

**UJI KUALITAS SUSU SAPI SEGAR BERDASARKAN VARIASI SUHU
DAN JENIS WADAH PENYIMPANAN YANG BERBEDA**

SKRIPSI

**Oleh:
ISMATUL MUKARROMAH
NIM. 210602110101**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**UJI KUALITAS SUSU SAPI SEGAR BERDASARKAN VARIASI SUHU
DAN JENIS WADAH PENYIMPANAN YANG BERBEDA**

SKRIPSI

**Oleh:
ISMATUL MUKARROMAH
NIM. 210602110101**

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**UJI KUALITAS SUSU SAPI SEGAR BERDASARKAN VARIASI SUHU
DAN JENIS WADAH PENYIMPANAN YANG BERBEDA**

SKRIPSI

**Oleh:
ISMATUL MUKARROMAH
NIM. 210602110101**

**telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal: 11...JUNI.2025.**

Pembimbing I



**Ir. Hj. Liliek Harianie A.R., M.P.
NIP. 19620901 199803 2 001**

Pembimbing II



**Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I.
NIDT. 20140201409**

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Biologi
DIN Maulana Malik Ibrahim Malang,**



**Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002**

**Uji Kualitas Susu Sapi Segar Berdasarkan Variasi Suhu dan Jenis Wadah
Penyimpanan Yang Berbeda**

SKRIPSI

Oleh:
ISMATUL MUKARROMAH
NIM. 210602110101

Telah dipertahankan
Di depan Dewan penguji Skripsi dan dinyatakan diterima
sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains (S. Si)
Tanggal: 17 Juni2025

Ketua Penguji	: Prof. Dr. Ulfah Utami, M. Si NIP. 19650509 199903 2 002	(.....)
Anggota Penguji I	: Prilya Dewi Fitriasai, M. Sc NIP. 19900428 202321 2 037	(.....)
Anggota Penguji II	: Ir. Liliek Harianie A.R, M.P NIP. 19620901 199803 2 001	(.....)
Anggota Penguji III	: Dr. M. Mukhlis Fahrudin. M.S.I. NIDT. 20140201409	(.....)

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Biologi



Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala limpahan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat. Dengan rasa bangga, karya ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ibunda Halimatus Sakdiyah dan Abah Muhlis yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk bisa menggapai cita-citanya duduk di bangku perkuliahan. Terimakasih sudah menemani, mendoakan, memberi dukungan, dan semangat serta memfasilitasi penulis, sehingga penulis bisa sampai ditahap ini. Beliau tidak merasakan bangku perkuliahan, namun beliau mengusahakan yang terbaik untuk anak perempuan pertamanya.
2. Kepada panutanku Ibu Halimatus Sakdiyah, terimakasih banyak atas kerja kerasnya selama ini, dan sudah mengusahakan yang terbaik untuk anak perempuannya. Tanpa beliau, mungkin penulis tidak bisa sampai ditahap ini. Sekali lagi, terimakasih atas perjuangannya, doa-doanya, dukungannya, dan semangat yang beliau berikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
3. Kepada adik penulis, Amir Sulton Mukhlis. Terimakasih sudah menjadi teman curhat di rumah, bisa menghibur dan memberi semangat kepada penulis disaat penulis sudah merasa capek dan lelah.
4. Kepada kakak-kakak sepupu saya yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu. Terimakasih sudah menemani, menjaga, dan membantu penulis, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
5. Keluarga besar HJ. Syafiah. Terimakasih atas bantuan, dukungan, dan doa bagi penulis.
6. Kepada Nuril Fatihatul Laila. Terimakasih sudah menjadi tempat keluh kesah penulis. Terimakasih sudah mendengarkan, memberi arahan bagi penulis
7. Kepada sahabat penulis di perantauan, Uswatun Hasanah dan Siti Aminatus Sakdiya Makrufa. Terimakasih sudah menemani penulis dan menjadi keluarga penulis di Kota Malang.
8. Kepada teman-teman dan sahabat-sahabat penulis yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu, terimakasih atas bantuan, dukungan bagi penulis. Tanpa kalian, penulis tidak bisa ditahap ini.

9. Kepada diri saya sendiri, Ismatul Mukarromah. Terimakasih atas kerja samanya selama ini dan sudah bertahan, sehingga penulis tetap semangat dan tidak menyerah dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Terakhir, kepada jodoh saya. Siapapun yang telah Allah takdirkan untuk penulis, terimakasih sudah menjadi alasan penulis untuk bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ismatul Mukarromah
NIM : 210602110101
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul : Uji Kualitas Susu Sapi Segar Berdasarkan Variasi Suhu
dan Jenis Wadah Penyimpanan Yang Berbeda

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, dan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar Pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, Mei 2025
Yang membuat pernyataan,



Ismatul Mukarromah
NIM. 210602110101

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tapi pengutipan hanya dapat dilakukan dengan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

MOTTO

“Langkah kecil hari ini adalah awal dari pencapaian besar di masa depan”

“Mungkin jalannya tidak mudah, tapi setiap langkah adalah bukti bahwa aku tidak
menyerah”

Ismatul Mukarromah

Uji Kualitas Susu Sapi Segar Berdasarkan Variasi Suhu dan Jenis Wadah Penyimpanan Yang Berbeda

Ismatul Mukarromah, Liliek Harianie, M. Mukhlis Fahrudin

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Susu sapi segar merupakan bahan pangan yang kaya akan nutrisi, namun sangat rentan mengalami kerusakan akibat kontaminasi mikroorganisme apabila tidak disimpan dengan tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan jenis wadah penyimpanan terhadap mutu fisikokimia dan mikrobiologis susu sapi segar. Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor perlakuan, yaitu jenis kemasan (kantong plastik *Polyethylene*/PE dan botol plastik *Polyethylene Terephthalate*/PET) dan suhu penyimpanan (4°C, 10°C, dan 15°C). Parameter yang dianalisis meliputi pH, kadar lemak, protein, laktosa, serta jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu 4°C dengan wadah PET mampu mempertahankan kualitas susu lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Wadah PET juga lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme selama masa penyimpanan. Penelitian ini menegaskan pentingnya pemilihan suhu dan jenis kemasan dalam menjaga mutu susu segar yang aman dan layak dikonsumsi.

Kata kunci: Susu sapi segar, Suhu penyimpanan, Jenis wadah, *Staphylococcus aureus*, Kualitas mikrobiologis

Fresh Cow Milk Quality Test Based on Temperature Variation and Different Types of Storage Containers

Ismatul Mukarromah, Liliek Harianie, M. Mukhlis Fahrudin

Biology Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRACT

Fresh cow milk is a food ingredient that is rich in nutrients, but is very susceptible to damage due to microorganism contamination if not stored properly. This study aims to determine the effect of temperature and type of storage container on the physicochemical and microbiological quality of fresh cow milk. The study was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with two treatment factors, namely the type of packaging (Polyethylene/PE plastic bags and Polyethylene Terephthalate/PET plastic bottles) and storage temperature (4°C, 10°C, and 15°C). The parameters analyzed included pH, fat content, protein, lactose, and the number of *Staphylococcus aureus* bacterial colonies using the *Total Plate Count* (TPC) method. The results showed that storage at 4°C with PET containers was able to maintain milk quality better than other treatments. PET containers were also more effective in inhibiting the growth of microorganisms during storage. This study emphasizes the importance of choosing the right temperature and type of packaging in maintaining the quality of fresh milk that is safe and suitable for consumption.

Keywords: Fresh cow's milk, Storage temperature, Type of container, *Staphylococcus aureus*, Microbiological quality

اختبار جودة الحليب البقري الطازج بناءً على اختلاف درجات الحرارة وأنواع أوعية التخزين

اسماتول المكزّمة، ليليك هارياني، م. مخلص فخر الدي

برنامج دراسة الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج

الملخص

يُعد الحليب البقري الطازج من المواد الغذائية الغنية بالعناصر الغذائية، إلا أنه عرضة للتلف بسهولة بسبب تلوثه بالكائنات الدقيقة إذا لم يُخزن بطريقة صحيحة. يهدف هذا البحث إلى معرفة تأثير درجة الحرارة ونوع وعاء التخزين على الجودة الفيزيائية والكيميائية بعاملين تجريبيين، وهما نوع (RAL) والميكروبيولوجية للحليب البقري الطازج. تم إجراء البحث باستخدام التصميم العشوائي الكامل ودرجة حرارة التخزين (4°م)، (PET) وزجاجة بلاستيكية من بولي إيثيلين تيريفالات PE كيس بلاستيكي من البولي إيثيلين) العبوة ، نسبة الدهن، البروتين، اللاكتوز، وعدد مستعمرات بكتيريا (pH) 10°م، و15°م). وتشمل المعايير التي تم تحليلها: درجة الحموضة ، أظهرت نتائج الدراسة أن التخزين بدرجة حرارة (TPC) باستخدام طريقة العد الكلي للأطباق *Staphylococcus aureus* كانت أكثر فاعلية PET يحافظ على جودة الحليب بشكل أفضل مقارنة بالمعالجات الأخرى. كما أن عبوة PET 4°م في عبوة في الحد من نمو الكائنات الدقيقة خلال فترة التخزين. يؤكد هذا البحث على أهمية اختيار درجة الحرارة ونوع العبوة للحفاظ على جودة الحليب الطازج ليكون آمناً وصالحاً للاستهلاك.

الكلمات المفتاحية: حليب البقر الطازج، درجة حرارة التخزين، نوع العبوة، المكورات العنقودية الذهبية، الجودة الميكروبيولوجية

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Bismillahirrohmanirrohiim, segala puji kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Uji Kualitas Susu Sapi Segar Berdasarkan Variasi Suhu dan Jenis Wadah Penyimpanan Yang Berbeda”. Shalawat serta salam selalu turunkan kepada Sang Mahkota Alam Nabi Muhammad SAW, semoga kita termasuk ummatnya di hari akhir kelak, aamiin.

Berkat bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak maka penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tak terkira khususnya kepada:

1. Prof. Dr. Zainuddin, M.A, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P. selaku Ketua Program Studi Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ir. Hj. Liliek Haranie, AR. MP dan Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I selaku dosen pembimbing I dan II, yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dalam meluangkan waktu untuk membimbing penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Ibu Prihya Dewi Fitriyani, M. Sc selaku dosen wali yang telah memberikan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
6. Seluruh bapak ibu dosen beserta staf Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membantu penulis dalam proses perkuliahan dan penelitian.
7. Bapak Mukhlis dan Ibu Halimatus Sakdiyah selaku ayah dan ibu yang senantiasa memberikan doa dan semangat kepada penulis.

Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari betul bahwa penyusunan proposal skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik, saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan oleh penulis untuk laporan kepenulisan yang lebih baik. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 21 Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	vii
MOTTO	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	x
الملخص.....	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I.....	Error! Bookmark not defined.
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	10
1.3 Tujuan Penelitian.....	10
1.4 Hipotesis	11
1.5 Batasan Masalah.....	10
BAB II.....	13
TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Penggunaan Bakteri dalam Perspektif Islam	13
2.2 Susu Sapi	13
2.2.1 Kandungan dalam Susu Sapi	14
2.2.2 Kualitas Susu berdasarkan SNI	17
2.3 Susu Segar	20
2.4 Penyimpanan Bahan Makanan	21
2.5 Pertumbuhan Bakteri	22
2.6 Kerusakan Susu Sapi	23
2.7 Bakteri Gram Positif dan Negatif	24
2.8 <i>Staphylococcus aureus</i>	Error! Bookmark not defined.
2.9 Media Mannitol Salt Agar (MSA).....	28
2.10 Identifikasi <i>Staphylococcus aureus</i>	29

2.10.1 Isolasi Bakteri.....	28
2.10.2 Pewarnaan Gram	30
2.10.3 Uji Katalase	30
2.11 Lactoscan.....	31
BAB III	Error! Bookmark not defined.
METODE PENELITIAN.....	32
3.1 Rancangan Penelitian	32
3.2 Variabel Penelitian.....	30
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	33
3.4 Alat dan Bahan	33
3.4.1 Alat	33
3.4.2 Bahan.....	34
3.5 Prosedur Penelitian.....	32
3.5. 1 Pengambilan Sampel	32
3.5.2 Pengujian Lactoscan.....	32
3.5.3 Pembuatan Media MSA	32
3.5.4 Pembuatan Media Larutan Pengencer	33
3.5.5 Sterilisasi Alat dan Bahan	33
3.5.6 Pengenceran dan Penanaman Sampel	34
3.5.7 Perhitungan Jumlah Koloni	35
3.6 Identifikasi <i>Staphylococcus aureus</i>	38
3.6.1 Pewarnaan Gram	38
3.6.2 Uji Katalase	36
3.8 Analisis Data	36
BAB IV	37
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Kualitas Kimia Susu Segar.....	37
4.1.1 Nilai pH Susu Segar.....	37
4.1.2 Kadar Lemak Susu Segar	40
4.1.3 Kadar Proten Susu Segar.....	42
4.1.4 Kadar Laktosa Susu Segar.....	45
4.2 Kualitas Mikrobiologis Susu Segar	48
4.3 Pembahasan Hasil Penelitian (Kualitas Susu) dalam Perspektif Islam	53
BAB V.....	56
PENUTUP.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57

LAMPIRAN 66

DAFTAR TABEL

2.1	Komponen susu sapi segar.....	14
2.2	Syarat mutu susu segar.....	17
4.1	Rata-rata nilai pH susu segar berdasarkan variasi suhu dan jenis wadah penyimpanan yang berbeda.....	37
4.2	Rata-rata nilai kadar lemak susu segar berdasarkan variasi suhu dan jenis wadah penyimpanan yang berbeda.....	40
4.3	Rata-rata nilai kadar protein susu segar dengan variasi suhu dan jenis wadah penyimpanan yang berbeda.....	43
4.4	Rata-rata nilai kadar laktosa susu segar dengan variasi suhu dan jenis wadah penyimpanan yang berbeda.....	46
4.5	Identifikasi <i>Staphylococcus aureus</i> yang terdapat pada susu segar setelah dilakukan penyimpanan dengan variasi suhu dan jenis wadah penyimpanan yang berbeda.....	49
4.6	Rata-rata cemaran <i>Staphylococcus uareus</i> dari susu segar berdasarkan variasi suhu dan jenis wadah penyimpanan yang berbeda.....	50

DAFTAR GAMBAR

2.1 Perbedaan dinding sel bakteri gram positif dan negative.....	21
2.2 Pewarnaan gram.....	22
2.3 Morfologi <i>Staphylococcus aureus</i>	23
2.4 Positif uji katalase.....	26
2.5 Uji gula mannitol dan glukosa.....	27
2.6 Lactoscan.....	28

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Susu merupakan salah satu bahan pangan yang memiliki kandungan gizi tinggi seperti protein, lemak, vitamin, dan mineral penting. Rohman dan Maharani (2020) menyatakan bahwa susu mengandung asam amino esensial dengan daya cerna yang baik, sehingga menjadi sumber nutrisi yang unggul. Pazla dkk. (2023) juga menjelaskan bahwa susu memberikan energi karena mengandung zat gizi lengkap, termasuk karbohidrat, lemak, protein, vitamin, serta mineral seperti magnesium, zat besi, kalium, natrium, dan seng.

Susu merupakan minuman bergizi yang dikonsumsi oleh berbagai kelompok usia karena mengandung komponen penting seperti kalori, protein, lemak, laktosa, zat besi, kalsium, dan vitamin A yang berperan dalam mendukung pertumbuhan, perkembangan, serta menjaga kesehatan tubuh (Navyanti & Retno, 2015). Peranannya sangat penting, terutama pada masa pertumbuhan anak. Namun, susu juga bersifat mudah rusak dan rentan terhadap kontaminasi mikroorganisme jika tidak ditangani secara higienis, sehingga dapat membahayakan kesehatan konsumen, terutama melalui gangguan pencernaan atau penyakit akibat bakteri patogen (Navyanti F & Retno A, 2015).

Jawa Timur memiliki populasi sapi terbanyak di Indonesia yaitu sebanyak 4.637.970 ekor sapi menurut data BPS (2019). Kelahiran sapi cukup banyak terjadi di daerah Jawa Timur seperti di Pulau Madura. Madura memberikan kontribusi populasi ternak sapi sebanyak 1.004.226 ekor sapi dan pada Kabupaten Bangkalan sendiri berkontribusi dan menyumbangkan populasi ternak sapi sebanyak 226.897 ekor (Purwasari, dkk. 2023). Kabupaten Bangkalan adalah daerah kedua terbesar

setelah Kabupaten Sumenep dalam hal produksi ternak sapi di Madura (Purwasari dkk., 2023). Keberhasilan ini diduga karena karakteristik unik dan semangat berwirausaha yang dimiliki oleh para peternak sapi di Bangkalan (Fauziyah dkk, 2015).

Susu Sari Maduratna (SM) yang berlokasi di Ketengan, Kabupaten Bangkalan, didistribusikan dalam bentuk susu segar murni bukan susu yang sudah di pasteurisasi. Hal ini dikarenakan Sari Maduratna (SM) mengedepankan dan mengutamakan kualitas susu murninya. Pemilik susu Sari Maduratna juga mengatakan bahwa hal tersebut bukan permintaan konsumen, melainkan dari SM sendiri. Susu sudah disebutkan dalam QS: Al-Maidah [5]: 88 sebagai berikut:

وَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبَاتٍ وَأَتُوا اللَّهَ الَّذِي أَنْتُمْ بِهِ مُؤْمِنُونَ

Artinya: *“Makanlah apa yang telah Allah anugerahkan kepadamu sebagai rezeki yang halal lagi baik, dan bertakwalah kepada Allah yang hanya kepada-Nya kamu beriman,”* (QS. Al-Maidah [5]: 88).

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah memerintahkan para hamba-Nya untuk mengonsumsi apa yang telah dianugerahkan kepada mereka, yaitu makanan yang halal dan juga baik. "Halal" di sini merujuk pada makanan yang diperbolehkan serta cara mendapatkannya sesuai dengan ketentuan. Sementara itu, "baik" merujuk pada fungsinya, yaitu yang memiliki manfaat dan keuntungan bagi tubuh, seperti nutrisi, vitamin, protein, dan lain-lain. Makanan yang tidak baik tidak hanya minim kandungan gizi, namun juga dapat membahayakan kesehatan jika dikonsumsi. Susu adalah salah satu sumber makanan utama yang secara alami halal, namun harus dipastikan halal dan baik dari proses pengolahan hingga saat dikonsumsi.

Susu merupakan bahan makanan yang sempurna, yang memiliki kandungan gizi yang tinggi sehingga membuat susu menjadi sumber media bagi pertumbuhan bakteri (Wiranti dkk, 2022). Bakteri yang terdapat dalam susu memiliki laju

pertumbuhan yang tinggi dan dapat dengan mudah menyebabkan kerusakan pada susu apabila tidak ditangani secara tepat (Wulandari dkk., 2020). Menurut Hariono dkk. (2021), proses kontaminasi bakteri pada susu dimulai sejak tahap pemerahan dan terus berlanjut hingga tahap konsumsi. Kondisi ini menyebabkan susu mentah memiliki masa simpan yang sangat terbatas, yaitu sekitar 4 jam pada suhu ruang. Oleh karena itu, untuk memperpanjang masa simpannya, susu umumnya disimpan dalam lemari pendingin atau freezer (Wulandari dkk, 2017).

Penyimpanan susu dapat dilakukan pada suhu ruang yang steril, atau suhu dingin seperti suhu refrigerator dan freezer. Pengaturan suhu ini berperan penting dalam menghambat kerusakan atau pembusukan bahan pangan (Nababan dkk, 2014). Kerusakan susu ditandai dengan perubahan warna dan bau (Suardana dan Swacita, 2009). Menurut Amanah dkk (2013), susu akan bertahan lebih lama jika disimpan dalam freezer.

Penelitian yang dilakukan oleh Hudaya (2002) menunjukkan bahwa proses pembekuan susu dapat menyebabkan gangguan pada stabilitas emulsi lemak, serta memicu terjadinya perubahan sifat fisik dan kimia dalam susu. Sementara itu, menurut Gaman dan Sherrington (1994), berbagai jenis bakteri mampu hidup dan berkembang di lingkungan dengan suhu tertentu, yang dikelompokkan menjadi tiga kategori: bakteri psikrofilik yang tumbuh pada suhu di bawah 20°C, bakteri mesofilik yang tumbuh pada kisaran suhu 20°C hingga 45°C, dan bakteri termofilik yang berkembang pada suhu di atas 45°C.

Susu merupakan bahan pangan yang kaya akan zat gizi dan memiliki berbagai manfaat penting bagi tubuh, sehingga memerlukan metode penyimpanan yang mampu menjaga kualitas susu serta kandungan nutrisinya. Daya simpan susu, atau

yang dikenal sebagai masa simpan, merujuk pada rentang waktu sejak produk diproduksi dan dikemas hingga mencapai batas waktu tidak layak konsumsi. Menurut Yulaikah dkk (2016), masa simpan suatu produk sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tempat penyimpanan, baik itu untuk makanan, minuman, maupun produk lainnya. Sistem penyimpanan yang ideal adalah yang memungkinkan pengaturan faktor-faktor seperti suhu dan kelembaban, sehingga kandungan gizi dalam bahan yang disimpan dapat tetap terjaga (Asiah dkk, 2020).

Penyimpanan bahan pangan, baik yang berbentuk padat maupun cair, idealnya dilakukan pada suhu rendah untuk memperlambat laju pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menyebabkan kerusakan (Asiah dkk, 2020). Seiring waktu penyimpanan dalam lemari pendingin, kualitas susu cenderung menurun akibat aktivitas bakteri psikofilik yang tetap berlangsung meskipun pada suhu rendah. Dalam penelitian ini, susu segar disimpan pada suhu 4°C, 10°C, dan 15°C di dalam refrigerator. Hal ini didasarkan pada standar umum penyimpanan bahan pangan seperti susu, yang biasanya dilakukan pada suhu di bawah 10°C, dengan suhu optimal sekitar 4°C (Putri, 2016).

Pemilihan suhu penyimpanan 4°C, 10°C, dan 15°C didasarkan pada karakteristik pertumbuhan mikroorganisme serta prinsip dasar penyimpanan bahan pangan yang bersifat mudah rusak seperti susu. Suhu 4°C dipilih karena termasuk dalam kisaran suhu *chilling* yang terbukti paling efektif dalam memperlambat laju pertumbuhan mikroorganisme, khususnya bakteri psikofilik yang masih dapat tumbuh namun sangat lambat. Suhu ini merupakan standar umum untuk penyimpanan susu di lemari pendingin (refrigerator) agar kualitas gizi dan keamanan mikrobiologis tetap terjaga (Putri, 2016).

