

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan penelitian yang telah dilakukan melalui pengamatan kualitas susu pada seluruh tahapan pasteurisasi hingga tahap penyimpanan pascapasteurisasi dilakukan dengan rincian pengambilan data berupa jumlah mikroorganisme, waktu reduksi, dan perubahan nilai pH pada proses pasteurisasi yang dapat dilihat pada pembahasan (4.1) dan perubahan nilai pH dan total asam susu pasteurisasi selama penyimpanan yaitu pada pembahasan (4.2).

4.1 Pertumbuhan Mikroorganisme dan Perubahan pH pada Proses

Pasteurisasi

Analisis pertumbuhan mikroorganisme pada susu pasteurisasi dengan pengujian *total plate count*, reduktase, dan pH dilakukan sebagai salah satu parameter untuk mengevaluasi kualitas mikrobiologis produk selama proses pasteurisasi. Ketiga pengujian tersebut dipilih dikarenakan *total plate count* dapat menunjukkan jumlah koloni mikroorganisme pada susu dan diperkuat oleh uji reduktase sebagai pengujian yang terbukti mendeteksi tingginya aktivitas mikroorganisme. Selain itu, nilai pH juga dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme yang terdapat pada susu. Pengujian dilakukan terhadap tiga *batch* produksi susu pasteurisasi untuk mengetahui keseragaman mutu antar *batch*.

4.1.1 Total Plate Count

Pertumbuhan mikroorganisme pada susu perlu diperhatikan guna mengetahui tingkat kontaminasi pada setiap tahapan kritis proses produksi susu pasteurisasi. Pengujian total mikroorganisme dilakukan dengan menggunakan metode *Total Plate Count* pada setiap tahapan pasteurisasi susu, mulai dari penerimaan susu segar (*raw milk acceptance*) hingga produk akhir setelah pengemasan (*post-packaging*) pada tiga *batch* produksi yang terdapat pada CV XYZ disajikan pada Tabel 3. dan Ilustrasi 2. sebagai berikut:

Tabel 3. *Total Plate Count* selama Tahapan Proses Pasteurisasi

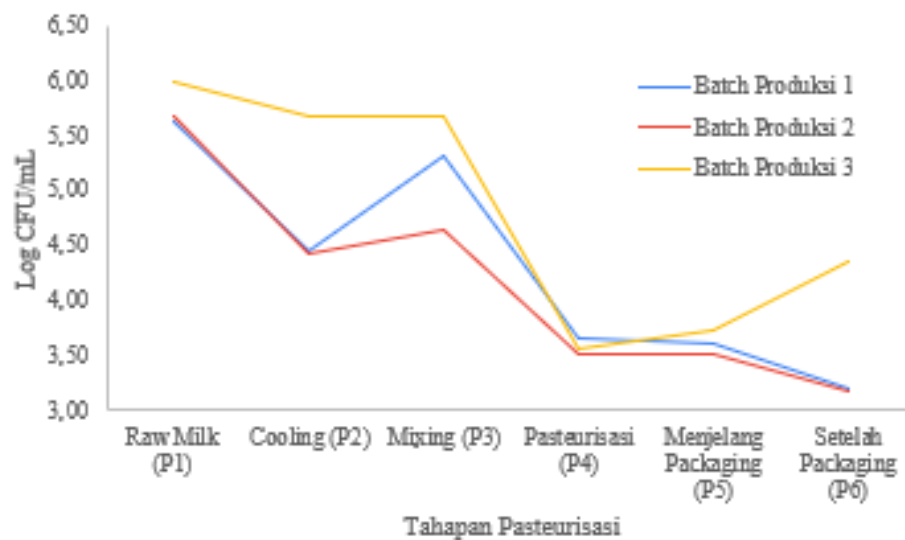
Tahapan Pasteurisasi	Batch 1	Batch 2	Batch 3
Susu segar	4,74±0,14	5,73±0,01	5,79±0,03
<i>Cooling</i>	4,29±0,24	4,32±0,02	5,77±0,03
<i>Mixing</i>	5,36±0,27	4,75±0,03	5,68±0,25
Pasteurisasi	3,57±0,11	3,51±0,02	3,63±0,04
Menjelang <i>packaging</i>	3,82±0,30	3,44±0,09	3,68±0,22
Setelah <i>packaging</i>	3,06±0,01	3,18±0,15	4,56±0,08

Keterangan: Hasil TPC = Rata-rata log CFU/mL ± Standar Deviasi

Hasil pengujian *Total Plate Count* selama tahapan proses pasteurisasi disajikan pada Tabel 3. Nilai TPC yang diperoleh merupakan hasil perhitungan jumlah mikroorganisme yang dinyatakan dalam satuan CFU/mL, kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk $\log_{10}$ CFU/mL untuk mempermudah penyajian dan interpretasi data. Nilai yang disajikan merupakan rata-rata dari hasil pengujian

pada setiap *batch* yang disertai dengan standar deviasi. Dinamika aktivitas mikroorganisme pada setiap tahapan proses pasteurisasi dapat dilihat pada Ilustrasi

2.



Ilustrasi 2. Grafik *Total Plate Count* selama Tahapan Pasteurisasi

Berdasarkan hasil pengujian *Total Plate Count* pada ketiga *batch* produksi, nilai log reduksi yang dicapai menunjukkan bahwa bahwa proses pasteurisasi yang dilakukan mencapai reduksi mikroorganisme rata-rata sebesar 1,93 log yang menunjukkan nilai yang kurang optimal dibandingkan dengan standar industri internasional yang mencapai 3-5 log reduksi untuk proses HTST (*High Temperature Short Time*). Penelitian oleh Wittwer *et al.*, (2022) menunjukkan bahwa proses pasteurisasi mampu mereduksi paling sedikit sekitar 5 log mikroorganisme yang terdapat dalam susu. Namun, hasil penelitian juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Priyanto *et al.* (2021) yang menunjukkan pemanasan dengan metode pasteurisasi HTST hanya menurunkan sekitar 1,2-1,53 siklus log.

Grafik menunjukkan bahwa hasil *total plate count* dalam bentuk log terus menurun seiring tahapan proses pasteurisasi. Susu segar yang digunakan dalam setiap *batch* produksi masih memenuhi standar SNI No. 01-3141.1-2011 tentang Standar Mutu Susu Segar dengan ambang batas maksimum cemaran mikroorganisme adalah 1×10^6 atau 6,0 log CFU/mL. Tinggi rendahnya nilai TPC pada susu segar mengindikasikan adanya kelemahan pada manajemen sanitasi di tingkat hulu (*on-farm production*). Susu yang masih berada di dalam kelenjar susu pada dasarnya bersifat steril, namun setelah dikeluarkan dari ambing, susu menjadi mudah terpapar oleh berbagai mikroorganisme yang berasal dari lingkungan sekitar (Ardiani dan Hadi, 2016). Hal ini diperkuat oleh pernyataan (Arjadi *et al.*, 2016) bahwa susu dapat terkontaminasi dari berbagai sumber, seperti lingkungan yang kurang terjaga kebersihannya, penanganan susu setelah diperah, dan kegiatan distribusi mulai dari peternak.

Susu segar yang memenuhi persyaratan uji kualitas susu yang ditetapkan, kemudian akan diarahkan menuju tangki pendingin (*cooling tank*) untuk nantinya diolah dengan metode pasteurisasi. Hasil pengujian TPC susu pada tahapan ini diketahui menekan jumlah mikroorganisme dari orde 10^5 CFU/mL turun menjadi 4 log CFU/mL. Fenomena ini disebabkan akibat penyimpanan bahan baku susu segar pada suhu dingin dapat meminimalisir kerusakan pada susu dan menghambat perkembangan mikroorganisme dalam susu. Penelitian oleh Kristanti (2017) menunjukkan jumlah mikroorganisme terjadi pada susu segar yang didinginkan lebih rendah, hal ini terjadi karena suhu rendah menghambat aktivitas metabolisme dan pertumbuhan mikroorganisme berlangsung lebih lambat. Christiansson (2017)

juga menjelaskan bahwa pendinginan susu dalam tangki hingga suhu rendah dapat meminimalkan pertumbuhan mikroorganisme psikotrof dan memperpanjang fase lag yang mengakibatkan mikroorganisme membutuhkan waktu yang lebih lama untuk memasuki fase pertumbuhan aktif.

Fluktuasi kemudian terjadi terhadap total mikroorganisme pada tahap *mixing*, nilai TPC pada kembali mengalami kenaikan. Peningkatan ini dapat terjadi akibat tahapan *mixing* melibatkan pencampuran berbagai susu segar dan *ingredients* seperti sukrosa, dan lain sebagainya. Dalam penelitian Yulmila *et al.* (2022) diketahui bahwa bahan tambahan pangan dapat mencegah kerusakan pangan serta memperlambat kerja mikroorganisme. Namun, peningkatan tersebut dapat terjadi akibat mikroorganisme yang masih bertahan beradaptasi sehingga mampu melanjutkan pertumbuhannya setelah melewati tahapan *cooling*. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Pramularsi *et al.* (2022) mengenai laju pertumbuhan bakteri akan menurun ketika berada pada suhu di luar kondisi optimum dan kembali meningkat apabila berada pada suhu ideal pertumbuhannya.

Tahap pasteurisasi membuktikan efektivitasnya sebagai salah satu metode reduksi mikroorganisme dan inaktivasi enzim pada susu yang ditunjukkan dengan terjadi penurunan drastis pada seluruh *batch* produksi, dengan hasil akhir TPC yang seragam pada kisaran 3,51-3,62 log CFU/mL, dan menandakan pasteurisasi berhasil menurunkan hampir 2 log. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan Priyanto *et al.* (2021), penurunan jumlah mikroorganisme sebesar 2 log terjadi pada proses pasteurisasi akibat energi termal yang mendenaturasi senyawa protein pelindung sel mikroorganisme di dalam susu. Pasteurisasi ditujukan untuk

membunuh semua bakteri patogen serta sebagian bakteri pembusuk yang berada di dalam susu (Wulandari *et al.*, 2016). Mikroorganisme yang masih bertahan pada susu pasteurisasi kemungkinan adalah bakteri termodurik yaitu bakteri dari genus *Bacillus*, *Micrococcus*, *Microbacterium*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Corynebacterium*, *Streptococcus*, dan *Arthobacter* yang tidak segera mati setelah pasteurisasi (Husni, 2021).

