

Nama Rumpun Ilmu: Teknologi Pangan dan Gizi

LAPORAN AKHIR PENELITIAN INTERNAL



Kualitas Susu Sapi Hasil Pasteurisasi “Pasteurizer Modifikasi” Ditinjau Aspek Kimia, Mikrobiologi dan Sensoris

TIM PENELITIAN

Dr. Ir. Lindayani, MP (NIDN: 0616016602)

Novita Ika Putri, STP., MSc. (NIDN: 065119003)

Ir. Sumardi, MSc. (NIDN: 0621126301)

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA SEMARANG**

JULI, 2019

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Kualitas Susu Sapi Hasil Pasteurisasi “Pasteurizer Modifikasi”
Ditinjau Aspek Kimia, Mikrobiologi dan Sensoris

1. Nama Rumpun Ilmu : Mikrobiologi
2. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Lindayani, MP.
 - b. NIDN : 0616016602
 - c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - d. Fakultas/Prodi : Teknologi Pertanian/Teknologi Pangan
 - e. Nomor HP : 081578518311
 - f. E-mail : lindayani@unika.ac.id
- Anggota Peneliti 1
- a. Nama Lengkap : Novita Ika Putri, STP., MSc.
 - b. NIDN : 065119003
 - c. Fakultas/Prodi : Teknologi Pertanian/Teknologi Pangan
- Anggota Peneliti 2
- a. Nama Lengkap : Ir. Sumardi, MSc.
 - b. NIDN : 0621126301
 - c. Fakultas/Prodi : Teknologi Pertanian/Teknologi Pangan
3. Jangka Waktu Penelitian : 6 bulan
4. Pembiayaan
- Dana Penelitian Keseluruhan : Rp 6.050.000
 - Dana internal PT : Rp 4.050.000
 - Dana institusi lain : Rp 2.000.000

Semarang, 4 Juli 2019

Ketua Tim Peneliti

Dr. Ir. Lindayani, MP.
NIDN 0616016602

Mengetahui:
Dekan

Dr. R. Probo Nugrahedhi, STP., MSc.
NIDN 0625077501

Menyetujui:
Kepala LPPM

Dr. Berta Bekti Retnawati, MSi.
NIDN 0606097302

DAFTAR ISI

Halaman

Halaman Pengesahan.....	i
Daftar Isi.....	ii
Daftar Tabel.....	iii
Daftar Gambar.....	iv
Daftar Lampiran.....	v
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tinjauan Pustaka.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
2. MATERI DAN METODE.....	5
2.1. Materi.....	5
2.2. Metode.....	5
3. HASIL PENELITIAN.....	9
4. PEMBAHASAN.....	13
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	15
5.1. KESIMPULAN.....	15
5.2. SARAN.....	15
6. PENGHARGAAN.....	16
7. DAFTAR PUSTAKA.....	17
8. LAMPIRAN.....	18

DAFTAR TABEL

	Halaman
1 Suhu dan waktu pasteurisasi	9
2 Analisa kimia susu pasteurisasi <i>cold</i> dan <i>hot spot</i>	10
3 Hasil uji total plate count (TPC) dan coliform susu pasteurisasi.....	11
4 Hasil sensori susu pasteurisasi.....	12
5 Standar Mutu Susu Pasteurisasi.....	18

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1 Diagram alir peneitian	5
2 Susu pasteurisasi hasil pasteurisasi tanpa agitasi (A), pasteurisasi	
dengan agitasi 35 rpm (B), dan pasteurisasi dengan agitasi 70 rpm (C) ..	10

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1 Standar mutu susu pasteurisasi	18
2 Alat “Pasteurizer Modifikasi”	19

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Susu merupakan bahan makanan yang mengandung unsur makro dan mikro yang lengkap sehingga susu menjadi salah satu bahan pangan yang sangat dianjurkan untuk dikonsumsi bagi manusia (FAO, 2013). Dibandingkan dengan negara ASEAN, Indonesia merupakan negara yang tingkat konsumsi susu paling rendah. Berdasarkan data (Agustus 2017), konsumsi susu di Indonesia sekitar 17,2 kg/kapita/tahun. Produksi susu lokal di Indonesia termasuk rendah dengan perbandingan 825 ribu ton dengan kebutuhan susu nasional sekitar 4,45 juta. Maka diperlukan suatu alternative untuk meningkatkan produksi lokal dalam bentuk susu pasteurisasi.

Susu dapat dikonsumsi langsung berupa susu segar, selain itu dapat juga diperoleh susu pada berbagai produk olahan seperti susu *ultra-heat temperature* (UHT), susu sterilisasi, keju, *butter*, es krim, kefir, yogurt. Susu tergolong bahan pangan yang cepat mengalami kerusakan, khususnya kerusakan oleh mikroorganisme. Kerusakan oleh mikroorganisme dapat dipicu oleh adanya kandungan nutrient susu yang lengkap serta lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhannya. Sehingga penanganan yang kurang tepat dapat menyebabkan susu mengalami kontaminasi yang tinggi. Maka syarat susu dan produk olahannya untuk dikonsumsi adalah susu aman dari bakteri patogen, seperti *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp*, *Coxiella burnetii*, *Bacillus spp*, *B. cereus*, *Campylobacter spp*, *Escherichia coli*, *Mycobacterium bovis*, *M. avium subsp. paratuberculosis* (Sarkar, 2015). Upaya yang dilakukan untuk menekan pertumbuhan mikroorganisme penyebab kontaminasi adalah dengan cara pasteurisasi (FAO, 2013). Selain untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan menginaktivasi enzim, maka pasteurisasi dapat berguna untuk memperpanjang umur simpan (Chandan *et al.*, 2008).

