

1. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2019), konsumsi susu sapi murni oleh masyarakat Indonesia yaitu rata-rata hanya sebesar 16,23 L per kapita/tahun, dimana apabila dibandingkan dengan negara Asia lainnya seperti Myanmar, Malaysia, dan Thailand jumlah rata-rata konsumsi susu masyarakat Indonesia masih terbilang sangat rendah. Hal tersebut juga didukung pada penelitian Nugroho *et al.*, (2011), bahwa rendahnya konsumsi susu sapi juga dipengaruhi oleh produksi susu sapi segar di Indonesia yang masih tergolong rendah, bahkan mengalami penurunan produksi hingga sebesar 70% dalam pemenuhan pasok bahan mentah bagi Industri Pengolahan Susu (IPS). Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (2021), produksi Susu Segar Dalam Negeri (SSDN) selama 5 (lima) tahun terakhir hanya mengalami kenaikan sebesar 1%, sedangkan kebutuhan untuk pasokan susu segar bagi bahan baku Industri Pengolahan Susu (IPS) yaitu sebesar 4,19 juta ton, sedangkan produksi susu dalam negeri hanya bisa memenuhi kebutuhan tersebut sebesar 0,87 juta ton (21%) dan 3,32 juta ton (79%) sisanya masih mengandalkan impor dalam bentuk bubuk susu skim.

Berdasarkan data yang diperoleh dari (*United States Department of Agriculture* (USDA, 2021)), sejak tahun 2018 hingga 2022, konsumsi susu skim di Indonesia terus mengalami kenaikan hingga puncaknya pada tahun 2022 yaitu sebesar 209.000 ton, hal ini bersamaan dengan tingginya impor susu Indonesia pada tahun 2022 yaitu sebesar 205.000 ton. Berbagai perolehan data tersebut, menunjukkan bahwa hampir lebih dari 50% kebutuhan susu di Indonesia masih bertumpu pada pasokan impor. Menurut pernyataan Anindita & Soyi (2017), tingginya kandungan gizi pada susu menjadi alasan konsumsi dan produksi susu dalam negeri harus terus ditingkatkan. Berdasarkan hal tersebut, Kementerian Pertanian (Kementan) (2022), terus memberikan penyuluhan baik kepada masyarakat maupun peternak dalam negeri untuk meningkatkan konsumsi dan produksi susu segar. Menurut pernyataan

Anindita & Soyi (2017), konsumsi susu segar dan produk olahan susu segar diprediksi akan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya populasi, perbaikan tingkat pendidikan, kesadaran akan gizi dan kesehatan, serta pengaruh gaya hidup.

Menurut pernyataan Nugroho *et al.*, (2011), konsumsi susu segar di Indonesia yang rendah juga dapat dipengaruhi dari rendahnya kualitas susu sapi produksi dalam negeri terutama dalam aspek mikrobiologi. Menurut pernyataan Anindita & Soyi (2017), rendahnya kualitas susu sapi dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu antara lain, kondisi sekitar peternakan yang kurang memadai bagi hewan ternak, kebersihan yang kurang terjaga selama proses pemerahan baik dari segi sumber daya manusia, hewan ternak, serta lingkungan, kurangnya pemantauan kesehatan hewan ternak, minimnya pengetahuan mengenai penanganan hasil produksi susu, dan terbatasnya pengetahuan akan pengolahan susu yang dapat berakibat pada singkatnya umur simpan.

Mitra pada penelitian ini peternakan sapi yang berlokasi di Desa Wisata Jatirejo, Kelurahan Jatirejo, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang. *Green Fresh Farm* (GFF) yang berlokasi di Desa Jatirejo merupakan salah satu kelompok peternak sapi di Kota Semarang yang sering dikunjungi oleh para pembeli warga setempat untuk membeli susu sapi segar secara langsung. Fasilitas edukasi yang disediakan dari para kelompok peternak sapi di *Green Fresh Farm* mendorong warga setempat untuk semakin mengembangkan kualitas peternakan dengan meningkatkan nilai jual hasil produksi susu sapi segar melalui adanya rencana pengolahan susu sapi segar menjadi susu pasteurisasi.

