

E-ISSN: 2579-4523  JITIPARI	JURNAL TEKNOLOGI DAN INDUSTRI PANGAN UNISRI http://ejurnal.unisri.ac.id/index.php/jtpr/index Terakreditasi sinta 3 sesuai dengan SK No. 152/E/KPT/2023 tanggal 25 September 2023 https://sinta.kemdiktisaintek.go.id/journals/profile/7556	
---	---	---

Storage effects on the quality of pasteurized goat milk: Physicochemical and microbiological perspectives

Efek penyimpanan pada kualitas susu kambing pasteurisasi: Dari sudut pandang karakteristik fisikokimia dan mikrobiologi

Edi Prayitno^{1*}, Agung Purnomoadi¹, Endang Purbowati¹, Rudy Hartanto¹

¹Departemen Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang Indonesia

*Corresponding author: prayitmail@gmail.com

Article info	Abstract
Keywords: Goat milk, Pasteurization, Temperature, Time, Storage	This study aimed to examine the effects of storage on the physicochemical and microbiological quality of pasteurized goat milk. Milk from 40 crossbred Saanen goats, each in their third lactation period and DIM 60 (day in milk), was collected in the morning, resulting in a composite sample of 20 L. The milk was then pasteurized using the low-temperature long-time (LTLT) method. The experimental design was a completely randomized design with a factorial pattern. The treatments combined two factors: temperature and time. The temperature factor (T) consisted of T1 = room temperature (25–30°C), T2 = 15–20°C, T3 = 5–10°C, and T4 = -5–0°C. The time factor (V) consisted of V1 = 8 hours, V2 = 24 hours, and V3 = 72 hours, resulting in 12 treatment combinations (4x3) with three replications, yielding a total of 36 experimental units. The results showed a significant interaction ($P < 0.05$) between temperature and storage time on the physicochemical and microbiological parameters of pasteurized goat milk. The total plate count (TPC) values for treatments T1V1, T1V2, and T1V3 were higher, whereas for treatments T4V1, T4V2, and T4V3, they were lower. The T0 treatment could only maintain milk quality up to 8 hours, T1 could maintain milk quality up to 24 hours, while the quality of milk in T3 and T4 treatments remained good even after 72 hours of storage. It is concluded that storage without refrigeration can maintain milk quality for up to 8 hours, while cooling with ice gel can maintain milk quality for up to 24 hours. For storing pasteurized goat milk for more than 24 hours or up to 72 hours, it is recommended to use a cooling device with a temperature below 10°C, such as a refrigerator or freezer.

PENDAHULUAN

Sentra peternakan kambing perah tumbuh berkembang di beberapa daerah di Indonesia. Kambing memiliki keunggulan untuk dibudidayakan antara lain mampu beradaptasi pada berbagai kondisi iklim tropis serta di daerah yang tidak subur. Memiliki kemampuan pertumbuhan yang cepat, waktu buntingnya pendek serta prolifk, menjadikannya cepat berkembang biak dan relatif mudah dibudidayakan (Prayitno et al., 2023).

<https://doi.org/10.33061/jitipari.v11i1.13454>

Received September 15, 2025; revised January 05, 2026; accepted March 12, 2026; published March 15, 2026. Copyright ©2026 the authors. Published by Universitas Slamet Riyadi Surakarta. This is an open access article under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

Industri pengolahan susu kambing di Indonesia masih sedikit sehingga sebagian besar peternak mengolah produk susunya secara mandiri. Pengolahan susu yang umum dilakukan yaitu pasteurisasi. Beberapa metode pasteurisasi sering digunakan yaitu *high-temperature short time pasteurization* (HTST) yaitu pemanasan pada suhu 72°C selama 15 detik dan *low temperature long time pasteurization* (LTLT) yaitu pemanasan pada suhu 63°C selama 30 menit (Chen et al., 2024). Proses pasteurisasi selain bermanfaat untuk memperpanjang umur simpan susu, juga secara efektif dapat menghilangkan bakteri patogen yang terkandung di susu (Lott et al., 2023).

Penerapan proses pengolahan, penyimpanan dan distribusi produk susu menjadi aspek yang krusial dalam menjaga kualitas produk susu (Fusco et al., 2020; Lott et al., 2023). Kualitas susu bergantung pada parameter fisikokimia dan jumlah mikrobial dalam susu, yang kemudian memengaruhi harga susu. Kontaminasi mikroba dalam susu dapat berasal dari peternakan, transportasi dan tahap proses pengolahan (Lan et al., 2024). Penyimpanan susu dapat dilakukan pada suhu rendah berkisar 4-10°C agar menekan aktivitas mikroba pembusuk yang aktif setelah proses pasteurisasi, sehingga susu tidak cepat rusak (Wanniatie et al., 2021). Namun secara umum penerapan sistem distribusi menggunakan suhu rendah (*cold chain system*) masih menjadi tantangan tersendiri bagi peternak skala kecil karena memerlukan alat dan biaya yang relatif besar.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa suhu penyimpanan memiliki efek yang jauh lebih besar terhadap umur simpan. Suhu yang tidak dipertahankan secara konsisten mengakibatkan peningkatan kerentanan terhadap pembusukan dan proliferasi mikroorganisme patogen dalam produk susu yang tersimpan (Lan et al., 2024; Porcellato et al., 2018). Informasi tentang efek penyimpanan terhadap kualitas susu pasteurisasi masih sedikit dan bersifat umum. Kajian komprehensif tentang pengaruh alat dan perlengkapan dalam berbagai metode pendinginan (*ice gel, refrigerator, freezer*) terhadap kualitas susu kambing pasteurisasi saat ini belum pernah dilakukan. Oleh karena itu penelitian ini dirancang sesuai simulasi pada kegiatan penyimpanan susu kambing pasteurisasi yang dilakukan peternak skala kecil. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh metode penyimpanan terhadap kualitas susu kambing pasteurisasi ditinjau dari aspek fisikokimia dan mikrobiologi. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi dan pedoman strategi dalam proses penyimpanan susu kambing pasteurisasi dalam rangka menjaga kualitas susu dengan biaya yang lebih ekonomis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan materi susu kambing pasteurisasi. Susu kambing diambil dari salah satu peternakan kambing perah di Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia. Sebanyak 40 ekor kambing sannen *cross breed* dipilih menggunakan metode *purposive sampling* dengan kriteria kambing dalam keadaan sehat, tidak mengalami mastitis dan periode laktasi ke-3 dan masa laktasi 60 hari. Kambing diperah pada pagi hari kemudian diambil sampel komposit susu sebanyak 20 liter. Sampel dimasukkan ke dalam *cool box* yang berisi es untuk diuji di Laboratorium Produksi Ternak Potong dan Perah, Universitas Diponegoro, Semarang.