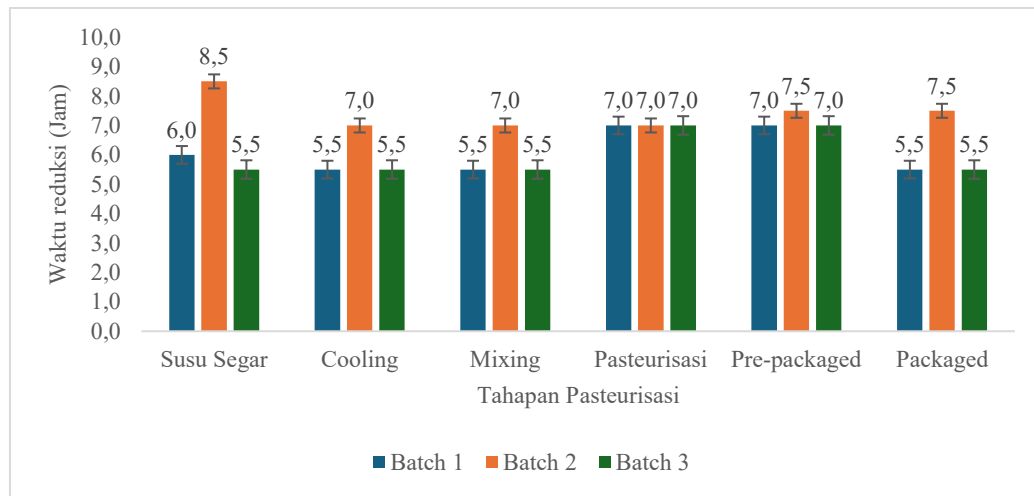
Susu akan segera dikemas dan disimpan pada suhu yang sesuai setelah proses pasteurisasi. Pengujian Total Plate Count dilakukan pada tahap susu sebelum dikemas, sesaat setelah dikemas, dan produk susu yang siap saji. Pada batch produksi 1 dan 2, nilai TPC terus mengalami penurunan lanjutan hingga mencapai 3,06-3,18 log CFU/mL. Penurunan ini menunjukkan perlakuan pemanasan thermal pada proses pasteurisasi terbukti dapat menekan jumlah mikroorganisme secara efektif (Aviyani dan Afandi, 2025). Namun demikian, pasteurisasi yang dilakukan masih kurang mampu untuk menurunkan total mikroorganisme hingga batas minimum, beberapa penelitian menunjukkan bahwa pasteurisasi susu segar mampu mereduksi mikroorganisme hingga di atas 5 siklus log (Priyanto *et al.*, 2021).

Pada produksi pasteurisasi susu *batch* 3, terjadi lonjakan jumlah mikroorganisme yang sangat setelah pengemasan dilakukan. Populasi mikroorganisme melesat menjadi 4,56 log CFU/mL setelah dikemas. Tingginya jumlah mikroorganisme ini dapat terjadi akibat kurang efektifnya proses pasteurisasi serta tingginya jumlah TPC pada bahan baku yang digunakan. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Kristanti (2017) yang menunjukkan hasil TPC pada hari ke-0 masih berkisar 3,42 log CFU/mL akibat jumlah mikroorganisme awal

yang terdapat pada susu sehingga proses pasteurisasi tidak cukup untuk membunuh mikroorganisme secara optimal. Dewanti *et al.* (2016) menjelaskan apabila pasteurisasi susu berjalan baik, maka mikroorganisme yang masih hidup hanya tersisa $\pm 1\%$ dari sebelum proses pasteurisasi. Selain itu, hasil akhir dari total mikroorganisme pada susu dapat didasari oleh kualitas bahan baku yang digunakan. Namun, produk akhir batch 3 ini masih berada di bawah batas maksimum SNI 3951:2018 (Susu Pasteurisasi), yang menetapkan ambang batas TPC produk akhir sebesar 3×10^4 CFU/mL. Hal ini menunjukkan bahwa proses pasteurisasi masih layak dikonsumsi karena belum melebihi batas yang sudah ditetapkan oleh SNI dan diinterpretasikan bahwa proses pasteurisasi berjalan hampir sempurna (Wulandari *et al.*, 2016).

4.1.2 Uji Reduktase

Uji reduktase dilakukan guna mengetahui kualitas susu dengan memanfaatkan warna *methylene blue* yang ditandai dengan perubahan warna menjadi putih apabila kualitas susu yang semakin buruk (Asmaq dan Marisa, 2020). Mikroorganisme akan memanfaatkan oksigen untuk mereduksi warna *methylene blue*, semakin banyak mikroorganisme yang terkandung dalam susu membuat waktu reduksi semakin cepat. Olsen *et al.* (2021) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa susu pasteurisasi melakukan reduksi terhadap *methylene blue* dalam waktu 6 jam, hal tersebut dikarenakan masih terdapat mikroorganisme yang bertahan pascapasteurisasi yang menyebabkan saat dilakukannya uji reduktase, susu mengalami perubahan warna biru yang lebih cepat. Hasil pengujian reduktase yang sudah dilakukan dijabarkan pada Ilustrasi 3.



Ilustrasi 3. Uji Reduktase pada Tahapan Proses Susu Pasteurisasi

Berdasarkan data yang diperoleh, nilai MBRT susu pasteurisasi dari ketiga batch produksi menunjukkan waktu reduksi yang fluktuatif pada setiap tahapan proses, mulai dari susu segar hingga produk akhir yang telah dikemas. Pada tahap susu segar masing-masing batch menunjukkan waktu reduksi 8,5 jam, 6 jam, dan 5,5 jam. Waktu reduksi pada susu segar di atas 5 jam merupakan indikator mutu mikrobiologis yang baik. Hasil pengujian reduksi MBRT berkaitan dengan jumlah bakteri, semakin banyak bakteri maka aktivitasnya akan membuat waktu reduksi semakin cepat (Anindita dan Soyi, 2017). Perbedaan nilai MBRT antar ketiga *batch* pada tahap susu segar mencerminkan perbedaan kondisi higienitas pemerahan, kesehatan ternak, dan sanitasi lingkungan kandang. Keadaan kandang mempengaruhi tingkat pencemaran susu yang dapat menentukan kualitas susu yang diperoleh (Satria *et al.*, 2019).

Pada tahap *cooling* dan *mixing*, terjadi penurunan waktu reduksi pada seluruh *batch*. *Batch* 1 turun dari 6 jam menjadi 5,5 jam, *batch* 2 dari 8,5 jam menjadi 7 jam, sementara *batch* 3 tetap di angka 5,5 jam. Penurunan ini berbanding terbalik

dengan hasil Total Plate Count yang telah dilakukan, hal ini dikarenakan MBRT dipengaruhi oleh ketersediaan oksigen dan aktivitas metabolik mikroorganisme. Mekanisme ini bergantung pada enzim reduktase yang dihasilkan mikroorganisme pada membran sel untuk mengubah *metthylene blue* menjadi bentuk tidak berwarna (Mini, 2018). Selain itu, kondisi oksidasi-reduksi juga menentukan waktu reduksi, susu yang terpapar oksigen akan membutuhkan waktu lebih lama untuk mereduksi reagen dibandingkan susu yang disimpan dalam keadaan anaerob (Mini, 2019).

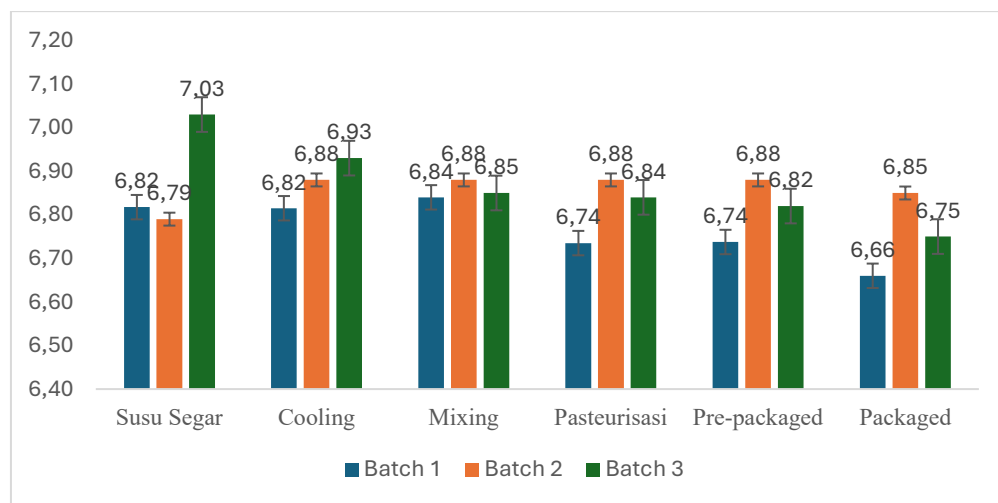
Setelah itu, tahap pasteurisasi berhasil menekan jumlah mikroorganisme dilihat dari hasil Total Plate Count dan reduksi MBRT. Ketiga *batch* susu segar menunjukkan waktu reduksi yaitu 7 jam. Perlakuan pasteurisasi menyebabkan susu memerlukan waktu lebih lama untuk mereduksi methylene blue akibat mikroorganisme yang sudah banyak diinaktivasi oleh panas (Rihsanny *et al.*, 2025). Hal ini menunjukkan bahwa kualitas mikrobiologis susu setelah pasteurisasi menjadi lebih baik dibandingkan susu sebelum pasteurisasi. Nilai waktu reduksi selama 7 jam pada pengujian MBRT mengindikasikan kualitas mikrobiologis susu berada dalam kategori baik (Ibrahim, 2021).

Nilai MBRT pada tahapan *pre-packaged* cenderung stabil, yakni tetap di 7 jam sedangkan *batch* 2 naik menjadi 7,5 jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa tidak terjadi peningkatan aktivitas mikroorganisme secara ssehingga mutu mikrobiologis susu tetap tergolong baik. Namun demikian, pada tahap *packaged* (produk akhir), terjadi penurunan nilai MBRT pada *batch* 1 dan *batch* 3 masing-masing kembali ke angka 5,5 jam, sementara *batch* 2 mampu mempertahankan nilai 7,5 jam. Produk susu pasteurisasi kemungkinan dapat terkontaminasi ulang setelah pengolahan dan

sebelum pengepakan, serta pada penanganan saat distribusi (Rihsanny *et al.*, 2016). Hal ini dapat diperkuat oleh penelitian yang dilakukan Martin *et al.* (2017) yang menunjukkan setelah pasteurisasi terdapat kemungkinan terjadinya kontaminasi akibat mikroorganisme yang dapat tumbuh pada suhu 6 °C.

4.1.3 pH

Perubahan nilai pH berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme yang tahan pada suhu pasteurisasi. Aktivitas tersebut membentuk asam dalam susu akibat pemecahan laktosa menjadi asam laktat yang disertai dengan bebasnya ion hidrogen yang meningkatkan keasaman dan menurunkan pH (Sulmiyati *et al.*, 2016).



Ilustrasi 4. Nilai pH pada Tahapan Proses Susu Pasteurisasi

Berdasarkan data pada grafik, nilai pH bahan baku (Susu Segar) menunjukkan pola yang cenderung sejalan antar *batch*. Susu segar pada *batch* 1 dan 2 memiliki nilai pH masing-masing 6,82 dan 6,79, yang sedikit berada di atas rentang pH normal susu sapi segar pada umumnya (6,5–6,8). Menariknya, susu dari *batch* 3

mencatat nilai pH yang cukup basa, yaitu 7,03. Perbedaan nilai pH dapat disebabkan oleh kandungan susu segar yang baru diperah seperti CO₂, fosfat, sitrat, dan protein yang mempengaruhi kemampuan buffer susu (Ratya *et al.*, 2017). Tingginya nilai pH di atas nilai normal dapat diindikasikan oleh beberapa faktor fisiologis ternak, seperti fase laktasi akhir atau adanya potensi subklinis mastitis yang menyebabkan ekskresi ion alkali (seperti natrium dan klorida) dari darah ke dalam kelenjar susu, sehingga menaikkan nilai pH (Qusnidawati *et al.*, 2021).

