

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Susu merupakan bahan makanan bernilai gizi tinggi yang diperoleh dari kelenjar susu mamalia. Susu mengandung makronutrien seperti protein, lemak dan karbohidrat serta mikronutrien seperti vitamin dan mineral dan komponen lainnya yang bermanfaat bagi pemenuhan kebutuhan gizi dan kesehatan manusia (Suciati dan Safitri, 2021). Susu yang umum dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia adalah susu sapi. Namun, beberapa tahun terakhir masyarakat mulai mengonsumsi susu kambing sebagai alternatif pemenuhan protein hewani selain susu sapi. Susu kambing memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan karena karakteristiknya. Susu kambing lebih mudah dicerna dibandingkan susu sapi karena mengandung asam lemak rantai pendek dan menengah, bersifat hipoalergenik, serta memiliki ukuran globula lemak yang lebih kecil dan seragam (Sergeev *et al.*, 2021). Selain memiliki globula lemak yang lebih kecil dan seragam, susu kambing mengandung sekitar 25% lebih banyak vitamin B6, 47% lebih banyak vitamin A, dan 13% lebih banyak kalsium dibandingkan susu sapi, sehingga lebih mudah dicerna dan bernilai gizi tinggi. (Wibowo dan Yuniarti, 2023). Namun, pemanfaatan susu kambing di Indonesia masih didominasi dalam bentuk susu segar, sehingga diperlukan upaya diversifikasi produk untuk meningkatkan nilai tambah dan daya saing komoditas tersebut.

Salah satu produk olahan susu yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah mentega. Mentega merupakan produk lemak susu yang diperoleh melalui proses pengocokan (*churning*) untuk memecah emulsi minyak dalam air, sehingga menghasilkan emulsi air dalam minyak yang terdiri atas sekitar 80% lemak, 18% air, dan sejumlah kecil protein yang berperan sebagai pengemulsi (*emulsifier*) (Safitri *et al.*, 2023). Oleh karena itu, kandungan lemak susu menjadi faktor utama yang menentukan keberhasilan proses pembuatan mentega, terutama terhadap rendemen dan karakteristik produk akhir yang dihasilkan. Semakin tinggi kandungan lemak pada bahan baku, semakin besar pula potensi pembentukan mentega yang dihasilkan selama proses pengolahan. Sehingga, karakterisasi susu sebelum proses pengolahan menjadi langkah penting dalam menentukan kesesuaian bahan baku untuk produksi mentega.

Susu kambing diketahui memiliki kandungan lemak yang relatif tinggi serta karakteristik lemak yang berbeda dibandingkan susu sapi. Hal ini dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan Nirmagustina *et al.* (2025) menyatakan bahwa kadar lemak pada susu kambing murni sebesar 5,76%. Sedangkan, penelitian yang dilakukan oleh Suhendra *et al.* (2020) kadar lemak rata rata pada susu sapi Friesian Holstein hanya sebesar 3,42%. Selain itu, susu kambing memiliki ukuran globula lemak yang lebih kecil sehingga lebih mudah terdispersi dan dicerna oleh tubuh. Lemak susu kambing mengandung asam lemak rantai pendek, seperti asam kaproat (C6), kaprilat (C8), dan kaprat (C10), yang diproduksi melalui proses sintesis di dalam kelenjar mammae (Susanti dan Hidayat, 2016). Hal ini dapat berkontribusi terhadap karakteristik fisik, cita rasa, serta nilai gizi produk olahan yang dihasilkan.

Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa susu kambing memiliki potensi untuk dikaji lebih lanjut sebagai bahan baku mentega, karena karakteristiknya yang cukup berbeda dibanding dengan susu sapi.

Komposisi susu kambing diketahui dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain genetik atau ras ternak, pakan, lingkungan, dan fase laktasi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ras kambing memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan lemak, protein, laktosa, total padatan, maupun profil asam lemak susu. Bahkan, perbedaan ras dapat menghasilkan susu dengan karakteristik fisikokimia yang berbeda meskipun dipelihara pada kondisi lingkungan yang serupa. Indonesia sendiri tidak memiliki kambing perah asli. Kambing Etawa (Jamnapari) yang diperkenalkan dari luar kemudian disilangkan dengan kambing lokal sehingga menghasilkan beberapa rumpun yang berkembang di Indonesia, seperti Peranakan Etawa (PE), Senduro, Jawa Randu (Bligon), dan Sapera (Syamsi *et al.*, 2023). Kambing anglo juga menjadi salah satu kambing perah yang ada di Indonesia. Jenis – jenis kambing tersebut memiliki produktivitas hasil susu yang berbeda – beda yang dapat dipertimbangkan sebagai karakteristik bahan baku. Menurut Nurhayati *et al.* (2025) Produksi susu kambing Sapera mencapai sekitar 1.470 mL/ekor/hari, lebih tinggi dibandingkan kambing Anglo Nubian (1.190 mL/ekor/hari) dan Peranakan Etawa (857,3 mL/ekor/hari). Selain perbedaan produksi susu, ras kambing perah tersebut juga memiliki karakteristik susu yang beragam.

Perbedaan karakteristik susu antar ras tersebut diduga akan memengaruhi rendemen dan mutu mentega yang dihasilkan. Susu dengan kandungan lemak yang lebih tinggi berpotensi menghasilkan rendemen mentega yang lebih besar,

sedangkan perbedaan ukuran globula lemak, kandungan protein, dan total padatan dapat memengaruhi tekstur, warna, kadar air, maupun stabilitas produk. Beberapa penelitian mengenai mentega baik susu kambing dan susu sapi telah beberapa kali dilakukan, seperti pada penelitian yang dilakukan Vioque-Amor *et al.* (2023) dan Murti *et al.* (2020) pada penelitian tersebut melaporkan perbandingan profil mentega dan juga susu dari beberapa spesies berbeda. Meskipun demikian, penelitian mengenai kualitas mentega yang berasal dari berbagai ras kambing perah masih sangat terbatas seperti yang dilakukan pada penelitian ini, khususnya yang membandingkan parameter kualitas susu, rendemen mentega, mikrostruktur susu, dan warna mentega antar ras kambing yang berbeda dengan susu sapi sebagai pembanding. Sehingga, membandingkan profil kualitas susu dan juga mentega dari empat jenis kambing seperti sapera, anglo, etawa, dan jawa dapat menjadi sebuah keterbaruan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan membandingkan kualitas susu (kadar lemak, SNF, protein, laktosa, dan pH), rendemen mentega, mikrostruktur susu, serta warna mentega yang dihasilkan dari susu kambing Sapera, Etawa, Jawa Randu, dan Anglo Nubian dengan susu sapi sebagai kontrol. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai potensi berbagai ras kambing perah lokal sebagai sumber bahan baku mentega berkualitas, sekaligus mendukung pemanfaatan hasil ternak peternak kambing lokal untuk meningkatkan nilai ekonominya.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengkarakterisasi kualitas mentega yang dihasilkan dari susu sapi dan susu kambing dari ras berbeda (Anglo, Sapera, Jawa, dan Etawa) sebagai salah satu upaya pengembangan produk olahan *dairy* lokal. Selain itu, untuk mengetahui karakter mentega yang dihasilkan berdasarkan kualitas bahan bakunya. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk pengembangan produk olahan berbasis bahan baku susu kambing lokal agar dapat dikembangkan menjadi produk komersial sebagai alternatif pengganti susu sapi. Data yang didapatkan juga diharapkan bisa menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya terkait pengembangan produk turunan susu kambing, khususnya mentega.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Susu Kambing

