68
4.5	Pengujian <i>Solenoid Valve</i>	76
4.5.1	Tujuan Pengujian <i>Solenoid Valve</i>	76
4.5.2	Alat dan Prosedur Pengujian <i>Solenoid Valve</i>	76
4.5.3	Hasil Pengujian <i>Solenoid Valve</i>	78
4.6	Pengujian Otomatisasi Sistem	81
4.6.1	Tujuan Pengujian Otomatisasi Sistem.....	81
4.6.2	Alat dan Prosedur Pengujian Otomatisasi Sistem	81
4.6.3	Hasil Pengujian Otomatisasi Sistem	83

BAB V PENUTUP.....	92
5.1 Kesimpulan.....	92
5.2 Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN.....	97
BIODATA.....	106



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Segelas Susu Sapi Segar.....	8
Gambar 2.2. Arduino UNO.....	16
Gambar 2.3. Simbol Arduino IDE.....	18
Gambar 2.4. Tampilan <i>Software</i> Arduino IDE.....	19
Gambar 2.5. LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	20
Gambar 2.6. Modul <i>Relay</i>	25
Gambar 2.7. (a) <i>Relay</i> . (b) Bagian Dalam <i>Relay</i>	25
Gambar 2.8. <i>Solenoid Valve</i>	27
Gambar 2.9. Sensor Suhu RTD Pt100.....	29
Gambar 2.10. Rangkaian Pembagi Potensial Sederhana Sensor Pt100.....	30
Gambar 2.11. <i>Datasheet</i> Sensor Pt100.....	30
Gambar 3.1. Bagan Rancangan Penelitian.....	31
Gambar 3.2. Alur Kerja Mekanik.....	33
Gambar 3.3. Rancangan Mekanik Mesin Pasteurisasi Susu.....	34
Gambar 3.4. Tabung <i>Input</i> Mesin Pasteurisasi Susu.....	35
Gambar 3.5. Sistem Pemanas Pada Mesin Pasteurisasi Susu.....	35
Gambar 3.6. Tabung <i>Output</i> Mesin Pasteurisasi Susu.....	36
Gambar 3.7. Diagram Perencanaan Sistem Kendali.....	37
Gambar 3.8. <i>Flowchart</i> Metode HTST.....	38
Gambar 3.9. Rangkaian Sistem Kendali.....	39
Gambar 3.10. Diagram Sistem Kendali.....	40
Gambar 3.11. <i>Flowchart</i> Metode HTST.....	41

Gambar 3.12. Grafik Linieritas Suhu dan Resistansi.....	44
Gambar 3.13. Rangkaian Pembangkit Tegangan Sensor Pt100.....	45
Gambar 3.14. Rangkaian Elektro Mesin Pasteurisasi Susu	47
Gambar 3.15. Mekanik Mesin Pasteurisasi Suhu.....	48
Gambar 4.1. Berhasil <i>Upload</i> Program Pada Arduino UNO	57
Gambar 4.2. Hasil Dari <i>Serial Monitor</i>	57
Gambar 4.3. Berhasil <i>Upload</i> Program Sensor Pt100.....	60
Gambar 4.4. Hasil Termometer Digital.....	61
Gambar 4.5. Hasil Sensor Pt100	61
Gambar 4.6. Berhasil <i>Upload</i> Program LCD 16x2.....	64
Gambar 4.7. Hasil Dari LCD 16x2	65
Gambar 4.8. Berhasil <i>Upload</i> Program <i>Microwaves</i>	68
Gambar 4.9. Hasil Pengujian Pertama Pada <i>Microwaves</i>	68
Gambar 4.10. Hasil Percobaan 5 Menit	75
Gambar 4.11. Hasil Percobaan 7,5 Menit	75
Gambar 4.12. Berhasil <i>Upload</i> Program <i>Solenoid Valve</i>	78
Gambar 4.13. Hasil Pengujian Pertama <i>Solenoid Valve</i>	79
Gambar 4.14. Berhasil <i>Upload</i> Program Otomatisasi Sistem Pada Arduino.....	83
Gambar 4. 15. Alur Waktu Pada Pemanasan 7 Menit 30 Detik.....	88

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Komposisi Kimiawi Rata-Rata Susu Sapi	8
Tabel 2.2. Indeks <i>Board</i> Arduino UNO	17
Tabel 2.3. Konfigurasi <i>Pin</i> LCD	22
Tabel 2.4. Instruksi-Instruksi Dalam Pengoperasian LCD	23
Tabel 2.5. Keterangan Dari Fungsi S/C dan R/L	24
Tabel 3.1. Hasil Termometer Digital dan Sensor Pt100	46
Tabel 4.1. Percobaan 10 Kali Pada Sensor Pt100	62
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Pada LCD 16x2	65
Tabel 4.3. Percobaan Pada Volume 100 ml	70
Tabel 4.4. Percobaan Kedua Pada Volume 100 ml	71
Tabel 4.5. Percobaan Pada Volume 300 ml	72
Tabel 4.6. Percobaan Pada Volume 500 ml	72
Tabel 4.7. Rangkuman Semua Percobaan Pada <i>Microwaves</i>	73
Tabel 4.8. Hasil Pengujian <i>Solenoid Valve</i> Untuk Menuangkan Susu 500 ml	80
Tabel 4.9. Hasil Percobaan 10 Kali Pada <i>Solenoid Valve</i>	80
Tabel 4.10. Tabel Pengujian <i>Push Button</i> Pada Otomatisasi Sistem	83
Tabel 4.11. Pengujian <i>Solenoid Valve 1</i> Pada Otomatisasi Sistem	84
Tabel 4.12. Hasil Pasteurisasi Susu Selama 5 Menit	85
Tabel 4.13. Hasil Pasteurisasi Susu Selama 6 Menit	86
Tabel 4.14. Hasil Pasteurisasi Susu Selama 7 Menit	87
Tabel 4.15. Hasil Pasteurisasi Susu Selama 7 Menit 30 Detik	88
Tabel 4.16. Hasil Pengujian Fase Pasteurisasi Susu	89

Tabel 4.17. Hasil *Solenoid Valve* 2 Menahan Susu Saat Proses Pasteurisasi 90

Tabel 4.18. Hasil *Solenoid Valve* 2 Mengeluarkan Susu Pada Tabung *Output* 90



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dewasa ini, susu memiliki banyak sekali fungsi dan tentunya manfaat bagi tubuh kita. Untuk usia produktif susu dapat membantu pertumbuhan dengan cepat, sedangkan untuk usia lanjut susu dapat membantu menopang tulang agar terhindar dari osteoporosis. Menurut Mutamimah L. (2013), susu juga mengandung berbagai zat gizi yang diperlukan oleh tubuh manusia, karena didalamnya mengandung unsur kimia yang dibutuhkan oleh tubuh seperti kalsium, fosfor, vitamin A, vitamin B, dan Riboflavin yang tinggi. Susu memiliki kandungan nutrisi yang tinggi juga, dimana komposisi susu terdiri dari air (87,1%), laktosa (5%), lemak (3,3%), protein (3,3%), dan mineral (0,7%). Dan susu yang rentan akan kontaminasi bakteri akan memerlukan pengolahan agar tidak mudah rusak.

Kandungan zat gizi lengkap yang dapat menjadikan susu sebagai makanan yang ideal. Mengingat peran susu yang sangat penting bagi tubuh, khususnya pada usia produktif yang masih dalam tahap pertumbuhan, susu merupakan kebutuhan yang sangat potensial dalam tubuh. Nilai gizi dan nutrisi yang tinggi juga menyebabkan susu sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan pada tubuh.

Susu segar adalah air susu hasil pemerahan yang tidak dikurangi atau ditambahkan bahan apapun yang diperoleh dari pemerahan sapi yang sehat. Susu merupakan bahan minuman yang sesuai untuk kebutuhan hewan dan manusia karena mengandung zat gizi dengan perbandingan yang optimal, mudah dicerna, dan tidak ada sisa yang dibuang. Kriteria air susu yang baik sebagai berikut: (1)

bebas dari bakteri patogen, (2) bebas dari zat-zat berbahaya ataupun toxin seperti insektisida, (3) tidak tercemar oleh debu ataupun kotoran, (4) zat gizi yang tidak menyimpang dari *codex* air susu, (5) dan memiliki cita rasa normal. Menurut Everitt (2002) faktor yang harus diperhatikan adalah higienitasnya dengan cara melindungi susu dari kontak langsung ataupun tidak langsung dari sumber yang dapat mencemari air susu selama pengumpulan, dan proses pemasakan. Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk mencegah kerusakan pada susu adalah dengan cara pasteurisasi.

Pasteurisasi adalah proses pemanasan dengan tujuan mencegah kerusakan susu akibat aktivitas mikroorganisme perusak (patogen) dengan tetap menjaga kualitas nutrisi susu. Menurut Abubakar dkk (dalam Herendra, 2009) bahwa pasteurisasi adalah proses sterilisasi bahan baku yang tidak tahan panas seperti susu. Pasteurisasi tidak mematikan semua mikroorganisme tetapi hanya mematikan bakteri yang patogen dan yang tidak membentuk spora. Proses ini sering diikuti teknik lain seperti pendinginan. Menurut Setya (2012) metode pasteurisasi yang umum digunakan adalah sebagai berikut: (1) pasteurisasi dengan suhu tinggi dan waktu singkat (*High Temperature Short Time/HTST*), yaitu proses pemanasan susu selama 15–16 detik pada suhu 72°C – 76°C , (2) pasteurisasi dengan suhu rendah dan waktu lama (*Low Temperature Long Time/LTLT*), yaitu proses pemanasan susu pada suhu 61°C – 62°C selama 30 menit, (3) pasteurisasi dengan suhu sangat tinggi (*Ultra High Temperature/UHT*) yaitu memanaskan susu pada suhu 131°C selama 0,5 detik.

Microwaves bekerja dengan melewati radiasi gelombang mikro pada molekul air, lemak, maupun gula yang sering terdapat pada bahan makanan.

Molekul-molekul ini akan menyerap energi elektromagnetik tersebut. Proses penyerapan energi ini disebut sebagai pemanasan dielektrik (*dielectric heating*). Molekul-molekul pada makanan bersifat elektrik dipol (*electric dipoles*), artinya molekul tersebut memiliki muatan negatif pada satu sisi dan muatan positif pada sisi yang lain. Akibatnya, dengan kehadiran medan elektrik yang berubah-ubah yang diinduksikan melalui gelombang mikro pada masing-masing sisi akan berputar untuk saling menyejajarkan diri satu sama lain. Pergerakan molekul ini akan menciptakan panas seiring dengan timbulnya gesekan antara molekul yang satu dengan molekul lainnya. Energi panas yang dihasilkan oleh peristiwa inilah yang berfungsi sebagai media pemanasan susu.

Radiasi gelombang elektromagnetik telah lama diteliti mampu membunuh bakteri, inaktivasi enzim dan merusak spora di dalam susu. Radiasi gelombang mikro mampu diserap oleh kandungan air tanpa memengaruhi nutrisi di dalam susu. Hal ini menyebabkan energi kinetik dalam komponen sehingga terjadi peningkatan temperatur susu secara tiba-tiba namun suhu susu tetap terjaga kurang dari 60°C sehingga mencegah adanya denaturasi protein.

Sehingga dalam penelitian ini, penulis akan membuat mesin pasteurisasi susu yang didesain dengan menggunakan teknologi berbasis gelombang mikro. Pada penelitian ini penulis menggunakan gelombang mikro sebagai alat pemanas pada proses pasteurisasi susu. Diharapkan dengan adanya rancang bangun mesin pasteurisasi ini, mampu meningkatkan kualitas dan daya simpan dari susu.

Dalam melakukan pencegahan kerusakan pada susu, penulis merancang sebuah mesin pasteurisasi susu agar proses pembuatannya dapat dilakukan secara otomatis yang terintegrasi dengan mikrokontroler, dimana segala pemrosesannya

dilakukan oleh mikrokontroler sehingga dapat mengaturnya dengan mudah. Penulis akan membuat mesin pasteurisasi susu yang didesain dengan menggunakan teknologi berbasis gelombang mikro yang digunakan sebagai alat pemanas pada proses ini. Diharapkan dengan adanya rancang bangun mesin pasteurisasi ini, mampu meningkatkan kualitas dan daya simpan dari susu.

1.2 Rumusan Masalah

Dari permasalahan yang diuraikan diatas, dapat dirumuskan permasalahan yang dihadapi yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana menerapkan teknologi berbasis gelombang mikro dalam pembuatan pasteurisasi susu.
2. Bagaimana mengontrol temperatur pemanas pada proses pasteurisasi susu agar dapat stabil sehingga temperatur yang diinginkan tidak melebihi batas maksimal ataupun batas minimal.
3. Bagaimana mengontrol waktu pada saat proses pasteurisasi berlangsung sesuai dengan mode yang sudah ditentukan agar tidak melebihi batas maksimal ataupun batas minimal.

1.3 Batasan Masalah

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

1. Alat ini di rancang untuk pengujian pada sistem saja, tidak sampai dilakukan pengujian kadar sterilisasi susu.
2. Menggunakan *magnetron* sebagai alat penghasil gelombang mikro.

3. Menggunakan mikrokontroler Arduino UNO sebagai pengatur segala pemrosesan dalam proses pembuatan pasteurisasi susu.
4. Menggunakan sensor suhu Pt100 (salah satu sensor suhu) sebagai pemantau suhu pada susu dalam proses pembuatan pasteurisasi susu.
5. Menggunakan *solenoid valve* sebagai penyalur susu dari tabung *input* ke sistem pemanas maupun dari sistem pemanas ke tabung *output*.
6. Menggunakan *relay* sebagai saklar untuk mengatur keluaran seperti pompa, dan pemanas.

1.4 Tujuan

Tujuan dari perancangan dan pembuatan prototipe pasteurisasi susu ini agar dapat berjalan secara otomatis yang terintegrasi mikrokontroler. Dimana segala proses dilakukan semua oleh mikrokontroler dengan menggabungkan teknologi gelombang mikro dalam pembuatan pasteurisasi susu.

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 secara singkat tentang susu, pasteurisasi, gelombang mikro, Arduino UNO, *software* Arduino

IDE, LCD, *relay*, *solenoid valve*, dan sensor suhu RTD Pt100 sebagai acuan pada penelitian Tugas Akhir.

BAB III METODE PENELITIAN

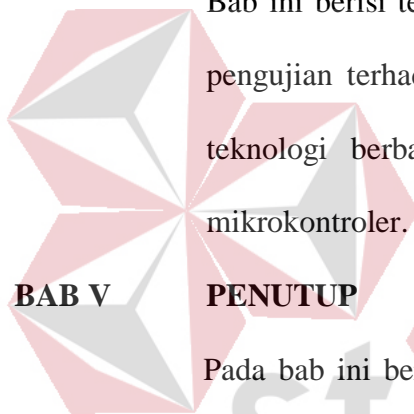
Pada bab ini dibahas tentang tahapan dalam pembuatan rancang sistem otomatisasi dengan menggabungkan *hardware* dan *software* dengan terdapat *rule-rule* yang telah diterapkan dan akan aktif atau mati sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pengujian sistem otomatisasi yang meliputi pengujian terhadap mesin pasteurisasi yang digabungkan dengan teknologi berbasis gelombang mikro dan terintegrasi dengan mikrokontroler.

BAB V PENUTUP

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



INSTITUT BISNIS
DAN INFORMATIKA

STIKOM
SURABAYA

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Susu

2.1.1 Manfaat dan Nilai Gizi Susu

Manusia membutuhkan makanan yang bergizi untuk kesehatan dan menopang aktivitas yang mereka lakukan sehari-hari. Kebutuhan gizi tersebut tidak hanya diperoleh dari bahan-bahan nabati saja tetapi juga dari hewani antara lain daging, telur dan yang tidak kalah penting adalah susu. Saat ini, susu tidak hanya dikonsumsi oleh anak-anak untuk membantu pertumbuhan mereka tetapi juga untuk orang dewasa. Susu dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan protein hewani dan juga kalsium. Selain itu susu juga mempunyai banyak manfaat untuk kesehatan tubuh manusia yang tidak terdapat pada bahan makanan lain. Susu merupakan cairan bergizi yang dihasilkan oleh kelenjar susu dari mamalia betina namun pembahasannya dalam buku yang penulis buat ini adalah susu sapi perah.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI, 2011) tentang susu segar bahwa susu segar (*raw milk*) adalah cairan yang berasal dari kambing sapi sehat dan bersih, yang diperoleh dengan cara pemerahan yang benar, yang kandungan alaminya tidak dikurangi atau ditambah sesuatu apapun dan belum mendapat perlakuan apapun kecuali pendinginan. Susu adalah hasil pemerahan sapi atau hewan menyusui lainnya yang dapat dimakan atau dapat digunakan sebagai bahan makanan yang

aman dan sehat serta tidak dikurangi komponen-komponennya atau ditambahkan bahan-bahan lain.



Gambar 2.1. Segelas Susu Sapi Segar

2.1.2 Komposisi Susu Sapi

Menurut Hadiwiyoto (1994) komposisi susu lebih lengkap dari pada bahan pangan lainnya, artinya komponen-komponen yang dibutuhkan oleh tubuh manusia semuanya terdapat dalam susu. Komponen-komponen utama yang terkandung dalam susu segar antara lain protein, lemak, hidrat arang, mineral, vitamin, dan air, seperti yang terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi Kimiawi Rata-Rata Susu Sapi

Komponen	Rata – Rata %
Protein	3,6
Lemak	3,7
Gula	4,8
Mineral	0,7
Air	87,2

1. Air

Air adalah komponen terbanyak dalam susu dengan jumlah mencapai 84-89%. Air merupakan tempat terdispersinya komponen-komponen susu yang lain. Komponen-komponen yang terdispersi secara molekuler adalah laktosa, garam-garam mineral dan beberapa vitamin (Hadiwiyoto, 1994).

2. Karbohidrat

Laktosa merupakan karbohidrat yang menyebabkan susu terasa manis. Kandungan laktosa dalam susu adalah 4,5%. Hadiwiyoto (1994) menjelaskan bahwa komposisi susu sangat lengkap, seperti karbohidrat, laktosa, protein, lemak, vitamin dan air.

3. Lemak

Susu merupakan sebuah emulsi lemak dalam air yang di dalamnya terkandung gula, garam-garam mineral dan protein dalam bentuk suspensi koloidal. Lemak terdapat di dalam susu dalam bentuk jutaan bola kecil dan berdiameter antara 1-20 (Varnam dan Sutherland, 1994).

4. Protein

Susu merupakan salah satu sumber protein hewani yang memiliki daya cerna tinggi dan kaya akan protein, laktosa, mineral dan vitamin. Protein susu terdiri atas kasein, laktalbumin dan laktoglobulin. Kasein merupakan protein yang terbanyak jumlahnya daripada laktalbumin dan laktoglobulin. Namun di samping ketiga jenis protein tersebut terdapat pula protein lainnya sebagai enzim dan immunoglobulin. Protein dalam susu dapat dibedakan menjadi dua kelompok utama yaitu kasein dan whey. Kasein adalah protein yang dapat diendapkan oleh

asam dan enzim rennin, sedangkan whey adalah protein yang dapat terdenaturasi oleh panas dengan suhu sekitar 65°C (Varnam dan Sutherland, 1994).

5. Enzim

Susu mengandung beberapa enzim, diantaranya lipase, fosfatase, peroksidase, katalase, galaktose, dehidrogenase dan laktose. Enzim utama yang normal terdapat di dalam susu adalah laktoperoksidase, ribonuklease, antinoksidase, katalase, aldolase, laktase dan kelompok fosfatase, lipase, esterase, protease, amilase dan oksidase. Enzim-enzim yang berfungsi sebagai indikator panas adalah fosfatase dan peroksidase dan enzim yang menyebabkan kerusakan adalah lipase (Varnam dan Sutherland, 1994).

6. Vitamin

Vitamin yang terdapat dalam susu adalah vitamin yang larut dalam lemak seperti vitamin A, D, E, K dan vitamin yang larut dalam air seperti vitamin B dan vitamin C (Varnam dan Sutherland, 1994). Winarno (1992) menyatakan bahwa susu mengandung vitamin A yang terlarut dalam lemak.

7. Mineral

Menurut Winarno (1992) susu mengandung mineral yang sangat sedikit, khususnya besi. Susu merupakan sumber phospor yang baik dan sangat kaya akan kalsium.

2.1.3 Mikrobiologi Susu

Bakteri adalah mikroorganisme yang sangat penting karena pengaruhnya yang membahayakan maupun yang menguntungkan. Bakteri tersebar luas di lingkungan, yaitu ada di udara, air, dan tanah, dalam usus binatang, pada lapisan yang lembab, pada mulut, hidung atau tenggorokan, pada permukaan tubuh atau tumbuhan. Beberapa bakteri bersifat ''*motil*'' artinya dapat melakukan pergerakan. Bakteri ini memiliki struktur yang menyerupai benang panjang yang disebut flagella yang tumbuh dalam membran sel (Gaman dan Sherrington, 1994).

Berikut adalah bakteri yang dianggap sebagai mikroba sahabat manusia karena dapat dimanfaatkan sebagai bahan dari pembuatan yoghurt, keju, susu fermentasi dan yang lainnya (Wahyudi dan Samsundari, 2008):

- a) Spesies *Lactobacillus*: *achidophilus*, *amylovorus*, *brevis*, *casei*, *caucasicus*, *crispatus*, *reuteri* dan lainnya.
- b) Spesies *bifidobacterium*: *adolescentis*, *bifisum*, *infantis*, *lactis*, *licheniformis*, *longun* dan lainnya.
- c) Bakteri asam laktat: *enterococcus faecium*, *lactococcus lactis*, *pediococcus*, *acidilactici* dan lainnya.
- d) Bakteri non asam laktat: *escherichia coli*, *strain nissle*, *saccharomyces cerevisiae* dan lainnya.

2.1.4 Ketahanan Mikrobiologi Terhadap Pemanasan

Ketahanan panas mikroorganisme bergantung pada sifat genetis (galur dan spesies) dan faktor-faktor lingkungan seperti medium (substrat) yang digunakan.

Pada umumnya temperatur ketahanan panas mikroba juga dipengaruhi oleh temperatur optimum pertumbuhannya.

2.2 Pasteurisasi

Pasteurisasi adalah sebuah proses pemanasan makanan dengan tujuan membunuh organisme merugikan seperti bakteri, protozoa, kapang, dan khamir dan suatu proses untuk memperlambat pertumbuhan mikroba pada makanan. Pasteurisasi bertujuan untuk menonaktifkan enzim-enzim dan memperpanjang daya simpan. Pasteurisasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu *Low Temperature Long Time* (LTLT) dengan suhu 63°C selama 30 menit, *High Temperature Short Time* (HTST) dengan suhu 72°C selama 15 detik, dan (*Ultra High Temperature* (UHT) yaitu memanaskan susu pada suhu 131°C selama 0,5 detik. Pasteurisasi dilanjutkan dengan proses pendinginan pada suhu 4°C sehingga menambah daya simpan susu.