Pada tahapan *Cooling*, terjadi sedikit pergeseran nilai pH, di mana susu *batch* 3 turun menjadi 6,93, sementara *batch* 2 naik menjadi 6,88. Proses pendinginan bertujuan untuk memperlambat laju metabolisme mikroorganisme alami dalam susu. Pendinginan menyebabkan ketidakseimbangan sistem protein-mineral akibat peningkatan konsentrasi kalsium, fosfor, dan kasein, sehingga nilai pH meningkat dengan cepat, yaitu sekitar 0,3–0,4 unit pH ketika suhu susu turun (Da Rosa *et al.*, 2020). Saat memasuki tahap *Mixing*, nilai pH dari ketiga *batch* menunjukkan tren yang lebih seragam. Tahap pencampuran tidak diketahui menyebabkan perubahan pH susu, melainkan menyeimbangkan komposisi bufer alami susu (seperti protein, fosfat, dan sitrat) dari berbagai *batch* yang berbeda, sehingga menghasilkan produk antara dengan karakteristik fisikokimia yang lebih stabil sebelum diberikan perlakuan panas.

Pada tahapan Pasteurisasi, terlihat adanya penurunan nilai pH pada susu *batch* 1 menjadi 6,74, sedangkan yang lainnya relatif stabil. Penurunan pH selama perlakuan panas dapat dipicu oleh presipitasi *colloidal calcium phosphate* (CCP). Peningkatan suhu akan menurunkan kelarutan ion kalsium dan fosfat, sehingga

keduanya berpresipitasi ke dalam fase koloid disertai pelepasan ion hydrogen (H^+) yang menyebabkan penurunan pH (Murphy *et al.*, 2024). perubahan derajat asosiasi kalsium fosfat namun bersifat *reversible* selama proses pemanasan tidak terjadi degradasi protein maupun laktosa. Pada tahap akhir (*Packaged*), terjadi penurunan nilai pH pada seluruh sampel. Penurunan ini masih berada pada kisaran penyesuaian kembali (*re-equilibration*) keseimbangan ionik setelah perlakuan panas dan pendinginan,, yang memengaruhi distribusi kalsium fosfat koloid serta sistem buffer susu sehingga menghasilkan perubahan pH dalam skala kecil.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pengujian *total plate count*, uji reduktase, dan pH pada setiap tahapan proses pasteurisasi merupakan parameter yang saling berkaitan dalam menggambarkan kualitas mikrobiologis susu. Nilai TPC menunjukkan jumlah mikroorganisme hidup yang terdapat dalam susu, sedangkan uji reduktase menggambarkan aktivitas metabolisme mikroorganisme tersebut. Hal ini dibuktikan dengan semakin tinggi jumlah bakteri, semakin aktif proses metabolisme sehingga oksigen dalam susu lebih cepat digunakan dan zat warna pada uji reduktase lebih cepat mengalami reduksi. Kondisi ini terjadi akibat bakteri dalam susu menggunakan oksigen untuk proses pertumbuhan dan perkembangbiakan (Mini, 2018). Selain itu, susu yang telah melewati pasteurisasi akan mengalami penurunan pH akibat aktivitas mikroorganisme yang masih ada di dalam susu (Maharani *et al.*, 2020).

4.2 Perubahan pH dan Total Asam Susu Pasteurisasi selama Penyimpanan

Penyimpanan susu pasteurisasi varian *plain* pada variasi suhu (4°C, 27°C, dan 50°C) pada 5 titik waktu kritis diuji dengan menggunakan parameter pH dan total asam. Pengamatan terhadap kedua parameter tersebut dilakukan karena aktivitas mikroorganisme selama penyimpanan dapat memengaruhi perubahan pH dan total asam pada susu.

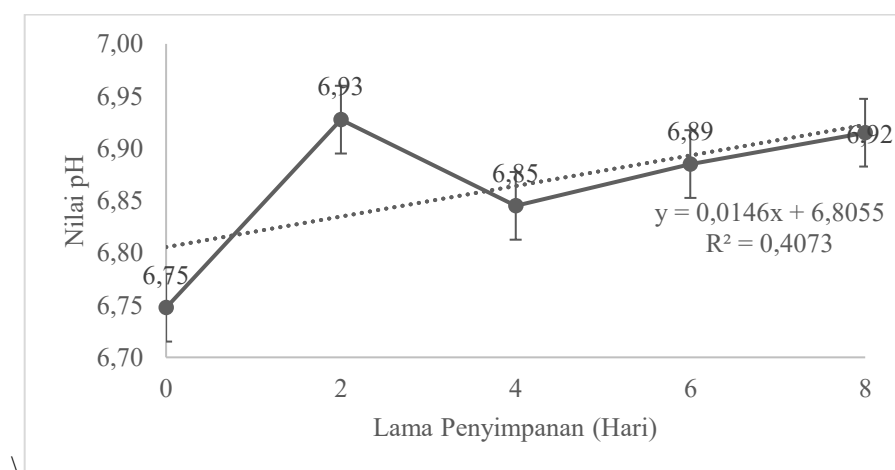
4.2.1 pH

Nilai pH merupakan salah satu parameter kimia penting yang diujikan untuk memperkirakan kualitas dan keamanan susu untuk dikonsumsi. Suhu dan lama penyimpanan susu mempengaruhi nilai pH yang dihasilkan seiring dengan peningkatan suhu dan lamanya waktu penyimpanan. Laju pertumbuhan dan jumlah bakteri pada susu pasteurisasi sangat dipengaruhi oleh temperatur penyimpanan. Danah *et al.* (2019) menjelaskan bahwa bakteri perusak susu dapat berkembang biak dengan baik pada suhu kamar antara 20–40°C, sementara penyimpanan pada suhu 4-5°C akan menekan pertumbuhan bakteri. Perubahan pH pada susu dapat dipengaruhi antara lain oleh bakteri asam laktat yang menurunkan pH serta bakteri psikotrofik seperti *Pseudomonas fluorescens*, *Chryseobacterium carnipullorum*, *Lactococcus raffinolactis*, dan *Acinetobacter guillouiae* yang terbukti dapat menurunkan pH susu selama penyimpanan (Qin *et al.*, 2023).

Tabel 4. Perubahan pH pada Penyimpanan Suhu Rendah (4°C)

Penyimpanan Hari ke-	Ulangan	Nilai pH	Rata-rata
0	1	6,76	6,75±0,025
	2	6,71	
	3	6,76	
	4	6,76	
1	1	6,92	6,93±0,010
	2	6,94	
	3	6,93	
	4	6,91	
2	1	6,83	6,85±0,013
	2	6,84	
	3	6,86	
	4	6,85	
3	1	6,86	6,89±0,017
	2	6,89	
	3	6,89	
	4	6,90	
4	1	6,90	6,92±0,024
	2	6,89	
	3	6,94	
	4	6,93	

Keterangan: Nilai pH = Rata-rata ± Standar Deviasi



Ilustrasi 5. Perubahan pH pada Penyimpanan Suhu Rendah (4°C)

Berdasarkan Tabel 4 dan Ilustrasi 6, nilai pH susu pasteurisasi selama penyimpanan suhu rendah berada pada rentang 6,75-6,93 selama masa

penyimpanan 8 hari. Pada perlakuan ini, terlihat bahwa nilai pH relative stabil dengan fluktuasi yang tidak sebanyak penyimpanan suhu ruang maupun tinggi. Hal ini dapat terjadi akibat terhambatnya kemampuan bakteri dalam melakukan metabolisme sehingga tingkat pertumbuhan akan berhenti dan komponen sel menjadi tidak aktif (Ayuti *et al.*, 2016). Penelitian yang dilakukan Adine *et al.* (2023) pada penyimpanan suhu rendah untuk produk susu kurma menunjukkan bahwa produk yang disimpan dalam suhu rendah (4 - 6°C) masih betada pada batas normal nilai pH dan belum mengalami kerusakan sampai dengan 20 hari penyimpanan. Penyimpanan susu pasteurisasi diidentifikasi bahwa terjadi penurunan dan kenaikan pH secara fluktuatif, pada hari ke-0 dengan pH awal susu sebesar 6,75, kemudian mengalami sedikit peningkatan pada hari ke-2 menjadi 6,93. Selanjutnya, pH sedikit menurun pada hari ke-4 menjadi sekitar 6,85 lalu kembali meningkat secara bertahap hingga mencapai 6,92 pada hari ke-8.

Umumnya, selama penyimpanan akan terjadi penurunan nilai pH dan tidak terjadi peningkatan. Penelitian yang dilakukan oleh Ismiarti dan Sumarmono (2023) menunjukkan bahwa penurunan pH susu terjadi seiring lamanya waktu penyimpanan di suhu refrigerator akibat masih adanya bakteri termofilik yang mampu beradaptasi dengan suhu dingin yang mengakibatkan metabolisme tetap berlangsung lambat. Namun, Rahman dan Kumalasari (2019) menjelaskan bahwa kenaikan nilai pH dapat disebabkan adanya basa alami akibat aktivitas proteolitik susu. Mikroorganisme psikrotrofik yang mampu bertahan atau berkembang pada suhu refrigerasi dapat menghasilkan enzim protease ekstraseluler yang menghidrolisis protein susu, terutama kasein, menjadi peptida dan asam amino.

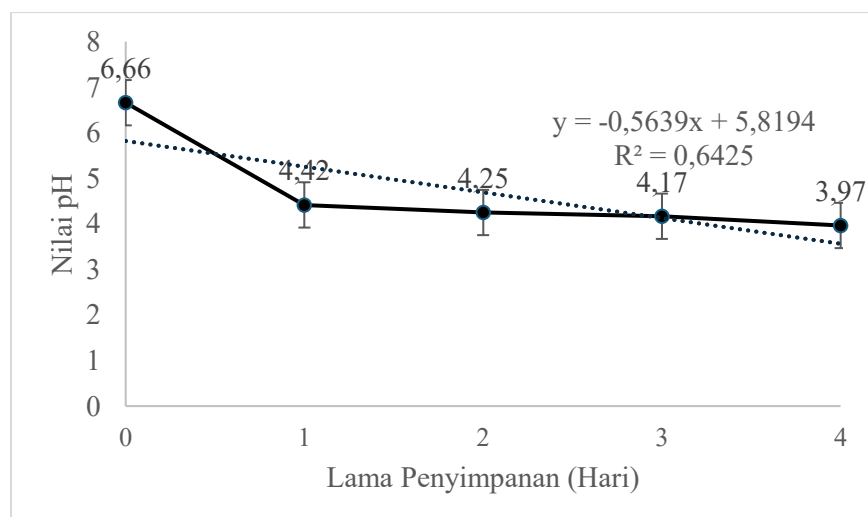
Peretti *et al.* (2025) menunjukkan bahwa bakteri psikrotrofik masih dapat tumbuh dan menghasilkan protease pada susu pasteurisasi selama penyimpanan refrigerasi, yang disertai perubahan pH produk. Asam amino yang terbentuk selanjutnya dapat mengalami katabolisme, termasuk reaksi deaminasi, yang menghasilkan senyawa nitrogen seperti amonia. Produksi senyawa bersifat basa tersebut dapat mengimbangi akumulasi asam dan menyebabkan pH cenderung meningkat atau berfluktuasi selama penyimpanan.

