

**KUALITAS FISIK KEJU SUSU SAPI DENGAN PEMAKAIAN ENZIM
BROMELIN DARI BUAH NANAS (*Ananas comosus*)**

(Skripsi)

Oleh

NAYLA SALSABILA



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

KUALITAS FISIK KEJU SUSU SAPI DENGAN PEMAKAIAN ENZIM BROMELIN DARI BUAH NANAS (*Ananas comosus*)

Oleh

NAYLA SALSABILA

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) terhadap kualitas fisik (rendemen *curd*, kekerasan, dan kelengketan) keju. Penelitian ini dilaksanakan pada Maret 2023 di Laboratorium Produksi Ternak, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung dan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan (5 ml enzim bromelin; 6 ml enzim bromelin; 7 ml enzim bromelin; 8 ml enzim bromelin) dan diulang sebanyak 5 kali. Peubah yang diamati meliputi rendemen *curd*, kekerasan, dan kelengketan keju. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis perlakuan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap rendemen *curd*, kekerasan, dan kelengketan keju. Disimpulkan bahwa pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) sebanyak 6 ml dapat digunakan dalam pembuatan keju.

Kata kunci: enzim bromelin, keju, kekerasan, kelengketan, rendemen *curd*

ABSTRACT

PHYSICAL QUALITY OF COW MILK CHEESE WITH THE USE OF BROMELIN ENZYME FROM PINEAPPLE FRUIT (*Ananas comosus*)

By

NAYLA SALSABILA

This study aims to determine the effect of using the bromelain enzyme from pineapple (*Ananas comosus*) on the physical quality (*curd* yield, hardness, and adhesiveness) of cheese. This research was conducted in March 2023 at the Livestock Production Laboratory, Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, University of Lampung, Bandar Lampung and at the Agricultural Product Analysis Laboratory, Department of Agricultural Product Technology, Faculty of Agriculture, University of Lampung. This study was conducted using a completely randomized design (CRD) with 4 treatments (5 ml of bromelain enzyme; 6 ml of bromelain enzyme; 7 ml of bromelain enzyme; 8 ml of bromelain enzyme) and repeated 5 times. The observed variables included *curd* yield, hardness and adhesiveness of the cheese. The data obtained were analyzed using analysis of variance at the 5% level of significance. The results showed that the treatment dose used the bromelain enzyme from pineapple (*Ananas comosus*) had a significant ($P < 0,05$) effect on *curd* yield, hardness, and cheese adhesiveness. It was concluded that the use of bromelain enzyme from pineapple fruit (*Ananas comosus*) as much as 6 ml can be used in making cheese.

Keywords: adhesiveness, bromelin enzyme, cheese, *curd* yield, hardness

**KUALITAS FISIK KEJU SUSU SAPI DENGAN PEMAKAIAN ENZIM
BROMELIN DARI BUAH NANAS (*Ananas comosus*)**

Oleh

**NAYLA SALSABILA
1914141029**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PETERNAKAN**

pada

**Jurusan Peternakan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN PETERNAKAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **KUALITAS FISIK KEJU SUSU SAPI
DENGAN PEMAKAIAN ENZIM
BROMELIN DARI BUAH NANAS (*Ananas
comosus*)**

Nama Mahasiswa : **Nayla Salsabila**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914141029

Jurusan/Program Studi : Peternakan

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI,
1. Komisi Pembimbing



Dr. Veronica Wanniatie, S.Pt., M.Si.
NIP 19780113 200912 2 001



Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si.
NIP 19670603 199303 1 002

2. Ketua Jurusan Peternakan



Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si.
NIP 19670603 199303 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

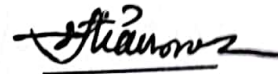
Ketua : Dr. Veronica Wanniatie, S.Pt., M.Si.



Sekretaris : Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si.



Anggota : Dian Septinova, S.Pt., M.T.A.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 07 Juli 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis berupa skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana) baik di Universitas Lampung maupun di perguruan tinggi lain;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing;
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis dari publikasi orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dan disebutkan nama pengarang serta dicantumkan dalam Pustaka;
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya yang sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Bandar Lampung, 26 Juli 2023

Yang Membuat Pernyataan



METERAN
TEMPEL
146AKX532293225

Nayla Salsabila

NPM 1914141029

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Nayla Salsabila, lahir di Tanggamus, 09 Januari 2002. Penulis merupakan putri pertama dari dua bersaudara, putri pasangan Bapak Agus Susanto dan Ibu Sri Astuti. Penulis menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak di TK Aisyiyah Panjang Utara (2007), sekolah dasar di SD Negeri 2 Panjang Utara (2013), sekolah menengah pertama di SMP Al-Kautsar Bandar Lampung (2016), dan sekolah menengah atas di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung (2019). Pada 2019 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi Peternakan, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Pada 2021-2022 penulis menjadi anggota bidang dana dan usaha di Himpunan Mahasiswa Peternakan (HIMAPET) Jurusan Peternakan, Universitas Lampung. Selain itu, pada 2020-2022 penulis menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Peternakan (HIMAPET) Jurusan Peternakan, Universitas Lampung. Pada 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Batu Putuk, Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Penulis juga melaksanakan Praktik Umum di Limousin Livestock, Desa Astomulyo, Kecamatan Punggur, Kabupaten Lampung Tengah.

MOTTO

***"Difficult doesn't mean impossible, because it's hard for you. easy for Allah,
impossible for you. possible for Allah"***

(Nayla)

***"Mereka merencanakan dan Allah (Tuhan) merencanakan. Sesungguhnya,
Allah (Tuhan) adalah perencana terbaik."***

(QS. Al-Anfal:30)

"Karena sesungguhnya, dengan kesulitan akan ada kemudahan."

(QS. Al Insyirah: 5)

***"Jangan bersedih. Sesungguhnya pertolongan akan datang bersama
kesabaran."***

(HR. Ahmad)

"Do the best and let GOD do the rest"

(Mario Oswin)

***"If you do your best, there will definitely be good results. Believe in yourself and
always be kind to others."***

(Jay Enhypen)

"Believe in yourself, trust yourself, and you will get through anything"

(Jake Enhypen)

PERSEMBAHAN

Dengan Menyebut Nama Allah
Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang
Alhamdulillah puji syukur Kepada-Nya karena atas rahmat dan ridho-Nya Skripsi
ini dapat terselesaikan

Kupersembahkan karya sederhana ini untuk

Kedua Orang Tuaku
(Ayah Agus Susanto dan Ibu Sri Astuti)

Terimakasih atas segala ridho, dukungan, motivasi, serta doa yang selalu kalian
panjatkan untuk keberhasilanku. Kalian adalah motivasi dan alasan terbesarku
untuk tetap selalu bertahan disegala kesulitan yang kudapat

Saudariku
(Zakiatul Zahra)

Yang selalu memberikan semangat, motivasi, dukungan, dan doa untuk
keberhasilanku

Semua orang dalam hidupku
Yang telah memberikan semangat dan doa untuk keberhasilanku

Almamater Tercinta
Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul *Kualitas Fisik Keju Susu Sapi dengan Pemakaian Enzim Bromelin dari Buah Nanas (Ananas comosus)*.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.--selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung--atas izin yang diberikan;
2. Bapak Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si.--selaku Ketua Jurusan Peternakan dan selaku pembimbing anggota--atas bimbingan, saran, nasehat, arahan, dan ilmu yang diberikan selama penyusunan skripsi ini;
3. Ibu Dr. Veronica Wanniatie, S.Pt., M.Si.--selaku pembimbing utama--atas bimbingan, saran, nasehat, dan ilmu yang diberikan selama penyusunan skripsi;
4. Ibu Dian Septinova, S.Pt., M.T.A.--selaku pembahas--atas bimbingan, saran, nasehat, dan ilmu yang diberikan selama penyusunan skripsi;
5. Ibu Dr. Ir. Rr Riyanti, M.P.--selaku pembimbing akademik--atas arahan, bimbingan dan nasehat selama masa studi;
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung--atas arahan, bimbingan dan nasehat selama masa studi;
7. Ayahanda tercinta Agus Susanto, Ibunda tercinta Sri Astuti, dan Adikku tercinta Zakiatul Zahra, serta keluarga besar yang tercinta--atas dukungan, semangat, motivasi, dan doanya;
8. Nurul Afra Suryani--selaku teman satu tim penelitian--atas kerjasama, dukungan, semangat, dan bantuannya;

9. Mba Yufi Diana--selaku saudara sekaligus mba di kampus--atas dukungan, cerita, semangat, motivasi, dan doanya;
10. Mba Adhe Rani, Nurul Khoirun Nisa, Tegar Wijaya, dan Yollanda Bintang atas kebersamaan, cerita, semangat, dukungan, dan doanya dalam kehidupan perkuliahan yang menyenangkan;
11. Teman-teman kecilku Rosdianawati, Tata Anggrainy, dan Tisyah Apriliana atas kebersamaan, semangat, cerita, dan dukungan kepada penulis;
12. Teman-teman Praktik Umum, Laela Kusuma Nuremilia, Denita Eptiana, Kirana Ziladi, Nurul Afra Suryani, Dimas Arif Ramadhan, Gusti Putu Dano, Eri Febriyansar, dan Dicky Sulistiawan atas kebersamaan, cerita, semangat kepada penulis;
13. Aisyah Rifdatunnisa, Berlian Satrio Wicaksono, Erfa Kurnia Prastiwi, dan Huvat Rafi M atas doa, dukungan, cerita, semangat, dan motivasi kepada penulis;
14. Seluruh anggota Enhypen dan NCT Dream atas motivasi dan lagu-lagunya yang menginspirasi;
15. Teman seperjuangan angkatan 2019 Jurusan Peternakan Universitas Lampung atas kebersamaan, cerita, dan semangat selama perkuliahan;
16. Seluruh kakak-kakak (angkatan 2016, 2017, dan 2018), dan adik-adik (angkatan 2020, 2021, dan 2022) Jurusan Peternakan Universitas Lampung atas kebersamaan, cerita, dan motivasinya dalam mendukung penulis menyelesaikan skripsi;
17. Teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas dukungan, kasih sayang, doanya selama perkuliahan.