Pasteurisasi adalah proses termal yang membunuh sebagian tetapi tidak semua mikroorganisme vegetatif dalam makanan dan akibatnya digunakan untuk makanan yang selanjutnya diproses atau disimpan dalam kondisi yang meminimalkan pertumbuhan. Dalam kasus susu, pasteurisasi digunakan untuk membunuh mikroorganisme patogen (Eubanks.D, 2003:27).

Prinsip pasteurisasi adalah pemanasan produk dalam waktu yang singkat sampai mencapai kombinasi temperatur dan waktu tertentu yang cukup untuk membunuh semua mikroorganisme patogen, tetapi hanya menyebabkan kerusakan sekecil mungkin terhadap produk akibat panas. Pasteurisasi biasanya dilakukan

pada produk yang mudah rusak apabila dipanaskan atau tidak dapat disterilisasi secara komersil termasuk susu.

Pasteurisasi membunuh semua mikroorganisme psikrofilik, mesofilik, dan sebagian yang bersifat termofilik. Biasanya pasteurisasi dipadukan dengan teknik penyimpanan pada temperatur rendah yang bertujuan untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme termofilik yang temperatur pertumbuhannya minimumnya cukup tinggi. Produk hasil pasteurisasi bila disimpan pada temperatur kamar hanya bertahan 1 sampai 2 hari sedang jika disimpan pada temperatur rendah dapat tahan satu minggu. Pasteurisasi memiliki beberapa tujuan, antara lain:

1. Untuk membunuh bakteri patogen, yaitu bakteri yang berbahaya karena dapat menimbulkan penyakit pada manusia. Bakteri pada susu yang bersifat patogen misalnya *Mycobacterium tuberculosis* dan *Coxiella burnetii* dan mengurangi populasi bakteri.
2. Untuk memperpanjang daya simpan bahan atau produk.
3. Dapat menimbulkan cita rasa yang lebih baik pada produk.
4. Pada susu proses ini dapat menon-aktifkan enzim fosfatase dan katalase yaitu enzim yang membuat susu cepat rusak.

Menurut Setya (2012) metode pasteurisasi yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pasteurisasi dengan suhu tinggi dan waktu singkat (*High Temperature Short Time/HTST*), yaitu proses pemanasan susu selama 15–16 detik pada suhu 72°C – 76°C .

2. Pasteurisasi dengan suhu rendah dan waktu lama (*Low Temperature Long Time/LTLT*), yaitu proses pemanasan susu pada suhu 61-62°C selama 30 menit.
3. Pasteurisasi dengan suhu sangat tinggi (*Ultra High Temperature/UHT*) yaitu memanaskan susu pada suhu 131°C selama 0,5 detik.

2.3 Gelombang Mikro (*Microwaves*)

Radiasi gelombang *microwaves* dapat merusak bakteri sampai struktur DNA bakteri sehingga dapat dipastikan semua bakteri patogen akan mati (Yaghmaee dkk, 2005). Pada tingkat yang merusak *E. coli* dan *Salmonella*, tidak ada efek pada kualitas susu. Kehilangan vitamin selama iradiasi makanan lebih rendah dibandingkan pengolahan dengan metode konvensional. Lebih dari 40 tahun penelitian ilmiah telah menunjukkan bahwa makanan iradiasi tidak menyebabkan kanker, mutasi genetik atau tumor.

Bacillus cereus, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *E. coli*, *Enterococcus*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteridis*, *Salmonella sofia*, *Proteus mirabilis* dan *Pseudomonas aeruginosa* dilaporkan merupakan bakteri yang mati dikarenakan paparan gelombang mikro (Datta dan Davidson 2000). Tidak ada patogen telah dilaporkan resisten terhadap *microwaves*.

Gelombang mikro dapat mengkatalisis reaksi oksidatif tertentu dalam membrane lipid yang mempengaruhi produk pada sel-sel selama pemanasan subletal. Woo dkk. (2000) mempelajari pengaruh radiasi gelombang mikro pada *E. coli* dan *Bacillus subtilis*, melaporkan bahwa pancaran gelombang mikro

menyebabkan kebocoran protein dan DNA, kerusakan pada permukaan sel dan dinding sel mikroorganisme serta penampilan bintik-bintik gelap dalam sel-sel bakteri merupakan mekanisme yang telah pasti membunuh mikroorganisme.

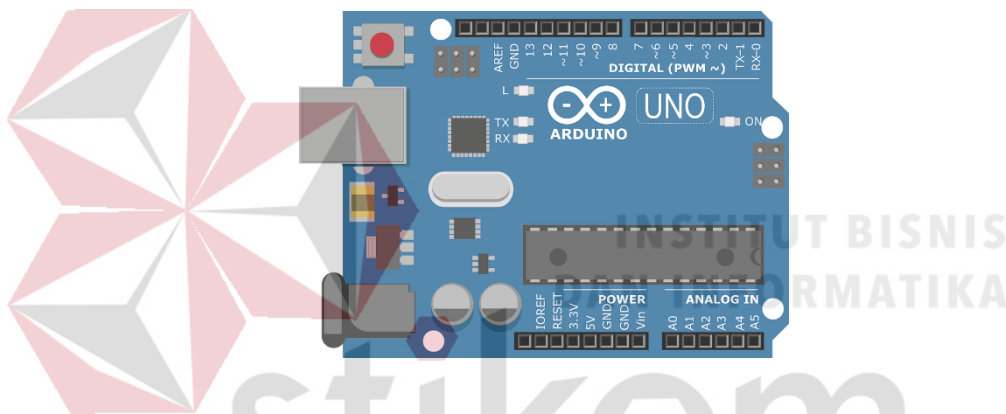
Pemanasan *volumetric* tidak hanya transfer panas pada permukaan, melainkan sampai ke dalam permukaan, sehingga dari pemanasan tersebut didapatkan hasil yang seragam, dan akan lebih efektif (Ramanadhan dkk, 2012). Mempelajari efek dari radiasi gelombang mikro pada kelangsungan hidup bakteriofag *PL-1* dan mengamati bahwa kebanyakan partikel berubah menjadi partikel mikroba yang kepalanya kosong.

2.4 Arduino UNO

Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 (*datasheet*). Arduino UNO mempunyai 14 *pin* digital *input/output* (6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, sebuah osilator Kristal 16MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau memberi tegangan dengan sebuah adaptor AC ke DC atau juga dapat menggunakan baterai. Arduino UNO berbeda dari semua *board* Arduino sebelumnya, Arduino UNO tidak menggunakan *chip driver* FTDI *USB-to-Serial*. Sebaliknya, fitur-fitur ATmega16U2 (ATmega8U2 sampai ke versi R2) diprogram sebagai sebuah pengubah USB ke serial. Revisi 2 dari *board* Arduino UNO mempunyai sebuah resistor yang menarik garis 8U2 HWB ke *ground*, yang membuatnya lebih mudah untuk diletakkan ke dalam DFU mode. Revisi 3 dari

board Arduino UNO memiliki fitur-fitur baru yaitu pada *Pinout* 1.0 ditambah *pin* SDA dan SCL yang dekat dengan *pin* AREF dan dua *pin* baru lainnya yang diletakkan dekat dengan *pin* RESET, IOREF yang memungkinkan *shield-shield* untuk menyesuaikan tegangan yang disediakan dari *board*. Untuk ke depannya, *shield* akan dijadikan kompatibel/cocok dengan *board* yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan tegangan 5V dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3V. Gambar 2.2 menunjukkan gambar fisik dari Arduino UNO.

Gambar 2.2. Arduino UNO



Yang kedua merupakan sebuah *pin* yang tak terhubung, yang disediakan untuk tujuan ke depan sirkuit *reset* yang lebih kuat. ATmega 16U2 menggantikan 8U2 “Uno” berarti satu dalam bahasa Italia dan dinamai untuk menandakan keluaran (produk) Arduino 1.0 selanjutnya. Arduino UNO dan versi 1.0 akan menjadi referensi untuk versi-versi Arduino selanjutnya. Arduino UNO adalah sebuah seri terakhir dari *board* Arduino USB dan model referensi untuk papan Arduino, untuk suatu perbandingan dengan versi sebelumnya, lihat indeks dari *board* Arduino.

Hardware Arduino UNO memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a. 14 *pin* IO Digital (*pin* 0–13)

Sejumlah *pin digital* dengan nomor 0–13 yang dapat dijadikan *input* atau *output* yang diatur dengan cara membuat program IDE.

- b. 6 *pin Input* Analog (*pin* 0–5)

Sejumlah *pin analog* bernomor 0–5 yang dapat digunakan untuk membaca nilai *input* yang memiliki nilai *analog* dan mengubahnya ke dalam angka antara 0 dan 1023.

- c. 6 *pin Output* Analog (*pin* 3, 5, 6, 9, 10 dan 11)

Sejumlah *pin* yang sebenarnya merupakan *pin digital* tetapi sejumlah *pin* tersebut dapat diprogram kembali menjadi *pin output analog* dengan cara membuat programnya pada IDE.

Papan Arduino UNO dapat mengambil daya dari USB *port* pada komputer dengan menggunakan USB *charger* atau dapat pula mengambil daya dengan menggunakan suatu AC *adapter* dengan tegangan 9 volt. Jika tidak terdapat *power supply* yang melalui AC *adapter*, maka papan Arduino UNO akan mengambil daya dari USB *port*. Tetapi apabila diberikan daya melalui AC *adapter* secara bersamaan dengan USB *port* maka papan Arduino UNO akan mengambil daya melalui AC *adapter* secara otomatis (B. Gustomo, 2015). Berikut pada Tabel 2.2 menunjukkan indeks *board* dari mikrokontroler Arduino UNO.

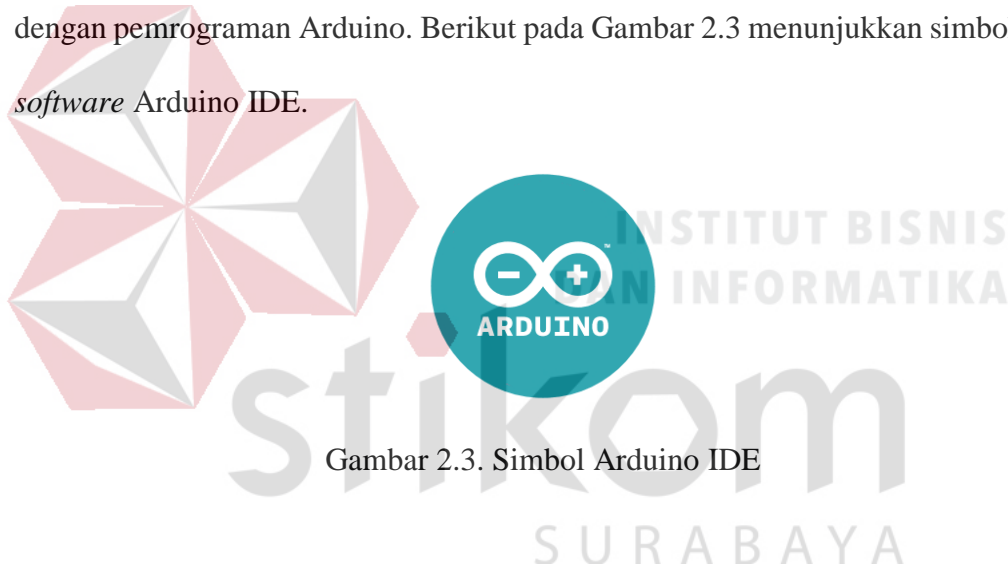
Tabel 2.2. Indeks *Board* Arduino UNO

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan <i>input</i> yang disarankan	7-12V
Batas tegangan <i>input</i>	6-20V
Jumlah <i>pin</i> I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)

Jumlah <i>pin input</i> analog	6
Arus DC tiap <i>pin I/O</i>	40 mA
Arus DC untuk <i>pin 3.3V</i>	50 mA
Memori <i>Flash</i>	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

2.5 Software Arduino IDE

Software Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang telah disiapkan oleh Arduino bagi para perancang untuk melakukan berbagai proses yang berkaitan dengan pemrograman Arduino. Berikut pada Gambar 2.3 menunjukkan simbol dari *software* Arduino IDE.



Gambar 2.3. Simbol Arduino IDE

Perangkat lunak disediakan secara gratis dan bisa didapatkan secara langsung pada halaman resmi Arduino yang bersifat *open-source*. Arduino IDE ini juga sudah mendukung berbagai sistem operasi populer saat ini seperti Windows, Mac, dan Linux. Arduino IDE terdiri dari:

1. Editor program, sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*.
2. *Verify/Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *processing*) menjadi kode biner. Sebuah mikrokontroler tidak akan bisa

memahami bahasa *processing*, yang dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner.

3. Pengunggah, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori mikrokontroler di dalam papan Arduino.

Pada Gambar 2.4 terdapat *menu bar*, kemudian pada bawahnya terdapat bagian *toolbar*, dan sebuah area putih untuk *editing sketch*, area hitam dapat kita sebut sebagai *progress area*, dan paling bawah dapat kita sebut sebagai “*status bar*”.



Gambar 2.4. Tampilan *Software* Arduino IDE

Berikut ini adalah penjelasan beberapa fitur yang dimiliki oleh *software* Arduino IDE:

- a. *Editor Program*, sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*.
- b. *Verify*, berguna untuk melakukan cek kode *sketch* yang *error* sebelum mengunggah ke *board* Arduino.
- c. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori

di dalam papan Arduino.

- d. *New*, untuk membuat sebuah *sketch* baru.
- e. *Open*, untuk membuka daftar *sketch* pada *sketchbook* Arduino.
- f. *Save*, untuk menyimpan kode *sketch* pada *sketchbook*.
- g. *Serial Monitor*, untuk menampilkan data serial yang dikirimkan dari *board* Arduino.

(Syahwil, 2013:42)

2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah sebuah jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. Selain itu LCD juga dapat digunakan untuk menampilkan karakter ataupun gambar (Munandar, 2013).

Berikut pada Gambar 2.5 menunjukkan bentuk fisik dari LCD.



Gambar 2.5. LCD (*Liquid Crystal Display*)

Dalam modul LCD terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. Mikrokontroler pada sebuah LCD dilengkapi dengan memori dan *register*, memori yang digunakan adalah:

- a. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang ditampilkan.

- b. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat berubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- c. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD.

Register kontrol yang terdapat pada LCD di antaranya adalah:

- a. *Register* perintah yaitu *register* yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD dapat dibaca pada saat pembacaan data.
- b. *Register* data yaitu *register* menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada *register* akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur *input* kontrol dalam sebuah LCD di antaranya adalah:

- a. *Pin* data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 *bit*.
- b. *Pin* RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, baik data atau perintah. Logika *low* menunjukkan yang masuk dalam perintah sedangkan logika *high* menunjukkan data.
- c. *Pin* R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data.
- d. *Pin* E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.

- e. *Pin* VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana *pin* ini dihubungkan dengan *trimpot* 5 K Ω , jika tidak digunakan dihubungkan ke *ground* sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.

Konfigurasi dari *pin-pin* yang terdapat pada LCD dapat dilihat pada Tabel

2.3 berikut:

Tabel 2.3. Konfigurasi *Pin* LCD

PIN	Nama	Fungsi
1	V_{SS}	Ground Voltage
2	V_{CC}	+5V
3	V_{EE}	Contrast Voltage
4	RS	Register Select, 0 = Instruction Register, 1 = Data Register
5	R/W	Read/Write, to choose read or write mode, 0 = Write Mode, 1 = Read Mode
6	E	Enable, 0 = Start do latch data do LCD Character, 1 = Disable
7	DB0	Data Bus (LSB)
8	DB1	Data Bus
9	DB2	Data Bus
10	DB3	Data Bus
11	DB4	Data Bus
12	DB5	Data Bus
13	DB6	Data Bus
14	DB7	Data Bus (MSB)
15	BPL (+)	Back Plane Light (+)
16	BPL (-) / GND	Back Plane Light (-) / Ground Voltage

Instruksi-instruksi dalam pengoperasian LCD dapat dilihat pada Tabel 2.4 di bawah ini :

Tabel 2.4. Instruksi-Instruksi Dalam Pengoperasian LCD

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Instruksi
0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X	<i>Function Set</i>
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	<i>Entry Mode Set</i>
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	<i>Display On/Off Cursor</i>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<i>Clear Display</i>
0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X	<i>Cursor/Display Shift</i>
0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	<i>Cursor Home</i>
1	0	Data								<i>Data Write</i>

Keterangan:

- a. X : *Don't care*
- b. DL digunakan untuk mengatur lebar data.
DL = 1, Lebar data *interface* 8 bit (DB7 s/d DB0)
DL = 0, Lebar data *interface* 4 bit (DB7 s/d DB4)
Ketika menggunakan lebar data 4 bit, data harus dikirimkan dua kali.
- c. N digunakan untuk mengaktifkan baris.
N = 0, 1 baris
N = 1, 2 baris
- d. F digunakan untuk menentukan ukuran *font* karakter.
F = 0, 5x7
F = 1, 5x8
- e. I/D digunakan untuk meng-*increment*/meng-*decrement* dari alamat DDRAM dengan 1, ketika kode karakter dituliskan ke DDRAM.
I/D = 0, *Decrement*

$I/D = 1$, *Increment*

- f. S digunakan untuk menggeser keseluruhan *display* ke kanan dan ke kiri.

$S = 1$, geser ke kiri atau ke kanan bergantung pada I/D

$S = 0$, *display* tidak bergeser

- g. D digunakan untuk mengatur *display*.

$D = 1$, *display* adalah ON

$D = 0$, *display* adalah OFF

- h. C digunakan untuk menampilkan kursor.

$C = 1$, kursor ditampilkan

$C = 0$, kursor tidak ditampilkan

- i. B : Karakter ditunjukkan dengan kursor yang berkedip.

$B = 1$, kursor *blink*

- j. S/C dan R/L : Menggeser posisi kursor atau *display* ke kanan atau ke kiri tanpa menulis atau baca data *display*. Fungsi ini digunakan untuk koreksi atau pencarian *display*.

Berikut ini pada Tabel 2.5 menunjukkan keterangan dari fungsi-fungsi S/C

dan R/L:

Tabel 2.5. Keterangan Dari Fungsi S/C dan R/L

S/C	R/L	Note
0	0	<i>Shift cursor position to the left</i>
0	1	<i>Shift cursor position to the right</i>
1	0	<i>Shift entire display to the left</i>
1	1	<i>Shift entire display to the right</i>

2.7 Relay

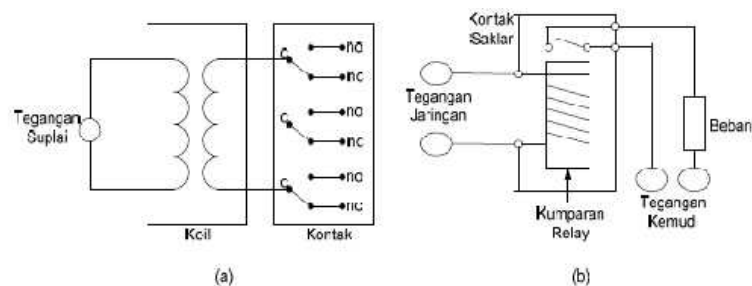
Relay merupakan sebuah alat yang berfungsi sebagai *switch* elektronik dimana penggeraknya terbuat dari lilitan kawat tembaga. Pada dasarnya sebuah lilitan tembaga pada sebuah inti besi yang mana bila kedua ujungnya dihubungkan dengan sumber tegangan, maka akan timbul medan magnet pada inti besi tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Modul *Relay*

Sedangkan kontak yang merupakan saklar terdapat dua macam kondisi dari kontak tersebut, yaitu :

- Normally Open* (NO), yaitu kontak akan aktif pada saat koil di suplai tegangan.
- Normally Closed* (NC), yaitu kontak akan aktif pada saat koil tidak di suplai tegangan.



Gambar 2.7. (a) *Relay*. (b) Bagian Dalam *Relay*

Pada Gambar 2.7 menunjukkan rangkaian dari *relay*. Gambar 2.7 (a) menunjukkan rangkaian dari relay 3 channel dengan 2 kondisi yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). Lalu pada Gambar 2.7 (b) menunjukkan bagian dalam dari *relay*.

Pada sebuah inti besi yang menimbulkan medan magnet akan menarik sebuah lempengan besi dari kontaktor, sehingga akan menyebabkan titik satu dengan titik lainnya akan tersambung. *Relay* terdiri dari 3 bagian utama, yaitu:

1. Koil adalah bagian lilitan dari *relay*.
2. *Common* adalah bagian yang tersambung dengan NC (dalam keadaan normal).
3. Kontak bagian yang terdiri dari NC dan NO.

Bagian-bagian *relay* dapat diketahui dengan 2 cara, yakni:

1. Melihat isi dalam *relay* tersebut.
2. Menggunakan multimeter (Ohm).

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

1. SPST (*Single Pole Single Throw*).
2. SPDT (*Single Pole Double Throw*) terdiri dari 5 buah *pin*, yaitu dua koil, satu *common*, satu NC, dan satu NO. Jenis ini yang akan kami pakai.
3. DPST (*Double Pole Single Throw*) setara dengan 2 buah saklar atau *relay* SPST.
4. DPDT (*Double Pole Double Throw*) setara dengan 2 buah saklar atau *relay* SPDT.

5. QPDT (*Quadruple Pole Double Throw*) sering disebut sebagai *Quad Pole Double Throw*, atau 4PDT. Setara dengan 4 buah saklar atau *relay* SPDT atau dua buah *relay* DPDT. Terdiri dari 14 *pin* (termasuk 2 buah untuk koil).

2.8 Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan kran otomatis dengan gerakan membuka atau menutup kran (*valve*) yang diatur oleh sistem *control*. Mungkin banyak dari anda sering mendengar kata *solenoid valve*. Secara garis besar *solenoid valve* adalah sebuah alat kontrol yang berfungsi untuk membuka dan menutup *valve*/katup/kran secara otomatis. Kapan *solenoid valve* membuka dan menutup kran ini tergantung dari sensor yang menghubungkan sumber penggerakannya. Bentuk fisik dari *solenoid valve* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. *Solenoid Valve*

Sebenarnya *solenoid valve* merupakan bagian dari sebuah sistem kontrol.

Secara umum sistem kontrol dibagi menjadi 3 bagian:

1. Sensor yang merupakan alat untuk menerima sinyal dari sistem kontrol biasanya merupakan parameter yang akan diukur seperti temperatur, tekanan (*pressure*) dari media yang mau dikontrol.
2. *Controller* merupakan alat/bagian yang akan memberikan perintah *solenoid valve* atau *control valve* untuk melakukan tindakan membuka dan menutup *valve* (kran).
3. *Control valve* atau *solenoid valve* yang merupakan bagian terakhir dari sistem kontrol untuk melakukan tindakan membuka atau menutup.

Sumber penggerak *solenoid valve* bermacam-macam bisa dengan udara yang biasa disebut *pneumatic*, listrik (*electric*) atau gabungan udara dan listrik (*pneumatic electric*). Di Indonesia istilah *solenoid valve* lebih mengacu kepada penggerak listrik, oleh karena itu banyak yang menyebutnya dengan istilah kran elektrik maupun kran otomatis. *Solenoid valve* di sini mengacu kepada penggerak elektrik.