Hasil analisis regresi linear menunjukkan persamaan $y = 0,0146x + 6,8055$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,4073. Nilai slope yang positif menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan pH sebesar 0,0146 per hari, meskipun perubahan ini sangat kecil dan dapat dikatakan relatif stabil. Wibisono *et al* (2016) menyebutkan bahwa nilai slope dapat diartikan sebagai rata-rata pertambahan atau pengurangan yang terjadi pada variable Y untuk setiap peningkatan variable X. Nilai R^2 yang tergolong rendah menunjukkan bahwa hubungan antara lama penyimpanan dan perubahan pH tidak terlalu kuat, sehingga terdapat faktor lain yang memengaruhi fluktuasi pH, seperti variasi sampel atau kondisi lingkungan selama penyimpanan. Penyimpanan produk susu pada suhu 4-10°C dapat memperkecil peluang terjadinya keasaman, namun semakin lama penyimpanan akan meningkatkan pH produk seiring peningkatan aktivitas mikroorganisme pada saat perombakan laktosa menjadi asam laktat (Ayuti *et al*, 2016).

Tabel 5. Perubahan pH pada Penyimpanan Suhu Ruang (27 °C)

Penyimpanan Hari ke-	Ulangan	Nilai pH	Rata-rata
0	1	6,63	$6,66 \pm 0,017$
	2	6,67	
	3	6,67	
	4	6,67	
1	1	4,44	$4,42 \pm 0,012$
	2	4,46	
	3	4,47	
	4	4,47	
2	1	4,24	$4,25 \pm 0,012$
	2	4,24	
	3	4,25	
	4	4,27	
3	1	4,17	$4,17 \pm 0,004$
	2	4,17	
	3	4,16	
	4	4,17	
4	1	3,94	$3,97 \pm 0,015$
	2	3,97	
	3	3,98	
	4	3,97	

Keterangan: Nilai pH = Rata-rata $\pm$ Standar Deviasi



Ilustrasi 6. Perubahan pH pada Penyimpanan Suhu Ruang (27 °)

Berdasarkan Tabel 5 dan Ilustrasi 7, nilai pH susu berada pada rentang 6,66-3,97 selama 4 hari penyimpanan. Selama penyimpanan suhu ruang, pH susu menurun setiap harinya. Terjadi penurunan pH pada penyimpanan hari ke-0 dan hari ke-1, dan stabil pada hari ke-2, 3, dan 4. Nilai pH pada penyimpanan hari ke-0 berada pada rentang 6,66 menandakan bahwa susu masih dalam kategori baik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Puspitarini dan Mubarakati (2019) yang menjelaskan bahwa susu dikatakan baik apabila memiliki nilai pH berkisar 6,3-6,8. Susu pasteurisasi pada penyimpanan hari ke-0 pada suhu ruang menunjukkan kondisi sensoris yang masih normal, hal ini diperkuat oleh Apriliyani dan Aprilitiyanti (2018) yang menyatakan susu dengan pH mendekati normal 6,6-6,8 tidak menunjukkan kerusakan pada segi rasa dan tekstur. Wijanarko *et al.* (2023) menjelaskan bahwa pH normal pada susu yang dikategorikan layak konsumsi disebabkan adanya senyawa kasein, fosfat, dan sitrat yang berperan sebagai buffer yang dapat menghambat perubahan pH serta kerusakan pada susu.

Nilai pH pada susu mulai mengalami penurunan pada penyimpanan hari ke-1 dari 6,66 menjadi 4,42. Kondisi ini juga disertai kerusakan fisik pada susu dengan ditandai timbulnya bau dan tekstur yang mulai menggumpal. Kerusakan tersebut disebabkan oleh fermentasi laktosa menjadi asam laktat yang menyebabkan pH susu menurun dan kasein menggumpal (Riyanto *et al.*, 2016). Selain itu, Karni *et al.* (2023) menjelaskan bahwa perubahan komposisi kimia seperti aktivitas enzim seperti protease dan lipase pada susu menghasilkan asam lemak dan asam amino yang juga menjadi penyebab penurunan pH.

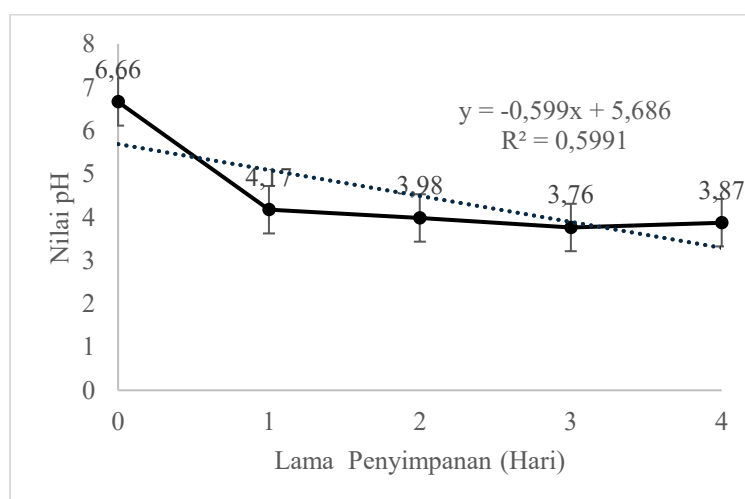
Seiring bertambahnya waktu penyimpanan, nilai pH susu terus menurun dengan nilai berturut-turut yaitu 4,25;4,17;3,97 pada penyimpanan hari ke-2, 3, dan 4. Titik isoelektrik kasein sudah tercapai mulai dari pH mencapai 4,6-4,7 yang mengakibatkan terjadinya penggumpalan protein dan pembentukan gel yang mempengaruhi viskositas pada susu (Setiadi *et al.*, 2023). Hal ini diperkuat dengan penelitian Rachmani *et al.* (2023) bahwa pH yang sudah melewati titik isoelektrik kasein memengaruhi tingkat kekentalan pada susu akibat agerarat protein kasein yang lemah dan cenderung larut dalam air. Nilai pH di bawah 4,5 yang mulai tercapai pada hari ke-1 menandakan susu telah mengalami kerusakan asam yang berdampak pada perubahan fisik, seperti penggumpalan kasein dan perubahan tekstur. Kondisi ini menunjukkan bahwa susu pasteurisasi tidak layak disimpan pada suhu ruang lebih dari 1 hari.

Berdasarkan analisis regresi linear diperoleh persamaan $y = -0,5639x + 5,8194$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,6425 menunjukkan bahwa sekitar 64,25% variasi penurunan pH dapat dijelaskan oleh lama penyimpanan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Pangestu *et al.* (2021) yaitu suhu dan lama penyimpanan memiliki pengaruh nyata pada nilai pH produk turunan susu. Slope negatif sebesar -0,5639 menunjukkan bahwa setiap penambahan 1 hari penyimpanan, pH susu menurun rata-rata sebesar 0,56 poin. Sisa 35,75% dipengaruhi faktor lain seperti suhu lingkungan, jumlah bakteri awal, dan jenis mikroorganisme yang tumbuh. Danah *et al.* (2019) menjelaskan bahwa kadar pH dapat berubah tergantung pada kondisi lingkungan serta aktivitas dari bakteri pembentuk asam laktat.

Tabel 6. Perubahan pH pada Penyimpanan Suhu Tinggi (50 °C)

Penyimpanan Hari ke-	Ulangan	Nilai pH	Rata-rata
0	1	6,65	6,66 ± 0,008
	2	6,66	
	3	6,66	
	4	6,67	
1	1	4,19	4,17 ± 0,031
	2	4,12	
	3	4,18	
	4	4,17	
2	1	3,98	3,98 ± 0,013
	2	3,96	
	3	3,97	
	4	3,99	
3	1	3,81	3,76 ± 0,032
	2	3,75	
	3	3,75	
	4	3,74	
4	1	3,87	3,87 ± 0,010
	2	3,86	
	3	3,88	
	4	3,86	

Keterangan: Nilai pH = Rata-rata ± Standar Deviasi



Ilustrasi 7. Perubahan pH pada Penyimpanan Suhu Tinggi (50 °C)

Berdasarkan hasil penelitian, nilai pH susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu tinggi juga mengalami penurunan secara konsisten selama periode penyimpanan dilihat dari Ilustrasi 8. Pada hari ke-0, nilai pH tercatat sebesar 6,66, kemudian menurun menjadi 4,17 pada hari ke-1, 3,98 pada hari ke-2, 3,76 pada hari ke-3, dan 3,87 pada hari ke-4. Penurunan pH paling drastis terjadi antara hari ke-0 dan hari ke-1, yaitu sebesar 2,49 poin. Hal ini menunjukkan bahwa suhu tinggi justru mempercepat aktivitas bakteri termofilik dan termodurik yang masih bertahan pasca pasteurisasi, sehingga fermentasi laktosa menjadi asam laktat berlangsung lebih cepat dibandingkan penyimpanan suhu ruang. Ayuti *et al.* (2016) menjelaskan bahwa kenaikan suhu akan mempercepat pertumbuhan dan menaikkan metabolisme mikroorganisme. Hal ini sesuai dengan penelitian Yulaikah *et al.* (2016) mengenai pengaruh suhu tinggi yang mempercepat laju pertumbuhan mikroorganisme berbahaya dalam susu dan mengurangi kandungan gizi serta nilai ekonomisnya. Pembentukan asam pada suhu tinggi dapat meningkat cepat hingga waktu tertentu.

Penurunan pH pada penyimpanan hari ke-2 sampai ke-4 cenderung stagnan tanpa perubahan, hal ini dapat terjadi akibat kenaikan suhu di luar suhu optimal dapat menghentikan pertumbuhan mikroorganisme dengan menginaktivasi atau mematikan komponen sel bakteri asam laktat (Ayuti *et al.*, 2016). Penurunan pH yang lebih cepat pada suhu tinggi dibandingkan kondisi lainnya menunjukkan bahwa suhu berperan penting dalam mempercepat aktivitas mikroorganisme, khususnya bakteri asam laktat. Suhu yang lebih tinggi akan meningkatkan laju metabolisme mikroorganisme sehingga proses fermentasi laktosa menjadi asam

laktat berlangsung lebih cepat. Harlita *et al.* (2023) menjelaskan bahwa perubahan suhu memengaruhi struktur lipid pada membrane sel dan dapat mengganggu sistem transport aktif pada metabolisme mikroorganisme.