Untuk skala industri, produk olahan susu banyak menggunakan pasteurisasi *continuous* dengan cara perpindahan panas pada *heat exchanger* (Bylund, 2003). Tetapi untuk industri skala kecil penggunaan *heat exchanger* pada proses pasteurisasi berpengaruh terhadap peningkatan biaya yang tinggi, sehingga metode pasteurisasi *continuous* kurang tetap diaplikasikan terhadap industri skala kecil. Untuk meningkatkan kualitas susu industri skala kecil merupakan suatu tantangan yaitu upaya optimalisasi pasteurisasi susu dengan

menggunakan pasteurisasi *batch*. Pasteurisasi *batch* dapat dilakukan dengan atau tanpa agitasi. Fungsi agitator pada pasteurisasi *batch* untuk memberikan transfer panas yang lebih optimal selama proses pasteurisasi agitasi serta dapat meningkatkan keseragaman laju pemanasan (Singh *et al.*, 2015). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk membandingkan proses pasteurisasi *batch* dengan atau tanpa agitasi (“Pasteurizer Modifikasi”) terhadap kualitas kimia, mikrobiologi dan sensoris susu sapi.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Susu

Susu merupakan cairan yang mengandung makro-nutrisi (protein, laktosa dan lemak) dan mikro-nutrisi (vitamin dan mineral) yang dihasilkan oleh kelenjar susu mamalia (sapi, kambing, domba, kerbau) (Tamime, 2009). Selain susu yang dihasilkan oleh hewan, terdapat pula susu nabati seperti susu kedelai, alpmd, beras dan santan. Menurut SNI 01-3141-1998, susu segar mengandung minimal kadar lemak sebesar 3%, kadar padatan tanpa lemak sebesar 8%, dan kadar protein sebesar 2,7%. Susu mempunyai sifat yang mudah mengalami kerusakan khususnya kerusakan karena mikroorganisme kontaminan. Kandungan nutrisi susu yang tinggi menyebabkan mikroorganisme dapat tumbuh dengan baik di dalam susu.

Susu pasteurisasi diberi perlakuan panas dengan tujuan untuk memperpanjang umur simpan, menghambat mikroorganisme kontaminan yang dapat menyebabkan penurunan kualitas. Selain pasteurisasi, susu perlu didistribusikan dalam kondisi suhu rendah. Pendinginan susu setelah pasteurisasi dapat menyebabkan mikroorganisme kontaminan tidak bertumbuh dan berkembangbiak. Mikroba pembusuk yang tidak aktif pada susu pasteurisasi menyebabkan susu tetap awet dan baik untuk dikonsumsi.

Pasteurisasi merupakan perlakuan dengan menggunakan panas yang ditentukan oleh dua hal yaitu suhu dan waktu. Suhu dan waktu mempengaruhi resistansi atau ketahanan bahan yang diolah terhadap panas. Pada umumnya pasteurisasi *batch* dilakukan dengan kombinasi suhu dan waktu sebesar 63°C selama 30 menit (*low temperature long time*). Proses pasteurisasi yang berlangsung baidapat diketahui melalui hasil yang dicapai dengan sedikitnya perubahan fisik-kimiawi, dan organoleptik produk (Tamime, 2009).

Umumnya, pengaruh pasteurisasi pada susu dapat menyebabkan terjadinya kerusakan vitamin (A, B₁, B₅, B₉, B₁₂, C, dan D), denaturasi protein *whey*, lemak, laktosa dan terjadi perubahan sifat sensori (Meunier-Goddik & Sandra, 2011). Selama proses pemanasan membran globula lemak susu (*milk fat globule membran*) mengalami denaturasi yang paling besar pada suhu > 70°C (Dalglish & Corredig, 2012; Tamime, 2009). Proses pemanasan yang intensive dapat menyebabkan terjadinya reaksi *maillard* pada laktosa. Reaksi *maillard* berpengaruh terhadap perubahan warna dan *flavor*. Degradasi laktosa dapat juga terjadi karena isomerisasi yang menghasilkan substansi *lactulose*. Keberadaan *lactulose* pada susu mampu menstimulasi pertumbuhan dari *Bifidobacteria* (Tamime, 2009; Gandy *et al.*, 2008).

Proses pasteurisasi pada susu perlu mempertimbangkan kualitas dan keamanan pangannya, maka pasteurisasi harus dilakukan dengan tepat sehingga nutrisi yang terkandung pada susu pasteurisasi tidak terlalu jauh dari susu segar. Perlakuan panas selama pasteurisasi dapat menyebabkan terjadinya penurunan mutu produk. Pada umumnya, degradasi lemak selama proses pemanasan tidak ditemukan, tetapi pemanasan susu pada suhu lebih dari 70°C dapat menyebabkan denaturasi *Milk Fat Globule Membran* (MFGM) (Van Boekel & Walstra, 1995). Perlakuan panas pada *whey* dapat menyebabkan terjadinya denaturasi pada α -la, β -lg, immunoglobulin dan bovine serum albumin secara berurutan dan menyebabkan kenaikan pH (Jelen & Rattray, 1995). Proses pemanasan terhadap kasein dapat mendegradasi *micelle* kasein dan menaikkan kadar kasein *non-micelles* (O'Connell & Fox, 2003). Pasteurisasi susu yang sesuai mempunyai batas minimal menekan pertumbuhan mikroorganisme kontaminan, seperti *Coxiella burnetii* sebesar 5-log (Sarkar, 2015). Standar mutu susu pasteurisasi dapat dilihat pada Tabel 5. (Lampiran 1).