Semoga seluruh bantuan yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan pahala dari Allah SWT dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 07 April 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Kerangka Pemikiran.....	3
1.5 Hipotesis.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Susu Sapi.....	8
2.2 Keju	11
2.3 Enzim Bromelin	13
2.4 Kualitas Fisik Keju.....	15
2.4.1 Rendemen <i>curd</i>	15
2.4.2 Tekstur	17
2.4.2.1 Kekerasan	18
2.4.2.2 Kelengketan	19
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.2.1 Alat penelitian	20
3.2.2 Bahan penelitian	20
3.3 Rancangan Penelitian	21

3.4 Pelaksanaan Penelitian	22
3.4.1 Pembuatan starter	22
3.4.2 Pembuatan larutan enzim bromelin.....	22
3.4.3 Pembuatan keju	23
3.5 Parameter yang Diukur	24
3.5.1 Pengujian rendemen <i>curd</i>	24
3.5.2 Pengujian kekerasan.....	24
3.5.3 Pengujian kelengketan	25
3.6 Analisis Data	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Pengaruh Perlakuan Pemakaian Enzim Bromelin terhadap Nilai Rendemen <i>Curd</i>	27
4.2 Pengaruh Perlakuan Pemakaian Enzim Bromelin terhadap Nilai Kekerasan Keju	30
4.3 Pengaruh Perlakuan Pemakaian Enzim Bromelin terhadap Nilai Kelengketan Keju	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan gizi susu sapi per 1 liter	10
2. Syarat mutu susu segar	10
3. Komposisi susu segar	21
4. Nilai rendemen <i>curd</i> keju susu sapi dengan pemakaian enzim Bromelin.....	27
5. Nilai kekerasan keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin	30
6. Nilai kelengketan keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin	32
7. Analisis ragam terhadap nilai rendemen <i>curd</i> keju	45
8. Uji beda nyata terkecil nilai rendemen <i>curd</i> keju	45
9. Analisis ragam terhadap nilai kekerasan keju	45
10. Uji beda nyata terkecil nilai kekerasan keju	46
11. Analisis ragam terhadap nilai kelengketan keju	46
12. Uji beda nyata terkecil nilai kelengketan keju	46
13. Analisis ragam data transformasi $\sqrt{(X)}$ nilai kekerasan keju.....	47
14. Analisis ragam data transformasi $\sqrt{(X)}$ nilai kelengketan keju.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tata letak percobaan penelitian	21
2. Diagram alir pembuatan keju	23
3. Hasil akhir keju	24
4. <i>Texture analyzer (Brookfield CT3)</i>	25

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Susu sapi merupakan salah satu bahan pangan yang cukup disukai masyarakat. Susu sapi kaya akan zat gizi. Menurut Navyanti dan Adriyani (2015), susu mengandung kalori 66 kkal, protein 3,2 gram, lemak 3,7 gram, laktosa 4,6 gram, zat besi 0,1 mg, kalsium 120 mg, dan vitamin A 100 IU. Namun, kandungan gizi yang tinggi ini dapat menyebabkan susu mudah rusak. Penyebab kerusakan adalah kontaminasi dari mikroba.

Mikroba yang dapat mengontaminasi susu diantaranya adalah *Listeria monocytogenes*, *Camphylobacter jejuni*, *E. coli*, dan *Salmonella* sp, tetapi dengan prevalensi kecil (Jayarao *et al.*, 2006). Menurut Suwito (2010), bakteri pencemar dalam susu dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu bakteri patogen dan bakteri pembusuk. Bakteri pembusuk seperti *Micrococcus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Bacillus* sp. akan menguraikan protein menjadi asam amino dan merombak lemak dengan enzim lipase sehingga susu menjadi asam dan berlendir. Beberapa *Bacillus* sp. yang mencemari susu antara lain adalah *B. cereus*, *B. subtilis*, dan *B. licheniformis*. Salah satu cara untuk dapat memperpanjang masa simpan susu adalah dengan cara pengolahan susu.

Pengolahan susu bertujuan untuk mempertahankan umur simpan susu agar lebih tahan lama. Salah satu pengolahan susu adalah dengan pembuatan keju. Keju merupakan gumpalan yang dibentuk karena koagulasi protein susu dari ternak ruminansia, oleh reaksi enzim rennin atau enzim proteolitik lainnya dan juga ditambahkan dengan starter (Hutagalung *et al.*, 2017). Starter merupakan biakan

mikroba tertentu yang ditumbuhkan di dalam substrat atau medium untuk tujuan proses tertentu (Kusumaningati *et al.*, 2013). Menurut Estikomah (2017), mikroorganisme yang paling banyak digunakan sebagai starter, khususnya starter keju adalah kelompok bakteri asam laktat (BAL) yang mampu menghasilkan asam.

Kebanyakan orang Indonesia menganggap keju sebagai makanan mahal dengan proses produksi yang sulit. Hal ini dimungkinkan karena keju biasanya berasal dari pengolahan susu yang dikoagulasikan dengan enzim renet, dimana enzim tersebut masih sulit didapatkan di pasaran dan tidak diproduksi di dalam negeri sehingga harus diimpor. Menurut Hutagalung *et al.* (2017), enzim rennet umumnya diperoleh dari lambung anak sapi yang masih menyusui pada induknya. Selain itu, menurut Jacob *et al.* (2011), pemanfaatan enzim ekstrak lambung ruminansia diketahui mahal dan terbatas karena ketersediaan lambung ruminansi, mendorong untuk mencari alternatif lain pengganti enzim rennet yaitu dengan enzim bromelin.

Enzim bromelin merupakan salah satu enzim proteolitik yang memiliki kemampuan dalam penggumpalan susu. Hal tersebut diperkuat dengan pendapat Komansilan, *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa enzim bromelin merupakan salah satu enzim proteolitik yang dapat digunakan untuk mengentalkan senyawa susu. Enzim bromelin dari buah nanas ini memiliki keunggulan karena mudah didapatkan, tersedia dalam jumlah banyak, dan harganya lebih murah. Menurut Komansilan *et al.* (2021), enzim yang menjanjikan untuk digunakan dalam produksi keju adalah bromelin. Enzim bromelin dapat diekstraksi dari seluruh bagian nanas (*Ananas comosus*) adalah bagian buah, batang, bonggol, mahkota, dan kulit.

Pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) pada pembuatan keju ini dapat mempengaruhi proses koagulasi kasein sehingga akan mempengaruhi sifat fisik keju yang dihasilkan. Selain itu, kondisi asam enzim bromelin juga dapat meningkatkan aktivitas proteolitik (Anggraini *et al.*, 2013).

Penelitian pembuatan keju dengan menggunakan enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) ini masih terbatas, sehingga penelitian ini perlu dilakukan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. mengetahui pengaruh dosis pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) terhadap kualitas fisik (rendemen *curd*, kekerasan, dan kelengketan) keju;
2. mengetahui dosis pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) yang terbaik terhadap kualitas fisik (rendemen *curd*, kekerasan, dan kelengketan) keju.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik fisik (rendemen *curd*, kekerasan, dan kelengketan) keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*).

1.4 Kerangka Pemikiran

Susu merupakan bahan utama dalam pembuatan keju. Selain susu, enzim rennet dan asam asetat juga sangat berpengaruh dalam pembuatan keju karena dapat menggumpalkan protein susu hingga membentuk *curd*. Namun karena enzim rennet harganya cukup mahal dan masih sulit didapatkan dipasaran, maka perlu dicari alternatif lain dari enzim rennet. Enzim bromelin berpotensi untuk dijadikan alternatif enzim rennet.

Bromelin merupakan enzim pencerna protein (*proteinase*) atau dapat disebut juga enzim proteolitik yang dapat mempercepat reaksi hidrolisis dari protein. Enzim ini berupa ekstrak kasar (*crude extract*) yang dapat diperoleh dari batang, buah, mahkota bunga, inti, dan kulit nanas (Bhattacharyya, 2008). Enzim bromelin merupakan salah satu enzim proteolitik potensial untuk alternatif enzim rennet

dalam mengentalkan senyawa susu (Komansilan *et al.*, 2019). Penambahan enzim bromelin juga berperan dalam proses koagulasi kasein (Prasetyo *et al.*, 2012).

Ketika susu dicampur dengan asam, maka susu akan mengeluarkan ion hidrogen dan akan menyerang molekul air yang lain. Pelepasan ion hidrogen menyebabkan pH menurun sehingga merubah lingkungan kasein miselles yaitu kalsium hidroksifosfat koloidal yang ada dalam kasein miselles akan larut dan membentuk ion kalsium (Ca^+) yang akan berpenetrasi ke struktur kasein miselles yang lain dan membentuk rantai kalsium internal yang kuat. Hal tersebut akan mengubah kasein miselles yang dimulai dengan penggabungan kasein miselles melalui agregasi dan diakhiri dengan terjadinya penggumpalan (Malaka, 2010). Penelitian Geantaresa dan Supriyanti (2010) menunjukkan bahwa enzim protease akan menghidrolisis k-casein (kappa kasein) pada luas permukaan misel kasein menjadi para-kappa-kasein. Selain itu, ketika pH mendekati isoelektrik (pH 4,6--4,7), misel kasein dikoagulasi menjadi gel melalui hidrofobik interaksi (Pardede *et al.*, 2013).

Hasil penelitian Komansilan *et al.* (2021) yang menggunakan enzim bromelin nanas pada keju *cottage* menunjukkan bahwa pada konsentrasi 1,5%, 3%, dan 4,5% dalam keju *cottage* menghasilkan rendemen keju yang lebih rendah pada enzim bromelin dengan konsentrasi 4,5%, sedangkan bromelin 3% memiliki rendemen yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi enzim bromelin 4,5% dan 1,5%. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi enzim bromelin 3% akan menghasilkan rendemen keju *cottage* yang lebih optimum yaitu sebesar $10,62 \pm 0,06\%$ dibandingkan dengan konsentrasi lainnya. Rendemen yang optimal penting untuk produksi keju, karena akan menentukan biaya dan manfaat. Total rendemen selama pengolahan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti konsentrasi enzim, suhu, dan pH selama pengolahan (Komansilan *et al.*, 2019). Selain itu, faktor yang dapat mempengaruhi total rendemen adalah waktu inkubasi dan penambahan enzim (Kapoor dan Metzger, 2008).