Berdasarkan Ilustrasi 3 persamaan regresi yang diperoleh adalah $y = -0,599x + 5,686$ dengan $R^2 = 0,5991$, artinya sekitar 59,91% variasi penurunan pH dijelaskan oleh lama penyimpanan. Wibisono dan Bintoro (2022) menjelaskan bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati 1 merupakan nilai prediksi terhadap parameter yang menunjukkan hasil terbaik. Slope sebesar -0,599 menunjukkan setiap penambahan 1 hari penyimpanan, pH turun rata-rata 0,60 poin. Penurunan pH pada suhu tinggi terjadi lebih cepat di awal penyimpanan dibanding suhu ruang, ditunjukkan dari penurunan drastis yang sudah terjadi di hari ke-1. Hal ini menegaskan bahwa susu pasteurisasi tidak disarankan untuk disimpan pada suhu tinggi untuk menghindari kerusakan. Susu yang rusak akan merugikan dan menimbulkan masalah dan tidak layak konsumsi (Erawantini *et al.*, 2020).

Perubahan nilai pH pada variasi suhu dan lama penyimpanan menunjukkan bahwa perlakuan penyimpanan pada suhu rendah merupakan kondisi paling efektif dalam mempertahankan nilai pH agar tetap berada dalam kisaran normal (sekitar 6,6–6,8 hingga mendekati netral) dibandingkan penyimpanan suhu ruang dan suhu tinggi. Karni *et al.* (2024) menjelaskan bahwa semakin lama penyimpanan susu akan mempengaruhi tingkat keasaman susu. Setiap kenaikan suhu penyimpanan, daya simpan susu pasteurisasi akan berkurang dan mempengaruhi kualitas (Apriliyani dan Apriliyanti, 2018). Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian yang

menunjukkan penurunan nilai pH seiring lama waktu dan suhu penyimpanan pada susu pasteurisasi.

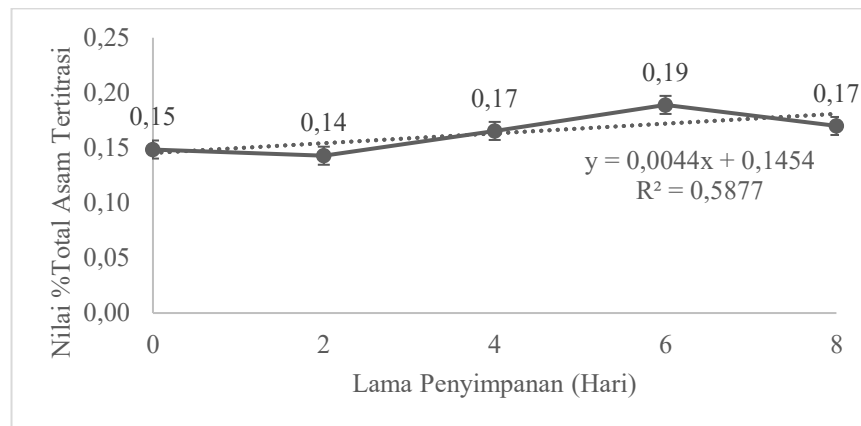
4.2.2 Total Asam Tertitrasi

Total asam adalah jumlah keseluruhan asam yang terdapat dalam susu (Sabil *et al.*, 2025). Susu pasteurisasi akan menunjukkan peningkatan asam organik akibat bakteri asam laktat yang memecah laktosa pada susu. Noorhasanah *et al.* (2022) dalam penelitiannya menyebutkan terdapat korelasi antara pH dengan total asam. Penurunan pH pada susu akan meningkatkan jumlah asam, begitu pula sebaliknya. Susu pasteurisasi dengan perlakuan suhu dan lama penyimpanan menurunkan pH secara bertahap dan akan sejalan dengan peningkatan total asam.

Tabel 7. Perubahan Total Asam Tertitrasi pada Penyimpanan Suhu Rendah (4°C)

Penyimpanan Hari ke-	Ulangan	%Total Asam	Rata-rata
0	1	0,14%	0,15±0,004
	2	0,15%	
	3	0,14%	
	4	0,15%	
2	1	0,14%	0,14±0,004
	2	0,14%	
	3	0,15%	
	4	0,14%	
4	1	0,16%	0,17±0,006
	2	0,17%	
	3	0,17%	
	4	0,17%	
6	1	0,19%	0,19±0,010
	2	0,18%	
	3	0,19%	
	4	0,20%	
8	1	0,17%	0,17±0,008
	2	0,18%	
	3	0,17%	
	4	0,16%	

Keterangan: Nilai %Total Asam = Rata-rata ± Standar Deviasi



Ilustrasi 8. Perubahan Total Asam Tertitrasi pada Penyimpanan Suhu Rendah (4°C)

Pengujian total asam tertitrasi (TAT) yang dilakukan pada penyimpanan suhu rendah selama 8 hari menunjukkan pola fluktuatif, yakni 0,15% (hari ke-0), 0,14% (hari ke-2), 0,17% (hari ke-4), 0,19% (hari ke-6), dan 0,17% (hari ke-8) dilihat dari Tabel 7 dan Ilustrasi 6. Secara keseluruhan, seluruh nilai tersebut masih berada dalam kisaran yang dapat diterima sesuai standar mutu susu pasteurisasi. Selama penyimpanan, keasaman susu pasteurisasi meningkat karena sebagian laktosa akan diubah oleh mikroorganisme asam laktat menjadi asam organik. Suhu rendah dapat memperlambat reaksi enzimatik dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme, tanpa aktivitas metabolik yang memadai, bakteri tidak dapat menghasilkan energi untuk merubah komposisi produk melalui aktivasi reaksi kimia dan biologis (Ajeng *et al.*, 2024). Hal ini sesuai dengan penelitian Fatmala *et al.* (2024) bahwa penyimpanan suhu rendah memperlambat aktivitas mikroorganisme dan proses biokimia, sehingga pertumbuhan mikroorganisme penghasil asam akan terhambat dan tidak terjadi produksi asam.

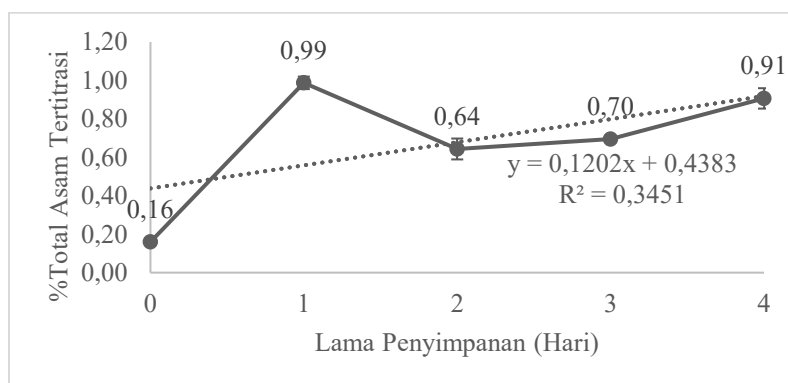
Penurunan nilai total asam dari 0,15% pada hari ke-0 menjadi 0,14% pada hari ke-2 dipengaruhi oleh aktivitas metabolisme mikroorganisme yang berjalan lambat, bakteri yang tersisa pasca-pasteurisasi akan beradaptasi terhadap lingkungan (Pangestu *et al.*, 2021). Hal ini yang menyebabkan produksi asam laktat dari fermentasi laktosa masih sangat terbatas dan nilai total asam cenderung menurun atau stabil. Pertumbuhan bakteri pada suhu rendah sekitar 4-7°C terjadi sangat minim, sedangkan peningkatan asam akan terjadi apabila semakin banyak jumlah bakteri yang memproduksi asam laktat (Nisa *et al.*, 2022). Hal tersebut dibuktikan dengan peningkatan total asam hari ke-4 (0,17%) dan hari ke-6 (0,19%) yang tidak berubah. Walaupun terdapat bakteri psikrofilik pada susu yang mampu tumbuh pada suhu rendah, aktivitasnya tetap terhambat. Kondisi ini menjelaskan mengapa peningkatan total asam terjadi secara perlahan selama periode penyimpanan susu pasteurisasi.

Penurunan nilai total asam dari 0,19% pada hari ke-6 menjadi 0,17% pada hari ke-8 dapat dikaitkan dengan berkurangnya substrat yang tersedia bagi aktivitas bakteri. Ilhamsyah *et al.* (2025) menjelaskan bahwa penurunan keasaman dapat terjadi akibat jumlah dan kemampuan bakteri telah melewati fase stasioner sehingga aktivitas bakteri dalam menghasilkan asam laktat tidak terlalu efektif. Disamping itu, nutrisi yang terdapat pada susu semakin berkurang dengan semakin lamanya penyimpanan pada suhu dingin sehingga ketersediaan nutrisi bagi bakteri asam laktat semakin sedikit. Semakin lama waktu penyimpanan, maka nutrisi dalam susu sebagai substrat dari BAL akan perlahan berkurang akibat proses metabolisme yang terus menerus dilakukan (Pangestu *et al.*, 2021).

Tabel 8. Perubahan Total Asam Tertitrasi pada Penyimpanan Suhu Ruang (27 °C)

Penyimpanan Hari ke-	Ulangan	%Total Asam	Rata-rata
0	1	0,15%	0,16±0,009
	2	0,16%	
	3	0,16%	
	4	0,17%	
1	1	0,95%	0,99±0,033
	2	1,02%	
	3	0,97%	
	4	1,02%	
2	1	0,66%	0,64±0,054
	2	0,68%	
	3	0,56%	
	4	0,68%	
3	1	0,69%	0,70±0,015
	2	0,71%	
	3	0,68%	
	4	0,70%	
4	1	0,95%	0,91±0,053
	2	0,90%	
	3	0,83%	
	4	0,95%	

Keterangan: Nilai %Total Asam = Rata-rata ± Standar Deviasi



Ilustrasi 9. Perubahan Total Asam Tertitrasi pada Penyimpanan Suhu Ruang

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 8 dan Ilustrasi 10, nilai total asam tertitrasi pada susu pasteurisasi selama penyimpanan suhu ruang menunjukkan fluktuasi yang mencerminkan kualitas produk telah terdegradasi. Pada pengamatan

hari ke-0, nilai TAT menunjukkan hasil 0,16%, sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Maryana *et al.* (2022) menunjukkan total asam setelah pasteurisasi sebesar 0,20%. Hal ini sejalan dengan pernyataan Hidayat (2018) bahwa total asam dalam susu yang dititrasi dengan alkali dan katalisator PP hanya 0,10-0,26% sesuai dengan standar yang ditetapkan Badan Standardisasi Nasional. Nilai total asam pada hari ke-1 mengalami peningkatan dari 0,16% menjadi 0,99% dalam 24 jam. Peningkatan tajam ini dapat dipengaruhi oleh peningkatan laju pertumbuhan mikroorganisme, dimana mikroorganisme mulai memasuki fase logaritmik dari fase lag dengan laju pertumbuhan dan aktivitas metabolik sangat tinggi yang dapat memproduksi asam dengan cepat. Wulandari *et al.* (2022) menjelaskan fase logaritmik ditandai dengan pertumbuhan sel yang sangat cepat akibat nutrisi yang masih memadai dan menghasilkan asam-asam organik yang mengakibatkan turunnya pH medium.