1.2.2. Agitasi

Perpindahan panas merupakan variabel penting dalam upaya menjaga kualitas produk susu pasteurisasi. Pada proses pasteurisasi jika pemanasan terlalu tinggi dan perpindahan panas yang terjadi tidak merata dapat menyebabkan penurunan kualitas secara signifikan. Penggunaan instrumen berupa agitasi bertujuan untuk mempercepat perpindahan panas dan menaikkan tingkat keseragaman perpindahan panas selama proses pemanasan berlangsung (Singh *et al.*, 2015). Maka, agitasi dapat memberikan efek homogen pada produk. Faktor

yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan agitator dan kecepatan agitasi, yaitu viskositas produk dan aliran produk yang dikehendaki (Rasmito, 2006).

Agitator yang digunakan pada proses pasteurisasi susu untuk menyeragamkan pemanasan dan mempercepat laju pemanasan. Agitasi pada susu dilakukan secara berkala untuk mengurangi terjadinya perbedaan suhu pada partikel susu selama proses pasteurisasi dengan pemanasan dan pendinginan yang cepat (Meunier-Goddik & Sandra, 2011), mengurangi terjadinya lipolisis akibat pecahnya membran globula lemak (Tamime, 2009). Perlu dipertimbangkan penggunaan agitasi yang terlalu intensif dan cepat dapat menyebabkan terjadinya *off-flavor* (seperti bau tengik) (Deeth & Fitz-Gerald, 2006).

1.3. Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui hasil pasteurisasi “Pasteurizer Modifikasi” terhadap kualitas susu sapi ditinjau aspek kimia, mikrobiologi dan sensori.

2. MATERI DAN METODE

2.1. Materi

2.1.1. Bahan

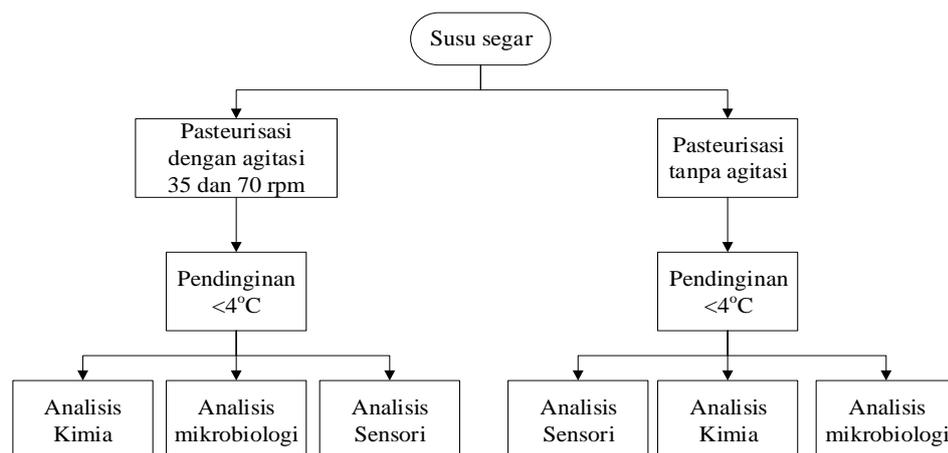
Susu sapi segar, *buffer pepton water* (BPW), Media PCA, *Violet Red Bile Agar* (VBRA), H_2SO_4 (91%), *Trichloroacetic acid* (TCA) 10%, larutan standar protein, Na_2CO_3 , $CuSO_4$, natrium kalium tartrat, NaOH (0,1N), Folin Ciocalteau, etil eter, air distilasi, dan hexan.

2.1.2. Alat

Pasteurizer yang digunakan merupakan hasil rancangan untuk skala kecil (5 liter). Alat yang lainnya labu soxhlet, cawan porselen, oven, desikator, spektrofotometer “Shimadzu UV-280”, vortex, kertas saring, sentrifuse, pipet volume, pompa pilleus, termometer, mikropipet, cawan petri, *autoclave*, inkubator, *colony counter* dan alat gelas.

2.2. Metode

Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Keterangan:



= Bahan Baku

= Proses

Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.2.1. Pasteurisasi Susu

Pasteurisasi susu dilakukan pada suhu 72°C selama 15 menit dalam “Pasteurizer Modifikasi” (Lampiran 2), melalui perlakuan yang berbeda, yaitu tanpa agitasi dan agitasi (35 dan 70 rpm). Setelah itu, dari setiap perlakuan diambil sampel pada titik tengah (*cold spot*) dan tepi tangki (*hot spot*). Pengukuran suhu *cold spot* dilakukan pada titik terjauh dari sumber panas, dan suhu *hot spot* diukur pada titik terdekat dengan sumber panas. Selanjutnya susu pasteurisasi dianalisa terhadap kimia dan mikrobiologi.

2.2.2. Analisa Sensori

Uji sensori terhadap susu pasteurisasi dilakukan dengan metode uji penerimaan. Rentang tingkat penilaian (skor) adalah 1 – 5, semakin tinggi nilai yang diberikan (5) maka nilai penerimaan (suka) semakin tinggi. Begitu pula sebaliknya semakin rendah nilai yang diberikan (1) maka nilai penerimaan semakin rendah (tidak suka). Panelis yang digunakan adalah panelis tidak terlatih (mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Soegijapranata) sebanyak 30 orang (Watts *et al.*, 1989).