Menurut Fox *et al.* (2000), keasaman susu yang dihasilkan ekstrak nanas dapat mempengaruhi aktivitas penggumpalan. Selain itu, ekstrak nanas juga dapat

mempengaruhi kekuatan *curd* sehingga dapat mempengaruhi rendemen keju. Semakin tinggi konsentrasi bahan penggumpal dari ekstrak buah menyebabkan persentase rendemen yang dihasilkan semakin rendah, sehingga menyebabkan lebih banyak kasein yang larut di dalam whey (Nurlaela, 2010).

Tingginya konsentrasi bahan penggumpal berpengaruh terhadap nilai pH, dimana nilai pH yang didapatkan akan rendah. Hal ini disebabkan penambahan konsentrasi bahan penggumpal yang tinggi menyebabkan semakin tinggi pula tingkat keasaman. Tingginya tingkat keasaman menyebabkan proteolisis pada proses koagulasi sehingga menyebabkan protein susu rusak (Nurlaela, 2010). Menurut Yulianingsih *et al.* (2016), kandungan enzim yang lebih banyak tersebut mengakibatkan pemecahan protein yang berlebihan sehingga ukuran padatan menjadi lebih kecil dan lolos dari proses penyaringan. Pemberian enzim yang terlalu berlebihan menyebabkan air sulit untuk dipisahkan dari padatannya (Puspitasari *et al.*, 2013).

Hasil penelitian Gutiérrez *et al.* (2013) menunjukkan bahwa kekerasan keju segar adalah sebesar $7,59 \pm 0,59$ N, sedangkan menurut penelitian Komansilan *et al.* (2021) menunjukkan bahwa kekerasan keju *cottage* dengan pemakaian enzim bromelin sebanyak 1,5% adalah sebesar $3,67 \pm 0,11$ N, sedangkan kekerasan keju *cottage* dengan pemakaian enzim bromelin sebanyak 4,5% adalah sebesar $3,81 \pm 0,11$. Menurut Nido (2015), secara umum, semakin tinggi konsentrasi asam dalam koagulasi pada produk maka tekstur keju semakin lembut, hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi asam dalam proses koagulasi akan meningkatkan aktivitas proteolitik sehingga menyebabkan tekstur semakin lembut. Anggraini *et al.* (2013) menyatakan bahwa ketidakstabilan protein selama proses proteolisis akibat peningkatan konsentrasi asam menyebabkan protein lebih larut dalam whey sehingga menghasilkan kekerasan yang lebih rendah (lembek).

Perbedaan tekstur keju pada penelitian Komansilan *et al.* (2021) menunjukkan bahwa konsentrasi enzim bromelin yang berbeda menghasilkan pembentukan dadih yang berbeda, sehingga mempengaruhi tekstur. Selain itu, Sousa *et al.* (1997) menyatakan bahwa enzim nabati mempengaruhi tekstur keju karena

proteolisis primer kasein susu, Al-Otaibi (2016) menambahkan bahwa kekerasan keju akan menurun karena hidrolisis 1 kasein.

Banks *et al.* (1989) menyatakan bahwa kekerasan keju dapat dipengaruhi oleh kadar lemak susu yang digunakan dalam pembuatan keju. Semakin rendah kadar lemak akan menghasilkan keju dengan struktur semakin keras. Selain kadar lemak, kadar air juga dapat mempengaruhi kekerasan dari keju. Semakin rendah persentase kadar air pada suatu produk, menyebabkan tekstur bahan yang dihasilkan semakin keras (Engelen, 2018). Menurut Sulistyono *et al.* (2018), secara umum, tekstur yang dihasilkan oleh keju dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kadar air, kandungan lemak dan protein, garam, dan pH.

Hasil penelitian Gutiérrez *et al.* (2013) menunjukkan bahwa kelengketan keju segar adalah sebesar $0,20 \pm 0,08$ Ns. Pada penelitian Ali *et al.* (2021) menunjukkan bahwa kelengketan keju segar baramily adalah sebesar $1,17 \pm 0,10$ mJ. Sedangkan hasil penelitian Setyawardani *et al.* (2016) menunjukkan bahwa kelengketan keju susu kambing adalah sebesar 8.23 sampai -11.53 gs. Tingkat kelengketan keju dapat dipengaruhi oleh kadar lemak, protein, dan air serta aktivitas biokimia selama penyimpanan (Banks, 1998). Selain itu, faktor yang mempengaruhi kelengketan keju adalah kasein serta lemak yang dapat mempengaruhi pembentukan matriks keju (Setyawardani *et al.*, 2016). Semakin kecil ukuran globula lemak, semakin besar derajat interaksi antara matriks protein dan fase lipid, semakin besar pula kelengketannya (Garnida dan Sutrisno, 2012).

Menurut Kariyawasam *et al.* (2019), penambahan kultur starter akan menurunkan kandungan lemak pada keju *cottage*. Selain itu, menurut Komansilan *et al.* (2020), kombinasi antara enzim bromelin dan kultur starter memberikan kemungkinan untuk menghasilkan keju *cottage* rendah lemak. Sehingga kemungkinan kelengketan yang dihasilkan rendah, karena menurut Bryant *et al.* (1995) semakin tinggi kadar lemak maka keju akan semakin lengket.

1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. terdapat pengaruh dosis pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) pada kualitas fisik (rendemen *curd*, kekerasan, dan kelengketan) keju;
2. terdapat dosis pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) yang terbaik pada kualitas fisik (rendemen *curd*, kekerasan, dan kelengketan) keju.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Susu Sapi

Susu segar adalah cairan yang berasal dari ambing yang sehat dan bersih, yang diperoleh dengan cara pemerahan yang benar, yang kandungan alaminya tidak dikurangi atau ditambah sesuatu apapun dan belum mendapat perlakuan apapun kecuali proses pendinginan (SNI, 2011). Susu adalah cairan berwarna putih yang disekresi oleh kelenjar *mammae* (ambing) pada hewan mamalia betina, untuk bahan makanan dan sumber gizi bagi anaknya. Susu tersebut diproduksi dari unsur darah pada kelenjar ambing (Winarno, 1993).

Ambing merupakan kelenjar yang berfungsi mensekresikan susu. Ambing tumbuh selama masa kebuntingan dan mulai mengeluarkan susu setelah beranak. Ambing terdiri dari empat bagian terpisah yaitu, bagian depan dan belakang, serta bagian kanan dan kiri (Febriana *et al.*, 2018). Ambing yang baik memiliki ukuran yang besar dan simetris, serta memiliki empat puting yang ukurannya simetris (Sudono *et al.*, 2003). Volume ambing menentukan jumlah produksi susu yang dihasilkan, volume ambing yang lebih besar secara visual memiliki produksi susu yang lebih tinggi. Hal ini karena ambing yang besar memiliki sel sekretori yang besar juga yang digunakan untuk mensekresikan susu (Habib *et al.*, 2014).

Ambing bagian dalam terdapat alveolus dan di dalam alveolus terdapat sel epitel yang berfungsi dalam memproduksi susu. Beberapa alveolus akan bergabung membentuk lobulus dan dibungkus oleh satu jaringan ikat yang disebut lobus. Setiap bagian ambing memiliki saluran yang berfungsi untuk menyalurkan susu yang diproduksi oleh alveolus ke puting susu (Taofik dan Depison, 2008). Puting

berfungsi untuk mengeluarkan susu pada saat pemerahan, pada bagian bawah puting terdapat *streak* canal (Suriasih *et al.*, 2015).

Streak canal merupakan saluran yang bagian dalamnya dilapisi oleh sel-sel yang membentuk lipatan-lipatan seperti garis-garis. Sel-sel pada *streak* canal menghasilkan cairan seperti lemak yang bersifat bakteristatik sehingga mencegah masuknya mikroba kedalam ambing yang menyebabkan mastitis. *Streak* canal juga ditutup oleh otot *sphincter* yang mengatur mudah dan sulitnya pemerahan. Apabila otot *sphincter* keras dan erat maka susu sulit diperah/pengeluaran susu lama, apabila longgar maka pemerahan cepat tetapi resiko masuknya kuman penyakit besar (Suriasih *et al.*, 2015).

Susu sapi sangat bermanfaat untuk kesehatan yaitu mencegah penyakit jantung dan gangguan pembuluh darah, penyakit gondok, meringankan kerja cerebrum, baik untuk penderita anemia, menjaga kesehatan kulit, menjadikan rileks dan tenang (Vanga and Raghavan, 2018). Susu memiliki manfaat bagi kesehatan tulang dan gigi. Selain itu, susu dapat bermanfaat untuk mengoptimalkan produksi melatonin. Kehadiran melatonin akan membuat kita merasa mengantuk dan kemudian tubuh bisa beristirahat dengan baik. Susu juga mampu mengikat logam-logam yang bertebaran akibat polusi, dengan demikian susu bermanfaat untuk meminimalisir dampak keracunan logam berat yang secara tidak sengaja masuk kedalam tubuh karena lingkungan yang terpolusi (Khomsan, 2004).