Nilai TAT kemudian menurun secara menjadi 0,64% pada penyimpanan hari ke-2. Fenomena ini dapat disebabkan oleh spesies bakteri yang terkandung dalam susu dapat hidup dalam lingkungan asam dan mendegradasi asam organik sebagai sumber energi dalam proses metabolisme. khususnya ketika substrat yang lebih mudah difermentasi mulai menipis. Penurunan total asam seiring lama penyimpanan juga ditemui pada penelitian Cakrawati dan Kusumah (2016) diduga terjadi penurunan laju pertumbuhan bakteri akibat mulai menipisnya sumber makanan. Pada fase ini, nutrisi dalam produk mulai menipis karena sudah dikonsumsi oleh mikroorganisme pada fase pertumbuhan cepat. Selanjutnya, bakteri akan menyesuaikan metabolisme dan penggunaan sumber energinya

sehingga menghambat proses glikolisis dan menurunkan pembentukan asam (Papadimitriou *et al.*, 2016).

Pada hari ke-3, nilai TAT menunjukkan peningkatan sedikit dari 0,64% menjadi 0,70% dan meningkat menjadi 0,91% pada hari ke-4. Fenomena peningkatan total asam disebabkan oleh kemampuan mikroorganisme memproduksi asam organik tertentu yang dipengaruhi oleh suhu ruang yang ideal terhadap pertumbuhannya. Total asam yang kembali meningkat pada penyimpanan diduga terjadi akibat kerusakan mutu produk sehingga total asam yang terukur tidak hanya asam laktat melainkan asam asetat hasil metabolisme mikroorganisme pembusuk (Cakrawati dan Kusumah, 2016). Pada kondisi ini, keasaman digunakan sebagai indikator kontaminasi dan pertumbuhan bakteri, nilai keasaman akan meningkat seiring kerusakan susu dan menjadi gambaran terkait umur simpan produk (Ziyaina *et al.*, 2018).

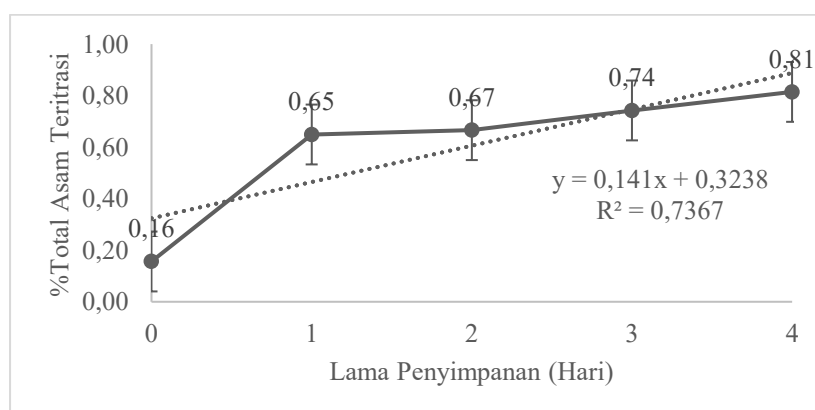
Secara keseluruhan, nilai TAT cenderung mengalami peningkatan selama 5 hari penyimpanan dari 0,16% hingga 0,91%, meskipun terjadi fluktuasi antar-hari. Hal ini dapat disebabkan oleh kesalahan yang terjadi dalam titrasi dikarenakan secara ilmiah, nilai total asam pada produk olahan susu akan meningkat seiring lamanya penyimpanan (Ihsan *et al.*, 2017). Hal ini diperkuat dengan pernyataan Saramban dan Purwani (2018), semakin lama masa penyimpanan akan menyebabkan peningkatan total asam akibat aktivitas mikroorganisme yang memecah karbohidrat menjadi asam. Produk susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu ruang hanya memenuhi standar total asam tertitrasi pada hari ke-0 penyimpanan dan meningkat secara drastis pada hari selanjutnya. Hal ini

menandakan bahwa penyimpanan pada suhu ruang berpengaruh terhadap peningkatan total asam susu pasteurisasi.

Tabel 9. Perubahan Total Asam Tertitrasi pada Penyimpanan Suhu Tinggi (50°C)

Penyimpanan Hari ke-	Ulangan	%Total Asam	Rata-rata
0	1	0,16%	0,16±0,006
	2	0,15%	
	3	0,16%	
	4	0,16%	
1	1	0,69%	0,65±0,027
	2	0,65%	
	3	0,64%	
	4	0,61%	
2	1	0,74%	0,67±0,078
	2	0,59%	
	3	0,61%	
	4	0,73%	
3	1	0,74%	0,74±0,060
	2	0,83%	
	3	0,71%	
	4	0,69%	
4	1	0,86%	0,81±0,043
	2	0,85%	
	3	0,77%	
	4	0,79%	

Keterangan: Nilai %Total Asam = Rata-rata ± Standar Deviasi



Ilustrasi 10. Perubahan Total Asam Tertitrasi pada Penyimpanan Suhu Tinggi (50°C)

Penyimpanan produk susu pasteurisasi pada suhu tinggi (50°C) merupakan kondisi ekstrem dan berpotensi mempercepat kerusakan produk dan aktivitas metabolisme mikroorganisme. Suhu 50°C termasuk suhu tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan membrane pada sebagian mikroorganisme. Lubis *et al.* (2025) menyatakan bahwa suhu tinggi, terutama di atas 50°C dapat menyebabkan protein terdenaturasi. Akibatnya, membrane sel melemah dan bakteri akan mati atau tidak dapat berkembang dengan baik. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan total asam pada suhu tinggi lebih rendah dibandingkan penyimpanan suhu ruang 27°C. Pada hari ke-0 dan ke-1 penyimpanan nilai TAT meningkat dari 0,16% menjadi 0,65% dalam waktu 24 jam. Suhu 50°C merupakan suhu yang sangat tinggi, bahkan melebihi suhu optimal untuk pertumbuhan banyak mikroorganisme mesofilik, namun beberapa bakteri termotoleran masih dapat bertahan terhadap kondisi panas dan mendegradasi kualitas produk susu (Junior *et al.*, 2017).

Nilai TAT meningkat sedikit dari 0,65% menjadi 0,67% dari hari ke-1 ke hari ke-2, pada hari ke-3, nilai TAT meningkat menjadi 0,74%, dan meningkat menjadi 0,81% pada hari ke-4 penyimpanan. Peningkatan total asam tertitiasi selama penyimpanan suhu tinggi disebabkan akumulasi asam organik hasil aktivitas mikroorganisme dan laju reaksi kimia yang bergerak cepat akibat suhu tinggi. Secara tidak langsung, suhu penyimpanan yang tinggi akan menyebabkan proses pengasaman produk berjalan lebih cepat (Ziyana *et al.*, 2018). Hasil penelitian ini dapat dikaitkan dengan penelitian Siddique (2016) yang menunjukkan terjadi peningkatan keasaman disertai penurunan pH seiring penyimpanan sampel susu.

Penyimpanan susu pada suhu tinggi menyebabkan pH yang lebih rendah dan keasaman yang lebih tinggi yang dapat disebabkan oleh reaksi Maillard yang berlangsung lebih cepat pada suhu tinggi.

Total asam susu pasteurisasi pada ketiga kondisi penyimpanan tersebut didapatkan nilai akhir penyimpanan suhu ruang (27°C) yang lebih tinggi dibandingkan pada suhu tinggi (50°C). Kondisi ini terjadi karena suhu ruang merupakan suhu optimal bagi pertumbuhan mikroorganisme di dalam susu dan mendukung aktivitas bakteri asam laktat yang mempengaruhi peningkatan total asam (Nailufar, 2022). Sebaliknya, suhu 50°C berada di atas kisaran suhu optimum pertumbuhan sebagian besar bakteri mesofilik, sehingga aktivitas metabolisme mikroorganisme penghasil asam menurun atau bahkan terhambat. Selain itu, suhu yang tinggi juga dapat menyebabkan inaktivasi sebagian enzim yang berperan dalam pembentukan senyawa asam. Akibatnya, akumulasi asam selama penyimpanan pada suhu 50°C lebih rendah dibandingkan pada suhu ruang.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan proses pasteurisasi menurunkan TPC dari rata-rata 5,43 log CFU/mL menjadi 3,6 log CFU/mL pada produk akhir susu pasteurisasi varian plain. Pasteurisasi terbukti menurunkan hampir sebesar 2 log jumlah total mikroorganisme menggunakan metode HTST, dan pasteurisasi yang telah dilakukan masih berada pada ambang batas yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia. Sejalan dengan hasil *total plate count*, uji reduktase memperkuat dengan menunjukkan hasil reduksi selama 7,5 jam yang mengindikasikan susu pasteurisasi memiliki kualitas mikroorganisme yang baik, diikuti dengan tidak terjadinya perubahan nilai pH susu pada tahapan proses pasteurisasi. Produk susu varian *plain* dengan perlakuan penyimpanan pada tiga variasi suhu menunjukkan penyimpanan pada suhu 4 °C merupakan kondisi yang paling mampu mempertahankan mutu susu pasteurisasi hingga hari ke-8, ditunjukkan oleh nilai pH 6,75–6,93 dan total asam tertitrasi 0,14–0,19%. Sebaliknya, penyimpanan pada 27 °C dan 50 °C telah menyebabkan perubahan mutu yang besar pada hari ke-1, ditunjukkan oleh penurunan pH masing-masing menjadi 4,42 dan 4,17 serta peningkatan total asam tertitrasi menjadi 0,99% dan 0,65%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar proses produksi susu pasteurisasi memberikan perhatian lebih terhadap sanitasi pada tahapan pascapasteurisasi. Penyimpanan susu pasteurisasi sebaiknya dilakukan pada suhu rendah sekitar 4 °C, berdasarkan parameter pH dan total asam yang diamati, kondisi tersebut paling mampu mempertahankan mutu susu hingga hari ke-6 dibandingkan penyimpanan pada suhu 27 °C dan 50 °C. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian mikrobiologis secara berkala selama masa penyimpanan, seperti TPC pada setiap waktu pengamatan, sehingga perubahan pH dan total asam dapat dikaitkan secara langsung dengan pertumbuhan mikroorganisme dan dapat digunakan untuk menentukan umur simpan susu pasteurisasi secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adine, A. A., Wulandari, E., dan Utama, D. T. 2023. Karakteristik mikrobiologi (total bakteri, total yeast) dan ph produk susu kurma selama penyimpanan suhu rendah (4-6° C). Jurnal Teknologi Hasil Peternakan, 4(1), 33-43. <https://doi.org/10.24198/jthp.v4i1.46258>
- Ajeng, R. A. S., dan Safari, W. F. 2024. Perbandingan suhu penyimpanan susu sapi segar terhadap total plate count (tpc). Jurnal Biosense, 7(02), 280-289. <https://doi.org/10.36526/biosense.v7i02.4439>.
- Anindita, N. S., dan Soyi, D. S. 2017. Studi kasus: pengawasan kualitas pangan hewani melalui pengujian kualitas susu sapi yang beredar di kota Yogyakarta. Jurnal Peternakan Indonesia, 19(2), 96-105. [10.25077/jpi.19.2.93-102.2017](https://doi.org/10.25077/jpi.19.2.93-102.2017)
- Apriliyani, M. W., dan Apriliyanti, M. W. 2018. Kualitas fisik dan sensoris produk susu pasteurisasi pada suhu dan waktu transportasi dalam distribusi pemasaran. Jurnal ilmu dan teknologi hasil ternak, 13(1), 46-53. <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2018.013.01.5>
- Ardiani Septiati, Y., dan Hadi, A. 2016. Perbedaan variasi suhu dan lama pemanasan terhadap angka total kuman susu murni pada pedagang susu hangat di wilayah kecamatan cimahi utara. VISIKES: Jurnal Kesehatan Masyarakat, 5(1), 7-16.
- Arjadi, L., Nuryantoro, N., dan Harjanti, D. W. 2017. Evaluasi cemaran bakteri susu yang ditinjau melalui rantai distribusi susu dari peternak hingga KUD di Kabupaten Boyolali. MEDIAGRO: journal of agricultural sciences, 13(1). <https://doi.org/10.31942/mediagro.v13i1.2146>
- Asmaq, N., & Marisa, J. (2020). Karakteristik fisik dan organoleptik susu segar di Medan Sunggal. Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science), 22(2), 168-175. <https://doi.org/10.25077/jpi.22.2.168-175.2020>
- Aviyani, R., dan Afandi, F. A. 2025, August. Perbandingan kualitas mikrobiologi sebelum dan sesudah pasteurisasi pada susu segar di PT X. In Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi" SainTek" (Vol. 2, No. 2, pp. 391-399).
- Ayuti, S. R., Nurliana, N., Yurliasni, Y., Sugito, S., dan Darmawi, D. 2016. Dinamika pertumbuhan *Lactobacillus casei* dan karakteristik susu fermentasi berdasarkan suhu dan lama penyimpanan. Jurnal Agripet, 16(1), 23-30.
- Cakrawati, D., dan Kusumah, M. A. 2016. Pengaruh penambahan CMC sebagai senyawa penstabil terhadap yoghurt tepung gembili. Agroidintek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 10(2), 77-85.