Alat

Penelitian ini menggunakan alat antara lain *milk analyzer*, tabung reaksi, cawan petri, bunsen, mikropipet 1000 μL , vortex, pH meter, sentrifuge, kulkas, freezer, *water bath*, inkubator, butyrometer, autoklaf, *Laminar Air Flow* (LAF).

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan berupa NaOH 0,1 N, *amyl alcohol*, BPW (*buffer pepton water*) 0,1%, *platecount* agar (PCA), phenolphthalin 2%, alkohol 70% dan aquadest

Pasteurisasi Susu Kambing

Metode pasteurisasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *low temperature long time* (LTLT). Susu dipanaskan dengan suhu 63°C selama 30 menit. Setelah dipasteurisasi dilakukan pendinginan susu menggunakan air es hingga mencapai suhu $\pm 30^\circ\text{C}$. Botol plastik *polyethylene* (PE) berukuran 250 ml digunakan untuk mengemas susu pasteurisasi.

Penyimpanan Susu Kambing Pasteurisasi

Prosedur penyimpanan yang dicobakan pada penelitian ini mengadopsi simulasi metode penyimpanan yang dilakukan oleh peternak skala kecil. Sampel susu kambing pasteurisasi disimpan dalam wadah sterofoam dengan dimensi 47,5 x 33 x 29 cm dan ketebalan 2,5 cm, kemudian dicobakan dua faktor perlakuan yaitu suhu (suhu penyimpanan) dan waktu (lama penyimpanan). Faktor suhu (T) terdiri dari empat suhu penyimpanan yaitu:

T1= penyimpanan dalam box sterofoam tanpa pendingin (25-30°C)

T2= penyimpanan dalam box sterofoam berpendingin *icegel* (15-20°C)

T3= penyimpanan dalam box sterofoam yang dimasukkan ke *refrigerator* (5-10°C)

T4= penyimpanan dalam box sterofoam yang dimasukkan ke dalam freezer (0- -5°C).

Faktor waktu lama penyimpanan (V) terdiri tiga waktu yaitu V1=8 jam, V2=24 jam, V3=72 jam sehingga pada penelitian ini diterapkan 12 perlakuan dan 3 kali ulangan, sehingga diperoleh 36 unit percobaan.

Variabel Penelitian

Variabel yang dikaji adalah tampilan fisikokimia dan mikrobiologi susu. Variabel fisikokimia meliputi kadar lemak, protein, laktosa, *solid non fat* (SNF), *total solid* (TS), pH, berat jenis, nilai sineresis dan karakteristik sensoris (warna, rasa, aroma dan tekstur susu). Variabel mikrobiologis dilakukan pengamatan jumlah total mikroorganisme / *total plate count* (TPC). Pengujian fisikokimia susu kambing menggunakan alat *Milk Analyzer Merk Funke Gerber* No Cat: FG-3510. Nilai pH diukur menggunakan alat pH meter merk Ohaus, dengan mencelupkan probe pH meter ke dalam sampel sampai nilai pHnya terbaca konstan. Uji sineresis dilakukan melalui metode penyaringan. Sampel susu sebanyak 10 ml dan melakukan penyaringan menggunakan kertas saring. Proses penyaringan membiarkan whey terus menetes selama 30 menit. Kemudian whey ditimbang dan dilanjutkan dengan perhitungan nilai sineresis, dengan rumus $(\text{Berat whey (cairan yang memisah)}) / (\text{Berat Awal}) \times 100\%$. Uji organoleptik meliputi rasa, aroma, warna, dan tekstur susu dilakukan oleh 30 orang panelis tidak terlatih. Panelis mengamati sampel 20 ml susu yang dimasukkan ke dalam cup plastik. Penilaian dilakukan di ruang khusus panelis. Panelis memberikan skor penilaian sesuai kriteria

pada tabel 1. Penghitungan total mikroorganisme atau *total plate count* dilakukan berdasarkan SNI:2897-2008, jumlah total mikroorganisme diuji dengan metode *pour plate method* (BSN, 2008).