2.2.3. Analisa Mikrobiologi

a. Total Plate Count (TPC)

Sebanyak 1 ml sampel ditambahkan dalam 9 ml *buffer pepton water* (BPW) untuk pengenceran sepersepuluh (10^{-1}). Pengenceran dilakukan kembali 10^{-2} hingga 10^{-8} . Sebanyak 1 ml pengenceran mulai 10^{-5} hingga 10^{-8} dimasukkan kedalam cawan petri steril. Media PCA dingin (45°C) sebanyak 15 ml dituangkan ke dalam cawan petri steril. Sampel diaduk dengan cara menggerakkan cawan petri dengan bentuk angka delapan. Setelah agar mengeras cawan petri diinkubasi dengan posisi terbalik pada suhu 37°C selama 24-48 jam. Jumlah bakteri ditentukan dengan metode hitungan cawan.

b. Coliform

Sebanyak 1 ml sampel ditambahkan dalam 9 ml *buffer pepton water* (BPW) untuk pengenceran sepersepuluh (10^{-1}). Pengenceran dilakukan hingga 10^{-3} . Sebanyak 1 ml sampel pengenceran 10^{-1} sampai 10^{-3} dimasukkan ke dalam cawan petri steril, lalu ditambahkan dengan media *Violet Red Bile Agar* (VBRA) sebanyak 12 ml ke dalam

cawan petri steril. Cawan petri diputar membentuk angka delapan dan didiamkan hingga mengeras. Permukaan agar dilapisi dengan medium VBRA sebanyak 3 ml dan dibiarkan hingga mengeras. Cawan petri diinkubasi pada posisi terbalik pada suhu 37 °C selama 24-48 jam.

2.2.4. Analisa Kimia

a. Kadar Lemak (Gerber)

Sampel susu sebanyak 10,75 ml dimasukkan ke dalam botol butirometer. Sebanyak 10 ml H₂SO₄ 91% dan 1 ml *amylalcohol* ditambahkan ke dalam botol butirometer. Butirometer ditutup rapat dan dikocok perlahan sampai larutan homogen. Setelah warna ungu tua sampai kecoklatan terjadi, tabung butirometer dimasukkan ke dalam *centrifuge* Gerber dan disentrifugasi selama 5 menit dengan kecepatan 1200 rpm. Selanjutnya tabung butirometer dimasukkan ke dalam *waterbath* selama 5 menit pada suhu 65°C. Kadar lemak dibaca pada skala butirometer.

b. Total Padatan Tanpa Lemak (*Gravimetric*)

Sampel susu dalam gelas beker dipanaskan hingga suhu mencapai 35°C dengan menggunakan *waterbath*. Sampel didinginkan secara cepat sampai mencapai suhu ruang. Cawan dan penutup dimasukkan ke dalam oven pada suhu 102°C selama 1 jam. Setelah itu, Penutup diletakkan diatas cawan dan dimasukkan ke dalam desikator secara cepat selama 30 menit, lalu cawan ditimbang. Sebanyak 5 ml sampel ditambahkan ke dalam cawan dan ditutup dengan penutup, lalu berat diukur kembali. Cawan dipanaskan hingga air dalam sampel berkurang. Cawan dan sampel dimasukkan ke dalam oven untuk dikeringkan selama 2 jam, lalu didinginkan kembali di dalam desikator. Cawan dan penutup ditimbang kembali. Cawan dikeringkan kembali dengan oven selama 1 jam dan kembali didinginkan dalam desikator dan hitung beratnya. Berat yang paling rendah dicatat.

Perhitungan:

$$\text{Total padatan} = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \times 100\%$$

$$\text{Total padatan tanpa lemak} = \text{Total padatan} - \text{Lemak}$$

Keterangan:

M0= berat cawan + penutup (g)

M1= berat cawan + penutup dan sampel (g)

M2= berat cawan + penutup dan sampel kering (g)

c. Kadar Protein (Lowry)

Tiga larutan, yaitu Na_2CO_3 2% (w/v), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1% (w/v) dan Natrium kalium tartrat 1% (w/v) dicampurkan dengan perbandingan 100:1:1. Setelah membuat larutan campuran, tahap pertama dalam uji adalah sampel susu sebanyak 0,1 ml ditambahkan dengan 0,1 ml NaOH 2N, dan dipanaskan dengan menggunakan waterbath pada suhu 100°C selama 10 menit. Setelah itu, hidrolisat didinginkan pada suhu ruang lalu ditambahkan dengan larutan campuran yang telah dibuat sebanyak 1 ml dan didiamkan pada suhu ruang selama 10 menit. Sampel ditambahkan dengan 0,1 ml reagen folin, lalu divortex dan didiamkan pada suhu ruang selama 30 menit. Absorbansi sampel diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada 750 nm. Setelah mengukur absorbansi sampel, larutan standar protein diukur dengan dengan melalui tahap pertama hingga pengukuran absorbansi seperti pada sampel. Jumlah protein diketahui dengan membuat kurva standar dari larutan standar.

2.2.5. Analisa Data

Pengolahan data menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistic 20. Uji beda analisa kimia digunakan metode *One Way ANOVA* uji Duncan dan uji *independent T* dengan tingkat kepercayaan 95%. Sedangkan untuk uji sensori digunakan metode *K-independent sample (Kruskal-Wallis)* dan dilanjutkan dengan *2-independent sample (Mann Whitney)*.