Suhu 10°C termasuk dalam rentang suhu dingin namun tidak optimal untuk menekan pertumbuhan bakteri secara maksimal. Pemilihan suhu ini dimaksudkan untuk melihat perbandingan efek penyimpanan pada suhu yang masih relatif rendah namun kurang ideal. Sementara itu, suhu 15°C mendekati batas atas kategori *cooling* dan digunakan untuk menguji ketahanan susu pada suhu yang lebih tinggi namun masih di bawah suhu ruang, untuk mengevaluasi sejauh mana kualitas susu mulai mengalami penurunan signifikan dari sisi kimia dan juga mikrobiologi (Gaman & Sherrington, 1994).

Selain faktor suhu, jenis wadah penyimpanan juga berperan penting dalam menjaga kualitas susu selama masa penyimpanan. Interaksi antara suhu dan jenis wadah penyimpanan ini mempengaruhi stabilitas fisik, kimia, dan mikrobiologis susu. Wadah plastik berbahan *Polyethylene* (PE) yang umum digunakan untuk susu segar, memiliki konduktivitas termal rendah dan tingkat ketahanan yang kurang terhadap cahaya dan juga oksigen, sehingga pada suhu ruang lebih cepat mengalami degradasi kualitas. Namun, untuk wadah berbahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) seperti botol plastik memiliki ketahanan mekanis dan sifat penghalang yang lebih baik terhadap oksigen dan juga sinar UV, sehingga lebih efektif dalam menjaga kestabilan suhu internal dan menekan oksidasi serta pertumbuhan mikroba, terutama pada penyimpanan yang lebih tinggi (Ambarsari dkk, 2013).

Susu sapi yang digunakan pada penelitian ini dikemas ke dalam dua wadah penyimpanan yaitu wadah plastik dan juga botol plastik. Wadah plastik tersebut merupakan wadah yang digunakan oleh susu Sari Maduratna untuk dijual ke konsumen. Wadah plastik yang digunakan oleh Sari Maduratna yaitu jenis plastik *Polyethylene* (PE). Kemasan plastik jenis *Polyethylene* (PE) untuk susu sapi murni

dipilih karena sejumlah keunggulan yang mendukung kualitas dan keamanan produk. Ambarsari dkk (2013) mengatakan bahwa kemasan PE berfungsi baik dalam melindungi susu dari kontaminasi mikroba, dan juga untuk menjaga kesegaran serta keamanan susu. Selain itu, kemasan ini dapat mengurangi interaksi antara susu dengan oksigen dan cahaya, yang dapat berdampak negatif pada kualitas susu baik secara kimia maupun sensoris (Ambarsari dkk, 2013).

Awalnya Sari Maduratna menggunakan wadah botol plastik, namun ada beberapa konsumen yang komplain terkait adanya botol yang masih kotor, SM menggunakan wadah plastik. Hal ini dikarenakan penjual kurang steril dalam membersihkan botolnya. Oleh karena itu, Dinas Lingkungan melarang Sari Maduratna untuk menggunakan botol dan diganti dengan plastik. Penggunaan plastik susu sapi lebih mudah didapatkan karena plastik digunakan untuk bahan pengemas makanan atau minuman apa saja (Yanti dkk, 2008). Selain kemasan plastik jenis *Polyethylene* (PE), penelitian ini juga menggunakan kemasan botol plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET).

Botol plastik berbahan PET yang digunakan untuk penyimpanan susu di dalam refrigerator memiliki keunggulan dalam mempertahankan kualitas susu sapi segar selama penyimpanan. Keunggulan tersebut dapat menghambat pertumbuhan bakteri, sehingga memperpanjang masa simpan susu (Teme dkk, 2021). Khotimah dkk (2021) juga mengatakan bahwa kemasan botol berbahan PET memiliki beberapa keunggulan seperti struktur yang kuat, transparan, tahan terhadap minyak, gas, dan juga sinar UV. Keunggulan tersebut membuat botol PET mampu mencegah perubahan aroma serta masuknya kontaminan dari luar, termasuk mikroorganisme.

Selain suhu dan jenis wadah penyimpanan, faktor lain yang tidak kalah penting adalah lama penyimpanan. Dalam penelitian ini, susu disimpan selama tiga hari dan dilakukan pengujian pada hari ke-0, ke-1, dan ke-3 untuk mengetahui perubahan jumlah bakteri *Staphylococcus aureus* selama penyimpanan. Hari ke-0 digunakan sebagai titik awal atau baseline, sedangkan hari ke-1 dan ke-3 digunakan untuk melihat dinamika pertumbuhan bakteri. Penelitian Wulandari et al. (2017) menunjukkan bahwa jumlah total bakteri dalam susu meningkat signifikan pada hari ketiga penyimpanan meskipun disimpan dalam kondisi dingin. Afandi et al. (2024) juga menyatakan bahwa penyimpanan susu sapi segar selama tiga hari menyebabkan peningkatan jumlah mikroba dan perubahan komposisi kimia seperti kadar lemak dan laktosa. Oleh karena itu, pemilihan interval waktu ini sangat relevan untuk menggambarkan kondisi penyimpanan susu di lapangan secara realistis.

Susu sapi adalah jenis susu yang paling sering dikonsumsi oleh masyarakat karena biayanya yang cukup terjangkau. Susu sapi dapat ditemukan tidak hanya dalam bentuk produk olahan, namun juga dalam kondisi segar. Susu segar dihasilkan dari ambing sapi yang bersih dan sehat. Susu ini memiliki bentuk cair dan didapatkan melalui proses pemerahan yang tepat, tanpa mengurangi atau mencampurkan kandungan alaminya, serta tidak melalui proses pengolahan lain kecuali pendinginan (Gelagar A, dkk. 2017).

Susu sapi segar merupakan salah satu sumber nutrisi yang penting bagi kesehatan, khususnya bagi anak-anak, karena mengandung berbagai zat gizi esensial. Namun demikian, susu segar juga berpotensi sebagai media pertumbuhan mikroorganisme patogen apabila tidak ditangani dengan benar. Sehingga, penting

untuk memastikan bahwa susu yang dikonsumsi telah memenuhi standar kebersihan dan kandungan gizi yang sesuai serta bebas dari kontaminasi fisik, kimia, dan biologis yang membahayakan kesehatan. Standar Nasional Indonesia (SNI) 3144.1:2011 telah menetapkan persyaratan mutu dan keamanan untuk susu segar, termasuk di antaranya parameter mikrobiologis dan kimiawi yang harus dipenuhi. Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Wardani dkk., (2020) susu murni yang langsung diperoleh dari sapi perah tanpa penambahan bahan aditif seperti pewarna atau pengawet, merupakan jenis susu yang paling ideal dikonsumsi karena lebih alami dan harganya relatif terjangkau.

Satu diantaranya potensi bahaya yang dapat ditemukan pada susu dan produk olahannya adalah kontaminasi mikrobiologis, terutama dari bakteri patogen. Penelitian yang dilakukan oleh Sugiri dan Anri (2014) menunjukkan bahwa sebanyak 83,56% sampel susu yang diuji mengandung bakteri *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, serta bakteri patogen lainnya (Herlina dkk., 2015). Secara alami, apabila proses pemerahan dilakukan dengan cara yang higienis dan berasal dari sapi yang sehat, jumlah mikroorganisme dalam susu tidak melebihi 5×10^3 /ml. Mengacu pada standar SNI 01-6366-2000, kandungan mikroba yang diperbolehkan dalam susu segar mencakup Total Plate Count (TPC) yang tidak melebihi 3×10^4 cfu/ml, kadar coliform maksimal 1×10^1 cfu/ml, serta batas untuk *Staphylococcus aureus* sebesar 1×10^1 cfu/ml. Sementara itu, keberadaan *Escherichia coli*, *Salmonella*, dan *Streptococcus* group B tidak diperkenankan sama sekali (0).

Penelitian ini berfokus pada keberadaan *Staphylococcus aureus* dalam susu sapi segar. Bakteri ini dikenal sebagai salah satu kontaminan utama yang sering

ditemukan dalam produk susu, dan telah dilaporkan berkontribusi terhadap penurunan kualitas kebersihan susu (Suwito, 2010). *S. aureus* memiliki kemampuan bertahan dalam kondisi asin karena toleransinya terhadap garam (Novitasari dkk., 2019), dan kehadirannya sering kali tidak menyebabkan perubahan fisik pada susu, sehingga sulit dikenali tanpa analisis laboratorium (Yazirin dkk., 2022). Kontaminasi dapat berasal dari sapi yang menderita mastitis, tangan pemerah yang tidak higienis, atau lingkungan kandang yang tidak bersih (Sipayung dkk., 2022).

Staphylococcus aureus merupakan bakteri patogen yang dapat menghasilkan enterotoksin penyebab keracunan makanan dengan gejala seperti mual, muntah, dan diare (Amalia dkk., 2016). Bakteri ini sering ditemukan sebagai kontaminan pada susu dan berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan (Sipayung dkk., 2022). Toksin yang dihasilkan *S. aureus* tahan terhadap panas dan dingin, serta dalam jumlah kecil sudah cukup menyebabkan keracunan (Gunawan dkk., 2022). Keberadaan bakteri ini sebanyak satu gram per 100 gram makanan dapat menimbulkan gejala keracunan serius (Yaniarti dkk., 2017).

Staphylococcus aureus merupakan salah satu bakteri patogen yang memiliki peran signifikan dalam kasus keracunan makanan di Indonesia maupun wilayah Asia. Pada tahun 2006, bakteri ini tercatat sebagai penyebab sekitar 23,5% kasus keracunan makanan di Indonesia (Maromon dkk., 2020). Bahkan di Asia, prevalensi infeksi akibat *S. aureus* mencapai hingga 70% pada tahun 2007. Pada tahun 2020, *S. aureus* kembali menjadi penyebab utama kejadian luar biasa (KLB) keracunan makanan di Indonesia, dengan kontribusi mencapai 30% dari seluruh kasus (Apriliansyah dkk., 2022). Salah satu contoh kasus di SDN Sangeh, Bali,

tahun 2011 menunjukkan keracunan akibat kontaminasi *S. aureus* pada makanan kantin sekolah (Suarjana & Agung, 2013). Gejala muncul dalam waktu kurang dari tiga jam dan dapat berakibat serius, bahkan kematian, seperti dilaporkan di Australia (Novitasari & Diptaningsari, 2022).

Penelitian ini berfokus pada bakteri *Staphylococcus aureus* yang mencemari susu segar pada suhu 4°C, 10°C dan 15 °C dengan 2 sampel susu yaitu susu segar menggunakan wadah plastik berbahan *Polyethylene* (PE) dan susu segar wadah botol plastik berbahan *Polyethylene Terephthalate* (PET). Sampel susu diambil dari salah satu peternak sapi perah di Ketengan, Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur. Sampel susu sapi segar yang telah dikemas ke dalam wadah plastik dan botol kemudian disimpan dalam refrigerator pada suhu 4°C, 10°C, dan 15°C selama tiga hari. Pengujian dilakukan pada hari ke-0, ke-1, dan ke-3 untuk mengetahui tingkat kontaminasi bakteri *Staphylococcus aureus* pada masing-masing sampel.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana kualitas mikrobiologis susu segar berdasarkan suhu dan wadah penyimpanan berbeda?
2. Bagaimana kualitas kimia susu segar yang meliputi pH, kadar lemak, protein dan laktosa berdasarkan suhu dan wadah penyimpanan yang berbeda?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Untuk mengetahui kualitas mikrobiologis susu segar berdasarkan suhu dan wadah penyimpanan yang berbeda
2. Untuk mengetahui kualitas kimia susu segar yang meliputi pH, kadar lemak, protein dan laktosa berdasarkan suhu dan wadah penyimpanan yang berbeda

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini, yaitu:

1. Terdapat pengaruh kualitas mikrobiologis susu segar berdasarkan suhu dan wadah penyimpanan yang berbeda
2. Terdapat pengaruh kualitas pH, kandungan lemak, protein dan laktosa pada susu segar berdasarkan suhu dan wadah penyimpanan yang berbeda

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini difokuskan pada kontaminasi bakteri *Staphylococcus aureus* dari susu segar yang belum melalui proses pasteurisasi dan disimpan dalam refrigerator pada suhu 4°C, 10°C, 15°C.
2. Jenis wadah yang digunakan untuk menyimpan susu adalah wadah plastik PE dan botol plastik PET.
3. Susu segar disimpan dalam refrigerator selama 3 hari dan dilakukan uji cemaran bakteri *Staphylococcus aureus* setiap hari ke 0, 1 dan 3.

4. Parameter kualitas susu yang diamati mencakup pH, kadar lemak, protein, dan laktosa, serta mutu mikrobiologis yang meliputi *Total Plate Count* (TPC) dan jumlah *S. aureus*
5. Sampel susu diperoleh dari salah satu peternakan sapi perah yang berada di wilayah Kabupaten Bangkalan, Provinsi Jawa Timur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penggunaan Bakteri dalam Perspektif Islam

Susu sapi segar banyak dikonsumsi karena harganya terjangkau dan mudah diperoleh serta memiliki nilai gizi yang baik untuk kesehatan (Satria dkk., 2019). Susu dapat menjadi media pertumbuhan mikroorganisme patogen jika tidak ditangani secara higienis. Dalam kehidupan sehari-hari, manusia membutuhkan kebutuhan primer maupun sekunder. Salah satu kebutuhan primer yang paling mendasar adalah makanan, yang harus dipenuhi untuk menjaga kelangsungan hidup dan kesehatan. Sebagai umat Islam kita memperoleh makanan atau minuman harus sesuai dengan syariat Islam (Fitriani, 2022).

Makanan halal adalah makanan yang tidak dilarang dalam ajaran Islam, baik dari segi zat maupun cara memperolehnya. Makanan dikatakan halal jika diperoleh dengan cara yang dibenarkan secara syariat, misalnya melalui hasil pertanian sendiri atau dibeli menggunakan harta yang didapat secara halal. Sebaliknya, cara memperoleh makanan yang tidak diperbolehkan, seperti mencuri, korupsi, atau berjudi, menjadikannya haram meskipun zatnya sendiri tergolong halal. Selain itu, aspek kehalalan juga dilihat dari zat yang terkandung dalam makanan, yakni tidak mengandung unsur yang diharamkan menurut hukum Islam (Fitriani, 2022). Salah satu contoh makanan yang halal dan bergizi adalah susu, yang dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan karena kandungan nutrisinya yang tinggi dan sifatnya sebagai pangan yang lengkap.

Penggunaan bakteri dalam pengolahan makanan, termasuk susu, dapat dikaji dalam perspektif Islam melalui prinsip halalan tayyiban. Dalam Islam, makanan yang dikonsumsi harus halal sesuai dengan syariat dan thayyib yang berarti baik,

bersih, serta bermanfaat bagi kesehatan. Bakteri dalam pengolahan susu, seperti *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium*, sering digunakan untuk fermentasi dalam pembuatan produk seperti yoghurt, kefir, dan juga keju (Faridah & Silvia, 2019). Proses fermentasi tidak hanya berperan dalam memperbaiki cita rasa dan tekstur produk, namun juga memberikan dampak positif bagi kesehatan, seperti membantu proses pencernaan serta meningkatkan daya tahan tubuh, yang sejalan dengan prinsip *toyyib*. Hal ini disebutkan dalam QS: Al-Baqarah ayat 168 sebagai berikut:

يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ مُّبِينٌ

Artinya: “*Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaitan; karena sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagimu*” (QS. Al-Baqarah: 168).

Tafsir al-Misbah menjelaskan bahwa ajakan untuk mengonsumsi makanan halal dalam ayat tersebut berlaku bagi seluruh umat manusia, terlepas dari apakah mereka beriman atau tidak. Namun demikian, tidak semua makanan yang halal otomatis dikategorikan sebagai *thayyib* (baik), dan sebaliknya, sesuatu yang dianggap *thayyib* belum tentu memenuhi kriteria halal, karena hal tersebut sangat tergantung pada situasi dan kondisi tiap individu. Makanan yang halal belum tentu cocok untuk semua orang, sementara makanan yang *thayyib* dari segi cita rasa atau penampilan belum tentu mengandung nilai gizi yang memadai. Oleh sebab itu, makanan yang disarankan adalah yang memenuhi kedua syarat tersebut, yaitu halal dan *thayyib*. Dalam pandangan Ibnu Katsir, *thayyib* adalah makanan yang tidak hanya baik tetapi juga aman untuk tubuh dan pikiran.

Ayat ini memerintahkan seluruh manusia untuk hanya mengonsumsi makanan yang halal (diizinkan oleh syariat) dan *thayyib* (baik, sehat, dan tidak membahayakan tubuh). Makanan yang *halalan toyyiban* bukan hanya memenuhi

aturan agama, namun juga bermanfaat secara fisik, emosional, dan spiritual. Dalam Islam, konsumsi yang baik ini juga menjadi sarana untuk mendekatkan diri kepada Allah dan juga menjaga kesehatan.

2.2 Susu Sapi

Susu merupakan cairan putih yang dihasilkan oleh mamalia betina, seperti sapi perah yang sehat, dan mengandung nutrisi lengkap dan seimbang yang bermanfaat untuk tubuh manusia (Wahyuningsih & Debby, 2022). Sebagai makanan utama bagi bayi sebelum diperkenalkan pada makanan padat, susu berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan kesehatan yang optimal. Selain dikonsumsi secara langsung, susu sapi juga dapat diolah menjadi berbagai produk turunan yang beragam, seperti yoghurt, mentega, keju, es krim, susu kental manis, dan susu bubuk, yang semuanya memiliki nilai gizi dan cita rasa yang diminati oleh berbagai kalangan masyarakat (Nurliyani, 2021).

Susu sapi memiliki berbagai jenis, antara lain susu segar, susu murni, susu pasteurisasi, dan susu sterilisasi (SK Dirjen Peternakan No. 17 Tahun 1983). Susu segar adalah susu yang baru diperah dan belum mengalami proses pemanasan. Sedangkan susu murni merupakan susu dari sapi sehat yang diperah dengan cara higienis tanpa penambahan atau pengurangan zat apapun (Trimintarsih & Yesy, 2022). Ciri khas susu segar adalah bau asam ringan yang berasal dari kandungan lemaknya; namun, apabila terkontaminasi mikroorganisme, bau susu dapat berubah menjadi lebih asam atau timbul bau tidak sedap akibat penyerapan bau dari lingkungan sekitar (Wicaksana & Lasmono, 2021).

2.2.1 Kandungan dalam Susu Sapi

Susu merupakan cairan yang kaya akan nutrisi penting seperti karbohidrat, protein, lemak, mineral, dan vitamin yang berperan dalam menjaga kesehatan dan kekuatan tubuh (Wahyuningsih & Debby, 2022). Protein dalam susu sangat berkontribusi terhadap fungsi tubuh yang optimal, sehingga konsumsi susu menjadi salah satu cara untuk meningkatkan kesehatan (Pramesthi dkk., 2015). Secara global, sapi menyumbang sekitar 85% produksi susu, diikuti oleh kerbau 11%, serta kambing dan domba masing-masing 2% (Manab dkk., 2021). Komponen susu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komponen Susu Sapi Segar

Komponen	Kandungan (%)
Air	87,7
Total padatan	12,6
Padatan bukan lemak	9
Lemak	3,6
Laktosa	4,9
Protein	3,4
Mineral	0,7

Sumber: (Purwadi, 2019)

Susu merupakan sumber gizi yang lengkap dan merupakan sumber protein hewani yang berkualitas tinggi bagi tubuh manusia. Meskipun memiliki banyak keunggulan nutrisi, susu sangat mudah mengalami kerusakan karena menjadi media yang ideal bagi pertumbuhan mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan kerusakan dan pembusukan (Wanniatie & Zuraida, 2015). Kerusakan susu ditandai

dengan perubahan warna dari warna aslinya dan baunya pun tidak khas seperti susu segar (Nababan dkk, 2014).

2.2.2 Kualitas Susu berdasarkan SNI

Susu berpotensi terkontaminasi oleh berbagai bakteri patogen seperti *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, dan *Staphylococcus aureus* yang dapat menimbulkan berbagai penyakit pada manusia (Sipayung dkk., 2022). Kontaminasi bakteri tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti infeksi saluran pernapasan, gangguan pencernaan, tuberkulosis, dan penyakit lainnya yang berdampak negatif pada kondisi tubuh. Sehingga, susu yang dikonsumsi harus memenuhi standar kebersihan dan keamanan pangan dengan tidak mengandung kontaminan berbahaya. Bahan-bahan yang terdapat dalam susu juga harus dipastikan aman untuk dikonsumsi agar tidak membahayakan kesehatan konsumen (Rumondor & Tamasoleng, 2021). Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas susu menurut Rumondor & Tamasoleng (2021), yaitu:

1. Kondisi kandang sapi memegang peran penting. Kandang yang baik dengan ventilasi memadai, sistem pengolahan limbah yang efektif, serta pencahayaan yang cukup akan mendukung produksi susu yang berkualitas
2. Kesehatan sapi sangat menentukan mutu susu yang dihasilkan. Sapi yang sehat tentunya menghasilkan susu yang lebih baik.
3. Kesehatan pemerah. Apabila pemerah dalam keadaan sakit, bakteri yang terbawa dapat mengontaminasi susu dan berdampak pada kesehatan sapi maupun kualitas susu

4. Aspek pemberian pakan juga sangat berpengaruh. Sapi yang mendapat asupan makanan bergizi secara teratur akan memproduksi susu dalam jumlah lebih banyak dan dengan mutu yang lebih baik. Jenis pakan juga perlu diperhatikan, karena dapat memengaruhi aroma dan rasa susu—misalnya, pakan berupa bawang merah dapat menyebabkan susu berbau tajam
5. Kebersihan tubuh hewan juga berperan penting. Sapi yang tidak bersih dapat menyebabkan susu terkontaminasi mikroorganisme, sehingga menurunkan kualitasnya.
6. Kebersihan peralatan pemerahan. Peralatan yang tidak higienis akan meningkatkan jumlah mikroba dalam susu.
7. Penyimpanan susu pada suhu tinggi atau suhu ruang umumnya menyebabkan peningkatan jumlah bakteri yang lebih signifikan dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu rendah.