Tabel 1. Skoring Penilaian Uji Organoleptik

Warna Susu	Rasa Susu	Aroma Susu	Tekstur Susu	Kualitatif	Kuantitatif (skor)
kekuningan	terasa manis, asin dan <i>creamy</i>	sangat khas	cair sedikit kental	normal	5,00
putih kekuningan	sedikit terasa manis dan asin	khas susu	cair	sedikit normal	4,00
putih	tidak ada rasa	sedikit khas susu	sedikit menggumpal	netral	3,00
putih kebiruan	sedikit pahit/asam	sedikit amis/tengik	menggumpal	sedikit buruk	2,00
putih keruh	terasa pahit /asam	sangat tidak khas susu	sangat menggumpal	sangat buruk	1,00

Analisa Data

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial (4x3) dengan 12 perlakuan dengan 3 ulangan. Data yang diperoleh dianalisis dengan *analysis of varian* menggunakan *software Statistical Package for the Social Sciences* versi 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Fisikokimia

Tampilan kualitas fisikokimia susu kambing pasteurisasi akibat efek penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Tampilan Fisik Susu Kambing Pasteurisasi

Variabel	Suhu (T)	Perlakuan			Rata-rata
		Waktu (V)			
		V1 (8 jam)	V2 (24 jam)	V3 (72 jam)	
pH	T1	6,63 ^{cd}	5,34 ^f	4,80 ^g	5,59
	T2	6,65 ^{bcd}	6,55 ^e	6,50 ^e	6,57
	T3	6,74 ^{abc}	6,67 ^{abcd}	6,58 ^d	6,66
	T4	6,77 ^a	6,71 ^{abc}	6,75 ^{ab}	6,74
	Rata-rata	6,70	6,32	6,16	
Berat jenis (g/ml)	T1	1,028 ^a	1,028 ^a	1,027 ^b	1,0277
	T2	1,028 ^a	1,028 ^a	1,027 ^b	1,0277
	T3	1,028 ^a	1,028 ^a	1,028 ^a	1,0280
	T4	1,028 ^a	1,028 ^a	1,028 ^a	1,0280
	Rata-rata	1,0280	1,0280	1,0275	
Uji sineresis (%)	T1	10,97 ^c	41,78 ^d	67,59 ^e	40,11
	T2	2,79 ^a	3,78 ^a	4,31 ^a	3,63
	T3	5,16 ^{ab}	7,61 ^b	10,96 ^c	7,91
	T4	3,14 ^a	3,83 ^a	4,70 ^{ab}	3,89
	Rata-rata	5,51	14,25	21,89	

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada baris dan kolom menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor suhu dan waktu berpengaruh nyata terhadap kualitas fisikokimia susu kambing pasteurisasi ($p < 0,05$). Nilai pH susu pada perlakuan yang menggunakan pendingin (T2, T3 dan T4) menunjukkan pH normal yaitu 6,65-6,77, dan sesuai dengan standar (SNI-3141-1:2011) yang mensyaratkan pH dikisaran 6,3-6,8 (BSN, 2011). Hal ini juga sesuai dengan *Thai Agricultural Standard* (TAS) yang menyatakan bahwa pH susu kambing umumnya mendekati netral yaitu pH 6,5-6,8 (ACFS, 2008). Sedangkan penyimpanan tanpa pendingin (T1V2 dan T1V3) menunjukkan nilai pH yang rendah yaitu 5,34 dan 4,80. Penurunan nilai pH disebabkan adanya aktivitas mikroorganisme yang tahan suhu pasteurisasi dan masih aktif selama penyimpanan. Beberapa bakteri seperti *Lactobacillus spp.*, *Streptococcus spp.*, *Enterococcus spp.* dan *Clostridium spp.* dapat menurunkan pH pada susu pasteurisasi melalui produksi asam selama penyimpanan (Faradila et al., 2025; Fauziah et al., 2020; Olajuyigbe et al., 2018). Proses fermentasi yang dilakukan oleh bakteri yang menghasilkan asam laktat sehingga ion H^+ terdisosiasi yang menyebabkan pH menurun dan menghasilkan rasa asam. Hal ini sesuai dengan pendapat Mustika (2019) dan Noorhasanal (2022) yang menyatakan bahwa semakin banyak bakteri maka semakin banyak laktosa susu yang akan diubah menjadi asam laktat sehingga susu berubah menjadi asam sehingga berpengaruh pada pH. Berbagai jenis bakteri lainnya seperti *Bacillus spp.*, *Paenibacillus spp.* dan *Bacillus licheniformis* dapat bertahan dalam bentuk spora selama pasteurisasi dan tumbuh pada suhu dingin (Buehler et al., 2018; Czyzak-Runowska et al., 2022; Lott et al., 2023; Masiello et al., 2017; Ribeiro Júnior et al., 2018).

Berat jenis susu mengalami penurunan akibat efek penyimpanan pada perlakuan T1V3 dan T2V3 menjadi 1,027 g/mL, akan tetapi pada penyimpanan 8 jam dan 24 jam (V1, V2). menunjukkan hasil yang tidak berbeda yaitu 1,028 g/mL dan telah memenuhi standar TAS. Penurunan berat jenis terjadi pada semua perlakuan suhu pada penyimpanan 24 jam dan 72 jam. Hal ini diduga setelah 8 jam penyimpanan terjadi peningkatan jumlah bakteri mesofilik dan psikotrofik yang signifikan sehingga menyebabkan penurunan komposisi protein dan lemak susu kambing yang akhirnya menurunkan berat jenis. Protein mengalami oksidasi dan agregasi, yang dapat meningkatkan kekeruhan dan ukuran partikel, serta mengurangi stabilitas susu. Hal ini sejalan dengan pendapat Yamazi et al. (2013) dan Zhu et al., (2025) bahwa perubahan komposisi protein dan terjadinya oksidasi lemak lebih tinggi karena disebabkan aktivitas bakteri, dimana komposisi kandungan susu juga dapat mempengaruhi berat jenis susu.