Susu merupakan bahan pangan yang mengandung kalori 66 kkal, protein 3,2 gram, lemak 3,7 gram, laktosa 4,6 gram, zat besi 0,1 mg, kalsium 120 mg, dan vitamin A 100 IU (Navyanti dan Adriyani, 2015). Susu memiliki zat gizi yang baik seperti, kandungan protein, glukosa, lipida, garam mineral, dan vitamin (Suwito, 2010). Kandungan gizi yang terkandung dalam susu segar dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kandungan gizi susu sapi per liter

Komponen	Rerata Kandungan dalam Susu (% b/b)
Air	87,90
Padatan non lemak	8,65
Lemak (berat kering)	12,10
Laktosa	4,60
Lemak	3,45
Protein	3,20
Protein kasein	2,70
Vitamin, enzim, gas, dll	0,85

Sumber : Saleh (2004)

Syarat mutu susu segar di Indonesia terdapat dalam SNI 3141-01:2011 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Syarat mutu susu segar

Karakteristik	Satuan	Syarat
(1)	(2)	(3)
Berat jenis (pada suhu 27,5°C) minimum	g/ml	1,0270
Kadar lemak minimum	%	3,0
Kadar bahan kering tanpa lemak minimum	%	7,8
Kadar protein minimum	%	2,8
Warna, bau, rasa, kekentalan	-	Tidak ada perubahan
Derajat asam	°SH	6,0 -- 7,5
pH	-	6,3 -- 6,8
Uji alkohol (70%) v/v	-	Negatif
Cemaran mikroba, maksimum:		
1. <i>Total Plate Count</i>	CFU/ml	1×10^6
2. <i>Staphylococcus aureus</i>	CFU/ml	1×10^2
3. <i>Enterobacteriaceae</i>	CFU/ml	1×10^3
Jumlah sel somatis maksimum	sel/ml	4×10^5
Uji Pemalsuan	-	Negatif

Tabel 2. (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)
Residu antibiotika (golongan penisilin, tetrasiklin, aminoglikosida, makrolida)	-	Negatif
Titik beku	°C	-0,520 s.d -0,560
Uji peroxidase	-	Positif
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 : Standar Nasional Indonesia (2011)

Kandungan zat gizi dapat menyebabkan kerusakan pada susu akibat adanya bakteri. Bakteri-bakteri seperti *Listeria monocytogenes*, *Camphylobacter jejuni*, *E.coli*, dan *Salmonella* sp. dimana bakteri-bakteri tersebut dapat mengontaminasi susu dengan prevalensi kecil (Jayarao *et al.*, 2006). Bakteri pencemar dalam susu dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu bakteri patogen dan bakteri pembusuk. Bakteri pembusuk seperti *Micrococcus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Bacillus* sp. akan menguraikan protein menjadi asam amino dan merombak lemak dengan enzim lipase sehingga susu menjadi asam dan berlendir. Beberapa *Bacillus* sp. yang mencemari susu antara lain adalah *B. cereus*, *B. subtilis*, dan *B. licheniformis* (Suwito, 2010).

2.2 Keju

Keju merupakan produk olahan susu sebagai sumber kalsium dan protein (Juniawati, 2015). Keju merupakan gumpalan yang dibentuk karena koagulasi protein susu dari ternak ruminansia, oleh reaksi enzim rennin atau enzim proteolitik lainnya dan juga ditambahkan dengan starter (Hutagalung *et al.*, 2017). Keju mengandung hampir semua nutrisi yang terdapat pada susu seperti 12--16% protein, 0--12% lemak, 0,8% kalsium, 0--1% vitamin A, dan 2,8% riboflavin yang bermanfaat bagi kesehatan (Winarno dan Fernández, 2007).

Keju dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu berdasarkan sifat tekstur dan cara pematangannya. Berdasarkan sifat teksturnya, keju terdapat empat sifat tekstur, yaitu keju lunak (kadar air >40%), keju semi lunak atau semi keras (kadar air berkisar 36--40%), keju keras (kadar air berkisar 25--36%), dan keju sangat keras (kadar air < 25%). Sedangkan berdasarkan cara pematangannya, keju dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu keju segar dan keju peram (Susilorini, 2006). Keju segar merupakan keju yang paling sederhana karena tanpa adanya proses pematangan sehingga dapat dikonsumsi secara langsung (Sari *et al.*, 2014). Keju peram merupakan keju yang dilakukan pemeraman atau pematangan selama beberapa bulan (Susilorini, 2006).

Keju dibuat dengan cara mengkoagulasi protein susu dengan bantuan asam atau rennet, setelah itu ditekan untuk memisahkan bagian cair (*whey*) dari dadih yang terbentuk (Mulyani *et al.*, 2012). Pada pembuatan keju pada prinsipnya meliputi pasteurisasi susu, pengasaman, penambahan enzim, koagulasi, pembuangan *whey*, penggaraman, dan pengepresan. Tahapan pertama dalam pembuatan keju adalah pasteurisasi. Pasteurisasi susu dilakukan pada suhu 72°C selama 15 detik. Tujuan dilakukannya pasteurisasi susu adalah untuk membunuh atau mematikan bakteri yang bersifat patogen yang dapat menurunkan kualitas susu (Fellows, 2000).

Tahapan selanjutnya dari pembuatan keju adalah pengasaman. Pengasaman bertujuan untuk membuat susu bersifat asam yang nantinya akan membantu mempercepat koagulasi dan mengoptimalkan aktivitas rennet (Murti, 2004). Pengasaman dilakukan dengan menambahkan bakteri yang berasal dari kelompok bakteri asam laktat (BAL). Galur bakteri asam laktat (BAL) yang umum digunakan sebagai starter keju berasal dari genus *Streptococcus*, *Leuconostoc*, dan *Lactobacillus* (Daulay, 1991). Setelah dilakukan pengasaman, selanjutnya adalah penambahan enzim, dan enzim yang biasanya digunakan dalam pembuatan keju adalah enzim rennet. Penambahan enzim rennet ini berfungsi dalam koagulasi protein susu, terutama kasein (McSweeney, 2007). Koagulasi merupakan proses penggumpalan susu yang dilakukan oleh enzim rennet sehingga menghasilkan *curd* (dadih). Pembentukan *curd* ini membutuhkan waktu selama 30 menit hingga

1 jam, tergantung pada jumlah susu yang digunakan. Temperatur yang optimal untuk penggumpalan *curd* adalah sekitar 37°C (Greenfields Indonesia, 2013).

Setelah terjadi koagulasi, tahapan selanjutnya adalah pemotongan *curd*. Pemotongan *curd* ini bertujuan untuk mengeluarkan whey yang masih terdapat didalam *curd* sehingga didapat *curd* yang bersifat kesat (Greenfields Indonesia, 2013). Tahapan selanjutnya adalah pembuangan *whey* yang bertujuan untuk memisahkan antara *curd* dan *whey*, sehingga akan mendapatkan *curd* yang terbebas dari *whey* (Legowo, 2003). Setelah itu dilakukan pengepresan, dengan tujuan untuk dapat membentuk partikel-partikel *curd* yang masih longgar menjadi massa yang cukup kompak serta mengeluarkan *whey* bebas yang tersisa (Daulay, 1991).

Penggaraman pada keju dapat dilakukan dengan menaburkan kristal garam pada permukaan dadih atau dengan cara mencelupkan keju yang telah dilakukan pengepresan kedalam larutan garam (Rahman *et al.*, 1992).

Penggaraman ini juga bertujuan untuk meningkatkan rasa, tekstur, menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk, dan menurunkan kadar air, sehingga menjadi penentu kadar air produk keju akhir (Daulay, 1991).

2.3 Enzim Bromelin

Nanas merupakan tanaman buah berupa semak, dengan ujung daun dan tepi daun yang berduri dan memiliki tulang daun yang sejajar. Kemudian memiliki kulit yang berwarna hijau kekuning-kuningan, serta daging buah berwarna kuning (Hairi, 2010). Adapun klasifikasi dari tanaman nanas adalah sebagai berikut:

Divisio	: Magnoliophyta
Classis	: Liliopsida
Subclassis	: Zingiberidae
Ordo	: Bromeliales
Familia	: Bromeliaceae
Genus	: Ananas
Species	: <i>Ananas comosus</i> (Syamsiah, 2006).

Enzim bromelin termasuk ke dalam golongan glikoprotein yaitu protein yang mengandung satu bagian oligosakarida pada tiap molekul, yang erikat secara kovalen dengan rantai polipeptida enzim tersebut. Adapun beberapa asam amino disekitar lokasi aktifnya yaitu: -Cys – Gly–Ala– Cys–Trp–Asn–Gly–Asp–Pro– Cys–Gly–Ala–Cys– Cys–Trp. Enzim bromelin merupakan enzim protease seperti halnya renin (renet), papain, dan fisin yang mempunyai sifat menghidrolisis protein. Hidrolisis yang terjadi dengan enzim protein adalah putusnya ikatan peptida dari ikatan substrat, dimana enzim protease bertugas sebagai katalisator di dalam sel dan bersifat khas (Masri, 2014).

Enzim bromelin merupakan salah satu enzim proteolitik yang dapat digunakan untuk mengentalkan senyawa susu. Hasil keju yang optimal penting untuk produksi keju, karena akan menentukan biaya dan manfaat. Total hasil keju selama pengolahan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti konsentrasi enzim, suhu, dan pH selama pengolahan (Komansilan *et al.*, 2019). Enzim bromelin memiliki susunan utamanya berupa protein sehingga konsentrasi protein menunjukkan banyaknya bromelin yang terkandung pada setiap bagian dari tiap varietas nanas. Kerja bromelin sebagai enzim tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH, dan suhu (Wiyati dan Tjitraresmi, 2018). Enzim bromelin juga dapat membantu koagulasi susu, yang merupakan salah satu langkah penting dalam produksi keju. Produksi keju akan dipengaruhi oleh pH, suhu, waktu inkubasi, dan penambahan enzim (Kapoor dan Metzger, 2008).

Bromelin merupakan enzim pencerna protein (proteinase) atau dapat disebut juga enzim proteolitik yang dapat mempercepat reaksi hidrolisis dari protein. Enzim ini berupa ekstrak kasar (*crude extract*) yang dapat diperoleh dari batang, buah, mahkota bunga, inti, dan kulit nanas (Bhattacharyya, 2008). Enzim bromelin dapat diisolasi dari daging buah, kulit buah, bonggol (hati), tangkai daun, dan daun. Nanas beserta limbahnya (batang dan kulit) dapat, menghasilkan enzim bromelin (Suhermiyati *et al.*, 2005).

Enzim bromelin yang diisolasi dari buah dan batang nanas memiliki aktivitas yang berbeda. Aktivitas enzim bromelin dari batang lebih tinggi yakni 3,500

GDU/gram sedangkan enzim bromelin dari buah nanas hanya 1,500 GDU/gram. Berdasarkan beberapa hasil penelitian tersebut di atas maka diduga aktivitas enzim bromelin dari batang nanas juga memiliki aktivitas yang lebih tinggi di bandingkan bagian lain pada nanas (Gautam *et al.*, 2010).

