

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Susu segar merupakan bahan makanan bergizi tinggi yang sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia karena terdapat berbagai macam zat makanan yang lengkap dan seimbang seperti protein, lemak, karbohidrat, mineral dan vitamin. Susu merupakan bahan makanan yang mudah rusak (*perishable food*), nilai gizi yang tinggi di dalam susu menyebabkan susu menjadi medium yang disukai oleh mikroorganisme. Hal tersebut mendorong pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme sehingga hanya dalam waktu singkat susu menjadi tidak layak dikonsumsi bila tidak ditangani secara tepat dan benar [1].

Susu segar atau susu murni memiliki ketahanan pada suhu ruang selama empat jam yang ditinjau dari uji tingkat keasaman (pH), uji didih dan waktu reduktase. Untuk dapat memperpanjang ketahanan susu, pada umumnya dapat menggunakan media penyimpanan pada suhu dingin atau teknik pemanasan yang disebut dengan pasteurisasi [2].

Pasteurisasi susu merupakan cara mengawetkan susu melalui pemanasan pada suhu tertentu dibawah titik didih susu. Titik didih susu yaitu 100.6°C [3] dimana hasilnya masih berbentuk dan memiliki rasa seperti susu segar. Proses pasteurisasi susu bertujuan untuk membunuh bakteri patogen yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan meminimalkan perkembangan mikroorganisme pembusuk lainnya [4]. Terdapat tiga metode berbeda pada proses pasteurisasi susu yaitu LTLT (*Low Temperature Long Time*), HTST (*High Temperature Short Time*) dan UHT (*Ultra High Temperature*), dari ketiga metode

tersebut pasteurisasi LTLT dan HTST merupakan metode yang banyak digunakan karena lebih mudah dan tidak membutuhkan peralatan mahal. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 3951:2018 susu pasteurisasi merupakan produk susu cair yang diperoleh dari susu sapi segar dengan atau tanpa penambahan bahan pangan lain yang telah dipanaskan dengan metode *High Temperature Short Time* (HTST) pada pemanasan 72°C selama 15 detik atau metode *holding* atau metode lainnya, salah satunya metode *Low Temperature Long Time* (LTLT) pada temperatur 63°C – 66°C selama minimal 30 menit [5-6].

**BSN** BADAN STANDARISASI NASIONAL

## SNI 3951:2018

### SUSU PASTEURISASI

Produk susu cair yang diperoleh dari susu sapi segar atau susu rekonstitusi atau susu rekombinasi dengan atau tanpa penambahan bahan pangan lain dan/atau bahan tambahan pangan yang diizinkan, dipanaskan dengan metode *High Temperature Short Time* (HTST) atau metode *holding*, atau metode lainnya untuk membunuh mikroba patogen, serta dikemas secara higienis

#### Kriteria mikrobiologi

No	Jenis cemaran mikroba	n	c	m	M
1	Angka Lempeng Total	5	1	10 <sup>4</sup> koloni/ml	10 <sup>5</sup> koloni/ml
2	Enterobacteriaceae	5	2	<1 APM/ml	5 APM/ml
3	Salmonella	5	0	negatif/25ml	NA

**CATATAN**  
n adalah jumlah sampel yang diuji dan diuji ulang  
c adalah jumlah sampel uji yang boleh melampaui batas mikroba  
m/M adalah batas mikroba  
NA adalah final application

#### Klasifikasi

1. Susu pasteurisasi berlemak (full cream milk)
2. Susu pasteurisasi rendah lemak (low fat milk)
3. Susu pasteurisasi bebas lemak (non fat milk)

Dirumuskan oleh : Komite Teknis 67-04-S1, Minuman

Akses dokumen SNI Lengkap nya di [akses-sni.bsn.go.id](http://akses-sni.bsn.go.id)  
E.dokinfo@bsn.go.id / P.021-3917300

bsn\_sni | Badan Standardisasi Nasional | www.bsn.go.id

**Gambar 1. 1** Standar Nasional Indonesia Tentang Susu Pasteurisasi

Pada penelitian yang dilakukan oleh E. N Nawangsih dengan judul “*The Best Pasteurization Method in Reducing the Amount of Bacteria in Cow’s Milk on People Diary Farm*” menunjukkan juga bahwa pasteurisasi metode HTST lebih baik dibandingkan pasteurisasi metode LTLT dalam mengurangi jumlah bakteri. Selain itu keuntungan dari pasteurisasi metode HTST yaitu efektifitas waktu yang digunakan karena lebih cepat daripada pasteurisasi metode LTLT [5].