Analisis data nilai sineresis menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan suhu dan waktu penyimpanan memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai sineresis ($p < 0,05$). Nilai sineresis pada semua perlakuan suhu, menunjukkan tren meningkat seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Perlakuan T1 menghasilkan nilai sineresis yang tinggi pada penyimpanan 8 jam, 24 jam dan 72 jam secara berturut-turut yaitu 10,97%; 41,78%; 67,59%. Sedangkan nilai sineresis perlakuan suhu rendah menunjukkan nilai sineresis yang lebih baik dibanding perlakuan suhu ruang (T1 vs T2, T3, T4). Metode penyimpanan menggunakan *ice gel* mampu menghasilkan nilai sineresis yang rendah hingga lama penyimpanan 72 jam (T2V3). Hasil ini sejalan dengan nilai pH sampel T2V3 masih dalam kisaran normal yaitu pH 6,50. Sineresis merupakan proses terpisah dan keluarnya cairan whey dari koagulasi karena kelarutan menurun dan pengerutan partikel kasein. Rata-rata nilai sineresis pada penyimpanan berpendingin (T2, T3, T4) menunjukkan nilai sineresis masih di kisaran normal yaitu secara berturut-turut 3,63%; 7,91%; 3,89%. Hal ini sesuai pendapat Setyawardani (2021) yang menyatakan bahwa nilai

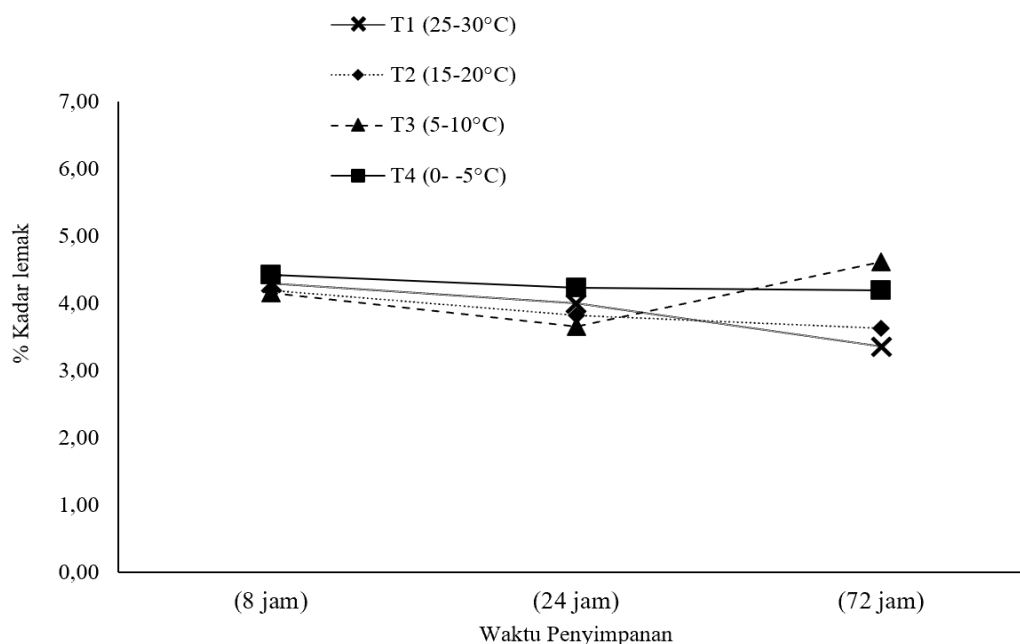
sineresis susu dibawah 15% masih dapat diterima oleh konsumen. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi besar maupun kecilnya nilai sineresis meliputi derajat keasaman, pH dan daya ikat air (Krisnaningsih et al., 2018). Perubahan nilai sineresis akan terus terjadi selama proses fermentasi terjadi di dalam susu. Semakin banyak gula yang dimanfaatkan akan membuat bakteri asam laktat semakin berkembang dan menurunkan pH pada akhirnya membuat protein yang menggumpal semakin banyak (Adrianto et al., 2020). Sineresis yang rendah menunjukkan bahwa berkualitas kualitas baik sedangkan nilai sineresis yang tinggi mencerminkan kualitas susu rendah (Setyawardani et al., 2020).

Tampilan kualitas susu secara kimiawi tercermin pada data di tabel 3. Kombinasi perlakuan suhu dan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap kadar lemak ($p < 0,05$). Efek perlakuan pada penelitian ini menghasilkan kadar lemak berkisar 3,36-4,62%.

Tabel 3. Kandungan Kimia Susu Kambing Pasteurisasi

		Perlakuan			
Variabel	Suhu (T)	Waktu (V)			Rata-rata
		V1 (8 jam)	V2 (24 jam)	V3 (72 jam)	
Lemak (%)	T1	4,30 ^c	4,00 ^e	3,36 ^h	3,89
	T2	4,20 ^{cd}	3,83 ^f	3,63 ^g	3,89
	T3	4,16 ^d	3,66 ^g	4,62 ^a	4,15
	T4	4,43 ^b	4,23 ^{cd}	4,20 ^{cd}	4,29
	Rata-rata	4,27	3,93	3,95	
Protein (%)	T1	3,75 ^c	3,75 ^c	3,37 ^e	3,62
	T2	3,98 ^a	3,93 ^a	3,60 ^d	3,84
	T3	3,90 ^{ab}	3,81 ^{bc}	3,76 ^c	3,82
	T4	4,01 ^a	3,90 ^{ab}	3,99 ^a	3,97
	Rata-rata	3,91	3,85	3,68	
Laktosa (%)	T1	4,65 ^a	4,35 ^{bc}	4,32 ^c	4,44
	T2	4,65 ^a	4,28 ^c	3,97 ^e	4,30
	T3	4,65 ^a	4,15 ^d	4,02 ^e	4,27
	T4	4,65 ^a	4,45 ^b	4,30 ^c	4,47
	Rata-rata	4,65	4,31	4,15	
Solid non fat (SnF) (%)	T1	8,40 ^{ab}	8,58 ^a	7,87 ^{bcd}	8,28
	T2	8,63 ^a	8,03 ^{abc}	7,34 ^d	8,00
	T3	8,55 ^a	8,08 ^{abc}	7,62 ^{bc}	8,08
	T4	8,66 ^a	8,26 ^{abc}	8,06 ^{abc}	8,33
	Rata-rata	8,56	8,24	7,72	
Total solid (TS) (%)	T1	12,70 ^c	12,58 ^d	10,88 ⁱ	12,05
	T2	12,83 ^b	11,86 ^f	10,97 ⁱ	11,89
	T3	12,71 ^c	11,74 ^g	12,24 ^e	12,23
	T4	13,09 ^a	12,49 ^d	12,26 ^e	12,61
	Rata-rata	12,83	12,17	11,59	

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada baris dan kolom menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$).