Pengolahan dengan metode pasteurisasi pada suhu dan waktu tepat sangat penting untuk dilakukan, sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan pada produk susu sapi serta tetap mempertahankan kualitas nutrisi pada susu (Ambarsari *et al.*, 2012). Hal ini mendorong peneliti untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai kombinasi suhu dan waktu pasteurisasi yang efektif dalam proses pemasakan susu

sapi segar yang dilihat berdasarkan aspek mikrobiologi, kimia, dan sensori produk dan dibandingkan terhadap pemenuhan standar SNI.

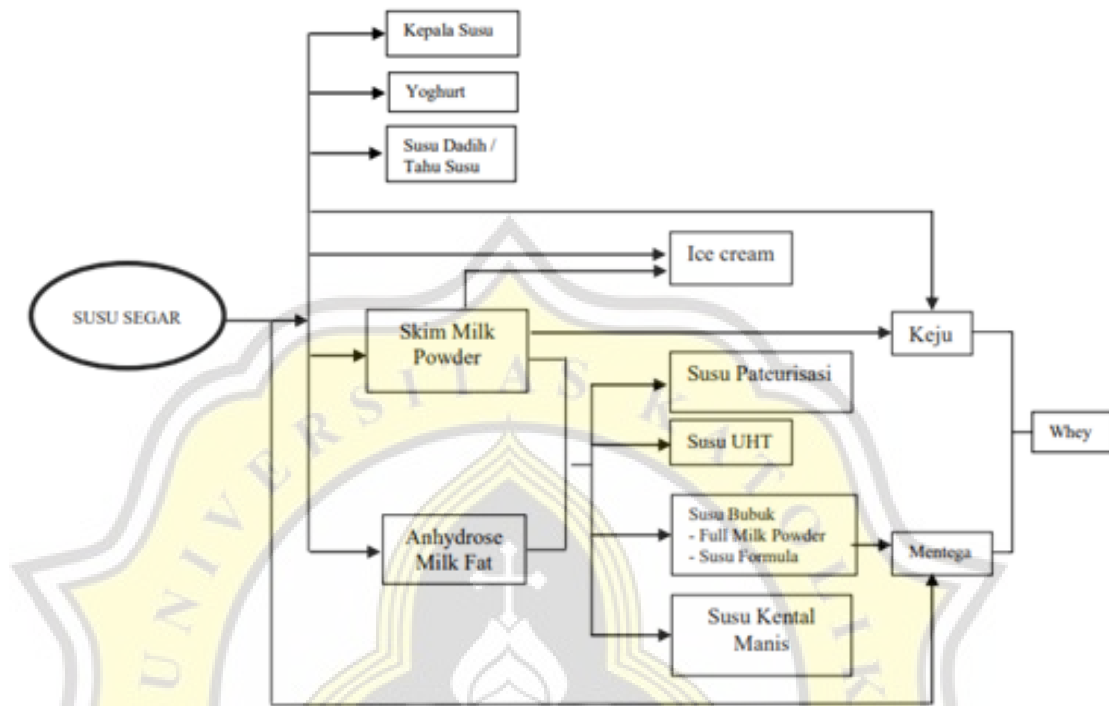
1.1. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut SNI 3141.1: 2011, susu sapi segar didefinisikan sebagai suatu cairan yang asalnya dari ambung sapi yang sehat, bersih, dan diperoleh melalui metode pemerahan yang benar, dengan tidak ada pengurangan maupun penambahan pada kandungan alaminya dan tanpa penambahan perlakuan lain selain proses pendinginan (BSN, 2011). Susu sapi memiliki karakteristik fisik dan fisikokimia yang kompleks dan spesifik. Beberapa karakteristik fisik yang dimiliki susu sapi yaitu berwarna putih atau putih gading (kekuningan). Warna pada susu sapi dipengaruhi oleh persebaran serta penyerapan cahaya oleh globula lemak susu dan protein (misel).

Warna kekuningan yang terdapat pada susu sapi berasal dari kandungan karoten pada pakan sapi dan riboflavin pada cairan susu. Rasa normal dari susu sapi yaitu terdapat sedikit rasa manis (*mild*) dengan bau dan *flavor* yang tidak menyengat. Terdapat beberapa komponen kimia utama yang ikut mendukung karakteristik fisik dari susu sapi seperti antara lain globula lemak susu (trigliserida, diasetil gliserol, fosfolipid, dan asam lemak), protein terdispersi (misel), partikel lipoprotein (mikrosom), kasein, laktalbumin, dan *nutrient* (karbohidrat, asam amino, mineral, protein) (Belitz *et al.*, 2009).