Susu kambing merupakan salah satu produk hewani bernilai gizi tinggi yang berpotensi besar dikembangkan sebagai alternatif susu sapi. Susu kambing diyakini memiliki banyak khasiat seperti kecernaannya yang tinggi, alergenitas yang rendah dan komposisi kimia bermanfaat, lebih mirip dengan susu manusia dibandingkan susu sapi (Ratya *et al.*, 2017). Secara karakteristik susu kambing memiliki warna yang cenderung lebih putih bila dibandingkan dengan susu sapi yang berwarna kuning. Hal ini dikarenakan kandungan β -karoten pada susu kambing yang telah di konversi menjadi vitamin A, sehingga keberadaannya lebih sedikit dibandingkan yang terdapat dalam susu sapi (Zhang dan Jia, 2022). Menyebabkan hasil produk olahan yang menggunakan bahan baku susu kambing umumnya berwarna putih. Susu kambing yang memiliki kualitas fisik segar ditandai dengan warna putih kekuningan serta aroma khas kambing (Wibawanti dan Rinawidiastuti, 2018). Aroma khas kambing atau yang biasa disebut dengan prengus dapat terjadi dikarenakan lemak susu yang mengandung asam lemak kaprat, kaprilat dan kaproat. Aroma ini yang menyebabkan susu kambing kurang disukai oleh sebagian orang. Bau prengus pada susu kambing dapat dikurangi dengan dilakukan pengolahan, salah satunya dijadikan produk turunan seperti mentega.

Tabel 1. Perbandingan profil kimia susu kambing dan susu sapi

Profil kimia	Susu Sapi	Susu kambing
Kadar Lemak (g)	3,8	3,6
Protein (g)	3,5	3,3
Laktosa (g)	4,1	4,6
Kadar abu (g)	0,8	0,7
Total solid (g)	12,2	12,3
Kalori (cal)	70	69

Sumber : Park *et al.* (2017)

Apabila ditinjau secara profil kimia, kandungan lemak pada susu kambing sangat cocok apabila diolah menjadi produk turunan khususnya mentega. Susu kambing memiliki kandungan lemak yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan susu sapi. Kandungan lemak yang tinggi pada susu kambing akan menghasilkan mentega dengan rendemen yang tinggi. Hal tersebut dapat terlihat seperti pada tabel 1 mengenai perbandingan profil kimia susu sapi dan susu kambing. Didukung oleh penelitian lainnya mengenai kadar lemak pada susu kambing dan sapi. Kandungan lemak pada susu kambing dapat mencapai 4,82% seperti yang dilakukan pada percobaan Christi *et al.* (2024) dengan susu kambing jenis sapera. Sedangkan, pada susu sapi rata rata berkisar 3,2% saja seperti percobaan yang telah dilakukan oleh Sigit *et al.* (2021). Selain itu, apabila ditinjau pada kadar laktosa-nya, kandungan laktosa susu sapi lebih tinggi jika dibandingkan dengan susu kambing. Laktosa pada sebagian orang menimbulkan gejala *lactose intolerance*, disebabkan oleh kandungan laktosa pada produk susu yang tidak dapat dicerna secara optimal akibat defisiensi enzim laktase (Maris *et al.*, 2021). Sehingga, susu kambing cukup unggul dalam beberapa komposisi kimianya.

Keunggulan lainnya yang dimiliki oleh susu kambing yakni pada karakteristik mikrostrukturalnya. Globula lemak pada susu kambing berukuran

lebih kecil dibanding susu sapi. Diameter globula lemak susu kambing umumnya berkisar antara 1–3 μm , sedangkan pada susu sapi dapat mencapai 3–5 μm . Sebaran dari ukuran globula lemak pada susu kambing dan sapi dapat dilihat pada tabel 2, percobaan yang telah dilakukan oleh (Park *et al.*, 2017). Diketahui bahwa rata rata ukuran globula lemak pada susu kambing cenderung memiliki ukuran yang kecil. Ukuran globula lemak yang lebih kecil menyebabkan luas permukaan lemak menjadi lebih besar sehingga lebih mudah diakses oleh enzim lipase selama proses pencernaan (Zhao *et al.*, 2022). Kondisi tersebut menyebabkan susu kambing dinilai lebih mudah dicerna dan diserap oleh tubuh dibandingkan dengan susu sapi.

Tabel 2. Distribusi ukuran globula lemak susu kambing dan susu sapi

Diameter (μm)	Susu kambing (%)	Susu sapi (%)
1,5	28,4	10,7
3	34,7	32,6
4,5	19,7	22,1
6	11,7	17,9
7,5	4,4	12,2
9	1	3,1
10,5	0,2	1,4
12	-	0,1

Sumber : Park *et al.* (2017)

Ukuran globula lemak yang lebih kecil juga menghasilkan distribusi globula lemak yang lebih homogen dalam susu (Akshith *et al.*, 2024). Distribusi yang lebih seragam tersebut dapat meningkatkan kestabilan emulsi karena globula lemak tersebar lebih merata dan tidak mudah mengalami pemisahan fase (Gallier *et al.*, 2020). Karakteristik ini menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi sifat fisik dan kualitas produk olahan susu, termasuk mentega. Hal ini berpengaruh terhadap proses pembuatan mentega, distribusi globula lemak yang seragam dapat membantu pembentukan emulsi yang lebih stabil dan mempengaruhi karakteristik

tekstur serta proses *churning* pada pembuatan mentega. Hal tersebut berpotensi meningkatkan efisiensi pembentukan mentega serta mempengaruhi rendemen produk yang dihasilkan. Profil kimia serta mikrostruktural pada susu kambing yang berbeda dari susu sapi membuat susu kambing dapat dijadikan sebuah alternatif bahan baku pembuatan mentega dengan karakteristik yang berbeda.