Gambar 1. Kadar Lemak

Kandungan lemak susu kambing pasteurisasi masih sesuai standar TAS yang mensyaratkan susu kambing mengandung lemak minimal 3,2%. Perlakuan menyebabkan penurunan kadar lemak seperti pada gambar 1. Perubahan kadar lemak dalam susu terjadi karena ada perubahan komposisi kimia oleh mikroba selama penyimpanan. Aktivitas mikroba menggunakan lemak sebagai sumber nutrisi dalam proses proliferasi sel. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Yulaikah et al. (2016) yang menyimpulkan bahwa semakin lama penyimpanan memungkinkan bakteri berkembang dan merubah komposisi protein dan lemak susu. Kadar lemak susu dipengaruhi oleh proses pengolahan dan penyimpanan juga dipengaruhi oleh asupan pakan, masa laktasi, genetik, dan interval pemerahan (Wahyuningsih dan Pazra, 2022).

Kadar protein pada tabel 4 menunjukkan adanya kombinasi perlakuan suhu dan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap kadar protein ($p < 0,05$). Berdasarkan analisis data memperlihatkan bahwa kadar protein menurun seiring bertambahnya waktu simpan. Kadar protein pada penelitian ini berkisar 3,75-4,01%. Hal tersebut terjadi karena adanya kerusakan protein selama proses penyimpanan, akan tetapi kadar protein yang dihasilkan masih sesuai dengan standar SNI dan TAS. SNI mensyaratkan kadar protein minimal 2,5% dan TAS menyebutkan kadar protein susu kambing segar yang ideal yaitu 3,1% - 3,4% (ACFS, 2008).

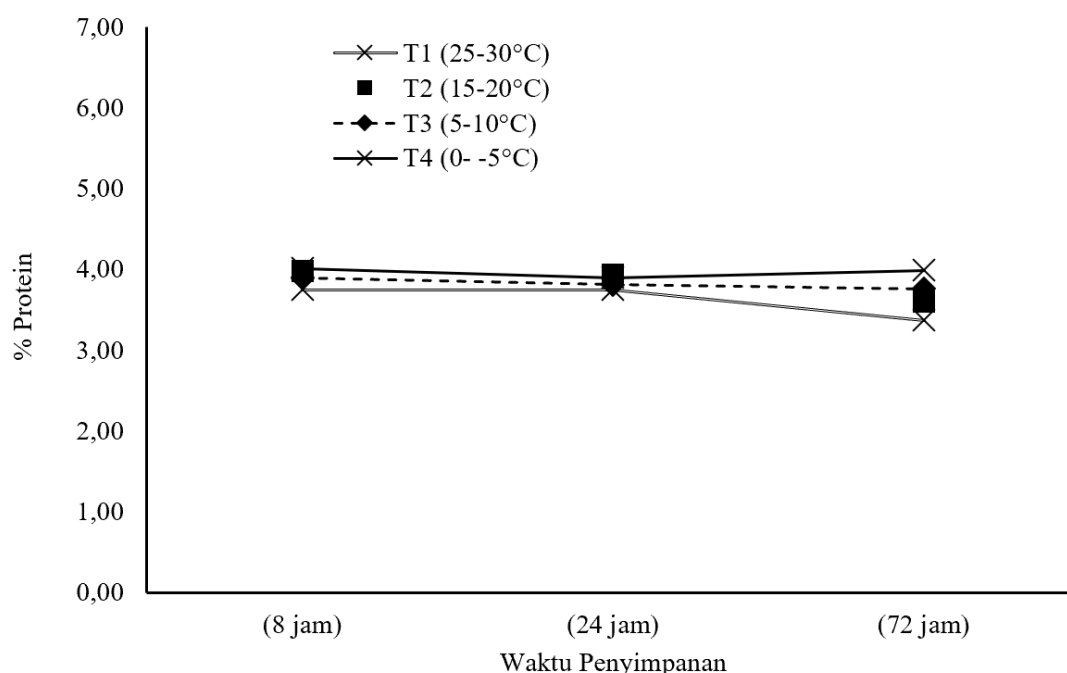
Kerusakan protein pada susu dapat disebabkan oleh proses perombakan oleh organisme yang menghasilkan enzim proteolitik untuk mencerna protein. Hal ini sesuai dengan Insani et al., (2018) menyatakan bahwa mikroba dapat menghasilkan enzim proteolitik untuk mendegradasi protein menjadi oligopeptida dan asam amino yang dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi untuk berkembangbiak, dari reaksi tersebut juga dihasilkan air yang akan menurunkan prosentase kadar protein.