Tingginya kandungan *nutrient* pada susu sapi segar, mendorong inovasi produk susu sapi segar melalui pengolahan produk susu sapi segar oleh berbagai kelompok industri yang bertujuan untuk menambah nilai jual serta mengakomodasi kebutuhan dan konsumsi susu sapi dari berbagai kalangan usia. Beberapa produk turunan dari susu sapi segar antara lain yaitu, susu pasteurisasi, susu *Ultra Heat Treatment* (UHT), susu bubuk, susu kental manis, keju, mentega, *yoghurt*, dan kefir, yang

dapat dilihat pada diagram industri berdasarkan Direktorat Jendral Industri Agro dan Kimia Departemen Perindustrian (2009) (Gambar 1).



Gambar 1. Macam Produk Turunan Susu Sapi

Berdasarkan Erkmen & Bozoglu, (2016), susu sapi mentah tergolong sebagai media yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme, dikarenakan beberapa faktor internal susu mentah seperti tinggi *nutrient* dan pH netral. Menurut Sperber (2009), terdapat beberapa faktor eksternal yang dapat mempengaruhi kualitas susu segar, yaitu antara lain, kesehatan sapi, kondisi kebersihan kandang sapi, kondisi kesehatan dan kebersihan para pemerah susu, frekuensi pemeriksaan atau pengawasan hewan ternak terhadap penyakit menular, kebersihan sapi, kondisi lingkungan tempat perah dan kebersihan selama metode pemerahan. Menurut Goswami (2020), keberadaan *E. coli* dan bakteri koliform akan dipengaruhi oleh kondisi kebersihan lingkungan pemerahan yang tidak baik.

Beberapa jenis bakteri yang umumnya berpotensi tumbuh pada susu sapi segar seperti *Bacillus cereus*, *Pseudomonas* spp., *Coliforms*, *Coxiella burnetii*, dan *Mycobacterium avium sub-sp* (Aritonang, 2017). Menurut Erkmen & Bozoglu

(2016), pada proses pembuatan susu sapi diperlukan adanya beberapa macam langkah preservasi, seperti tahapan pasteurisasi, sterilisasi, fermentasi, dehidrasi, refrigerasi, dan pembekuan. Beberapa metode tersebut digunakan oleh sektor industri sebagai upaya pencegahan terjadinya kontaminasi pada produk susu komersil. Menurut SNI 01-3951-1995, susu pasteurisasi merupakan susu dengan proses pemanasan pada suhu minimum sebesar 72°C selama 15 detik dan pemanasan pada suhu 63-66°C selama 30 menit, setelah itu, segera mengalami penurunan suhu hingga 10°C dan kemudian diberikan perlakuan aseptik lalu disimpan pada suhu maksimum sebesar 4,4°C.

Pasteurisasi merupakan salah satu upaya preservasi yang dilakukan oleh industri susu dengan tujuan untuk menjaga atau mencegah terjadinya kontaminasi produk susu dari patogen berbahaya yang dapat berpengaruh pada kondisi fisika, kimia, dan mikrobiologis (Aritonang, 2017). Prinsip pasteurisasi yaitu suatu proses pemanasan dengan mengutamakan 2 (dua) aspek penting yaitu waktu dan temperatur spesifik yang penting untuk membunuh mikroorganisme patogen dengan tidak menyebabkan perubahan dari segi komposisi *nutrient*, fisikokimia, dan karakteristik utama (warna, rasa, aroma, dan tekstur) suatu produk pangan (Aritonang, 2017). Beberapa macam metode perlakuan panas (*heat treatment*) pada pasteurisasi dilakukan pada pemrosesan susu sapi komersil, seperti antara lain metode pemanasan *High Temperature Short Time* (HTST), *Low Temperature Long Time* (LTLT), dan *Ultra-High Temperature* (UHT) (Dhotre, 2014).

Pada pasteurisasi HTST, digunakan suhu pemanasan sebesar 72°C selama 15 detik dengan fokus untuk menginaktivasi enzim peroksidase, sedangkan pada pasteurisasi LTLT, digunakan suhu pemanasan sebesar 63-65°C selama 30 menit dengan fokus untuk menginaktivasi enzim fosfatase (Aritonang, 2017). Pada pasteurisasi UHT digunakan suhu pemanasan sebesar 140°C selama 3 detik (Pestana *et al.*, 2015). Selama proses pasteurisasi bakteri psikrotrofik pada kondisi vegetatif akan masih dapat dieliminasi, namun pasteurisasi tidak dapat mengeliminasi spora yang terbentuk dari bakteri (Singh & Bennett, 2002).