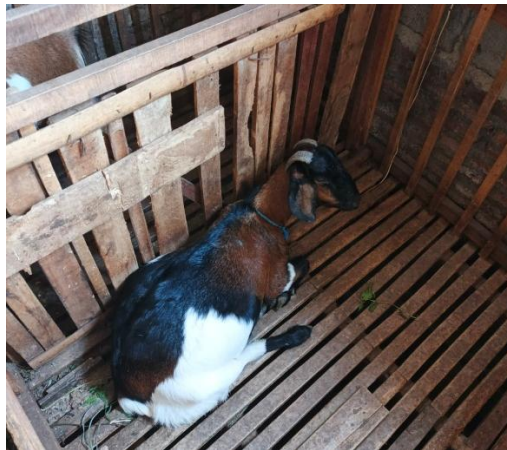
2.2 Kambing Perah

Kambing perah merupakan salah satu ternak penghasil susu yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia. Berdasarkan data BPS, populasi kambing perah di Indonesia mencapai 3,3 juta ekor, dengan Jawa Tengah dan Jawa Timur sebagai provinsi dengan populasi kambing terbesar yang menyumbang sekitar 20% dari total populasi. Beberapa jenis kambing perah yang banyak dibudidayakan antara lain kambing Jawa Randu, Sapera, Etawa, dan Anglo Nubian. Masing-masing jenis kambing memiliki karakteristik morfologi, kemampuan produksi susu, serta kualitas susu yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik, lingkungan, pakan, dan sistem pemeliharaan (Arief *et al.*, 2020; Deviandini *et al.*, 2023).

2.2.1 Kambing Perah Jawa Randu

Kambing Jawa Randu merupakan kambing perah lokal yang umum dibudidayakan di Indonesia. Kambing Jawa Randu merupakan salah satu kambing lokal Indonesia yang juga dikenal sebagai kambing Bligon. Kambing ini merupakan hasil persilangan antara kambing Peranakan Etawah (PE) dengan kambing Kacang

(Berek *et al.*, 2020). Selain memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap lingkungan lokal, kambing Jawa Randu juga diketahui memiliki sifat reproduksi yang prolifk atau kemampuan berkembang biak yang cukup tinggi (Prastowo *et al.*, 2019).



Ilustrasi 1. Gambar Kambing Perah Jawa Randu

Sumber : Dokumentasi Penelitian

Persilangan yang menghasilkan kambing Jawa Randu ini awalnya dilakukan untuk menghasilkan kambing pedaging dengan tingkat prolifkasi yang tinggi. Namun, sebagian keturunan betina hasil persilangan tersebut diketahui tetap memiliki potensi produksi susu yang tinggi (Syamsi *et al.*, 2023). Kambing Jawa Randu banyak dipelihara oleh peternak rakyat karena memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap lingkungan tropis Indonesia. Selain itu, kambing Jawa Randu memiliki daya tahan tubuh yang cukup baik dan relatif mudah dipelihara. Secara morfologi, kambing Jawa Randu memiliki ukuran tubuh sedang dengan telinga yang tidak terlalu panjang dibandingkan kambing PE. Kambing jenis ini memiliki karakteristik berupa bentuk wajah cembung, telinga tebal dan panjang

melebihi ukuran kepala, leher tanpa surai, tubuh tampak besar dan padat, serta ditutupi bulu yang relatif kasar (Rahmatullah *et al.*, 2022).

2.2.2 Kambing Perah Sapera

Kambing Sapera merupakan hasil persilangan antara kambing Saanen dengan kambing Peranakan Etawah (Setyaputra *et al.*, 2025). Persilangan tersebut bertujuan untuk menghasilkan kambing perah dengan produksi susu tinggi namun tetap mampu beradaptasi dengan iklim tropis Indonesia. Secara fisik, kambing Sapera memiliki ukuran tubuh dan bentuk kepala yang hampir menyerupai kambing Peranakan Etawah (PE), namun ukuran telinganya cenderung lebih kecil dan lebih pendek. Kambing Sapera umumnya memiliki warna bulu putih, bentuk muka menyerupai segitiga dengan hidung lurus, serta daun telinga yang terkulai ke bawah dan mengarah ke samping maupun ke depan (Ariyanto *et al.*, 2021).



Ilustrasi 2. Gambar Kambing Perah Sapera

Sumber : Dokumentasi Penelitian

Kambing Sapera merupakan salah satu jenis kambing perah dengan tingkat produksi susu yang lebih tinggi dibandingkan kambing perah lainnya. Produksi susu kambing Sapera rata-rata mencapai 2 liter/ekor pada masa laktasi pertama dan dapat meningkat hingga 3,8 liter/ekor pada periode laktasi berikutnya (Hermawati dan Nuraeni, 2024). Tingginya produksi susu tersebut menyebabkan kambing Sapera banyak dibudidayakan oleh peternak untuk dimanfaatkan susunya. Di samping kuantitas produksi yang tinggi, kambing Sapera juga memiliki karakteristik fisik dan kimia yang menarik untuk dikaji. Salah satunya adalah kandungan lemaknya. Kadar lemak pada susu sapera berkisar antara 5,55% - 6,09% (Prasetiyo *et al.*, 2023).

2.2.3 Kambing Perah Etawa

Kambing Etawa merupakan hasil persilangan antara kambing Etawa asal India dengan kambing Kacang lokal Indonesia (Syamsi *et al.*, 2023). Kambing Etawa merupakan salah satu ras kambing perah yang memiliki nama asli Jamnapari. Istilah Etawa berasal dari kata Etawah yang diperkenalkan oleh bangsa Eropa saat penyebaran kambing ini pada masa kolonialisme. Etawah sendiri merupakan daerah asal kambing Jamnapari atau Etawa yang berada di distrik Uttar Pradesh, India. Perkembangan ternak kambing Etawa telah menyebar ke berbagai wilayah di Indonesia dan saat ini lebih dikenal sebagai kambing Peranakan Etawa (PE). Kambing ini memiliki bobot mencapai 90 kg dengan produksi susu per-hari berkisar antara 1-3 liter/ekor/hari (Almaida *et al.*, 2020).



Ilustrasi 3. Gambar Kambing Perah Etawa

Sumber : Dokumentasi Penelitian

Secara morfologi, kambing PE memiliki warna bulu putih, hitam dan coklat. Pada kambing PE hasil domestikasi, warna putih merupakan warna yang paling banyak ditemukan dibandingkan warna hitam maupun coklat (Karni *et al.*, 2025). Kambing PE memiliki bentuk tanduk yang melengkung kebelakang, dengan profil muka cembung, bentuk tubuhnya yakni panjang dada lebar dan punggung lurus, serta bentuk telinga yang panjang menggantung. Kambing PE merupakan salah satu jenis kambing perah yang paling banyak dipelihara di Indonesia karena memiliki kemampuan adaptasi yang baik serta merupakan ternak dwiguna atau dapat menghasilkan susu dan daging. Kambing jenis ini dapat dimanfaatkan sebagai penghasil susu dan daging karena memiliki ukuran tubuh yang lebih besar dibandingkan kambing kacang (Rokhayati *et al.*, 2022).