Pasteurisasi metode HTST (*High Temperature Short Time*) adalah proses pemanasan susu yang dipanaskan hingga suhu  $72^{\circ}\text{C}$  lalu ditahan pada suhu tersebut selama 15 detik. Untuk terlaksananya proses pasteurisasi susu, temperatur pada proses pasteurisasi harus selalu stabil. Proses pasteurisasi tersebut banyak menghadirkan masalah kontrol seperti, perilaku dinamis *non-linier*, interaksi multi variabel antara variabel yang dimanipulasi dan variabel yang dikendalikan, lalu kendala pada variabel yang dimanipulasi dan variabel keadaan (*state variable*) [7].

Susu yang diproduksi di industri rumahan masih menggunakan kompor gas dan masih mengandalkan tenaga manusia dalam mengamati suhu pada susu yang sedang melalui proses pasteurisasi, jika suhu pada susu lebih maupun kurang dari suhu yang telah ditentukan pengaturan api masih secara manual dengan memutar knop pada kompor gas. Hal ini tidak efisien untuk dilakukan, karena jika susu dipanaskan dengan suhu yang terlalu tinggi susu akan pecah sehingga menyebabkan kualitas susu menjadi rendah dan tidak layak dikonsumsi [2]. Dan bakteri patogen baru akan mati pada suhu lebih dari  $70^{\circ}\text{C}$  [8]. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah tersebut maka dibutuhkan suatu sistem kontrol yang mampu menjaga kestabilan suhu secara otomatis dengan hanya menentukan *setpoint* suhu sesuai dengan metode pasteurisasi HTST dan mengefektifkan waktu proses pasteurisasi tersebut.

Karena sistem kontrol konvensional tidak dapat memecahkan masalah yang kompleks, terutama ketika diimplementasikan dalam kondisi yang tidak menentu, maka sistem kontrol otomatis diperlukan agar lebih efisien dan efektif. Salah satu sistem cerdas yang dapat diaplikasikan pada pasteurisasi susu adalah *fuzzy logic*

untuk menjaga suhu dalam proses pasteurisasi susu tetap konstan dari permasalahan lingkungan nyata yang tidak seragam, tidak presisi dan tidak pasti [9].

Di bidang kontrol suhu, cara meningkatkan akurasi kontrol suhu merupakan salah satu topik yang penting. Dengan menggunakan metode *fuzzy logic* biasa (*fuzzy logic type-1*) hasilnya sering tidak akurat dan kurang beradaptasi dengan perubahan suhu yang terjadi [10].

Ada dua sistem *fuzzy logic* yang diketahui berdasarkan jenis *membership function* (MF) yang digunakan yaitu sistem *fuzzy logic type-1* dan sistem *fuzzy logic type-2* [11]. Adanya *fuzzy logic type-2* ketidakpastian yang lebih besar tersebut dapat diatasi dan menangani gangguan tersebut secara dinamis [12]. Sistem *fuzzy logic type-2* adalah perluasan dari *fuzzy logic type-1* [11]. Tidak seperti *fuzzy logic type-1* yang menggunakan satu fungsi keanggotaan tetap, *fuzzy logic type-2* memiliki tambahan dimensi dari fungsi keanggotaan *fuzzy logic type-2*, masing-masing memiliki tingkat ketidakpastiannya sendiri. Dengan menggunakan tambahan dimensi dari fungsi keanggotaannya, memungkinkan sistem ini dapat merepresentasikan himpunan *fuzzy* yang lebih fleksibel dan dapat merepresentasikan ketidakpastian lebih baik dari fungsi keanggotaan *fuzzy logic type-1* [13].