Berdasarkan aspek fisikokimia, susu pasteurisasi yang tergolong sebagai salah satu hasil produk susu dengan menggunakan metode preservasi yang berpengaruh terhadap beberapa komponen fisik pada susu seperti warna, aroma, rasa, dan tekstur serta beberapa komponen kimia yang secara alami terdapat pada susu seperti kandungan protein dan lemak. Berdasarkan SNI 01-3951-1995, pada parameter aroma, warna, dan rasa pada susu pasteurisasi wajib memiliki hasil penilaian yang khas susu pasteurisasi. Adanya proses pemanasan akan berpengaruh terhadap beberapa komponen kimia susu pasteurisasi seperti antara lain, adanya pembentukan ikatan kompleks antara κ -casein and β -lactoglobulin, perubahan struktur misel, pemecahan ikatan peptida pada protein, dan perubahan pada membran globula lemak (Singh & Bennett, 2002).

Beberapa komponen utama penyusun susu yaitu air, lemak, laktosa, dan protein (kasein dan protein *whey*) (Singh & Bennett, 2002). Menurut Singh & Bennett (2002), sebesar 98% komponen lemak pada susu tersusun oleh trigliserida dan 2% sisanya merupakan gabungan antara monogliserida, digliserida, kolesterol, fosfolipid, *free fatty acids* (FFA), serebrosida, dan gangliosida. Beberapa komponen senyawa *saturated fatty acids* (SFA) seperti asam butirat dan asam kaproat akan berperan penting dalam pembentukan *flavor* (rasa) dari susu sapi. Pada susu sapi normal terkandung protein sebanyak 3,5%, yang sebagian besar dapat dibagi menjadi 2 golongan, yaitu kasein yang merupakan komponen penyusun sebesar 80% dari jenis protein susu dan endapan dari total protein yang terdapat pada larutan dan protein *whey* yang merupakan komponen protein yang terlarut dalam larutan susu. Struktur misel kasein tergolong sangat stabil pada suhu tinggi (Singh & Bennett, 2002).

Komponen penyusun total kasein susu diantaranya, α -1, α -2-, β -, dan κ -kasein. Sedangkan komponen penyusun total protein *whey* terdiri atas, α -laktalbumin, β -laktoglobulin, *bovine serum albumin* (BSA), dan *immunoglobulin* (Singh & Bennett, 2002). Pada saat susu dipanaskan pada suhu lebih dari 60°C, akan terjadi denaturasi protein yang terdapat pada membran globula lemak dan menyebabkan globula lemak terparap oleh gugus thiol yang reaktif. Oleh karena itu, reaksi

pertukaran thiol-disulfida dapat terjadi di antara membran protein, dimana α -laktalbumin dan β -laktoglobulin pada protein whey dapat berikatan melalui jembatan reaksi disulfida antar molekul menuju permukaan globula lemak susu pada pemanasan dengan suhu 65-85°C dan menyebabkan adanya perubahan pada tekstur susu (Singh & Bennett, 2002).

Selain pada komponen lemak, menurut Dumpler *et al.*, (2020), hubungan dan interaksi dari senyawa protein pada susu sangat sensitif terhadap suhu dan tingginya potensi terjadinya disosiasi protein kasein dari misel susu ketika melalui pemanasan pada suhu dibawah 100°C. Mekanisme denaturasi protein menurut Singh & Bennett, (2002), yaitu ketika memanaskan susu pada suhu diatas 65°C, protein whey pada susu akan terdenaturasi oleh terbukanya lipatan polipeptida, sehingga kelompok rantai samping yang pada mulanya tertahan pada struktur asli protein akan terlihat. Rantai protein yang sudah terbuka kemudian akan berinteraksi dengan misel kasein atau membentuk agregat antar rantai protein, dengan melibatkan adanya reaksi pertukaran thiol-disulfida, interaksi hidrofobik, dan rantai ionik (Huppertz *et al.*, 2019).