2.2.4 Kambing Perah Anglo Nubian

Kambing Anglo-Nubian merupakan kambing hasil persilangan antara kambing lokal Inggris dengan kambing dari India, Timur Tengah, dan Afrika Utara (Prayitno *et al.*, 2023). Anglo-Nubian dikenal sebagai kambing dwiguna yang dimanfaatkan sebagai penghasil susu dan daging. Kambing perah Anglo Nubian memiliki ciri khas berupa tubuh berukuran besar, kaki panjang, profil wajah cembung (roman nose), serta telinga panjang yang menggantung. Warna bulunya bervariasi, seperti putih, krem, coklat, hitam, maupun kombinasi beberapa warna. Kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap suhu lingkungan yang panas merupakan salah satu keunggulan utama kambing Anglo Nubian. Kambing anglo Nubian mampu memproduksi susu 1.190 ml/ekor/hari (Nurhayati *et al.*, 2025).



Ilustrasi 4. Gambar Kambing Perah Anglo Nubian

Sumber : Dokumentasi Penelitian

Meskipun produksi susunya tidak setinggi kambing Saanen, susu kambing Anglo-Nubian memiliki kandungan lemak yang cukup tinggi, yaitu sekitar 4,8%, sehingga berpotensi menghasilkan produk olahan susu dengan rendemen yang baik

(Prayitno *et al.*, 2023). Penelitian yang juga dilakukan oleh Nicory *et al.* (2023) menunjukkan bahwa meskipun produksi susu kambing Anglo Nubian lebih rendah dibandingkan kambing Saanen, susu yang dihasilkan memiliki kandungan padatan dan protein yang lebih tinggi. Peneliti melaporkan bahwa kambing Anglo Nubian memiliki karakteristik susu yang lebih sesuai untuk industri pengolahan susu karena tingginya kandungan komponen padatan yang berkontribusi terhadap kualitas produk olahan.

2.3 Mentega

Mentega adalah produk olahan susu yang diperoleh melalui proses pengocokan (*churning*) krim susu hingga terbentuk massa padat. Bahan dasar pembuat mentega yakni susu atau produk yang didapat dari susu, seperti misalnya krim dan susu yang telah dipasteurisasi (Amen *et al.*, 2020). Produk mentega merupakan emulsi air dalam minyak (w/o), berbeda dengan krim yang merupakan emulsi minyak dalam air (o/w). Mentega dapat dibuat dari susu sapi, kambing, domba, kerbau, maupun hewan mamalia lainnya. Prinsip pembuatan mentega adalah pemecahan membran globula lemak susu melalui agitasi mekanis, sehingga butiran lemak bergabung membentuk massa padat dan terpisah dari fase cair (*Buttermilk*). Proses tersebut disebut *churning*, yaitu tahap di mana terbentuk gumpalan-gumpalan yang berasal dari lemak susu (Listiaty dan Setiawan, 2024). Bahan baku paling umum untuk membuat mentega adalah susu sapi, namun susu kambing menjadi alternatif pengganti bahan baku susu sapi karena kadar lemak nya yang lebih tinggi.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI), mentega harus memenuhi persyaratan mutu tertentu agar layak dikonsumsi dan memiliki kualitas yang baik. Persyaratan mutu mentega berdasarkan SNI 01-3744-1995 dapat dilihat pada Tabel

Tabel 3. Standar mutu mentega

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Bau		normal
Rasa		normal
Penampakan pada suhu di bawah 30°C		Normal
Kadar air	%, b/b	maks. 16,0
Lemak susu	%, b/b	min. 80,0
Asam lemak bebas sebagai asam butirat	%, b/b	
Bilangan Reichert Meissel		23 – 32
Bilangan Polenske		1,6 – 3,5
Garam Dapur (NaCl)	%, b/b	maks. 0,5
Bahan tambahan makanan	–	Sesuai SNI 01-0222-1995 dan Peraturan Men Kes No 722/ Men Kes/Per/IX/88
Besi (Fe)	mg/kg	maks. 1,5
Tembaga (Cu)	mg/kg	maks. 0,1
Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 0,1
Seng (Zn)	mg/kg	maks. 40,0
Raksa (Hg)	mg/kg	maks. 0,03
Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40,0/250
Arsen (AS)	mg/kg	maks. 0,1
Cemaran mikroba		maks. $1,0 \times 10^2$
Saureus	koloni/g	negatif
Salmonella	koloni/100g	

Sumber : Badan Stdanarisasi Nasional 01-3744-1995

Karakteristik mentega dipengaruhi oleh jenis susu yang digunakan sebagai bahan baku. Mentega susu kambing dan susu sapi berbeda secara fisik dan kimianya. Salah satu perbedaan yang mempengaruhi perbedaan tersebut adalah mikrostruktur susunya. Ukuran globula lemak pada susu mempengaruhi tekstur yang dihasilkan pada mentega. Tingginya kandungan asam lemak tidak jenuh dan asam lemak rantai pendek pada lemak susu kambing juga berkontribusi terhadap

tekstur mentega yang lebih lunak dibandingkan mentega susu sapi (Akshit *et al.*, 2024). Penelitian yang dilakukan Murti *et al.* (2020) menunjukkan bahwa mentega susu kambing memiliki nilai *hardness* sebesar 0,3 kg/cm², sedangkan mentega susu sapi memiliki tingkat kekerasan lebih dari 1,0 kg/cm². Pada penelitian tersebut, mentega susu kambing menunjukkan waktu *spreading* yang lebih cepat, yaitu sekitar 1,5 menit, sedangkan mentega susu sapi membutuhkan waktu sekitar 6 menit. Karakteristik ini menunjukkan bahwa mentega susu kambing memiliki tekstur yang lebih lembut dan mudah dioleskan dibandingkan mentega susu sapi.

Perbedaan mentega susu kambing dan susu sapi juga terlihat pada karakteristik warna. Mentega susu kambing umumnya memiliki warna lebih putih dibandingkan mentega susu sapi. Hal tersebut dipengaruhi oleh kandungan β -karoten yang lebih rendah pada susu kambing karena β -karoten telah dikonversi menjadi vitamin A (Laurent *et al.*, 2023). Sebaliknya, mentega susu sapi memiliki warna lebih kekuningan akibat kandungan karoten yang lebih tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Milovanovic *et al.* (2020) menunjukkan bahwa mentega susu kambing memiliki nilai kecerahan (L^*) lebih tinggi dibandingkan mentega susu sapi, sedangkan mentega susu sapi memiliki nilai kekuningan (b^*) yang lebih tinggi. Dengan demikian, mentega susu kambing dan mentega susu sapi memiliki karakteristik yang berbeda baik secara fisik, kimia, maupun sensori. Perbedaan karakteristik tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimia dan mikrostruktur lemak dari masing-masing jenis susu.