Kombinasi perlakuan berpengaruh nyata terhadap kadar laktosa ($p < 0,05$). Semakin lama waktu penyimpanan menyebabkan peningkatan proses kimia dan aktivitas mikrobiologi yang berhubungan dengan kerusakan dan pembusukan susu. Penurunan kandungan laktosa pada susu selama penyimpanan dapat diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain aktivitas

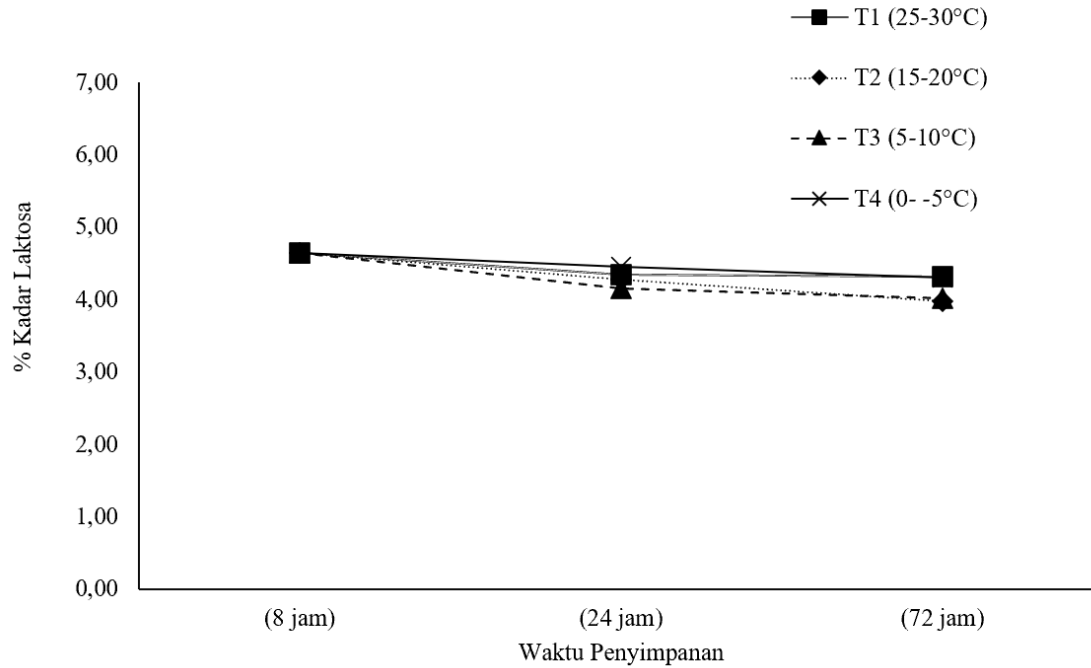
enzimatis, proses fermentasi, dan reaksi kimia oleh mikrobia. Pada saat penyimpanan terjadi fase pengasaman disebabkan oleh aktivitas bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus delbrueckii* dan *Streptococcus thermophilus* yang mengindikasikan penurunan kadar laktosa. Bakteri asam laktat mengubah laktosa menjadi asam laktat, menurunkan pH susu, dan mengurangi kadar laktosa. Hal ini sesuai dengan Czyżak-Runowska et al., (2022) menyatakan bahwa proses fermentasi oleh bakteri asam laktat berpengaruh terhadap penurunan laktosa pada susu.

Bahan kering tanpa lemak atau *solid non fat* (SNF) terpengaruh nyata akibat kombinasi perlakuan suhu dan waktu simpan ($p < 0,05$). Kadar SNF menunjukkan data yang cenderung menurun seiring lama waktu simpan. Hal ini sesuai tren data kadar protein dan laktosa pada gambar 2 dan gambar 3. Protein dan laktosa merupakan bagian komponen dari SNF, dimana kedua komponen tersebut menggambarkan presentase SNF di dalam susu. Zurriyati et al., (2011) menyatakan bahwa SNF dipengaruhi oleh komponen laktosa dan protein susu dimana kualitas pakan akan mempengaruhi kadar SNF yang akan berkaitan dengan kadar protein susu. Sampel perlakuan pada penyimpanan 8 jam dan 24 jam (V1, V2) menunjukkan kadar SNF 8,03-8,66%. Sedangkan penyimpanan pada 72 jam (V3) menghasilkan kadar SNF 7,34-8,06% sehingga belum memenuhi standar yang mensyaratkan SNF minimal 8,25%.

Total solid (TS) merupakan komponen susu meliputi protein, lemak, laktosa dan abu. Hasil analisa data TS diperoleh hasil bahwa kombinasi perlakuan menyebabkan perbedaan nyata terhadap TS ($p < 0,05$). Kadar TS menurun seiring terjadinya penurunan kadar protein, lemak dan laktosa akibat perlakuan. Perlakuan penyimpanan suhu rendah hingga -5°C masih memungkinkan mikrobia untuk tetap aktif pasca pasteurisasi. Komponen susu seperti protein, lemak dan laktosa digunakan untuk energi dan proses pertumbuhan sel mikrobia. Hal ini sesuai dengan pernyataan Resnawati (2020) bahwa kandungan *total solid* seperti (protein, lemak dan laktosa) merupakan sumber energi bagi pertumbuhan bakteri asam laktat. Kadar TS pada perlakuan penyimpanan 8 jam dan 24 jam (V1, V2) menghasilkan TS berkisar 11,74-13,09% dan telah memenuhi standar TAS yang mensyaratkan TS pada susu kambing lebih dari 11,7%.