- Christiansson, A. 2017. A predictive model to evaluate the impact of the cooling profile on growth of psychrotrophic bacteria in raw milk from conventional and robotic milking. *Journal of Dairy Research*, 84(3), 318-321. <https://doi.org/10.1017/S0022029917000334>
- Danah, I., Akhdiat, T., dan Sumarni, S. 2019. Lama penyimpanan pada suhu rendah terhadap jumlah bakteri dan pH susu hasil pasteurisasi dalam kemasan. Composite: Jurnal Ilmu Pertanian, 1(1), 49-54. <https://doi.org/10.37577/composite.v1i1.97>
- Da Rosa, P. P., Ávila, B. P., Angelo, I. D. V., Da Silva, P. M., Chesini, R. G., Mota, G. N., ... and Roll, V. F. B. 2020. Factors that affect the thermal stability of bovine milk and the use of alcohol test in the milk industry—a review. *Nucleus Animalium*, 12(2), 15-46.
- Dewanti, B. S. D., Yuwono, S. S., dan Widhianingputri, K. 2016. Kajian pengurangan total mikroorganisme pada susu sapi segar menggunakan metode pasteurisasi *direct steam injection*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 17(1), 21-28.
- Dharmawan, A., Marthen, B., Adam, F., Sari, I. P., dan Maulana, R. 2019. Sistem kontrol proporsional-integral pada proses pasteurisasi susu. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 21(1), 15-18. <https://doi.org/10.14710/transmisi.21.1.15-18>
- Edwards, K. M., Badiger, A., Heldman, D., and Klein, M. S. 2021. Metabolomic markers of storage temperature and time in pasteurized milk. *Metabolites*, 11. <https://doi.org/10.3390/metabo11070419>
- Erawantini, F., Hariono, B., Budiprasojo, A., dan Puspitasari, T. D. 2020. Peningkatan ketrampilan peternak susu perah dalam proses penanganan pemerahan susu di mitra produksi susu pasteurisasi berbasis teknologi medan pulsa listrik tegangan tinggi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat J-DINAMIKA*, 5(2), 72-76.
- Faridah, R., dan Febrianti, Y. 2019. Kualitas susu pasteurisasi dengan penambahan kasumba turate (*Cartamus tinctorius L*) pada lama penyimpanan berbeda. *Jurnal Ternak*, 10(2): 64–69.
- Fatmala, N., Hayati, M., Risna, Y. K., Al Adam, K., dan Fridayati, D. 2024. Kualitas silky pudding susu kambing penyimpanan dingin sebagai makanan tambahan anak cegah stunting: kualitas silky pudding susu kambing penyimpanan dingin sebagai makanan tambahan anak cegah stunting. *Jurnal Agriovet*, 7(1), 31-40. <https://doi.org/10.51158/3bh7av19>
- Hariono, B., Erawantini, F., Budiprasojo, A., dan Puspitasari, T.D. 2021. Perbedaan nilai gizi susu sapi setelah pasteurisasi non termal dengan HPEF (*High Pulsed Electric Field*). *AcTion: Aceh Nutrition Journal*, 6(2): 207.

- Harlita, T. D., Azhari, H., dan Risvina, P. 2023. Pengaruh suhu dan lama simpan terhadap angka lempeng total pada susu kedelai home industry. *Sains Medisina*, 1(3), 154-158. <https://doi.org/10.63004/snsmed.v1i3.97>
- Hidayat, K. dan Anggraeni, D.N. 2023. Analisis pengendalian mutu bahan baku susu segar pada koperasi peternakan sapi perah XYZ. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 375-387. DOI: <https://doi.org/10.47687/snppvp.v4i1.660>
- Hidayat, M. N. 2017. Meningkatkan nilai manfaat susu dengan penambahan mikroorganisme probiotik. *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, 11(1).
- Husni, A. 2021. Kualitas mikrobiologis susu kambing dengan metode pasteurisasi high temperature short time (HTST) pada penyimpanan berbeda. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*.
- Ibrahim, M. T. 2021. Treated cow milk quality analysis in high-temperature short time (HTST) thermal treatment using f-value and methylene blue reduction test (MBRT). *Journal of Agrobiotechnology*, 12(1S), 124-132. <https://doi.org/10.37231/jab.2021.12.1S.277>
- Ihsan, R. Z., dan Cakrawati, D. 2017. Penentuan umur simpan yoghurt sinbiotik dengan penambahan tepung gembolo modifikasi fisik. *Edufortech*, 2(1), 1-6.
- Ilhamsyah, A., Husni, A., Ermawati, R., dan Wanniatie, V. 2025. pengaruh lama penyimpanan yoghurt susu sapi pada suhu refrigerator terhadap keasaman, total asam, dan viskositas. *Jurnal Riset Dan Inovasi Peternakan*, 9(2), 233-242. <https://doi.org/10.23960/jrip.2025.9.2.233-242>
- Ismiarti, I., dan Sumarmono, J. 2023. Kualitas susu sapi pasteurisasi dengan penambahan ekstrak kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) pada penyimpanan dingin. *Jurnal Triton*, 14(1), 153-161. <https://doi.org/10.47687/jt.v14i1.401>
- Karni, I., Komalasari, H., Pravitri, K., Naufali, M., Agustina, R. S., dan Nalurita, I. 2023. Pengaruh lama penyimpanan dan metode pasteurisasi terhadap karakteristik fisikokimia susu kambing pe di desa mujur. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Indonesia (JITPI)*, 9(2), 100-110. <https://doi.org/10.29303/jitpi.v9i2.194>
- Kholifah, N., dan Nunur Nuraeni. 2025. Uji pH dan organoleptik susu kambing pasteurisasi dengan penambahan biji chia. *Nusantara Hasana Journal*, 5(2), 388–396. <https://doi.org/10.59003/nhj.v5i2.1557>

- Kristanti, N. D. 2017. Daya simpan susu pasteurisasi ditinjau dari kualitas mikroorganisme termofilik dan kualitas kimia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, **12**(1), 1-7. <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2017.012.01>
- Kusumaningrum, I., Hapsari, D. R., Hastuti, A., dan Amelia, L. 2025. Penambahan ekstrak daun pegagan (*centella asiatica*) terhadap mutu kimia susu pasteurisasi selama penyimpanan suhu dingin. *Jurnal Agroindustri Halal*, **11**(1), 134–141. <https://doi.org/10.30997/jah.v11i1.10054>
- Lay, I. E., Sipahelut, G. M., Riwu, A. R., dan Armadianto, H. 2024. Aspek kimia dan nilai energi susu goreng berbahan dasar susu sapi dengan plain yogurt sebagai koagulan. *Animal Agricultura*, **1**(3), 190–202. <https://doi.org/10.59891/animacultura.v1i3.36>
- Lubis, N. I., Haryati, S., & Aditia, R. P. (2025). Karakteristik pengembangan beras analog berbasis pati talas beneng (*Xhantosoma undipes*) dan jagung (*Zea mays*) dengan penambahan alginat (*Sargassum sp*): *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, **16**(2), 287-300. <https://doi.org/10.35891/tp.v16i2.6343>
- Martin, N.H., Trmčić, T.-H. Hsieh, A., Boor, K.J. and Wiedmann, M. 2016. The evolving role of coliforms as indicators of unhygienic processing conditions in dairy foods. *Frontiers in Microbiology*. **7**:1549.
- Maryana, D., Wahab, A. A., Maruddin, F., dan Malaka, R. Nilai pH dan total asam laktat susu pasteurisasi dengan penambahan ekstrak daun binahong (*Anredera cordifolia (ten.) steenis*) selama penyimpanan. *JITP Vol. 10 No. 1*, 2022.
- Mini, V. S. 2018. Study of some indigenous and exotic cattle breeds and a comparative analysis of their milk quality using MBRT. DOI: [10.22214/ijraset.2018.3219](https://doi.org/10.22214/ijraset.2018.3219)
- Mulyati, L., Ardhani, F., dan Yusuf, R. 2018. Pengujian kualitas susu segar dengan perbedaan perlakuan pemerahan melalui evaluasi jumlah mikroorganisme dan derajat keasaman (pH). *Jurnal Peternakan Lingkungan Tropis*, **1**(1), 17-24. <http://dx.doi.org/10.30872/jpltrop.v1i1.2440>
- Murphy, T. R., Finnegan, E. W., Tarapata, J., O’Callaghan, T. F., dan O’Mahony, J. A. 2024. The impact of pH on fouling and related physicochemical properties of skim milk concentrate during heat treatment using a laboratory-scale fouling rig. *Foods*, **13**(19), 3100.
- Nisa, E. Z., Nefasa, A. N., dan Abdurrahman, Z. H. 2022. Analisis pengaruh penambahan rempah dan waktu simpan terhadap pH, kekentalan, serta kualitas organoleptik susu pasteurisasi. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, **16**(4), 566-576. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i4.12968>