Susu merupakan produk pangan yang memiliki rasa yang baik dan berkontribusi positif terhadap kesehatan, antara lain memperkuat tulang, mencegah beberapa jenis kanker, serta meningkatkan kesehatan mental (Saragih dkk., 2020). Persyaratan mutu susu segar telah diatur dalam SNI nomor 3144.1: 2011 yang mencakup aspek kandungan gizi serta keamanan pangan. Informasi rinci mengenai kandungan tersebut dapat dilihat pada (Tabel 2.2). Dalam standar ini, telah ditetapkan batasan-batasan penting, seperti syarat cemaran, kandungan mikroba maksimum, residu antibiotik, dan cemaran logam bahaya maksimal.

Tabel 2.2 Syarat Mutu Susu Segar

No.	Karakteristik	Satuan	Syarat
1	Berat jenis (pada suhu 27,5°C) minimum	g/ml	1,0270
2	Kadar lemak minimum	%	3,0
3	Kadar bahan kering tanpa lemak minimum	%	7,8
4	Kadar protein minimum	%	2,8
5	Warna, bau, rasa, kekentalan	-	Tidak ada perubahan
6	Derajat asam	°SH	6,0-7,5
7	Ph	-	6,3 – 6,8
8	Uji alkohol (70%) v/v	-	Negative
9	Cemaran mikroba, maksimum:		
	1. Total Plate Count	CFU/ml	1x10 ⁶
	2. Enterobacterial	CFU/ml	1x10 ³
10	Jumlah sel somatis maksimum	sel/ml	4x10 ⁵
11	Residu antibiotika (golongan penisilin, tetrasiklin, aminoglikosida, makrolida)	-	Negatif
12	Uji pemalsuan	-	Negatif
13	Titik beku	°C	-0,520 s.d 0,560
14	Uji peroxidase	-	Positif
15	Cemaran logam berat, maksimum		
	1. Timbal (Pb)	µg/ml	0,02
	2. Merkuri (Hg)	µg/ml	0,03
	3. Arsen (As)	µg/ml	0,1

(Sumber: SNI 3144.1:2011)

Tabel 2.3 Syarat mutu susu segar berdasarkan SNI 01-3141-1998 dan SNI No. 7388-2009

No.	Cemaran bakteri maksimum	SNI No. 01-3141-1998 dan SNI No. 7388-2009
1.	Total bakteri (TPC)	1.0 x 10 ⁶ CFU/ml
2.	MPN Coliform	20/ml
3.	MPN <i>E. coli</i>	<3/ml
4.	<i>Staphylococcus aureus</i>	1.0 x 10 ² /ml
5.	<i>E. coli</i> (patogen)	Negatif
6.	<i>Salmonella</i>	Negatif
7.	<i>Streptococcus</i> Grup B	Negatif

2.3 Susu Segar

Susu merupakan produk pangan yang sangat rentan mengalami kontaminasi mikroorganisme apabila tidak ditangani dan disimpan dengan baik. Hal ini disebabkan oleh kandungan gizi dalam susu yang tinggi menjadi faktor utama yang memfasilitasi pertumbuhan berbagai jenis mikroorganisme, baik yang bersifat patogen maupun tidak. Kontaminasi mikroba pada susu dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain hewan ternak (sapi perah), wadah penyimpanan, peralatan pemerahan, lingkungan (seperti udara dan debu), serangga (misalnya lalat), serta tangan manusia yang tidak higienis (Nopitasari dkk., 2021).

Susu yang baru diperoleh langsung dari proses pemerahan sapi dikenal sebagai *susu segar*. Susu segar ini belum mengalami penambahan air, tidak mengandung bahan kimia tambahan, dan bebas dari residu obat-obatan. Ciri fisik dari susu segar meliputi warna yang masih alami, aroma yang khas dan tidak menyengat, serta tekstur yang masih homogen. Selain itu, kandungan lemak alaminya masih utuh karena belum mengalami proses pengawetan atau pemanasan yang intensif, sehingga cita rasanya masih terjaga (Saragih dkk., 2020).

Susu merupakan produk pangan hewani yang diperoleh langsung dari proses pemerahan hewan ternak seperti sapi, kambing, dan hewan ruminansia lainnya. Produk ini tidak melalui proses pencampuran dengan bahan tambahan, baik itu air maupun zat kimia, sehingga masih mempertahankan kemurnian komposisi alaminya (Saragih dkk., 2020). Salah satu daerah penghasil susu segar utama di Indonesia adalah Provinsi Jawa Timur. Wilayah ini memiliki iklim dan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan kesehatan ternak perah, sehingga

menghasilkan susu dengan kualitas yang baik dan produksi yang stabil (Zuhriyah, 2010).

2.4 Penyimpanan Bahan Makanan

Penyimpanan makanan bertujuan untuk mencegah kerusakan dan mempertahankan mutu gizi. Secara umum, bahan pangan dibedakan menjadi dua kategori, yaitu pangan hewani dan pangan nabati. Pangan hewani berasal dari sumber hewan seperti susu, daging, dan produk turunannya, baik dari hewan darat maupun hewan akuatik (Prayitno & Hartanti, 2020). Sementara itu, pangan nabati meliputi hasil pertanian seperti sayuran, buah-buahan, dan biji-bijian (Calisia dkk, 2021). Zat gizi yang terdapat dalam bahan pangan memiliki peran krusial dalam mendukung aktivitas metabolisme tubuh manusia (Prayitno & Hartanti, 2020). Namun demikian, pangan tersebut mudah mengalami penurunan kualitas apabila tidak disimpan dengan metode yang sesuai.

Penyimpanan bahan pangan yang dilakukan secara tepat dapat membantu memperpanjang masa simpan makanan tersebut (Sulaiman, 2021). Berdasarkan suhu penyimpanannya, terdapat empat metode utama, yaitu penyimpanan sejuk (cooling) dengan suhu antara 10 hingga 15°C, penyimpanan dingin (*chilling*) pada rentang suhu 4 sampai 10°C, penyimpanan sangat dingin (*freezing*) pada suhu antara 0 hingga 4°C, serta penyimpanan beku (*frozen*) yang dilakukan pada suhu di bawah 0°C (Manoe dkk., 2019). Bahan makanan umumnya rentan terhadap kontaminasi jika tidak disimpan pada suhu di bawah 4°C. Faktor kebersihan, termasuk kebersihan peralatan dan ketidaksesuaian dalam metode penyimpanan, dapat meningkatkan risiko pertumbuhan *Staphylococcus aureus* (Wulandari dkk., 2017).

Oleh karena itu, produk pangan seperti susu memerlukan penanganan khusus, salah satunya melalui proses penyimpanan yang sesuai (Febriyanti dkk., 2023).

2.5 Pertumbuhan Bakteri

Mikroorganisme secara umum dapat ditemukan di berbagai unsur lingkungan seperti air, udara, makanan, hewan, serta tanah (Yonata dkk., 2020). Pertumbuhan mikroorganisme dalam makanan dapat menyebabkan perubahan baik secara fisik maupun kimiawi pada makanan tersebut (Rahmi dkk, 2021). Proses pertumbuhan ini berkaitan dengan jumlah, volume, dan ukuran sel. Dalam bidang mikrobiologi, mikroorganisme memerlukan media sebagai tempat pertumbuhannya. Media tersebut harus dapat menyediakan nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya. Nutrisi yang esensial bagi mikroorganisme meliputi sumber karbon, nitrogen, unsur non-logam seperti sulfur dan fosfor, serta unsur logam seperti Ca, Na, K, Zn, Cu, Mn, Mg, dan Fe, selain itu juga vitamin, air, dan energi (Anisah dan Triastuti, 2015).

Pertumbuhan mikroorganisme di dalam lingkungan buatan dipengaruhi oleh dua kelompok faktor utama, yaitu faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik meliputi makhluk hidup yang berperan dalam proses pertumbuhan mikroorganisme, termasuk interaksi antar mikroorganisme itu sendiri. Sebaliknya, faktor abiotik terdiri dari unsur-unsur fisik dan kimia seperti suhu, pH (keasaman), serta kelembaban. Selain itu, faktor biotik juga mencakup interaksi antar bakteri (Fahra & Irdawati, 2023). Faktor biotik memiliki pengaruh langsung terhadap sifat mikroorganisme, seperti morfologi, respons terhadap perubahan lingkungan, dan kemampuan adaptasi. Faktor abiotik berasal dari pengaruh eksternal, misalnya

ketersediaan dan konsentrasi nutrisi dalam media, keberadaan senyawa toksik atau zat penghambat, serta kondisi lingkungan fisik seperti intensitas cahaya, suhu, dan kelembaban (Rini & Rohmah, 2020).

Mikroorganisme yang sering dijumpai dalam susu sapi umumnya adalah *Staphylococcus aureus*, namun ada juga mikroorganisme lain yang dapat ditemukan dalam susu, seperti *Streptococcus lactis*, *Aerobacter aerogenes*, *Escherichia coli*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, dan *Bacillus*. Adanya bakteri *S. aureus* dalam makanan sangat berkaitan dengan kebersihan para pekerja dan lingkungan, serta alat yang digunakan selama proses pengolahan (Utami dkk., 2021). Kontaminasi bakteri *S. aureus* pada makanan yang kaya nutrisi dapat mempercepat pertumbuhannya, sehingga jumlah *S. aureus* meningkat dengan cepat.

2.6 Kerusakan Susu Sapi

Susu yang masih berada di dalam kelenjar susu pada dasarnya bersifat steril. Namun, setelah dikeluarkan dari ambung, susu rentan terpapar berbagai mikroorganisme yang berasal dari lingkungan sekitar (Ardiani & Hadi, 2016). Selaras dengan pernyataan tersebut, Nababan dkk (2015) menyatakan bahwa susu termasuk produk hewani yang mudah rusak dibandingkan dengan produk hewani lainnya, sehingga diperlukan proses pengolahan yang cepat dan tepat. Wulandari dkk (2017) menambahkan bahwa penanganan, pengolahan, pengawetan, serta penyimpanan susu yang tidak memenuhi standar kebersihan dapat menyebabkan penurunan kualitas dan mempercepat kerusakan susu. Oleh karena itu, pengolahan

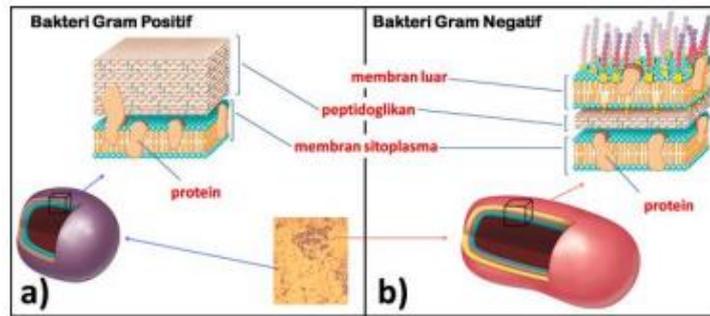
susu harus dilakukan secara cermat untuk menjaga kandungan gizinya tetap optimal.

Hermawan dkk (2020) menjelaskan bahwa susu adalah media yang ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme yang bisa berbahaya bagi konsumen akibat kandungan nutrisi yang melimpah. Gelagar dkk (2017) juga mengatakan bahwa nutrisi yang terdapat dalam susu menciptakan kesempatan yang baik bagi perkembangan mikroba seperti bakteri, jamur, dan khamir, karena mikroba memerlukan nutrisi untuk tumbuh. Kehadiran mikroba dalam susu menyebabkan kerusakan yang menjadikannya tidak aman untuk dikonsumsi. Kerusakan yang disebabkan oleh bakteri dapat dengan cepat menurunkan kualitas susu (Wulandari dkk, 2020).

2.7 Bakteri Gram Positif dan Negatif

Bakteri secara umum dikelompokkan menjadi dua jenis utama, yaitu Gram positif dan Gram negatif, berdasarkan perbedaan struktur pada dinding selnya (Gunawan & Rosdiana, 2023). Dinding sel bakteri tersusun dari peptidoglikan, yaitu polimer yang terdiri dari rantai gula dan asam amino yang membentuk suatu kerangka pelindung. Kerusakan pada peptidoglikan ini dapat menyebabkan terganggunya integritas dinding sel sehingga bakteri menjadi rentan terhadap kematian. B Bakteri Gram positif memiliki dinding sel yang tebal karena mengandung banyak peptidoglikan yang berfungsi sebagai pelindung utama. Sebaliknya, bakteri Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tipis namun dilengkapi dengan membran luar yang mengandung komponen seperti

protein, lipid, dan lipopolisakarida yang berfungsi sebagai perlindungan tambahan (Priyanti & Marbun, 2023).

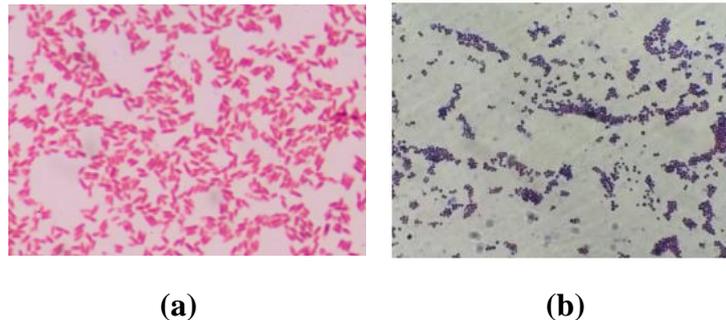


Gambar 2.1 Perbedaan dinding sel bakteri gram positif dan negative (Rini & Rohmah, 2020)

Pewarnaan Gram adalah metode yang digunakan untuk membedakan jenis bakteri berdasarkan warna yang muncul setelah proses pewarnaan. Perbedaan warna ini terjadi karena struktur dan komposisi dinding sel dari masing-masing bakteri berbeda. Bakteri yang termasuk Gram positif cenderung menunjukkan warna ungu, sementara bakteri Gram negatif memperlihatkan warna merah setelah proses pewarnaan dilakukan (Salsabila dkk., 2023). Dinding sel bakteri gram negatif lebih tipis dan memiliki kadar lipid yang tinggi, yang memungkinkan lipid tersebut mudah dikeluarkan saat diuji dengan etanol, sehingga meningkatkan permeabilitasnya (Suryani, 2022).

Peptidoglikan Gram negatif relatif lebih sedikit sehingga pori-pori pada dinding selnya berukuran cukup besar. Kondisi ini menyebabkan kompleks pewarna Kristal Ungu-Yodium (UKY) yang terbentuk pada tahap pewarnaan awal

mudah larut, sehingga warna ungu memudar atau hilang. Sebaliknya, bakteri gram positif memiliki dinding sel yang lebih tebal dengan pori-pori yang lebih kecil dan permeabilitas yang rendah. Hal ini menyebabkan kompleks UKY tidak mudah terekstraksi dari sel (Suryani, 2022), sehingga warna ungu tetap bertahan dan tidak tergantikan oleh pewarna safranin (Haryati, 2020).



Gambar 2.2 Pewarnaan Gram (a) Gram negative (Marbun dkk, 2020) (b) Gram positif (Hayati dkk, 2019)

2.8 *Staphylococcus aureus*

Bakteri merupakan sekumpulan mikroorganisme berukuran kecil yang tersusun atas satu sel saja dan tidak memiliki inti sel yang terpisah. Bakteri memiliki lapisan dinding sel, namun tidak mengandung zat hijau daun (klorofil). Peran bakteri sangat penting dalam kehidupan, salah satunya adalah keterlibatannya dalam proses produksi makanan. Di sisi lain, bakteri juga dapat membahayakan manusia karena sering berperan dalam proses pembusukan makanan dan mampu menimbulkan infeksi atau penyakit pada orang yang mengonsumsinya (Febriza dkk, 2021).

Bakteri *Staphylococcus aureus* dapat bertahan hidup baik di lingkungan yang mengandung oksigen maupun yang tidak, sehingga disebut sebagai bakteri anaerob fakultatif. Suhu optimal untuk pertumbuhan *Staphylococcus aureus* adalah 37°C.

Koloni yang tumbuh pada media kultur berbentuk bulat, tampak menonjol, memiliki permukaan yang licin, mengkilap, serta berwarna abu-abu hingga kuning keemasan (Keliat dkk, 2019). Bakteri *S. aureus* yang tumbuh pada agar manitol garam (MSA) terlihat bulat, mengkilap, dan berwarna kuning karena kemampuannya dalam melakukan fermentasi manitol (Gambar 2.4) (Darmawi dkk, 2019). Klasifikasi bakteri *Staphylococcus aureus* menurut (Sahli, 2023) sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Ordo	: Bacillales
Famili	: Staphylococcaceae
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Spesies	: <i>Staphylococcus aureus</i>

Staphylococcus aureus merupakan bakteri patogen yang sering ditemukan pada susu yang terkontaminasi. Bakteri ini dapat menyebabkan mastitis pada sapi perah, yaitu peradangan pada ambing yang dapat bersifat subklinis (tidak menunjukkan gejala nyata) maupun kronis (berlangsung dalam jangka waktu lama), sehingga menurunkan kualitas dan kuantitas produksi susu (Hayati dkk, 2019). Secara morfologi, *Staphylococcus aureus* berbentuk kokus (bulat) dan tersusun menyerupai kelompok buah anggur. Bakteri ini bersifat fakultatif aerob, artinya mampu bertahan hidup baik dalam kondisi dengan oksigen maupun tanpa oksigen. Ukurannya sangat kecil, dengan diameter sekitar 0,8 hingga 1,0 μm , serta memiliki dinding sel dengan ketebalan antara 20 hingga 80 nm (Sihombing & Freysi, 2022).



Gambar 2.3 Morfologi *Staphylococcus aureus* (a) 1. Media MSA sebelum tumbuh koloni. 2. Koloni pada media MSA (Putri dkk, 2022) (b) Hasil perbesaran 1000x (Hayati dkk, 2019)

2.9 Media Mannitol Salt Agar (MSA)

Media pertumbuhan berperan penting dalam mendukung kelangsungan hidup mikroorganisme, tergantung pada waktu dan kondisi pertumbuhannya. Mikroorganisme umumnya tumbuh lebih cepat pada suhu optimal (Suryani, 2022). Salah satu media yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri tertentu adalah *Mannitol Salt Agar* (MSA), yang merupakan media selektif yang dirancang khusus untuk isolasi bakteri dari genus *Staphylococcus* (Urip dkk, 2022). Hayati dkk (2019) mengatakan bahwa MSA tidak hanya bersifat selektif namun juga diferensial, karena mengandung 7,5% garam natrium klorida. Kandungan garam yang tinggi ini menghambat pertumbuhan sebagian besar bakteri, sehingga hanya bakteri yang toleran terhadap garam seperti *Staphylococcus* yang dapat tumbuh dengan baik pada media ini.

Staphylococcus aureus yang tumbuh pada media *Mannitol Salt Agar* (MSA) akan membentuk koloni berwarna kuning disertai zona sekitar koloni yang berubah menjadi kuning keemasan. Perubahan warna ini menunjukkan kemampuan *S. aureus* dalam memfermentasi gula mannitol (Dewi, 2013). Selain itu, media MSA dapat digunakan untuk membedakan antara *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*. Perbedaan ini didasarkan pada ketidakmampuan *S.*

epidermidis memfermentasi mannitol, sehingga warna media tetap merah muda dan tidak mengalami perubahan (Kartini, 2020).

2.10 Identifikasi *Staphylococcus aureus*

Identifikasi bakteri *Staphylococcus aureus* dilakukan melalui beberapa langkah penting dalam memastikan keberadaan bakteri patogen pada sampel pangan seperti susu. identifikasi ini dilakukan melalui pendekatan makroskopis, yaitu dengan mengamati morfologi koloni yang tumbuh pada media selektif, serta pendekatan mikroskopis, yaitu dengan melakukan pewarnaan Gram dan uji katalase sebagai uji biokimia tambahan.

2.10.1 Identifikasi Makroskopis

Metode yang umum digunakan untuk identifikasi awal *S. aureus* adalah melalui pengamatan koloni pada media selekti ***Mannitol Salt Agar (MSA)***. Media ini bersifat selektif-diferensial, karena mengandung kadar garam (NaCl) yang tinggi (7,5%) untuk menghambat pertumbuhan bakteri non-halofilik, serta mannitol sebagai sumber karbohidrat dan indikator pH *phenol red* (Urip dkk., 2022).

Koloni *Staphylococcus aureus* yang tumbuh pada media Mannitol Salt Agar (MSA) umumnya memperlihatkan karakteristik makroskopis berupa bentuk bulat, permukaan licin dan mengilap, serta berwarna kuning keemasan (Hayati dkk., 2019). Media di sekeliling koloni mengalami perubahan warna menjadi kuning sebagai akibat dari fermentasi mannitol yang menghasilkan asam dan menurunkan pH medium. Perubahan warna ini menjadi indikator khas bahwa koloni tersebut merupakan *Staphylococcus aureus*. Sementara itu, *Staphylococcus epidermidis*

tidak memiliki kemampuan memfermentasi mannitol, sehingga media tetap berwarna merah muda (Darmawi dkk., 2019).

2.10.2 Identifikasi Mikroskopis

a. Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram merupakan metode pewarnaan diferensial yang digunakan untuk mengelompokkan bakteri berdasarkan struktur dinding selnya. Bakteri Gram positif memiliki dinding sel yang tebal dan kaya akan peptidoglikan, sehingga mampu mempertahankan pewarna kristal violet dan tampak berwarna ungu setelah proses pewarnaan, sedangkan bakteri Gram negatif memiliki dinding sel yang lebih tipis dan akan tampak merah muda akibat pewarna safranin (Salsabila dkk., 2023). *Staphylococcus aureus* termasuk dalam kelompok Gram positif dengan morfologi berbentuk kokus dan tersusun berkelompok menyerupai tandan anggur (Hayati dkk., 2019).

b. Uji Katalase

Uji katalase dilakukan untuk mendeteksi keberadaan enzim katalase yang berfungsi memecah hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi air dan oksigen. Hasil uji dikatakan positif apabila muncul gelembung udara yang menandakan pelepasan gas oksigen. Reaksi positif ini menunjukkan bahwa bakteri tersebut termasuk dalam genus *Staphylococcus*, termasuk *S. aureus*, sedangkan bakteri dari genus *Streptococcus* umumnya menunjukkan hasil negatif (Situmorang & Silitonga, 2021).



Gambar 2.4 Positif uji katalase (Hayati dkk, 2019)

2.11 Lactoscan

Lactoscan adalah alat portabel yang menggunakan teknologi ultrasonik untuk menganalisis susu dengan cepat. Alat ini sangat berguna dalam menilai kualitas susu dari segi kandungan kimianya (Damayanti, 2016). Fungsi utamanya adalah untuk mengukur berbagai parameter penting dalam susu, seperti kadar lemak, protein, laktosa, bahan kering tanpa lemak, kadar air, suhu, pH, titik beku, kandungan garam, total padatan (total solid), serta massa jenis. Lactoscan juga bisa digunakan untuk berbagai jenis susu—mulai dari susu sapi, kambing, domba, hingga produk olahan seperti susu UHT dan susu pasteurisasi (Sigit dkk, 2021).