3. HASIL PENELITIAN

Pasteurisasi terhadap susu sapi dilakukan dengan menggunakan agitasi pada 35 dan 70 rpm serta tanpa agitasi. Hasil penelitian suhu dan waktu pasteurisasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Suhu dan waktu pasteurisasi

Waktu (Menit)	Pasteurisasi tanpa agitasi *		Pasteurisasi agitasi 35 rpm **		Pasteurisasi agitasi 70 rpm ***	
	Suhu <i>cold spot</i> (°C)	Suhu <i>hot spot</i> (°C)	Suhu <i>cold spot</i> (°C)	Suhu <i>hot spot</i> (°C)	Suhu <i>cold spot</i> (°C)	Suhu <i>hot spot</i> (°C)
5	32	34	26	27	32	33,4
10	46	50,3	37	38	42	42,7
15	51	54,3	43	43,7	53	54,8
20	54	57,9	48	48,5	58	59,2
25	58	60,7	51	51,8	61	62
30	61	64,6	54	56,1	65	66,8
35	64	66,3	57	59	69	70,5
40	67	70	62	63	73	73,5
45	69	73,9	66	66,8	74	74,7
50	71	74,2	69	70	73	74,2
55	71	73,9	72	73,2	73	73,8
60	70	73,4	73	74,3	-	-
65	-	-	73	74,8	-	-
70	-	-	73	74,5	-	-

Sumber data: Taufiq (2019)

Keterangan:

* = mencapai suhu 72 pada menit ke 43 dan selesai pada menit ke 58

** = mencapai suhu 72 pada menit ke 55 dan selesai pada menit ke 70

*** = mencapai suhu 72 pada menit ke 38 dan selesai pada menit ke 53

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan suhu pada titik *cold spot* dan *hot spot* untuk masing-masing perlakuan. Pada perlakuan pasteurisasi tanpa agitasi terdapat selisih suhu antara 2–4°C. Pada perlakuan pasteurisasi dengan agitasi 35 dan 70 rpm diketahui terdapat selisih suhu sekitar 1°C. Waktu agitasi 35 rpm lebih lama daripada agitasi 70 rpm untuk mencapai suhu pasteurisasi (72°C). Susu hasil pasteurisasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Sumber data: Taufiq (2019)

Gambar 2. Susu Pasteurisasi Hasil Pasteurisasi Tanpa Agitasi (A), Pasteurisasi dengan Agitasi 35 rpm (B), dan Pasteurisasi dengan Agitasi 70 rpm (C)

Hasil analisa kimia susu pasteurisasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisa kimia susu pasteurisasi *cold* dan *hot spot*

Perlakuan	Analisa		
	Protein (%)	Total padatan (%)	Lemak (%)
Tanpa pasteurisasi	1,73 ± 0,17	12,84 ± 0,28	3,15 ± 0,26
0 rpm	<i>Cold spot</i>	1,90 ± 0,18 ^a	9,37 ± 0,06 ^a
	<i>Hot spot</i>	1,74 ± 0,11 ^a	9,51 ± 0,27 ^a
35 rpm	<i>Cold spot</i>	1,97 ± 0,14 ^a	10,34 ± 0,24 ^a
	<i>Hot spot</i>	1,81 ± 0,54 ^b	10,26 ± 0,14 ^a
70 rpm	<i>Cold spot</i>	2,15 ± 0,20 ^a	10,27 ± 0,28 ^a
	<i>Hot spot</i>	2,07 ± 0,15 ^a	10,26 ± 0,22 ^a

Sumber data: Taufiq (2019)

Keterangan:

- Data yang disajikan merupakan *mean* ± standar deviasi.
- Nilai dengan *superscript* (huruf) yang berbeda menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antar perlakuan pada tingkat kepercayaan 95% ($p < 0,05$) berdasarkan uji *T Independent Sample*.

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa nilai protein, total padatan dan lemak pada masing-masing perlakuan antara *cold spot* dan *hot spot* tidak ada perbedaan yang nyata, namun berbeda pada hasil nilai protein dengan perlakuan pasteurisasi 35 rpm. Begitu pula untuk lemak dengan perlakuan pasteurisasi tanpa agitasi. Nilai protein paling tinggi pada sampel susu sapi hasil pasteurisasi dengan agitasi 70 rpm (titik *hot spot*). Nilai protein terendah diperoleh pada susu sapi hasil pasteurisasi tanpa agitasi pada titik *hot spot*.

Tabel 3. Hasil uji total plate count (TPC) dan coliform susu pasteurisasi

Perlakuan	Analisa	
	TPC (CFU/ml)	Coliform (CFU/ml)
S01	$8,31 \times 10^0 - 1,88 \times 10^7$	$3,67 \times 10^3 - 3,8 \times 10^4$
P1CS	$1,00 \times 10^4 - 5,00 \times 10^4$	-
P1HS	$8,33 \times 10^3 - 1,67 \times 10^4$	-
P2CS	$1,00 \times 10^4 - 1,67 \times 10^4$	-
P2HS	$8,33 \times 10^3 - 1,67 \times 10^4$	-
P3CS	$8,33 \times 10^3 - 2,00 \times 10^4$	-
P3HS	$8,33 \times 10^3 - 1,67 \times 10^4$	-