Pada penelitian sebelumnya oleh Y. Triwidyastuti, dkk [14]. Telah merealisasikan proses pasteurisasi susu metode LTLT yang dibangun menggunakan pengendali PID dan pengendali *fuzzy*. Menggunakan sensor suhu sebagai pengukur suhu susu dan *Real Time Clock* (RTC) sebagai penghitung waktu yang kemudian diproses menggunakan mikrokontroler yang mengolah data

pembacaan suhu menggunakan sistem *fuzzy logic* dan PID. Keluarannya berupa sebuah motor servo yang berfungsi sebagai aktuator untuk menentukan besar kecilnya api pada tungku pemanas, sebuah pemantik elektrik untuk memicu api pada tungku pemanas, motor DC sebagai pengaduk susu dan sebuah *Liquid Crystal Display* (LCD) untuk menampilkan suhu dan waktu proses. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem PID memberikan respon lebih cepat daripada *fuzzy*. Sistem *fuzzy* menghasilkan nilai *mean square error* (MSE) lebih kecil yang membuat sistem *fuzzy* memiliki fluktuasi kesalahan lebih kecil daripada sistem pengendali PID. Penggunaan metode pasteurisasi susu LTLT dirasa kurang efektif karena memakan waktu untuk proses pasteurisasi cukup lama.

Lalu penelitian selanjutnya oleh M. Kayalvizhi, dkk [7]. Telah menerapkan *cascade control* pada proses pasteurisasi susu metode HTST. Pemodelan Simulink telah dibuat, dianalisis dan dibandingkan untuk proses *plant* pasteurisasi susu dengan tahapan *pre-cooling* dan tanpa tahapan *pre-cooling*. Hasil yang diperoleh membuktikan bahwa dengan menghilangkan tahapan *pre-cooling* tetap dapat mempertahankan kinerja dari *plant* pasteurisasi susu.

Phan, dkk [12]. Dalam penelitiannya tentang kendaraan *hybrid electric autonomous* dalam keadaan yang tidak pasti (*uncertainty*) dan ambigu di lingkungan jalan dan perilaku pengemudi. Menunjukkan bahwa ketika kendaraan beroperasi dalam keadaan ketidakpastian (*uncertainty*) dan kondisi jalan yang tidak pasti (ambigu), kontrol *interval fuzzy logic type-2* dapat menghemat masa pakai baterai daripada kontrol *fuzzy logic type-1*. *Interval fuzzy logic type-2* dapat memungkinkan pengurangan jejak karbon pada kendaraan *autonomous*, seperti

yang diinginkan di industri otomotif. Penelitian tersebut membuktikan bahwa *interval fuzzy logic type-2* dapat mengungguli *fuzzy logic type-1*.

K. A. Naik, dkk [15] merancang dan mengembangkan *fuzzy logic type-1* dan *fuzzy logic type-2* untuk sistem energi angin yang dikontrol sudut *pitch* untuk menyelidiki kinerjanya. Hasilnya menunjukkan bahwa kontrol *fuzzy logic type-2* memberikan kinerja yang lebih baik daripada *fuzzy logic type-1* dengan mengatasi ketidakpastian (*uncertainty*) dalam *fuzzy rules* dan *membership function* dan memiliki *overshoot* yang lebih rendah.

Berdasarkan hal yang telah dipaparkan di atas, kestabilan suhu pada proses pasteurisasi susu penting dilakukan untuk menjaga kualitas susu dan susu layak dikonsumsi [2]. Kendali PID dan *fuzzy logic* untuk sistem pasteurisasi susu telah dibuat tetapi masih berdasarkan metode pasteurisasi *Low Temperature Long Time* yang membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu 30 menit dan hasilnya menunjukkan kendali PID unggul dalam kecepatan *rise time* (waktu naik), sedangkan *fuzzy logic* unggul dalam hal *overshoot* yang didapatkan [14].

Peneliti belum menemukan penelitian sebelumnya yang menerapkan sistem *fuzzy logic type-2* untuk proses pasteurisasi susu. Oleh karena itu tugas akhir ini bertujuan untuk merancang suatu sistem kontrol otomatis untuk mengatur suhu pada proses pasteurisasi susu metode HTST dengan *setpoint* suhu 72°C dan mencari sistem kontrol terbaik untuk proses pasteurisasi susu dengan membandingkan kinerja *fuzzy logic type-2* dengan sistem *fuzzy logic* biasa (*fuzzy logic type-1*) yang diterapkan pada proses pasteurisasi susu.

## 1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan sebelumnya, terdapat beberapa identifikasi masalah diantaranya sebagai berikut.

1. Pentingnya menjaga kestabilan suhu pada proses pasteurisasi susu untuk menjaga kualitas susu agar layak dikonsumsi [2].
2. Apakah sistem *fuzzy logic type-1* dan *fuzzy logic type-2* dapat diterapkan pada sistem pasteurisasi susu.