Gambar 2. Kadar Protein



Gambar 3. Kadar Laktosa

Tabel 4. Uji Organoleptik Susu Kambing Pasteurisasi

Variabel	Perlakuan				
	Suhu (T)	Waktu (V)			Rata-rata
		V1 (8 jam)	V2 (24 jam)	V3 (72 jam)	
Uji Warna	T1	4,06 ^a	2,97 ^b	1,66 ^c	2,90
	T2	3,94 ^{ad}	3,97 ^{ad}	3,22 ^b	3,71
	T3	3,94 ^{ad}	3,94 ^{ad}	3,13 ^b	3,67
	T4	3,97 ^{ad}	3,84 ^d	3,13 ^b	3,65
	Rata-rata	3,98	3,68	2,79	
Uji Rasa	T1	4,13 ^{ae}	2,69 ^b	1,22 ^c	2,68
	T2	4,00 ^{ef}	4,03 ^e	3,50 ^d	3,84
	T3	4,03 ^{ae}	3,75 ^{fg}	3,38 ^d	3,72
	T4	4,31 ^a	3,91 ^{eg}	3,41 ^d	3,88
	Rata-rata	4,12	3,60	2,88	
Uji Aroma	T1	3,69 ^{ad}	3,16 ^b	2,13 ^c	2,99
	T2	3,50 ^d	3,78 ^{ad}	3,16 ^b	3,48
	T3	3,75 ^{ad}	3,69 ^{ad}	3,22 ^b	3,55
	T4	3,63 ^{ad}	3,84 ^a	3,03 ^b	3,50
	Rata-rata	3,64	3,62	2,89	
Uji Tekstur	T1	4,38 ^{ae}	1,88 ^b	2,59 ^c	2,95
	T2	4,28 ^g	4,06 ^{de}	3,97 ^{df}	4,10
	T3	4,22 ^{eg}	4,03 ^d	3,84 ^f	4,03
	T4	4,56 ^a	4,03 ^d	3,81 ^f	4,13
	Rata-rata	4,36	3,50	3,55	

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada baris dan kolom menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$).

Skor hasil pengujian organoleptik susu kambing pasteurisasi ditampilkan pada tabel 4. Dari uji statistik diketahui bahwa kombinasi perlakuan suhu dan lama distribusi berpengaruh

nyata terhadap skor warna, rasa, aroma dan tekstur susu ($p < 0,05$). Rata-rata skor warna, rasa, aroma dan tekstur susu menunjukkan adanya perbedaan akibat perlakuan suhu penyimpanan (T1 vs T2, T3, T4). Pada perlakuan suhu rendah menghasilkan skor warna lebih baik dari pada penyimpanan di suhu ruang (T2, T3, T4 vs T1). Sampel pada perlakuan suhu rendah pada penyimpanan 8 jam (T2V1, T3V1, T4V1) dan 24 jam (T2V2, T3V2, T4V2) menunjukkan skor warna yang sama dengan T1V1. Hal ini menjelaskan bahwa penyimpanan suhu rendah dapat mempertahankan skor warna ideal hingga lama 24 jam. Metode penyimpanan berpendingin (T2, T3, T4) masih memiliki skor di atas 3 hingga waktu penyimpanan 72 jam, artinya warna susu masih putih normal dan bisa diterima panelis atau konsumen.

Rasa susu pada perlakuan penyimpanan di suhu ruang (T1) menunjukkan perubahan rasa yang tidak normal sejak penyimpanan 24 jam. Di sisi lain, metode penyimpanan suhu rendah (T2, T3, T4) masih memiliki nilai di atas 3 hingga waktu penyimpanan 72 jam, artinya rasa susu masih enak dan bisa diterima atau disukai panelis / konsumen. Hal ini berbanding lurus dengan nilai pH susu, terjadi penurunan pH signifikan pada distribusi tanpa pendingin sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan pada susu yang berpengaruh terhadap rasa susu. Sedangkan pada penilaian skor aroma menunjukkan perlakuan suhu rendah (T2, T3, T4) masih bisa mempertahankan aroma susu sampai penyimpanan 72 jam. Hal ini tercermin juga dari nilai pH dan seneresis yang masih normal (tidak berbeda dengan penyimpanan 8 jam dan 24 jam).

Hasil pengujian TPC di sajikan pada tabel 5. Kombinasi perlakuan suhu dan waktu penyimpanan berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai TPC. Nilai TPC semakin meningkat seiring bertambahnya waktu simpan serta nilai TPC semakin menurun seiring semakin dingin atau rendah suhu penyimpanan. Jumlah mikroorganisme pada penyimpanan *freezer* (T4) terlihat berbeda nyata lebih rendah dibandingkan *ice gel* (T2) dan *referegerator* (T3). Hal ini disebabkan suhu yang rendah dapat menghambat aktivitas metabolisme mikroorganisme pada susu. Metode penyimpanan tanpa pendingin menghasilkan nilai TPC mencapai ambang batas yang diperbolehkan pada penyimpanan maksimal 8 jam. Metode penyimpanan berpendingin menggunakan *ice gel* (T2) dan *referigerator* (T3) hingga penyimpanan 24 jam menunjukkan nilai TPC masih dibawah ambang batas SNI. Berdasarkan SNI-01-3951-1995, nilai TPC pada susu pasteurisasi yang di perbolehkan maksimal 3×10^4 CFU/ml atau 4,48 log CFU/ml (BSN, 1995).