Gambar 2.7 Lactoscan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari tiga faktor. Faktor pertama adalah jenis wadah penyimpanan susu, yaitu plastik *Polyethylene* (PE) dan botol plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET). Faktor kedua adalah suhu penyimpanan yang terdiri atas tiga tingkat, yaitu 4°C, 10°C, dan 15°C. Faktor ketiga yaitu lama penyimpanan di dalam refrigerator, dilakukan pengamatan pada hari ke-0, ke-1 dan ke-3. Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak dua kali. Analisis cemaran bakteri *Staphylococcus aureus* dilakukan dengan metode Total Plate Count (TPC) menggunakan teknik *pour plate*.

Jenis Wadah	Suhu Penyimpanan (°C)		
	4	10	15
B	BT ₁	BT ₂	BT ₃
P	PT ₁	PT ₂	PT ₃

Keterangan:

B = Wadah botol PET

P = Wadah plastik PE

T₁ = Suhu penyimpanan 4°C

T₂ = Suhu penyimpanan 10°C

T₃ = Suhu penyimpanan 15°C

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri dari variabel terikat, variabel bebas dan variabel kontrol. Penelitian ini menggunakan tiga variabel bebas, yaitu variasi suhu penyimpanan (4°C, 10°C, dan 15°C) jenis wadah penyimpanan (kantong plastik PE dan botol plastik PET) serta lama penyimpanan yaitu 3 hari. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kualitas susu sapi segar yang dinilai berdasarkan perubahan nilai pH, kadar lemak, kadar protein, kadar laktosa, dan jumlah cemaran *Staphylococcus aureus* Adapun variabel kontrol meliputi volume susu dan sumber susu

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April – Mei dan bertempat di Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang. Sampel susu yang digunakan diperoleh dari salah satu peternakan sapi yang berada di wilayah Kota Bangkalan.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu termometer, tabung reaksi, cawan petri, pipet tetes, refrigerator, timbangan analitik, rak tabung reaksi, magnet stirer, erlenmeyer, sendok reagen, jarum ose, gelas ukur, beaker glas, tip, mikropipet, pembakar bunsen, hot plate, object glass, mikroskop, autoklaf, inkubator, masker, coolbox, icegel, *Laminar Air Flow* (LAF), lactoscan dan latex.

3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu susu sapi murni, kantong plastik *Polyethylene* (PE), botol plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET), tisu, air, kasa, kapas, karet, plastik wrap, kertas label, aluminium foil, *Mannitol Salt Agar* (MSA), *Buffer Pepton Water* (BPW), aquadest, alkohol 70%, NaCl, crystal violet, lugol, alkohol 95%, safranin, dan H₂O₂ 3%.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pengambilan Sampel

Sampel susu diambil dari peternak sapi yang dilakukan pemerahan pada saat pagi hari yang dikemas menggunakan plastik berbahan *Polyethylene* (PE) dan juga botol plastik berbahan *Polyethylene Terephthalate* (PET). Sebelum proses pengambilan sampel, disterilisasikan terlebih dahulu plastik dan juga botol yang akan digunakan menggunakan air panas dan juga semprotkan alkohol 70% dipermukaan tangan agar terhindar dari kontaminasi lingkungan. Setelah steril, dimasukkan susu ke dalam dua wadah tersebut dan sampel disimpan di dalam kotak sterofom yang berisi icegel hingga tiba di Laboratorium. Suhu sterofom yang berisi icegel selama perjalanan yaitu 4°C.

3.5.2 Pengujian Lactoscan

Sampel setelah tiba di laboratorium segera dilakukan pengujian lactoscan (hari 0) untuk mengetahui pH, kandungan lemak, protein dan laktosa pada susu sebelum dimasukkan ke dalam kulkas dengan variasi suhu yang sudah ditentukan.

Ulangi pengujian lactoscan di hari 1 dan 3 untuk mengetahui perbedaannya. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Biokimia Universitas Islam Malang.

3.5.2 Pembuatan Media MSA

Media *Mannitol Salt Agar* (MSA) ditimbang sebanyak 5,55 Gram dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berukuran 100 ml, lalu ditambahkan 50 aquasdes. Homogenkan menggunakan hot plate stirer dengan bantuan magnet stirer. Setelah homogen dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf, dan media dituang ke dalam cawan petri ± 15 ml setelah di sterilisasi dan dibiarkan sampai dingin.

3.5.5 Pembuatan Media Larutan Pengencer

Pengenceran pada penelitian ini menggunakan media *Buffer Pepton Water* (BPW). Media BPW mengandung pepton yang berfungsi untuk mempertahankan sel bakteri dalam sampel agar tidak mengalami kerusakan. Media BPW ditimbang sebanyak 6 gram dan dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer, kemudian ditambahkan 300 ml air aquades. Campuran tersebut dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer di atas hot plate, lalu disterilisasi menggunakan autoklaf.

3.5.6 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi alat dan bahan dilakukan untuk menjaga kondisi aseptik selama penelitian. Alat seperti cawan petri, tabung reaksi, beaker glass, dan labu Erlenmeyer disemprot dengan alkohol 70% lalu dikeringkan menggunakan tisu steril. Labu Erlenmeyer dan media di dalamnya ditutup kapas steril, dibungkus

plastik wrap, lalu dilapisi plastik luar. Cawan petri dibungkus dengan kertas, dimasukkan ke dalam plastik, dan diikat karet gelang. Proses sterilisasi dilakukan menggunakan autoklaf, yaitu alat yang menggunakan uap air bertekanan tinggi selama 10–15 menit pada suhu 121°C. Seluruh prosedur ini bertujuan untuk memastikan kebersihan dan mencegah kontaminasi sebelum digunakan.

3.5.7 Pengenceran dan Penanaman Sampel

Sampel susu diencerkan secara bertahap mulai dari tingkat pengenceran 10^{-1} hingga 10^{-3} . Disiapkan 6 tabung reaksi yang masing-masing diberi label sesuai tingkat pengenceran. Setiap tabung diisi dengan 9 ml larutan BPW, lalu ditambahkan 1 ml sampel susu dan dicampur hingga homogen. Larutan dalam tabung ini merupakan pengenceran 10^{-1} . Selanjutnya, diambil 1 ml dari tabung tersebut dan dipindahkan ke tabung kedua yang telah berisi 9 ml BPW, kemudian dicampur hingga merata untuk menghasilkan pengenceran 10^{-2} . Langkah ini diulangi dengan cara yang sama sampai mencapai pengenceran 10^{-3} (Majid & Nikmah, 2021).

Mannitol Salt Agar (MSA) adalah jenis media pertumbuhan selektif yang mengandung mannitol dan berfungsi untuk menilai kemampuan bakteri *Staphylococcus* dalam memproduksi asam. Media ini memiliki kadar garam (NaCl) yang cukup tinggi, berkisar antara 7,5% sampai 10%, sehingga hanya mikroorganisme yang mampu bertahan di lingkungan dengan salinitas tinggi yang dapat berkembang biak (Novitasari dkk., 2019). Prosedur inokulasi dilakukan dengan mengambil 1 ml sampel dari tiap tingkat pengenceran, yang kemudian diinokulasikan ke dalam cawan petri menggunakan teknik *pour plate*. Selanjutnya,

sebanyak 20 ml media MSA dituang ke dalam cawan yang telah berisi sampel, kemudian diaduk secara merata dengan pola menyerupai angka delapan. Setelah media memadat, cawan petri disimpan dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam (Nopiosi dkk., 2022). Koloni yang muncul dihitung berdasarkan pedoman dari Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2008.

Bentuk koloni yang tumbuh pada media harus diperhatikan meskipun sudah menggunakan media pertumbuhan selektif berupa *Mannitol Salt Agar* (MSA). Koloni yang tumbuh pada media MSA umumnya memiliki ciri morfologi khas, yaitu berbentuk bulat, permukaan menonjol, bertekstur halus, tampak mengkilap, serta memiliki warna kuning keemasan hingga keabu-abuan (Keliat dkk, 2019). *Staphylococcus aureus* yang tumbuh pada media Mannitol Salt Agar (MSA) akan membentuk koloni bulat, mengkilap, dan berwarna kekuningan, hal ini disebabkan oleh kemampuannya dalam memfermentasi mannitol (Darmawi dkk, 2019).

3.5.8 Perhitungan Jumlah Koloni

Penghitungan jumlah koloni *Staphylococcus aureus* dilakukan berdasarkan ketentuan dalam SNI 2897:2008. Koloni akan dihitung pada cawan petri yang memiliki jumlah koloni antara 25 hingga 250. Apabila seluruh cawan menunjukkan jumlah koloni kurang dari 25 atau lebih dari 250, maka perhitungan tetap dilakukan pada cawan yang tersedia dan hasilnya diberi tanda bintang (*). Apabila tidak ditemukan koloni pada seluruh tingkat pengenceran, maka perhitungan dilakukan pada satu kali pengenceran terendah, dan juga diberi tanda bintang (*). Jumlah koloni *Staphylococcus aureus* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Total koloni CFU/ml} = \text{Jumlah koloni} \times \frac{1}{\text{Faktor pengenceran}}$$

3.6 Identifikasi *Staphylococcus aureus*

Identifikasi *Staphylococcus aureus* pada penelitian ini dilakukan untuk memastikan bahwa koloni bakteri yang tumbuh pada media MSA merupakan bakteri patogen. Identifikasi dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu pengamatan makroskopis terhadap koloni di media MSA, pewarnaan Gram untuk menentukan karakteristik dinding sel, serta uji katalase sebagai konfirmasi biokimia.

3.6.1 Identifikasi Makroskopis pada Media MSA

Identifikasi makroskopis dilakukan dengan mengamati morfologi koloni bakteri yang tumbuh pada media *Mannitol Salt Agar* (MSA) setelah proses inkubasi selama 24 jam pada suhu inkubasi tertentu. Pengamatan meliputi bentuk koloni, warna, permukaan, dan perubahan warna media di sekeliling koloni. Koloni yang diduga sebagai *Staphylococcus aureus* ditandai dengan bentuk bulat, permukaan licin dan mengkilap, serta warna koloni kuning keemasan. Perubahan warna media di sekitar koloni dari merah muda menjadi kuning menunjukkan adanya fermentasi mannitol yang menghasilkan asam, sehingga menurunkan pH medium. Perubahan ini diamati secara visual sebagai indikasi awal keberadaan *S. aureus*.

3.6.2 Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram dimulai dari pengambilan biakan bakteri yang tumbuh pada Media *Mannitol Salt Agar* (MSA) menggunakan jarum ose. Kemudian letakkan di atas gelas objek dan ditetesi natrium klorida (NaCl). Keringkan ose biakan tersebut, dan difiksasi di atas bunsen. Selanjutnya, preparat apus diberi tetesan kristal violet selama 1 menit, kemudian dibilas menggunakan air mengalir. Setelah itu, ditetesi larutan lugol selama 1 menit dan didekolorisasi menggunakan alkohol 95% selama

10 detik. Setelah itu, diberikan tetesan safranin dan didiamkan selama 1 menit, lalu dibersihkan menggunakan aquades. Tahapan terakhir adalah melakukan pengamatan menggunakan mikroskop.

3.6.3 Uji Katalase

Uji katalase dilakukan dengan meneteskan larutan hidrogen peroksida (H_2O_2) 3% pada objek kaca yang telah dibersihkan. Selanjutnya, biakan dari media MSA diambil dan ditempatkan pada objek kaca yang sudah ditetesi H_2O_2 , kemudian dicampur perlahan menggunakan jarum ose. Munculnya gelembung udara pada permukaan objek kaca menandakan hasil uji katalase positif (Darmawi dkk, 2019).

3.8 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) melalui software SPSS untuk mengevaluasi pengaruh suhu dan jenis wadah terhadap kualitas susu. Parameter yang dianalisis meliputi kandungan protein, lemak, laktosa, nilai pH, dan jumlah *Staphylococcus aureus*. Bila ditemukan perbedaan yang signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan secara detail.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kualitas Mikrobiologis Susu Segar

4.1.1 Karakteristik Mikrobiologis *Staphylococcus aureus*

Pengamatan makroskopis terhadap koloni bakteri yang tumbuh pada media *Mannitol Salt Agar* (MSA) menunjukkan ciri morfologis khas yang mengarah pada identifikasi *Staphylococcus aureus*. Koloni yang terbentuk tampak berwarna kuning keemasan, berbentuk bulat, dengan permukaan licin dan mengkilap. Perubahan warna media dari merah muda menjadi kuning di sekitar koloni menunjukkan adanya fermentasi mannitol oleh bakteri tersebut. Hal ini terjadi akibat produksi asam selama metabolisme mannitol, yang menyebabkan penurunan pH dan perubahan warna indikator phenol red dalam media.

Karakteristik makroskopis di atas sesuai dengan yang dijelaskan oleh Hayati dkk., (2019), bahwa *S. aureus* memiliki kemampuan untuk memfermentasi mannitol dan menghasilkan koloni dengan morfologi khas di MSA. Selain itu, menurut Darmawi dkk., (2019), perubahan warna media menjadi kuning merupakan indikator selektif yang membedakan *S. aureus* dari spesies lain seperti *S. epidermidis* yang tidak menyebabkan perubahan warna media.

Identifikasi secara mikroskopis dilakukan melalui pewarnaan Gram dan uji katalase untuk memperkuat hasil identifikasi. Hasil pewarnaan Gram menunjukkan bahwa sel bakteri berbentuk kokus, berwarna ungu, dan tersusun dalam kelompok menyerupai buah anggur, yang menunjukkan bahwa bakteri termasuk Gram positif (Lampiran 13). Struktur ini sesuai dengan penelitian Hayati dkk., (2019) yang mengatakan bahwa *S. aureus* memiliki morfologi khas berbentuk kokus, Gram positif dan berkelompok. Penampakan warna ungu berasal dari dinding sel yang

tebal dan mampu mempertahankan pewarna kristal violet selama proses dekolorisasi (Salsabila dkk., 2023).

Uji katalase memberikan hasil positif, ditandai dengan terbentuknya gelembung gas saat ditetesi larutan hidrogen peroksida (H_2O_2), yang menunjukkan aktivitas enzim katalase dalam memecah (H_2O_2) menjadi air dan oksigen. Situmorang & Silitonga (2021) menyatakan bahwa hasil katalase positif merupakan karakteristik penting dari genus *Staphylococcus*, dan membedakannya dari genus *Streptococcus* yang tidak menghasilkan gelembung pada uji yang sama. Dengan demikian, kombinasi hasil makroskopis, pewarnaan Gram, dan uji katalase mendukung identifikasi isolat sebagai *Staphylococcus aureus*.

Susu merupakan media yang baik untuk pertumbuhan bakteri karena mengandung banyak nutrisi. Upaya untuk menghambat pertumbuhan bakteri pada susu dapat dilakukan dengan penyimpanan di dalam kulkas pada suhu $0-4^{\circ}C$. suhu ini mampu menekan pertumbuhan bakteri patogen seperti *Staphylococcus aureus* (Sugiyani dkk, 2024). Hasil analisis dengan uji ANOVA, menunjukkan bahwa suhu penyimpanan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kontaminasi bakteri *Staphylococcus aureus* pada susu segar dengan nilai Sig. 0,035 ($p < 0,05$). Sementara itu, jenis wadah penyimpanan tidak memiliki pengaruh yang signifikan karena nilai Sig. 0,828 ($p > 0,05$) (Lampiran 3).

Tabel 4.1 Identifikasi *Staphylococcus aureus* pada susu segar secara makroskopis dan mikroskopis

Hari	Suhu (°C)	Jenis Wadah	Warna Media	Bentuk Koloni	Warna Koloni	Permukaan Koloni	Pewarnaan Gram	Uji Katalase
0	4	Botol	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
		Plastik	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
	10	Botol	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
		Plastik	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
	15	Botol	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
		Plastik	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
1	4	Botol	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
		Plastik	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
	10	Botol	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
		Plastik	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
	15	Botol	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
		Plastik	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
3	4	Botol	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
		Plastik	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
	10	Botol	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
		Plastik	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
	15	Botol	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+
		Plastik	Kuning	Bulat	Kuning	Licin	+	+

Hasil uji lanjut Duncan terhadap cemaran bakteri *Staphylococcus aureus* pada susu segar yang disimpan selama 3 hari, terdapat perbedaan signifikan dalam pertumbuhan bakteri berdasarkan variasi suhu penyimpanan dan jenis wadah. Suhu penyimpanan yang lebih tinggi, seperti 10°C dan 15°C, cenderung mempercepat pertumbuhan *S. aureus* dibandingkan dengan suhu rendah seperti 4°C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu penyimpanan memainkan peran penting dalam mengendalikan pertumbuhan bakteri dalam susu segar.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa *Staphylococcus aureus* telah terdeteksi sejak hari ke-0 dengan jumlah koloni yang bervariasi pada setiap perlakuan. Cemaran yang sudah tinggi pada sebagian sampel hari ke-0 menunjukkan bahwa kontaminasi bakteri kemungkinan besar terjadi sebelum proses penyimpanan, yaitu saat pemerahan, pengemasan, atau transportasi awal. Kontaminasi ini dapat bersumber dari ambing sapi, alat pemerahan yang tidak steril, atau tangan manusia yang tidak higienis. Menurut Herlina dkk., (2015), *S. aureus* merupakan flora normal pada kulit dan saluran ambing, dan sering ditemukan pada susu segar akibat proses pemerahan yang tidak steril. Selain itu, ketidakseimbangan suhu saat proses distribusi juga memungkinkan bakteri mulai berkembang sebelum analisis hari pertama dilakukan.

Seiring bertambahnya waktu penyimpanan, terjadi peningkatan signifikan jumlah koloni *S. aureus*, khususnya pada suhu 10°C dan 15°C. Pada hari ke-1, jumlah koloni meningkat tajam karena suhu yang lebih tinggi mendukung pertumbuhan bakteri mesofilik seperti *S. aureus*. Tren ini terus berlanjut hingga hari ke-3, di mana jumlah koloni pada perlakuan suhu tinggi mendekati atau bahkan melebihi batas maksimum yang diizinkan dalam SNI untuk susu segar. Sebaliknya,

pada suhu 4°C, peningkatan cemaran berlangsung lebih lambat karena suhu rendah menekan aktivitas metabolisme dan pertumbuhan bakteri. Penelitian Wulandari dkk (2017) juga menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu 4°C mampu memperlambat pertumbuhan *S. aureus* secara signifikan.

Tabel 4.2 Rata-rata cemaran bakteri *Staphylococcus aureus* dari Susu Segar Berdasarkan Variasi Suhu dan Jenis Wadah Penyimpanan yang Berbeda

Sampel	Cemaran <i>S. aureus</i>		
	Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-3
BT ₁	$7,05 \times 10^{1c}$	$4,90 \times 10^{3b}$	$3,25 \times 10^{3c}$
BT ₂	$1,90 \times 10^{2a}$	$1,70 \times 10^{4a}$	$1,55 \times 10^{4b}$
BT ₃	$1,60 \times 10^{2a}$	$2,80 \times 10^{4a}$	$2,60 \times 10^{4a}$
PT ₁	$1,20 \times 10^{2b}$	$2,35 \times 10^{4a}$	$1,50 \times 10^{4b}$
PT ₂	$2,50 \times 10^{1c}$	$2,30 \times 10^{3c}$	$4,50 \times 10^{4a}$
PT ₃	$1,85 \times 10^{2a}$	$2,70 \times 10^{4a}$	$4,05 \times 10^{4a}$

Rata-rata cemaran bakteri *Staphylococcus aureus* jika dilihat dari Tabel 4.2 pada berbagai jenis wadah dan waktu penyimpanan menunjukkan bahwa nilai cemaran melebihi batas maksimum yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2009, yaitu sebesar 1×10^2 CFU/g. Pada hari ke-0, hanya ada 2 sampel yaitu BT₁ dan PT₂ yang masih berada di bawah batas aman sesuai SNI. Namun, pada hari ke-1 dan ke-3, seluruh sampel menunjukkan tingkat kontaminasi yang jauh melampaui batas aman, bahkan mencapai 10^4 CFU/g, yang mengindikasikan pertumbuhan bakteri yang pesat selama penyimpanan.

Data dari Tabel (4.2) menunjukkan bahwa pada suhu 4°C, 10°C dan 15°C pertumbuhan *S. aureus* semakin meningkat seiring naiknya suhu dan lama penyimpanan. Pada suhu rendah 4°C, pertumbuhan bakteri memang masih terjadi, tetapi relatif lebih lambat. Sebaliknya, pada suhu 10°C dan lebih lagi pada 15°C,

laju pertumbuhan bakteri meningkat drastis dan menyebabkan cemaran melebihi standar keamanan, bahkan sejak hari ke-1 penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa suhu penyimpanan yang lebih tinggi mendorong metabolisme dan reproduksi bakteri patogen seperti *S. aureus* lebih cepat.

Hal ini sejalan dengan penelitian Tambunan dkk (2018) yang menyatakan bahwa pertumbuhan *Staphylococcus aureus* sangat dipengaruhi oleh suhu dan lama penyimpanan, di mana bakteri ini mampu berkembang cepat dalam kondisi suhu penyimpanan yang tinggi seperti 10°C dan 15°C. Dalam penelitian tersebut, juga dijelaskan bahwa *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri patogen oportunistik yang mampu menghasilkan enterotoksin yang tahan panas dan dapat menyebabkan keracunan makanan, meskipun bakteri itu sendiri telah mati (Tambunan dkk., 2018).

Suhu rendah, seperti 4°C, dapat menghambat pertumbuhan bakteri karena suhu tersebut berada di bawah kisaran optimal untuk aktivitas metabolik sebagian besar bakteri patogen dan perusak makanan, termasuk *Staphylococcus aureus*. Bakteri umumnya tumbuh paling cepat pada suhu 30–40°C, dan pertumbuhannya akan melambat secara drastis ketika suhu turun di bawah 10°C. Pada suhu 4°C, proses-proses penting seperti pembelahan sel, sintesis protein, dan pembentukan energi berlangsung sangat lambat atau bahkan terhenti, sehingga bakteri tidak dapat berkembang biak secara aktif (Medvedova dkk, 2019).