Sumber penggerak elektrik untuk *solenoid valve* sendiri ada yang listrik AC (220V, 110V, 24V) dan listrik DC (12V, 24V). Sehubungan dengan persentase bukaan *solenoid valve* yang hanya bisa membuka *valve* 100% atau menutup *valve* 100% tetapi juga ada pilihan untuk tipe *Normally Open* (NO) dan *Normally Closed* (NC).

Solenoid valve dengan tipe NO artinya pada saat tidak ada penggerak elektrik posisi *valve* adalah membuka 100%. Sedangkan *solenoid valve* tipe NC artinya pada saat tidak ada penggerak elektrik maka posisi *valve*-nya adalah menutup 100% (Utama, 2014).

2.9 Sensor Suhu RTD Pt100

Sensor RTD (*Resistance Temperature Detector*) merupakan jenis sensor suhu yang memiliki *output* berupa tahanan dari material sensor yang digunakan, dimana nilai tahanannya berbeda-beda namun berbanding lurus terhadap perubahan suhu. Kebanyakan dari RTD saat ini terbuat dari kawat yang dililit oleh keramik atau inti kaca, namun beberapa tipe konstruksi lain juga masih digunakan. Bahan yang digunakan dari sensor RTD bermacam-macam seperti platinum, nikel, dan tembaga, tetapi salah satu bahan yang paling umum digunakan adalah bahan platinum seperti pada sensor Pt100. Penggunaan platinum ini pertama kali diusulkan oleh Sir William Siemens pada tahun 1871. Saat ini platinum merupakan bahan dasar terbaik untuk sensor RTD karena memiliki linieritas yang sangat baik. Sensor Pt100 memiliki tahanan sebesar 100Ω pada suhu 0°C dengan rentang suhu dari -272.5°C hingga 961.78°C . Bentuk fisik dari sensor RTD Pt100 dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut.



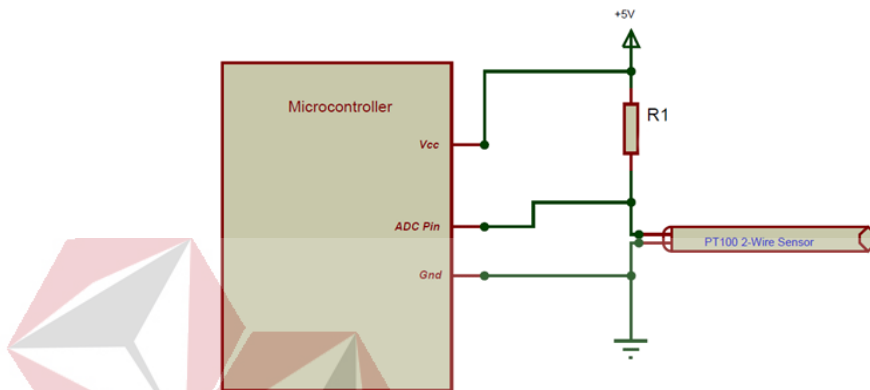
Gambar 2.9. Sensor Suhu RTD Pt100

Berikut adalah beberapa fitur yang dimiliki oleh sensor RTD Pt100:

1. *Platinum Resistant Thermometer* (PRT)
2. Suhu Minimum: -200°C
3. Suhu Maksimum: 850°C

4. *Resistance Range*: 1.849K hingga 39.026K
5. Tingkat akurasi: $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$
6. Nilai resistansi: 100Ω pada 0°C

Untuk menggunakan sensor RTD Pt100 diperlukan rangkaian pembagi potensial sederhana. Rangkaian tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut.



Gambar 2.10. Rangkaian Pembagi Potensial Sederhana Sensor Pt100

Pada Gambar 2.10 menunjukkan rangkaian sederhana pembagi potensial agar sensor Pt100 dapat membaca suhu secara akurat. Lalu saat menghitung nilai resistansi, juga harus mempertimbangkan resistansi kawat, setelah nilai resistansi kawat diketahui akan di kompensasi dengan nilai yang sebenarnya. Detail lebih lanjut tentang *datasheet* sensor Pt100 dapat dilihat pada Gambar 2.11 bawah ini.

$^{\circ}\text{C}$	Ω	$^{\circ}\text{C}$	Ω	$^{\circ}\text{C}$	Ω	$^{\circ}\text{C}$	Ω	$^{\circ}\text{C}$	Ω	$^{\circ}\text{C}$	Ω
-200	18,49	0	100,00	200	175,84	400	247,04	600	313,59	800	375,51
-190	22,80	10	103,90	210	179,51	410	250,48	610	316,80	810	378,48
-180	27,08	20	107,79	220	183,17	420	253,90	620	319,99	820	381,45
-170	31,32	30	111,67	230	186,82	430	257,32	630	323,18	830	384,40
-160	35,53	40	115,54	240	190,45	440	260,72	640	326,35	840	387,34
-150	39,71	50	119,40	250	194,07	450	264,11	650	329,51	850	390,26
-140	43,87	60	123,24	260	197,69	460	267,49	660	332,66		
-130	48,00	70	127,07	270	201,29	470	270,86	670	335,79		
-120	52,11	80	130,89	280	204,88	480	274,22	680	338,92		
-110	56,19	90	134,70	290	208,45	490	277,56	690	342,03		
-100	60,25	100	138,50	300	212,02	500	280,90	700	345,13		
-90	64,30	110	142,29	310	215,57	510	284,22	710	348,22		
-80	68,33	120	146,06	320	219,12	520	287,53	720	351,30		
-70	72,33	130	149,82	330	222,65	530	290,83	730	354,37		
-60	76,33	140	153,58	340	226,17	540	294,11	740	357,42		
-50	80,31	150	157,31	350	229,67	550	297,39	750	360,47		
-40	84,27	160	161,04	360	233,17	560	300,65	760	363,50		
-30	88,22	170	164,76	370	236,65	570	303,91	770	366,52		
-20	92,16	180	168,46	380	240,13	580	307,15	780	369,53		
-10	96,09	190	172,16	390	243,59	590	310,38	790	372,52		

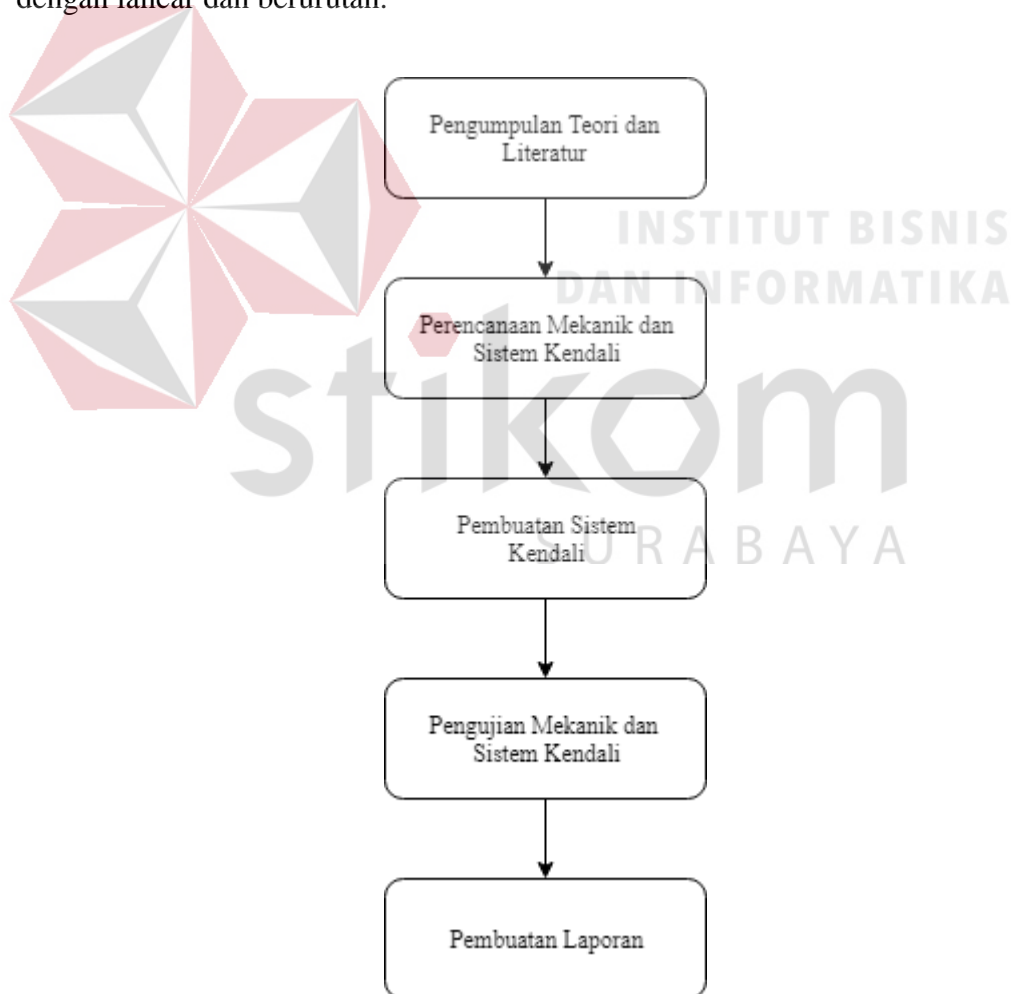
Gambar 2.11. *Datasheet* Sensor Pt100

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Pada bab ini akan dibahas mengenai beberapa tahap mulai dari pengumpulan teori, perencanaan (mekanik dan sistem pengendali), pengujian (mekanik dan sistem pengendali), dan pembuatan laporan seperti pada Gambar 3.1. Perancangan ini dibuat supaya pengerjaan tahapan selanjutnya dapat dilakukan dengan lancar dan berurutan.



Gambar 3.1. Bagan Rancangan Penelitian

3.2 Pengumpulan Teori dan Literatur

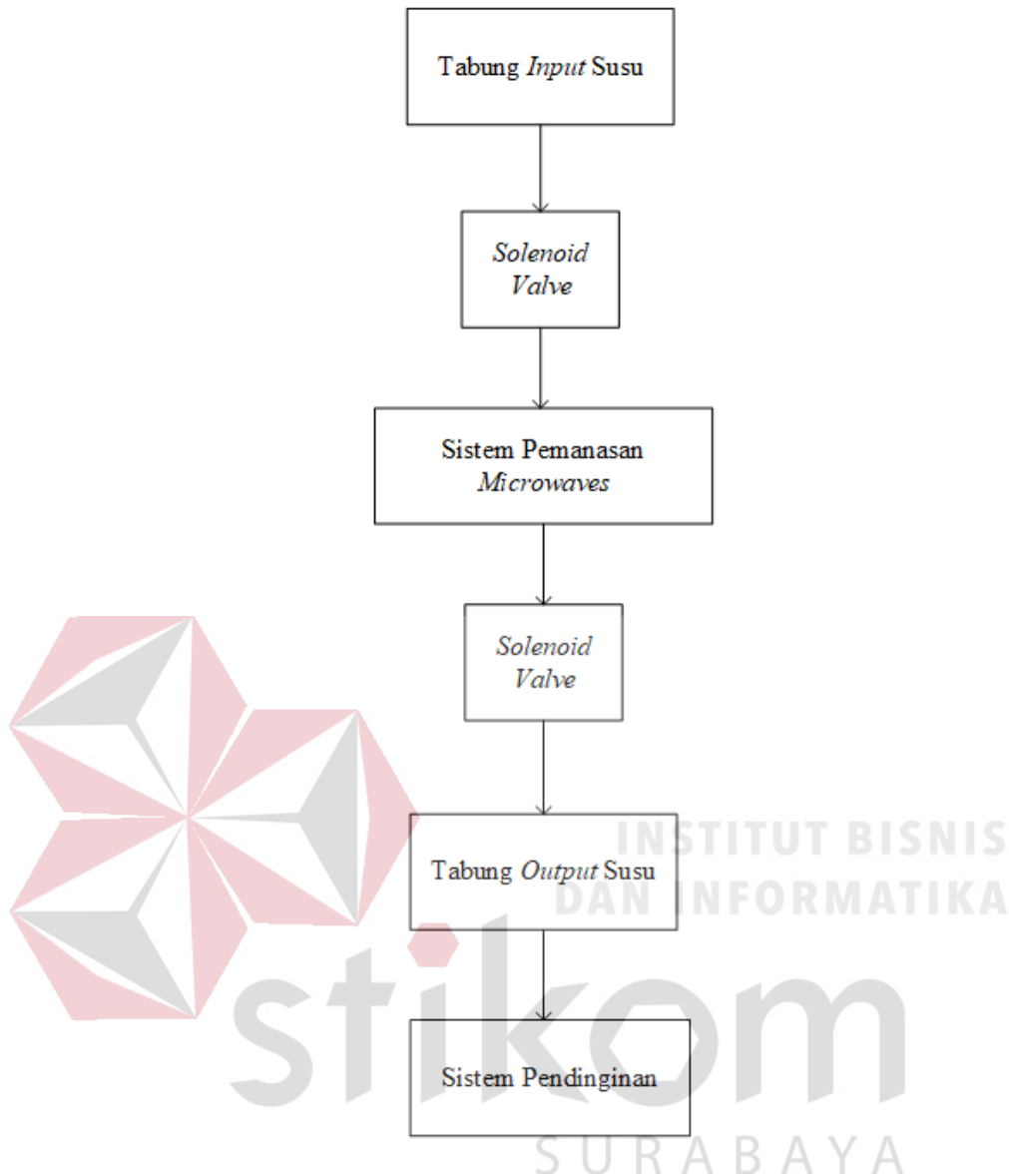
Pengumpulan teori dan literatur ini sangat dibutuhkan dalam pembuatan sebuah penelitian. Menurut Winanti (2012), manfaat literatur sebagai berikut: (1) memahami dengan baik sejarah perkembangan dari tema riset yang diangkat serta berbagai kontroversi yang melingkupinya, (2) memahami dengan baik konsep-konsep kunci/gagasan/studi/model utama yang terkait dengan tema dalam penelitian, (3) mampu mendiskusikan gagasan-gagasan yang berkembang dalam konteks yang sesuai dengan penelitian yang penulis lakukan, (4) dan mampu melakukan evaluasi atas hasil karya orang lain.

Penelitian ini menggunakan banyak literatur yang meliputi tentang susu, pasteurisasi, dan teknologi *microwaves* seperti yang sudah penulis jelaskan pada bab sebelumnya. Literatur ini dapat digunakan sebagai langkah awal agar peneliti lebih memahami permasalahan yang sedang diteliti dengan benar sesuai dengan kerangka berpikir ilmiah.

3.3 Tahap Perencanaan

3.3.1 Perencanaan Mekanik

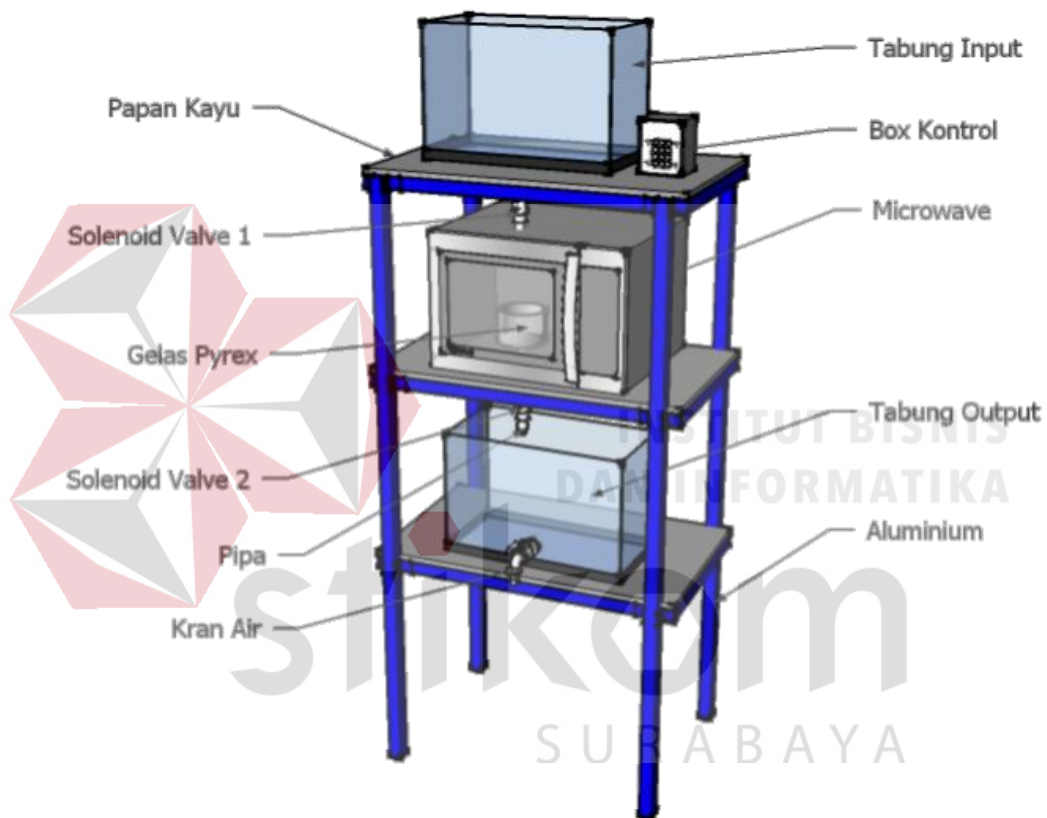
Pada tahap ini, penulis menuliskan tahapan-tahapan yang dibutuhkan dalam perencanaan dalam pembuatan mekanik dari mesin pasteurisasi susu. Tahapan ini dibuat agar alur kerja dari mesin dapat diketahui dengan mudah hanya dengan memahami diagram pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Alur Kerja Mekanik

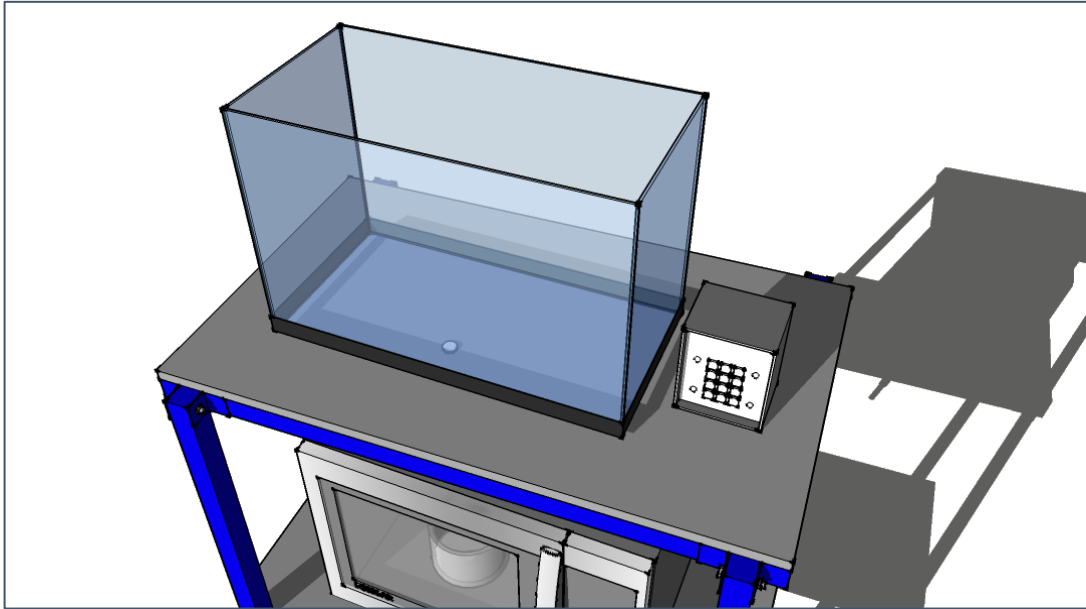
Seperti terlihat pada Gambar 3.2, bagian pertama yang terdapat pada mesin pasteurisasi susu adalah tabung *input* susu, tabung ini berfungsi sebagai alat penampung susu sebelum lanjut pada proses pasteurisasi. Lalu melewati *solenoid valve* pertama untuk masuk pada sistem pemanas yaitu *microwaves*. Setelah masuk pada bagian sistem pemanas susu akan dipanaskan sesuai mode yang dipilih. Terdapat satu buah mode pada mesin pasteurisasi susu ini yaitu mode HTST. Setelah mode dipilih, susu akan mulai menjalani proses pasteurisasi. Apabila proses

pasteurisasi susu telah selesai, *solenoid valve* kedua akan terbuka dan mengalirkan susu pada tabung *output* susu. Pada tabung *output* susu akan ditampung dan juga didinginkan menggunakan sistem pendinginan. Rancangan mekanik yang diharapkan oleh alur kerja mekanik pada Gambar 3.2 akan disajikan pada Gambar 3.3 berikut.