## 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang masalah, maka dapat disimpulkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara mengatur kestabilan suhu pada proses pasteurisasi susu sesuai dengan metode HTST pada suhu 72°C selama waktu 15 detik [6].
2. Bagaimana perbandingan sistem *fuzzy logic type-1* dan sistem *fuzzy logic type-2* yang diterapkan pada proses pasteurisasi susu.

## 1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini berdasarkan masalah yang dijelaskan dalam bagian rumusan masalah adalah sebagai berikut.

1. Membuat sistem *fuzzy logic type-1* dan *fuzzy logic type-2* (tidak menggunakan *library* di mikrokontroler yang digunakan) untuk mengatur kestabilan suhu pada proses pasteurisasi susu metode HTST, sehingga suhu tetap pada nilai 72°C.

2. Melakukan studi komparasi terhadap sistem *fuzzy logic type-1* dan sistem *fuzzy logic type-2* pada proses pasteurisasi susu.

### **1.5. Batasan Masalah**

Pada penelitian ini dibutuhkan suatu batasan masalah sehingga tidak melebar dan lebih fokus terhadap masalah yang ingin dipecahkan dan supaya penelitian yang dilakukan tidak berubah arah dari tujuan yang ditentukan. Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem pasteurisasi susu menggunakan *fuzzy logic* yang berfokus pada menjaga nilai kestabilan suhu, agar tetap berada pada nilai yang diinginkan.
2. Sistem kendali *fuzzy logic type-1* dan *fuzzy logic type-2* dibuat tanpa menggunakan *library fuzzy logic* yang telah ada.
3. Sistem pasteurisasi susu yang dibuat digunakan untuk kapasitas kecil atau industri rumahan.

### **1.6. Metode Penelitian**

Tahapan-tahapan metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Tinjauan pustaka

Mencari referensi dari penelitian-penelitian terdahulu yang diperlukan untuk perancangan alat pasteurisasi susu dan referensi untuk sistem kendali *fuzzy logic* yang nantinya akan diterapkan pada alat pasteurisasi susu. Metode ini dilakukan dengan cara mengumpulkan informasi dari jurnal elektronik.

## 2. Survey

Survey ini dilakukan dengan cara melihat jenis-jenis sistem pasteurisasi susu dan juga metode yang digunakan.

## 3. Perancangan

Pada tahap perancangan ini dilakukan dengan cara mengaplikasikan teori yang didapat dari studi literatur dan survey yang dilakukan untuk perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Hasil dari tahapan perancangan ini yaitu suatu alat yang mampu menyelesaikan masalah yang telah dirumuskan.

## 4. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan ditambahkan sumber panas dari kompor listrik yang digunakan, lalu menggunakan sensor DS18B20 sebagai pendeteksi data suhu, kemudian data tersebut digunakan sebagai sumber analisa kinerja sistem pasteurisasi susu.

## 5. Analisa

Melakukan analisa terhadap data-data yang telah didapatkan pada tahapan pengujian untuk menghasilkan data yang menjadi acuan keberhasilan perancangan sistem pasteurisasi susu.

### **1.7. Sistematika Penulisan Laporan**

Laporan tugas akhir mengenai “Penerapan Fuzzy Logic Type-1 dan Fuzzy Logic Type-2 Pada Sistem Pasteurisasi Susu Berbasis Mikrokontroler” disusun untuk memberikan gambaran pada penelitian yang dilakukan dengan susunan laporan sebagai berikut :

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan gambaran dasar penelitian yang akan dilakukan. Terdiri dari beberapa bahasan seperti latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

## **BAB II LANDASAN TEORI**

Bab ini berisi mengenai landasan teori yang digunakan dalam tinjauan pustaka yang berkaitan dengan penelitian.

## **BAB III PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini berisikan mengenai alat yang akan digunakan dan perancangan alat yang dibuat pada penelitian ini, meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

## **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini berisi tentang hasil-hasil pengujian yang didapat serta pembahasan tentang analisa dari data secara keseluruhan.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini akan memaparkan kesimpulan yang didapatkan melalui analisa dari penelitian yang telah dilakukan. Ditambah dengan saran agar penelitian yang sudah dilakukan dapat dikembangkan menjadi lebih baik lagi.