Bakteri *Staphylococcus aureus* adalah bakteri Gram positif yang memiliki peptidoglikan atau dinding sel yang tebal dan juga kompleks. Suhu dingin, seperti 4°C, efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam susu segar. Namun, pada beberapa mikroorganisme, termasuk *Staphylococcus aureus*, suhu

rendah dapat menyebabkan kerusakan pada struktur membran sel. Membran sel terdiri dari lapisan fosfolipid yang bersifat semi-fluid. Pada suhu rendah, struktur lipid ini dapat mengalami perubahan fase dari cair ke padat, menyebabkan membran menjadi kaku dan tidak stabil. Akibatnya, integritas membran terganggu, meningkatkan permeabilitas membran dan memungkinkan ion-ion penting seperti K^+ dan Ca^{2+} , serta senyawa-senyawa metabolik lainnya, bocor keluar dari sel. Kebocoran ini dapat menyebabkan sel kehilangan fungsi vitalnya, terganggu keseimbangan osmotik, dan akhirnya mengalami kematian sel (Gunawan & Rosdiana, 2023).

Hal ini sesuai dengan penelitian Kristianti (2017) yang mengatakan bahwa suhu dingin dapat menyebabkan kerusakan membran sel yang dapat menyebabkan kebocoran ion dan zat penting dari dalam sel. Kerusakan membran sel tersebut dapat mengganggu keseimbangan osmotik sel dan juga menyebabkan kematian sel. Rabiatul (2023) juga mengatakan suhu rendah seperti yang terdapat pada lemari pendingin dapat menghambat hingga menghentikan aktivitas metabolisme pada bakteri. Proses metabolisme sendiri sangat penting karena berperan dalam produksi energi dan pembentukan struktur sel. Jika proses ini terganggu, bakteri tidak dapat memperoleh cukup energi dan zat gizi yang diperlukan untuk mempertahankan hidupnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada suhu 10°C dan 15°C terjadi peningkatan jumlah koloni *Staphylococcus aureus* sejak hari ke-1 hingga hari ke-3, meskipun kedua suhu tersebut masih tergolong rendah. Hal ini menunjukkan bahwa suhu tersebut belum cukup efektif dalam menghambat pertumbuhan *S. aureus*, yang merupakan bakteri mesofilik. Bahkan, pada suhu 15°C , laju

pertumbuhan bakteri mendekati batas ambang cemaran yang diperbolehkan. Penelitian Novitasari dkk (2019) menyatakan bahwa *S. aureus* masih mampu tumbuh pada suhu 10–15°C, dan Putri (2016) menambahkan bahwa suhu di atas 8°C dapat memicu aktivitas mikroba meningkat. Oleh karena itu, suhu 10°C dan 15°C dalam penelitian ini memungkinkan bakteri berkembang secara progresif, sehingga dibutuhkan penyimpanan pada suhu 4°C atau lebih rendah untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan menjaga keamanan susu segar.

4.1 Kualitas Kimia Susu Segar

Kualitas kimia susu segar merupakan aspek penting yang menentukan mutu dan keamanan produk selama penyimpanan. Untuk memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh mengenai kualitas kimia tersebut, diperlukan analisis terhadap beberapa parameter utama. Oleh karena itu, pembahasan selanjutnya akan difokuskan pada nilai pH, kadar lemak, kadar protein, dan kadar laktosa susu segar yang diamati selama proses penyimpanan.

4.1.1 Nilai pH Susu Segar

Nilai pH susu segar yang diuji menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa faktor suhu memberikan pengaruh yang signifikan dengan Sig. 0,043 ($P < 0,05$). Artinya, perbedaan suhu penyimpanan 4°C, 10°C, dan 15°C secara nyata mempengaruhi tingkat keasaman (pH) susu segar. Semakin tinggi suhu penyimpanan, umumnya pH cenderung meningkat (Tabel 4.3). Sementara itu, jenis wadah penyimpanan tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan, karena nilai Sig.

0,182 ($P > 0,05$) (Lampiran 5). Hal ini menunjukkan bahwa jenis wadah tidak memberikan perbedaan nyata terhadap nilai pH susu segar selama pengamatan.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai pH susu sapi segar pada hari ke-0 sudah mengalami penurunan pada beberapa perlakuan, terutama pada suhu yang lebih tinggi seperti 10°C dan 15°C (Tabel 4.3). Penurunan ini mengindikasikan bahwa proses fermentasi awal atau aktivitas mikroba telah dimulai bahkan sebelum penyimpanan jangka panjang dilakukan. Salah satu penyebab utama penurunan pH adalah kontaminasi mikroorganisme, bakteri patogen oportunistik seperti *Staphylococcus aureus*, dapat menghasilkan asam sebagai produk metabolisme mereka. Ketika susu tidak segera disimpan dalam suhu dingin, atau jika terdapat keterlambatan pendinginan setelah pemerahan, maka bakteri tersebut mulai beraktivitas dan memfermentasi laktosa menjadi asam laktat, sehingga menyebabkan pH menurun (Herlina dkk., 2015).

Selain itu, kondisi sanitasi yang kurang optimal selama proses pemerahan dan pengemasan juga dapat mempercepat terjadinya kontaminasi awal, yang menyebabkan nilai pH sudah lebih rendah sejak hari ke-0. Menurut Wibowo dkk. (2018), susu segar yang terpapar lingkungan terbuka tanpa pendinginan dalam waktu lebih dari satu jam dapat menunjukkan penurunan pH secara signifikan akibat aktivitas enzimatik dan mikrobiologis. Maka, meskipun secara teoritis pH susu segar berada dalam kisaran 6,6–6,8, pada praktiknya nilai ini bisa menurun lebih cepat bila penanganan pascapemerahan tidak dilakukan secara higienis dan segera didinginkan. Temuan ini memperkuat pentingnya proses pendinginan cepat (*rapid cooling*) dan kontrol kebersihan lingkungan sebagai langkah awal pencegahan penurunan mutu susu sejak hari pertama pengujian.

Tabel 4.3 Rata-rata Nilai pH Susu Segar Berdasarkan Variasi Suhu dan Jenis Wadah Penyimpanan yang Berbeda

Sampel	Nilai pH		
	Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-3
BT ₁	6,65 ^a	7,48 ^b	6,95 ^{ab}
BT ₂	6,04 ^b	7,11 ^b	6,61 ^b
BT ₃	6,61 ^a	8,49 ^a	8,1 ^a
PT ₁	6,52 ^{ab}	6,62 ^c	6,62 ^b
PT ₂	6,87 ^a	8,74 ^a	6,63 ^b
PT ₃	6,60 ^{ab}	7,12 ^b	7,01 ^{ab}

Hasil uji lanjut menggunakan metode Duncan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara suhu penyimpanan 4°C dan 15°C terhadap nilai pH susu segar. Suhu 4°C menghasilkan nilai pH rata-rata sebesar 6,80, sedangkan suhu 15°C menghasilkan nilai pH tertinggi, yaitu 7,32. Sementara itu, suhu 10°C dengan pH rata-rata 6,99 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan suhu 4°C maupun 15°C (Lampiran 6). Secara umum, terdapat kecenderungan bahwa peningkatan suhu penyimpanan dapat menyebabkan peningkatan pH susu. Hal ini diduga berkaitan dengan karakteristik metabolisme *Staphylococcus aureus*, yang tidak menghasilkan asam dalam jumlah signifikan selama pertumbuhannya. Tidak seperti bakteri fermentatif yang memecah laktosa melalui proses fermentasi dan menghasilkan asam laktat, *S. aureus* memperoleh energi tanpa memproduksi asam secara dominan.

Bakteri *Staphylococcus aureus* dalam kondisi tertentu, dapat memecah protein dan menghasilkan senyawa basa seperti amonia, yang dapat berkontribusi terhadap kenaikan pH susu. Hal ini sejalan dengan (FSANZ, 2003) bahwa *S. aureus* tumbuh optimal pada pH 6,0 hingga 7,5 dan suhu sekitar 37°C, serta tidak menurunkan pH seperti bakteri fermentasi pada umumnya. Apabila susu

menunjukkan nilai pH yang masih dalam kisaran normal atau bahkan meningkat, bukan berarti kualitas mikrobiologisnya baik. Akan tetapi, pada pH netral hingga sedikit basa dan suhu yang lebih hangat, pertumbuhan *S. aureus* menjadi lebih cepat dan berpotensi menghasilkan enterotoksin yang berbahaya bagi kesehatan konsumen. Enterotoksin ini bersifat termostabil dan dapat menyebabkan keracunan makanan akut, karena pH susu segar yang berada dikisaran 6,3-6,8 menciptakan kondisi optimal bagi pertumbuhan *S. aureus* dan produksi enterotoksinya (Shalaby dkk, 2024).

Penyimpanan susu pada suhu dan jenis wadah yang berbeda dapat mempengaruhi kualitas fisik, termasuk pH, akibat perubahan aktivitas mikroorganisme (Teme dkk, 2021). Selain itu, Oktaviani dkk (2022) juga mengatakan bahwa pH susu cenderung stabil bila disimpan pada suhu rendah karena menghambat pertumbuhan mikroba pembusuk dan juga patogen. Sehingga, suhu rendah seperti 4°C direkomendasikan untuk mempertahankan kestabilan pH dan mutu susu segar selama masa simpan. Hasil ini menegaskan pentingnya kontrol suhu dan pemilihan wadah yang tepat dalam proses penyimpanan susu segar.

Peningkatan pH susu segar pada suhu penyimpanan yang lebih tinggi (seperti 15°C) dapat dijelaskan melalui proses biokimia yang terjadi selama masa simpan. Suhu tinggi mempercepat pertumbuhan mikroorganisme seperti *Staphylococcus aureus*, yang memiliki kemampuan untuk memproduksi enzim proteolitik. Enzim ini memecah protein menjadi senyawa amina dan amonia yang bersifat basa, sehingga berkontribusi terhadap kenaikan pH (Le Loir dkk., 2003). Enzim alami dari susu, seperti protease dan lipase, juga menjadi lebih aktif pada suhu tinggi, mempercepat degradasi protein dan lemak menjadi senyawa basa (Fox

& McSweeney, 1998). Seluruh reaksi tersebut merupakan bagian dari proses biokimia selama penyimpanan, yang secara kumulatif menyebabkan meningkatnya pH susu pada suhu tinggi. Hal ini didukung oleh data pada Tabel 4.3, di mana susu dalam botol PET yang disimpan pada suhu 15°C menunjukkan kenaikan pH drastis hingga 8,49 pada hari pertama penyimpanan.

4.1.2 Kadar Lemak Susu Segar

Nilai kadar lemak susu segar yang dianalisis menggunakan ANOVA diketahui bahwa faktor wadah dan suhu penyimpanan memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar lemak dengan Sig. ($< 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa variasi suhu dan jenis wadah penyimpanan mempengaruhi stabilitas kadar lemak dalam susu segar. Sementara itu, interaksi antara kedua faktor tidak signifikan (Sig. = 0,146), artinya pengaruh masing-masing faktor berdiri sendiri dan tidak saling bergantung (Lampiran 10).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar lemak susu sapi segar pada hari ke-0 sudah mengalami variasi, baik dalam bentuk penurunan maupun peningkatan antar perlakuan. Perubahan ini kemungkinan disebabkan oleh proses homogenisasi yang tidak sempurna saat pembagian sampel, sehingga distribusi lemak tidak merata pada masing-masing wadah. Selain itu, pengaruh suhu awal saat pemerahan atau keterlambatan dalam pendinginan juga dapat memicu proses pemecahan lemak (lipolisis) oleh enzim alami seperti lipase atau oleh bakteri lipolitik yang masuk selama proses penanganan. Bakteri seperti *Pseudomonas spp.* dan *Staphylococcus aureus* diketahui memiliki aktivitas lipolitik, yang menghasilkan asam lemak bebas dari trigliserida, sehingga dapat menurunkan kadar lemak secara kimiawi bahkan

pada tahap awal (Sartika dkk., 2020). Sebaliknya, pada beberapa perlakuan justru terjadi kenaikan kadar lemak pada hari ke-0, yang kemungkinan disebabkan oleh endapan lemak yang lebih terkonsentrasi pada bagian bawah botol atau kemasan akibat gaya gravitasi, terutama jika susu tidak diaduk ulang secara merata sebelum dianalisis.

Memasuki hari ke-1 dan ke-3, kadar lemak cenderung mengalami penurunan pada sebagian besar perlakuan, terutama pada suhu 10°C dan 15°C. Penurunan ini disebabkan oleh aktivitas enzim lipase dan mikroorganisme lipolitik yang meningkat seiring waktu dan suhu penyimpanan. Suhu yang lebih tinggi seperti 10°C dan 15°C mempercepat proses pemecahan lemak menjadi asam lemak bebas. Sebaliknya, pada suhu 4°C, penurunan kadar lemak berlangsung lebih lambat karena suhu dingin menghambat aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroba. Dengan demikian, suhu dan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap kestabilan lemak, dan penyimpanan suhu rendah penting untuk menjaga mutu susu.

Tabel 4.4 Rata-rata Nilai Kadar Lemak Susu Segar berdasarkan Variasi Suhu dan Jenis Wadah Penyimpanan yang Berbeda

Sampel	Kadar Lemak (%)		
	Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-3
BT ₁	10,01 ^c	10,64 ^c	10,64 ^c
BT ₂	9,5 ^b	10,39 ^b	10,40 ^b
BT ₃	9,12 ^a	9,29 ^a	10,40 ^b
PT ₁	10,32 ^c	9,85 ^c	9,80 ^c
PT ₂	9,29 ^b	9,19 ^b	9,10 ^b
PT ₃	9,18 ^a	9,16 ^a	9,11 ^b

Nilai kadar lemak dilakukan uji lanjut menggunakan metode Duncan untuk mengetahui perbedaan antar kelompok suhu penyimpanan. Hasil uji menunjukkan bahwa ketiga suhu (4°C, 10°C, dan 15°C) berada dalam subset yang berbeda, yang menandakan terdapat perbedaan nyata diantara ketiganya. Suhu penyimpanan 4°C

memiliki rata-rata kadar lemak tertinggi (10,21%), diikuti oleh suhu 10°C (9,65%), dan terendah yaitu pada suhu 15°C (9,29%) (Lampiran 11). Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah suhu penyimpanan, maka semakin baik kadar lemak susu terjaga (Tabel 4.4). Hasil ini sejalan dengan penelitian Hossain dkk (2020) yang mengatakan bahwa penyimpanan susu pada suhu rendah memperlambat aktivitas mikroba dan enzim yang dapat menyebabkan degradasi lemak.

Suhu penyimpanan yang tinggi dapat mempercepat proses oksidasi lemak dalam susu, sehingga mengurangi kualitas dan nilai gizinya. Oksidasi lemak adalah proses kimia dimana lemak, khususnya asam lemak tak jenuh yang terdapat dalam susu, bereaksi dengan oksigen. Reaksi ini menghasilkan senyawa-senyawa seperti peroksida, aldehida, dan keton yang dapat merusak kualitas susu. Akibat dari oksidasi ini, susu dapat mengalami perubahan bau, rasa menjadi tengik, dan penurunan kandungan zat gizi, khususnya lemak. Proses ini umumnya terjadi selama penyimpanan, terlebih jika susu disimpan dalam kondisi yang mendukung reaksi tersebut seperti suhu tinggi seperti 10°C dan 15°C (Pop & Delia, 2014).

Proses oksidasi lemak selama penyimpanan menurut Arya Ulil Albab (2015) dapat menurunkan mutu susu baik dari segi sensoris (bau dan rasa) maupun nilai gizinya. Lemak yang teroksidasi menghasilkan senyawa berbahaya dan dapat merusak vitamin larut lemak seperti vitamin A dan E. Selain itu, dalam kondisi penyimpanan suhu tinggi, proses oksidasi juga dapat berlangsung bersamaan dengan pertumbuhan mikroorganisme yang merusak, seperti *Staphylococcus aureus*, yang menyebabkan penurunan kualitas susu.

Jenis wadah penyimpanan pada susu segar juga dapat mempengaruhi lemak. Hal ini sesuai dengan penelitian Walstra dkk (2006) yang mengatakan bahwa

kondisi penyimpanan termasuk jenis wadah penyimpanan dapat mempengaruhi aktivitas enzim lipase yang bertanggung jawab terhadap hidrolisis lemak susu. Botol berbahan PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan plastik berbahan PE (*Polyethylene*) memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda sehingga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap stabilitas lemak pada susu segar selama penyimpanan.

Botol PET umumnya memiliki tingkat permeabilitas oksigen dan uap air yang lebih rendah dibandingkan plastik PE. Permeabilitas oksigen yang rendah pada botol PET dapat memperlambat proses oksidasi lemak, sehingga lemak dalam susu lebih stabil dan tidak cepat terdegradasi. Sebaliknya, plastik PE memiliki struktur polimer yang lebih longgar, sehingga lebih mudah ditembus oleh oksigen dan uap air. Hal ini menyebabkan lemak dalam susu yang disimpan pada wadah PE lebih rentan mengalami oksidasi, yang dapat menurunkan kadar lemak selama penyimpanan (Rajauria dkk., 2016).

Botol PET juga cenderung lebih tidak bereaksi dengan komponen lemak dalam susu, sehingga risiko migrasi senyawa dari wadah ke produk lebih kecil dibandingkan dengan PE. Sehingga, penggunaan botol PET lebih direkomendasikan untuk mempertahankan kualitas dan kadar lemak susu segar selama penyimpanan, terutama pada suhu rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian Zygoura dkk. (2004) yang menyatakan bahwa botol PET lebih efektif dalam menjaga stabilitas lemak pada produk susu dibandingkan wadah plastik lain yang permeabilitasnya lebih tinggi.

4.1.3 Kadar Protein Susu Segar

Protein mengandung asam-asam amino esensial yang dibutuhkan oleh tubuh sehingga protein merupakan nutrisi paling tinggi pada susu. Sumber utama pembentuk protein susu yaitu asam amino, peptida dan juga plasma (Septiani dkk, 2023). Kadar protein susu sebelum dilakukan perlakuan suhu di refrigerator sebesar 4,87% untuk wadah botol plastik, sedangkan untuk wadah plastik sebesar 5,18% (Lampiran 7). Kadar protein sampel susu sapi segar yang digunakan berdasarkan dengan Standar Nasional Indonesia tahun 2011 bahwa kadar protein minimum adalah 2,8%. Kadar protein mengalami penurunan setelah dilakukan perlakuan suhu yang berbeda di refrigerator (Tabel 4.5).

Kadar protein susu pada hari ke-0 menunjukkan adanya variasi, baik berupa penurunan maupun peningkatan antar perlakuan. Hal ini dapat disebabkan oleh distribusi protein yang tidak merata serta aktivitas awal bakteri proteolitik seperti *Staphylococcus aureus* yang mulai memecah protein sejak sebelum penyimpanan. Proses hidrolisis ini menghasilkan senyawa nitrogen terlarut yang dapat terbaca sebagai protein, sehingga menimbulkan peningkatan semu pada sebagian sampel. Sementara itu, penurunan kadar protein disebabkan oleh degradasi protein akibat aktivitas enzim protease, terutama jika pendinginan susu tidak dilakukan secara cepat dan optimal.

Hari ke-1 dan ke-3, kadar protein cenderung menurun seiring waktu, terutama pada suhu penyimpanan 10°C dan 15°C (Tabel 4.5). Penurunan ini dipengaruhi oleh meningkatnya aktivitas enzim protease dari mikroorganisme yang terus berkembang selama penyimpanan. Sebaliknya, penurunan kadar protein pada suhu 4°C terjadi lebih lambat karena suhu dingin mampu menekan aktivitas

mikroba dan enzim. Dengan demikian, suhu dan lama penyimpanan memiliki pengaruh nyata terhadap kestabilan protein dalam susu, dan penyimpanan pada suhu rendah sangat penting untuk menjaga mutu nutrisi susu sapi segar.

Tabel 4.5 Rata-rata Kadar Protein Susu Segar dengan Variasi Suhu dan Jenis Wadah Penyimpanan yang Berbeda

Sampel	Kadar Protein (%)		
	Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-3
BT ₁	5,11 ^b	5,22 ^a	5,25 ^a
BT ₂	5,21 ^a	4,38 ^b	4,25 ^b
BT ₃	5,25 ^a	3,77 ^c	3,53 ^c
PT ₁	5,20 ^a	5,23 ^a	5,25 ^a
PT ₂	5,19 ^{ab}	4,38 ^b	4,26 ^b
PT ₃	5,22 ^a	4,28 ^b	4,22 ^b

Hasil analisis ANOVA, diketahui bahwa suhu penyimpanan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar protein susu segar ($P = 0,001$), sedangkan jenis wadah (botol PET dan plastik PE) tidak berpengaruh signifikan ($P = 0,420$). Interaksi antara jenis wadah dan suhu juga tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap kadar protein ($P = 0,418$). Artinya, penurunan atau peningkatan kadar protein terutama dipengaruhi oleh suhu penyimpanan, bukan oleh jenis wadah yang digunakan (Lampiran 8).

Uji lanjut menggunakan Duncan pada faktor suhu menunjukkan bahwa terdapat dua kelompok suhu yang berbeda secara nyata dalam mempengaruhi kadar protein yaitu suhu 10°C dan 15°C. Rata-rata pada suhu 10°C kemasan botol PET mengalami penurunan signifikan dari 5,21% (hari ke-0) menjadi 4,38% (hari ke-1), suhu 15°C juga mengalami penurunan yang awalnya 5,25% (hari ke-0) menjadi 3,77% (hari ke-1). Sedangkan suhu 4°C mengalami kenaikan atau dapat mempertahankan kadar proteinnya dari 5,11% (hari ke-0) menjadi 5,22% (hari ke-1). Hasil ini menunjukkan bahwa suhu penyimpanan rendah 4°C paling efektif

dalam mempertahankan kandungan protein susu segar, sementara penyimpanan pada suhu 10°C dan 15°C cenderung menyebabkan penurunan kadar protein yang signifikan.

Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Nisa dkk (2022) yang menyatakan bahwa suhu penyimpanan yang rendah memperlambat aktivitas enzimatik dan mikroorganisme dalam susu, sehingga mampu menjaga stabilitas komponen protein lebih baik dibandingkan suhu yang lebih tinggi. Suhu penyimpanan merupakan faktor utama dalam menjaga mutu protein susu segar, sementara jenis wadah tidak memberikan pengaruh berarti terhadap kestabilan protein selama penyimpanan.