Bromelin memiliki aktivitas suhu optimum sebesar 55°C dengan nilai aktivitas 4,05 U/ml. Apabila suhu mencapai di atas 55°C kerja enzim akan mulai menurun. Hal tersebut dikarenakan enzim merupakan suatu protein yang apabila berada pada suhu yang tinggi maka akan mengalami denaturasi sehingga enzim rusak dan aktivitasnya menurun (Herdyastuti, 2006). Aktivitas enzim bromelin kasar meningkat dengan meningkatnya suhu sampai mencapai 50°C, dan akan menurun dengan cepat dan untuk bromelin yang murni, aktivitas akan meningkat hingga mencapai suhu 60°C, dan akan mulai menurun setelahnya. Pengaruh pH pada aktivitas enzim menunjukkan adanya kenaikan aktivitas ekstrak bromelin kasar hingga mencapai pH 7,0 dan akan sedikit aktivitas penolakan pada pH 10. Sedangkan untuk ekstrak bromelin yang telah dimurnikan aktivitasnya naik hingga pH 8 (Martin *et al.*, 2014).

Penggunaan enzim bromelin dapat digunakan untuk menghasilkan keju *cottage* yang memiliki protein 10,34--12,77%, kelembaban 70,5--85,78%, dan pH pada 4,36--4,75 (Jaya dan Didik, 2009). Penambahan enzim bromelin juga berperan dalam proses koagulasi kasein (Prasetyo *et al.*, 2012). Enzim protease akan menghidrolisis k-kasein (kappa kasein) pada luas permukaan misel kasein menjadi para-kappa-kasein (Geantaresa dan Supriyanti, 2010). Selain itu, ketika pH mendekati isoelektrik (pH 4,6--4,7), misel kasein terkoagulasi menjadi gel melalui interaksi hidrofobik (Pardede *et al.*, 2013).

2.4 Kualitas Fisik Keju

2.4.1 Rendemen curd

Rendemen yaitu perbandingan antara koagulan (*curd*) yang terbentuk dengan susu yang digunakan. Perhitungan rendemen secara praktis sangat perlu diketahui, karena mencerminkan nilai kuantitatif. Nilai rendemen juga mencerminkan

apakah proses pembuatan keju sampai tahap pematangan dilakukan dengan baik, efektif atau tidak (Murti, 2004).

Standar rendemen yang terbentuk dalam pembuatan keju antara 4,7--5,7% dari total susu yang diolah (Widodo, 2003). Pemberian beberapa jenis pengasam yang berbeda akan mempengaruhi hasil rendemen, kekerasan, daya potong, dan elastisitas yang berbeda pada keju (Purwadi, 2008). Selain itu lama waktu koagulasi berpengaruh terhadap jumlah rendemen karena waktu yang singkat tidak cukup menggumpalkan protein pada susu secara sempurna (Komar *et al.*, 2009). Semakin banyak ekstrak buah yang ditambahkan dapat menyebabkan proteolisis, hal ini dapat menyebabkan lebih banyak kasein yang larut di dalam *whey* (Sumarmono dan Suhartati, 2012).

Rendemen keju dipengaruhi oleh komposisi *curd* yaitu persentase lemak, bahan kering tanpa lemak, garam, dan air (Daulay, 1991). Faktor yang berpengaruh terhadap rendemen adalah komposisi susu khususnya kadar lemak dan *casein*/protein. Namun kandungan protein merupakan faktor utama yang berpengaruh terhadap rendemen keju (Juniawati *et al.*, 2015). Terdapat adanya korelasi linear antara rendemen dengan konsentrasi protein dan lemak. Semakin tinggi konsentrasi protein dan lemak maka rendemen akan meningkat. Pengurangan kadar lemak susu akan menurunkan rendemen keju (Fox *et al.*, 2000).

Kandungan protein keju memegang peranan penting dalam mempertahankan emulsi antara lemak cair. Peran protein tersebut dipengaruhi oleh kelarutannya. Protein yang mempunyai kelarutan tinggi (terlarut secara sempurna) dapat mengikat lemak dengan baik, sehingga lemak dan air dapat teremulsi serta terdispersi secara merata (Komar *et al.*, 2009). Keuntungan dari homogenisasi susu adalah rendemen keju yang dihasilkan lebih tinggi akibat dari lemak yang terbuang dalam *whey* sedikit (Idris dan Thohari, 1992).

Tingkat keasaman yang tinggi dapat menyebabkan asam sitrat lebih banyak mendenaturasi protein susu. Protein mudah mengalami kerusakan oleh pengaruh panas, goncangan, reaksi dengan asam atau basa kuat, yang dikenal dengan denaturasi (Komar *et al.*, 2009). Keasaman susu yang dihasilkan ekstrak nanas

dapat mempengaruhi aktivitas penggumpalan dan juga mempengaruhi kekuatan *curd* sehingga dapat mempengaruhi rendemen keju (Fox, 2000). Koagulasi pada kondisi asam yang optimum akan menjadikan aktivitas kerja enzim mampu menghasilkan *curd* yang kompak dan kokoh. Dalam keadaan seperti ini, pada saat *curd* dipotong tidak banyak lemak dan kasein yang hilang bersama dengan *whey*, lebih banyak lemak yang dapat dipertahankan akan menghasilkan rendemen keju yang lebih tinggi (Widarta, 2016).

2.4.2 Tekstur

Tekstur merupakan parameter penting dalam evaluasi kualitas keju. Hal ini dikarenakan adanya refleksi dari struktur keju tingkat mikroskopis dan molekul. Secara struktural, keju adalah matriks kompleks protein susu (kasein), lemak, mineral, dan komponen lainnya termasuk produk-produk degradasi air (Kulmyrzaev *et al.*, 2005).

Tekstur keju dipengaruhi oleh komposisi bahan baku (komposisi susu, starter asam laktat, jenis koagulan dan bahan tambahan lainnya), prosedur pembuatan keju, kondisi pemeraman, dan komposisi kimia keju (kadar air, protein, lemak, dll). Pengurangan kadar lemak dapat meningkatkan kekerasan. Adanya lemak susu membuat keju menjadi lebih lembut dengan terdistribusinya globula lemak secara merata pada matriks kasein, ketika lemak dihilangkan maka kasein berperan besar dalam tekstur (Awad *et al.*, 2005; Gutiérrez *et al.*, 2013).

Kadar air merupakan faktor yang sangat penting untuk menentukan tekstur keju, yaitu kadar air keju yang cukup tinggi berpengaruh langsung terhadap tekstur keju yang dihasilkan, dimana semakin tinggi kadar air keju maka teksturnya semakin lunak dan demikian pula sebaliknya (Khalida, 2019). Penurunan kadar air menyebabkan matriks protein dalam keju lebih kompak sehingga menjadikan tekstur keju lebih keras. Kelembaban udara juga merupakan faktor yang mempengaruhi gradien kehilangan air dalam keju (Fox *et al.*, 2000; Mahony *et al.*, 2005).

Tekstur dalam keju dipengaruhi oleh nilai pH keju, sebagai akibat dari penggumpalan protein. Keju mempunyai titik pH rendah (dekat isoelektris kasein) yang ditunjukkan dengan tekstur yang bergranular atau butir-butir kecil dan hancur ketika terbentuk. Sedangkan keju yang memiliki pH tinggi akan plastis, dan elastis. Selain pH, tekstur dipengaruhi oleh komposisi keju. Keju yang memiliki kandungan lemak yang tinggi akan elastis dan rapat (Brown, 2002).

2.4.2.1 Kekerasan keju

Kekerasan didefinisikan sebagai besarnya gaya tekan untuk memecah produk padat dan sifat keras untuk menyatakan sifat benda atau produk pangan yang tidak bersifat deformasi (Soekarto, 1990). Kekerasan diukur sebagai besarnya gaya yang diperlukan untuk merubah bentuk fisik bahan. Atribut tekstur ini mengindikasikan adanya heterogenitas seperti adanya ikatan antar granula pada keju (Sattar *et al.*, 2015). Kekerasan keju lunak probiotik yang dihasilkan memiliki rata-rata kekerasan berkisar 10,78--47,75 gf (Setyawardani *et al.*, 2016), sedangkan pada keju segar menghasilkan kekerasan sebesar $7,59 \pm 0,59$ N (Gutiérrez *et al.*, 2013).

Secara umum, kekerasan yang dihasilkan oleh keju dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kadar air, kandungan lemak dan protein, garam, dan pH (Sulistyo *et al.*, 2018). Kekerasan keju dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung di dalamnya. Matrik yang mempunyai kadar air lebih tinggi mempunyai tekstur lebih lembut (Noronha *et al.*, 2008). Persentase air yang rendah pada suatu produk, menyebabkan tekstur bahan yang dihasilkan semakin keras (Engelen, 2018). Proses homogenisasi dapat meningkatkan karakteristik tekstur, sifat fungsional, sensorik, dan rendemen keju yang dihasilkan (Madadlou *et al.*, 2007). Kekerasan keju rendah lemak yang tinggi dapat dikurangi dengan cara mengurangi konsentrasi NaCl saat pembuatan keju (El-Bakri *et al.*, 2011).

Kadar lemak susu yang digunakan dalam pembuatan sebuah keju semakin rendah akan menghasilkan keju dengan struktur semakin keras (Banks *et al.*, 1989). Pengurangan lemak menyebabkan kekerasan dan kekenyalan keju meningkat.

Adanya lemak memecah matriks protein dan berperan sebagai *lubricant* sehingga tekstur keju menjadi lebih lembut dan halus (Caro *et al.*, 2011). Penambahan protein menyebabkan interaksi antar protein-protein dan membentuk matriks yang lebih keras (Mihulova *et al.*, 2013).