Sumber data: Taufiq (2019)

Keterangan:

S01 = susu segar tanpa pasteurisasi

P1CS = pasteurisasi susu tanpa agitasi pada titik *cold spot*

P1HS = pasteurisasi susu tanpa agitasi pada titik *hot spot*

P2CS = pasteurisasi susu dengan kecepatan agitasi 35 rpm pada titik *cold spot*

P2HS = pasteurisasi susu dengan kecepatan agitasi 35 rpm pada titik *hot spot*

P3CS = pasteurisasi susu dengan kecepatan agitasi 70 rpm pada titik *cold spot*

P3HS = pasteurisasi susu dengan kecepatan agitasi 70 rpm pada titik *hot spot*

- Data yang disajikan merupakan *mean* ± standar deviasi.
- CFU/ml adalah satuan banyaknya jumlah koloni per ml sampel.
- (-) : tidak ada pertumbuhan dalam cawan

Setelah pasteurisasi dengan berbagai perlakuan terjadi penurunan mikroorganisme sebanyak 3 log (10^7 menjadi 10^4) untuk TPC, sedangkan pasteurisasi diketahui dapat menurunkan total *coliform* hingga 0 CFU/ml pada keseluruhan perlakuan. Pada TPC dengan masing-masing perlakuan pasteurisasi ditunjukkan bahwa pasteurisasi tanpa agitasi pada titik *cold spot* memiliki jumlah kontaminan terbesar dengan jumlah $1,00 \times 10^4 - 5,00 \times 10^4$ CFU/ml.

Tabel 4. Hasil sensori susu pasteurisasi

Perlakuan	Parameter Uji		
	Warna	Aroma	Rasa
P1	3,79 ± 0,88 ^a	3,44 ± 0,93 ^a	3,91 ± 0,83 ^a
P2	3,85 ± 0,74 ^a	3,56 ± 0,75 ^a	4,15 ± 0,78 ^a
P3	3,74 ± 0,93 ^a	3,50 ± 0,90 ^a	3,74 ± 0,90 ^b

Sumber data: Taufiq (2019)

Keterangan:

P1 = pasteurisasi susu tanpa agitasi

P2 = pasteurisasi susu dengan kecepatan agitasi 35 rpm

P3 = pasteurisasi susu dengan kecepatan agitasi 70 rpm

• 1= sangat tidak suka; 2= tidak suka; 3= agak suka; 4= suka; 5= sangat suka.

• Data yang disajikan merupakan *mean* ± standar deviasi.

• Uji sensori dilakukan dengan rating hedonik sebagai penerimaan produk dengan panelis sebanyak 30 orang.

• Nilai dengan superscript (huruf) yang berbeda menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara perlakuan pada tingkat kepercayaan 95% ($p < 0,05$) berdasarkan uji Kruskal Wallis dan dilanjutkan dengan uji Mann Whitney sebagai uji beda.

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui tidak ada perbedaan nyata pada hasil sensori terhadap atribut warna dan aroma. Perbedaan yang nyata antara pasteurisasi tanpa agitasi dan agitasi 35 rpm dengan agitasi 70 rpm terhadap atribut rasa. Berdasarkan penilaian atribut sensoris, diketahui bahwa ketiga perlakuan dapat diterima (nilai lebih dari 3).

4. PEMBAHASAN

Penelitian susu sapi pasteurisasi menunjukkan bahwa agitasi 70 rpm lebih efisien dibandingkan dengan agitasi 35 rpm dikarenakan pada agitasi 70 rpm dapat membentuk aliran yang lebih turbulen sehingga dapat meningkatkan efektifitas *pasteurizer*. Menurut Pearch *et al* (2012) bahwa aliran turbulen diperlukan selama pasteurisasi berlangsung. Agitasi berguna untuk menyeragamkan suhu selama pasteurisasi berlangsung. Hal ini dapat diketahui dengan adanya perbedaan suhu antara *cold spot* dan *hot spot* pada pasteurisasi dengan agitasi dan tanpa agitasi. Juga berperan untuk menghomogenkan susu sapi selama pasteurisasi berlangsung (Meunier-Goddik & Sandra, 2011).

Peningkatan konsentrasi protein susu hasil pasteurisasi dapat disebabkan oleh agregasi dan hidrolisis protein. Selama proses pasteurisasi, agregasi protein *whey* terbentuk dari ikatan antara protein *whey* terdenaturasi dengan k-kasein. Agregasi protein yang terbentuk dapat mengisi bagian kosong pada permukaan *micelles*, dan permukaan *micelles* termodifikasi. Hidrolisis protein dapat terjadi karena aktifitas dari plasmin yang tidak mengalami inaktivasi pada suhu pasteurisasi. Diketahui bahwa aktifitas plasmin dapat meningkat pada suhu pasteurisasi karena terjadi inaktivasi dari inhibitor plasmin, yaitu aktivator plasminogen (McSweeney & O'Mahony, 2016). Pada Gambar 2. dapat dilihat adanya lapisan kuning pada permukaan susu pasteurisasi yang disebabkan karena setelah pasteurisasi terdapat lemak yang terpisah / tidak terlarut dalam cairan susu. Pemisahan lemak dari cairan susu dapat juga terjadi karena lemak tidak dapat membentuk emulsi *oil-water* dengan baik. Hal ini disebabkan karena terjadinya denaturasi pada MFGM protein selama pasteurisasi berlangsung (Dalglish & Corredig, 2012). Selain itu, kemampuan *milk fat globule membran* (MFGM) untuk membentuk ikatan *oil-water* mengalami penurunan karena MFGM mengalami penurunan jumlah fosfolipid (Tamime, 2009).