Penurunan kadar protein ini erat kaitannya dengan aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroorganisme yang lebih cepat pada suhu penyimpanan yang lebih tinggi, yang dapat menyebabkan degradasi protein. Menurut penelitian oleh Hassan dkk (2019) suhu penyimpanan yang tidak optimal dapat mempercepat proses denaturasi protein dan menurunkan kualitas nutrisi susu. Selain itu, Gautman dkk (2018) juga mengatakan bahwa penyimpanan susu pada suhu di atas 7°C memungkinkan pertumbuhan bakteri proteolitik yang dapat menguraikan protein susu menjadi senyawa lain, sehingga kadar proteinnya menurun.

Penurunan kadar protein juga berkaitan dengan perubahan nilai pH susu, seperti pada suhu penyimpanan yang lebih tinggi 15°C (Tabel 4.5). Pada suhu tinggi, pertumbuhan bakteri proteolitik seperti *Staphylococcus aureus* semakin cepat, sehingga aktivitas enzim protease yang dihasilkan juga meningkat. Enzim ini dapat memecah protein utama dalam susu, yaitu kasein, menjadi peptida dan asam amino, yang menyebabkan kadar protein menurun. Proses pemecahan protein ini

berlangsung lebih optimal pada pH yang meningkat ke arah netral atau sedikit basa, karena aktivitas enzim proteolitik memang lebih tinggi pada rentang pH tersebut. meskipun jenis wadah tidak berpengaruh signifikan, suhu penyimpanan yang tinggi menyebabkan perubahan pH yang pada akhirnya mempercepat penurunan kadar protein susu. Temuan ini sejalan dengan teori Fox & McSweeney (1998) yang menyatakan bahwa protein susu sangat rentan terhadap perubahan suhu dan pH, di mana perubahan lingkungan kimia tersebut dapat mempercepat proses proteolisis dan denaturasi protein.

Pengaruh suhu terhadap protein susu segar sangat signifikan, terutama dalam rentang suhu seperti 4°C, 10°C, dan 15°C yang umum digunakan dalam penyimpanan susu. Pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa pada suhu penyimpanan 4°C, kadar protein susu segar relatif lebih stabil dan lebih tinggi dibandingkan pada suhu yang lebih tinggi seperti 10°C dan 15°C. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan bakteri proteolitik yang mampu mencerna protein susu, terutama kasein, yang akan meningkat pada suhu lebih tinggi, sehingga menyebabkan penurunan kadar protein akibat degradasi protein oleh enzim protease yang dihasilkan bakteri tersebut. Pada suhu 15°C, aktivitas bakteri proteolitik lebih optimal sehingga kerusakan protein lebih cepat terjadi dibandingkan pada suhu 4°C yang lebih menghambat pertumbuhan bakteri tersebut (Sutrisno dkk, 2015).

4.1.4 Kadar Laktosa Susu Segar

Nilai kadar laktosa susu segar yang dianalisis menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa suhu penyimpanan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar laktosa susu segar dengan Sig. 0,000 ($P < 0,05$). Artinya, perubahan suhu penyimpanan secara nyata mempengaruhi kadar laktosa. Jenis wadah penyimpanan botol PET dan plastik PE tidak berpengaruh signifikan terhadap laktosa, karena nilai Sig. 0,235 ($P > 0,05$). Interaksi antara jenis wadah dan suhu penyimpanan juga tidak signifikan ($P = 0,738$) yang menandakan bahwa efek suhu terhadap kadar laktosa tidak berhubungan dengan jenis wadah yang digunakan (Lampiran 12).

Kadar laktosa pada hari ke-0 menunjukkan variasi antar perlakuan, baik berupa peningkatan maupun penurunan. Kenaikan kadar laktosa dapat disebabkan oleh distribusi yang tidak merata akibat homogenisasi yang kurang sempurna, sedangkan penurunan dapat terjadi akibat aktivitas awal mikroorganisme fermentatif yang mulai mengubah laktosa menjadi asam laktat sebelum penyimpanan, terutama jika pendinginan setelah pemerahan tidak dilakukan segera (Wibowo dkk, 2018). Faktor kebersihan alat dan suhu lingkungan saat pengemasan juga dapat memengaruhi tingkat kontaminasi awal.

Hari ke-1 dan ke-3, kadar laktosa umumnya mengalami penurunan, terutama pada suhu penyimpanan 10°C dan 15°C. Hal ini disebabkan oleh aktivitas enzim β -galaktosidase dari bakteri asam laktat yang terus menghidrolisis laktosa selama penyimpanan. Handayani dkk (2021) menyatakan bahwa suhu penyimpanan yang lebih tinggi mempercepat fermentasi, sehingga kadar laktosa lebih cepat menurun. Sebaliknya, pada suhu 4°C, penurunan kadar laktosa terjadi

lebih lambat karena aktivitas mikroba lebih terhambat. Dengan demikian, kadar laktosa dipengaruhi oleh suhu dan lama penyimpanan, serta pentingnya pendinginan awal untuk menjaga kestabilan kandungan karbohidrat dalam susu segar.

Tabel 4.6 Rata-rata Nilai Kadar Laktosa Susu Segar berdasarkan Variasi Suhu dan Jenis Wadah Penyimpanan yang Berbeda

Sampel	Kadar Laktosa (%)		
	Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-3
BT ₁	7,19 ^a	7,36 ^a	7,32 ^a
BT ₂	7,35 ^a	5,18 ^b	5,16 ^b
BT ₃	6,84 ^b	6,09 ^b	5,32 ^b
PT ₁	7,32 ^a	7,40 ^a	7,42 ^a
PT ₂	7,41 ^a	6,47 ^b	5,87 ^b
PT ₃	7,27 ^a	5,95 ^b	5,33 ^b

Uji lanjut Duncan digunakan untuk melihat perbedaan kadar laktosa antar suhu penyimpanan secara lebih spesifik yang menunjukkan bahwa suhu penyimpanan susu membentuk dua kelompok yang berbeda secara signifikan. Suhu penyimpanan susu membentuk dua kelompok yang berbeda secara signifikan. Suhu 10°C dan 15°C tegabung dalam satu kelompok karena nilai kadar laktosanya tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, masing-masing sebesar 6,15% dan 6,22%. Hal ini menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu 10°C dan 15°C memberikan pengaruh yang serupa terhadap penurunan kadar laktosa. Sementara itu, suhu 4°C membentuk kelompok yang berbeda sendiri dengan kadar laktosa rata-rata sebesar 7,33% (Lampiran 13). Nilai tersebut secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan kadar laktosa pada suhu 10°C dan 15°C.

Penyimpanan susu segar pada suhu rendah 4°C, secara signifikan lebih efektif dalam mempertahankan kadar laktosa dibandingkan dengan suhu tinggi selama penyimpanan (Tabel 4.6). Hal ini sesuai dengan penelitian Nailufar (2022) yang mengatakan bahwa aktivitas bakteri asam laktat dalam susu meningkat pada

suhu yang lebih tinggi, yang mengakibatkan konversi laktosa menjadi asam laktat lebih cepat. Sebaliknya, pada suhu rendah, aktivitas bakteri ini terhambat sehingga kadar laktosa tetap lebih tinggi.

Penurunan kadar laktosa susu segar pada suhu tinggi disebabkan meningkatnya aktivitas mikroorganisme selama penyimpanan, yang menggunakan laktosa sebagai sumber energi utama. Salah satu mikroorganisme yang berperan dalam proses ini adalah *Staphylococcus aureus*. Meskipun *S. aureus* ini bukan termasuk bakteri asam laktat, namun bakteri tersebut mampu beradaptasi dengan lingkungan nutrisi yang kaya seperti susu dan juga memanfaatkan gula seperti laktosa sebagai substrat untuk pertumbuhannya. Semakin tinggi suhu penyimpanan, aktivitas metabolik *S. aureus* akan meningkat, termasuk kemampuan menggunakan laktosa untuk mempertahankan hidupnya (Muhammad & Irena, 2021).

Metabolisme *Staphylococcus aureus* pada susu sapi segar secara prinsip sama dengan pada susu kambing, yaitu bakteri ini menggunakan laktosa sebagai sumber energi utama melalui proses fermentasi. *S. aureus* dapat memfermentasi laktosa dan gula lain seperti glukosa dan manitol untuk menghasilkan energi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan aktivitas metaboliknya (Dewi, 2013). Dalam susu sapi segar, *S. aureus* juga sering ditemukan sebagai kontaminan yang dapat berkembang biak terutama pada suhu penyimpanan yang tinggi, sehingga konsumsi laktosa oleh bakteri ini menyebabkan penurunan kadar laktosa selama penyimpanan (Lestari R dkk, 2024). Selain itu, *S. aureus* merupakan bakteri penyebab utama mastitis pada sapi perah yang dapat mengkontaminasi susu dan mempengaruhi kualitas susu secara keseluruhan (Lestari dkk, 2015).

4.3 Pembahasan Hasil Penelitian (Kualitas Susu) dalam Perspektif Islam

Susu adalah cairan berwarna putih yang berasal dari hewan sapi menyusui, yang dapat dikonsumsi langsung maupun dijadikan bahan pangan bergizi, tanpa mengalami penambahan atau pengurangan zat lain di dalamnya. Susu mengandung asam amino esensial yang lengkap, karena susu termasuk dalam jenis protein nabati. Pada masa Rasulullah SAW, air susu telah dikenal sebagai zat bergizi tinggi. Umumnya, susu hewan yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari hanya diketahui sedikit manfaatnya, padahal jika ditinjau dari aspek kesehatan, susu hewan memiliki banyak khasiat (Zakiyyah, 2021).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu penyimpanan dan jenis wadah memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas kimia dan mikrobiologis susu sapi segar. Penyimpanan pada suhu rendah (4°C) dan penggunaan wadah botol plastik jenis PET lebih efektif dalam mempertahankan kestabilan nilai pH, kadar lemak, protein, dan laktosa, serta menekan jumlah pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Hal ini sejalan dengan Nailufar (2022) yang menunjukkan bahwa suhu penyimpanan dapat mempengaruhi kadar asam laktat dalam susu sapi, dimana suhu yang lebih rendah dapat memperlambat peningkatan kadar asam laktat, sehingga mempertahankan kualitas susu lebih lama.

Zat gizi yang terdapat dalam susu sapi membuat susu memiliki banyak khasiat bagi tubuh, antara lain untuk pertumbuhan, pemeliharaan, kesehatan, dan kecerdasan. Dari sudut pandang Islam, susu sapi merupakan nikmat dan karunia Allah SWT yang harus disyukuri, sebagaimana disebutkan dalam QS. Nahl ayat 66.

وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً نُسْقِيكُمْ مِمَّا فِي بُطُونِهِمْ مِنْ بَيْنِ فَرْثٍ وَدَمٍ لَبَنًا خَالِصًا سَائِغًا لِلشَّرَابِ ۖ

Artinya: “Sesungguhnya pada hewan ternak itu benar-benar terdapat pelajaran bagi kamu. Kami memberi kamu minum dari sebagian apa yang ada

dalam perutnya, dari antara kotoran dan darah (berupa) susu murni yang mudah ditelan oleh orang-orang yang meminumnya.”

Ayat ini menunjukkan keajaiban biologis ciptaan Allah berupa susu, yang terbentuk melalui proses metabolisme di dalam tubuh hewan ternak. Meskipun susu berasal dari sistem pencernaan yang juga menghasilkan darah dan kotoran, Allah mampu mengeluarkan cairan putih bersih yang bergizi, tanpa tercampur unsur najis, untuk dikonsumsi manusia. Dalam Tafsir al-Jalalayn, dijelaskan bahwa ini merupakan bukti kekuasaan Allah dalam menciptakan sesuatu yang baik dan bersih dari unsur yang secara logika tidak mungkin bersih.

Menurut Tafsir al-Qurthubi, frasa “labanan khaliṣan” (susu yang bersih) menunjukkan bahwa susu adalah zat yang suci dan layak konsumsi tanpa keraguan. Ini menunjukkan bahwa makanan dari hewan ternak yang diatur Allah tidak hanya halal secara zat, tetapi juga thayyib, yaitu baik dan bermanfaat bagi kesehatan. Ayat ini juga mengandung isyarat agar manusia tidak merusak kemurnian nikmat tersebut, misalnya dengan memperlakukan susu secara tidak higienis atau membiarkannya terkontaminasi, karena pada dasarnya Allah menciptakan susu dalam keadaan murni dan layak dikonsumsi.

Selain itu, lemak yang terkandung dalam susu merupakan salah satu zat gizi penting yang memberikan energi serta berperan dalam penyerapan vitamin larut lemak. Susu yang dihasilkan dari hewan ternak mengandung komponen-komponen penting, termasuk lemak, yang merupakan bagian dari nikmat Allah bagi manusia. Hal ini sesuai dalam QS. Yasin: 72-73.

وَدَلَّلْنَاهَا لَهُمْ فَمِنْهَا رَكُوبُهُمْ وَمِنْهَا يَأْكُلُونَ وَهُمْ فِيهَا مَنَافِعُ وَمَشَارِبٌ أَفَلَا يَشْكُرُونَ

Artinya: “Kami menjadikannya (hewan-hewan itu) tunduk kepada mereka. Sebagian di antaranya menjadi tunggangan mereka dan sebagian (lagi)

mereka makan. Pada dirinya (hewan-hewan ternak itu) terdapat berbagai manfaat dan minuman untuk mereka. Apakah mereka tidak bersyukur?”

Tafsir Jalalayn menjelaskan ayat diatas bahwa manusia diberi manfaat besar dari hewan ternak, termasuk "minuman" yang dimaksud adalah susu. Susu yang kaya nutrisi termasuk lemak merupakan bagian dari karunia tersebut. Kandungan lemak dalam susu merupakan sumber energi alami dan penting untuk pertumbuhan serta perkembangan, yang dalam konteks ayat ini termasuk bagian dari “rezeki yang harus disyukuri”.

Dalam konteks penelitian ini, ayat ini menunjukkan bahwa susu merupakan bagian dari rezeki yang ditundukkan Allah untuk kemaslahatan manusia. Maka, tanggung jawab manusia bukan hanya menikmatinya, tetapi juga menjaga rezeki itu agar tetap aman, bersih, dan bergizi. Ketika susu dikelola dengan cara yang tidak higienis hingga terkontaminasi mikroorganisme patogen, seperti *Staphylococcus aureus*, maka manusia telah lalai dalam menjaga titipan dan nikmat Allah tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya menambah khazanah ilmu pengetahuan dalam bidang biologi dan pangan, namun juga menjadi sarana untuk meningkatkan keimanan, kesadaran akan nikmat Allah, serta mendorong sikap syukur dan tanggung jawab terhadap karunia tersebut.

Sebagai bentuk syukur terhadap karunia Allah berupa hewan ternak dan susu yang dihasilkan darinya, manusia diperintahkan untuk mengelola dan mengonsumsinya secara bertanggung jawab. Dalam hal ini, Islam tidak hanya memerintahkan untuk mengonsumsi yang halal secara zat, tetapi juga yang *thayyib*, yaitu baik dan bermanfaat dari segi kesehatan serta tidak membahayakan tubuh. Hal ini sejalan dengan sabda Rasulullah SAW:

أَيُّهَا النَّاسُ إِنَّ اللَّهَ طَيِّبٌ لَا يَقْبَلُ إِلَّا طَيِّبًا وَإِنَّ اللَّهَ أَمَرَ الْمُؤْمِنِينَ بِمَا أَمَرَ بِهِ الْمُرْسَلِينَ

Artinya: “*Sesungguhnya Allah itu Maha Baik dan tidak menerima kecuali yang baik.*”

Menurut Imam al-Nawawi dalam *Syarh Shahih Muslim*, kata *ṭayyib* dalam hadis ini berarti “suci dari segala kekurangan dan kekotoran, serta tidak menerima kecuali dari sumber yang halal dan bersih.” Dalam konteks makanan dan minuman, hadis ini menegaskan bahwa Allah hanya menerima amal, rezeki, serta konsumsi yang berasal dari sumber yang halal secara zat dan *ṭayyib* secara mutu serta Manfaatnya.

Menjaga susu agar tetap aman dari kontaminasi mikrobiologis, seperti *Staphylococcus aureus*, merupakan bentuk nyata implementasi ajaran Islam dalam kehidupan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa susu yang disimpan pada suhu 4°C dalam wadah botol PET memiliki tingkat kontaminasi terendah dan mutu terbaik. Hal ini sejalan dengan semangat Islam dalam menjaga makanan agar tetap layak dikonsumsi dan memberikan maslahat, bukan mudarat. Oleh karena itu, mengelola penyimpanan susu secara baik bukan hanya sebuah tindakan ilmiah, namun juga merupakan bentuk ibadah yang mencerminkan nilai-nilai Islam yang luhur.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, yaitu:

1. Suhu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap kualitas fisikokimia susu segar, yang meliputi nilai pH, kadar protein, kadar lemak, dan kadar laktosa. Penyimpanan pada suhu rendah (4°C) lebih efektif dalam mempertahankan kestabilan parameter-parameter tersebut dibandingkan penyimpanan pada suhu 10°C dan 15°C. Jenis wadah penyimpanan (botol PET dan plastik PE) tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter fisikokimia, kecuali pada kadar lemak yang dipengaruhi oleh interaksi antara suhu dan jenis wadah.
2. Suhu penyimpanan juga berpengaruh signifikan terhadap kualitas mikrobiologis susu segar, yang ditinjau dari jumlah cemaran bakteri *Staphylococcus aureus*. Penyimpanan pada suhu 4°C mampu menekan pertumbuhan bakteri secara signifikan dibandingkan suhu yang lebih tinggi. Adapun jenis wadah penyimpanan tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap jumlah cemaran mikroba.

5.2 Saran

Saran dari penelitian yang telah dilakukan, yaitu:

1. Gunakan suhu penyimpanan 4°C untuk menjaga kualitas kimia dan mikrobiologis susu segar secara optimal.
2. Hindari penyimpanan lebih dari satu hari pada suhu di atas 4°C karena dapat menurunkan mutu susu.

3. Perlu studi lebih lanjut dengan jenis wadah lain dan uji mikroba tambahan untuk hasil yang lebih komprehensif.
4. Edukasi penting bagi peternak dan distributor tentang sanitasi wadah dan pentingnya kontrol susu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, F., Utami, D., & Komala, N. (2018). Pengaruh Penambahan EM4 dan Larutan Gula pada Pembuatan Pupuk Kompos dari Limbah Industri Crumb Rubber. *Jurnal Teknik Kimia*, 24(2)..
- Amanah, S., H. D. Arifin., R. E. Mudawaroch. (2013). Pengaruh Lama Penyimpanan Dalam Suhu Beku Terhadap Kadar Protein, Kadar Lemak, dan Kadar Asam Laktat Susu Kambing Peranakan Ettawa (PE). *Surya agritama*. 2 (2): 51-58.
- Ambarsari, I., Qanytah, Q., & Sudaryono, T. (2013). Perubahan Kualitas Susu Pasteurisasi Dalam Berbagai Jenis Kemasan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 32(1), 30914.
- Anisah & Triastuti, R. (2015). Media Alternatif untuk Pertumbuhan Bakteri Menggunakan Sumber Karbohidrat yang Berbeda. *Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi*.
- Apriliansyah, M., Zuhrotun, A., & Astrini, D. (2022). Bakteri Utama Penyebab Kejadian Luar Biasa Keracunan Pangan. *Jurnal Farmasi Klinik Indonesia*, 11(3), 239–255.
- Ardiani, Y., & Hadi. (2016). Hubungan Mutu Pelayanan Kesehatan dengan Tingkat Kepuasan Pasien Rawat Inap di Puskesmas Halmahera Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4(1), 44-47.
- Ariyanto, E., Ruliansyah, M., & Kalsum, U. (2021). Pengaruh Jumlah Kotoran Sapi dan Sampah Organik terhadap Pemiakan EM4 pada Proses Anaerob . *Jurnal Distilasi*, 6(1), 1–6.
- Arkan, N. D., Setyawardani, T., & Astuti, T. Y. (2021). Pengaruh Penggunaan Pektin Nabati dengan Persentase yang Berbeda terhadap Nilai pH dan Total Asam Titrasi Yogurt Susu Sapi. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 2(1), 1.
- Arya Ulil Albab. (2015). *Oksidasi Lemak pada Makanan: Implikasinya pada Mutu Makanan dan Kesehatan*.
- Asiah, N., Laras, C., Kurnia, R., & Stephanie, H., M. (2020). *Prinsip Dasar Penyimpanan Pangan Pada Suhu Rendah*. Makassar: Nasmedia.
- Astuti, N. D., Hastutiningrum, S., & Sudarsono. (2022). Analisis Kualitas Udara Pada Rumah Warga Terhadap Parameter Bakteri dan Jamur. *Jurnal Teknologi*, 15(2), 166–170.
- Aufizan, A., Sa'diyah, L., & Lestari, K. (2019). *Pengaruh Waktu Tunggu Teh Kombucha Setelah Pemanasan Terhadap Pertumbuhan Bakteri*. Akademi Farmasi Surabaya.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Populasi Peternak Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Ternak*.
- Calisia, Vincent, V., & Cicilia, Z. (2021). *Pengolahan Sosis Menggunakan Bahan Dasar Nabati serta Pengaplikasian dalam Masakan Nusantara*. CV. Eureka Media Aksara.
- Damayanti, E. 2016. Profil Kadar Lemak, Berat Jenis Dan Bahan Kering Tanpa Lemak Susu (BKTL) Susu Kambing Peranakan Ettawa (PE) Pada Tingkat 59 Laktasi Berbeda Di Desa Wonosalam Jombang. [Skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
- Darmawi, Zahra, A., Salim, M. N., Dewi, M., Abrar, M., Syafruddin, & Adam, M. (2019). Isolation, Identification and Sensitivity Test of *Staphylococcus*