2.4.2.2 Kelengketan keju

Kelengketan merupakan salah satu karakteristik dalam tekstur keju yang penting (Bryant *et al.*, 1995). Kelengketan keju dibentuk oleh matrik hasil koagulasi adalah kasein yang mampu memerangkap globula lemak (Rahayu *et al.*, 2010). Ukuran globula lemak yang lebih kecil akan menyebabkan permukaan lemak semakin luas, sehingga mempengaruhi kekerasan, kelengketan, dan citarasa (O'Brian and O'Connor, 2004). Semakin kecil ukuran globula lemak, semakin besar derajat interaksi antara matriks protein dan fase lipid, semakin besar pula kelengketannya (Garnida dan Sutrisno, 2012). Selain itu, komponen lainnya yang terperangkap dalam matrik hasil koagulasi adalah lemak dalam susu dan komponen lain yang tidak larut dalam air (O'Brian and O'Connor, 2004).

Penambahan kultur tunggal atau campuran menghasilkan perbedaan tingkat kelengketan keju lunak dengan kisaran 8,23 hingga -11,53 gs (Setyawardani *et al.*, 2016). Tingkat kelengketan keju dapat dipengaruhi oleh kadar lemak, protein, dan air serta aktivitas biokimia selama penyimpanan (Banks, 1998). Selain itu, faktor yang mempengaruhi kelengketan keju adalah kasein serta lemak yang dapat mempengaruhi pembentukan matriks keju (Setyawardani *et al.*, 2016).

Semakin tinggi kadar lemak maka keju akan semakin lengket (Bryant *et al.*, 1995). Selain itu, perbedaan lemak yang digunakan juga dapat mempengaruhi nilai kelengketan, karena komposisi asam lemak menentukan hidrofobisitas. Semakin tinggi tingkat kejenuhan lemak maka semakin tinggi hidrofobisitas produk dan semakin rendah daya lengketnya (Garnida dan Sutrisno, 2012). Tingkat kelengketan dapat mempengaruhi kualitas tekstur, dimana kelengketan keju berkorelasi negatif terhadap kekerasan keju (Yerlikaya dan Karagozlu, 2011).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada Maret 2023 di Laboratorium Produksi Ternak, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Analisis kualitas fisik yang meliputi rendemen *curd* dan tekstur keju yang meliputi kekerasan dan kelengketan dilakukan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah panci *stainless steel*, gelas beaker ukuran 1 liter, wadah, alat pengepres keju, kompor, tabung gas, saringan atau kain saring, gunting, sendok, batang pengaduk, gelas ukur, *refrigerator*, timbangan digital, dan *texture analyzer*.

3.2.2 Bahan penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian adalah susu sapi segar (komposisi susu dapat dilihat pada tabel 3.), enzim bromelin komersil (PT Bromelain Enzyme), susu skim, bakteri mesofilik (*Lactococcus lactis* subsp *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp *mesenteroides*) bubuk, CaCl_2 , aquadest, dan garam (NaCl).

Tabel 3. Komposisi susu segar

Komponen	Komposisi
Kadar lemak	4,22%
Kadar protein	2,83%
Kadar laktosa	4,28%
Berat jenis	25,85 kg/m ³
pH	6,25

Sumber : Hasil Uji *Lactoscan* di Laboratorium Produksi Ternak, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung (2023).

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan lima ulangan. Setiap ulangan terdiri dari 1 liter susu sapi. Tata letak percobaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Perlakuan yang diberikan yaitu :

P1 : pemberian larutan enzim bromelin sebanyak 5 ml per liter susu

P2 : pemberian larutan enzim bromelin sebanyak 6 ml per liter susu

P3 : pemberian larutan enzim bromelin sebanyak 7 ml per liter susu

P4 : pemberian larutan enzim bromelin sebanyak 8 ml per liter susu

P2U5	P1U5	P3U1	P3U3
P1U4	P3U4	P4U5	P3U5
P4U4	P1U1	P2U4	P3U2
P4U3	P1U2	P4U1	P2U3
P1U3	P2U2	P2U1	P4U2

Gambar 1 Tata letak percobaan penelitian

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan media starter

Pembuatan media *starter* keju dapat dilaksanakan melalui tahap-tahap, sebagai berikut :

1. menyiapkan susu skim sebanyak 1 liter;
2. menimbang bakteri mesofilik bubuk sebanyak 5 gram;
3. melakukan proses pemanasan susu skim hingga suhu mencapai 90°C;
4. memasukkan susu skim yang telah dipanaskan ke dalam wadah;
5. mendinginkan susu skim hingga suhu turun menjadi 40°C;
6. mencampurkan bakteri mesofilik bubuk yang telah ditimbang ke dalam wadah yang berisi susu skim lalu mengaduknya hingga homogen;
7. menginkubasi susu skim selama 24 jam sebelum media digunakan.

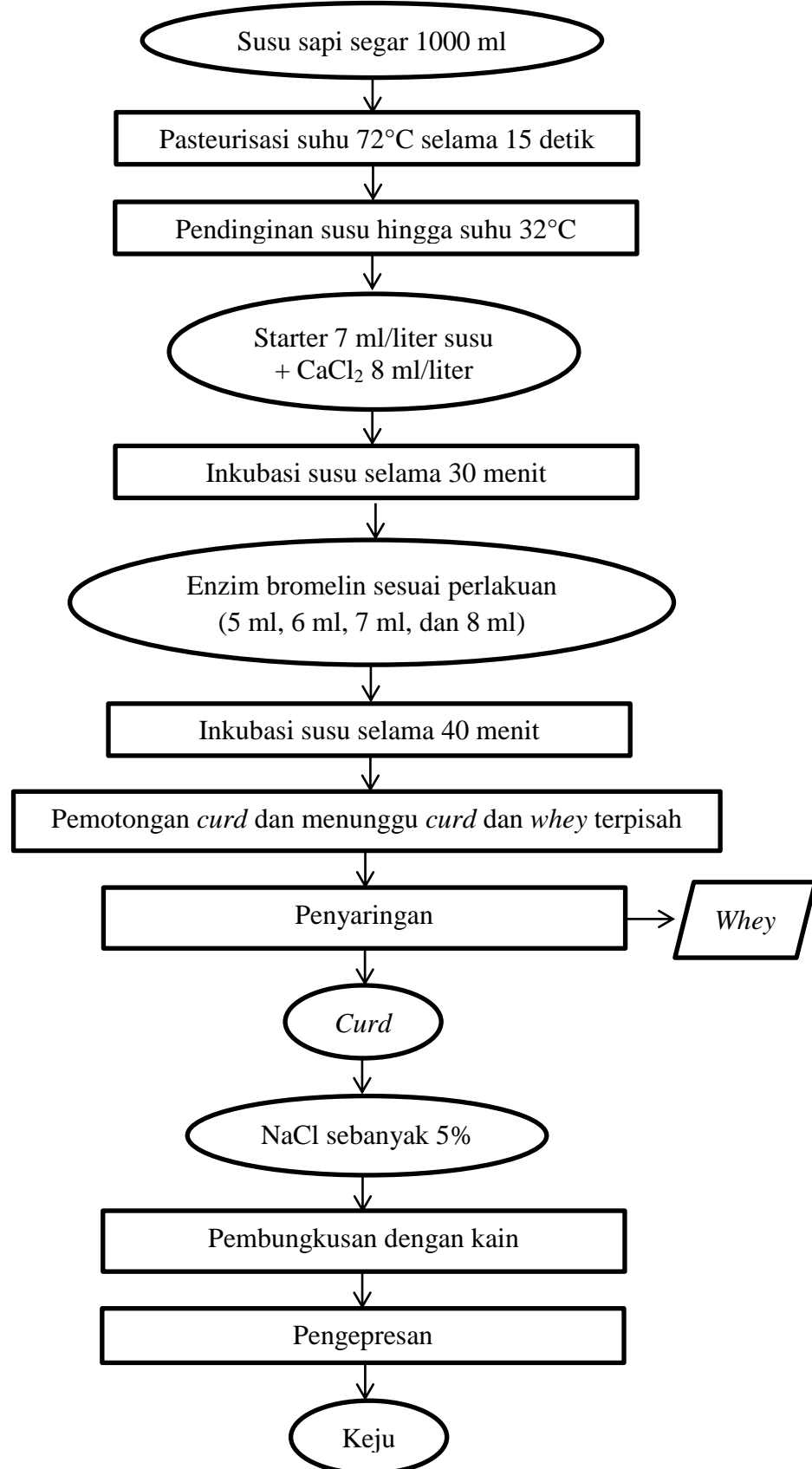
3.4.2 Pembuatan larutan enzim bromelin

Pembuatan larutan enzim bromelin dapat dilaksanakan melalui tahap-tahap, sebagai berikut :

1. menyiapkan enzim bromelin dalam bentuk bubuk (produksi PT Bromelain Enzyme);
2. menimbang enzim bromelin bubuk sebanyak 1 gram;
3. melarutkan 1 gram enzim bromelin dalam 100 ml aquadest.

3.4.3 Pembuatan keju

Pembuatan keju dapat dilaksanakan melalui tahap-tahap, seperti pada Gambar 2 berikut :



Gambar 2 Diagram alir pembuatan keju



Gambar 3 Hasil akhir keju

3.5 Parameter yang Diukur

Parameter yang diukur yaitu kualitas fisik keju yang meliputi rendemen *curd*, kekerasan, dan kelengketan.

3.5.1 Pengujian rendemen *curd*

Pengujian rendemen dilakukan dengan menghitung efisiensi keju yang dihasilkan.

Rendemen keju diperoleh dengan rumus:

$$\text{Rendemen } curd = \frac{B}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : berat produk susu yang digunakan (g)

B : berat keju yang terbentuk (g) (Nugroho *et al.*, 2018).

3.5.2 Pengujian kekerasan

Uji kekerasan keju segar dilakukan menggunakan *texture analyzer* (Brookfield CT3) dengan cara :

1. memotong sampel keju berbentuk persegi panjang;
2. memasang jarum penusuk sampel (*probe* TA4R);
3. menyalakan alat *texture analyzer* (Brookfield CT3);

4. menentukan mode test yang akan digunakan yaitu mode TPA dengan 4,5 kg *load cell*, dengan kondisi *deformation*, *speed*, dan *trigger* masing-masing sebesar 10,0 mm, 2,5 mm/dtk, dan 15,0 g;
5. menekan tombol *start* sehingga *probe* bergerak menusuk sampel, lalu pengujian selesai apabila *probe* kembali ke posisi semula;
6. melihat hasil pengujian yang tertera dalam layar (Brookfield Engineering Labs, 2012).