2.4 Kadar Lemak (Fat)

Lemak susu merupakan komponen terbesar kedua setelah air dan menjadi salah satu indikator utama kualitas susu. Lemak susu tersusun atas trigliserida, fosfolipid, kolesterol, dan asam lemak bebas. Lemak susu yang tersusun atas asam lemak berperan sebagai sumber energi bagi tubuh. Keunggulan lemak susu yaitu tidak disimpan sebagai lemak cadangan, tetapi berfungsi sebagai lemak fisiologis (Rokhayati *et al.*, 2022). Kadar lemak umumnya dipengaruhi oleh jenis pakan, periode laktasi, bangsa ternak, dan kondisi fisiologis hewan. Faktor lain yang dapat mempengaruhi kadar lemak pada susu adalah waktu pemerahan. Menurut (Tanuwiria dan Christi, 2020) tinggi rendahnya kadar lemak susu dipengaruhi oleh frekuensi serta waktu pemerahan yang dilakukan. Sehingga, kadar lemak pada susu dipengaruhi oleh banyak faktor.

Kriteria kadar lemak pada susu segar yang ditetapkan oleh SNI 3141.1:2011 adalah 3,0%. Persentase asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) pada lemak susu kambing lebih rendah, yaitu sekitar 24,46%, dibandingkan dengan lemak susu sapi yang mencapai 27,73%. Sebaliknya, kandungan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) pada susu kambing (4,67%) lebih tinggi dibandingkan susu sapi (2,89%), yang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan spesies (Kalyan *et al.*, 2018). MUFA dan PUFA merupakan komponen bioaktif penting dalam susu, dan PUFA dikenal memiliki manfaat yang baik bagi kesehatan kardiovaskular. Kadar lemak yang tinggi berkorelasi positif dengan rendemen mentega yang dihasilkan, karena lemak merupakan bahan baku utama dalam proses *churning*.

2.5 Protein

Protein merupakan makromolekul biologis yang tersusun dari rangkaian asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida, dan memegang peranan penting dalam menentukan kualitas serta karakteristik produk olahan susu seperti Mentega. Fungsi protein lebih diutamakan untuk sintesis protein-protein baru sesuai kebutuhan tubuh (Susanti dan Hidayat, 2016). Protein menjadi zat gizi utama dalam susu karena mengandung asam amino esensial yang dibutuhkan oleh tubuh (Wardhani *et al.*, 2023). Protein menjadi salah satu komponen penting yang berkontribusi terhadap nilai gizi yang dimiliki oleh suatu produk.

Penyusun dari protein susu yakni kasein, protein whey, protein globul lemak susu, enzim dan protein minor lainnya. Protein pada susu terdiri atas kasein sebesar 80% dan whey sebesar 20%. Kasein terfraksinasi menjadi α -, β - dan κ -kasein, sementara protein whey termasuk α -laktalbumin, β -laktoglobulin, bovine serum albumin (BSA) dan immunoglobulin. Protein pada susu inilah yang dapat menyebabkan reaksi alergi pada seseorang, terutama kandungan kasein susu. Susu sapi mengandung protein whey dan kasein yang menyebabkan alergi (Fiocchi *et al.*, 2016). Protein tersebut utamanya pada kandungan β -laktoglobulin, kappa kasein dan alpha kasein terbukti menjadi sumber utama penyebab alergi pada seseorang. Sedangkan pada susu kambing, menurut Lestari *et al.* (2020) mengandung α s1-kasein yang rendah, yaitu molekul protein yang sulit dicerna dan dapat menyebabkan masalah pencernaan.

2.6 SNF (Solid Non Fat)

Solid Non Fat (SNF) atau Bahan Kering Tanpa Lemak merupakan komponen padatan susu tanpa lemak seperti karbohidrat, protein, vitamin, dan mineral (Tanuwiria dan Christi, 2020). Kandungan laktosa serta protein yang terdapat dalam susu berpengaruh terhadap nilai padatan tanpa lemak yang dihasilkan dalam susu. Solid Non Fat pada susu dipengaruhi oleh manajemen pemberian pakan ternak. Penggunaan pakan dengan kandungan protein yang rendah dapat menyebabkan perubahan pada nilai SNF (Bai dan Khotimah, 2023). Menurut SNI 3141.1:2011 kisaran Solid Non Fat yang baik yakni memiliki nilai minimal 7,8%. Kandungan protein, laktosa, serta mineral dalam susu juga dapat dilihat melalui kandungan SNF nya. Semakin tinggi SNF pada susu maka semakin baik pula kualitas susu yang dihasilkan (Al Qossam *et al.*, 2025).

Komponen solid non fat (SNF) dapat menjadi indikator kualitas susu karena nilai SNF menunjukkan jumlah komponen nutrisi penting dalam susu selain lemak dan air, seperti protein, laktosa, mineral, dan vitamin. Semakin tinggi nilai SNF, maka Kandungan zat gizi susu umumnya semakin baik sehingga mutu susu juga dianggap lebih tinggi. Faktor yang mempengaruhi nilai SNF salah satunya adalah waktu pemerahan. Perbedaan kandungan SNF dapat dipengaruhi oleh interval pemerahan. Semakin panjang interval pemerahan, maka kandungan BKTL yang dihasilkan cenderung semakin tinggi (Pramono *et al.*, 2023). Selain waktu pemerahan, kualitas pakan juga mempengaruhi kadar SNF yang dihasilkan. Menurut Wahyuningsih dan Pazra, (2022) pakan dengan kualitas yang baik pada ternak dapat meningkatkan kadar *solid non-fat* (SNF) dalam susu.

2.7 Laktosa

Laktosa merupakan karbohidrat utama yang terdapat dalam susu, tersusun atas dua molekul sederhana yakni glukosa dan galaktosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik β -1,4. Laktosa dapat dikategorikan salah satu jenis gula pereduksi yang umum terdapat pada susu dan produk olahannya (Asyhari *et al.*, 2018). Umumnya, laktosa pada susu dipengaruhi oleh kualitas pakan ternak. Pakan ternak dengan kandungan protein tinggi dapat meningkatkan jumlah asam amino yang diserap di usus. Asam amino tersebut kemudian diubah menjadi gula sederhana di hati melalui proses glukoneogenesis, sehingga akan meningkatkan kadar glukosa dalam darah dan laktosa dalam susu akan meningkat pula (Wahyuningsih dan Pazra, 2022). Oleh karena itu, kadar laktosa dalam susu sangat dipengaruhi oleh ketersediaan glukosa dalam darah yang berasal dari hasil metabolisme nutrisi pakan.