- aureus* on Post Surgery Wound of Local Dogs (*Canis familiaris*). *Jurnal Medika Veterinaria*. 13(1), 37-46.
- Dewi, A., K. (2013). Isolasi, Identifikasi dan Uji Sensitivitas *Staphylococcus aureus* terhadap Amoxicillin dari Sampel Susu Kambing Peranakan Ettawa (PE) Penderita Mastitis Di Wilayah Girimulyo, Kulonprogo, Yogyakarta. *Jurnal Sain Veteriner*. 31(2): 140.
- Fahra, F., & Irdawati, I. (2023). Compatibility Test of the Biculture Consortium of Thermophilic Bacteria from Mudian Sapan Hot. *Jurnal Serambi Biologi*, 8(1): 22-25.
- Food Standards Australia New Zealand (FSANZ). (2003). *Staphylococcus aureus*.
- Fallo, G., & Yuni, S. (2016). Isolasi dan Uji Biokimia Bakteri Selulolitik Asal saluran Pencernaan Rayap Pekerja (*Macrotermes* spp.). *Jurnal Pendidikan Biologi*. 1(2), 27-29.
- Faridah, H., D., & Silvia, K., S. (2019). Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Pengembangan Makanan Halal Berbasis Bioteknologi. *Journal of Halal Product and Research*. 2(1): 2654-9409.
- Fauziyah, D., Nurmalinga, R., & Burhanuddin. (2015). Pengaruh Karakteristik Peternak Melalui Kompetensi Peternak Terhadap Kinerja Usaha Ternak Sapi Potong di Kabupaten Bandung. *Agribisnis Indonesia*. 3(2): 83-96.
- Febriyanti, A., Arthiyani, F., Khotami, K., Eryanto, N., Sugandi, U., & Nurlaela, R. (2023). Analisis Pengendalian Mutu Produksi Pada Produk Susu Pasteurisasi Serta Pengendalian Kerusakan Produk Akhir dan Perbaikannya. *Jurnal Karimah Tauhid*, 2(4).
- Febriza, M., Adrian, Q., & Sucipto, A. (2021). Penerapan AR dalam Media Pembelajaran Klasifikasi Bakteri. *Jurnal Program Studi Pendidikan Biologi*, 11(1).
- Filmayanti, W., Rosdarni, & Nurlila, R. (2022). Deteksi Bakteri *Staphylococcus aureus* pada Jajanan Makanan Di Pasar Basah Mandonga Kota Kediri. *Jurnal MediLab Mandala Waluya*, 6(1).
- Fitriani, (2022). Konsep Makanan Halalan Thayyiban dalam QS. Al-Baqarah: 168 Perspektif Quraish Shihab dan Ilmu Kesehatan. *Journal of Islamic Interdisciplinary Studies*. 1(1), 54-57.
- Fitri, I., Imasari, T., & Wulantika, D. (2019). Pengaruh Variasi Lama Penundaan Pemeriksaan terhadap Enumerasi Bakteri pada Urin Penderita Infeksi Saluran Kemih (ISK). *Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya (JB&P)*, 6(2), 12–14. <https://doi.org/10.29407/jbp.v6i2.14793>.
- Fox, P., F & McSweeney, P., L., H. (1998). *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer.
- Gaman dan Sherrington. (1994). *Ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada Universitas Press.
- Gelagar, A., R., Fakhrurrazi, Ismail, Darniati, & M., Isa. (2017). Pengaruh Waktu Penyimpanan Susu Sapi Pasteurisasi Pada Suhu Kamar Terhadap Jumlah Koloni *Staphylococcus aureus*. *JIMVET*. 1(3): 360-365.
- Gunawan, A., & Rosdiana, D. (2023). Potensi Efek Antibakteri Tinta Cumi (*Loligo* Sp.) dan Sotong (*Sepia* Sp.) Andi Gunawan. *Jurnal Pratista Patologi*, 8(2).
- Gunawan, A., Widiyanto, T., Bahri, B., & Suryani, L. (2022). Survey Terhadap Keberadaan Bakteri *Staphylococcus Aureus* di Industri Rumah Tangga Makanan Jajanan Cireng Wilayah Kecamatan Baturraden Kabupaten

- Banyumas Tahun 2022. *Buletin Kesesehatan Lingkungan Masyarakat*, 41(4), 166–173.
- Hadinata, S. T., & Adriyanto, H. (2020). Tinjauan Penyimpanan Sistem FIFO pada Bahan Hewani Yang Berdampak pada Proses Pengolahan Makanan di 60 Morrissey Hotel Jakarta. *Emerging Market: Business and Management Studies Journal*, 6(2), 103–109. <https://doi.org/10.33555/ijembm.v6i2.100>.
- Handayani, E., Saputra, R., & Nugroho, S. (2021). Perubahan komponen kimia susu selama penyimpanan dengan variasi suhu. *Jurnal Teknologi Hasil Ternak*, 16(2), 76–84.
- Hariono, B., Feby, E., Azamataufiq, B., & Trismayanti D. (2021). Perbedaan Nilai Gizi Susu Sapi Perah Setelah Pasteurisasi Non Termal dengan HPEF (High Pulsed Electric Field). *Aceh Nutri J.* 6(2): 208-209.
- Haryati, K. (2020). Pengujian Kualitas Mikrobiologi Ikan Ekor Kuning Asap dari Pasar Youtefa Papua. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(3): 486-494.
- Hayati, N., L., Wiwiek, T., Ratih, N., P., Sri Chusniati, Maya, N., Y., Prima, Ayu., W. (2019). Isolasi dan Identifikasi *Staphylococcus aureus* pada Susu Kambing Peranakan Etawah Penderita Mastitis Subklinis di Kelurahan Kalipuro, Banyuwangi. *Jurnal Medik Veteriner.* 2(2): 76-82.
- Hermawan, Handika, D., Inggit, K., & Sri Susilowati. (2020). Berbagai Bahan Pengemas di Suhu Refrigerator terhadap Total Bakteri, Nilai pH dan Berat Jenis. 3(2): 69-72.
- Hermawan, R., Wijayanti, T. P., & Ramadhan, A. (2020). Studi Aktivitas Enzim Alami pada Susu Segar Selama Penyimpanan. *Jurnal Sains Peternakan Indonesia*, 15(1): 45-52.
- Herlina, N., Fifi, A., Aditia, D., C., Poppy, D., H.m Qurotunnada, Baharuddin, T. (2015). Isolasi dan Identifikasi *Staphylococcus aureus* dari susu mastitis subklinis di Tasikmalaya, Jawa Barat. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon.* 1(3): 413-417.
- Herlina, L., Suwito, H., & Aprilia, D. (2015). Deteksi bakteri patogen pada susu segar. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, 3(2), 89–94.
- Hudaya. (2002). Penyimpanan Makanan pada Suhu Rendah dan Pengaruhnya pada Bahan Makanan. (<http://www.gogreen.web.id>). [Diakses tanggal 13 November 2018].
- Kartini, S. (2020). Analisis Cemaran *Staphylococcus aureus* pada Makanan Jajanan di Sekolah Dasar Kecamatan Tampan Pekan Baru. *Journal of Pharmacy and Science*, 3(2): 12-17.
- Keliat, S., Darniati, Harris, A., Erina, Rinidar, & Fakhurrizi. (2019). The effect of Fingerroot Rhizome (*Boesenbergia pandurata*) Extract on the Growth of *Staphylococcus aureus* in Vitro. *Jurnal Medika Veterinaria*, 13(2), 178–184.
- Khairunnisa, M., Helmi, Z., Darmawi, Dewi, M., & Hamzah, A. (2018). Isolasi dan Identifikasi *Staphylococcus aureus* pada Ambing Kambing Peranakan Etawa (PE). *JIMVET*, 2(4), 538–545.
- Khotimah, F., U., Inggit, K., & Oktavia, R., P. 2021. Pengaruh Jenis Kemasan dan Lama Simpan Susu Kambing Pasteurisasi Pada Suhu Refrigerator Terhadap Total Mikroba dan Kadar Protein. *Jurnal Dinamika Rekasatwa*, 4(2): 315.

- Kristanti, N. (2017). Daya Simpan Pasteurisasi Ditinjau dari Kualitas Mikroba Termodurik dan Kualitas Kimia. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 12(1).
- Kristinawati, E., Kaffa, B., A., & I wayan, G. (2022). Pemanfaatan Ekstrak Daun Jati (*Tectona grandis*) Sebagai Pewarna Alternatif Pengganti Zat Warna Safranin pada Pewarnaan Preparat Bakteri. *Open Journal Systems*. 16(8), 1978-3787.
- Kurniawan, S. E., Mahyarudin, M., & Rialita, A. (2021). Aktivitas Antibakteri Isolat Bakteri Endofit Daun Pegagan (*Centella asiatica*) terhadap *Staphylococcus aureus*. *Bioma : Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 14–29.
- Kursia, S., Imrawati, Ismail, Halim, A., Ramadhani, N., Ramadhani, F., Priska, F., & Hanifah, F. (2020). Identifikasi Biokimia dan Aktivitas Antibakteri Isolat Bakteri Asam Laktat Limbah Sayur Bayam. *Jurnal Media Farmasi*, 16(1), 27– 32.
- Kusumaningsih, A., & Tati, A. (2013). Cemaran Bakteri Patogenik pada Susu Sapi Segar dan Resistensinya terhadap Antibiotika. *Berita Biologi*. 12(1): 9-10.
- Le Loir, Y., Baron, F., & Gautier, M. (2003). *Staphylococcus aureus and food poisoning. Genetics and Molecular Research*, 2(1), 63–76.
- Lestari, F., B., Siti Isrina, O., S. (2015). Karakterisasi *Staphylococcus aureus* Isolat Susu Sapi Perah Berdasar Keberadaan Protein-A pada Media Serum Soft Agar terhadap Aktivitas Fagositosis Secara In Vitro. *Jurnal Sain Veteriner*. 33(2): 0126-0421.
- Lestari, R., A., Dewi Laelatul, B., & Dwi Nastiti, I. (2024). Hiegien Pemerahan sebagai penentu Kontaminasi Bakteri *Staphylococcus aureus* pada Susu Sapi di Kabupaten Kuningan. *Jurnal Ilmu Kesehatan Bhakti Husada*, 15(1): 178-185.
- Maharani, Mirnawati, B., S., Susi, S., & Herwin, P. (2020). Pemeriksaan Kualitas Susu Asal Kedelai Susu Kawasan Permukiman Mahasiswa IPB Dramaga dan Cilibende Bogor. *Jurnal Kajian Veteriner*. 8(1): 24-33.
- Majid, A., & Nikmah. (2021). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Salmonella dan *Staphylococcus aureus* pada Ikan Tongkol Asap yang Disimpan pada Suhu dan Lama Penyimpanan yang Berbeda. *CHMK Applied Scientific Journal*, 4(2).
- Manab, A., Rahayu, P. P., Andriani, R. D., Apriliani, M. W., Sawitri, M. E., & Umam, K. (2021). *Ilmu Susu*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Manoe, J. A., Hinga, I. A. T., & Setyobudi, A. (2019). Uji Organoleptik Produk Tahu Berdasarkan Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu Tahu di Kabupaten Kupang. *Timorese Journal of Public Health*, 1(2), 96–108. <https://doi.org/10.35508/tjph.v1i2.2133>.
- Manu, K., R., Elisabet, T., & Maria, A., G. (2019). Isolasi dan Identifikasimanoe terhadap Bakteri Penyebab Mastitis pada Sapi Perah di Desa Benlutu Kecamatan Batu Putih Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal Veteriner Nusantara*. 2(2), 2540-7643.
- Marbun, R., Mardanif, F., & Aini, U. (2020). Pemanfaatan Sari Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas poiret*) sebagai Zat Pewarna pada Pewarnaan Gram terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Klinikal Sains: Jurnal Analisis Kesehatan*, 8(2): 82-89.

- Maromon, Y., Pakan, P., & Agnes, M. (2020). Uji Aktivitas Anti Bakteri Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* secara In Vitro. *Cendana Medical Journal*, 20(2), 250–255.
- Medvova, A., Adriana, H., Veronika, L & Lubomir, V. (2019). Staphylococcus aureus 2064 Growth as Affected by Temperature and Reduced Water Activity. *Italian Journal of Food Safety*. 8: 8287.
- Muhammad, A., & Irena, A. (2021). Uji Aktivitas Minuman Sinbiotik Terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 2593. *Indonesian Journal of Laboratory*. 4(1): 41-45.
- Nababan, L., A., I Ketut, S., Ida, B., N., S. (2014). Ketahanan Susu Segar pada Penyimpanan Suhu Ruang Ditinjau dari Uji Tingkat Keasaman, Didih, dan Waktu Reduktase. *Indonesia Medicus Veterinus*. 3(4): 274-282.
- Nababan, Maulina, I Ketut, S., Ida, B., N., S. (2015). Kualitas Susu Segar pada Penyimpanan Suhu Ruang Ditinjau dari Uji Alkohol, Derajat Keasaman dan Angka Katalase. *Indonesia Medicus Veterinus*. 4(4), 82-374.
- Nailufar, Y. (2022). Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan Air Susu Sapi Terhadap Kadar Asam Laktat. *Jurnal Kesehatan Tambusai*. 3(1): 2774-5848.
- Navyanti, F., & Retno, A. (2015). Higiene Sanitasi, Kualitas Fisik dan Bakteriologi Susu Sapi Segar Perusahaan Susu X di Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 8(1): 36-37.
- Nisa, K., Wahyuni, S., & Hidayat, A. (2022). Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Kualitas Fisikokimia Susu Segar Sapi Perah. *Jurnal Ilmu Peternakan Terapan*, 6(2), 101–108.
- Nopiosi, A., Ferasyi, T., Ismail, Abrar, M., Hamny, Rastina, & Fakhurrrazi. (2022). Pemeriksaan Jumlah Cemar *Staphylococcus aureus* pada Susu Kambing Peranakan Etawa (PE) di Peternakan Adoe A Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*, 6(3), 89–95.
- Nopitasari, W., Anggraini, M., & Advinda, L. (2021). Pengendalian Cemar Mikroba Pada Susu. *Prosiding SEMNAS BIO*, 1(2).
- Novitasari, E., & Diptaningsari, D. (2022). Patogen Pembawa Penyakit *Staphylococcus aureus* dan Prevalensinya pada Pangan Hasil Pertanian. *Jurnal Riset Agribisnis Dan Peternakan*, 7(1), 1–14.
- Novitasari, T., Rohmi, & Inayati, N. (2019). Potensi Ikan Teri Jengki (*Stolephorus indicus*) Sebagai Bahan Media Alternatif untuk Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Analisis Medika Bio Sains*, 6(1), 1–15.
- Nurdiana, F., Julyantoro, P., & Suryaningtyas, E. (2019). Kelimpahan Bakteri Coliform Pada Musim Kemarau di Perairan Laut Celukanbawang, Provinsi Bali. *Jurnal Current Trends in Aquatic Science*, 2(1), 101–107.
- Nurliyani, (2021). *Imunologi Susu*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Oktaviani, M., Juni, S., & Agustinus R. (2022). Pengaruh Penambahan Hidrokolid terhadap Water Holding Capacity (WHC) dan Sinersis Yoghurt Susu Sapi. *Prosiding Seminar Teknologi dan Agribisnis Peternakan IX*. Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman.
- Pazla, R., Antonius., & Laras, S., S. (2023). *Susu Kambing Manfaat dan Optimalisasi*. Jawa Barat: CV. Adanu Abimata.

- Pop, F., & Delia, B. (2014). Evaluation of oxidation and hydrolysis in milk fat during freezing storage. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 20(1): 39-45.
- Pradana, T., Rusdhi, A., & Purba, I. (2023). Deteksi Bakteri Proteolitik Dari Ileum Gallus Gallus Sebagai Kandidat Agen Probiotik Pakan Fermentasi Unggas. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 6(4), 1561–1567.
- Pramesthi, R., Teguh, H., S, & Sudjatmogo. (2015). Total Bakteri dan pH Susu Segar Sapi Perah Friesian Holstein di Unit Pelaksana Teknis Daerah dan Pembibitan Ternak Unggul Mulyorejo Tengeran Semarang. *Animal Agriculture Journal*. 4(1): 70.
- Prayitno, S., & Hartanti, F. (2020). *Ilmu dan Pengetahuan Bahan Pangan (Bahan Pangan Hewani) (B. Sucahyo, Ed.)*. UMG Press.
- Priyanti, E. (2021). Peningkatan Algoritma Naive Bayes Menggunakan Algoritma Genetika Pada Klasifikasi Bakteri. *Jurnal Swabumi*, 9(2): 85-88.
- Purwadi. (2019). *Ilmu dan Teknologi Pengolahan Keju* (Tim UB Press, Ed.). UB Press.
- Purwasari, P., P., Taufik, R., D., A., N., & Mardiyah, H. (2023). Pengaruh Karakteristik Peternak Sapi Terhadap Kemampuan Berwirausaha Ternak Sapi di Kecamatan Geger Kabupaten Bangkalan. *Seminar Nasional Hasil Penelitian, Perikanan dan Kelautan. Fakultas Pertanian. Universitas Trunojoyo Madura*.
- Putri, E., (2016). Kualitas Protein Susu Sapi Segar Berdasarkan Waktu Penyimpanan. *Chempublish Journal*. 1(2): 14-15.
- Putri, N., Frannita, E., & Hidayatullah, M. (2022). Isolasi dan Identifikasi *Staphylococcus aureus* dari Luka Kulit Sapi Perah secara In Vitro. *Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu, Dan Produk Kulit*. 21(2): 229-236.
- Rabiatul Adawyah, M. P. (2023). *Pengolahan dan pengawetan ikan*. Bumi Aksara.
- Rahmi, N., Wulandari, P., & Advinda, L. (2021). Pengendalian Cemar Mikroorganisme pada Ikan-Mini Review. *Prosiding SEMNAS BIO*, 1(2).
- Rajauria, G., Tiwari, B.K., & O'Donnell, C.P. (2016). *Food Packaging and Shelf Life*. Elsevier.
- Ranvir, S., Tiwari, B. K., & Kelly, A. L. (2020). Assessment of Physicochemical changes in UHT Milk During Storage at Different Temperatures. *Journal of Dairy Research*, 87(4), 433-440.
- Rini, C., & Rohmah, J. (2020). *Buku Ajar Mata Kuliah Bakteriologi Dasar* (M. Mushlih, Ed.; Pertama). UMSIDA Press.
- Risna, Y. K., Harimurti, S., Wihandoyo, & Widodo. (2022). Kurva Pertumbuhan Isolat Bakteri Asam Laktat dari Saluran Pencernaan Itik Lokal Asal Aceh. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 24(1), 1–7.
- Rohman, E., & Maharani, S. (2020). Peranan Warna, Viskositas, dan Sineresis terhadap Produk Yoghurt. *Jurnal Edufortech*, 5(2).
- Rumondor, D., & Tamasoleng, M. (2021). *Sanitasi dan Keamanan Pangan (Penanganan Higenis Produk Olahan Hasil Ternak)* (S. Komansilan, Ed.). Unsrat Press.
- Sa'adah, H., Supomo, & Musaenah. (2020). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Air Kulit Bawang Merah (*Allium cepa* L.) terhadap Bakteri *Propionibacterium acnes*. *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, 2(2).

- Sahli, I., T. (2023). *Protein Biofilm Bakteri Staphylococcus aureus dan Produksi Antibodi Poliklonal*. Sulawesi Tengah: CV. Feniks Muda Sejahtera.
- Salsabila, Z. N., Lanny Mulqie, & Umi Yuniarni. (2023). Pewarnaan Gram Bakteri Isolat Klinis pada Pasien ISK di RSUD Karawang. Bandung Conference Series: *Pharmacy*, 195–202.
- Saltanera. 2015. “Ensiklopedi Hadits Kitab 9 Imam.” *Lembaga Ilmu Dan Dakwah Publikasi Sarana Keagamaan, Lidwa Pusaka*. Retrieved (<https://store.lidwa.com/get/>).
- Saragih, J., R., Dedy, H., & Anjar, W. (2020). Prediksi Produksi Susu Segar di Indonesia Menggunakan Algoritma Backpropagation. *Jurnal Ilmiah Informatika (JIF)*, 8(1): 2337-8379.
- Satria, A., T., Almaedawati, E., & Aji, W. (2019). Profil Kualitas Susu Segar Di Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*. 3(2): 150-151.
- Septiani, S., Chirsti, R. F., & Pratama, A. (2023). Evaluasi Sifat Fisik, Kimia dan Mikrobiologi pada Susu Sapi Segar yang Didapat dari Beberapa Kelompok Ternak di KSU Mitra Jaya Mandiri Ciwidey, Kabupaten Bandung. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 4(2):256-267.
- Shalaby, M., Julien, R., Taya, F., Ruth., Valentina, B. (2024). Distribution and prevalence of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* and staphylococcal enterotoxins in raw ruminants' milk: Asystematic review. *Food Microbiology*. 118. 2-8.
- Shodiq, A., N., Veronica, W., Arif, Q., & Kusuma, A. (2023). Sifat Fisik Susu Sapi Perah: Studi Kasus Peternakan Sapi Perah Rakyat di Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*. 7(1): 127-128.
- Sigit, M., Putri, W. R., & Pratama, J. W. A. (2021). Perbandingan Kadar Lemak, Protein Dan Bahan Kering Tanpa Lemak (BKTL) Pada Susu Sapi Segar Di Kota Kediri Dan Kabupaten Kediri. *Jurnal Ilmiah Fillia Cendekia*, 6(1).
- Sihombing, M & Freysi, M. (2022). *Staphylococcus aureus*. Manado: Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sam Ratulangi.
- Sinaga, I. O. Y., Astrini, D., & Indradi, R. B. (2023). Artikel Review: Pengaruh pH pada Pertumbuhan Bakteri Sesuai Syarat Mutu Obat Tradisional di Indonesia. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 6(1), 287–291.
- Sipayung, A. D., Aruan, D. G. R., & Harianja, E. S. (2022). Pemeriksaan *Staphylococcus aureus* pada Susu Sapi Perah Sebelum dan Sesudah Diolah di Peternakan Asam Kumbang Medan. *Jurnal Analis Laboratorium Medik*, 7(2), 116–124. <https://doi.org/10.51544/jalm.v7i2.3666>
- Situmorang, N., & Silitonga, E. (2021). Identifikasi Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis* Pada Laboratorium Mikrobiologi Politeknik Kesehatan Dr. Rusdi Medan. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 4(1), 228–234.
- Stampa, M. J., Teixeira, A. G., & Carvalho, D. P. (2022). Influence of Cold Chain on Physicochemical properties of Raw Milk During Storage. *Food Chemistry Advances*, 1(2), 100025.
- Suardana, I., W., & Swacita IBN. (2009). *Higiene Makanan. Kajian Teori Dan Prinsip Dasar*. Fakultas Kedokteran Hewan. Denpasar: Universitas Udayana.