Gambar 4 *Texture analyzer (Brookfield CT3)*

3.5.3 Pengujian kelengketan

Uji kelengketan keju segar dilakukan menggunakan *texture analyzer (Brookfield CT3)* dengan cara :

1. memotong sampel keju berbentuk persegi panjang;
2. memasang jarum penusuk sampel (*probe TA4R*);
3. menyalakan alat *texture analyzer (Brookfield CT3)*;
4. menentukan mode test yang akan digunakan yaitu mode TPA dengan 4,5 kg *load cell*, dengan kondisi *deformation*, *speed*, dan *trigger* masing-masing sebesar 10,0 mm, 2,5 mm/dtk, dan 15,0 g;
5. menekan tombol *start* sehingga *probe* bergerak menusuk sampel, lalu pengujian selesai apabila *probe* kembali ke posisi semula;
6. melihat hasil pengujian yang tertera dalam layar (Brookfield Engineering Labs, 2012).

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian akan dianalisis dengan analisis ragam (Anara) dengan taraf 5%. Apabila dari hasil Anara menunjukkan pengaruh nyata, maka analisis dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian yang dilakukan adalah :

1. perlakuan pemakaian enzim bromelin dapat memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai rendemen *curd*, kekerasan, dan kelengketan keju;
2. pemakaian enzim bromelin sebanyak 6 ml per liter susu memberikan hasil terbaik untuk nilai rendemen *curd* dan kekerasan keju.

5.2 Saran

Saran yang diajukan oleh penulis yaitu perlu dilakukan penelitian mengenai uji organoleptik keju dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A.M., Y.M. El Kenany, I.E. Aumara, dan O.A. Aita. 2021. Isolation and identification of nonstarter lactic acid bacteria from traditional baramily cheese. *Arab Univ. J. Agric. Sci*, 29(1) : 351–363.
- Al-Otaibi, M.M. and R.A. Wilbey. 2006. Effect of chymosin reduction and salt substitution on the properties of white salted cheese. *Int. Dairy J*, 16(8): 903–909.
- Anggraini, R.P., A.H.D. Rahardjo, dan S.S. Santosa. 2013. Pengaruh level enzim bromelin dari nanas masak dalam pembuatan tahu susu terhadap rendemen dan kekenyalan tahu susu. *Jurnal Ilmu Peternakan*, 1(2): 507–513.
- Awad, S., A.N. Hassan, and K. Muthukumarappan. 2005. Application of exopolysaccharide-producing cultures in reduced fat cheddar cheese texture and melting properties. *Journal Dairy Science*, 88(12): 4204–4213.
- Banks, J.M. 1998. Cheese. In: R. Early (ed.) *The Technology of Dairy Products*. p 81–122. Blackie Academic and Professional. London. UK.
- Banks, J.M., E.Y. Brechany, and W.W. Christie. 1989. The production of low fat cheddar type cheeses. *Journal of the Society of Dairy Technology*, 42(1): 6–9.
- Bhattacharyya, B. 2008. Bromelain: An overview. *Indian Journal Natural Product and Resources*, 7(4): 359–363.
- Brookfield Engineering Labs. 2012. CT3 Texture Analyzer Operating Instructions Manual No. M08-372-F1116. Brookfield Ametek. USA.
- Brown, A.J. 2002. *Textur Cheese*. Tesis. North Carolina State University.
- Bryant, A., Z. Ustunol, and J. Steffe. 1995. Texture of cheddar cheese as influenced by fat reduction. *Journal Food Sci*, 60(6): 1216–1219.
- Badan Standardisasi Nasional. 1992. *Persyaratan Kandungan Keju*. SNI 01–2980–1992. Jakarta.

- Buckle, K.A., R.A. Edwards, G.N. Fleet, and M. Wooton. 1987. Ilmu Pangan. Penerjemah: Purnomo, H. dan Adiono. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Buriti, F.C.A., T.Y. Okazaki, J.H.A. Alergo, and S.M.I. Saad. 2007. Effect of a probiotic mixed culture on texture profile and sensory performance of Minas fresh cheese in comparison with the traditional products. *Arch Latinoam Nutr*, 57(2): 179–185.
- Caro, L., S. Soto, M.J. Franco, M.M. Nieto, R.H.A. Rodriguez, J. Mateo. 2011. Composition, yield, and functionality of reduced-fat oaxaca cheese: effects of using skim milk or a dry milk protein concentrate. *Journal Dairy Science*, 94(22): 580–58.
- Darmansah, I. 2011. Penilaian Kualitas Susu Sapi Berdasarkan Jumlah Total Mikroorganisme, *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* di Kabupaten Bogor, Cianjur, Bandung, Sumedang, dan Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Daulay, D. 1991. Fermentasi Keju. IPB. Bogor.
- El-Bakry, M., F. Beninati, E. Duggan, E.D. O’Riordan, and M. O’Sullivan. 2011. Reducing salt in imitation cheese: effects on manufacture and functional properties. *Journal Food Res. Int*, 44(2): 589–596.
- Engelen, A. 2018. Analisis kekerasan, kadar air, warna, dan sifat sensori pada pembuatan keripikdaun kelor. *Journal Agritech Sci*, 2(1): 10–15.
- Estikomah, S.A. 2017. Uji kadar lemak keju cheddar dengan variasi bahan baku (sapi dan kambing) serta variasi jenis starter (*Streptococcus lactis*, *Rhizopus oryzae*). *Pharmasipha*, 1(1): 36–40.
- Febriana, D.N., D.W. Harjanti, dan P. Sambodho. 2018. Korelasi ukuran badan, volume ambing, dan produksi susu kambing Peranakan Etawah (PE) di Kecamatan Turi Kabupaten Sleman Yogyakarta. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 28(2) : 134–140.
- Fellows, P.J. 2000. Food Processing Technology, Principles and Practice. Woodhead Publishing Ltd. Cambridge.
- Fox, P.F. 2000. Cheese: Chemistry, Physics, and Microbiology. Second Edition. Department of Food Chemistry. University College Cork. Ireland.
- Fox, D.F., T.P. Guinee, T.M. Logan, and P.L.H. McSweeney. 2000. Fundamentals of Cheese Science. An Aspen Publication Gaithersburg. Maryland.

- Garnida, Y. dan A.D. Sutrisno. 2016. Optimalisasi Formulasi Cheese Spreadable Analogue Terhadap Sifat Organoleptik dan Sifat Kimia Menggunakan Response Surface Methodology. Laporan Penelitian. Teknologi Pangan. Universitas Pasundan. Bandung.
- Gautam, S.S., S. Mishra, V. Dash, K. Amit, and G. Rath. 2010. Comparative study of extraction, purification and estimation of bromelain from stem and fruit of pineapple plant. *Thai J. Pharm. Sci*, 34(2): 67–76.
- Geantaresa, E. dan F.T. Supiryanti. 2010. Pemanfaatan ekstrak papain sebagai bagai koagulan pada pembuatan keju cottage menggunakan bakteri. *Jurnal Sains dan Teknologi Kimia*, 1(1): 38–43.
- Greenfields Indonesia. 2013. Greenfields Indonesia Department of Cheese. Malang
- Gutiérrez, M.N., R.N. Trancoso, and L. Ramos. 2013. Texture profile analysis of fresh cheese and chihuahua cheese using miniature cheese models. *Technociencia*, 7(2): 65–74.
- Habib, I., T.H. Suprayogi, dan P. Sambodho. 2014. Hubungan antara volume ambing, lama massage dan lama pemerahan terhadap produksi susu kambing Peranakan Ettawa. *Animal Agriculture Journal*, 3(1): 8–16.
- Hairi, M. 2010. Pengaruh Umur Buah Nanas dan Konsentrasi Ekstrak Kasar Enzim Bromelin Pada Pembuatan Virgin Coconut Oil Dari Buah Kelapa Typical (*Cocos nucifera L.*). Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Herdyastuti, N. 2006. Isolasi dan karakterisasi ekstrak kasar enzim bromelin dari batang nanas (*Ananas comusus L.merr*). *Berk. Penel. Hayati*, 12(1): 75–77.
- Hutagalung, T.M., A. Yelnetty, M. Tamasoleng, dan J.H.W. Ponto. 2017. Penggunaan enzim rennet dan bakteri *Lactobacillus plantarum* yn 1.3 terhadap sifat sensoris keju. *Jurnal ZooteK*, 37(2): 286–293.
- Idris, S. dan Thohari. 1992. Pengantar Teknologi Pengolahan Susu. Universitas Brawijaya. Malang.
- Jacob, M., D. Jaros, and H. Rohm. 2011. Recent advances in milk clotting enzymes. *Inernational Journal of Dairy Technology*, 64(1): 14–33.
- Jaya, F. dan H. Didik. 2009. Pengaruh substitusi susu sapi dengan susu kedelai serta besarnya konsentrasi penambahan ekstrak nenas (*Ananas Comosus*) terhadap kualitas fisik dan kimia keju cottage. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 4(1): 46–54.