Pemanasan susu akan menyebabkan perubahan struktur alami dari protein susu dan mampu meningkatkan pembentukan agregat atau sekumpulan gumpalan protein melalui reaksi interaksi hidrofobik dan interaksi thiol atau disulfida pada tingkat yang lebih rendah (Huppertz *et al.*, 2019). Selain itu, menurut teori Singh & Bennett (2002), adanya pembentukan reaksi dari β -laktoglobulin dapat disebabkan karena adanya perlakuan pemanasan *Low Temperature Long Time* (LTLT) atau dengan pemanasan pada waktu yang lama untuk mencapai temperatur tertentu.

Warna alami pada susu terbentuk dari adanya pantulan oleh cahaya yang terdispersi oleh globula lemak susu, protein, dan pigmen alami pada susu seperti riboflavin dan karotenoid ((Solah *et al.*, 2007) dalam (Chugh *et al.*, 2014)). Kasein pada susu akan berpengaruh pada tingkat keputihan warna dari susu, hal tersebut dikarenakan semakin tingginya konsentrasi misel kasein yang nantinya akan terkena pantulan

cahaya akan berbanding lurus dengan cahaya yang terdispersi dan tampak secara visual (Cheng *et al.*, 2019). Berdasarkan sifat sensori, susu sapi sangat dipengaruhi oleh kenikmatan rasa saat di mulut (*mouth-feel*) dan rasa setelah ditelan (*aftertaste*) yang dapat disebabkan oleh adanya emulsi dari lemak susu ((Francis *et al.*, 2004) dalam Wolf *et al.*, (2013)).

Rasa yang normal dari susu sapi yaitu memiliki rasa khas susu dengan sedikit rasa manis. *Dimethyl sulfone* merupakan komponen sulfur utama sebesar 25% yang biasa teridentifikasi sebagai komponen aroma (*odorant*) pada susu sapi pasteurisasi. Rasa dan aroma yang dapat terdeteksi pada susu sapi pasteurisasi umumnya berasal dari beberapa komponen volatile seperti *Nonanal*, *1-Octen-3-ol*, dan *Dimethyl sulfone* ((Moio *et al.*, 1996) dalam Wolf *et al.*, (2013)). Berdasarkan aspek mikrobiologi, bakteri psikrofilik merupakan bakteri yang memiliki suhu pertumbuhan optimum pada suhu 15°C atau <15°C dengan suhu tumbuh maksimal pada 20°C. Sedangkan, bakteri psikrotrofik merupakan bakteri yang memiliki suhu pertumbuhan optimum pada suhu diatas 15°C (>15°C) dengan suhu tumbuh maksimal pada 20°C (Moyer *et al.*, 2017).

Bakteri *E. coli* tergolong sebagai salah satu spesies bakteri koliform yang sering digunakan sebagai indikator terbaik untuk mendeteksi adanya polusi yang berasal dari kotoran hewan dan potensi keberadaan patogen. Karakteristik lain dari bakteri *E. coli* yaitu memiliki *strain* yang dapat bersifat patogen pada manusia dan sering menyebabkan terjadinya infeksi ketika dikonsumsi ((Metz *et al.*, 2020; dalam Gómez *et al.*, (2021)). Bakteri penyebab infeksi pangan *E. coli* O157:H7 sering ditemukan pada susu sapi yang tidak dipasteurisasi (Metz *et al.*, 2020). Menurut penelitian ((Doyle *et al.*, 2006; dalam Itelima & Agina (2011)), bakteri *E. coli* O157:H7 dapat dieliminasi atau dikontrol melalui pemberian perlakuan proses termal. Sedikit keberadaan bakteri *E. coli* sudah dapat menginfeksi manusia, sehingga proses pasteurisasi wajib dipastikan dilakukan dengan baik untuk memastikan semua bakteri *E. coli* terbunuh sempurna.

Menurut ((Doyle *et al.*, 2006; dalam Itelima & Agina (2011)), perlakuan pasteurisasi susu dilakukan untuk mengeliminasi bakteri pembentuk spora seperti *Bacillus* spp. and *Clostridium* spp. dan dapat membunuh bakteri *E. coli*. Karakteristik bakteri koliform yaitu antara lain, tergolong sebagai bakteri aerobik atau aerobik fakultatif, gram-negatif, tidak dapat membentuk spora, mampu memproduksi laktosa, dan umumnya bakteri koliform dapat diklasifikasikan menjadi 4 genus seperti, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, dan *Enterobacter* ((Friedrich *et al.*, 2010) dalam (Masiello *et al.*, 2016)). Deteksi koliform sangat penting dilakukan pada industri pengolahan susu, karena koliform dapat digunakan sebagai indikator higienitas melalui identifikasi pada produk susu pasteurisasi.