Laktosa dalam sistem pencernaan, dipecah oleh enzim laktase (β -Galaktosidase) di usus halus menjadi glukosa dan galaktosa. Enzim ini dihasilkan oleh sel epitel (vili) dinding usus halus. Setelah terjadi proses penguraian, kedua gula sederhana tersebut kemudian diserap ke dalam aliran darah untuk menghasilkan energi. Proses inilah yang menyebabkan sebagian orang mengalami gejala yang disebut *Lactose Intolerance*. Intoleransi laktosa (*Lactose Intolerance*) merupakan sebuah kondisi dimana laktosa tidak dapat dicerna dengan baik dikarenakan defisiensi enzim laktase, yakni enzim laktase jumlahnya kurang atau tidak ada sehingga dapat memecah laktosa. Laktosa yang tidak dapat dipecah akan menyebabkan gejala pada tubuh seperti sakit perut, mual, kembung, hingga diare

(Agustian *et al.*, 2025). Penderita *lactose intolerance* tidak dapat mengonsumsi susu sapi karena kandungan laktosanya yang tinggi sehingga memerlukan alternatif susu yang lain. Umumnya, laktosa pada susu kambing lebih rendah 0,2-0,5% dibandingkan dengan susu sapi (Ratya *et al.*, 2017). Sehingga, penggunaan susu kambing dapat menjadi alternatif yang lebih aman.

2.8 pH

Tingkat keasaman atau kebasaaan suatu larutan yang dinyatakan dalam sebuah indikator disebut dengan pH (Karangan *et al.*, 2019). Indikator pH dinyatakan dalam skala dengan rentang 0 sampai 14, dimana dibawah 7 bersifat asam, nilai 7 bersifat netral, dan diatas 7 bersifat basa. Prinsip pengukurannya didasarkan oleh ion hidrogen (H^+) yang ada pada larutan tersebut. Skala pH bersifat logaritmik, dimana perubahan satu unit pH mencerminkan perubahan konsentrasi ion hidrogen sebesar 10 kali lipat (Ibargüengoitia, 2025). Sehingga, perubahan kecil pada skala pH, sebenarnya sangat berpengaruh besar terhadap perubahan ion Hidrogen (H^+). Pengukuran pH umumnya dilakukan dengan menggunakan pH meter. Alat ini merupakan alat paling akurat dalam melakukan pengukuran pH (Hariyadi *et al.*, 2020). pH meter bekerja dengan mendeteksi tegangan listrik yang dihasilkan oleh ion H^+ dalam larutan, lalu mengubahnya menjadi angka pH yang bisa dibaca.

pH atau *Potential of Hydrogen* menjadi salah satu parameter fisikokimia dalam bidang pangan yang penting, karena berpengaruh langsung terhadap kualitas, keamanan serta umur simpan produk. Salah satu produk pangan yang kualitasnya

sangat bergantung dengan pH adalah susu. Berdasarkan SNI 3141.1:2011 standar pH susu yang baik berkisar antara 6,3 – 6,8. pH normal pada susu terjadi karena adanya komponen seperti kasein, sistem buffer, fosfat, dan sitrat. Senyawa-senyawa tersebut berfungsi sebagai penyangga (buffer) yang membantu menjaga kestabilan pH sehingga perubahan pH berlangsung lebih lambat dan kerusakan susu dapat terhambat (Asmaq dan Marisa, 2020). Kerusakan pada susu sebagian besar disebabkan oleh mikroorganisme yang ditandai dengan pH rendah, ini dikarenakan hasil konversi dari laktosa menjadi asam laktat yang dilakukan oleh mikroorganisme. Nilai pH susu dibawah 6,3 berarti susu sudah rusak akibat mikroorganisme pembentuk asam seperti *Lactobacillus acidophilus*. Sedangkan, pH tinggi pada susu mengindikasikan bahwa ternak terjangkit mastitis (Wahyuningsih dan Pazra, 2022).

2.9 Mikrostruktur Susu

Mikrostruktur dalam bidang pangan dapat digunakan untuk menggambarkan komponen – komponen penyusunnya pada skala mikrometer hingga nanometer. Pengamatan ini umum dilakukan pada bahan pangan, salah satunya adalah susu. Mikrostruktur yang terlihat pada susu segar umumnya terdiri atas globula lemak, protein whey, serta misel kasein. Komponen yang menjadi penentu karakteristik dari mikrostruktur susu adalah globula lemak yang tersuspensi dalam fase cair dan dilapisi oleh membrane yang disebut dengan *milk fat globule membrane* (MFGM)(Nie *et al.*, 2024). Sekitar 98% kandungan lemak dalam susu terdapat dalam bentuk globula lemak susu (*milk fat globules*), yang

terdiri atas inti triasilgliserol dan dilapisi oleh membran globula lemak susu atau *milk fat globule membrane* (MFGM) (Pan *et al.*, 2023).

Globula lemak pada susu akan terlihat ketika di analisis menggunakan mikroskop. Globula lemak susu kambing lebih kecil dibandingkan dengan globula lemak susu sapi (Disa dan Husni, 2017). Perbedaan ukuran globula lemak ini lah yang mempengaruhi kemudahan mencerna pada susu kambing. Globula lemak pada susu kambing memang memiliki sebaran dengan diameter yang lebih kecil. Hal ini ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Thum *et al.* (2021) bahwa rata – rata diameter globula lemak pada susu sapi yakni 2,5 - 5,7 μ m dan rata rata diameter globula lemak pada susu kambing yakni 2,2 – 3,9 μ m.

2.10 Rendemen Mentega

Rendemen didapatkan dengan cara menimbang berat akhir serta bahan baku produk awalnya kemudian dihitung dengan melakukan perbandingan antar keduanya, yang nilai akhirnya berupa presentase (Anwar *et al.*, 2021). Parameter ini penting dalam proses pembuatan mentega. Rendemen dapat menjadi gambaran seberapa efisien proses pembuatan yang dilakukan. Semakin tinggi rendemen, maka semakin efisien pula prosesnya. Nilai rendemen yang lebih tinggi menunjukkan lebih banyak lemak susu yang berhasil dipulihkan menjadi mentega dan lebih sedikit lemak yang hilang ke dalam buttermilk selama proses churning (Halder *et al.*, 2025)

Faktor yang mempengaruhi nilai rendemen sangat beragam, pada mentega salah satu yang mempengaruhi nilai rendemen adalah kadar lemak. Lemak dan protein merupakan komponen utama dalam susu yang berperan penting dalam

menentukan hasil rendemen serta kualitas produk dairy, khususnya pada keju dan mentega (Sanjayanj *et al.*, 2022). Sehingga, semakin tinggi kadar lemak pada susu maka semakin tinggi rendemen mentega nya. Hal ini dikarenakan komponen utama penyusunnya adalah lemak. Menurut Sintia dan Astuti (2018) mentega merupakan emulsi air dalam lemak yang tersusun atas 18% air dan 80% nya adalah lemak.