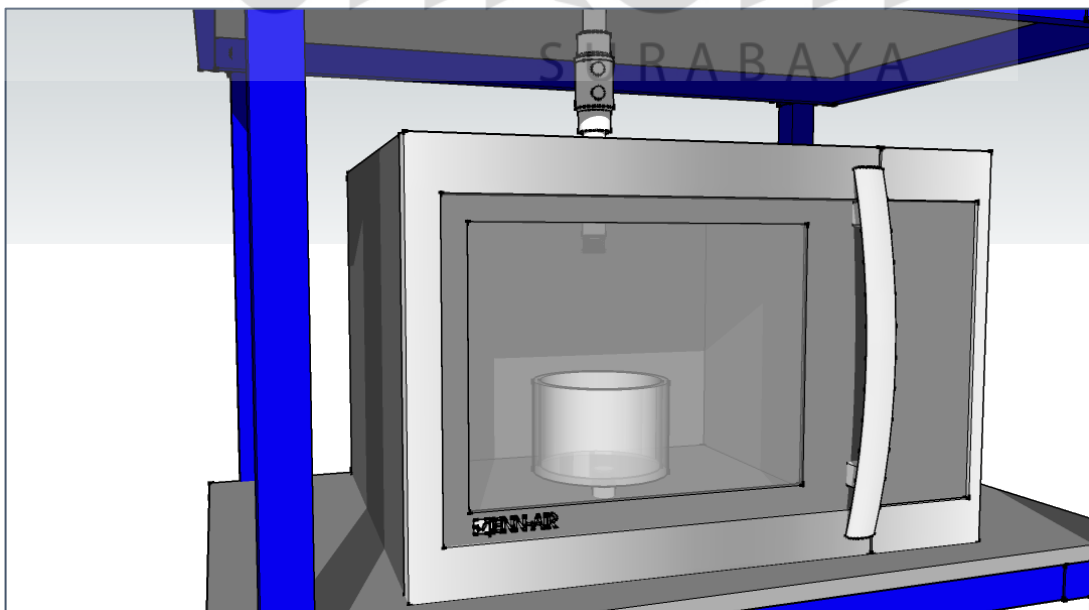
Gambar 3.3. Rancangan Mekanik Mesin Pasteurisasi Susu

Sesuai pada Gambar 3.3, tahap pertama penulis akan membuat tabung *input* susu. Dimana tabung ini berfungsi sebagai alat penampung susu sebelum lanjut pada proses pasteurisasi. Pada tabung ini susu akan ditampung terlebih dahulu, untuk bergantian mengalir pada proses pasteurisasi. Tabung *input* susu dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4. Tabung *Input* Mesin Pasteurisasi Susu

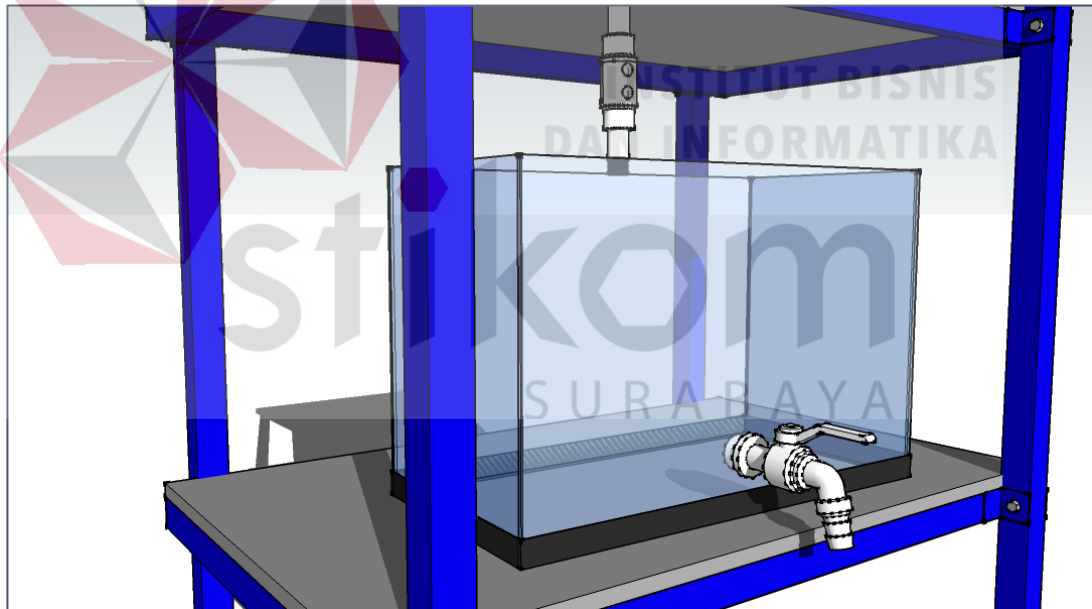
Selanjutnya susu akan mengalir pada sistem pemanasan gelombang mikro pada saat *solenoid valve* pertama terbuka. Setelah susu masuk pada sistem pemanasan *solenoid valve* pertama akan tertutup kembali. Sistem pemanasan pada mesin pasteurisasi susu dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5. Sistem Pemanas Pada Mesin Pasteurisasi Susu

Alat pasteurisasi susu yang dirancang oleh penulis memiliki satu buah mode yaitu HTST (*High Temperature Short Time*). Mode HTST akan melakukan pemanasan pada susu selama 15–16 detik pada suhu 72–76°C. Proses pasteurisasi akan digabungkan dengan teknologi pemanasan gelombang mikro, yang merupakan teknologi pasteurisasi dengan melewati radiasi gelombang mikro pada susu dengan waktu yang sudah ditentukan sesuai mode yang dipilih.

Setelah proses pasteurisasi berakhir, tahap selanjutnya susu akan masuk pada tabung *output*. Pada tabung ini susu akan ditampung dan bisa dikatakan sebagai perjalanan terakhir dari proses pasteurisasi susu. Bagian tabung *output* mesin pasteurisasi susu dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.

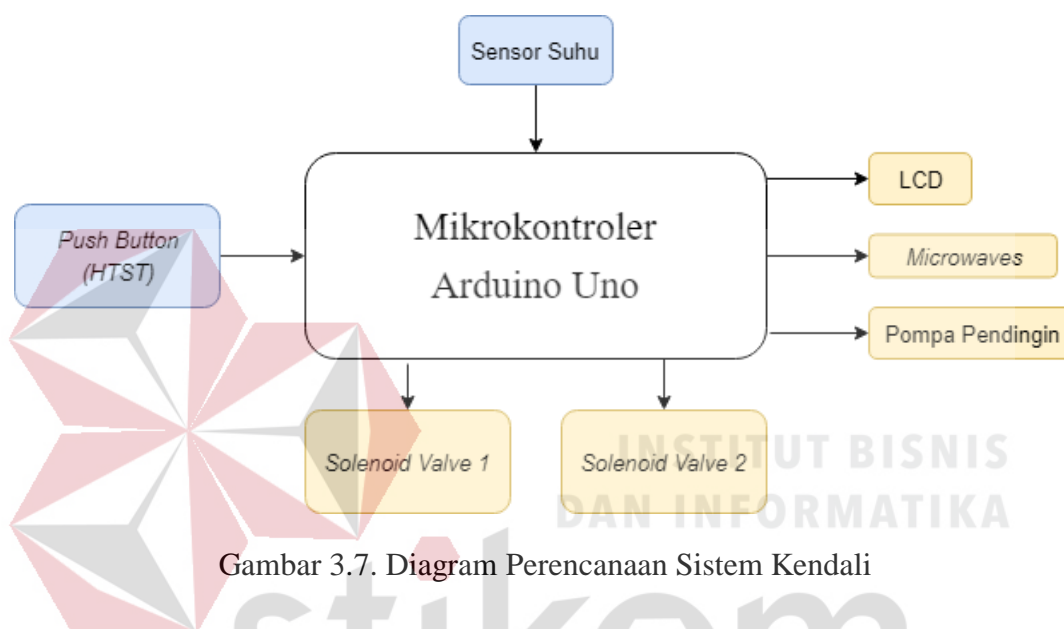


Gambar 3.6. Tabung *Output* Mesin Pasteurisasi Susu

Pada keliling tabung *output* ini juga akan dililiti oleh selang yang teraliri air dengan tujuan untuk mengubah suhu pada susu yang awalnya panas menjadi suhu kamar yaitu 25°C. Tujuan lain dari pendinginan ini untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang membahayakan bagi susu.

3.3.2 Perencanaan Sistem Kendali

Tahap selanjutnya penulis menuliskan tahapan yang dibutuhkan dalam perencanaan dalam pembuatan sistem kendali dari mesin pasteurisasi susu. Tahapan ini dibuat agar sistem kendali dari mesin dapat diketahui. Berikut adalah diagram perencanaan sistem kendali pada Gambar 3.7.

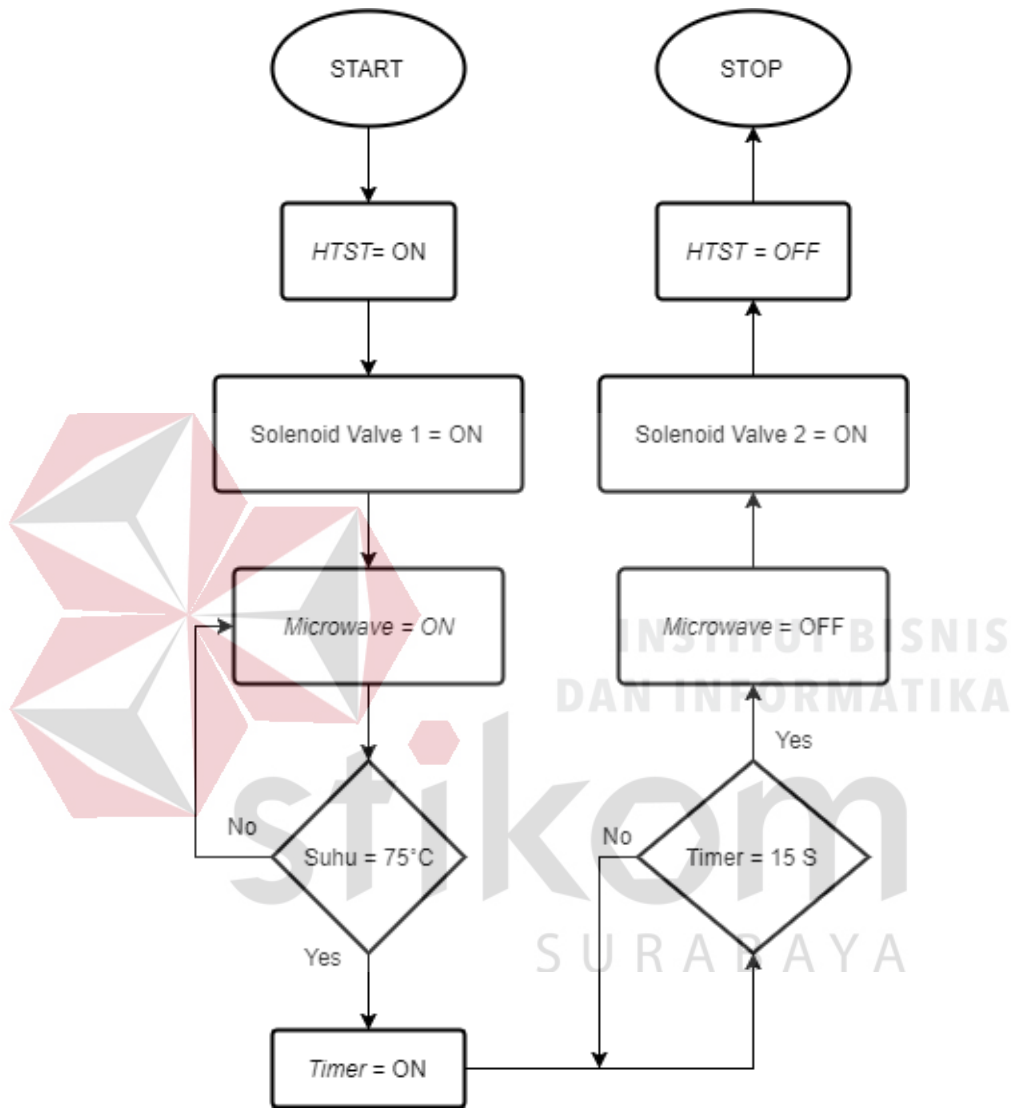


Gambar 3.7. Diagram Perencanaan Sistem Kendali

Dari Gambar 3.7. dapat dilihat bahwa sistem secara keseluruhan terbagi menjadi beberapa bagian. Bagian tersebut di antaranya *input* tombol *push button* yaitu mode HTST, dan sensor suhu Pt100 untuk memantau perubahan temperatur. Sedangkan untuk *output* yaitu LCD, *relay* untuk pemanas, *solenoid valve* untuk mengalirkan susu ke sistem pemanas gelombang mikro dan untuk mengalirkan susu pada pendingin, serta menggunakan mikrokontroler Arduino UNO sebagai otak dari *input* dan *output* yang berfungsi untuk mengatur jalannya sistem *input* dan *output*, dengan tujuan agar dapat menstabilkan proses pasteurisasi.

Terdapat satu buah mode yang digunakan oleh penulis pada alat pasteurisasi susu. Mode yang digunakan adalah metode pemanasan HTST, dengan memanaskan

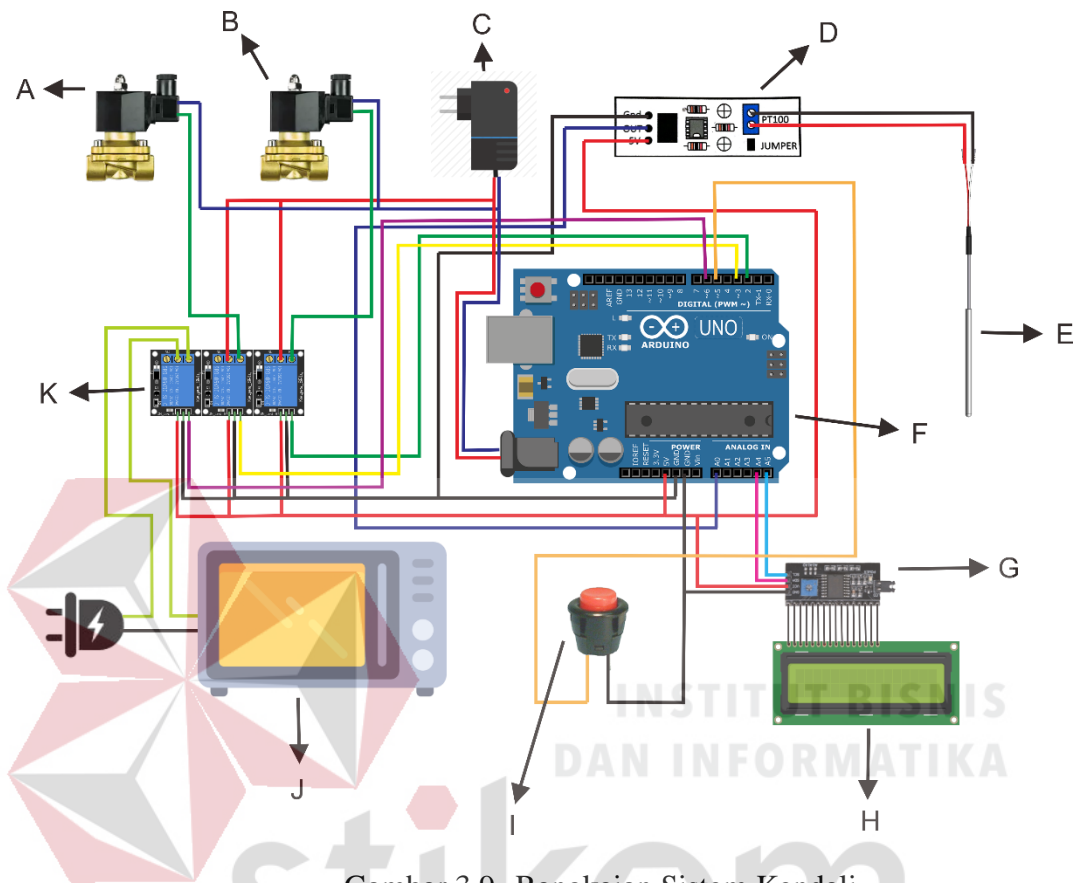
susu pada titik didih 72°C - 76°C selama 15-16 detik. Untuk lebih jelasnya Gambar 3.8 akan menjelaskan bagaimana alur dari mode HTST tersebut.



Gambar 3.8. *Flowchart* Metode HTST

3.4 Tahap Pembuatan Mekanik dan Sistem Kendali

3.3.3 Pembuatan Sistem Kendali



Gambar 3.9. Rangkaian Sistem Kendali

Keterangan pada Gambar 3.9 adalah sebagai berikut:

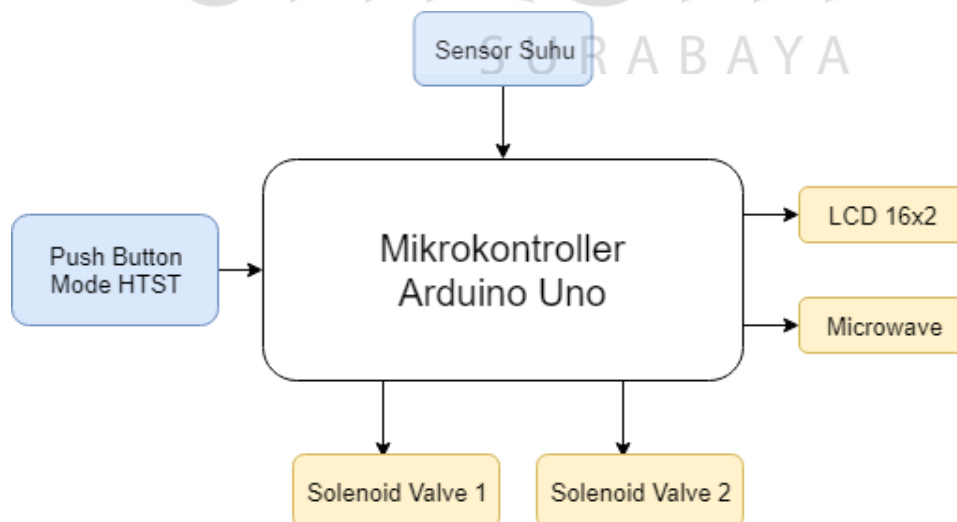
- a. *Solenoid Valve 1*
- b. *Solenoid Valve 2*
- c. *Adaptor 12V*
- d. *Modul Sensor Pt100*
- e. *Sensor Pt100*
- f. *Arduino UNO*
- g. *Modul I2C*
- h. *LCD 16x2*

- i. *Push Button*
- j. *Microwaves*
- k. *Relay*

Pada Gambar 3.9 adalah rangkaian sistem kendali yang akan dipasang pada rancang bangun mesin pasteurisasi susu. Rangkaian ini menggunakan mikrokontroler Arduino UNO sebagai pusat pengendali. *Input* yang terdapat pada mesin ini yaitu sensor suhu Pt100, dan *push button*. Lalu *output* yang dimiliki oleh mesin ini adalah LCD, dan 3 buah *relay* yang terhubung pada 2 buah *solenoid valve*, serta *microwaves*.

3.3.4 Software Sistem Kendali

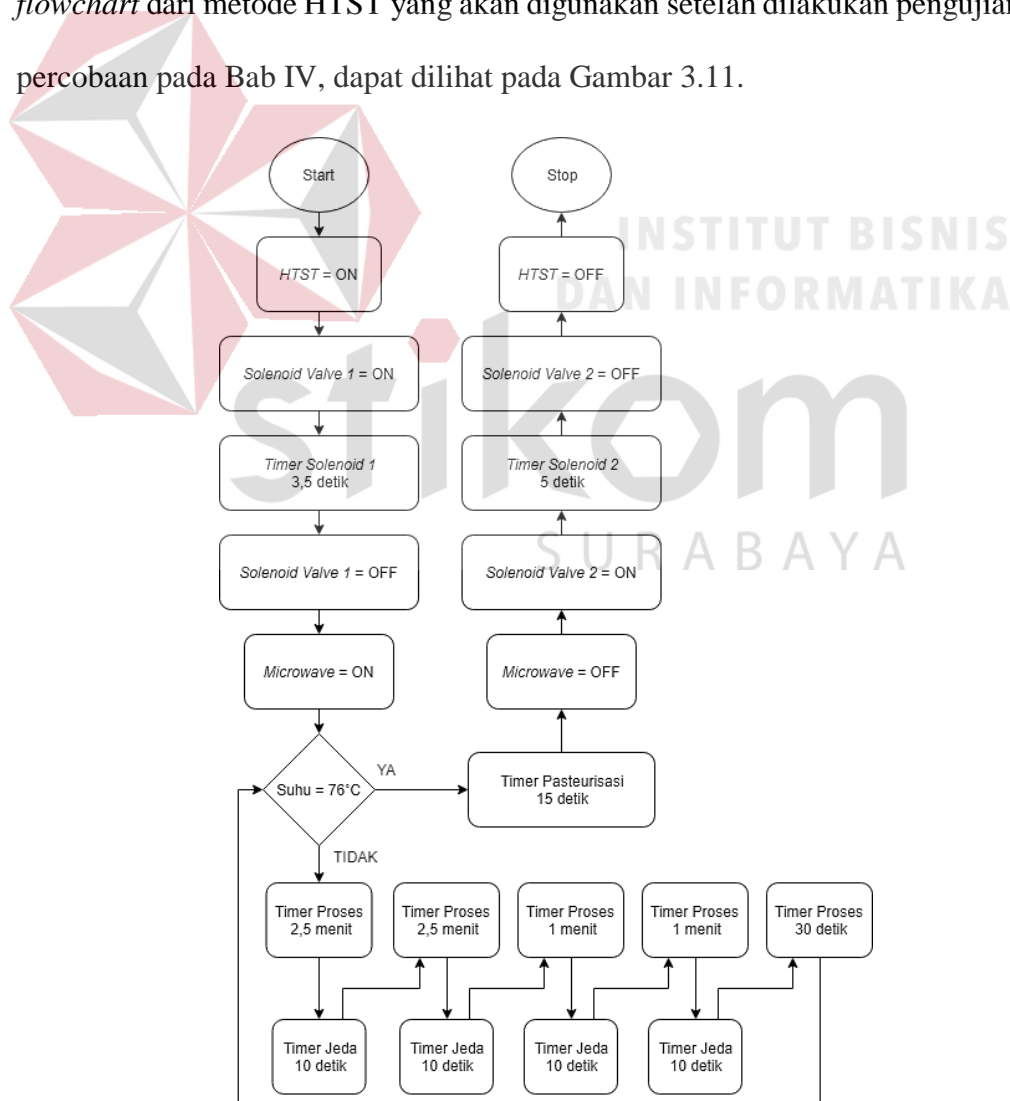
Pada sub bab ini penulis akan menjelaskan *software* dari mesin pasteurisasi yang didapat setelah mendapatkan hasil pengujian pada Bab IV. Berikut adalah gambar diagram sistem kendali setelah melalui pengujian dan percobaan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10. Diagram Sistem Kendali

Pada Gambar 3.10 dijelaskan bahwa metode yang akan digunakan pada mesin ini nantinya hanya metode HTST yang memerlukan suhu antara 72°C - 76°C dan dipanaskan selama 15 detik, dan tidak menggunakan metode LTLT dan metode UHT karena beberapa alasan yang telah dijelaskan pada Bab IV pada hasil pengujian *microwaves*.

Lalu *input* yang akan digunakan pada mesin ini nantinya ada 2 yaitu *push button* mode HTST dan sensor suhu Pt100. Sedangkan *output* yang digunakan pada mesin ini ada 4 yaitu 2 buah *solenoid valve*, LCD 16x2, dan *microwaves*. Berikut *flowchart* dari metode HTST yang akan digunakan setelah dilakukan pengujian dan percobaan pada Bab IV, dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. *Flowchart* Metode HTST

Pada Gambar 3.11 menunjukkan *flowchart* dari metode HTST yang akan digunakan pada mesin pasteurisasi susu nantinya. Metode HTST yaitu metode pasteurisasi dengan memanaskan susu pada titik didih 72°C - 76°C selama 15-16 detik. Mode ini akan aktif apabila *push button* HTST pada keadaan *on*. Apabila mode dalam keadaan *on*, selanjutnya *solenoid valve 1* akan terbuka selama 3,5 detik sehingga susu yang ada pada tabung penampung awal akan mengalir ke tabung pemanas. Terbukanya *solenoid valve* selama 3,5 detik ini bertujuan untuk mengisi tabung pemanas yang bervolume 500 ml sesuai dari hasil pengujian *solenoid valve* pada Bab IV. Setelah itu *solenoid valve 1* akan tertutup kembali. Selanjutnya *microwaves* akan menyala dan proses pasteurisasi susu dimulai. Susu akan dipanaskan hingga suhu 76°C dan ditahan hingga 15-16 detik lamanya. Waktu yang dibutuhkan *microwaves* untuk mencapai suhu tersebut adalah 7 menit 30 detik sesuai dengan hasil pengujian *microwaves* yang telah dilakukan penulis pada Bab IV. Pemanasan selama 7 menit 30 detik ini akan dibagi menjadi 2,5 menit, jeda 10 detik, 2,5 menit, jeda 10 detik, 1 menit, jeda 10 detik, 1 menit, jeda 10 detik dan 30 detik, karena menggunakan cara ini dapat membuat suhu pada saat pasteurisasi meningkat.