Menurut ((Shipe *et al.*, 1978) dalam (Masello *et al.*, 2016)) lipolisis merupakan reaksi yang terjadi akibat adanya pelepasan *Free Fatty Acids* (FFA) dari Trigliserida pada susu yang menyebabkan terbentuknya rasa tengik (*rancid*) pada susu pasteurisasi. Sedangkan, menurut Masello *et al.*, (2016), proteolisis merupakan reaksi yang terjadi akibat adanya akumulasi komponen peptida berukuran kecil yang menyebabkan terbentuknya rasa pahit (*bitter*) atau sepet (*astringent*). Metode pasteurisasi HTST di desain dengan target utama untuk mengeliminasi patogen yang tidak membentuk spora namun sangat resisten terhadap panas terutama *Coxiella burnetii* (Codex alimentarius, 2011). *C. burnetii* memiliki salah satu karakteristik yaitu bersifat resisten pada temperatur tinggi.

Hewan yang terinfeksi oleh *C. burnetii* dapat menyalurkan paparan bakteri tersebut melalui produk hasil, lendir vagina, feses, dan susu (Bauer *et al.*, 2020). Menurut Nusinovici *et al.*, (2017), alur utama dari paparan *C. burnetii* pada hewan sapi, dapat terjadi melalui udara (*airborne*) seperti hewan yang menghirup aerosol yang sudah terkontaminasi (Nusinovici *et al.*, 2017). Penggunaan pasteurisasi pada produk susu merupakan hasil pengembangan dari adanya data inaktivasi *C. burnetii* dan *Mycobacterium tuberculosis*. Oleh sebab itu, suhu dan waktu yang digunakan untuk melakukan pasteurisasi saat ini yaitu 62,8°C selama 30 menit agar dapat

mengeliminasi *C. burnetii*. Suhu pasteurisasi berasal dari log reduksi untuk mengeliminasi keberadaan *C. burnetii* yaitu minimal sebesar $5 \log^{10}$.

Log reduksi sebesar $5 \log^{10}$ diadopsi sebagai standar kriteria untuk perlakuan pemanasan susu HTST dan LTLT. Pada skala industri, pasteurisasi menggunakan alat *plate heat exchanger* akan lebih efisien digunakan untuk mengeliminasi bakteri patogen pada susu dikarenakan penggunaan panas yang optimum dan aliran turbulen yang lebih tinggi (Hammer *et al.*, 2015). Menurut penelitian Cerf & Condron (2006), log reduksi yang dapat digunakan selama pasteurisasi dengan target eliminasi bakteri *C. burnetii* yaitu pada 8D. *Coxiella burnetii* umumnya dapat mengkontaminasi produk melalui transmisi udara dari partikel debu yang terkontaminasi dan dapat didukung juga dari kondisi udara panas dan kering.

1.2. RUMUSAN MASALAH

1. Apakah penggunaan suhu pemanasan yang berbeda berpengaruh pada jumlah mikroba pada susu pasteurisasi?
2. Apakah penggunaan suhu pemanasan yang berbeda menyebabkan perbedaan pada aspek kimiawi dan tingkat penerimaan susu?
3. Manakah suhu pemanasan yang lebih baik diterapkan untuk pengolahan produk susu pasteurisasi desa Jatirejo?

1.3. TUJUAN PENELITIAN

1. Mengetahui pengaruh perbedaan penggunaan suhu pemanasan berbeda pada jumlah mikroba pada susu pasteurisasi.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan suhu pemanasan berbeda terhadap aspek kimiawi dan tingkat penerimaan susu.
3. Mengetahui suhu pemanasan yang lebih baik diterapkan pada pengolahan produk susu pasteurisasi desa Jatirejo.

1.4. HIPOTESIS PENELITIAN

H0: Tidak ada perbedaan nyata antara perlakuan pemanasan susu sapi segar pada suhu 63°C dan 80°C terhadap aspek mikrobiologis, kimia, dan tingkat penerimaan (sensori) susu segar.

H1: Ada perbedaan nyata antara perlakuan pemanasan susu sapi segar pada suhu 63°C dan 80°C terhadap aspek mikrobiologis, kimia, dan tingkat penerimaan (sensori) susu segar.