Tabel 2 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada susu pasteurisasi tanpa agitasi dan dengan agitasi terhadap total padatan dan lemak. Hal ini menunjukkan bahwa agitasi selama pasteurisasi berperan untuk menghomogenkan cairan susu dan pemisahan lemak dengan susu dapat dikurangi (Meunier-Goddik & Sandra, 2011).

Susu pasteurisasi dikatakan layak untuk dikonsumsi jika nilai TPC maksimal 3×10^4 CFU/ml dan *coliform* maksimal 10 CFU/ml (standar syarat mutu SNI No. 01-3951-1995).

Berdasarkan hasil analisa TPC (Tabel 3), diketahui bahwa susu hasil pasteurisasi masih lebih rendah dari batas maksimal jumlah TPC dan *coliform*. Susu hasil pasteurisasi tanpa agitasi pada titik dingin (*cold spot*) terdapat hasil jumlah TPC diatas batas maksimal standar syarat mutu TPC (SNI No. 01-3951-1995), yaitu sebesar $5,00 \times 10^4$. Selama pasteurisasi, agitasi dapat meningkatkan efektivitas pemanasan dengan menyeragamkan suhu susu di setiap titik (*cold spot* dan *hot spot*) (Pearch *et al.*, 2012). Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka dapat diketahui bahwa agitasi dapat meningkatkan efektivitas pasteurisasi. Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa *pasteurizer* yang dirancang dapat menurunkan jumlah mikroorganisme hidup (*total plate count*) sebesar 3 log. Hal ini menunjukkan bahwa pasteurisasi yang dilakukan belum efektif. Efektivitas *pasteurizer* yang belum tercapai pada penelitian dapat disebabkan karena adanya ketidaksesuaian prosedur pada saat pengambilan sampel, kondisi ruang produksi (suhu, kelembaban udara, dan higienitas) yang tidak sesuai, atau terjadi *cross contamination* (Meunier-Goddik & Sandra, 2011; Tamime, 2009).

Berdasarkan atribut rasa (Tabel 4), terdapat perbedaan yang nyata antara susu hasil pasteurisasi dengan agitasi 70 rpm dengan susu hasil pasteurisasi tanpa agitasi dan pasteurisasi dengan agitasi 35 rpm. Susu sapi segar dengan kualitas baik akan menghasilkan rasa khas susu (*salty-sweet*). Rasa *salty-sweet* pada susu merupakan kombinasi antara laktosa dengan garam (mineral) (Wolf *et al.*, 2013). Selama pasteurisasi, rasa karamel atau *cooked* akan muncul karena adanya reaksi *mailard* (Gandy *et al.*, 2008) yang dapat memberikan rasa yang khas terhadap rasa susu pasteurisasi. Secara alami rasa khas pada susu dipengaruhi oleh komposisi emulsi lemak dalam susu, tetapi dapat dipengaruhi oleh *bovine milk*. *Bovine milk* dapat memberikan pengaruh persepsi kepada panelis terhadap *after taste* dan *mouth feel*, yaitu lembut dan *flavor* yang ringan (Wolf *et al.*, 2013). Pasteurisasi dengan agitasi 70 rpm dapat menyebabkan terjadinya penurunan rasa susu pasteurisasi. Pasteurisasi dengan agitasi 35 rpm mendapatkan hasil yang lebih baik dari pasteurisasi dengan agitasi 70 rpm terhadap atribut rasa. Agitasi yang berkala (selama pasteurisasi) dengan kecepatan rendah (35 rpm) menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik pada aspek sensori.

Pasteurisasi dengan agitasi 35 rpm merupakan kecepatan yang tepat selama pasteurisasi dengan hasil yang efektif. Untuk meningkatkan efisiensi *pasteurizer*, dapat dilakukan dengan memberikan aliran turbulen dengan cara pemberian *buffle* pada tangki (KarsJordan & Hiltunen, 2007). Sehingga pasteurisasi dengan kecepatan agitasi 35 rpm dengan aliran turbulen dapat menghasilkan *pasteurizer* yang efektif dan efisien.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

- Pasteurisasi dengan perlakuan agitasi 35 rpm memberikan hasil yang terbaik dari aspek kimia dan mikrobiologi.
- Susu pasteurisasi dengan perlakuan agitasi 35 rpm merupakan susu pasteurisasi yang paling disukai panelis.

5.2. SARAN

- Berhubung keterbatasan dana dan waktu penelitian, maka penelitian tidak dapat dilakukan untuk sampel susu (kambing dan kedelai). Maka penelitian lanjutan diperlukan untuk sampel susu (kambing dan kedelai).
- Agitasi *pasteurizer* dengan kecepatan 35 rpm perlu ditambahkan *buffle* agar turbulensi dapat terjadi, efektifitas dan efisiensi *pasteurizer* dapat ditingkatkan.