Setelah *microwaves on*,, susu akan dipanaskan terlebih dahulu selama 2,5 menit, lalu akan jeda 10 detik dan akan menyala lagi selama 2,5 menit. Jika sebelum waktu 2,5 menit yang kedua susu sudah mencapai suhu 76°C maka *microwaves* akan secara otomatis *off* dan susu akan dipanaskan selama 15 detik untuk di pasteurisasi. Dan jika suhu belum mencapai batasnya, maka *microwaves* akan tetap hidup dan lanjut pada fase pemanasan selanjutnya yaitu 1 menit jeda 10 detik, jika belum mencapai juga maka akan masuk pada fase pemanasan selanjutnya yaitu 1

menit jeda 10 detik lagi, dan jika belum memenuhi lagi maka akan masuk pada fase pemanasan terakhir yaitu 30 detik. Pada fase terakhir ini dipastikan susu akan mencapai suhu 76°C. Apabila susu sudah terpasteurisasi, maka *solenoid valve 2* akan terbuka selama 5 detik untuk mengalirkan susu dari tabung pemanas menuju tabung penampung akhir. Setelah itu *solenoid valve 2* akan tertutup kembali dan mode HTST sudah berakhir.

3.3.5 Kalibrasi Sensor Pt100

Pada sub bab ini penulis akan menjelaskan bagaimana melakukan kalibrasi pada sensor Pt100. Berikut adalah program yang akan digunakan penulis pada sensor Pt100.

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);

const int analogInPin = A0;

const int SensorValueLow = 552;
const int SensorValueDiff = 28;
const int TempValueDiff = 43;
const int TempValueLow = 28;

int sensorValue = 0;
double Temp = 0;

void setup() {
  lcd.begin(16,2);
  lcd.backlight();
}

void loop() {
  sensorValue = analogRead(analogInPin);
```

```

Temp = sensorValue-SensorValueLow;
Temp = Temp/SensorValueDiff;
Temp = Temp*TempValueDiff;
Temp = Temp+TempValueLow;

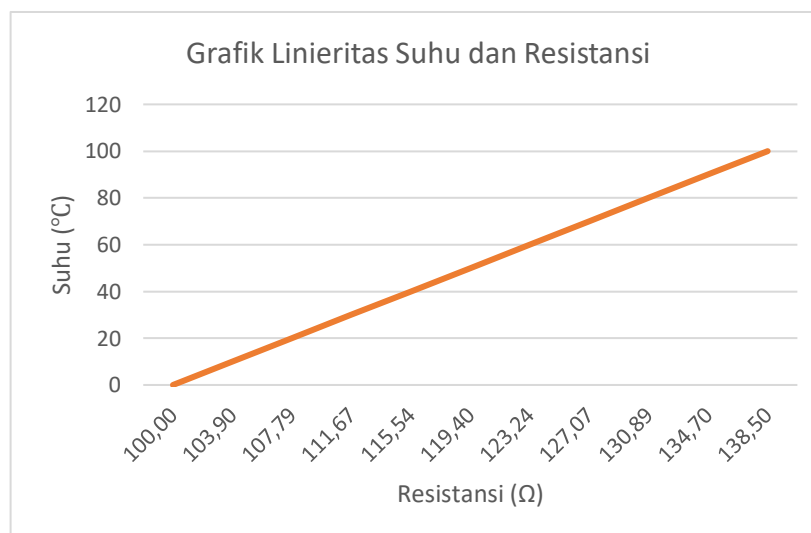
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Value = ");
lcd.setCursor(7,0);
lcd.print(sensorValue);

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Temp = ");
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print(Temp);

delay(200);
}

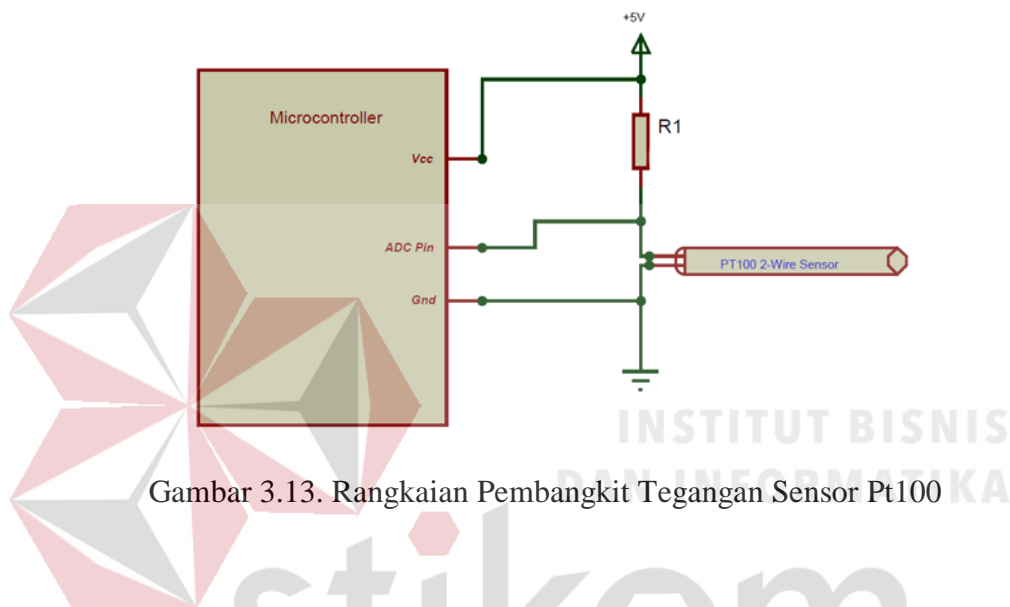
```

Sesuai dari *datasheet* yang telah dijelaskan pada Bab 2.9, bahwa nilai dari suhu dan resistansi akan bersifat linier. Akibatnya apabila ada perubahan pada suhu ataupun resistansi maka keduanya akan mengalami perubahan. Berikut penulis akan menampilkan grafik linieritas dari suhu dan resistansi mulai dari 0°C sampai 100°C pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Grafik Linieritas Suhu dan Resistansi

Pada Gambar 3.12 menunjukkan bahwa kenaikan resistansi akan berbanding lurus dengan kenaikan suhu. Untuk mengaplikasikannya penulis membutuhkan rangkaian pembangkit tegangan. Rangkaian ini bertujuan untuk menghasilkan keluaran tegangan yang nilainya linier. Berikut pada Gambar 3.13 menunjukkan rangkaian pembangkit tegangan.



Gambar 3.13. Rangkaian Pembangkit Tegangan Sensor Pt100

Pada Gambar 3.13 menunjukkan rangkaian pembangkit tegangan yang berfungsi untuk membuat tegangan *output* menjadi linier. Oleh karena itu penulis dapat menggunakan rumus berikut untuk kalibrasi sensor Pt100.

$$Temp = \frac{(sensorValue - sensorValueLow)}{sensorValueDiff} \times TempValueDiff + TempValueLow$$

Rumus yang digunakan pada kalibrasi sensor Pt100 tersebut adalah rumus regresi linier. Sesuai dengan *datasheet* sensor Pt100 pada Bab 2.9 bahwa suhu dan resistansi akan naik secara linier. Yang artinya bahwa jika resistansi pada sensor ini

naik, maka suhu yang dihasilkan juga akan naik sesuai dengan perkalian yang teratur.

Pada Gambar 3.12 menunjukkan grafik linieritas dari kenaikan suhu dan resistansi. Jadi dapat disimpulkan apabila terjadi kenaikan resistansi pada sensor Pt100 akan berbanding lurus dengan kenaikan suhunya juga.

Selanjutnya untuk melakukan kalibrasi terhadap sensor Pt100 perlu disediakan beberapa alat antara lain termometer digital, air biasa, dan air hangat. Fungsi dari termometer digital adalah sebagai parameter keakuratan sensor Pt100 saat membaca suhu.

Variabel *sensorValue* adalah variabel yang membaca nilai analog dari port A0, dan nilai ini dinamis saat sensor Pt100 membaca suhu. Variabel *sensorValueLow* adalah hasil baca nilai analog dari sensor Pt100 saat membaca air biasa. Variabel *TempValueLow* adalah nilai suhu yang dibaca oleh termometer digital. Variabel *sensorValueDiff* didapat dari selisih hasil nilai analog dari sensor Pt100 saat membaca air biasa dengan air hangat. Variabel *TempValueDiff* didapat dari selisih suhu dari hasil baca termometer digital saat membaca air biasa dengan air hangat. Penulis akan melakukan percobaan terlebih dahulu sebelum mendapatkan nilai dari variabel-variabel tersebut. Berikut hasilnya ditampilkan pada Tabel 3.1.

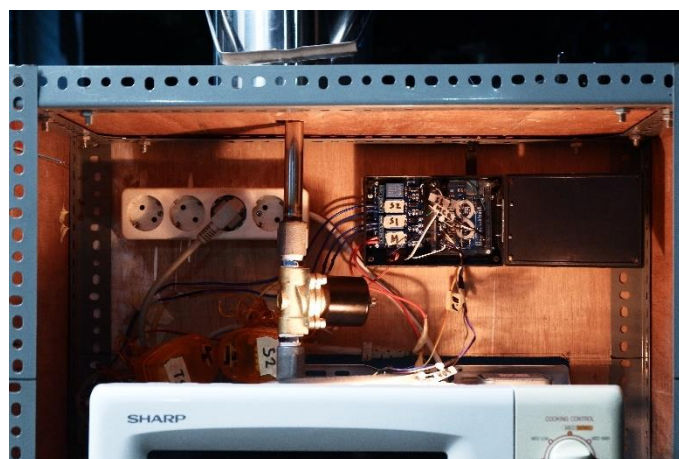
Tabel 3.1. Hasil Termometer Digital dan Sensor Pt100

	Termometer Digital (°C)	Sensor Pt100 (Bit Analog)
Suhu Maksimum	71	580
Suhu Minimum	28	552
Selisih	43	28

Pada Tabel 3.1 penulis menggunakan percobaan pada dua jenis air yaitu air biasa dan air hangat. Hasil baca termometer digital pada air biasa yaitu 28°C , dan nilai tersebut digunakan sebagai nilai dari variabel *TempValueLow*. Hasil baca sensor Pt100 pada air biasa yaitu 552, dan nilai tersebut digunakan sebagai nilai dari variabel *sensorValueLow*. Lalu percobaan kedua menggunakan air hangat, didapat nilai dari termometer digital adalah 71°C dan nilai dari sensor Pt100 adalah 580. Percobaan ini digunakan untuk mencari selisih dari keduanya, dan akan menjadi nilai dari variabel *sensorValueDiff* dan *TempValueDiff*. Dari tabel di atas selisih dari hasil baca termometer digital adalah 43, maka nilai tersebut digunakan sebagai nilai dari variabel *TempValueDiff*. Lalu selisih dari hasil baca sensor Pt100 adalah 28, maka nilai tersebut digunakan sebagai nilai dari variabel *sensorValueDiff*. Setelah itu nilai-nilai tersebut akan diolah pada rumus yang ada di atas, dan didapatlah suhu dari hasil kalibrasi.

3.3.6 Pembuatan Mekanik

Berikut ini adalah hasil rancangan mekanik mesin pasteurisasi susu pada Gambar 3.14 dan Gambar 3.15:



Gambar 3.14. Rangkaian Elektro Mesin Pasteurisasi Susu



Gambar 3.15. Mekanik Mesin Pasteurisasi Suhu

Pada Gambar 3.14 menunjukkan hasil pembuatan rangkaian elektro mesin pasteurisasi susu, komponen yang ada di dalamnya antara lain Arduino UNO, *relay 4 channel*, rangkaian pembagi potensial, *solenoid valve*, dan adaptor 12V.

Pada Gambar 3.15 menunjukkan bentuk mekanik mesin pasteurisasi susu dari depan. Dimana mulai dari bagian atas terdapat tabung *input*, bagian tengah ada *microwaves* sebagai pemanas. Dan bagian bawah terdapat tabung *output* sebagai penampung akhir dari susu yang telah menjalani proses pasteurisasi.

3.3.7 Ukuran Dimensi Mesin Pasteurisasi Susu

Berikut ini adalah ukuran dimensi dari rancang bangun mesin pasteurisasi susu setelah pemasangan komponen:

1. Panjang rancang bangun : 64 cm.
2. Lebar rancang bangun : 35 cm.
3. Tinggi rancang bangun : 122 cm.
4. Volume rancang bangun : 273,280 cm³

3.3.8 Struktur Material Mesin Pasteurisasi Susu

Dalam penelitian ini bahan material yang digunakan penulis dalam pembuatan rancang bangun mesin pasteurisasi susu adalah sebagai berikut:

A. Bagian rancang bangun mesin pasteurisasi susu.

1. Besi siku lubang.
2. Mur, dan baut.
3. 2 buah tabung *stainleesteel* 2,2 liter.
4. Gelas Ukur 500 ml.
5. Pipa *stainleesteel*.
6. Lem *sealant*.
7. Kayu triplek 3 mm.
8. Roda.

B. Bagian kontrol elektro mesin pasteurisasi susu.

1. Arduino UNO.
2. Kabel USB.

3. Kabel *jumper*.
4. *Microwave*.
5. 2 buah *solenoid valve* 12V.
6. Sensor Pt100.
7. Modul sensor Pt100.
8. *Relay*.
9. LCD 16x2.
10. Modul I2C.
11. *Push button*.
12. Adaptor 12V.

3.5 Pengujian Mekanik Dan Sistem Kendali

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan agar alat berjalan sesuai dengan sempurna sesuai dengan harapan penulis. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian terhadap setiap sensor untuk mengetahui sensor berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan pada keseluruhan komponen dan perangkat dengan mengintegrasikan antara perangkat keras dan perangkat lunak yang sudah dirancang, pengujian dilakukan dengan memberikan program instruksi pada seluruh komponen yang akan diuji. Apabila terjadi kesalahan pada pengujian, maka sistem akan diperbaiki sesuai dengan harapan penulis.

3.4.1 Pengujian Arduino UNO

Pengujian pada Arduino UNO, dilakukan dengan memberikan program sederhana ke dalam Arduino menggunakan *software* Arduino IDE. Tujuan dari

pengujian ini untuk mengetahui apakah Arduino yang digunakan tidak mengalami kerusakan serta kegagalan pada saat mengeksekusi program, sehingga pada saat Arduino digunakan dapat berjalan dengan baik dan benar.

3.4.2 Pengujian Sensor Pt100

Sensor Pt100 memiliki fungsi sebagai sensor pembaca suhu pada saat proses pasteurisasi susu berlangsung. Pengujian dari sensor Pt100 ini yaitu untuk memastikan bahwa sensor bekerja dengan baik dalam membaca suhu susu pada saat proses pasteurisasi. Hasil dari pengujian ini berupa nilai suhu yang di tampilan pada LCD dalam satuan derajat *celsius* yang sudah melalui proses kalibrasi. Pembacaan suhu pada sensor Pt100 ini nantinya akan dibandingkan dengan pembacaan suhu pada termometer digital. Diharapkan suhu yang dibaca oleh sensor Pt100 memiliki hasil yang kurang lebih sama atau bahkan bisa sama akurat dengan pembacaan dari termometer digital.

3.4.3 Pengujian LCD

LCD memiliki fungsi yaitu untuk menampilkan suhu pada saat proses pasteurisasi berlangsung. Pengujian yang dilakukan yaitu dengan memberikan program pada Arduino untuk ditampilkan pada LCD. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk melihat apakah LCD tersebut dapat menerima data dengan baik dan dapat menampilkan perintah sesuai dengan program yang telah penulis buat.

3.4.4 Pengujian *Microwaves*

Microwaves merupakan salah satu komponen utama pada penelitian ini. Alat ini memiliki fungsi yaitu sebagai pemanas pada proses pasteurisasi berlangsung. Pengujian yang dilakukan pada *microwaves* yaitu menentukan volume dan waktu ideal yang digunakan selama proses pasteurisasi susu berlangsung. Harapan penulis dalam pengujian ini ada dua, yang pertama yaitu mencari volume ideal saat proses pasteurisasi susu berlangsung agar volume yang digunakan nantinya tidak terlalu banyak dan juga tidak terlalu sedikit disesuaikan dengan kemampuan dan kapasitas dari *microwaves* tersebut. Yang kedua yaitu mencari waktu yang ideal agar proses pasteurisasi susu tidak berlangsung terlalu lama, dan juga akan disesuaikan dengan kemampuan yang dimiliki oleh *microwaves*. Pengujian ini nantinya akan menggunakan variasi volume dan waktu untuk mendapatkan hasil yang ideal dan tepat bagi *microwaves*. Selain itu pengujian ini juga bertujuan untuk melihat apakah *microwaves* tersebut dapat berjalan dengan baik selama proses pasteurisasi berlangsung.

3.4.5 Pengujian *Solenoid Valve*

Solenoid valve pada alat ini memiliki fungsi yaitu untuk menahan dan mengalirkan susu pada saat proses pasteurisasi susu berlangsung. Pada mesin ini terdapat 2 *solenoid valve*, satu terletak antara tabung penampung susu dengan bagian pemanas yang berfungsi untuk mengalirkan susu dari bagian penampung awal ke bagian pemanas saat proses pasteurisasi akan dimulai setelah itu menahan susu pada bagian penampung awal menuju bagian pemanas apabila proses susu sedang berlangsung. Lalu satu lagi terdapat pada antara bagian pemanas dengan

bagian penampung akhir susu, yang memiliki fungsi menahan susu pada bagian pemanas apabila proses pasteurisasi sedang berlangsung setelah itu juga mengalirkan susu ke bagian penampung akhir apabila proses pasteurisasi susu pada bagian pemanas telah berakhir.

Pengujian *solenoid valve* ini juga bertujuan untuk menentukan berapa waktu yang dibutuhkan untuk memasukkan susu dari bagian penampung awal ke dalam bagian pemanas sesuai dengan volume ideal yang ditentukan oleh penulis. Menentukan waktu ini sangat penting agar volume susu yang masuk pada bagian pemanas tidak kurang ataupun tidak melebihi batas volume yang sudah ditentukan. Tujuan lain dari pengujian ini juga melihat apakah *solenoid valve* tersebut dapat berjalan dengan baik dan benar.

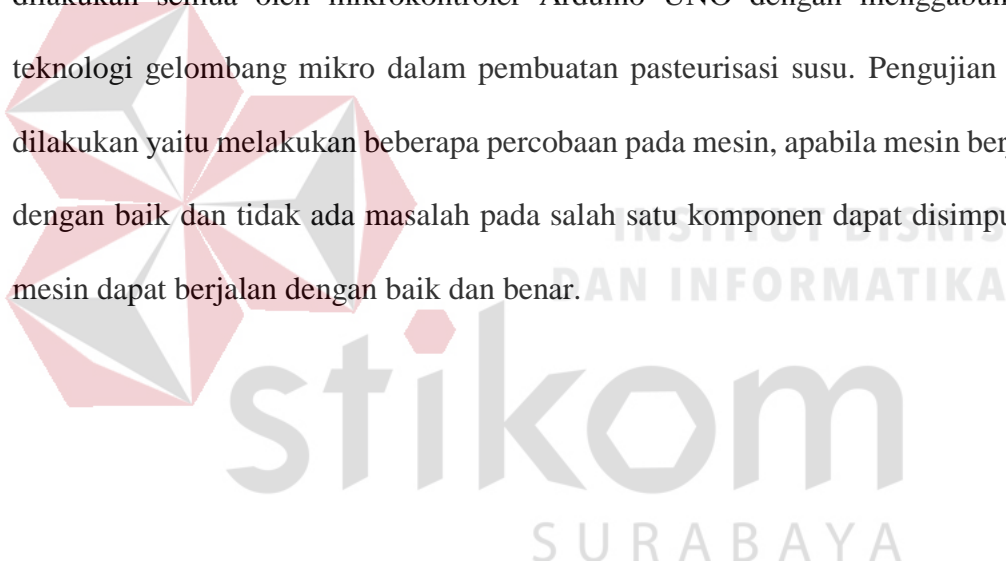
3.4.6 Pengujian Otomatisasi Sistem

Pengujian ini merupakan hasil pengambilan data pada otomatisasi sistem yang telah dirancang. Mengolah *input* serta diproses melalui Arduino UNO untuk menghasilkan sebuah *output* yang dapat mengatur proses pasteurisasi susu agar mencapai suhu dan waktu yang telah ditentukan suatu mode.

Pada mesin ini terdapat 2 *input* dan 4 *output* yang digunakan. *Input* yang digunakan di antaranya satu buah *push button* yang berfungsi untuk mode yang akan digunakan dalam proses pasteurisasi. Mode yang akan digunakan pada mesin pasteurisasi susu yaitu mode HTST (memanaskan susu pada suhu $72^{\circ}\text{C} - 76^{\circ}\text{C}$ selama 15 – 16 detik). Lalu sensor suhu Pt100 yang digunakan untuk memantau suhu selama proses pasteurisasi sedang berjalan agar suhu tidak melebihi batas atau bahkan kurang dari batas dari standar pasteurisasi. *Output* yang digunakan pada

mesin ini 4 yaitu LCD, 2 buah *solenoid valve*, dan *microwaves*. LCD memiliki fungsi untuk menampilkan suhu yang dibaca oleh sensor Pt100 saat proses pasteurisasi berlangsung. Lalu 2 buah *solenoid valve*, yang pertama terhubung antara penampung awal dengan tabung pemanas, dan yang kedua terhubung antara tabung pemanas dengan penampung akhir. Terakhir adalah *microwaves*, yaitu komponen yang digunakan sebagai pemanas dalam mesin pasteurisasi ini.

Tujuan utama dari pengujian ini agar pasteurisasi susu dapat berjalan secara otomatis yang terintegrasi mikrokontroler Arduino UNO. Dimana segala proses dilakukan semua oleh mikrokontroler Arduino UNO dengan menggabungkan teknologi gelombang mikro dalam pembuatan pasteurisasi susu. Pengujian yang dilakukan yaitu melakukan beberapa percobaan pada mesin, apabila mesin berjalan dengan baik dan tidak ada masalah pada salah satu komponen dapat disimpulkan mesin dapat berjalan dengan baik dan benar.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas hasil serta pembahasan pada pengujian otomatisasi dan sistem kendali yang telah dibuat oleh penulis pada rancang bangun mesin pasteurisasi susu.

4.1 Pengujian Arduino UNO

4.1.1 Tujuan Pengujian Arduino UNO

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa Arduino UNO yang digunakan harus diuji terlebih dahulu dan benar-benar dalam kondisi baik serta dapat mengeksekusi program dengan benar.

4.1.2 Alat dan Prosedur Pengujian Arduino UNO

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

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

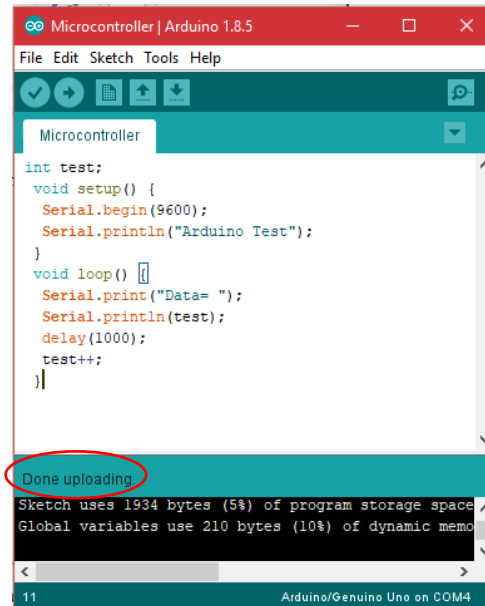
Berikut ini langkah-langkah pada prosedur pengujian Arduino UNO:

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

bahasa C pada Arduino IDE. Berikut contoh program pada Arduino IDE :