- Sugiri, Y. D., & Anri, A. (2010). Prevalensi patogen penyebab mastitis subklinis (*Staphylococcus aureus* dan *Streptococcus agalactiae*) dan patogen penyebab mastitis subklinis lainnya pada peternak skala kecil dan menengah di beberapa sentra peternakan sapi perah di Pulau Jawa. *Balai Pengujian dan Penyidikan Penyakit Hewan dan Kesmavet (BP3HK) Cikole Lembang Kab. Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia*.
- Sugiyani, R., A., Wulan, f., S., & Achmadi. 2024. Perbandingan Suhu Penyimpanan Susu Sapi segar Terhadap Total Plate Count (TPC). *Jurnal Biosense*. 7(2), 280-289.
- Sulaiman, I. (2021). *Pengemasan dan Penyimpanan Produk Bahan Pangan (S. Rohaya & Herniwanti, Eds.)*. Syiah Kuala University Press.
- Suryani, Y. (2022). *Fisiologi Mikroorganisme (Pertama)*. Gunung Djati Publishing.
- Sutrisno, D., A., Sri Kumalaningsih, & Arie, F., M. (2015). Studi Stabilitas Mutu Susu Segar Selama Pengangkutan Menggunakan Suhu Rendah yang Layak Secara Teknis dan Finansial (Kajian Suhu dan Lama Waktu Pendinginan). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 16(3): 207-212.
- Suwito, W. (2010). Bakteri yang sering mencemari susu: deteksi, patogenesis, epidemiologi, dan cara pengendaliannya. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(3), 96-100.
- Tambunan, R., M., Situmorang, M., & Simanjuntak, P. (2018). Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* pada Produk Pangan Selama Penyimpanan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 13(2): 75-82.
- Teme, N., Sio, S., & Purwantiningsih, T. I. (2021). Pengaruh Wadah dan Lama Penyimpanan terhadap Kualitas Fisik dan Jumlah Bakteri Susu Sapi Friesian Holstein di Benlutu. *Journal of Animal Science*, 6(1), 10–13.
- Trimintarsih, T., & Yesy, K. (2022). Strategi Pemasaran Susu Sapi Perah di Peternakan Sapi Kedunglo Kediri. *Jurnal Ekuivalensi*, 8(2): 312-324.
- Urip, Pratiwi, N., Tatontos, E., & Diarti, M. (2022). Potensi Tepung Biji Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*) sebagai Bahan Alternatif Sumber Nitrogen dalam Media Mannitol Salt Agar (MSA) untuk Pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 20(2), 1174–1183.
- Utami, U., Nur, K., Liliek, H., & Prilya, D., F. (2021). *Imunomodulator Probiotik Bakteri Asam Laktat*. Malang: PT. Cita Intrans Selaras.
- Wahyudi, A., & Rusman, A. (2021). Integrasi Sains dan Islam: Menumbuhkan Nilai Tauhid dalam Pendidikan Biologi. *Jurnal Tarbiyah Islamiyah*. 11(1): 15-26.
- Wahyuningsih, Debby, F., P. (2022). Kualitas Fisik, Kimia, Mikrobiologi Susu Sapi pada Peternakan Sapi Perah di Kecamatan Caringin, Kabupaten Bogor. *Jurnal Agroetnologi dan Agribisnis*. 6(1): 1-16.
- Walstra, P., Geurts, T., J., Noomen, A., Jellema, A., & Van Boekel, M. A. J., S. (2006). *Dairy Science and Technology, Second Edition*. CRC Press.
- Wanniatie, V., & Zuraida, H. (2015). Kualitas Susu Pasteurisasi Komersil. *Agripet*. 15(2): 92-93.
- Wardani, D., Dani, S., & Nurul, N. (2020). Pemeriksaan Kadar Protein pada Susu Sapi Segar Asal Peternakan Cilawu Kabupaten Garut dengan Metode Kjeldahl. *Jurnal Sains dan Teknologi Laboratorium Medik*. 5(2): 18-22.

- Wibowo, E., Nurhidayat, N., & Sukmawati, D. (2018). Pengaruh keterlambatan pendinginan terhadap kualitas susu sapi segar. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 20(1), 37–43.
- Wicaksana, T., & Lasmono, T., S. (2021). Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Susu Sapi dengan Metode Statistical Process Control (SC) Di CV. Cita Nasional. *AGRITEPA*. 8(2): 1881-2722.
- Widyananda, Purdiyanto, & Samholi. (2022). Tingkat Kesukaan Konsumen terhadap Berbagai Merek Susu Ultra Heat Treatment (UHT) yang Beredar di Pamekasan. *Jurnal Manajemen Dan Kewirausahaan*, 7(2).
- Wijanarko, I., Edi, P., & Rudy, H. (2023). Kualitas Fisik Susu Segar Pada Peternakan Sapi Perah Rakyat Di Kecamatan Mijen Kota Semarang. *Jurnal AGROMEDIA*. 41(2): 240-241.
- Wiranti, N., Veronica, W., Ali, H., & Arif, Q. (2022). Kualitas Susu Sapi Segar Pada Pemerahan Pagi dan Sore. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*. 6(2): 123-125.
- Wulandari, E., Hindun, I., & Husamah, H. (2020). Pengaruh Suhu Pasteurisasi dan Lama Penyimpanan pada Refrigerator terhadap Jumlah Koloni Bakteri Susu Sapi . *Prosiding Seminar Nasional*. 147–152.
- Wulandari, A. D., Sari, D. M., & Pratama, I. (2020). Penanganan Susu Segar Secara Higienis untuk Mempertahankan Kualitas. *Jurnal Peternakan Nusantara*, 6(2), 65-70.
- Wulandari, Z., Taufik, E., & Syarif, M. (2017). Kajian kualitas produk susu pasteurisasi hasil penerapan rantai pendingin. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*. 5(3): 94–100.
- Yaniarti, M. N., Amarantini, C., & Budiarmo, T. Y. (2017). *The effect of temperature and Pasteurization time on Staphylococcus aureus isolates from dairy products*. 050003. <https://doi.org/10.1063/1.5012727>
- Yanti, H., Hidayanti, & Elfawati. (2008). Kualitas Daging Sapi dengan Kemasan Plastik PE (Polyethylen) dan Plastik PP (Polypropylen) di Pasar Arengka Kota Pekanbaru. *Jurnal Peternakan*. 5(1): 1829-8729.
- Yazirin, C., Maghfiroh Achmad, Ilmiahadi, B., Wahid, H., Damanhuri, N., Lailia, R., Rahmilia, R., & Azizah, W. (2022). Inovasi Pengolahan Susu Sapi Murni Menjadi Susu Aneka Rasa Guna Meningkatkan Nilai Jual. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat*, 3(2), 102–106.
- Yennie, Y., Dewanti-Hariyadi, R., Kusumaningrum, H. D., & Poernomo, A. (2022). Kontaminasi *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus cereus* pada Sushi di Tingkat Ritel di Wilayah Jabodetabek. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(2).
- Yonata, Q. U., Thohari, I., & Marlik, M. (2020). Faktor yang Berhubungan dengan Angka Kuman Udara di Rumah Sakit Soemitro Surabaya. *Jurnal Penelitian Kesehatan "SUARA FORIKES" (Journal of Health Research "Forikes Voice")*, 11(3), 264. <https://doi.org/10.33846/sf11308>
- Yulaikah, S., Cicilia, N., P., & Nasrul, R., H. (2016). Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Kadar Lemak Susu Sapi Murni. *Seminar Nasional Pendidikan dan Saintek*.
- Zakiyyah Hilma, N., S. (2021). Susu Sapi sebagai Obat bagi Kesehatan Tubuh: Studi Takhrij dan Syarah Hadits. *Jurnal Riset Agama*. 1(2): 375-388.

Zuhriyah, A. (2010). Analisis Permintaan dan Penawaran Susu Segar di Jawa Timur. *Embryo*, 7(2): 0216-0188.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Jumlah koloni bakteri susu segar pada setiap pengenceran

Suhu (°C)	Jenis wadah	Ulangan	Pengenceran	Jumlah Koloni		
				Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-3
4	Botol PET	1	10 ⁻¹	6	115	104
			10 ⁻²	12	90	59
			10 ⁻³	0	12	24
		2	10 ⁻¹	8	110	98
			10 ⁻²	14	85	51
			10 ⁻³	0	8	20
10	Botol PET	1	10 ⁻¹	18	102	119
			10 ⁻²	0	88	105
			10 ⁻³	0	44	39
		2	10 ⁻¹	20	97	113
			10 ⁻²	0	82	101
			10 ⁻³	0	40	32
15	Botol PET	1	10 ⁻¹	17	102	113
			10 ⁻²	0	128	39
			10 ⁻³	0	80	78
		2	10 ⁻¹	15	100	109
			10 ⁻²	0	117	35
			10 ⁻³	0	65	71
4	Plastik PE	1	10 ⁻¹	10	182	105
			10 ⁻²	1	210	78
			10 ⁻³	0	57	39
		2	10 ⁻¹	8	173	102
			10 ⁻²	2	201	72
			10 ⁻³	0	42	35
10	Plastik PE	1	10 ⁻¹	3	244	230
			10 ⁻²	0	24	182
			10 ⁻³	0	6	119
		2	10 ⁻¹	2	225	228
			10 ⁻²	0	22	178
			10 ⁻³	0	2	114
15	Plastik PE	1	10 ⁻¹	20	115	140
			10 ⁻²	0	102	130
			10 ⁻³	0	82	110
		2	10 ⁻¹	17	101	135
			10 ⁻²	0	83	129
			10 ⁻³	0	61	107

Perhitungan koloni sesuai SNI 2897:2008 sebagai berikut:

1. Koloni yang dihitung diatas 25 sampai dengan 250
2. Jika koloni kurang dari 25 disemua cawan, maka dihitung jumlah yang ada pada cawan disetiap pengenceran dan diberi tanda bintang (*)
3. Jika koloni melebihi 250 disemua cawan, maka dihitung koloni pada cawan untuk memberikan gambaran penyebaran koloni secara representative dan diberi tanda bintang (*)
4. Jika pada cawan petri disemua pengenceran tidak menghasilkan koloni, perhitungan ditulis 1x pengenceran terendah dan diberi tanda bintang (*)
5. Jika koloni spreader maka koloni tidak dihitung

Lampiran 2. Jumlah cemaran bakteri *Staphylococcus aureus* susu segar variasi suhu dan jenis wadah penyimpanan

Suhu (°C)	Jenis Wadah	Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-3
4	Botol PET	$6,1 \times 10^{1*}$	5×10^3	$3,5 \times 10^3$
		$8 \times 10^{1*}$	$4,8 \times 10^3$	3×10^3
10		$1,8 \times 10^{2*}$	$1,8 \times 10^4$	$1,7 \times 10^4$
		$2 \times 10^{2*}$	$1,6 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4$
15		$1,7 \times 10^{2*}$	$3,1 \times 10^4$	$2,7 \times 10^4$
		$1,5 \times 10^{2*}$	$2,5 \times 10^4$	$2,5 \times 10^4$
4	Plastik PE	$1 \times 10^{2*}$	$2,6 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$
		$1,4 \times 10^{2*}$	$2,1 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4$
10		$3 \times 10^{1*}$	$2,4 \times 10^3$	$4,6 \times 10^4$
		$2 \times 10^{1*}$	$2,2 \times 10^3$	$4,4 \times 10^4$
15		$2 \times 10^{2*}$	$3,1 \times 10^4$	$4,1 \times 10^4$
		$1,7 \times 10^{2*}$	$2,3 \times 10^4$	4×10^4

Lampiran 3. Hasil ANOVA cemaran bakteri *Staphylococcus aureus*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Nilai TPC

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	38,312 ^a	5	7,662	3,555	,012
Intercept	323,340	1	323,340	150,034	,000
Suhu	16,115	2	8,058	3,739	,035
Wadah	,103	1	,103	,048	,828
Suhu * Wadah	22,093	2	11,047	5,126	,012
Error	64,653	30	2,155		
Total	426,306	36			
Corrected Total	102,965	35			

a. R Squared = ,372 (Adjusted R Squared = ,267)

Lampiran 4. Hasil uji lanjut terhadap cemaran bakteri susu segar menggunakan Duncan dari pengaruh suhu

Nilai TPC

Duncan^{a,b}

Suhu Penyimpanan	N	Subset	
		1	2
10	12	2,42583	
15	12	2,62917	
4	12		3,93583
Sig.		,737	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 2,155.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

b. Alpha = 0,05.

Lampiran 5. Hasil uji ANOVA pH susu segar

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Nilai pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11,420 ^a	5	2,284	3,921	,007
Intercept	1734,028	1	1734,028	2976,842	,000
Wadah	1,085	1	1,085	1,863	,182
Suhu	4,077	2	2,038	3,499	,043
Wadah * Suhu	6,258	2	3,129	5,372	,010
Error	17,475	30	,583		
Total	1762,924	36			
Corrected Total	28,895	35			

a. R Squared = ,395 (Adjusted R Squared = ,294)

Lampiran 6. Hasil uji lanjut terhadap nilai pH susu segar menggunakan Duncan dari pengaruh suhu

Nilai pH

Duncan^{a,b}

Suhu (°C)	N	Subset	
		1	2
4	12	6,8042	
10	12	6,9975	
15	12		7,3208
Sig.		,166	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,108.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

b. Alpha = 0,05.

Lampiran 7. Nilai kadar protein susu segar

Wadah	Suhu	Ulangan	Kadar Protein (%)		
			Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-3
Botol PET	4	1	4,87	5,22	5,34
	4	2	5,34	5,22	5,16
	10	1	5,16	3,66	3,40
	10	2	5,26	3,87	3,66
	15	1	5,25	4,52	4,30
	15	2	5,25	4,23	4,21
Plastik PE	4	1	5,18	5,25	5,26
	4	2	5,21	5,21	5,25
	10	1	5,16	4,74	4,52
	10	2	5,22	4,01	4,01
	15	1	5,21	4,30	4,23
	15	2	5,22	4,26	4,21

Lampiran 8. Hasil uji ANOVA kadar protein susu segar

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar Protein (%)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4,933 ^a	5	,987	4,028	,006
Intercept	807,223	1	807,223	3295,990	,000
Wadah	,164	1	,164	,670	,420
Suhu	4,328	2	2,164	8,836	,001
Wadah * Suhu	,440	2	,220	,899	,418
Error	7,347	30	,245		
Total	819,503	36			
Corrected Total	12,280	35			

a. R Squared = ,402 (Adjusted R Squared = ,302)

Lampiran 9. Hasil uji lanjut terhadap kadar protein susu segar menggunakan Duncan dari pengaruh suhu

Kadar Protein (%)

Duncan^{a,b}

Suhu (°C)	N	Subset	
		1	2
10	12	4,3892	
15	12	4,6075	
4	12		5,2092
Sig.		,288	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,245.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

b. Alpha = 0,05.

Lampiran 10. Hasil uji ANOVA kadar lemak susu segar

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar Lemak (%)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8,464 ^a	5	1,693	10,778	,000
Intercept	3397,141	1	3397,141	21629,806	,000
Wadah	2,630	1	2,630	16,744	,000
Suhu	5,188	2	2,594	16,516	,000
Wadah * Suhu	,646	2	,323	2,056	,146
Error	4,712	30	,157		
Total	3410,316	36			
Corrected Total	13,175	35			

a. R Squared = ,642 (Adjusted R Squared = ,583)

Lampiran 11. Hasil uji lanjut terhadap kadar lemak susu segar menggunakan Duncan dari pengaruh suhu

Kadar Lemak (%)

Duncan^{a,b}

Suhu Penyimpanan	N	Subset		
		1	2	3
15	12	9,2867		
10	12		9,6467	
4	12			10,2092
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,157.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

b. Alpha = ,05.

Lampiran 12. Hasil uji ANOVA kadar laktosa susu segar

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar Laktosa (%)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11,643 ^a	5	2,329	4,365	,004
Intercept	1553,017	1	1553,017	2911,273	,000
Wadah	,783	1	,783	1,468	,235
Suhu	10,597	2	5,298	9,932	,000
Wadah * Suhu	,263	2	,132	,247	,783
Error	16,003	30	,533		
Total	1580,663	36			
Corrected Total	27,647	35			

a. R Squared = ,421 (Adjusted R Squared = ,325)

Lampiran 13. Hasil uji lanjut terhadap kadar laktosa susu segar menggunakan Duncan dari pengaruh suhu

Kadar Laktosa (%)

Duncan^{a,b}

Suhu Penyimpanan	N	Subset	
		1	2
10	12	6,1483	
15	12	6,2217	
4	12		7,3342
Sig.		,807	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

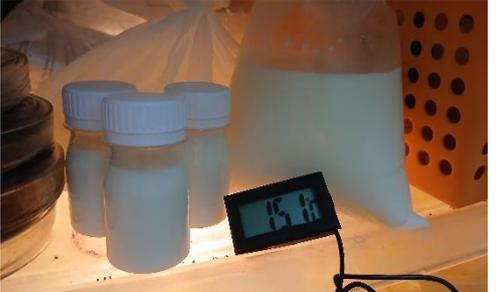
Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,533.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

b. Alpha = 0,05.

Lampiran 13. Dokumentasi penelitian

 <p>Sterilisasi Botol Plastik PET</p>	 <p>Sterilisasi Plastik PE</p>
 <p>Pengambilan Sampel</p>	 <p>Sampel selama di perjalanan</p>
 <p>Penyimpanan suhu 4°C</p>	 <p>Penyimpanan suhu 10°C</p>
 <p>Penyimpanan suhu 15°C</p>	 <p>Suhu refrigerator 15°C</p>



Suhu 10°C



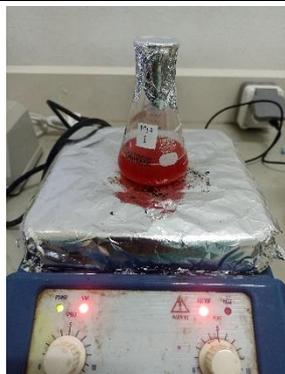
Suhu 4°C



Sterilisasi alat



Penimbangan media MSA



Pemanasan media MSA



Penimbangan media BPW



Pemanasan media BPW



Proses pengenceran



Isolasi *S. aureus* dari susu segar

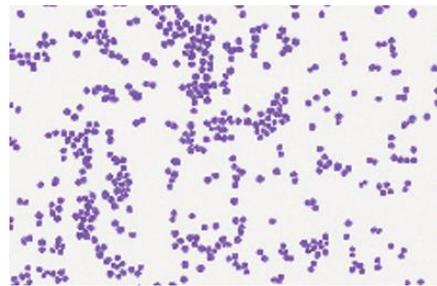


Pengujian Lactoscan



Hari ke-0

Hasil isolasi *S. aureus* di media MSA

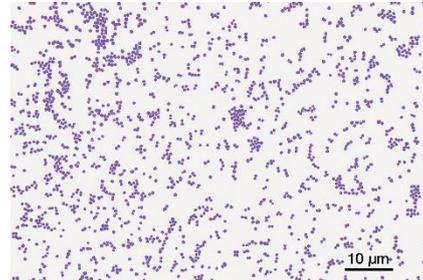


Hari ke-0

Hasil pewarnaan gram positif



Pewarnaan Gram

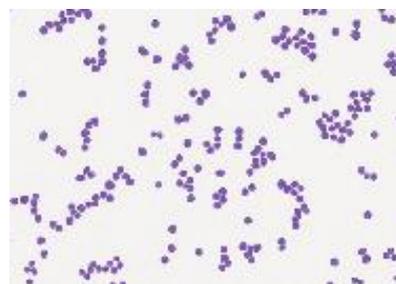


Hari ke-1

Hasil pewarnaan gram positif

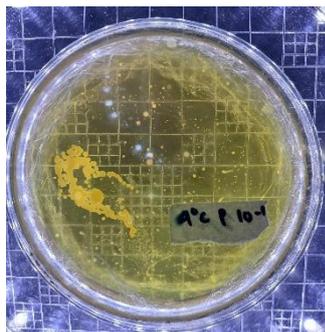


Uji katalase



Hari ke-3

Hasil pewarnaan gram positif



Koloni *S. aureus* di media MSA



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
 Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Ismatul Mukarromah
 NIM : 210602110101
 Judul : Uji Kualitas Susu Sapi Segar Berdasarkan Variasi Suhu dan Jenis Wadah Penyimpanan Yang Berbeda

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	100	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		

Mengetahui,
 Ketua Program Studi Biologi

 Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
 NIP. 19741018 200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 210602110101
Nama : ISMATUL MUKARROMAH
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : BIOLOGI
Dosen Pembimbing 1 : Ir.Hj. LILIEK HARIANIE A.R.M.P.
Dosen Pembimbing 2 : Dr. M. MUKHLIS FAHRUDDIN,M.S.I
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : Uji Kualitas Susu Sapi Segar Sari Maduratna Berdasarkan Suhu dan Wadah Penyimpanan Dengan Suhu Yang Berbeda

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	07 Juni 2024	Ir.Hj. LILIEK HARIANIE A.R.M.P.	Konsultasi Judul	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
2	10 September 2024	Ir.Hj. LILIEK HARIANIE A.R.M.P.	Konsultasi Judul Baru	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
3	31 Oktober 2024	Ir.Hj. LILIEK HARIANIE A.R.M.P.	Bimbingan BAB 1 & 3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
4	15 November 2024	Ir.Hj. LILIEK HARIANIE A.R.M.P.	Revisi BAB 1 & 3, dan Bimbingan BAB 2	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
5	20 November 2024	Ir.Hj. LILIEK HARIANIE A.R.M.P.	Revisi BAB 1-3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
6	22 November 2024	Dr. M. MUKHLIS FAHRUDDIN,M.S.I	Bimbingan Integrasi	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
7	25 November 2024	Ir.Hj. LILIEK HARIANIE A.R.M.P.	Bimbingan BAB 1-3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
8	25 November 2024	Dr. M. MUKHLIS FAHRUDDIN,M.S.I	Revisi dan Persetujuan Integrasi BAB 1-3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
9	05 Desember 2024	Ir.Hj. LILIEK HARIANIE A.R.M.P.	ACC BAB 1-3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
10	19 Mei 2025	Ir.Hj. LILIEK HARIANIE A.R.M.P.	Bimbingan Bab 4 & 5	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
11	21 Mei 2025	Ir.Hj. LILIEK HARIANIE A.R.M.P.	Revisi Bab 4 & 5	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
12	22 Mei 2025	Dr. M. MUKHLIS FAHRUDDIN,M.S.I	Bimbingan Integrasi	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
13	23 Mei 2025	Ir.Hj. LILIEK HARIANIE A.R.M.P.	Revisi Bab 4 & 5	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
14	27 Mei 2025	Ir.Hj. LILIEK HARIANIE A.R.M.P.	ACC Bab 4 & 5	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

Dr. M. MUKHLIS FAHRUDDIN,M.S.I

Malang _____

Dosen Pembimbing 1

Ir.Hj. LILIEK HARIANIE A.R.M.P.