- Jayarao, B.M., S.C. Donaldson, B.A. Straley, A.A. Sawant, N.V. Hegde, and J.L. Brown. 2006. A survey of foodborne pathogens in bulk tank milk and raw milk consumption among farm families in Pennsylvania. *J. Dairy Sci*, 89(7): 2451–2458.
- Juniawati, S. Usmiati, dan E. Damayanthi. 2015. Karakter/sifat fisik kimia keju rendah lemak dari berbagai bahan baku susu modifikasi. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 12(2): 28–36.
- Kapoor, R. dan L. Metzger. 2008. Process cheese: scientific and technological aspects—a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(2) : 194–214.
- Khalidia, Q. 2019. Karakteristik Fisik dan Komposisi Kimia Keju dari Susu Kambing Etawa dengan Koagulan Rennet Nabati (Enzim Papain) Berbentuk Tablet. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Khomsan, A. 2004. Pangan dan Gizi untuk Kesehatan. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Komansilan, S., D. Rosyidi, L.E. Radiati, dan Purwadi. 2019. Pengaruh variasi pH dengan penambahan enzim bromelin alami (*Ananas comucus*) terhadap sifat organoleptik keju cottage. *Jurnal Sains Peternakan*, 7(1): 54–61.
- Komansilan, S., D. Rosyidi, L. E. Radiati, Purwadi, and H. Evanuarini. 2021. The physicochemical characteristics and protein profile of cottage cheese produced by using crude bromelain enzyme extracted from *Ananas comosus*. *Current Research In Nutrition and Food Science*, 9(2): 578–587.
- Komar, N., L.C. Hawa, dan P. Rika. 2009. Karakteristik termal keju mozzarella (kajian konsentrasi asam sitrat). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 10(2): 78–87.
- Kulmyrzaev, A., E. Dufour, Y. Noel, M. Hanafi, R. Karoui, E.M. Qannari, and G. Mazerolles. 2005. Investigation at the molecular level of soft cheese quality and ripening by infrared and fluorescence spectroscopies and chemometrics-relationships with rheology properties. *Int. Dairy J*, 15(6–9): 669–687.
- Kusumaningati, M.A., S. Nurhatika, dan A. Muhibuddin. 2013. Pengaruh konsentrasi inokulum bakteri *Zygomonas mobilis* dan lama fermentasi pada produksi etanol dari sampah sayur dan buah pasar wonokromo Surabaya. *Jurnal Sains dan Seni*, 2(2): 218–223.
- Legowo, M.A. 2003. Analisis Bahaya dan Penerapan Jaminan Mutu Komoditi Olahan Pangan. Badan Ketahanan Pangan Pemerintah Provinsi Jawa Tengah. Semarang.

- Madadlou, A., M.E. Mousavi, A.K. Asl, Z. Emam-Djome, and M. Zargaran. 2007. Effect of cream homogenization on textural characteristic of low-fat Iranian white cheese. *Int. Dairy J*, 17(5): 547–554.
- Mahony, J.A., J.A. Lucey, and L.H. McSweeney. 2005. Chymosin-mediated proteolysis, calcium solubilization and texture development during the ripening of cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 88(9): 3101–3114.
- Malaka, R. 2010. Pengantar Teknologi Susu. Masagena Press. Makassar
- Martins, B. 2014. Characterization of bromelain from *Ananas comosus* agroindustrial residues purified by ethanol fractional precipitation. *Chemical Engineering Transactions*, 37(1): 781–786.
- Masri, M. 2013. Isolasi dan pengukuran aktivitas enzim bromelin dari ekstrak kasar batang nanas (*Ananas comosus*) pada variasi pH. *Jurnal Biology Science dan Education*, 2(2): 119–125.
- Masri, M. 2014. Isolasi dan pengukuran aktivitas enzim bromelin dari ekstrak kasar bonggol nanas (*Ananas comosus*) pada variasi suhu dan pH. *Biogenesis*, 1(2): 116–122.
- McSweeney, P.L.H. 2007. Conversion of milk to curd. Di dalam: Mc Sweeney, P.L.H. (ed). *Cheese Problem Solved*. Woodhead Publishing Limited. England.
- Mihulova, M., M. Vejlupkova, J. Hanusova, J. Stetina, and Z. Panovska. 2013. Effect of modified whey proteins on texture and sensory quality of processed cheese. *Czech J. Food Sci*, 31(6): 553–558.
- Mulyani, S., Kusrahayu, dan H. Rizqiati. 2012. Buku Ajar Teknologi Hasil Ternak. Undip Press. Semarang.
- Murti, T.W. 2004. Aneka Keju. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Navyanti, F. dan R. Adriyani. 2015. Higiene sanitasi, kualitas fisik dan bakteriologi susu sapi segar perusahaan susu X di Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(1) : 36–47.
- Nido, R. 2005. Pengaruh Jenis dan Taraf Pemberian Rennet (Kambing dan Domba) terhadap Kekerasan dan Persentase Produk Keju Cheddar. Skripsi. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Noronha, N., E. Duggan, G.R. Ziegler, E.D. O'Rirdan, and M. O'Sullivan. 2008. Inclusion of starch in imitation cheese, its influence on water mobility and cheese functionality. *Journal Food Hydrocol*, 22(8): 1613–1621.

- Nugroho, P., B. Dwiloka, dan H. Rizqiati. 2018. Rendemen, nilai pH, tekstur, dan aktivitas antioksidan keju segar dengan bahan pengasam ekstrak bunga rosella ungu (*Hibiscus Sabdariffa L.*). *Jurnal Teknologi Pangan*, 2(1): 33–39.
- Nurlaela, L. 2010. Penggunaan ekstrak belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) pada proses pembuatan keju tipe *cottage* ditinjau dari persentase produk, kadar protein, dan tingkat kesukaan. Skripsi. Fakultas Peternakan. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- O'Brien, N.M. and T.P. O'Connor. 2004. Nutritional aspects of cheese. In: Fox, P.F., P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan, and T.P. Guinee. *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol. 2 : Major Cheese Groups. Elsevier. London.
- Pardede, B.E., Adhitiyawarman, dan S. Arreneuz. 2013. Pemanfaatan enzim papain dari getah buah pepaya (*Carica Papaya L*) dalam pembuatan keju *cottage* menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 2(3): 163–168.
- Prasetyo, M.N., N. Sari, dan S. Budiyaniti. 2012. Pembuatan kecap dari ikan gabus secara hidrolisis enzimatis menggunakan sari nanas. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1): 329–337.
- Purwadi. 2008. Konsentrasi optimum jus jeruk nipis sebagai bahan pengasam pada pembuatan keju mozzarella. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 3(2): 32–38.
- Puspitasari, R., S.S. Santosa, dan M. Sulistyowati. 2013. Pengaruh lama pemanasan dan pemberian level papain terhadap kekenyalan dan kesukaan tahu susu. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 1(2): 501–506.
- Rahayu, W.P., T. Setyawardani, dan Miskiyah. 2010. Stabilitas bakteri asam laktat pada pembuatan keju probiotik susu kambing. *Jurnal Pascapanen*, 7(2): 110–117.
- Saleh, E. 2004. *Dasar Pengolahan Susu dan Hasil Ikutan Ternak*. Universitas Sumatra Utara Press. Sumatera Utara.
- Sattar, M.U., A. Sameen, N. Huma, and M. Shahid. 2015. Exploit fat mimetic potential of different hydrocolloids in low fat mozzarella cheese. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3(8) : 518–525.
- Sari, N.A., A. Sustiyah, dan A.M. Legowo. 2014. Total bahan padat, kadar protein, dan nilai kesukaan keju mozzarella dari kombinasi susu kerbau dan susu sapi. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 3(4): 152–156.

- Setyawardani, T., W.P. Rahayu., dan N.S. Palupi. 2016. Physicochemical and stability of goat cheese with mono and mixed culture *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus rhamnosus*. *Animal Production*, 18(1) : 36–42.
- Soekarto, S. T. 1990. Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian. Bhatara Karya Aksara. Jakarta.
- Sousa, M. and F. Malcata. 1997. Comparison of plant and animal rennets in terms of microbiological, chemical, and proteolysis characteristics of ovine cheese. *J. Agri. Food Chem*, 45(1): 74–81.
- Standar Nasional Indonesia. 2011. Susu Segar. Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Sudono, A., R.F. Rosdiana, dan B.S. Setiawan. 2003. Beternak Sapi Perah secara Intensif. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Sulistyo, B., H. Chairunnisa, dan E. Wulandari. 2018. Pengaruh penggunaan kombinasi enzim papain dan jus lemon sebagai koagulan terhadap kadar air, berat rendemen, dan nilai kesukaan *fresh cheese*. *J. Ilmu Ternak*, 18(1): 9–16.
- Sumarmono, J. dan F.M. Suhartati. 2012. *Yield* dan komposisi keju lunak (*Soft Cheese*) dari susu sapi yang dibuat dengan teknik *direct acidification* menggunakan ekstrak buah lokal. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1(3) : 65–68.
- Suriasih, K., W. Subagiana, dan L.D. Saribu. 2015. Ilmu Produksi Ternak Perah. Universitas Udayana. Bali.
- Susilorini, T. Eko, dan M.E. Sawitri. 2006. Produk Olahan Susu. Penebar Swadaya. Depok
- Suwito, W. 2010. Bakteri yang sering mencemari susu: deteksi, patogenesis, epidemiology, dan cara pengendaliannya. *J. Litbang Pertanian*, 29(3): 96–100.
- Syamsiah. 2006. Taksonomi Tumbuhan Tinggi. Universitas Negeri Makassar. Makassar.
- Taofik, A. dan Depison. 2008. Hubungan antara lingkar perut dan volume ambing dengan kemampuan produksi susu kambing Peranakan Ettawa. *J. Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 11(2) : 59–74.
- Vanga, S. K. and V. Raghavan. 2018. How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk?. *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 10–20.

- Widarta, I.W. Rai, N.W. Wisaniyasa, dan H. Prayekti. 2016. Pengaruh penambahan ekstrak belimbing wuluh (*Averrhoa Bilimbi L.*) terhadap karakteristik fisikokimia keju mozzarella. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*, 1(1): 37–45.
- Widodo. 2003. Mikrobiologi Pangan dan Industri Hasil Ternak. Lactica Press. Yogyakarta.
- Winarno, F.G. 1993. Pangan Gizi, Teknologi, dan Konsumen. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wiyati, P. Indah, dan A.Tjitraresmi. 2018. Review: Karakterisasi, aktivitas, dan isolasi enzim bromelin dari tumbuhan nanas (*Ananas Sp.*). *Farmaka Suplemen*, 16(2): 179–185.
- Yerlikaya, O. and C. Karagozlu. 2011. Effects of ripening period on textural and sensory properties of caper cheeses. *J. Anim. Vet. Adv*, 10(9): 1171–1176.
- Yulianingsih, E., M. Sulistyoningsih, dan M. Ulfah. 2016. Pengaruh penambahan ekstrak nanas dan lama pemasakan terhadap kadar protein dan organoleptik tahu susu. *Bioma*, 5(2) : 49–64 .
- Yuniwati, M., Yusran, dan Rahmadany. 2008. Pemanfaatan Enzim Papain sebagai Penggumpal dalam Pembuatan Dangke. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi. Yogyakarta.