2.11 Warna

Warna merupakan parameter fisik yang pertama kali akan tertangkap oleh panca indera. Parameter ini penting dalam penilaian kualitas produk pangan dan persepsi penerimaan produk salah satunya pada mentega. Secara fisika, warna dijelaskan terbentuk akibat adanya interaksi cahaya dengan suatu benda sehingga ketika sebagian panjang gelombang diserap dan sebagian lagi dipantulkan maka akan menghasilkan persepsi warna tertentu. Dalam ilmu pangan, warna dapat berperan sebagai indikator mutu, konsumen juga seringkali menjadikan warna sebagai indikator penerimaan dan penolakan. Umumnya pengukuran warna dapat dilakukan dengan *color reader*. *Color reader* merupakan alat pengukuran warna secara obyektif (Anggraini *et al.*, 2016). Prinsip kerjanya pengukuran dilakukan dengan meletakkan lampu pada bidang datar sampel dan sinar lampu tidak boleh keluar dari permukaan bahan. Nilai data yang akan keluar pada hasil *color reader* menggunakan sistem warna CIE Lab*. Nilai L* berkisar antara 0–100 yang menunjukkan tingkat kecerahan hingga putih. Nilai a* dan b* menggambarkan arah warna, yaitu merah–hijau dan kuning–biru. Semakin tinggi nilai a*, warna semakin

merah dan semakin sedikit hijau, sedangkan semakin tinggi nilai b^* , warna semakin kuning dan semakin sedikit biru (Ambar *et al.*, 2025).

Umumnya warna mentega yang terbuat dari susu sapi memiliki warna kuning, hal ini dipengaruhi oleh karoten. Karoten dan riboflavin adalah pigmen utama pada susu. Kekurangan kandungan karoten pada susu kambing menyebabkan warnanya lebih putih dari susu sapi yang berwarna kekuningan (Vioque-Amor *et al.*, 2023). Sehingga, apabila dilihat secara visual hasil mentega dengan susu sapi akan berwarna kekuningan pekat, sedangkan mentega susu kambing berwarna putih yang cerah. Susu kambing berwarna lebih cerah dikarenakan kemampuannya dalam mengubah β -karoten menjadi vitamin A (Milovanovic *et al.*, 2020). Perubahan warna mentega dapat terjadi dikarenakan faktor lain seperti proses *churning* dan juga penyimpanan.

BAB III

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Pangan dan Hasil Pertanian serta Laboratorium Kimia dan Gizi Pangan Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro. Waktu penelitian berlangsung dari bulan Agustus 2025 - Februari 2026.

3.1 Materi Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah susu kambing (Anglo, Etawa, Sapera, Jawa Randu) yang berasal dari peternakan Nio Farm di Semarang dan susu sapi yang berasal dari peternakan Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro. Susu yang diperoleh dari peternakan dibawa menggunakan wadah botol dan disimpan di dalam coolbox dengan menggunakan *ice gel* pada suhu sekitar 10°C selama ± 20 menit untuk mempertahankan suhu selama transportasi menuju laboratorium Teknologi Pangan, Universitas Diponegoro. Selanjutnya, sebelum diolah, susu disimpan terlebih dahulu di dalam chiller pada suhu 10°C selama 2–3 jam. Pengolahan susu menjadi mentega dilakukan pada hari yang sama untuk menjaga kualitas bahan baku. Bahan lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah mentega susu kambing dan mentega susu sapi

3.2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan terdiri dari rancangan percobaan, prosedur penelitian, pengujian parameter, serta analisis data.

3.2.1 Rancangan Percobaan

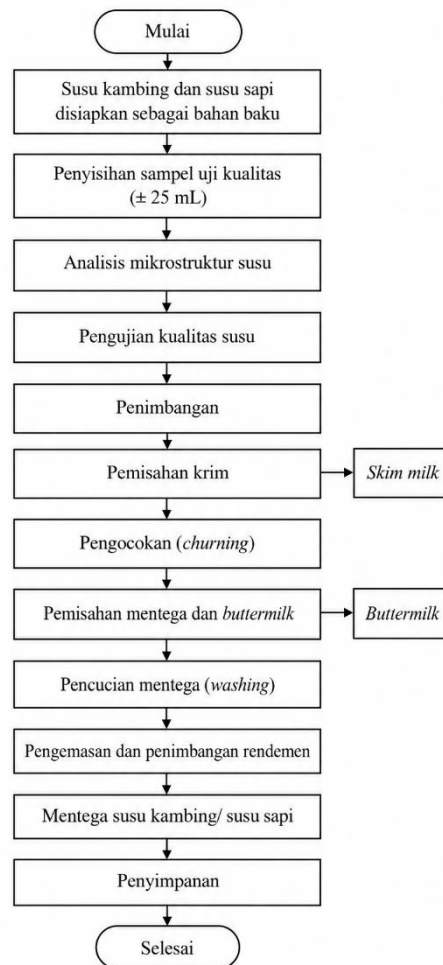
Rancangan percobaan dalam penelitian ini adalah perbandingan kualitas Mentega yang dihasilkan dari berbagai jenis susu kambing dan susu sapi secara deskriptif. Jenis susu kambing yang digunakan adalah susu kambing Anglo Nubian, Etawa, Sapera, dan Jawa, serta susu sapi sebagai pembandingan. Pengujian parameter yang digunakan untuk menganalisis kualitas susu meliputi pH, kadar protein, kadar lemak, *Solid Non Fat* (SNF), dan kadar laktosa. Analisis karakteristik susu yakni parameter mikrostruktur susu. Adapun parameter yang digunakan untuk menganalisis kualitas Mentega yang dihasilkan meliputi rendemen Mentega dan warna Mentega (nilai L^* , a^* , b^* , c , h , ΔE).

3.2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pada penelitian ini meliputi tahap preparasi sampel susu segar dan pembuatan mentega. Setelah preparasi dilakukan, sampel diuji berdasarkan beberapa parameter, yaitu kualitas susu yang meliputi kadar lemak (fat), SNF, protein, laktosa, dan pH, serta pengujian mikrostruktur susu, rendemen mentega, dan warna mentega.

a. Preparasi sampel Susu

Sampel susu sapi dan susu kambing masing-masing disisihkan sebanyak ± 25 mL dengan dituangkan ke dalam cup plastik untuk selanjutnya dilakukan pengujian parameter kualitas susu. Setelah pengambilan sampel dilakukan, sisa susu kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital (Osuka, Jepang) sebagai dasar perhitungan parameter rendemen mentega. Berikut merupakan diagram alir dari proses preparasi sampel mentega :



Ilustrasi 5. Diagram alir preparasi sampel mentega

b. Pembuatan Mentega

Pembuatan mentega mengacu pada metode yang dilakukan oleh (Mohammadi-Nasrabadi *et al.*, 2024) dengan modifikasi. Pembuatan mentega juga dapat dilihat pada ilustrasi 5. Susu kambing dan susu sapi masing - masing dipisahkan dengan menggunakan *cream separator* (Langrui, China). Krim kemudian dilakukan proses *churning* menggunakan *mixer* (Philips, Belanda) dengan kecepatan *mixer* 4 dengan selama kurang lebih 30 – 50 menit hingga terbentuk butiran mentega yang terpisah dari fase cair (*buttermilk*). Mentega yang terbentuk setelah proses pengocokan (*churning*) dipisahkan dari *buttermilk*, kemudian diambil untuk proses berikutnya. Mentega kemudian dilakukan proses *washing* untuk membersihkan dari *buttermilk* yang masih tersisa. Proses *washing* dilakukan dengan menambahkan air dingin (Suhu Refrigerasi) pada mentega kemudian diaduk perlahan. Proses tersebut diulangi hingga air dingin untuk mencuci menjadi jernih. Mentega lalu dapat dimasukkan pada cup plastik kemudian ditimbang dengan timbangan digital (Osuka, Jepang) untuk perhitungan rendemen dan kemudian disimpan dalam *refrigerator*.