- Noorhasanah, E. P., Tribudi, Y. A., dan Lestari, R. B. 2022. Kualitas susu kambing pasteurisasi dengan penambahan sari jahe emprit (*Zingiber officinale* Var. *Amarum*) selama penyimpanan dingin. *Jurnal Peternakan Borneo*, *1*(1), 16-24.
- Olsen, E., Qisthon, A., Wanniatie, V., dan Husni, A. 2021. Derajat keasaman dan angka reduktase susu kambing peranakan etawa pasteurisasi dengan lama simpan yang berbeda pada suhu refrigerator 4°C. *Jurnal Riset Dan Inovasi Peternakan*, *5*(2), 114-118. <https://doi.org/10.23960/jrip.2021.5.2.114-118>
- Pangestu, A. D., Kurniawan, K., dan Supriyadi, S. 2021. Pengaruh variasi suhu dan lama penyimpanan terhadap viabilitas bakteri asam laktat (bal) dan nilai ph yoghurt. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology*, *3*(2), 231-236. <https://doi.org/10.33084/bjmlt.v3i2.2169>
- Papadimitriou, K., Alegría, Á., Bron, P. A., De Angelis, M., Gobbetti, M., Kleerebezem, M., ... dan Kok, J. 2016. Stress physiology of lactic acid bacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, *80*(3), 837-890. [doi:10.1128/MMBR.00076-15](https://doi.org/10.1128/MMBR.00076-15).
- Peretti, G. A., Mallmann, S., Peretti, G. L., Lindner, J. D. D., Longhi, D. A., Galvão, A. C., and da Silva Robazza, W. 2025. Modeling lipase and protease production by psychrotrophic bacteria in refrigerated pasteurized milk. *International Dairy Journal*, *167*, 106284.
- Priyanto, A. D., Wicaksono, L. A., dan Putranto, A. W. 2021. Pengaruh suhu dan waktu pre-heating pada kualitas fisik, total mikroorganisme dan organoleptik susu kolagen sapi yang dipasteurisasi menggunakan *pulsed electric field*. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, *9*(2), 141-153.
- Puspitarini, O. R., dan Mubarakati, N. J. 2019. Identifikasi total mikroorganisme, cemaran escherichia coli dan nilai ph susu pasteurisasi yang beredar di Kota Malang. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, *7*(1), 201-205. <https://doi.org/10.23960/jipt.v7i1.p201-205>
- Qin, X., Cheng, J., Qi, X., Guan, N., Chen, Q., Pei, X., ... dan Man, C. (2023). Effect of thermostable enzymes produced by psychrotrophic bacteria in raw milk on the quality of ultra-high temperature sterilized milk. *Foods*, *12*(20), 3752. <https://doi.org/10.3390/foods12203752>
- Qusnidawati, R., Adriani, A., dan Darlis, D. 2021. Pengaruh penambahan daun torbangun (*coleus amboinicus* Lour) yang diproteksi tanin dari ekstrak batang pisang terhadap mastitis kambing peranakan etawa. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, *24*(1), 19-30. <https://doi.org/10.22437/jiip.v24i1.12666>
- Rahmadini, A.S., Asben, A., Dewi, K.H., and Ernita, Y. 2024. Physicochemical properties of pasteurized cow's milk: review. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, *8*(2): 267–281.

- Rahman, I. R., dan Kumalasari, I. 2019. Optimasi komposisi *lactobacillus bulgaricus* dan *streptococcus thermophilus* pada yogurt terfortifikasi buah lakum (*Cayratia trifolia* (L.) domin) sebagai antibakteri terhadap *Escherichia coli*. Pharmaceutical Sciences and Research, 6(2), 4. <https://doi.org/10.7454/psr.v6i2.4459>
- Rahmawati, A., Lubis, A. K., Eliska, A., dan Nurlaela, R. S. 2024. Kajian Literatur: Penerapan teknologi pasteurisasi dan ultra high temperature (uht) terhadap kualitas mikrobiologi susu. Karimah Tauhid, 3(6), 6961-6972.
- Ratya, N., Taufik, E., dan Arief, I. I. 2017. Karakteristik kimia, fisik dan mikrobiologis susu kambing peranakan etawa di Bogor. Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan, 5(1), 1-4.
- Resnawati, H. (2020). Kualitas susu pada berbagai pengolahan dan penyimpanan. Semiloka Nasional Prospek Industri Sapi Perah Menuju Perdagangan Bebas, 497, 502.
- Rihsanny, D., Rahmawati, D. S., Khasanah, E. I., Pangga, H. D., Febriana, R. P., Aripin, R., dan Yustiani, Y. M. 2025. Analisis komparatif kualitas susu berdasarkan jumlah koloni, reduksi metilen blue, dan kandungan coliform. Infomatek, 27(1), 179–186. <https://doi.org/10.23969/infomatek.v27i1.29618>
- Riyanto, J., Sunarto, S., Hertanto, B. S., Cahyadi, M., Hidayah, R., dan Sejati, W. 2017. Produksi dan kualitas susu sapi perah penderita mastitis yang mendapat pengobatan antibiotik. Sains Peternakan: Jurnal Penelitian Ilmu Peternakan, 14(2), 30-41. <https://doi.org/10.20961/sainspet.v14i2.4352>
- Rizki, Z., Fitriana, F., dan Jumadewi, A. 2022. Identifikasi jumlah angka kuman pada dispenser metode tpc (*total plate count*). Jurnal SAGO gizi dan kesehatan, 4(1), 38-43.
- Sabil, S., Amin, M., Maruddin, F., Musawa, L. O. R., Taggo, S., dan Arief, F. A. 2025. Kajian sifat fisikokimia susu pasteurisasi dengan penambahan sari kurma (*Phoenix dactylifera* L). Jurnal Peternakan Lokal, 7(2), 107-115.
- Saramban, M. D., dan Purwani, E. 2018. Perbedaan jumlah mikrobial, viskositas, pH, dan total asam selai pepaya pada suhu ruang dan suhu *refrigerator* selama penyimpanan (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Satria, A. T., Erina, A., dan Winarso, A. 2019. Profil kualitas susu segar di kecamatan dau, Kabupaten Malang. Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian, 3(2), 150-158.
- Setiadi, O. Y., Sumarmono, J., dan Setyawardani, T. 2023. Pengaruh penambahan whey protein concentrate terhadap viskositas, sineresis dan water holding

- capacity yogurt susu sapi rendah lemak. *Bulletin of Applied Animal Research*, **5**(1), 6-18. <https://doi.org/10.36423/baar.v5i1.1153>
- Siddique, F. 2016. Effect of storage temperature on the physiochemical properties of UHT milk. *International Journal of Food and Allied Sciences*. DOI:10.21620/ijfaas.2016252-57
- Suciati, F., and Safitri, L.S. 2021. Pangan fungsional berbasis susu dan produk turunannya. *Journal of Sustainable Research In Management of Agroindustry (SURIMI)*, **1**(1): 13–19.
- Suharto, E. L. S., Kurnia, Y. F., dan Purwati, E. 2021. Total bakteri asam laktat, total plate count, dan total asam tertitiasi pada susu kambing fermentasi dengan penambahan sari wortel selama penyimpanan dingin. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, **23**(2), 102–107. <https://doi.org/10.25077/jpi.23.2.102-107.2021>
- Sulmiyati, S., Ali, N., and Marsudi, M. 2016. Study on physical quality of milk of peranakan ettawa goat using different pasteurization methods. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan*, **4**(3), 130-134.
- Triardianto, D., Choirun, A. U., Adhamatika, A., Wibisono, Y., dan Surateno, S. 2024. Evaluasi nilai nutrisi, cemaran bakteri, dan cemaran logam pada susu pasteurisasi hasil commissioning teaching factory pengolahan susu Politeknik Negeri Jember. *Oryza: Jurnal Pendidikan Biologi*, **13**(1), 54-59. <https://doi.org/10.33627/oz.v13i1.1493>
- Wahyuningsih, W., dan Pazra, D. F. 2022. Kualitas fisik, kimia, mikrobiologi susu sapi pada peternakan sapi perah di Kecamatan Caringin Kabupaten Bogor: *Jurnal Agroekoteknologi Dan Agribisnis*, **6**(1), 1-16. <https://doi.org/10.51852/jaa.v6i1.532>
- Wati, R., Rianto, M.R., Nurhidayat, N., dan Nurlinda, L. 2022. Analisis pemanis sakarin dalam susu kedelai yang diperjualbelikan di supermarket Kota Makassar. *Jurnal Medika*, **7**(1): 1–7.
- Wibisono, R. A., dan N. Bintoro. 2022. Kinetika perubahan kualitas bawang merah (*Allium cepa L.*) varietas tajuk dibawah pengaruh edible coating dan suhu ruang penyimpanan. *Jurnal Agroiditek*. **16**(3): 432–438.
- Wibisono, M. A. W. A. S. M. P. Y. B., Abduh, S. B. M., dan Pramono, Y. B. 2016. Perubahan total bakteri, pH, dan melanoidin susu selama pemanasan suhu 70° C. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, **5**(1), 23-27.
- Wijanarko, I., Prayitno, E., dan Hartanto, R. 2023. Kualitas fisik susu segar pada peternakan sapi perah rakyat di Kecamatan Mijen Kota Semarang.

AGROMEDIA: Berkala Ilmiah Ilmu-ilmu Pertanian, **41**(2), 236-248.
<https://doi.org/10.47728/ag.v41i2.446>

- Wittwer, M., Hammer, P., Runge, M., Valentin-Weigand, P., Neubauer, H., Henning, K., and Mertens-Scholz, K. 2022. Inactivation kinetics of *Coxiella burnetii* during high-temperature short-time pasteurization of milk. *Frontiers in microbiology*, 12, 753871.
- Wulandari, D. C., Nurdiana, N., dan Rahmi, Y. 2016. Identifikasi kesempurnaan proses pasteurisasi ditinjau dari total bakteri serta kandungan protein dan laktosa pada susu pasteurisasi kemasan produksi pabrik dan rumah tangga di Kota Batu. *Majalah Kesehatan*, 3(3), 144-151.
- Wulandari, E., Putranto, W. S., Gumilar, J., Suryaningsih, L., Pratama, A., dan Anggaini, T. K. 2022. Kecepatan pertumbuhan spesifik bakteri asam laktat dengan ekstrak kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.) sebagai studi awal produksi flavored yogurt. *Jurnal Agripet*, 22(1), 72-78.
- Yulaikah, S., Primiani, C. N., dan Hidayati, N. R. 2016. Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap kadar lemak susu sapi murni. In *Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek)* (pp. 136-141).
- Yulmila, Y., Rahmanda, S., dan Agustina, E. 2022, June. Eksperimen penggunaan bahan tambahan pangan (btp) untuk meningkatkan kualitas yogurt sari buah. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi, Teknologi dan Kependidikan* (Vol. 9, No. 2, pp. 208-216).
- Ziyaina, Mohamed; Govindan, Byju N.; Rasco, Barbara; Coffey, Todd; Sablani, Shyam S. 2018. Monitoring shelf life of pasteurized whole milk under refrigerated storage conditions: predictive models for quality loss. *Journal of Food Science*, -. doi:10.1111/1750-3841.13981.