```
int test;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Arduino Test");
}
void loop() {
  Serial.print("Data= ");
  Serial.println(test);
  delay(1000);
  test++;
}
```

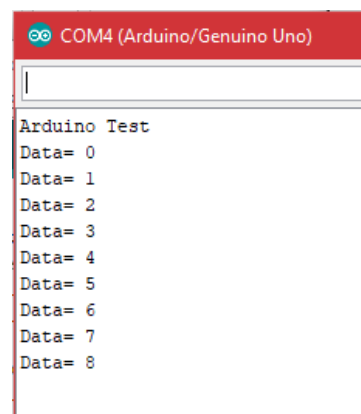
- d. Setelah selesai membuat program perintah, tekan *icon* berbentuk centang dengan tulisan "*Verify*" untuk memeriksa terdapat kesalahan pada program yang telah dibuat. Selanjutnya melakukan konfigurasi *board* dengan memilih Arduino UNO R3 pada kolom menu "*Tools*", lalu melakukan konfigurasi *port* Arduino yang telah terdeteksi oleh PC. Tekan *icon* berbentuk arah ke kanan dengan tulisan "*Upload*" untuk mengunggah program ke dalam Arduino UNO.
- e. Apabila program telah berhasil diunggah, maka tekan *icon* "*Serial Monitor*" di sebelah kanan atas. Akan ditampilkan jendela yang berisikan hasil dari *serial* yang di cetak.
- f. Pengujian program pada Arduino UNO dengan *software* Arduino IDE dapat di lihat pada Gambar 4.1 yang ditandai oleh lingkaran berwarna merah bertuliskan "*Done Uploading*", yang menandakan bahwa program yang ditulis telah benar dan berhasil di-*upload* pada Arduino UNO.



Gambar 4.1. Berhasil *Upload* Program Pada Arduino UNO

4.1.3 Hasil Pengujian Arduino UNO

Program yang dimasukkan ke dalam Arduino UNO merupakan program untuk mengirim data menggunakan *port serial*. Proses pengiriman pada Arduino UNO harus terhubung dahulu dengan USB PC agar dapat menerima data yang dikirim melalui menu *serial monitor* pada *software* Arduino IDE. Hasil dari *serial monitor* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Hasil Dari *Serial Monitor*

Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa data yang dikirim pada *serial monitor* sesuai dengan program pemerintah yang dibuat dan di-*upload* pada Arduino UNO. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali untuk memastikan bahwa Arduino UNO benar-benar bekerja dengan baik. Dengan begitu Arduino UNO ini sudah dapat dipastikan untuk digunakan dalam pembuatan sistem.

4.2 Pengujian Sensor Pt100

4.2.1 Tujuan Pengujian Sensor Pt100

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa sensor Pt100 yang digunakan harus diuji terlebih dahulu dan benar-benar dalam kondisi baik serta dapat membaca suhu susu pada saat proses pasteurisasi berlangsung.

4.2.2 Alat dan Prosedur Pengujian Sensor Pt100

Berikut alat yang dibutuhkan pada pengujian:

- a. *PC (Personal Computer).*
- b. Arduino UNO.
- c. Sensor Pt100.
- d. Modul Sensor Pt100.
- e. LCD 16x2.
- f. Modul I2C
- g. Kabel USB.
- h. Kabel *Jumper*.
- i. *Software* Arduino IDE.

Berikut ini langkah-langkah pada prosedur pengujian sensor Pt100:

- a. Menghubungkan antara sensor Pt100 ke modul sensor untuk disambungkan pada *pin* data *analog*, *power*, dan *ground* pada Arduino UNO menggunakan kabel *jumper*.
- b. Hubungkan juga LCD ke modul I2C untuk disambungkan pada *pin* SDA, *pin* SCL, *power*, dan *ground* pada Arduino UNO menggunakan kabel *jumper*.
- c. Menghidupkan PC.
- d. Menyambungkan PC pada Arduino UNO dengan menggunakan kabel USB.
- e. Membuka *software* Arduino IDE pada PC. Program perintah untuk sensor Pt100 dalam bahasa C pada Arduino IDE. Berikut contoh program pada Arduino IDE :

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);

const int analogInPin = A0;
const int SensorValueLow = 552;
const int SensorValueDiff = 28;
const int TempValueDiff = 28;
const int TempValueLow = 43;

int sensorValue = 0;
double Temp = 0;

void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.backlight();
}

void loop() {
  sensorValue = analogRead(analogInPin);
  Temp = sensorValue - SensorValueLow;
  Temp = Temp / SensorValueDiff;
  Temp = Temp * TempValueDiff;
  Temp = Temp + TempValueLow;
```

```

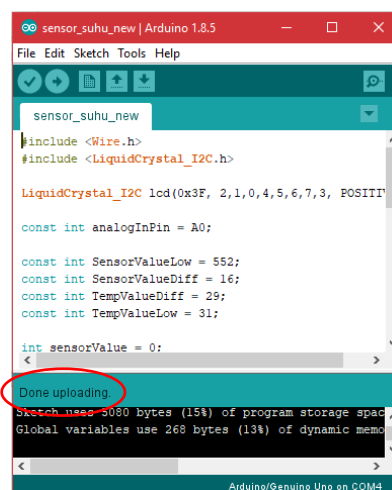
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Value = ");
lcd.setCursor(7,0);
lcd.print(sensorValue);

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Temp = ");
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print(Temp);

delay(200);
}

```

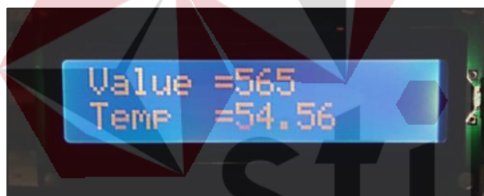
- f. Setelah selesai membuat program perintah, tekan *icon* berbentuk centang dengan tulisan "*Verify*" untuk memeriksa terdapat kesalahan pada program yang telah dibuat. Selanjutnya melakukan konfigurasi *board* dengan memilih Arduino UNO pada kolom menu "*Tools*", lalu melakukan konfigurasi *port* Arduino yang telah terdeteksi oleh PC. Tekan *icon* berbentuk arah ke kanan dengan tulisan "*Upload*" untuk mengunggah program ke dalam Arduino UNO.
- g. Apabila program telah berhasil diunggah, maka akan keluar pemberitahuan bertuliskan "*Done Uploading*" seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Berhasil *Upload* Program Sensor Pt100

4.2.3 Hasil Pengujian Sensor Pt100

Program yang diunggah penulis ke dalam Arduino UNO yaitu meminta sensor Pt100 untuk membaca suhu dan menampilkannya pada LCD. Satuan suhu yang digunakan penulis adalah *celcius*. Nilai awal yang diterima oleh sensor adalah nilai analog, lalu nantinya akan melalui proses kalibrasi untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan termometer digital. Disini penulis menggunakan termometer digital sebagai media untuk mendapatkan nilai yang akurat dari sensor Pt100. Media yang digunakan penulis adalah air yang telah dihangatkan, lalu sensor Pt100 dan termometer digital dimasukkan ke dalam air secara bersamaan. Hasil dari sensor Pt100 dapat di lihat pada Gambar 4.4 dan hasil dari termometer digital dapat di lihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Hasil Sensor Pt100



Gambar 4.4. Hasil Termometer Digital

Pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa suhu yang dibaca oleh sensor Pt100 adalah $54,56^{\circ}\text{C}$ dan suhu yang dibaca oleh termometer digital adalah $54,7^{\circ}\text{C}$. Dapat dilihat bahwa suhu yang dihasilkan mendekati sama dan hanya memiliki selisih sebesar $0,14^{\circ}\text{C}$. Setelah itu penulis melakukan 10 percobaan kepada sensor Pt100 untuk memastikan tingkat *error* yang terjadi pada saat pembacaan suhu. Hasil seluruh percobaan dari sensor pt100 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Percobaan 10 Kali Pada Sensor Pt100

Percobaan	Termometer Digital	Sensor Pt100	Selisih
Percobaan 1	54,56°C	54,70°C	0,14°C
Percobaan 2	98,34°C	97,30°C	1,04°C
Percobaan 3	66,71°C	65,60°C	1,11°C
Percobaan 4	64,29°C	63,60°C	0,69°C
Percobaan 5	62,43°C	62,20°C	0,23°C
Percobaan 6	29,54°C	29,00°C	0,54°C
Percobaan 7	31,00°C	28,60°C	2,40°C
Percobaan 8	28,60°C	28,00°C	0,60°C
Percobaan 9	55,64°C	55,00°C	0,64°C
Percobaan 10	54,11°C	53,30°C	0,81°C
Rata - Rata			0,82°C

Pada Tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa rata-rata selisih suhu antara hasil baca termometer digital dengan sensor Pt100 adalah 0,82°C. Rata-rata tersebut masih berada di bawah dari 1°C. Dengan demikian sensor Pt100 dapat digunakan pada mesin pasteurisasi susu.

4.3 Pengujian LCD

4.3.1 Tujuan Pengujian LCD

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa LCD yang digunakan harus diuji terlebih dahulu dan dipastikan dalam kondisi baik serta dapat membaca data yang dikirimkan oleh Arduino UNO saat proses pasteurisasi susu berlangsung.

4.3.2 Alat dan Prosedur Pengujian LCD

Berikut alat yang dibutuhkan pada pengujian, antara lain :

- a. *PC (Personal Computer).*
- b. Arduino UNO.
- c. LCD 16x2.

- d. I2C Modul.
- e. Kabel USB.
- f. Kabel *Jumper*.
- g. *Software* Arduino IDE.

Berikut ini langkah-langkah pada prosedur pengujian LCD:

- a. Menghubungkan antara LCD ke modul I2C untuk disambungkan pada *pin* SDA, *pin* SCL, *power*, dan *ground* pada Arduino UNO menggunakan kabel *jumper*.
- b. Menghidupkan PC.
- c. Menyambungkan PC pada Arduino UNO dengan menggunakan kabel USB.
- d. Membuka *software* Arduino IDE pada PC. Program perintah untuk LCD 16x2

dalam bahasa C pada Arduino IDE. Berikut contoh program pada Arduino IDE:

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F ,2,1,0,4,5,6,7,3, POSITIVE);

void setup() {
  lcd.begin(16,2);
  lcd.clear();
  lcd.print("ABCDEFGHJKLMNOP");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("QRSTUVWXYZ123456");
}

void loop() {
}
```

- e. Setelah selesai membuat program perintah, tekan *icon* berbentuk centang dengan tulisan "*Verify*" untuk memeriksa terdapat kesalahan pada program yang telah

dibuat. Selanjutnya melakukan konfigurasi *board* dengan memilih Arduino UNO pada kolom menu "*Tools*", lalu melakukan konfigurasi *port* Arduino yang telah terdeteksi oleh PC. Tekan *icon* berbentuk arah ke kanan dengan tulisan "*Upload*" untuk mengunggah program ke dalam Arduino UNO. Tunggu hingga ada pemberitahuan "*Done Uploading*".

- f. Hasil pengujian program pada LCD 16x2 dapat di lihat pada Gambar 4.6 yang ditandai oleh lingkaran berwarna merah bertuliskan "*Done Uploading*", yang menandakan bahwa program yang ditulis telah benar dan berhasil di-*upload* pada Arduino UNO.



Gambar 4.6. Berhasil *Upload* Program LCD 16x2

4.3.3 Hasil Pengujian LCD

Program yang dimasukkan ke dalam Arduino UNO merupakan program untuk menampilkan karakter pada LCD. Proses pengiriman pada Arduino UNO harus terhubung terlebih dahulu dengan USB. Setelah itu hubungkan LCD pada

modul I2C untuk disambungkan pada Arduino UNO menggunakan kabel *jumper*. Hasil baca dari LCD dapat di lihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Hasil Dari LCD 16x2

Pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa data yang dikirim dari Arduino UNO dapat diterima dengan baik dan benar oleh LCD. Setelah itu penulis akan melakukan pengujian pada LCD sebanyak 10 kali untuk memastikan bahwa LCD dapat stabil dalam menerima data. Berikut adalah tabel keberhasilan terhadap pengujian pada LCD.

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Pada LCD 16x2

Pengujian	Program	Hasil LCD	Keterangan
1	ABCDEFGH IJKLMN OP QRSTU VWXYZ123456	ABCDEFGH IJKLMN OP QRSTU VWXYZ123456	Sesuai
2	aaaaaaaaa	aaaaaaaaa	Sesuai
3	123456789	123456789	Sesuai
4	Dimas Bayu Pratama	Dimas Bayu Pratama	Sesuai
5	S1 Sistem Komputer	S1 Sistem Komputer	Sesuai
6	Pengujian LCD 123	Pengujian LCD 123	Sesuai
7	XXXXX	XXXXX	Sesuai
8	1 3 5 7 9 2 4 6 8 10	1 3 5 7 9 2 4 6 8 10	Sesuai
9	*****	*****	Sesuai
10	Temperatur: 75	Temperatur: 75	Sesuai

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa LCD dapat menerima semua data yang dikirimkan oleh Arduino UNO, mulai dari angka, huruf kecil, huruf kapital dan

simbol. Maka penulis menyimpulkan bahwa LCD bekerja dengan baik dan dapat digunakan dalam pembuatan sistem.

4.4 Pengujian *Microwave*

4.4.1 Tujuan Pengujian *Microwaves*

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa *microwaves* yang digunakan harus diuji terlebih dahulu dan dipastikan dalam kondisi baik serta dapat memanaskan susu sesuai dengan suhu yang sudah ditentukan oleh mode pada Arduino UNO.

4.4.2 Alat dan Prosedur Pengujian *Microwaves*

Berikut alat yang dibutuhkan pada pengujian, antara lain :

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

Berikut ini langkah-langkah pada prosedur pengujian sensor Pt100:

- a. Menghubungkan *microwaves* pada *relay* untuk disambungkan pada *pin data analog, power, dan ground* pada Arduino UNO menggunakan kabel *jumper*.
- b. Menghidupkan PC.

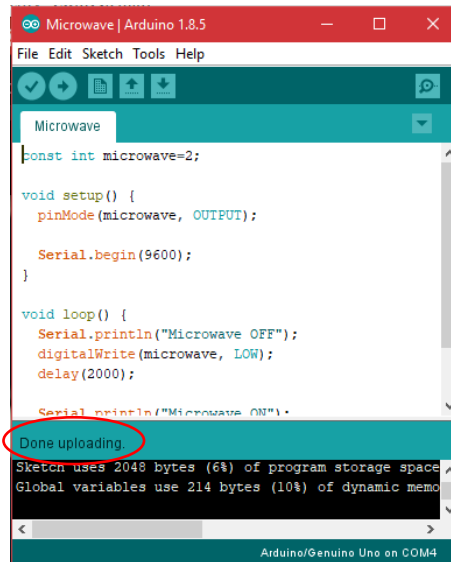
- c. Menyambungkan PC pada Arduino UNO dengan menggunakan kabel USB.
- d. Membuka *software* Arduino IDE pada PC. Program perintah untuk *relay* agar menjalankan *solenoid valve* dalam bahasa C pada Arduino IDE. Berikut contoh program pada Arduino IDE:

```
const int microwave=2;
void setup() {
  pinMode(microwave, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  Serial.println("Microwave OFF");
  digitalWrite(microwave, LOW);
  delay(2000);