3.2.3 Pengujian Parameter

3.2.3.1 Analisis Kualitas Susu (Fat, Protein, SNF, dan Laktosa)

Analisis komposisi kimia susu mengacu metode (Zebib *et al.*, 2023) dengan modifikasi. Analisis ini menggunakan alat *Milk analyzer* (Lactoscan LW 3030, Bulgaria). Alat harus dilakukan proses *cleaning* terlebih dahulu sebelum melakukan pengujian, *cleaning* dapat dilakukan dengan cairan aquades. Setelah dilakukan

proses cleaning, sampel dituang dalam wadah sampel sebanyak ± 25 ml. Kemudian, selang pengujian dimasukkan kedalam sampel, Tombol enter ditekan, kemudian menu jenis susu yang akan diuji dipilih. Setelah 60 detik, hasil analisis kadar lemak (fat), protein, dan laktosa akan ditampilkan oleh *milk analyzer* pada layar monitor.

3.2.3.2 Analisis pH

Pengujian pH susu dilakukan menggunakan pH meter (Ohaus, Amerika Serikat) dengan terlebih dahulu menyiapkan sampel susu di dalam gelas beker. Sebelum digunakan, alat dipastikan telah dikalibrasi. Plastik penutup elektroda kemudian dibuka, lalu elektroda dibilas menggunakan akuades dan dikeringkan secara perlahan menggunakan tisu. Selanjutnya, pH meter dinyalakan dengan menekan tombol ON/OFF. Elektroda dicelupkan ke dalam sampel susu, kemudian larutan diputar secara perlahan agar menjadi homogen. Setelah itu, tombol MEAS ditekan untuk memulai pengujian sehingga tulisan HOLD akan muncul dan berkedip pada layar. Ketika tulisan HOLD sudah tidak berkedip, nilai pH susu akan ditampilkan pada layar monitor. Setelah pengujian selesai dilakukan, alat dimatikan kembali dengan menekan tombol ON/OFF.

3.2.3.3 Mikrostruktur Susu

Analisis mikrostruktur pada susu dilakukan dengan menggunakan mikroskop binocular (Olympus CX-23, Jepang). Sampel susu segar diteteskan pada *object glass* di area 1 cm^2 , kemudian ditutup dengan *cover glass*. Sampel di letakkan pada *stage*, kemudian sampel dianalisis dengan perbesaran $40 \times$ dan ambil gambar

dengan menggunakan aplikasi microcam dengan resolusi 2592×1944 . Hasil gambar kemudian dianalisis dengan menggunakan imagej. Analisis ukuran globula dengan menggunakan ImageJ (NIH, Amerika Serikat).

Analisis dilakukan dengan cara gambar yang telah ditangkap menggunakan microcam kemudian diinput pada aplikasi Imagej. Kemudian dilakukan kalibrasi skala dengan menggunakan penggaris mikroskopik 1 mm pada perbesaran yang sama, diukur sepanjang $\pm 100 \mu\text{m}$ dan diatur sebagai skala global. Gambar kemudian dikonversi ke format 8-bit, dilanjutkan pra-pemrosesan melalui *Enhance Contrast* dengan persentil 0 dan ceklis pada menu *Equalize Histogram* sehingga background pada setiap gambar akan sama. Setelah itu, untuk memudahkan ketika proses *Thresholding*, dilakukan *Subtract Background* dengan *setting rolling ball* pada radius 30 px dan ceklis opsi *Sliding Paraboloid*. Kemudian, penghalusan gambar dapat dilakukan pada opsi "Filter" dengan metode Median 2 px untuk mengurangi noise. Pemisahan partikel dari latar dilakukan menggunakan *Auto Local Threshold* metode Phalsankar (radius 30 px, parameter 1 dan 2 = 0) sehingga menghasilkan gambar biner dengan partikel berbentuk cincin hitam. Analisis partikel dilakukan melalui menu *Analyze Particle* dengan rentang ukuran 0,1–tak hingga (μm^2), sirkularitas 0,50–1,00, opsi *Exclude on Edges* diaktifkan, dan tampilan diatur ke *Overlay*. Rata-rata luas area partikel yang diperoleh dari *Summary* selanjutnya digunakan untuk menghitung rata-rata logaritmik dan standar deviasi guna menyusun distribusi log-normal menggunakan *Probability Density Function* (PDF) terhadap diameter globula lemak. Hasilnya lalu diolah dengan Microsoft Excel untuk dibuat menjadi bentuk grafik sebaran ukuran globula.

3.2.3.3 Rendemen Mentega

Perhitungan rendemen mentega dinyatakan dalam bentuk presentase dengan perhitungan umum yakni dengan menghitung massa hasil akhir mentega (Bm) yang diperoleh dibagi dengan bahan baku susu (Bs) yang digunakan. Rendemen dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\text{Rendemen} = (\text{Bm} / \text{Bs}) \times 100\%$$

3.2.3.4 Warna Mentega

Pengujian parameter warna pada mentega mengacu pada metode dari (Pădureț, 2021). Pengujian ini menggunakan alat *color reader* (Konica Minolta, Jepang). Alat *color reader* dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan alat kalibrasi bawaan alat sesuai dengan prosedur yang tercantum dalam penggunaan alat. Sampel mentega disiapkan pada wadah, dan di *spread* dengan ketebalan sama agar cahaya tidak menembus pada dasar wadah. Ujung sensor *color reader* ditempelkan tegak lurus dengan sampel. Lakukan pengujian dengan tiga titik yang berbeda sehingga akan didapatkan data L*, a* dan b*. Perhitungan nilai *chroma* (C*) dan *hue angle* (°) menggunakan persamaan berikut :

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$h^\circ = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}$$

3.2.4 Analisis Data

Data dari hasil pengujian tiap parameter di analisis dengan menggunakan metode deskriptif. Pengujian parameter kualitas susu, rendemen mentega, dan warna mentega diolah menggunakan *software* Microsoft Excel 2021. Data hasil globula susu pada parameter mikrostruktur susu dianalisis menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan aplikasi ImageJ dan diolah dengan Microsoft Excel 2021.