6. PENGHARGAAN

- Mengucapkan terima kasih kepada **Fakultas Teknologi Pertanian**, Universitas Katolik Soegijapranata yang telah memberikan subsidi untuk melaksanakan penelitian.
- Mengucapkan terima kasih kepada mahasiswa Taufiq Kurniawan (**15.I1.0013**) yang telah membantu dan memberikan ijin menggunakan sebagian data dan gambar hasil penelitian.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Bylund, G., 2003. *Daily Processing Handbook*. Sweden: Tetra Pak Processing System AB S-221 86.
- Chandan, R. C., Kilara, A. and Shah, N. P., 2008. *Dairy Processing & Quality Assurance*. s.l.:Blackwell.
- Deeth, H. and Fitz-Gerald, C., 2006. Lipolytic enzymes and hydrolytic rancidity. In: *Advanced Dairy Chemistry*. New York: Springer, pp. 481-556.
- FAO, 2013. *Milk and Dairy Product in Human Nutrition*. s.l.:FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
- Jelen, P. and Rattray, W., 1995. *Thermal denaturation of whey protein*. In: *Heat-induced Changes in Milk*, Brussels: International Dairy Federation.
- Meunier-Goddik, L. and Sandra, S., 2011. *Liquid Milk Products: Pasteurized Milk*, s.l.: Elsevier Ltd..
- O'Connell, J. E. and Fox, P. F., 2003. Heat-induced Coagulation of Milk. In: *Advanced Dairy Chemistry*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp. 879-945.
- Rasmito, A., 2006. *Phenomena Perpindahan Panas pada Tanki Aerasi*. Riau, Repository University of Riau.
- Sarkar, S., 2015. Microbiological Considerations: Pasteurized Milk. *International Journal of Dairy Science*, Volume 10 (5), pp. 206-218.
- Singh, A. P., Singh, A. and Ramaswamy, H. S., 2015. Heat transfer phenomena during thermal processing of liquid particulate mixtures – A Review. *Food Science and Nutrition*.
- Tamime, A. Y., 2009. *Milk Processing and Quality Management*. United Kingdom: Blackell.
- Van Boekel, M. and Walstra, P., 1995. *Effect of heat treatment on chemical and physical changes to milk fat globules*. In: *Heat-induced Changes in Milk*, Brussels: International Dairy Federation.
- Watts, B M., Ylimaki, G L., Jeffery, L E and Elias, L G., 1989. Basic sensory methods for food evaluation. Ottawa, Ont., IDRC.

Lampiran 1. Standar Mutu Susu Pasteurisasi

Tabel 5. Standar Mutu Susu Pasteurisasi

Karakteristik	Syarat Jenis	
	A	B
Bau, Rasa, Warna	khas	Khas
Kadar lemak, % min.	2,80	1,50
Kadar padatan tanpa lemak, % min.	7,7	7,5
Uji reduktase dengan mthylen biru	0	0
Kadar protein, % min.	2,5	2,5
Uji Fosfatase	0	0
T.P.C. (Total Plate Count), ml maks.	3×10^4	3×10^4
Coliform Presumptive maksimal, MPN/ml	10	10
Logam berbahaya		
As, ppm maks.	1	1
Pb, ppm maks.	1	1
Cu, ppm maks.	2	2
Zn, ppm maks.	5	5
BTP	Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan R.I. No. 235/Men. Kes/Per/ IV/79	

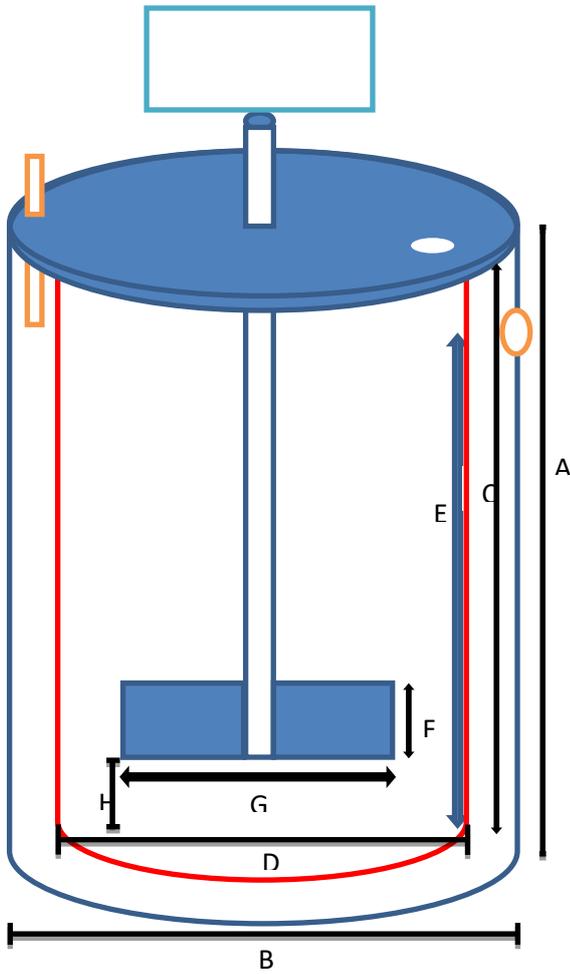
Sumber: (SNI 01-3951-1995)

Keterangan:

A: Susu pasteurisasi tanpa penyedap cita rasa

B: Susu pasteurisasi diberi penyedap cita rasa

Lampiran 2. Alat “Pasteurizer Modifikasi”



DIMENSI

Kapasitas: 5 Liter

Tangki Luar:

A: 24,72 cm

B: 24,50 cm

Tangki Dalam:

C: 21,72 cm

D: 18,50 cm

E: 18,62 cm (batas maksimum tinggi tangki)

Impeller / Agitator:

F: 1,11 cm

G: 5,55 cm

Jarak antara impeller dengan dasar tangki dalam

(H): 3,10 cm