Tabel 5. *Total Plate Count* (TPC) Susu Kambing Pasteurisasi (CFU/ml)

Perlakuan				
Suhu (T)	Waktu (V)			Rata-rata
	V1	V2	V3	
	(8 jam)	(24 jam)	(72 jam)	
T1	6,00 x 10 ³ de	2,59 x 10 ⁷ g	1,43 x 10 ⁸ h	2,75 x 10 ⁶
T2	2,18 x 10 ³ de	2,73 x 10 ³ de	1,54 x 10 ⁵ f	9,12 x 10 ³
T3	1,82 x 10 ² bc	5,45 x 10 ² bc	6,00 x 10 ⁴ f	1,78 x 10 ³
T4	2,73 x 10 ² a	1,36 x 10 ³ cd	8,09 x 10 ³ e	8,70 x 10 ²
Rata-rata	6,03 x 10 ²	1,52 x 10 ⁴	3,09 x 10 ⁵	

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada baris dan kolom menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa kombinasi perlakuan suhu dan lama penyimpanan berpengaruh terhadap kualitas fisikokimia dan mikrobiologi susu kambing pasteurisasi. Metode penyimpanan susu kambing pasteurisasi pada suhu ruang (tanpa pendingin) hanya mampu mempertahankan kualitas susu sampai lama penyimpanan 8 jam. Metode penyimpanan berpendingin menggunakan *ice gel* mampu mempertahankan kualitas susu hingga 24 jam. Metode penyimpanan berpendingin menggunakan *refrigerator* dan *freezer* mampu mempertahankan kualitas susu hingga 72 jam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terselenggara atas dukungan pendanaan dari Dana DIPA Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

DAFTAR PUSTAKA

- ACFS. (2008). *Thai Agricultural Standard (TAS)-2008*. Royal Gazette.
- Badan Standardisasi Nasional. (1995). SNI-01-3951-1995: Susu pasteurisasi.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). Metode pengujian cemaran mikroba dalam daging, telur dan susu, serta hasil olahannya.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 3141.1:2011: Tentang susu segar bagian-1: Sapi.
- Buehler, A. J., Martin, N. H., Boor, K. J., & Wiedmann, M. (2018). Psychrotolerant spore-former growth characterization for the development of a dairy spoilage predictive model. *Journal of Dairy Science*, 101(8), 6964–6981. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14501>
- Chen, J., Zhang, J., Wang, N., Sun, X., Han, X., Yin, R., Pei, X., Liu, C., Pang, X., Huang, F., & Chen, A. (2024). Comparative study on microbiological, physicochemical and nutritional properties of whole cow milk by thermal and non-thermal processing technologies. *Food Bioscience*, 59, 104012. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104012>
- Czyżak-Runowska, G., Wójtowski, J. A., Łęska, B., Bielińska-Nowak, S., Pytlewski, J., Antkowiak, I., & Stanisławski, D. (2022). Lactose content and selected quality parameters of sheep milk fermented beverages during storage. *Animals*, 12(22), 3105. <https://doi.org/10.3390/ani12223105>
- Faradila, R., Radiati, L. E., & Jambang, N. (2025). Enterocin as a biopreservative in pasteurized milk: Effects on microbial dynamics, pH stability, and beneficial LAB colonization. *BIO Web of Conferences*, 191, Article 00050. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202519100050>
- Fauziah, R., Malaka, R., & Yuliati, F. N. (2020). Titratable acidity and pH changes of pasteurized milk by addition of Roselle flower extract in the refrigerator storage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 492(1), Article 012057. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/492/1/012057>
- Fusco, V., Chieffi, D., Fanelli, F., Logrieco, A. F., Cho, G., Kabisch, J., Böhnlein, C., & Franz, C. M. A. P. (2020). Microbial quality and safety of milk and milk products in the 21st century. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 2013–2049. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12568>
- Lan, X., Wu, S., Du, Q., & Min, L. (2024). The investigation of changes in bacterial community of pasteurized milk during cold storage. *Foods*, 13(3), 451. <https://doi.org/10.3390/foods13030451>
- Lott, T. T., Wiedmann, M., & Martin, N. H. (2023). Shelf-life storage temperature has a considerably larger effect than high-temperature, short-time pasteurization temperature

- on the growth of spore-forming bacteria in fluid milk. *Journal of Dairy Science*, 106(6), 3838–3855. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22832>
- Masiello, S. N., Kent, D., Martin, N. H., Schukken, Y. H., Wiedmann, M., & Boor, K. J. (2017). Longitudinal assessment of dairy farm management practices associated with the presence of psychrotolerant Bacillales spores in bulk tank milk on 10 New York State dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 8783–8795. Scopus. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13139>
- Olajuyigbe, O. O., Adeoye-Isijola, M. O., Iyashere, T. C., Adedayo, O., Afolayan, A. J., & Cooposamy, R. M. (2018). Milk decontamination and an effective milk pasteurizing method for household dairies. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 12(2), 555–566. Scopus. <https://doi.org/10.22207/JPAM.12.2.14>
- Porcellato, D., Aspholm, M., Skeie, S. B., Monshaugen, M., Brendehaug, J., & Mellegård, H. (2018). Microbial diversity of consumption milk during processing and storage. *International Journal of Food Microbiology*, 266, 21–30. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.11.004>
- Prayitno, E., Hartanto, R., & Harjanti, D. W. (2023). *Budidaya kambing perah di daerah tropis* (1st ed.). Deepublish.
- Ribeiro Júnior, J. C., Tamanini, R., de Oliveira, A. L. M., Alfieri, A. A., & Beloti, V. (2018). Genetic diversity of thermotolerant spoilage microorganisms of milk from Brazilian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 101(8), 6927–6936. Scopus. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13948>
- Setyawardani, E., Rahardjo, A. H. D., & Setyawardani, T. (2021). Pengaruh jenis susu terhadap sineresis, water holding capacity, dan viskositas yogurt. *ANGON: Journal of Animal Science and Technology*, 3(3), 242–251.
- Yamazi, A. K., Moreira, T. S., Cavicchioli, V. Q., Burin, R. C. K., & Nero, L. A. (2013). Long cold storage influences the microbiological quality of raw goat milk. *Small Ruminant Research*, 113(1), 205–210. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.02.004>
- Zhu, L., Fan, Z., Li, W., & Shan, Y. (2025). Goat milk exhibits a higher degree of protein oxidation and aggregation than cow milk during cold storage. *Foods*, 14(5), 852. <https://doi.org/10.3390/foods14050852>