  Serial.println("Microwave ON");
  digitalWrite(microwave, HIGH);
  delay(4000);
}
```

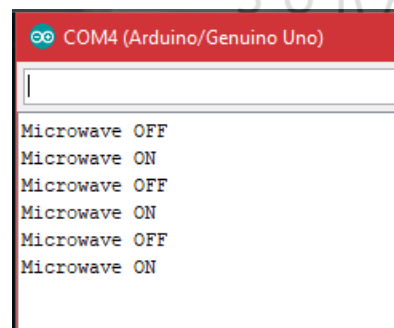
- e. Setelah selesai membuat program perintah, tekan *icon* berbentuk centang dengan tulisan "*Verify*" untuk memeriksa terdapat kesalahan pada program yang telah dibuat. Selanjutnya melakukan konfigurasi *board* dengan memilih Arduino UNO pada kolom menu "*Tools*", lalu melakukan konfigurasi *port* Arduino yang telah terdeteksi oleh PC. Tekan *icon* berbentuk arah ke kanan dengan tulisan "*Upload*" untuk mengunggah program ke dalam Arduino UNO.
- f. Apabila program telah berhasil diunggah, maka tekan *icon* "*Serial Monitor*" di sebelah kanan atas. Akan ditampilkan jendela yang berisikan hasil dari *serial* yang di cetak. Mengamati hasil yang dilakukan oleh Arduino UNO pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Berhasil *Upload* Program *Microwaves*

4.4.3 Hasil Pengujian *Microwaves*

Program yang diunggah penulis ke dalam Arduino UNO dilakukan untuk pengujian apakah *microwaves* dapat di kontrol sesuai dengan perintah. Program yang diunggah yaitu memberi perintah kepada *microwaves* untuk menyala selama 4 detik dan mati selama 5 detik. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Hasil Pengujian Pertama Pada *Microwaves*

Pada Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa *microwaves* sudah dapat berjalan sesuai dengan perintah yang dibuat oleh penulis. Hasil pertama yang ditampilkan

pada *serial monitor* adalah “*Microwaves OFF*” yang berarti *microwaves* dalam keadaan mati. Hasil kedua yang ditampilkan pada *serial monitor* adalah “*Microwaves ON*” yang berarti *microwaves* menyala. Pada percobaan ini dapat disimpulkan bahwa *microwaves* dapat menerima perintah dari Arduino UNO dan siap digunakan dalam penelitian.

Pengujian kedua yang dilakukan penulis pada *microwaves* adalah menentukan berapa volume dan waktu ideal yang dibutuhkan untuk proses pasteurisasi susu. Tujuan dari pengujian ini adalah yang pertama yaitu mencari volume ideal saat proses pasteurisasi susu berlangsung agar volume yang digunakan tidak terlalu banyak dan juga tidak terlalu sedikit disesuaikan dengan kemampuan dan kapasitas dari *microwaves* tersebut. Yang kedua yaitu mencari waktu ideal agar proses pasteurisasi susu tidak berlangsung terlalu lama yang disesuaikan dengan kemampuan yang dimiliki oleh *microwaves*. Pengujian yang akan dilakukan penulis yaitu mencoba memanaskan susu pada volume terendah yang sudah ditentukan hingga volume tertinggi yang sudah ditentukan pada waktu terendah yang sudah ditentukan hingga waktu terlama yang sudah ditentukan.

Pada percobaan pertama ini penulis akan mencoba untuk memanaskan susu pada volume 100 ml menggunakan wadah *stainless steel* dikombinasikan pada beberapa variasi waktu. Volume susu yang digunakan pada tabung *input* adalah 1 liter. Hasil dari pengujian dapat di lihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Percobaan Pada Volume 100 ml

Waktu	Suhu
3 menit	75°C
6 menit	88°C
9 menit	89°C
12 menit	<i>Microwaves Rusak</i>

Setelah dilakukan percobaan seperti pada Tabel 4.3, ternyata ada beberapa waktu yang tidak dapat menghasilkan data karena terjadi masalah pada *microwaves*. Pada menit 3 hingga menit 9 *microwaves* bekerja normal sehingga dapat menghasilkan data berupa suhu. Lalu mulai menit 12 terjadi masalah terhadap *microwaves* sehingga tidak dapat menghasilkan data lagi. Masalah yang terjadi yaitu bagian *magnetron* pada *microwaves* tidak lagi mengeluarkan gelombang mikro sehingga susu tidak lagi dapat terpasteurisasi.

Kemungkinan-kemungkinan yang dapat disimpulkan dari percobaan di atas yang mungkin menyebabkan *magnetron* pada *microwaves* rusak adalah, pertama bahan yang penulis gunakan pada percobaan ini menggunakan wadah *stainless steel* dimana seharusnya bahan ini tidak boleh dimasukkan pada *microwaves* karena dapat menyebabkan percikan api dan ledakan, juga membahayakan bagi *magnetron*.

Kedua yaitu volume susu yang sebenarnya di bawah standar yang boleh dimasukkan pada *microwaves*. Volume minimal dari bahan cair yang boleh dimasukkan pada *microwaves* yaitu 200 ml sedangkan pada percobaan ini penulis menggunakan volume susu 100 ml yang akhirnya pada percobaan pada menit ke 12 susu sudah berubah menjadi lemak susu yang menempel pada permukaan wadah.

Ketiga yaitu waktu yang terlalu lama dalam melakukan pengujian, melihat semakin sedikit volume susu yang ada di dalamnya seharusnya waktu yang

digunakan juga tidak terlalu lama. Dan sebaiknya untuk memasak bahan makanan berbahan dasar cair hanya membutuhkan 2-6 menit saja dan menyesuaikan volumenya. Melihat dari percobaan pertama ini penulis lebih memperhatikan bahan dan beberapa faktor yang akan digunakan pada percobaan selanjutnya, seperti lebih tepat dalam memilih volume dan waktu pengujian.

Pada percobaan kedua penulis akan mencoba kembali untuk memanaskan susu pada volume 100 ml menggunakan *microwaves* yang berbeda, lalu penulis juga menggunakan wadah kaca berjenis *pyrex* yang memenuhi syarat untuk memanaskan bahan pangan di dalam *microwaves*, yang akan dikombinasikan pada beberapa variasi waktu. Volume susu yang digunakan pada tabung *input* adalah 1 liter. Hasil dari percobaan dapat di lihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Percobaan Kedua Pada Volume 100 ml

Waktu	Suhu
3 menit	75°C
4 menit	80°C
5 menit	88°C
6 menit	89°C

Pada Tabel 4.4 terlihat hasil dari percobaan kedua yaitu keseluruhan berjalan lancar dan semuanya menghasilkan data. Pada percobaan ini penulis menggunakan bahan *pyrex* sebagai wadah pemanas untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi pada percobaan pertama. Lalu faktor lain seperti pemilihan waktu dan volume juga sudah diperbaiki sesuai kapasitas dan kekuatan yang dimiliki *microwaves*.

Pada percobaan ketiga penulis akan mencoba untuk memanaskan susu pada volume 300 ml menggunakan wadah kaca berjenis *pyrex* sama seperti percobaan

kedua, lalu dikombinasikan dengan beberapa variasi waktu. Volume susu yang digunakan pada tabung *input* yaitu 1 liter. Hasil percobaan disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Percobaan Pada Volume 300 ml

Waktu	Suhu
3 menit	60°C
4 menit	72°C
5 menit	80°C
6 menit	86°C

Pada Tabel 4.5 terlihat hasil dari percobaan ketiga yaitu keseluruhan berjalan lancar dan semuanya menghasilkan data. Pada percobaan ini penulis menggunakan bahan *pyrex* sebagai wadah pemanas untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi pada percobaan pertama. Lalu faktor lain seperti pemilihan waktu dan volume juga sudah diperbaiki sesuai kapasitas dan kekuatan yang dimiliki *microwaves*.

Pada percobaan keempat penulis akan mencoba untuk memanaskan susu pada volume 500 ml menggunakan wadah kaca berjenis *pyrex* sama seperti percobaan kedua dan ketiga, lalu dikombinasikan dengan beberapa variasi waktu. Volume susu yang digunakan pada tabung *input* adalah 1 liter. Hasil dari percobaan dapat di lihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Percobaan Pada Volume 500 ml

Waktu	Suhu
3 menit	56°C
4 menit	68°C
5 menit	75°C
6 menit	80°C

Pada Tabel 4.6 terlihat hasil dari percobaan keempat yaitu keseluruhan berjalan lancar dan semuanya menghasilkan data. Penulis menggunakan bahan *pyrex* dan pemilihan waktu sama seperti percobaan kedua dan ketiga agar terhindar dari kesalahan yang terjadi pada percobaan pertama.

Dari keempat percobaan yang sudah dilakukan, penulis merangkum semuanya di dalam satu tabel. Berikut hasil rangkuman dari semua percobaan disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Rangkuman Semua Percobaan Pada *Microwaves*

Percobaan	Waktu (Menit)				
	3	4	5	6	9
Percobaan 1	75°C	-	-	88°C	89°C
Percobaan 2	75°C	80°C	88°C	89°C	-
Percobaan 3	60°C	72°C	80°C	86°C	-
Percobaan 4	56°C	68°C	75°C	80°C	-

Melihat hasil rangkuman pada Tabel 4.7 penulis dapat menyimpulkan bahwa rata-rata suhu maksimal yang dapat dijangkau oleh *microwaves* adalah 89°C, sedangkan metode UHT yang akan digunakan penulis membutuhkan suhu 130°C-131°C. Hanya metode HTST yang memenuhi syarat untuk pasteurisasi pada mesin ini, yaitu hanya memerlukan suhu 72°C-76°C dan dipanaskan selama 15 detik. Menimbang untuk kebaikan *microwaves* dan kelancaran penulis dalam penelitian, kesimpulan yang diambil dari percobaan di atas bahwa penulis hanya menggunakan metode HTST dan tidak menggunakan metode UHT pada pembuatan mesin nantinya.

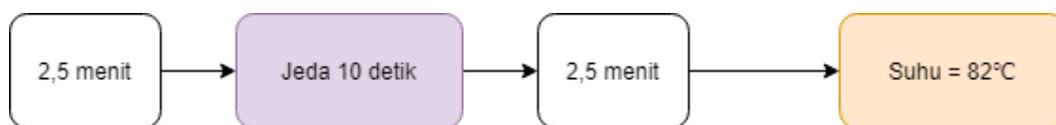
Metode LTLT juga tidak digunakan pada mesin pasteurisasi susu ini nantinya. Dimana metode LTLT ini membutuhkan pemanasan susu selama 30

menit dengan titik didih 60°C . Penulis tidak menggunakannya karena menimbang dari beberapa faktor seperti efisiensi waktu dan demi kebaikan dari *microwaves* tersebut. Untuk menggunakan metode LTLT secara tidak langsung *microwaves* akan hidup selama kurang lebih 30 menit lamanya, sedangkan hasil pengujian *microwaves* tadi menunjukkan bahwa *microwaves* tidak disarankan untuk hidup terlalu lama. Selain itu menggunakan metode LTLT pada penelitian ini juga tidak efisien, dikarenakan membutuhkan listrik yang banyak juga. Oleh karena itu akhirnya penulis memutuskan untuk memilih metode HTST yang akan digunakan pada mesin pasteurisasi susu.

Lalu menimbang mode yang digunakan hanya HTST, yaitu membutuhkan suhu 72°C - 76°C dan dipanaskan selama 15 detik, kesimpulan yang diambil dari keempat percobaan di atas yang dianggap paling efektif dan efisien adalah menggunakan volume susu 500 ml dan dipanaskan selama kurang lebih 5 menit. Karena penggunaan volume tersebut dianggap pas dan cukup untuk digunakan pada mesin pasteurisasi nantinya. Volume 500 ml tidak terlalu sedikit dan juga tidak terlalu banyak untuk dimasukkan pada mesin. Dan waktu 5 menit tersebut diambil dari hasil percobaan ketiga yang mana apabila menggunakan volume 500 ml untuk mencapai suhu 75°C harus dipanaskan selama 5 menit.

Setelah penulis mendapatkan hasil volume dan waktu ideal yaitu 500 ml selama 5 menit, penulis akan mencoba untuk melakukan pengujian apabila waktu 5 menit tersebut dibagi menjadi 2,5 menit dan diberi jeda 10 detik di antaranya. Dan juga akan dibandingkan dengan waktu 7,5 menit dengan pembagian dan jeda waktu yang sama. Apakah hasilnya bisa lebih panas dan manakah dari kedua waktu

tersebut yang lebih efektif untuk digunakan pada mesin. Hasil dari percobaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10. Hasil Percobaan 5 Menit



Gambar 4.11. Hasil Percobaan 7,5 Menit

Hasil percobaan pada Gambar 4.10 menunjukkan bahwa suhu yang dihasilkan mengalami perbedaan dengan percobaan sebelum menggunakan jeda 10 detik. Suhu susu saat percobaan 5 menit tanpa menggunakan jeda hanya mampu mencapai suhu 75°C, sedangkan percobaan 5 menit menggunakan jeda 10 detik di setiap 2,5 menitnya mampu menghasilkan suhu 82°C. Dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan jeda 10 detik dan pembagian waktu selama 2,5 menit lebih efisien untuk digunakan. Selain itu juga cara ini dapat membuat *microwaves* bekerja tidak terlalu lama, mengingat waktu normal yang baik bagi *microwaves* untuk memanaskan benda cair hanya 6 menit.

Hasil dari percobaan pada Gambar 4.11 yang menunjukkan apabila waktu yang digunakan adalah 7,5 menit dengan jeda 10 detik di setiap 2,5 menitnya dapat menghasilkan suhu yang lebih tinggi yaitu 90°C, dibandingkan percobaan sebelumnya. Tapi mengingat metode yang akan digunakan nantinya adalah HTST yang hanya membutuhkan suhu antara 72°C-76°C saja, penulis akan menggunakan cara seperti pada Gambar 4.10. Cara ini dianggap lebih efisien karena tidak

memerlukan waktu yang lama dan juga sudah memenuhi syarat yang dibutuhkan oleh metode HTST.

Kesimpulan akhir yang diambil penulis dari percobaan dan pengujian yang telah dilakukan adalah, penulis hanya akan menggunakan metode HTST dalam penelitiannya serta tidak menggunakan metode LTLT dan metode UHT. Metode HTST ini membutuhkan suhu 72°C - 76°C dan di panaskan selama 15 detik selama proses pasteurisasi. Lalu volume yang akan digunakan adalah 500 ml, dan waktu yang digunakan adalah 5 menit dengan jeda 10 detik di setiap 2,5 menitnya.

4.5 Pengujian *Solenoid Valve*

4.5.1 Tujuan Pengujian *Solenoid Valve*

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa *solenoid valve* yang digunakan harus diuji terlebih dahulu dan dipastikan dalam kondisi baik serta dapat membuka dan menutup *valve* sesuai perintah dari Arduino UNO selama proses pasteurisasi susu berlangsung.

4.5.2 Alat dan Prosedur Pengujian *Solenoid Valve*

Berikut alat yang dibutuhkan pada pengujian solenoid valve:

- a. *PC (Personal Computer)*.
- b. Arduino UNO.
- c. *Solenoid Valve*.
- d. *Relay*.
- e. Adaptor 12V.
- f. Kabel USB.

- g. Kabel *Jumper*.
- h. *Software* Arduino IDE.

Berikut ini langkah-langkah pada prosedur pengujian *solenoid valve*:

- a. Menghubungkan *solenoid valve* dengan *relay* dan adaptor 12V untuk disambungkan pada *pin* data *analog*, *power*, dan *ground* pada Arduino UNO menggunakan kabel *jumper*.
- b. Menghidupkan PC.
- c. Menyambungkan PC pada Arduino UNO dengan menggunakan kabel USB.
- d. Membuka *software* Arduino IDE pada PC. Program perintah untuk *relay* agar menjalankan *solenoid valve* dalam bahasa C pada Arduino IDE. Berikut contoh

program pada Arduino IDE :

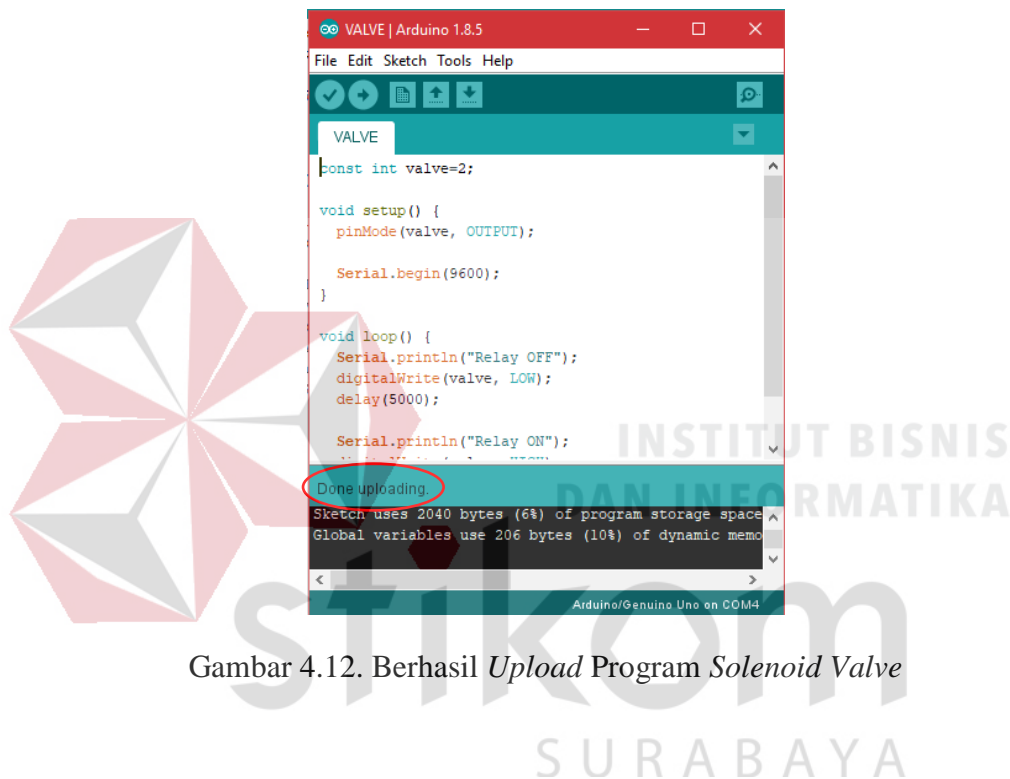
```
const int valve=2;
void setup() {
  pinMode(valve, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  Serial.println("Solenoid Valve OFF");
  digitalWrite(valve, LOW);
  delay(5000);
  Serial.println("Solenoid Valve ON");
  digitalWrite(valve, HIGH);
  delay(4000);
}
```

- e. Setelah selesai membuat program perintah, tekan *icon* berbentuk centang dengan tulisan "*Verify*" untuk memeriksa terdapat kesalahan pada program yang telah dibuat. Selanjutnya melakukan konfigurasi *board* dengan memilih Arduino

UNO pada kolom menu "*Tools*", lalu melakukan konfigurasi *port* Arduino UNO yang telah terdeteksi oleh PC. Tekan *icon* berbentuk arah ke kanan dengan tulisan "*Upload*" untuk mengunggah program ke dalam Arduino UNO.

- f. Apabila program telah berhasil diunggah, maka akan keluar pemberitahuan bertuliskan "*Done Uploading*" seperti pada Gambar 4.12.

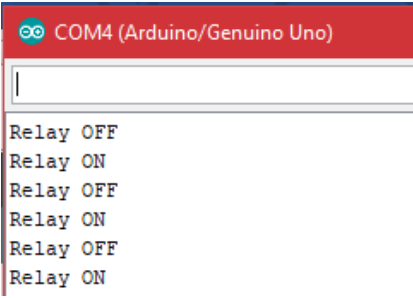


Gambar 4.12. Berhasil *Upload* Program *Solenoid Valve*

4.5.3 Hasil Pengujian *Solenoid Valve*

Program yang diunggah penulis ke dalam Arduino UNO dilakukan untuk pengujian apakah *solenoid valve* dapat membuka dan menutup *valve* sesuai dengan yang diperintahkan. Program memberi perintah kepada *solenoid valve* untuk membuka *valve* selama 4 detik dan membuka *valve* selama 5 detik. Hasil dari

pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.13.



```
COM4 (Arduino/Genuino Uno)
Relay OFF
Relay ON
Relay OFF
Relay ON
Relay OFF
Relay ON
```

Gambar 4.13. Hasil Pengujian Pertama *Solenoid Valve*

Pada Gambar 4.13 dapat diketahui bahwa *solenoid valve* sudah dapat berjalan sesuai dengan perintah yang dibuat oleh penulis. Hasil pertama yang ditampilkan pada *serial monitor* adalah “*Relay OFF*” yang berarti *solenoid valve* dalam keadaan mati dan *valve* dalam kondisi tertutup. Hasil kedua yang ditampilkan pada *serial monitor* adalah “*Relay ON*” yang berarti *solenoid valve* mendapat tegangan dan *valve* dalam kondisi terbuka. Pada percobaan ini dapat disimpulkan bahwa *solenoid valve* dalam kondisi baik dan dapat digunakan dalam penelitian.

Pengujian kedua yang dilakukan penulis pada *solenoid valve* adalah menentukan berapa waktu yang dibutuhkan untuk memasukkan susu dari bagian penampung awal ke dalam bagian pemanas sesuai dengan volume ideal yang ditentukan oleh penulis. Volume ideal tersebut didapatkan dari hasil pengujian *microwaves*, dan hasil yang pengujian yang didapatkan adalah 500 ml. Maka pengujian ini nantinya akan menentukan waktu yang dibutuhkan oleh *solenoid valve* untuk memasukkan susu dari bagian penampung awal ke dalam bagian pemanas sebanyak 500 ml. Volume yang digunakan penulis pada penampung awal

susu adalah 1 liter. Hasil pengujian yang telah dilakukan oleh penulis dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8. Hasil Pengujian *Solenoid Valve* Untuk Menuangkan Susu 500 ml

Waktu	Volume	Keterangan
2,5 Detik	350 ml	Kurang 150 ml
3,0 Detik	450 ml	Kurang 50 ml
3,5 Detik	500 ml	Sesuai
4,0 Detik	580 ml	Lebih 80 ml
4,5 Detik	620 ml	Lebih 120 ml
5,0 Detik	710 ml	Lebih 210 ml

Pada Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa waktu yang dibutuhkan oleh *solenoid valve* untuk memasukkan susu dari bagian penampung awal ke dalam bagian pemanas sebanyak 500 ml adalah 3,5 detik. Setelah itu percobaan ini dilakukan 10 kali untuk memastikan bahwa waktu tersebut sesuai dengan volume yang diharapkan. Hasil dari percobaan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Hasil Percobaan 10 Kali Pada *Solenoid Valve*

Percobaan	Waktu (Detik)					
	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Percobaan 1	350 ml	450 ml	500 ml	580 ml	620 ml	710 ml
Percobaan 2	350 ml	450 ml	500 ml	580 ml	620 ml	710 ml
Percobaan 3	350 ml	450 ml	500 ml	580 ml	620 ml	710 ml
Percobaan 4	350 ml	450 ml	500 ml	580 ml	620 ml	710 ml
Percobaan 5	350 ml	450 ml	500 ml	580 ml	620 ml	710 ml
Percobaan 6	350 ml	450 ml	500 ml	580 ml	620 ml	710 ml
Percobaan 7	350 ml	450 ml	500 ml	580 ml	620 ml	710 ml
Percobaan 8	350 ml	450 ml	500 ml	580 ml	620 ml	710 ml
Percobaan 9	350 ml	450 ml	500 ml	580 ml	620 ml	710 ml
Percobaan 10	350 ml	450 ml	500 ml	580 ml	620 ml	710 ml

Pada Tabel 4.9 setelah dilakukan percobaan 10 kali pada *solenoid valve*, dapat disimpulkan bahwa waktu yang tepat untuk menuangkan susu pada volume

500 ml adalah 3,5 detik. Dengan ini dipastikan *solenoid valve* bekerja dengan baik dan dapat digunakan dalam pembuatan sistem.

4.6 Pengujian Otomatisasi Sistem

4.6.1 Tujuan Pengujian Otomatisasi Sistem

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa pengujian yang dilakukan pada otomatisasi sistem yaitu mengolah *input* serta diproses melalui Arduino UNO untuk menghasilkan sebuah *output* yang dapat mengatur proses pasteurisasi susu agar mencapai suhu dan waktu yang telah ditentukan suatu mode. Pengujian akan dilakukan 10 kali untuk memastikan apakah sistem berjalan lancar dan bekerja dengan benar.

4.6.2 Alat dan Prosedur Pengujian Otomatisasi Sistem

Berikut alat yang dibutuhkan pada pengujian, antara lain :

- b. *PC (Personal Computer)*.
- c. Arduino UNO.
- d. Kabel USB.
- e. Kabel *Jumper*.
- f. Sensor Pt100.
- g. Modul Sensor Pt100.
- h. *Solenoid Valve* 12V.
- i. *Relay*.
- j. *Microwaves*.
- k. LCD 16x2.

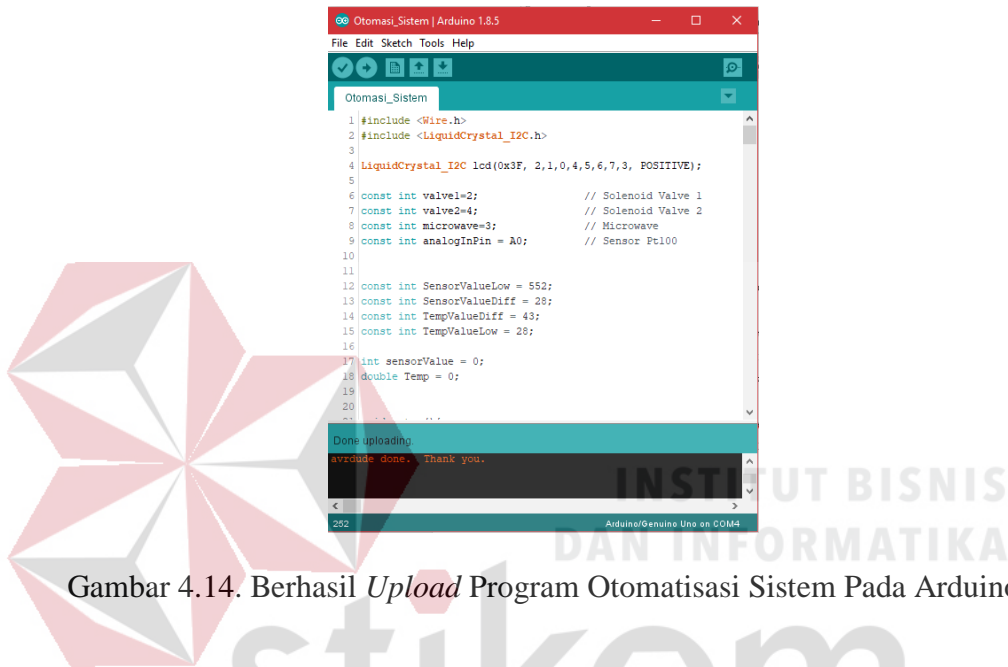
- l. I2C Module.
- m. *Push Button*.
- n. Adaptor 12V.
- o. *Software* Arduino IDE.

Berikut ini langkah-langkah pada prosedur pengujian otomatisasi sistem, sebagai berikut :

- a. Menghubungkan *pin* komponen ke *pin* Arduino UNO menggunakan kabel *jumper* sesuai dengan *direction pin* yang dimilikinya.
- b. Menghidupkan PC.
- c. Menyambungkan PC pada Arduino UNO menggunakan kabel USB.
- d. Membuka *software* Arduino IDE pada PC. Isi program perintah pada Arduino IDE dan *upload* program. Program perintah terdapat pada LAMPIRAN 1.
- e. Setelah selesai tekan *icon "Verify"* pada *toolbars*, jika tidak terdapat kesalahan pada *syntax* maka melakukan *upload* pada program yang telah dibuat. Jika sudah selesai maka tekan *icon "Serial Monitor"*.
- f. Pada jendela *serial monitor* akan menampilkan hasil dari program yang telah di-*upload*.

4.6.3 Hasil Pengujian Otomatisasi Sistem

Pengujian otomatisasi sistem berisikan tentang pengujian dari setiap komponen yang telah terpasang menjadi satu pada mesin pasteurisasi susu ini. Pengujian pertama yang dilakukan adalah *upload* program pada Arduino UNO, dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.14. Berhasil *Upload* Program Otomatisasi Sistem Pada Arduino

Alur pertama untuk menjalankan mesin pasteurisasi susu setelah dimasukkan program adalah menghidupkan tombol “on” pada mesin pasteurisasi susu. Setelah itu terdapat satu buah tombol, yaitu “HTST”. Hasil dari pengujian tombol sebanyak 10 kali akan di tampilkan pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10. Tabel Pengujian *Push Button* Pada Otomatisasi Sistem

Pengujian	<i>Push Button</i>	Keterangan
Ke-1	<i>On</i>	Tercapai
Ke-2	<i>On</i>	Tercapai
Ke-3	<i>On</i>	Tercapai
Ke-4	<i>On</i>	Tercapai
Ke-5	<i>On</i>	Tercapai

Pengujian	Push Button	Keterangan
Ke-6	<i>On</i>	Tercapai
Ke-7	<i>On</i>	Tercapai
Ke-8	<i>On</i>	Tercapai
Ke-9	<i>On</i>	Tercapai
Ke-10	<i>On</i>	Tercapai

Pada Tabel 4.10 menunjukkan tabel keberhasilan dari *push button* pada saat menjalankan program dan perintah dari Arduino UNO. Dan hasil dari tabel tersebut menyatakan bahwa *push button* dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan pada otomatisasi sistem.

Alur selanjutnya setelah *push button* ditekan adalah susu yang berada pada tabung *input* akan dialirkan menuju wadah pemanas oleh *solenoid valve 1*. Susu yang dimasukkan oleh penulis pada tabung *input* ±1 liter. Setelah itu *solenoid valve 1* akan terbuka secara otomatis selama 3,5 detik. Sesuai dengan hasil pengujian *solenoid valve* bahwa tujuan terbukanya *valve* selama 3,5 detik agar volume susu yang masuk pada wadah pemanas 500 ml. Hasil pengujian yang telah dilakukan oleh penulis pada *solenoid valve 1* disajikan pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11. Pengujian *Solenoid Valve 1* Pada Otomatisasi Sistem

Pengujian	Solenoid Valve 1	Volume	Keterangan
Ke-1	3,5 Detik	500 ml	Tercapai
Ke-2	3,5 Detik	500 ml	Tercapai
Ke-3	3,5 Detik	500 ml	Tercapai
Ke-4	3,5 Detik	500 ml	Tercapai
Ke-5	3,5 Detik	500 ml	Tercapai
Ke-6	3,5 Detik	500 ml	Tercapai
Ke-7	3,5 Detik	500 ml	Tercapai
Ke-8	3,5 Detik	500 ml	Tercapai
Ke-9	3,5 Detik	500 ml	Tercapai
Ke-10	3,5 Detik	500 ml	Tercapai

Pada Tabel 4.11 menunjukkan hasil pengujian dari *solenoid valve 1*, dan hasil yang didapatkan sesuai dengan volume yang diharapkan yaitu 500 ml. Tetapi pada gelas ukur yang terdapat pada mesin pasteurisasi susu hanya menunjukkan volume sebesar ± 400 ml. Dikarenakan terdapat pipa yang terhubung dengan gelas ukur dengan diameter 20mm dan panjang 15 cm serta ada juga *solenoid valve* yang jumlahnya dapat menampung ± 100 ml. Maka dapat disimpulkan bahwa *solenoid valve 1* bekerja dengan baik dan dapat digunakan pada otomatisasi sistem.

Proses selanjutnya adalah pasteurisasi susu. Pada fase ini susu akan dipanaskan selama 5 menit dengan pembagian waktu 2,5 menit dua kali dan diberikan jeda 10 detik diantaranya. Sesuai dengan pengujian *microwaves* sebelumnya bahwa waktu ini yang lebih efektif digunakan pada mesin pasteurisasi susu ini. Dapat dilihat pada Tabel 4.12 hasil dari percobaan pasteurisasi menggunakan pembagian waktu tersebut.

Tabel 4.12. Hasil Pasteurisasi Susu Selama 5 Menit

Percobaan	Waktu	Suhu Akhir	Keterangan
Ke-1	5 Menit	62°C	Tidak Tercapai
Ke-2	5 Menit	60°C	Tidak Tercapai
Ke-3	5 Menit	63°C	Tidak Tercapai
Ke-4	5 Menit	64°C	Tidak Tercapai
Ke-5	5 Menit	66°C	Tidak Tercapai
Ke-6	5 Menit	63°C	Tidak Tercapai
Ke-7	5 Menit	62°C	Tidak Tercapai
Ke-8	5 Menit	65°C	Tidak Tercapai
Ke-9	5 Menit	64°C	Tidak Tercapai
Ke-10	5 Menit	60°C	Tidak Tercapai

Dari hasil pada Tabel 4.12 menunjukkan bahwa seluruh pengujian mendapatkan hasil yang tidak sesuai atau gagal. Hasil yang didapatkan rata-rata

menghasilkan suhu 62,9°C dan tidak sesuai dengan suhu minimal yang dibutuhkan oleh metode HTST. Dimana suhu minimal yang dibutuhkan oleh metode ini adalah 72°C-76°C dan dipanaskan selama 15-16 detik. Penulis menyimpulkan bahwa penggunaan waktu tersebut pada otomatisasi sistem kurang efektif. Sehingga penulis akan menambahkan waktu selama 1 menit dan jeda 10 detik, tetapi sensor juga akan memantau kenaikan suhu pada susu agar tidak melebihi suhu yang sudah ditentukan metode HTST. Hasil dari penambahan waktu 1 menit 10 detik dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13. Hasil Pasteurisasi Susu Selama 6 Menit

Percobaan	Waktu	Suhu Akhir	Keterangan
Ke-1	6 Menit	69°C	Tidak Tercapai
Ke-2	6 Menit	70°C	Tidak Tercapai
Ke-3	6 Menit	69°C	Tidak Tercapai
Ke-4	6 Menit	68°C	Tidak Tercapai
Ke-5	6 Menit	69°C	Tidak Tercapai
Ke-6	6 Menit	68°C	Tidak Tercapai
Ke-7	6 Menit	68°C	Tidak Tercapai
Ke-8	6 Menit	70°C	Tidak Tercapai
Ke-9	6 Menit	69°C	Tidak Tercapai
Ke-10	6 Menit	68°C	Tidak Tercapai

Dari hasil pada Tabel 4.13 menunjukkan bahwa seluruh pengujian mendapatkan hasil yang tidak sesuai atau gagal lagi. Hasil yang didapatkan rata-rata menghasilkan suhu 68,8°C dan tidak sesuai dengan suhu minimal yang dibutuhkan oleh metode HTST. Penulis menyimpulkan bahwa penggunaan waktu tersebut pada otomatisasi sistem masih kurang efektif. Sehingga penulis akan menambahkan waktu selama 1 menit dan jeda 10 detik lagi, dan sensor juga akan memantau kenaikan suhu pada susu agar tidak melebihi suhu yang sudah ditentukan

metode HTST. Hasil dari penambahan waktu 1 menit 10 detik dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14. Hasil Pasteurisasi Susu Selama 7 Menit

Percobaan	Waktu	Suhu Akhir	Keterangan
Ke-1	7 Menit	73°C	Tercapai
Ke-2	7 Menit	74°C	Tercapai
Ke-3	7 Menit	73°C	Tercapai
Ke-4	7 Menit	72°C	Tercapai
Ke-5	7 Menit	73°C	Tercapai
Ke-6	7 Menit	72°C	Tercapai
Ke-7	7 Menit	72°C	Tercapai
Ke-8	7 Menit	74°C	Tercapai
Ke-9	7 Menit	73°C	Tercapai
Ke-10	7 Menit	72°C	Tercapai

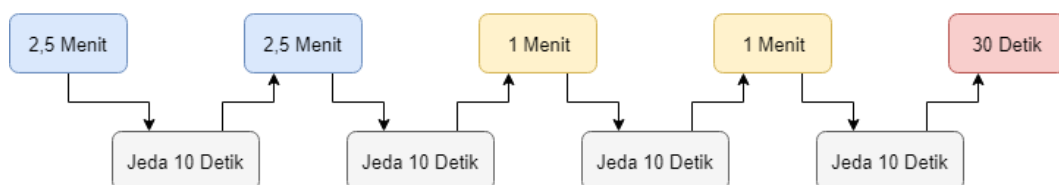
Dari hasil pada Tabel 4.14 menunjukkan bahwa seluruh pengujian telah mendapatkan hasil yang sesuai dan dapat mencapai suhu yang diharapkan. Hasil yang didapatkan rata-rata menghasilkan suhu 72,8°C dan sesuai dengan suhu minimal yang dibutuhkan oleh metode HTST. Selanjutnya penulis mengharapkan suhu yang didapatkan pada saat pasteurisasi adalah suhu maksimal yaitu 76°C. Sehingga penulis akan menambahkan waktu lagi selama 30 detik dan jeda 10 detik, dan sensor juga akan memantau kenaikan suhu pada susu agar tidak melebihi suhu yang sudah ditentukan metode HTST. Penambahan waktu 30 detik ini diambil karena suhu yang ingin dicapai tidak lebih dari 5°C. Hasil dari penambahan waktu 30 detik dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15. Hasil Pasteurisasi Susu Selama 7 Menit 30 Detik

Percobaan	Waktu	Suhu Akhir	Keterangan
Ke-1	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-2	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-3	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-4	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-5	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-6	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-7	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-8	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-9	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-10	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai

Dari hasil pada Tabel 4.15 menunjukkan bahwa seluruh pengujian mendapatkan hasil yang sesuai dan berhasil mencapai suhu yang diharapkan metode HTST. Hasil yang didapatkan rata-rata menghasilkan suhu 76°C, tetapi untuk mencapai suhu tersebut beberapa percobaan membutuhkan waktu yang berbeda beda.

Kesimpulan akhir dari waktu yang digunakan adalah 7 menit 30 detik dengan pembagian waktu 2,5 menit jeda 10 detik, 2,5 menit jeda 10 detik, 1 menit jeda 10 detik, 1 menit jeda 10 detik, dan 30 detik. Alur dari waktu yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.15 di bawah ini.



Gambar 4. 15. Alur Waktu Pada Pemanasan 7 Menit 30 Detik

Setelah itu susu akan mengalami fase pasteurisasi dengan dipanaskan pada suhu 72°C-76°C selama 15-16 detik. Hasil uji dari fase pasteurisasi dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4.16. Hasil Pengujian Fase Pasteurisasi Susu

Pengujian	Waktu (Detik)															Hasil
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Ke-1	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	75	75	75	75	75	Berhasil
Ke-2	76	76	76	76	76	76	76	76	75	75	75	75	75	75	74	Berhasil
Ke-3	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	75	75	75	75	75	Berhasil
Ke-4	76	76	76	76	76	76	76	76	76	75	75	75	75	75	74	Berhasil
Ke-5	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	75	75	75	Berhasil
Ke-6	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	75	75	75	75	Berhasil
Ke-7	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	75	75	75	75	75	Berhasil
Ke-8	76	76	76	76	75	75	75	75	75	75	74	74	74	74	74	Berhasil
Ke-9	76	76	76	76	76	76	76	76	76	75	75	75	75	75	75	Berhasil
Ke-10	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	75	75	75	75	75	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.16 menunjukkan bahwa 3 dari 10 pengujian yang dilakukan oleh penulis mengalami kegagalan dan 7 di antaranya berhasil. Dapat disimpulkan bahwa masih ada tingkat kegagalan yang terjadi pada pemilihan waktu tersebut pada saat pasteurisasi susu. Tetapi sesuai dari Tabel 4.16 di atas yang menunjukkan tingkat keberhasilan lebih banyak dari tingkat kegagalan berarti pemilihan waktu tersebut masih dapat digunakan dalam pembuatan otomatisasi sistem pasteurisasi susu.

Alur selanjutnya adalah susu akan keluar melalui *solenoid valve 2* untuk menuju tabung *output*. Fase ini adalah fase terakhir dari proses pasteurisasi susu. Sebelumnya dilakukan juga pengujian pada *solenoid valve 2* apakah dapat menahan susu tanpa mengalami kebocoran dan juga mengeluarkan susu pada tabung *output* apabila proses pasteurisasi susu selesai. Hasil dari *solenoid valve 2* saat menahan

susu pada proses pasteurisasi susu dapat dilihat pada Tabel 4.17, dan hasil dari *solenoid valve 2* saat mengeluarkan susu pada tabung *output* saat proses pasteurisasi susu berakhir dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.17. Hasil *Solenoid Valve 2* Menahan Susu Saat Proses Pasteurisasi

Pengujian	Waktu	Suhu	Keterangan
Ke-1	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-2	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-3	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-4	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-5	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-6	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-7	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-8	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-9	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai
Ke-10	7 Menit 30 Detik	76°C	Tercapai

Tabel 4.18. Hasil *Solenoid Valve 2* Mengeluarkan Susu Pada Tabung *Output*

Pengujian	Waktu Valve Terbuka	Keterangan
Ke-1	5 Detik	Tercapai
Ke-2	5 Detik	Tercapai
Ke-3	5 Detik	Tercapai
Ke-4	5 Detik	Tercapai
Ke-5	5 Detik	Tercapai
Ke-6	5 Detik	Tercapai
Ke-7	5 Detik	Tercapai
Ke-8	5 Detik	Tercapai
Ke-9	5 Detik	Tercapai
Ke-10	5 Detik	Tercapai

Pada Tabel 4.17 yaitu saat *solenoid valve 2* menahan susu pada proses pasteurisasi dan Tabel 4.18 yaitu saat *solenoid valve 2* mengeluarkan susu setelah proses pasteurisasi selesai menunjukkan keberhasilan pada seluruh pengujiannya. Dapat disimpulkan bahwa *solenoid valve 2* bekerja dengan baik dalam pembuatan

otomatisasi sistem pasteurisasi susu ini. Lalu jika susu sudah berada pada tabung *output* itu berarti proses pasteurisasi susu sudah berakhir dan perlu menekan tombol “*HTST*” kembali jika ingin melakukan pasteurisasi kembali.

Kesimpulan yang diambil dari pengujian otomatisasi sistem ini adalah hampir semua komponen berhasil berjalan sesuai dengan pengujian-pengujian yang dilakukan tiap komponennya. Beberapa komponen yang dapat berjalan sesuai dengan pengujiannya adalah Arduino UNO, *push button*, *solenoid valve 1*, *solenoid valve 2*, sensor Pt100 dan LCD. Lalu komponen yang mengalami perubahan pada pengujian otomatisasi sistem ini adalah *microwaves*, dimana pada saat pengujian komponen hanya akan membutuhkan waktu 2,5 menit dua kali dan jeda 10 detik di antaranya tetapi tidak menghasilkan suhu yang sesuai dengan metode yang digunakan. Akhirnya setelah penulis melakukan beberapa pengujian kembali didapatkan waktu selama 7 menit 30 detik untuk mencapai suhu yang dibutuhkan oleh metode HTST yaitu 72°C-76°C. Lalu saat pengujian fase pasteurisasi tingkat keberhasilan lebih dominan daripada tingkat kegagalannya. Tingkat keberhasilan yang didapat yaitu 100%, yaitu tidak terdapat kegagalan dalam 10 kali percobaan. Maka dapat disimpulkan bahwa pengujian otomatisasi sistem ini berjalan dengan baik dan mesin pasteurisasi susu dapat digunakan.

BAB V

PENUTUP

Berdasarkan pengujian otomatisasi sistem yang dirancang dalam Tugas Akhir ini, maka penulis dapat menuliskan kesimpulan dan saran dari hasil yang telah diperoleh.

5.1 Kesimpulan

1. Pada penerapan otomatisasi sistem pasteurisasi susu ini digunakan mikrokontroler Arduino UNO sebagai pusat sistem kendali dari segala proses. Mulai dari mengolah *input* untuk menghasilkan *output* berupa proses pasteurisasi susu. Tingkat keberhasilan mikrokontroler Arduino UNO dalam menjalankan otomatisasi sistem ini adalah 100%.
2. Pada pengujian *microwaves* didapatkan suhu maksimum yang dapat dihasilkan adalah 89°C. Dengan ini penulis memutuskan untuk menggunakan metode HTST saja dan tidak menggunakan metode UHT dan metode LTLT. Mode HTST hanya akan membutuhkan suhu 72°C-76°C. Dan waktu yang dibutuhkan *microwaves* untuk mencapai waktu tersebut adalah 7 menit 30 detik dengan pembagian waktu 2,5 menit jeda 10 detik, 2,5 menit jeda 10 detik, 1 menit jeda 10 detik, 1 menit jeda 10 detik, dan 30 detik jeda 10 detik. Tingkat keberhasilan yang dicapai *microwaves* dalam mencapai suhu tersebut adalah 100%.
3. Pada pengujian sensor Pt100 berjalan dengan baik, sensor dapat membaca suhu pada saat proses pasteurisasi berlangsung maupun pada saat fase

pasteurisasi susu. Sensor ini digunakan agar suhu yang diharapkan tidak melebihi batas maksimal dan batas minimal. Rata-rata selisih suhu dari sensor Pt100 dengan pembacaan termometer adalah $0,82^{\circ}\text{C}$.

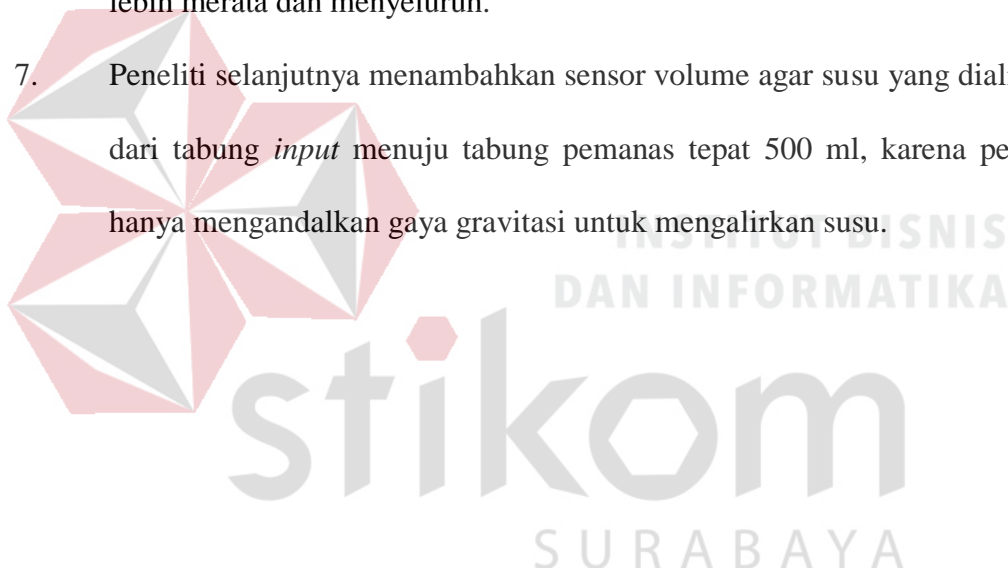
4. Pada pengujian *solenoid valve* berjalan dengan baik, volume air yang masuk pada wadah pemanas sesuai dengan volume ideal yang sudah ditentukan, yaitu 500 ml. Lalu pada saat proses pasteurisasi berlangsung *solenoid valve* juga dapat menahan susu agar tidak mengalir ke bagian tabung *output*. Dan setelah proses pasteurisasi selesai *solenoid valve* juga dapat mengalirkan susu ke bagian tabung *output*. Dengan demikian tingkat keberhasilan yang dihasilkan *solenoid valve* adalah 100%.
5. Penulis tidak menerapkan sistem pendingin pada mesin pasteurisasi susu karena adanya keterbatasan waktu. Serta fokus penulis pada pembuatan mesin pasteurisasi hanya pada sistem pemanasan tanpa dilakukan pengujian kadar sterilisasi susu.

5.2 Saran

Pengembangan lebih lanjut dari penelitian Tugas Akhir ini, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Peneliti selanjutnya diharapkan lebih memerhatikan bahan yang akan digunakan karena ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan kerusakan pada *microwaves*.
2. Perlu dilakukan kaji ulang pada keputusan menunggu temperatur di dalam *microwaves* saat suhu 76°C , karena waktu pasteurisasi selama 15-16 detik bisa dihitung mulai dari suhu 72°C .

3. Peneliti selanjutnya diharapkan menggunakan sensor suhu yang tidak mengandung bahan logam, khususnya saat dipadukan dengan *microwaves*.
4. Penempatan sensor Pt100 yang lebih tepat agar pembacaan suhu lebih akurat dan tidak terkena gelombang mikro.
5. Diperlukannya sistem pendingin setelah tabung *output* agar suhu susu yang telah terpasteurisasi dapat langsung diturunkan menjadi suhu kamar dan dapat langsung di konsumsi.
6. Ditambahkan pengaduk pada bagian pemanas agar panas dari susu dapat lebih merata dan menyeluruh.
7. Peneliti selanjutnya menambahkan sensor volume agar susu yang dialirkan dari tabung *input* menuju tabung pemanas tepat 500 ml, karena penulis hanya mengandalkan gaya gravitasi untuk mengalirkan susu.



DAFTAR PUSTAKA

- Datta, A. K. and Davidson, P. M. 2000. Microwave and Radio Frequency Processing. *Journal of Food Science*, 65: 32–41. Blackwell Publishing Ltd.
- Eubanks, D. 2003. Regarding Sale/Consumption of Raw Milk-Position Statement. U.S.
- Everitt, B., T. Ekman & M. Gyllenward. 2002. Monitoring Milk Quality And Adder Health In Swedish AMS Herds. *Proc. Of The 1st North American Conference On Robotic Milking*. p V-72.
- Hadiwiyoto, S. 1994. Teori dan Prosedur Pengujian Mutu Susu dan Hasil Olahannya. Liberty. Yogyakarta.
- Herendra. 2009. Pengaruh proses distribusi terhadap peningkatan angka kuman pada susu sapi segar di peternakan Ram Kecamatan Mojosongo Kabupaten Boyolali. Skripsi Fakultas Kedokteran, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Munandar A. 2013. Liquid Crystal Display 16x2 (LCD). Diakses pada 15 Oktober 2017 pukul 20.00 WIB dari <http://www.lselektronika.com/2012/06/liquid-crystal-display-lcd-16-x-2.ht ml>
- Mutamimah L, Utami S, Sudewo ATA. 2013. Kajian kadar lemak dan bahan kering tanpa lemak susu kambing sapera di Cilacap dan Bogor. *Jurnal Ilmiah Peternakan* 1(3):874–880. *Nutrisi dan Mikrobiologi*. Edisi kedua. Fakultas Teknologi Pertanian. UGM. Yogyakarta.
- Ramanadhan S, Salhi C, Achille E, Baril N, D'Entremont K, Grullon M. 2012. Addressing Cancer Disparities via Community Network Mobilization and

- Intersectoral Partnerships: A Social Network Analysis. Central Institute of Educational Technology. Canada.
- Setya, A. W. 2012. Teknologi Pengolahan Susu. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Slamet Riyadi. Surakarta.
- Utama, C. P. 2014. Pengertian Solenoid Valve. Diakses tanggal 5 Oktober 2017 pukul 20.00 WIB dari <http://www.valvejual.com/pengertian-solenoid-valve/>
- Varnam, A. H. dan P. Sutherland. 1994. Milk and Milk Products, Technology Chemistry and Microbiology. Chapman and Hall. New York.
- Wahyudi, Ahmad dan Sri Samsundari. 2008. Bugar Dengan Susu Fermentasi, Rahasia Hidup Sehat Panjang Umur. Malang: UMM Press.
- Winanti, S, Poppy. 2012. Literature Review. Diakses pada tanggal 15 Oktober 2017 pukul 20.50 WIB dari <http://poppysw.staff.ugm.ac.id/posts/fyi/literature-review>
- Winarno, F. G. 1992. Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Woo W., Ku H., Kenney J. S. 2000. Carrier-to-Interference Ratio Prediction of Nonlinear RF Devices. Georgia Institute of Technology.
- Yaghmaee P. and T.D. durance. 2005. Destruction and Injury of Escherichia coli During Microwave Heating Under Vacuum Food Nutrition and Health. Journal of Applied Microbiology, 98, 498-506. University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada.