

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

(Skripsi)

Oleh

NURUL AFRA SURYANI



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

ABSTRAK

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

Oleh

Nurul Afra Suryani

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dan dosis terbaik pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) terhadap kualitas kimia (protein, lemak, dan kadar air) keju susu sapi. Penelitian ini dilaksanakan pada Maret 2023 di Laboratorium Produksi Ternak, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan Laboratorium Analisa Sifat Fisik dan Kimia Pangan, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Politeknik Negeri Lampung. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan pemakaian larutan enzim bromelin (P1: 5 ml, P2: 6 ml, P3: 7 ml, P4: 8 ml) dan 5 ulangan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Analisis Ragam pada taraf nyata 5% dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemakaian enzim bromelin berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar protein, kadar lemak, dan kadar air keju susu sapi. Pemakaian dosis enzim bromelin sebanyak 7 ml dalam 1000 ml susu sapi dan 8 ml dalam 1000 ml susu sapi memberikan hasil yang terbaik terhadap kadar lemak, kadar protein dan kadar air keju susu sapi.

Kata kunci: Enzim bromelin, keju susu sapi, kadar protein, kadar lemak, kadar air

ABSTRACT

Chemical Quality of Cows Milk Cheese using Bromelain Enzyme from Pineapple Fruit (*Ananas comosus*)

By

Nurul Afra Suryani

This study aims to determine the effect and the best dose of bromelain enzyme from pineapple fruit (*Ananas comosus*) on the chemical quality of cow's milk cheese. This research was conducted in March 2023 at the Livestock Production Laboratory, Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, University of Lampung and Analysis of Physical and Chemical Properties of Food Laboratory, Department of Technology of Agricultural Products, Polytechnic of Lampung State. The experimental design used was a completely randomized design (CRD) with 4 treatments using bromelain enzyme solution (P1: 5 ml, P2: 6 ml, P3: 7 ml, P4: 8 ml) and 5 applications. The data obtained were analyzed using Analysis of Variance with a significance level of 5% and continued with the Least Significant Difference (LSD) test. The results showed that bromelain enzyme had a significant effect ($P < 0,05$) on the protein content, fat content, and moisture content of cow's milk cheese. Using bromelain enzyme in the dose of 7 ml per 1000 ml cow's milk and 8 ml per 1000 ml cow's milk gave the best results on fat content, protein content and water content of cow's milk cheese.

Keywords : Bromelain enzyme, cow's milk cheese, protein content, fat content, moisture content

**KUALITAS KIMIA KEJU SUSU SAPI DENGAN PEMAKAIAN
ENZIM BROMELIN NANAS (*Ananas comosus*)**

Oleh

NURUL AFRA SURYANI

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

Nama Mahasiswa : **Nurul Afra Suryani**

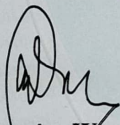
No. Pokok Mahasiswa : 1914141024

Jurusan : *Peternakan*

Fakultas : *Pertanian*

MENYETUJUI,

1. *Komisi Pembimbing*


Dr. Veronica Wanniatie, S.Pt., M.Si.
NIP 197801132009122001


Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si.
NIP 196706031993031002

2. *Ketua Jurusan Peternakan*


Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si.
NIP 196706031993031002

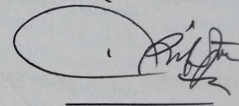
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

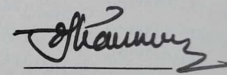
Ketua : Dr. Veronica Wanniatie, S.Pt., M.Si.



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



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dian Septinova, S.Pt., M.T.A.**

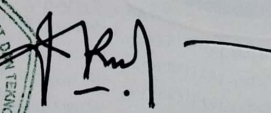


2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP 196110201986031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 21 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, 21 Juli 2023

Yang Membuat Pernyataan



Nurul Afra Suryani

NPM 1914141024

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Nurul Afra Suryani, lahir di Bandar Lampung pada 12 Oktober 2000. Penulis merupakan putri pertama dari tiga bersaudara, putri pasangan Bapak Dunawan dan Ibu Juli Aneta. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 1 Bogatama (2013), sekolah menengah pertama di SMP Al-Azhar 3 Bandar Lampung (2016), sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Bandar Lampung (2019). Pada 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Program Studi Peternakan, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti beberapa organisasi, yaitu Anggota Himpunan Mahasiswa Peternakan (HIMAPET) pada 2019--2023, Kepala Bidang 1 Keanggotaan, Gugus Fakultas Pertanian, Koperasi Mahasiswa Universitas Lampung (KOPMA UNILA) pada 2021--2022, PIC UKA Desain Kreatif, Koperasi Mahasiswa Universitas Lampung (KOPMA UNILA) pada 2021--2022, serta Anggota Koperasi Mahasiswa Universitas Lampung (KOPMA UNILA) pada 2020--2023. Selain itu, penulis pernah mengikuti Program Pertukaran Mahasiswa Tanah Air Nusantara (PERMATA SARI) di Universitas Sumatera Utara secara daring pada Februari--Juni 2021 dan Pertukaran Mahasiswa Merdeka (PMM) Angkatan 1 di Universitas Hasanuddin, Makassar pada Agustus--Desember 2021. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Astra Ksetra, Tulang Bawang pada Januari--Februari 2022. Selanjutnya, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Kelompok Tani Ternak Limousin, Desa Astomulyo, Lampung Tengah pada Juli--Agustus 2022.

MOTTO

*“Be yourself because someone else already taken.”
(Afra)*

*“E-yo listen up! No matter what they say, no matter what they do, we gon’
resonate.”
(Mark Lee)*

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kualitas Kimia Keju Susu Sapi dengan Pemakaian Enzim Bromelin dari Buah Nanas (*Ananas comosus*)”.

Pada kesempatan ini, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.--selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si.--selaku Ketua Jurusan Peternakan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan selaku Pembimbing Anggota--atas arahan, bimbingan, dan saran kepada penulis selama menyelesaikan skripsi;
3. Ibu Dr. Veronica Wanniatie, S.Pt., M.Si.--selaku Pembimbing Utama--atas arahan, bimbingan, dan saran kepada penulis selama menyelesaikan skripsi;
4. Ibu Dian Septinova, S.Pt., M.T.A.--selaku Pembahas--atas arahan, bimbingan, dan saran kepada penulis selama menyelesaikan skripsi;
5. Bapak Dr. Ir. Ali Husni, M.P.--selaku Pembimbing Akademik--atas arahan, bimbingan, dan nasihat kepada penulis selama perkuliahan hingga saat ini;
6. Bapak Dunawan S.Pd., Ibu Juli Aneta S.Pd., Adik Affan Maulana, dan Adik Abdul Hakim Alfahrizy--atas doa, dukungan, dan kasih sayang kepada penulis hingga saat ini;
7. Nayla Salsabila--selaku rekan penelitian--atas semua bantuan, saran, dan dukungan kepada penulis selama awal perkuliahan hingga saat ini;

8. Kirana Jana Ziladi, Denita Eptiana, Laela Kusuma Nuremillia, Gusti Putu Dano Putra, Dimas Arif Ramadhan, Eri Febriansyar, dan Dicky Sulistiawan--atas semua bantuan, saran, dan dukungan kepada penulis selama awal praktik umum hingga saat ini;
9. Nurul Khoirun Nisa, Tegar Wijaya Putra, Adhe Rani, dan Yolanda Bintang--atas semua bantuan, saran, dan dukungan kepada penulis selama perkuliahan hingga saat ini;
10. Fairuzsita Naura Amalia Syifani, Dwi Maharani, Masyta Dinda Riani, Egiyanti Nur Widhia Hening, dan Piji Dewi Antikasari--atas semua bantuan, saran, dan dukungan kepada penulis selama awal perkuliahan hingga saat ini;
11. Sakti Hadma Trinarwan--selaku rekan--atas semua bantuan, saran, dan dukungan kepada penulis selama penelitian hingga saat ini;
12. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, saran, dan dukungan kepada penulis.

Harapan penulis semoga seluruh bantuan yang telah diberikan dapat dibalas oleh Allah SWT dan skripsi ini dapat bermanfaat kedepannya.

Bandar Lampung, 21 Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
1.4 Kerangka Pemikiran.....	4
1.5 Hipotesis.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Susu Sapi	8
2.2 Keju.....	11
2.3 Enzim Bromelin.....	16
2.4 Kualitas Kimia Keju	19
2.4.1 Kadar protein	19
2.4.2 Kadar lemak.....	21
2.4.3 Kadar air	23
III. METODE PENELITIAN	26
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	26
3.3 Metode Penelitian	27
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	28
3.4.1 Pembuatan media <i>starter</i>	28
3.4.2 Pembuatan larutan enzim bromelin	29
3.4.3 Pembuatan keju susu sapi.....	29

3.4.4 Pengujian kadar protein	30
3.4.5 Pengujian kadar lemak.....	31
3.4.6 Pengujian kadar air	33
3.5 Peubah yang Diamati.....	34
3.6 Analisis Data.....	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Pengaruh Pemakaian Enzim Bromelin dari Buah Nanas (<i>Ananas comosus</i>) terhadap Kadar Protein Keju Susu Sapi . .	35
4.2 Pengaruh Pemakaian Enzim Bromelin dari Buah Nanas (<i>Ananas comosus</i>) terhadap Kadar Lemak Keju Susu Sapi.....	38
4.3 Pengaruh Pemakaian Enzim Bromelin dari Buah Nanas (<i>Ananas comosus</i>) terhadap Kadar Air Keju Susu Sapi	41
V. KESIMPULAN	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Syarat mutu susu segar (SNI 3141.1:2011).....	9
2. Kandungan zat gizi susu sapi segar	10
3. Standar kandungan gizi keju olahan (SNI 01-2980)	12
4. Persyaratan mikrobiologi keju	12
5. Metode pasteurisasi	13
6. Kandungan enzim bromelin pada bagian nanas (<i>Ananas comosus</i> L. Merr)	18
7. Kadar lemak berbagai macam keju	22
8. Hasil uji <i>lactoscan</i> susu sapi segar	27
9. Kadar protein keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (<i>Ananas comosus</i>)	35
10. Kadar lemak keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (<i>Ananas comosus</i>).....	38
11. Kadar air keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (<i>Ananas comosus</i>).....	41
12. Analisis ragam kadar protein keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (<i>Ananas comosus</i>)	57
13. Uji beda nyata terkecil kadar protein keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (<i>Ananas comosus</i>)	57
14. Analisis ragam kadar lemak keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (<i>Ananas comosus</i>)	58
15. Uji beda nyata terkecil kadar lemak keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (<i>Ananas comosus</i>).	58
16. Analisis ragam kadar air keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (<i>Ananas comosus</i>)	59
17. Uji beda nyata terkecil kadar air keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (<i>Ananas comosus</i>)	59

18. Analisis ragam data transformasi $\sqrt{(X)}$ kadar lemak keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (<i>Ananas comosus</i>).....	60
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Keju segar	11
2. Bagian-bagian tanaman nanas.....	17
3. Tata letak percobaan penelitian	28
4. Diagram alir proses pembuatan keju.....	29
5. Hasil keju	30
6. Uji kadar protein metode kjeldahl proses titrasi	31
7. Uji kadar lemak metode soxhlet proses refluks	32
8. Uji kadar lemak metode oven proses pengeringan	33

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Susu sapi termasuk salah satu produk di bidang peternakan yang cukup disukai oleh masyarakat. Masyarakat menyukai susu karena susu menjadi salah satu sumber protein hewani yang mudah didapatkan. Hal tersebut sejalan dengan konsumsi protein untuk kelompok telur dan susu pada tahun 2020 sebesar 3,47 g/kapita/hari, yang meningkat sebesar 1,46% dibandingkan konsumsi pada tahun 2019 sebesar 3,42 g/kapita/hari (Badan Pusat Statistik, 2021).

Susu sapi adalah hasil dari sekresi puting sapi serta sumber asam amino yang berasal dari hewan dengan kandungan zat gizi yang sempurna (Hasria *et al.*, 2019). Susu sapi mempunyai kandungan zat gizi mencakup protein (3,5%), lemak (3,9%), laktosa (4,9%), vitamin (0,7%) (vitamin A, vitamin B, vitamin D, dan vitamin E) (Adnan, 1984), dan mineral (fosfor, iodium, seng, zat besi, tembaga, magnesium) (Putri, 2016). Adanya kandungan zat gizi tersebut membuat susu bersifat mudah rusak (*perishable food*) (Badan Standarisasi Nasional, 2011). Salah satu kandungan zat gizi yang ada pada susu berupa protein, dapat membuat proses pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme (Suwito, 2010).

Beberapa bakteri seperti *Listeria monocytogenes*, *Camphylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, dan *Salmonella sp.* dilaporkan dapat berkembang pada susu dengan prevalensi kecil. Prevalensi bakteri patogen pada susu untuk *L. monocytogenes* sebesar 2,80%, *C. jejuni* sebesar 2%, *E. coli* sebesar 2,40%,

Salmonella sp. sebesar 60%, dan *Yersinia enterocolitica* sebesar 1,20% (Jayarao *et al.*, 2006). Bakteri-bakteri patogen tersebut berpotensi menyebabkan penurunan kualitas dan masa simpan yang relatif pendek, yakni pada suhu ruang hanya bertahan selama 4 jam (Nababan *et al.*, 2014). Oleh sebab itu, pengolahan susu sapi diperlukan guna mengatasi penurunan kualitas fisik dan memperpanjang masa simpan pada susu. Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan adalah pengolahan susu menjadi keju.

Keju termasuk salah satu produk olahan yang berasal dari susu yang kaya akan protein dan kalsium (McCarthy *et al.*, 2015). Keju memiliki kandungan gizi diantaranya kadar protein sebesar 19,4%, kadar lemak sebesar 21,6%, kadar air sebesar 54,1%, karbohidrat sebesar 2,20% (Winarsih dan Rosyidah, 2022). Selain itu, keju juga mengandung kalsium sebesar 0,8%, vitamin A sebesar 1%, dan riboflavin sebesar 2,8% (Ihsan *et al.*, 2017).

Jenis-jenis keju terbagi dalam terbagi dalam beberapa jenis, diantaranya keju segar dan keju peram. Keju segar adalah keju yang dibuat tanpa proses pemeraman. Keju ini tergolong ke dalam jenis keju yang dibuat dalam waktu singkat. Hal ini disebabkan keju tidak mengalami pemeraman dan dapat langsung dikonsumsi (Afriansyah *et al.*, 2014). Selain tanpa memerlukan proses pemeraman, keju segar juga memiliki rasa yang gurih serta memiliki konsistensi tekstur yang lembut sehingga mudah untuk dicerna (Fox dan McSweeney, 2017).

Keju dibuat dengan melalui proses penggumpalan susu segar, susu skim atau campurannya. Pada proses pembuatan keju, pembentukan *curd* merupakan tahapan yang penting. Pembentukan *curd* dapat dilakukan dengan dua cara, yakni penambahan asam secara langsung dan penambahan kultur *starter* disertai dengan enzim rennet sebagai koagulan (Sriutami, 2020). Namun, terdapat kelemahan dalam menggunakan enzim rennet yakni enzim rennet yang sulit didapatkan. Hal tersebut dipicu oleh proses produksi enzim yang harus diambil dari lambung ternak ruminansia muda serta proses produksi

enzim rennet yang umumnya dilakukan di luar negeri. Oleh sebab itu, perlu adanya alternatif enzim lain pengganti enzim rennet. Salah satu alternatif enzim yang dapat digunakan adalah penggunaan enzim yang berasal dari ekstrak buah.

Penggunaan enzim dari ekstrak buah memiliki kemampuan membantu proses hidrolisis protein pada keju dan mudah didapatkan. Kelebihan penggunaan ekstrak buah lainnya yakni mudah didapatkan dengan harga yang terjangkau, proses penyiapan mudah, serta keju yang dihasilkan dapat memiliki aroma yang khas (Sumarmo dan Suhartati, 2012). Oleh sebab itu, penggunaan enzim dari ekstrak buah dapat menjadi alternatif enzim yang dapat digunakan dalam pembuatan keju. Enzim dari ekstrak buah yang dapat digunakan adalah enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*).

Enzim bromelin adalah enzim jenis proteinase yang diekstrak dari buah nanas (*Ananas comosus*) (Masri, 2014). Enzim bromelin dapat diaplikasikan dalam pembuatan keju (Komansilan *et al.*, 2019), sebab enzim ini dapat mempercepat reaksi hidrolisis dari protein. Enzim bromelin berupa ekstrak kasar (*crude extract*) dapat diperoleh dari bagian-bagian nanas seperti batang, buah, mahkota bunga, dan kulit nanas (Wiyati dan Tjitaesmi, 2018).

Salah satu kandungan gizi pada keju yang perlu diperhatikan adalah kadar protein (Fox *et al.*, 2004). Penggunaan susu sebagai bahan dasar pembuatan keju membuat kadar protein pada keju tinggi. Oleh sebab itu, kadar protein keju penting untuk diketahui mengingat dari kadar protein dapat menentukan besarnya kadar lemak. Selain kadar protein dan kadar lemak, kandungan gizi yang perlu diperhatikan pada keju lainnya adalah kadar air. Penentuan kadar air penting dilakukan guna menentukan kesegaran dan daya tahan pada bahan pangan terutama keju (Winarno, 2004).

Penelitian mengenai pemakaian enzim bromelin pada proses pembuatan keju umumnya sudah banyak dilakukan, namun belum banyak penelitian

mengenai pengaruh pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) terhadap kualitas kimia (kadar protein, kadar lemak, dan kadar air) keju susu sapi. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan penelitian mengenai kualitas kimia keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) mengetahui pengaruh pemakaian dosis enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) terhadap kualitas kimia (protein, lemak, dan kadar air) keju susu sapi;
- 2) mengetahui dosis terbaik pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) terhadap kualitas kimia (protein, lemak, dan kadar air) keju susu sapi.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat umum dalam pemanfaatan enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) untuk pembuatan keju khususnya keju susu sapi dan sebagai informasi pengembangan ilmu pengetahuan bagi kalangan civitas akademika, peneliti, atau instansi yang terkait dengan bidang peternakan.

1.4 Kerangka Pemikiran

Pengolahan susu menjadi keju termasuk salah satu teknologi pengolahan guna mempertahankan kualitas fisik dari kerusakan dan meningkatkan daya guna susu. Proses pengolahan susu sapi menjadi keju diperlukan enzim yang

dapat bekerja membantu proses penggumpalan protein susu hingga terbentuknya *curd*. Prinsip kerja tersebut ada pada enzim bromelin nanas (*Ananas comosus*).

Enzim bromelin merupakan salah satu enzim proteolitik yang digunakan dalam penggumpalan susu (Komansilan *et al.*, 2019). Enzim bromelin berupa serbuk amori dengan warna putih kekuning-kuningan, berbau khas, larut sebagian dalam aseton, eter, dan kloroform, serta stabil pada pH 3,0--5,5. Suhu optimum enzim bromelin adalah 50°C--80°C (Rehalat, 2017). Enzim ini termasuk jenis enzim protease sulfhidril yang dapat menghidrolisis ikatan peptida pada protein atau polipeptida menjadi molekul yang lebih kecil, yaitu enzim amino.

Enzim bromelin akan menghidrolisis protein menjadi asam amino. Enzim ini juga akan membantu proses koagulasi susu yang merupakan salah satu langkah penting dalam pembuatan keju (Komansilan *et al.*, 2020). Kandungan asam yang tinggi pada enzim bromelin yang mengakibatkan pelepasan *whey* lebih cepat, sehingga dapat menyebabkan molekul kasein membentuk globul kasein (*curd*). Ketika susu dicampur dengan komponen asam, ia melepaskan ion hidrogen lalu terjadi penurunan pH. Hal ini dapat menyebabkan misel kasein larut dan membentuk ion kalsium (Ca). Ion-ion ini akan menembus struktur lain dari misel kasein dan kemudian membentuk rantai internal kalsium yang kuat. Dengan demikian, misel kasein berubah karena adanya agregasi dan berakhir pada pembentukan dadih (*curd*) (Arlene *et al.*, 2015).

Persentase konsentrasi enzim bromelin mempengaruhi besarnya aktivitas enzim tersebut. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Komansilan *et al.* (2019), persentase konsentrasi enzim bromelin optimum pada keju cottage sebesar 3%. Jaya dan Hadikusuma (2009) menambahkan pada tingkat konsentrasi enzim bromelin tertentu yang sangat tinggi, *curd* yang terbentuk dari proses koagulasi menjadi sulit dipisahkan dari *whey*.

Berdasarkan hasil penelitian Andayani (2000), kadar protein keju dengan pemakaian 150 ml ekstrak bromelin kasar dalam 1000 ml susu sapi tanpa pemeraman sebesar 11,23%. Pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Komansilan *et al.* (2019), kadar protein keju cottage dengan pemakaian 3% enzim bromelin sebesar 12,64%. Rendahnya kadar protein pada keju dengan pemakaian enzim bromelin dari ekstrak nanas disebabkan oleh rendahnya proses hidrolisis sehingga terjadi proteolisis dan protein terbuang ke dalam *whey*. Menurut Fox (2000) dalam Jaya dan Hadikusuma (2009), rasio proteolitik yang tinggi akan membantu mencegah proteolisis non spesifik yang berlebihan dan mencegah kehilangan protein yang terbuang ke dalam *whey*.

Berdasarkan hasil penelitian Andayani (2000), kadar lemak keju dengan pemakaian 150 ml ekstrak bromelin kasar dalam 1000 ml susu sapi tanpa pemeraman sebesar 1,59%, sedangkan hasil penelitian Nurmala (2012), kadar lemak keju dengan pemakaian ekstrak kasar enzim bromelin sebesar 2,07%. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Komansilan *et al.* (2019), kadar lemak keju cottage dengan pemakaian 3% enzim bromelin sebesar 2,13%. Lemak yang terdapat pada keju selama proses penyimpanan mengalami perubahan menjadi asam-asam lemak seperti asetat, butirat, kaproat, stearat, oleat, dan lain-lain. Asam-asam lemak tersebut akan berubah menjadi berbagai ester yang akan menimbulkan aroma dan cita rasa. Degradasi lemak terjadi karena adanya enzim lipase yang berasal dari aktifitas bakteri *Lactococcus lactis*. Asam-asam lemak yang keluar berasal dari hasil lipolisis lemak keju dan merupakan komponen penting dalam membentuk cita rasa, aroma, tekstur (Herawati, 2009).

Berdasarkan hasil penelitian Andayani (2000), kadar air keju dengan pemakaian 150 ml ekstrak bromelin kasar dalam 1000 ml susu sapi tanpa pemeraman sebesar 46,33%. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Komansilan *et al.* (2019), kadar air keju cottage dengan pemakaian 3% enzim bromelin sebesar 56,06%. Tingginya kadar air tersebut dapat

disebabkan oleh tingginya konsentrasi ekstrak nanas sehingga mempengaruhi tingginya kadar air keju. Hal ini sesuai dengan pendapat Jaya dan Hadikusuma (2009), yang menyatakan bahwa pada tingkat konsentrasi tertentu yang sangat tinggi, *curd* yang terbentuk sulit dipisahkan dari *whey* sehingga menyebabkan banyaknya air yang terikat dalam keju.

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah

- 1) terdapat pengaruh pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) terhadap kualitas kimia (protein, lemak, dan kadar air) keju susu sapi;
- 2) dosis terbaik pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) yang terbaik terhadap kualitas kimia (protein, lemak, dan kadar air) keju susu sapi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Susu Sapi

Susu sapi adalah hasil sekresi dari puting sapi yang memiliki nilai gizi sempurna serta menjadi salah satu sumber asam amino hewani (Alang *et al.*, 2019). Susu segar didefinisikan sebagai hasil dari sekresi ambing sapi yang sehat dan bersih dengan pemerahan yang benar serta memiliki kandungan alami yang tidak dikurangi maupun tidak ditambah dengan sesuatu apapun serta belum mendapatkan perlakuan selain pendinginan (Badan Standarisasi Nasional, 2011).

Proses pembentukan susu pada sapi perlu diperhatikan beberapa hal, yakni laktasi. Laktasi adalah proses produksi, sekresi, dan pengeluaran susu dari sapi yang diperah secara berkelanjutan (Tita, 2006). Selama masa laktasi, glandula mammae berkembang dengan pesat guna mempersiapkan produksi susu (laktogenesis). Glandula mammae terdapat kumpulan sel-sel epitel sekretori. Sel-sel tersebut merupakan tempat di mana susu diproduksi. Sel-sel epitel sekretori tersebut akan membentuk struktur yang disebut alveoli. Alveoli akan dikelilingi oleh sejumlah sel kontraktil berupa sel-sel mioepitel. Apabila terdapat respon hormon (estrogen, progesteron, dan lainnya), sel-sel mioepitel akan berkontraksi sehingga susu dapat dikeluarkan (*milk let down*) (Lestari, 2006). Proses *milk let down* disebabkan oleh adanya rangsangan pada saraf. Rangsangan dapat berupa hisapan pedet pada puting induknya. Selain itu, rangsangan juga dapat berupa manipulasi pada saat pemerah ambing (Hartanto *et al.*, 2021).

Syarat mutu susu segar di Indonesia terdapat dalam SNI 3141.1:2011 yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat mutu susu segar (SNI 3141.1:2011)

Karakteristik	Syarat
Berat jenis (pada suhu 27,5°C) minimum (g/ml)	1,03
Kadar lemak minimum (%)	3,00
Kadar bahan kering tanpa lemak (%)	7,80
Kadar protein minimum (%)	2,80
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
Residu antibiotika (golongan Penisilin, Tetraksilin, Aminoglikosida, dan Makrolida)	Negatif
Uji pemalsuan	Negatif
Titik beku (°C)	-0,52 s.d -0,56
Uji peroksidase	Positif
Cemaran logam berat, maksimum:	
1. Timbal ($\mu\text{g/mL}$)	0,02
2. Merkuri ($\mu\text{g/mL}$)	0,03
3. Arsen ($\mu\text{g/mL}$)	0,10

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (2011)

Susu sapi segar memiliki kandungan gizi tinggi seperti protein, lemak, mineral dan beberapa vitamin lainnya (Suwito dan Andriani, 2012 dalam Wiranti *et al.*, 2022). Komposisi kimia yang terdapat pada susu sapi segar yakni: lemak sebesar 3,8%; protein sebesar 3,2%; laktosa sebesar 4,7%; abu sebesar 0,855%; air sebesar 87,25%; dan bahan kering sebesar 12,75% (Anjarsari, 2010). Kandungan zat gizi susu sapi segar dapat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan zat gizi susu sapi segar

Kandungan	Komposisi
Protein (%)	2,83
Lemak (%)	4,46
Karbohidrat (%)	4,92
Air (%)	86,96
Abu (%)	0,83
Berat Jenis (kg/m ³)	1,02

Sumber : Buckle *et al.* (1987) dalam Susilorini (2007)

Kandungan gizi pada susu sapi segar berpotensi menjadi media berkembangnya beberapa bakteri. Beberapa bakteri seperti *Listeria monocytogenes*, *Camphylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, dan *Salmonella* sp. dilaporkan dapat berkembang pada susu dengan prevalensi kecil. Prevalensi bakteri patogen pada susu untuk *C. jejuni* sebesar 2%, *E. coli* sebesar 2,40%, *L. monocytogenes* sebesar 2,80%, *Salmonella* sp. sebesar 60%, dan *Yersinia enterocolitica* sebesar 1,20% (Jayarao *et al.*, 2006). Bakteri-bakteri patogen tersebut berpotensi menyebabkan penurunan kualitas fisik dan masa simpan yang relatif pendek, yakni pada suhu ruang hanya bertahan selama 4 jam (Nababan *et al.*, 2014).

2.2 Keju

Keju adalah produk olahan yang berasal dari susu melalui proses koagulasi pada susu, krim, atau *whey* melalui pengasaman dengan penambahan enzim rennet. Keju terbagi dalam beberapa jenis, diantaranya keju segar dan keju peram. Keju segar adalah keju yang dibuat tanpa proses pemeraman. Keju ini tergolong ke dalam jenis keju yang dibuat dalam waktu singkat dan dapat langsung dikonsumsi (Afriansyah *et al.*, 2014).

Karakteristik pada keju yang berasal susu sapi memiliki tekstur semi lunak dengan kandungan air yang tinggi (Fox *et al.*, 2017) serta tekstur keseluruhan yang kompak, permukaan keju rata, dan beraroma seperti susu sapi (Gavrilova dan Schetinina, 2020). Keju memiliki rasa yang gurih (Fox dan McSweeney, 2017). Warna pada keju yang menggunakan ekstrak bromelin kering cenderung berwarna kuning (Alvarez *et al.*, 2019). Keju segar dapat disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Keju segar
Sumber : Silva *et al.* (2022)

Kandungan gizi pada keju diantaranya kadar protein 19,4%, kadar lemak 21,6%, kadar air 54,1%, karbohidrat 2,20% (Winarsih dan Rosyidah, 2022), kalsium 0,8%, vitamin A 1%, riboflavin 2,8% (Ihsan *et al.*, 2017). Keju juga

mengandung banyak fosfor (Dhuol dan Hamid, 2014), garam sebesar 1--3%, dan pH sebesar 5,3--6,5 (Tunnick dan Hekken, 2010). Standar kandungan gizi keju olahan menurut SNI 01-2980-1992 dapat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Standar kandungan gizi keju olahan (SNI 01-2980-1992)

Kandungan	Batasan
Air	Maksimal 45%
Protein	Minimal 19,5%
Lemak	Minimal 25%
Jumlah bakteri	Maksimal 300 koloni/g
Koliform	Maksimal 10-3 APM/g
Khamir dan kapang	Tidak ada
Abu	Maksimal 5,5%
Bahan tambahan	Sesuai yang diizinkan

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (1992)

Masa simpan keju tanpa pemeraman adalah selama 5--9 hari. Masa simpan keju dengan pemakaian ekstrak bromelin kering adalah selama 14 hari. Setelah melewati masa simpan tersebut, kadar kelembaban dari keju akan meningkat sehingga sejalan dengan peningkatan aktivitas mikroba yang ada di dalam keju (Alvarez *et al.*, 2019). Oleh sebab itu, perlu diperhatikan persyaratan mikrobiologi untuk keju. Persyaratan mikrobiologi untuk keju dapat disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Persyaratan mikrobiologi keju

Cemaran Mikroba	Satuan	Batasan
Total coliform	UFC/g	5×10^2
<i>Salmonella</i> sp	P o A/25 g	Tidak ada
<i>Escheririchia coli</i>	NMP	3--10
<i>Staphylococcus aureus</i>	UFC/g	10-- 10^2
Mesofilik/aerobik		Tidak spesifik

Sumber : Guzman *et al.* (2015)

Bahan dasar pembuatan keju adalah susu. Susu yang digunakan harus melalui proses pasteurisasi terlebih dahulu. Pasteurisasi adalah proses pemanasan pada suhu di bawah 100°C dalam jangka waktu tertentu. Tujuan dilakukannya pasteurisasi adalah untuk membunuh bakteri patogen yang membahayakan kesehatan dan meminimalisasi perkembangan bakteri lain, baik selama pemanasan maupun pada saat penyimpanan (Nurchahyo *et al.*, 2019). Metode pasteurisasi dapat disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Metode pasteurisasi

Metode	Keterangan
<i>High Temperature Short Time</i> (HTST)	Pemanasan susu pada suhu 71°C--75°C selama 15--16 detik
<i>Low Temperature Long Time</i> (LTST)	Pemanasan susu pada suhu 60°C--63°C selama 30 menit
<i>Ultra High Temperature</i> (UHT)	Pemanasan susu pada suhu 131°C selama 0,5 detik

Sumber : Nurhidayat (2007)

Selain proses pasteurisasi, dalam pembuatan keju juga melalui proses pengasaman. Waktu yang diperlukan proses pengasaman dengan penambahan kultur *starter* adalah 5--20 menit. Jumlah *starter* yang digunakan berkisar antara 0,05--5% sesuai dengan jenis keju yang akan dibuat (Rukmana, 2013). Proses pengasaman dilakukan dengan penambahan asam maupun inokulasi mikroba (Septiana, 1994). Asam yang dapat ditambahkan pada proses ini adalah asam laktat, sedangkan inokulasi mikroba dapat dilakukan dengan penambahan kultur *starter* (Estikomah, 2012).

Kultur *starter* yang digunakan adalah kelompok bakteri asam laktat (BAL). Bakteri asam laktat berupa kultur *starter* yang digunakan dalam pembuatan keju dapat dibagi menjadi dua kelompok, yakni kelompok mesofilik (suhu optimum 28°C) dan kelompok termofilik (suhu optimum 42°C). Bakteri asam laktat yang dapat digunakan berasal dari kelompok mesofilik dengan strain

Lactococcus lactis (Hutagalung, 2017; Hamzah *et al.*, 2022). Kultur dari kelompok mesofilik terdiri atas beberapa strain bakteri seperti *L. lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *cremoris* dengan *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* dan *L. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* (Bjekic *et al.*, 2021).

Bakteri asam laktat pada proses pengasaman berfungsi untuk melindungi pangan dari pencemaran bakteri patogen, meningkatkan nutrisi, dan memberikan dampak yang baik bagi kesehatan (Madigan *et al.*, 2006). Proses pengasaman bertujuan untuk membantu proses hidrolisis protein susu dalam pembuatan keju (Rahman, 1992), membantu proses produksi asam laktat saat fermentasi laktosa pada susu berlangsung, dan menurunkan pH (Rukmana, 2013).

Setelah penambahan kultur *starter*, proses selanjutnya dalam pengasaman keju adalah penambahan CaCl_2 . Penambahan CaCl_2 bertujuan untuk mempercepat proses koagulasi susu saat ditambahkan enzim, sehingga dapat meningkatkan pembentukan *curd* lebih cepat (Rukmana, 2013). Selain itu, penambahan CaCl_2 juga dapat memperkuat jaringan *curd* yang terbentuk dan mengurangi jumlah kebutuhan enzim yang digunakan (Fox *et al.*, 2017).

Hal utama yang harus diperhatikan pada proses pembuatan keju adalah proses koagulasi. Koagulasi adalah penambahan enzim untuk membantu pelepasan *whey* sehingga molekul-molekul kasein dapat menggumpal dan terjadi proses penggumpalan *curd* (Amen *et al.*, 2020). Umumnya enzim yang ditambahkan berasal dari hewan, seperti enzim rennet, dan enzim yang berasal dari tanaman, seperti enzim bromelin dan enzim papain (Affandi, 2014).

Proses selanjutnya dalam pembuatan keju adalah pemotongan *curd*. Pemotongan *curd* bertujuan untuk membentuk *curd* lebih kecil dan menyeragamkan partikel agar *whey* lebih mudah keluar, serta meningkatkan luas permukaan dan tekstur pada *curd* (Kelly, 2007; Florencia, 2013). *Curd*

dipotong dengan ukuran kecil untuk jenis keju dengan kadar air rendah, sedangkan *curd* dipotong dengan ukuran besar untuk jenis keju dengan kadar air tinggi. Perbedaan ukuran *curd* pada proses pemotongan disebabkan oleh ukuran partikel *curd* dapat mempengaruhi tingkat sineresis-kogulan untuk jenis keju pada kadar air yang berbeda (Hamzah *et al.*, 2022).

Setelah proses pemotongan *curd* selesai, dilakukan proses penyaringan dan penirisan. Proses ini bertujuan untuk memisahkan *curd* dengan *whey* dan membentuk koagulan menjadi bentuk yang lebih kompak (Usmiati dan Abubakar, 2016). Pemisahan *whey* dapat dilakukan dengan mengalirkan *whey* melalui saringan (Rahman, 1992). Penyaringan dapat dilakukan dengan menggunakan kain bersih (Hadiwiyoto, 1983).

Penggaraman adalah proses selanjutnya dalam pembuatan keju. Proses ini umumnya dilakukan dengan cara mencampurkan garam pada keju. Keseragaman konsentrasi garam yang dilakukan perlu diperhatikan selama proses penggaraman berlangsung. Garam yang diberikan berkisar antara 2--6% dari berat total *curd* (Daulay, 1991). Proses penggaraman tidak perlu dilakukan pematangan (Hamzah *et al.*, 2022). Penggaraman yang optimum dapat menyebabkan kasein susu menjadi terhidrasi, sehingga mempengaruhi kapasitas pengikatan air dari gel kasein (Inhyu, 2017). Selain itu, penggaraman dapat menyebabkan lebih banyak kelembaban dikeluarkan, baik melalui efek osmotik dan efek penggaraman pada protein, melalui mekanisme kerja tekanan osmotik. Mekanisme tersebut adalah dengan pembentukan pengisap pada permukaan dadih (*curd*), menyebabkan kelembaban tertarik keluar sehingga dapat membantu penggumpalan pada keju (Wahyuni, 2009).

Proses pembuatan keju yang terakhir adalah proses pengepresan. Pembuatan keju semi keras dengan kandungan air bahan tanpa lemak (54--63%) dilakukan pengepresan sebesar 300 g/cm² dan waktu yang dibutuhkan selama 20--30 menit (Bylund, 1995). Pengepresan keju dapat dilakukan selama 1/2--3 hari (Hadiwiyoto, 1983). Pengepresan dalam pembuatan keju bertujuan agar

partikel-partikel *curd* yang masih longgar menjadi massa yang kompak, mengeluarkan *whey* yang masih tersisa (Daulay, 1991), serta menyempurnakan jaringan pada *curd* (Rahman, 1992).

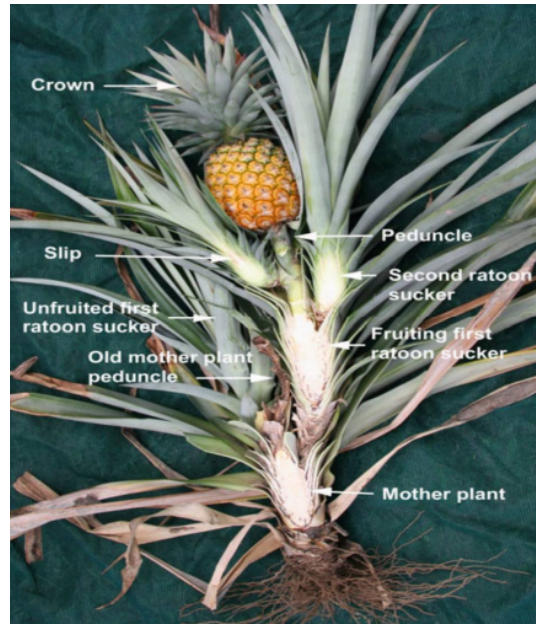
2.3 Enzim Bromelin

Enzim bromelin adalah enzim protease dengan rumus kimia $C_{36}H_{66}N_2O_{29}$ yang diekstrak dari buah nanas (*Ananas comosus*) (Masri, 2014). Nanas termasuk tumbuhan dengan famili bromeliaceae yang paling banyak menghasilkan enzim bromelin (Natahania, dan Bretadiredja, 2018).

Klasifikasi dari nanas (*Ananas comosus*) adalah sebagai berikut.

Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Sub Kelas : Zingiberide
Ordo : Bromeliales
Famili : Bromeliaceae
Genus : *Ananas*
Spesies : *Ananas comosus*
(Gembong, 2005)

Buah nanas memiliki kandungan gizi yang cukup lengkap, seperti protein, lemak, karbohidrat, mineral, kandungan air sebesar 90%, kalsium, kalium, iodium, sulfur, klor, biotin, vitamin B12 dan vitamin E (Kumaunang dan Kamu, 2011). Buah nanas juga mengandung enzim bromelin, furfurool, steroids, vanillin, n-asam valerat, dekstroza, laevulose, sukrosa, serat, asam organik, mineral, vitamin A, dan vitamin C (Choi *et al.*, 2007). Selain itu, buah nanas mengandung gula, asam sitrat, asam malat, vitamin B, serta enzim bromelin (Hossain *et al.*, 2015). Bagian-bagian tanaman nanas dapat disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagian-bagian tanaman nanas

Sumber : D'Eeckenbrugge *et al.* (2009)

Bagian-bagian pada buah nanas yang mengandung enzim bromelin diantaranya bagian tangkai, kulit, daun, buah, maupun batang dalam jumlah yang berbeda. Kandungan enzim bromelin lebih banyak terdapat pada bagian batang nanas (Herdyastuti, 2006). Enzim bromelin paling banyak ditemukan pada *stem bromelin* (SBR) yang terdapat pada batang nanas daripada *fruit bromelin* (FBR) atau bromelin pada buah nanas itu sendiri (Muntari *et al.*, 2012).

Karakteristik enzim bromelin adalah berbentuk serbuk amori dengan warna putih bening sampai kekuning-kuningan, berbau khas, larut sebagian dalam aseton, eter, dan kloroform (Fajrin, 2012). Enzim bromelin kasar hasil isolasi dari buah nanas mempunyai unit kreativitas sebesar 5,373 U/ml, kadar protein sebesar 10,299 mg/ml, dan aktivitas spesifik 0,521 U/mg (Wuryanti, 2004). Enzim bromelin pada bonggol nanas antara lain mempunyai berat molekul sebesar 33.500; titik pH isoelektrik sebesar 9,55; derajat keasaman (pH) optimum antara 6--8; suhu optimum 50°C; serta aktivitas spesifik antara 5--10 U/mg protein (Mantell *et al.*, 1985). Kandungan enzim bromelin pada bagian nanas dapat disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan enzim bromelin pada bagian nanas (*Ananas comosus* L. Merr)

Bagian Tanaman Nanas	Persentase (%)
Daging buah masih hijau	0,05--0,07
Buah keseluruhan masih hijau	0,04--0,06
Tangkai	0,01--0,06
Batang	0,04--0,06
Daging buah masak	0,08--0,16
Kulit	0,05--0,08
Buah keseluruhan masak	0,06--0,08

Sumber : Omar *et al.* (1978)

Aktivitas enzim sering digunakan dalam satuan unit (U) yaitu jumlah enzim yang mengkatalisis 1 mikromol substrat per menit pada kondisi tertentu. Kemurnian enzim dinyatakan dalam aktivitas spesifik yaitu jumlah unit aktivitas per miligram protein (Winarno, 1986). Aktivitas enzim bromelin dari batang nanas lebih tinggi yakni 3,500 GDU/g, sedangkan enzim bromelin dari buah nanas hanya 1,500 GDU/g (Gautam *et al.*, 2010).

Aktivitas enzim bromelin dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH dan suhu. Aktivitas enzim bromelin kasar meningkat dengan meningkatnya suhu sampai mencapai 50°C dan akan menurun dengan cepat, sedangkan untuk aktivitas enzim bromelin murni, akan meningkat hingga mencapai suhu 60°C dan akan mulai menurun setelahnya. Temperatur optimum untuk enzim bromelin sebesar 55°C (Affandi, 2014).

Aktivitas enzim bromelin kasar akan meningkat sejalan dengan meningkatnya pH 7,0 dan akan sedikit aktivitas penolakan pada pH 10, sedangkan aktivitas enzim bromelin murni akan meningkat sejalan dengan meningkatnya pH 8 (Martins *et al.*, 2014). Aktivitas enzim dari dua varietas *Ananas comosus* yang tinggi berada pada rentang pH 6,5 hingga 8,0 dan untuk aktivitas maksimum enzim berada pada pH 7,0 (Valles *et al.*, 2007; Ketnawa *et al.*, 2012). pH optimum enzim pada kisaran 6,5—7 (Fajrin, 2012). pH optimum

enzim bromelin yang diekstrak dari bonggol nanas berada pada pH 7,0 dengan substrat terhidrolisis sebesar 39,179 $\mu\text{g/ml}$ dan aktivitas enzim sebesar 1,081 unit/g (Masri, 2014).

Cara kerja dari enzim bromelin adalah enzim akan menghidrolisis protein dengan memutus ikatan peptida dari ikatan substrat. Enzim bromelin bertugas sebagai katalisator di dalam sel (Masri, 2014). Pemutusan ikatan peptida dilakukan oleh sistein endopeptidase pada gugus karbonil. Gugus ini ditemukan dalam arginine atau asam amino aromatik seperti fenilalanin atau tirosin (Gautam *et al.*, 2010).

Mekanisme kerja enzim bromelin ketika dicampur dengan susu, 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. 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 ini akan mengubah kasein miselles yang dimulai dengan penggabungan kasein miselles melalui agregasi dan diakhiri dengan terjadinya penggumpalan (Anggraini, 2013).

2.4 Kualitas Kimia Keju

2.4.1 Kadar protein

Protein susu memiliki kasein sebagai komponen utama dengan jumlah sekitar 80% (Fox, 2003). Protein susu adalah komponen yang sangat penting dalam pembuatan keju. Hal ini disebabkan prinsip pada proses pembuatan keju adalah mengkoagulasi protein susu. Kasein diperlukan sebagai bahan utama dalam proses koagulasi untuk membentuk globula kasein (*curd*) pada keju

(Juniawati *et al.*, 2015). Selain itu, semakin tinggi kadar protein susu maka berpengaruh dengan tingginya rendemen pada keju (Tiofanny, 2019).

Berdasarkan ketetapan Codex Alimentarius Commission, kadar protein keju sebesar 12--16%. Berdasarkan hasil penelitian Bjekic *et al.* (2021), kadar protein keju sebesar 13,23%, sedangkan berdasarkan hasil penelitian Bello *et al.* (2017), kadar protein keju sebesar 18,49%. Berdasarkan hasil penelitian Hnosko *et al.* (2009), kadar protein keju sebesar 17--21%. Pemanfaatan bonggol nanas dan skim menghasilkan keju cottage dengan kadar protein 10,34--12,77%, kadar air 70,5--85,78%, pH 4,358--4,748, dan rendemen 11,85--15,77 (Jaya dan Hadikusuma, 2009).

Penentuan kadar protein dapat dilakukan dengan metode Kjeldahl. Metode ini dilakukan dengan cara menganalisis kadar protein yakni kandungan nitrogen yang ada di dalam suatu bahan makanan secara tidak langsung lalu hasil analisis tersebut dikalikan dengan angka konversi (Winarno, 1992). Analisis yang dilakukan dengan metode Kjeldahl diantaranya destruksi, destilasi, dan titrasi (AOAC, 2005).

Tahap destruksi dan destilasi dimulai dari sampel sebanyak 0,7--3,5 g dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl, pereaksi selen sebanyak setengah ujung spatula ditambahkan bersamaan dengan 20 ml H₂SO₄ 95--97%, sampel dimasukkan ke alat digestasi atau pemanas listrik untuk dipanaskan dengan suhu 20--250°C selama 2--3 jam sampai warnanya berubah menjadi hijau jernih, sampel diencerkan sampai 120 ml dengan aquades; sampel diambil dengan menggunakan pipet tetes sebanyak 5 ml dan dimasukkan ke dalam alat destilasi, sampel ditambahkan 10 ml larutan NaOH 50% dan dibilas dengan aquades, destilat ditampung dengan larutan asam borat 2% dalam labu erlenmeyer yang sudah dibubuhi indikator BCG-MR sampai volume destilat 30 ml.

Tahapan titrasi dilakukan dengan cara mentitrasi destilat dengan HCl 0,01 N sampai terbentuk warna titik akhir merah muda yang tidak hilang dalam 30 detik. Volume HCl yang digunakan selama titrasi dicatat. Setelah proses titrasi selesai, kadar protein dapat dihitung dengan menggunakan rumus nitrogen (AOAC, 2005).

Peningkatan kadar protein pada keju dipengaruhi oleh adanya proses pemeraman. Proses pemeraman memberikan peluang bagi mikroba dan enzim dalam *curd* menghidrolisis protein (Daulay, 1991). Selain itu, peningkatan kadar protein juga dipengaruhi oleh suhu (Estikomah, 2012). Semakin tinggi kadar protein semakin meningkat kemampuan matriks kasein untuk mengikat air (Romeih *et al.*, 2002).

Pengendapan protein enzim bromelin dengan amonium sulfat dari ekstrak kasar daging buah paling baik pada konsentrasi 40%, akan tetapi jika sudah berada pada konsentrasi 60--100% maka pengendapannya semakin berkurang dikarenakan larutan protein mengalami titik kejenuhan (Soares *et al.*, 2010).

2.4.2 Kadar lemak

Lemak adalah suatu zat yang kaya akan energi. Hal tersebut membuat lemak menjadi sumber energi utama dalam proses metabolisme tubuh (Mamuja, 2017). Lemak umumnya tidak larut dalam air tetapi dapat larut dalam pelarut organik (eter dan petroleum eter). Lemak terdiri atas molekul minyak, steroid, malam (*wax*), dan senyawa yang berkaitan dengan sifat kimia (Murray *et al.*, 2009). Lemak memiliki fungsi, diantaranya sebagai penghasil energi, zat pembangun, penghasil asam lemak esensial, dan pelarut vitamin (Susanto dan Widyaningsih, 2004).

Keju lemak penuh dalam bentuk segar memiliki kandungan lemak sebesar 24,5%, sedangkan keju lemak rendah dalam bentuk segar memiliki

kandungan lemak sebesar 7,3% (Koca dan Metin, 2004). Berdasarkan ketentuan Codex Alimentarius Commission, kadar lemak keju sebesar 20%. Berdasarkan hasil penelitian Bello *et al.* (2017), kadar lemak keju sebesar 20,18%, sedangkan berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hnosko *et al.* (2009), kadar lemak keju sebesar 18--29%. Kadar lemak berbagai macam keju disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kadar lemak berbagai macam keju

Tipe Keju	Kadar Lemak (%)	Deskripsi
<i>Extra hard</i>	> 60	Keju berlemak tinggi
<i>Hard</i>	> 45--< 60	Keju susu berlemak
<i>Half fat</i>	> 25--< 45	Keju berlemak sedang
<i>Semi soft</i>	> 10--< 25	Keju berlemak rendah
<i>Soft</i>	< 10	Keju susu skim

Sumber : Prasetyawati (2007)

Kadar lemak pada keju sangat bergantung pada jenis susu serta bahan lainnya yang digunakan dalam proses pembuatan keju (Herawati, 2011). Semakin tinggi kadar lemak dalam susu maka keju yang dihasilkan akan semakin lembut, beraroma harum, dan memiliki warna yang menarik. Keju yang memiliki kadar lemak rendah akan memiliki tekstur yang keras dan berwarna pucat (Winarno, 2007).

Penggunaan asam juga berpengaruh terhadap rendahnya kadar lemak karena asam dapat menyebabkan terjadinya hidrolisis lemak. Hal tersebut mampu mengurangi kandungan lemak pada keju. Degradasi lemak terjadi karena adanya enzim lipase yang berasal dari aktifitas bakteri *Lactococcus lactis* (Komansilan *et al.*, 2019). Kombinasi enzim bromelin dan *starter* diduga menjadi penyebab rendahnya kadar lemak pada keju cottage (Kariyawasam *et al.*, 2019).

Kadar lemak pada keju juga dapat dipengaruhi oleh proses pasteurisasi atau pemanasan (Permainy *et al.*, 2013). Proses pasteurisasi atau pemanasan dalam pembuatan keju memberikan pengaruh keluarnya lemak dari susu dan *whey*, sehingga pada temperatur pemanasan yang tinggi akan mengakibatkan banyak lemak yang keluar (Herawati, 2011). Kadar lemak pada keju dapat terjadi perbedaan. Perbedaan kadar lemak pada keju dapat disebabkan oleh adanya penggabungan lemak pada *curd*. Penggabungan lemak dalam pembuatan keju tersebut berkorelasi dengan jumlah lemak serta komposisi dan membran penutup lemaknya. Pada proses pembuatan keju, komposisi asam lemak dari lemak susu tersebut mempengaruhi titik cair sehingga menyebabkan pelepasan lemak pada waktu pembentukan *curd* (Cahyadi, 2008).

Penentuan kadar lemak dilakukan dengan metode Soxhlet. Prinsip analisisnya adalah: mengestrak lemak dengan pelarut heksan dan menunggu hingga pelarut tersebut menguap; menimbang lemak; dan menghitung persentasenya. Lemak yang dihasilkan berupa lemak kasar (AOAC, 2005).

2.4.3 Kadar air

Kadar air adalah prosentase kandungan air dalam suatu bahan. Prosentase kandungan tersebut berdasarkan berat basah (*wet basis*) dan berat kering (*dry basis*). Kadar berat basah (*wet basis*) memiliki batas maksimum teoritis sebesar 100%, sedangkan kadar air berat kering (*dry basis*) memiliki batas minimum teoritis di atas 100% (Syarif, 1993). Penentuan kadar air penting dilakukan guna menentukan kesegaran dan daya tahan bahan pangan. Tingginya kadar air mengakibatkan mikroba mudah tumbuh sehingga menyebabkan perubahan pada bahan pangan (Winarno, 2004).

Berdasarkan kadar air, keju dapat diklasifikasikan menjadi keju keras (kadar air 20--42%, keju semi keras atau semi lunak (kadar air 45--55%), dan keju

lunak (kadar air >55%) (Farkye, 2004). Kadar air pada keju sesuai dengan standar kadar air pada keju cottage adalah maksimum 80% (Codex Alimentarius Commission, 2000). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Fox *et al.* (2004), kadar air keju sebesar 40%, sedangkan berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sitepu *et al.* (2020), kadar air keju sebesar 49,87%.

Kadar air pada keju diperoleh dari air yang terdapat diantara lemak dan protein. Jika jumlah air yang terikat pada saat pembuatan keju lebih rendah maka lemak keju akan lebih tinggi dan begitu pula sebaliknya, jika lemak keju lebih rendah maka jumlah air yang terikat dalam keju akan lebih tinggi (Setiawan *et al.*, 2015). Kadar air pada keju juga dipengaruhi oleh garam yang dapat mengurangi kadar air (Guinee, 2004). Kadar air yang terkandung akan mempengaruhi ketahanan suatu bahan atau produk makanan, semakin sedikit kadar air yang terkandung dalam bahan atau produk makanan, maka semakin tahan dan awet produk tersebut. Hal ini disebabkan air merupakan faktor yang mempengaruhi tumbuhnya mikroorganisme (Geantaresa, 2010).

Pemakaian garam pada proses pembuatan keju diduga dapat mempengaruhi kadar air keju tersebut. Pemakaian garam pada proses pembuatan keju menyebabkan kasein susu menjadi terhidrasi, sehingga mempengaruhi kapasitas pengikatan air dari gel kasein (Inhyu, 2017). Selain itu, pemakaian garam ke dalam *curd* menyebabkan lebih banyak kelembaban yang dikeluarkan melalui permukaan dadih (*curd*) (Wahyuni, 2009).

Penentuan kadar air dapat ditentukan dengan metode oven. Tahap pertama pada penentuan kadar air yakni dengan memasukkan cawan porselin ke dalam oven (105°C). Setelah 24 jam, memasukkan cawan ke dalam desikator selama 30 menit lalu menimbang berat cawan. Tahap kedua yakni menimbang sampel sebanyak 2--3 g dalam wadah yang telah diketahui berat konstannya lalu memasukkannya ke dalam oven pada suhu 100--105°C. Setelah 5 jam, memasukkan cawan ke dalam desikator selama 30 menit lalu

menimbang berat cawan. Tahap ketiga yakni memasukkan kembali sampel ke dalam oven pada suhu 100--105°C. Setelah 30 menit, memasukkan cawan ke dalam desikator lalu menimbang berat cawan. Perlakuan ini terus diulang sampai tercapai berat konstan, lalu dapat dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan kadar air (AOAC, 2005).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 15--23 Maret 2023. Pembuatan keju dilaksanakan di Laboratorium Produksi Ternak, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pengujian kadar protein, pengujian kadar lemak, dan pengujian kadar air dilaksanakan di Laboratorium Analisa Sifat Fisik dan Kimia Pangan, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Politeknik Negeri Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan untuk pembuatan media *starter* adalah panci *stainless steel*, wadah, sendok, dan batang pengaduk. Alat yang digunakan untuk pembuatan larutan enzim bromelin adalah gelas ukur, sendok, dan timbangan digital. Alat yang digunakan untuk pembuatan keju adalah panci *stainless steel*, wadah, alat pengepres, saringan, termometer, gelas beaker, gelas ukur, *refrigerator*, timbangan digital, kompor, tabung gas, gunting, sendok, dan batang pengaduk. Alat yang digunakan untuk pengujian kadar protein adalah labu kjeldahl, timbangan analitik, spatula, mortar dan alu, kaca arloji, erlenmayer, gelas beaker, gelas ukur, pipet tetes, lemari asam, corong, buret dan kompor listrik. Alat yang digunakan untuk pengujian kadar lemak adalah tabung ekstraksi soxhlet, cawan lemak, desikator, timbangan analitik, oven, dan timbel. Alat yang digunakan untuk pengujian kadar air adalah cawan, oven, timbangan analitik, dan desikator.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan media *starter* adalah susu skim dan bakteri mesofilik komersil (*L. lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *cremoris*, *L. lactis* subsp. *diacetylactis*, dan *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides*). Bahan yang digunakan untuk pembuatan larutan enzim bromelin adalah enzim bromelin bubuk (produksi PT Bromelain Enzyme) dan aquades. Bahan yang digunakan untuk pembuatan keju adalah susu sapi segar, *starter*, larutan enzim bromelin, CaCl_2 , dan garam. Hasil uji *lactoscan* susu sapi segar yang dipakai disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji *lactoscan* susu sapi segar

Kandungan	Komposisi
Kadar lemak	4,22%
Kadar protein	2,83%
Kadar laktosa	4,28%
Berat jenis	0,02585 g/ml
pH	6,25

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

Bahan yang digunakan untuk pengujian kadar protein adalah 0,8 g sampel keju, H_2SO_4 , aquades, HCl, NaOH, Na_2SO_4 dan indikator fenolftalein. Bahan yang digunakan untuk pengujian kadar lemak adalah 2 g sampel keju, dan pelarut heksan. Bahan untuk pengujian kadar air adalah 2 g sampel keju.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dan lima ulangan. Perlakuan yang diterapkan yaitu dosis pemakaian enzim bromelin yang terdiri :

P1 : pemakaian larutan enzim bromelin 5 ml dalam 1000 ml susu sapi

P2 : pemakaian larutan enzim bromelin 6 ml dalam 1000 ml susu sapi

P3 : pemakaian larutan enzim bromelin 7 ml dalam 1000 ml susu sapi

P4 : pemakaian larutan enzim bromelin 8 ml dalam 1000 ml susu sapi

Tata letak percobaan pada penelitian ini dapat disajikan pada Gambar 3.

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

Gambar 3. Tata letak percobaan penelitian

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, diantaranya pembuatan media *starter*, pembuatan larutan enzim bromelin, pembuatan keju susu sapi, dan pengujian kualitas kimia (kadar protein, kadar lemak, dan kadar air) keju susu sapi.

3.4.1 Pembuatan media *starter*

Pembuatan media *starter* dilaksanakan melalui tahap-tahap, yakni :

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

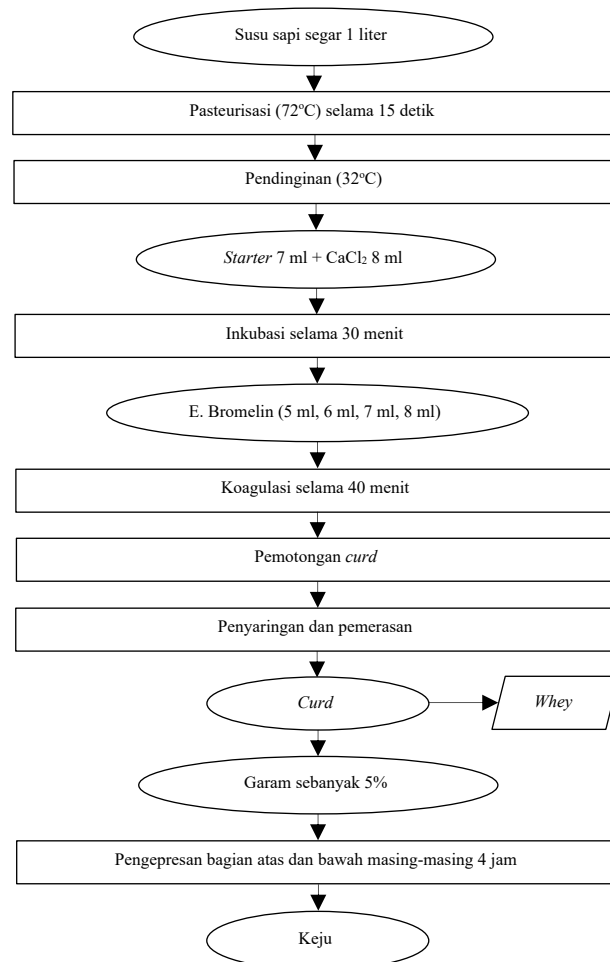
3.4.2 Pembuatan larutan enzim bromelin

Pembuatan larutan enzim bromelin dilaksanakan melalui tahap-tahap, yakni:

- 1) menyiapkan enzim bromelin dalam bentuk bubuk (produksi PT Bromelain Enzyme) sebanyak 1 g;
- 2) melarutkan 1 g enzim bromelin ke dalam 100 ml aquades.

3.4.3 Pembuatan keju susu sapi

Pembuatan keju dilaksanakan melalui tahap-tahap pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir proses pembuatan keju



Gambar 5. Hasil keju

3.4.4 Pengujian kadar protein

Analisis kadar protein dengan metode Kjeldahl dilaksanakan melalui tahap-tahap, yakni :

- 1) memasukkan sampel keju sebanyak 0,8 g ke dalam labu kjeldahl;
- 2) menambahkan K_2S atau Na_2SO_4 anhidrat sebanyak 1 g dan H_2SO_4 pekat sebanyak 10 ml;
- 3) melakukan distruksi di atas pemanas listrik dalam lemari asam dengan suhu 20--250°C selama 2--3 jam sampai warna larutan berubah menjadi jernih;
- 4) menambahkan aquades sebanyak 100 ml dan NaOH 45% sampai larutan bersifat basis;
- 5) melakukan destilasi pada alat destilasi dengan memanaskan labu kjeldahl sampai semua amonia mengua;
- 6) menampung destilat ke dalam erlenmeyer lalu menambahkan larutan indikator fenolftalein 1% sebanyak 2 tetes;
- 7) menambahkan HCl 0,1 N sebanyak 25 ml;
- 8) melakukan titrasi dengan menambahkan larutan NaOH 0,1 N sampai terbentuk warna merah muda yang tidak hilang dalam 30 detik (gambar disajikan pada Gambar 5.).



Gambar 6. Uji kadar protein metode kjeldahl proses titrasi

Kadar protein pada sampel selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$N (\%) = \frac{(\text{ml NaOH blanko} - \text{ml NaOH contoh}) \times N \text{ NaOH} \times 14,008}{\text{Berat contoh} \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Protein} (\%) = N (\%) \times \text{faktor konversi protein}$$

Keterangan :

N : Normalitas HCl untuk titrasi

BM nitrogen : 14,008

Faktor konversi protein : 6,25

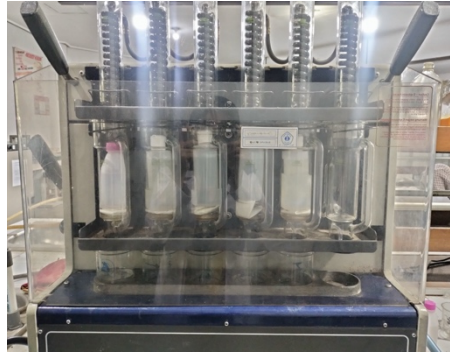
(Sumber : AOAC, 2005).

3.4.5 Pengujian kadar lemak

Analisis kadar lemak dengan metode Soxhlet dilaksanakan melalui tahap-tahap, yakni :

- 1) menimbang sampel keju sebanyak 2 g (W1) dan labu tanpa lemak (W2);
- 2) memasukkan sampel keju sebanyak 2 g ke dalam kertas saring yang telah dibuat berbentuk selongsong lemak dalam tabung ekstraksi lemak;
- 3) memasukkan labu lemak ke dalam tabung ekstraksi yang sudah ditimbang berat tetapnya (W2) dan disambung dengan tabung ekstraksi;

- 4) memasang tabung ekstraksi pada alat destilasi soxhlet lalu menuangkan pelarut heksan sebanyak 150 ml ke dalam labu lemak;
- 5) melakukan refluks selama 4 jam hingga pelarut turun kembali ke dalam labu lemak (gambar disajikan pada Gambar 6.);



Gambar 7. Uji kadar lemak metode soxhlet proses refluks

- 6) mendestilasi pelarut lemak yang terdapat di dalam labu lemak hingga semua pelarut lemak menguap;
- 7) mengeluarkan pelarut yang akan tertampung di ruang ekstraktor saat destilasi;
- 8) mengeringkan labu dengan lemak menggunakan oven pada suhu 100°C selama 1 jam;
- 9) mendinginkan labu dengan lemak di dalam desikator hingga mencapai berat yang konstan lalu menimbang berat labu dengan lemak (W3).

Kadar lemak pada sampel selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kadar lemak (\%)} = \frac{W3 - W2}{W1} \times 100\%$$

Keterangan :

W1 : Berat sampel (g)

W2 : Berat labu tanpa lemak (g)

W3 : Berat labu dengan lemak (g)

(Sumber : AOAC, 2005).

3.4.6 Pengujian kadar air

Analisis kadar air dengan metode oven dilaksanakan melalui tahap-tahap, yakni :

- 1) memasukkan cawan porselin ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam;
- 2) memasukkan cawan porselin ke dalam deksikator selama 30 menit;
- 3) menimbang cawan porselin (W1);
- 4) menimbang sampel keju sebanyak 2 g (W2) ;
- 5) mengeringkan sampel dengan oven pada suhu 105°C selama 3 jam (gambar disajikan pada Gambar 6.);



Gambar 8. Uji kadar air metode oven proses pengeringan

- 6) mendinginkan sampel di dalam desikator selama 30 menit;
- 7) menimbang kembali sampel;
- 8) memanaskan kembali sampel dalam oven selama 30 menit;
- 9) mendinginkan sampel di dalam desikator lalu menimbang sampel (W3).

Kadar air pada sampel selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_2 - (W_3 - W_1)}{W_2} \times 100\%$$

Keterangan :

W1 : Berat cawan porselin (g)

W2 : Berat sampel (g)

W3 : Berat cawan + sampel (g)

(Sumber : AOAC, 2005).

3.5 Peubah yang Diamati

Peubah yang diamati pada penelitian ini adalah kualitas kimia pada keju susu sapi yang meliputi kadar protein, kadar lemak, dan kadar air.

3.6 Analisis Data

Data yang telah diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (Anara). Apabila dari hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian ini, yaitu:

- 1) perlakuan pemakaian dosis enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*) berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar protein, kadar lemak, dan kadar air pada keju susu sapi;
- 2) pemakaian enzim bromelin dengan dosis 7 ml dalam 1000 ml susu sapi memberikan hasil yang terbaik terhadap kadar lemak keju susu sapi, sedangkan pemakaian enzim bromelin dengan dosis 8 ml dalam 1000 ml susu sapi memberikan hasil yang terbaik terhadap kadar protein dan kadar air keju susu sapi.

5.2 Saran

Saran yang dapat diajukan penulis berdasarkan penelitian ini adalah perlu dilakukannya penelitian mengenai uji kualitas organoleptik keju susu sapi dengan pemakaian enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus*).

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar dan S. Usmiati. 2016. Mutu keju putih rendah lemak diproduksi dengan bahan baku susu modifikasi. *Jurnal Buletin Peternakan*, 40(2): 144--156.
- Adnan, M. 1984. Kimia dan Teknologi Pengolahan Air Susu. Andi. Yogyakarta.
- Affandi, I.A. 2014. Pengaruh jenis susu (sapi, kambing, dan kacang kedelai) dan jenis enzim (rennet, papain, dan bromelin) dalam pembuatan keju cheddar. *Jurnal Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan*, 1(1): 12--21.
- Afriansyah, M., E. Wulandari, dan H. Chairunnisa. 2014. Karakteristik kimia (kadar air dan protein) dan nilai kesukaan keju segar dengan penggunaan koagulan jus jeruk nipis, jeruk lemon dan asam sitrat. *Students e-Journal*, 4(1): 1--14.
- Alang, H., J. Kusnadi, T. Ardyati, dan S. Suharjono. 2020. Karakteristik nutrisi susu kerbau belang Toraja, Makassar. *Jurnal Zootec*, 40(1): 308--315.
- Andayani, D. 2000. Pengaruh Enzim Papain Kasar (*Carica papaya* L.), Bromelin Kasar (*Ananas comosus* L.), dan Waktu Pemeraman terhadap Kualitas dan Kuantitas Keju. Skripsi. Universitas Atma Jaya.
- Anjarsari, B. 2010. Pangan Hewani. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Anggraini, R.P., A.H.D. Rahardjo, dan R.S.S. Santosa. 2013. Pengaruh level enzim bromelin dari nanas masak dalam pembuatan tahu susu terhadap rendemen dan kekenyalan tahu susu. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 1(2): 507--513.
- Arlene, A., A.P. Kristijarti, dan I. Ardelia. 2015. The effects of types of milk (cow, goat, soya) and enzymes (renet, papain, bromelain) toward cheddar cheese production. *Journal Technology of Makara*, 19(1): 31--37.

- Azhar, R., B. Ariyanto, dan S. Umar. 2011. Penentuan parameter fisika dan kimia bromelin kasar dari batang nanas (*Ananas comosus* L. Merr). *Jurnal Farmasi Higea*, 4(1): 1--7.
- Badan Pusat Statistik. 2022. Peternakan Dalam Angka. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1998. Standar Nasional Indonesia : Keju Cheddar Olahan (SNI 01-2980-1992). Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. Standar Nasional Indonesia : Susu Segar. Bagian 1- Sapi (SNI- 3141.1-2011). Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Bello, B.D., L. Torri, M. Piochi, M. Bertolino, and G. Zeppa. 2017. Fresh cheese as a vehicle for polyunsaturated fatty acids integration: effect on physico-chemical, microbiological and sensory characteristics. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 68(7): 800--810.
- Bjekic, M., M. Ilicic, V. Vukic, D. Vukic, K. Kanuric, B. Pavlic, Z. Zekovic, L. Papovic, A. Torbica, J. Tomic, and J. Degenek. 2021. Protein characterisation and antioxidant potential of fresh cheese obtained by kombucha inoculum. *Original Scientific Paper*, 71(4): 215--225.
- Buckle, K.A., R.A. Edwards, G.H. Fleet, dan M. Wootton. 1987. Ilmu Pangan. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Cahyadi, W. 2008. Teknologi Pengolahan Keju Cottage Sari Kedelai dalam Upaya Pengembangan Industri Keju Rakyat. Cakrawala Ilmiah. Pasundan.
- Chairunnisa, H. 2007. Aspek nutrisi dan karakteristik organoleptik keju semi keras gouda pada berbagai lama pemeraman. *Jurnal Ilmu Ternak*, 7(1): 16--21.
- Codex Alimentarius Commission. 1978. Codex International Individual Standard for Fresh Cheese: Codex CODEX STAN A-6-1973. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and World Health Organization (WHO). Switzerland.
- Daulay, D. 1991. Fermentasi Keju. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Davis, J.G. 1965. Cheese 1: Basic Technology. J and A Churchill Publisher . London.

- D'Eeckenbrugge G.C., G.M. Sanewski, M.K. Smith, D. Marie-France, and F. Leal. 2009. *The Pineapple*. Springer. New York.
- Dhuol, K.R.R. dan O.I.A. Hamid. 2014. Vitamin c and minerals contents of sudanese white soft cheese made from milk with different levels of cassava powder (manihot esculent). *American Journal of Research Communication*, 2(1): 108--117.
- Erpiana. 2018. Studi Pembuatan Dangke dengan Menggunakan Ekstrak Enzim Bromelin Kasar dari Batang (*Ananas comusus* L. Merr). Skripsi. Universitas Hasanuddin.
- Estikomah, S.A. 2012. Pemeraman untuk meningkatkan kualitas keju yang diinokulasi *rhizopus oryzae* sebagai salah satu sumber belajar biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi (Bioedukasi)*, 3(1): 1--13.
- Fajrin E. 2012. Penggunaan Enzim Bromelin pada Pembuatan Minyak Kelapa (*Cocosnucifera*) secara Enzimatis. Skripsi. Universitas Hasanuddin.
- Farkye, N.Y. 2004. Cheese technology. *International Journal of Dairy Technology*, 57(1): 91--98.
- Florencia, F.S. 2013. Rheology of spreadable goat cheese made with autochthonous lactic cultures differing in their ability to produce exopolysaccharides. *Food Science and Technology*, 33(2): 233-238.
- Fox, P.F. and P.L. McSweeney. 2004. Cheese: An Overview. In: Fox, P.F. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Third Edition: General Aspects. Elsevier Applied Science. London.
- Fox, P.F., P.L. McSweeney, T.M. Cogan, and T.P. Guinee. 2004. Cheese Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2. Ed ke-3. Elsevier Academic Press. California.
- Fox, P.F., T.P. Guinee, T.M. Cogan, and P.L. McSweeney. 2017. Cheese: Historical Aspects, Fundamentals of Cheese Science. Springer. New York.
- Fox, P.F., P. Timothy, T.P. Guinee, Timothy, T.M. Cogan, and L.H. Paul., and P. L. McSweeney. 2017. Fundamentals of Cheese Science: Second Edition. Springer Press. New York.

- Gavrilova, N. dan E. Schetinina. 2020. An advanced biotechnological trend–production of soft cheeses based on milk of various types of farm animals in the altai region. In International Scientific Conference The Fifth Technological Order: Prospects for the Development and Modernization of the Russian Agro-Industrial Sector (TFTS 2019). Atlantis Press. Russia.
- Gautam, S.S., S.K. Mishra, V. Dash, A.K. Goyal, and G. Rath. 2010. Comparative study of extraction, purification and estimation of bromelain from stem and fruit of pineapple plant. *Thai Journal of Pharmaceutical Sciences*, 34(2): 67--76.
- Gembong, T. 2005. Taksonomi Tumbuhan. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Guinee, T.P. 2004. Salting and the role of salt in sheese. *International Journal of Dairy Technology*, 53(2): 99--109.
- Hadiwiyoto, S. 1983. Hasil Olahan Susu, Ikan, Daging, dan Telur. Liberty. Yogyakarta.
- 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.
- Hamzah, B., A. Wijaya, dan T.W. Widowati. 2022. Teknologi Fermentasi pada Industri Pengolahan Keju. Universitas Sriwijaya Press. Palembang.
- Hartanto, R., D.W. Harjanti, E. Prayitno, V. Restitrisnani, dan A. Prima. 2021. Manajemen Ternak Perah (Pemerahan dan Penangan Susu). Universitas Diponegoro Press. Semarang.
- Hasria, A., J. Kusnadi, T. Ardyati, dan Suharjono. 2019. Karakteristik nutrisi susu kerbau Belang Toraja, Makassar. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9): 1689--1699.
- Herawati, H. 2011. Peluang Pemanfaatan Tapioka Termodifikasi sebagai Fat Replacer pada Keju Rendah Lemak. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Masagena Press. Makassar.
- Herdyastuti, N. 2006. Isolasi dan karakterisasi ekstrak kasar enzim bromelin dari batang nanas (*Ananas comusus L. Merr.*). *Berkala Penelitian Hayati*, 12(1): 75--77.
- Hnosko, J., S. Clark, and V. Hekken, D. 2009. Latin American Cheeses. The Sensory Evaluation of Dairy Products. Springer. New York.

- Hossain, M., S. Akhtar, and M. Anwar. 2015. Nutritional value and medicinal benefits of pineapple. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(1): 84--88.
- 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 Zootec*, 37(2): 286--293.
- Ihsan, R.Z., D. Cakrawati, M.N. Handayani, dan S. Handayani. 2017. Penentuan umur simpan yoghurt sinbiotik dengan penambahan tepung gembolo modifikasi fisik. *Jurnal Edufortech*, 2(1): 1--6.
- Ide, P. 2008. Health Secret of Kefir. Elex Media Komputindo Publisher. Jakarta.
- Imaniar, A. 2018. Kajian Perbedaan Jenis dan Konsentrasi Pengasam Terhadap Karakteristik Fisik, Kimia, Organoleptik dan Mikrobia Keju Mozzarella Susu Kambing. Tesis. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Inhye, B.P. Jong-Hyun, C. Hee-Young, and J. Hoo-Kil. 2017. Emerging innovationsto reduce the salt content in cheese: effects of salt on flavour, texture, and shelf life of cheese; and current salt usage. *Journal of Food Sci*, 37(6): 793--798.
- 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. *Journal Dairy Sci*, (89): 2451--2458.
- Jaya, F. dan D. Hadikusuma. 2009. Pengaruh substitusi susu sapi dengan susu kedelai serta besarnya konsentrasi penambahan ekstrak nanas (*Ananas comosus*) terhadap kualitas fisik dan kimia keju cottage. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 4(1): 46--54.
- Juniawati, J., 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.
- Kariyawasam, K.M.G.M.M., R.K.C. Jeewanthi, N.K. Lee, dan H.D. Paik. 2019. Characterization of cottage cheese using weissella cibaria D30: physicochemical, antioxidant, and antilisterial properties. *Journal of Dairy Science*, 102(5): 3887--3893.
- Kelly, A.L. 2007. What are The Compositions of Other Species' Milks and How Does This Affect Their Cheesemaking Properties. Cheese Problem Solved. CRC Press. New York.

- Ketnawa, S., P. Chaiwut, and S. Rawdkuen. 2012. Pineapple wastes: a potential source for bromelain extraction. *Food and Bioproducts Processing*, 90(3): 385--391.
- Koca, N. dan M. Metin. 2004. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International Dairy Journal*, 14(4), 365--373.
- Komansilan, S., D. Rosyidi, L.E. Radiati, dan P. Purwadi. 2019. Pengaruh variasi pH dengan penambahan enzim bromelin alami (*anannas comosus*) terhadap sifat organoleptik keju cottage. *Jurnal Sains Peternakan*, 7(1): 54--61.
- Kumaunang, M. dan V. Kamu. 2011. Aktivitas enzim bromelin dari ekstrak kulit nanas (*Ananas comosus*). *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(2): 116--122.
- Lestari, T.D. 2006. Laktasi pada Sapi Perah. Universitas Padjajaran Press. Bandung.
- Lestari, I., T.P.S. Mulyati, dan A. Puspitasari. 2016. Pengaruh lama penyimpanan susu *ultra high temperature* terhadap kadar laktosa. *Jurnal Analisis Kesehatan*, 5(1): 343--346.
- Lin, D. and Y. Zhao. 2007. Innovation in the development and application of edible and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6(1): 60--75.
- Madigan, M.T., J.M. Martinko, and J. Parker. 2006. Brock Biology of Microorganisms. Upper Saddle River. Pearson Prentice Hall.
- Mamuja, C.F. 2017. Lipid. Universitas Sam Ratulangi Press. Manado.
- Mantell, S.H., J.A. Matthews, and R.A. McKee. 1985. Principles of Plant Biotechnology: An Introduction to Genetic Engineering in Plants. Blackwell Scientific Publications. London.
- Martins, B.C., R. Rescolino, D.F. Coelho, B. Zanchetta, E.B. Tambourgi, and E. Silveira. 2014. Characterization of bromelain from *Ananas comosus* agroindustrial residues purified by ethanol fractional precipitation. *Chemical Engineering Transactions*, 37(1): 781--786.
- Masri, M. 2014. Isolasi dan pengukuran aktivitas enzim bromelin dari ekstrak kasar bonggol nanas (*Ananas comosus*) pada variasi suhu dan pH. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 2(2): 119--125.

- McCarthy, C.M., M.G. Wilkinson, P.M. Kelly, and T.P. Guinee. 2015. Effect of salt and fat reduction on the composition, lactose metabolism, water activity and microbiology of cheddar cheese. *Journal of Dairy Science and Technology*, 95(1): 587--611.
- McSweeney, P.L.H. 2007. Nutritional Aspects of Cheese: Cheese Problems Solved. CRC Press. New York.
- Miller, G.D., J.K. Jarvis, and L.D. McBean. 2007. Dairy Foods and Nutrition. Ed ke-3. CRC Press. New York.
- Muntari, B., A. Amid, M. Mel, M.S. Jami, and H.M. Salleh. 2012. Recombinant bromelain production in escherichia coli: process optimization in shake flask culture by response surface methodology. *Journal of AMB express*, 2(1): 1--9.
- Munthe, B.S. 2013. Penetapan Kadar Lemak dalam Susu UHT secara Sokhletasi. Universitas Sumatera Utara Press. Medan.
- Murniati, E. 2006. Sang Nanas Bersisik Manis di Lidah. Percetakan SIC. Surabaya.
- Nababan, L.A., I. Suada, I. Ketut, dan I.B.N. Swacita. 2014. Ketahanan susu segar pada penyimpanan suhu ruang ditinjau dari uji tingkat keasaman, didih, dan waktu reduktase. *Jurnal Indonesia Medicus Veterinus*, 3(4): 274--282.
- Natahania, D.S. dan M.A. Bratadiredja. 2018. Review : isolasi dan uji stabilitas enzim bromelin dari nanas (*Ananas comosus*). *Farmaka*, 16(1): 374--379.
- Novianti, A., Hasin, dan M. Fitriyani. 2018. Analisis kuantitas lemak pada keju yang tidak bermerek yang diperjualbelikan di Pasar Terong Kota Makassar. *Jurnal Media Laboran*, 8(1): 1--4.
- Nurhidayat. 2007. Blanching, Pasteurisasi dan Sterilisasi. Pengantar Teknologi Pertanian. Malang.
- Nurmala, L.W. 2012. Kajian Penggunaan Amonium Sulfat pada Pengendapan Enzim Bromelin dari Batang Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) sebagai Koagulan pada Pembuatan Keju Cottage. Skripsi. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Oka, B., M. Wijaya, dan K. Kadirman. 2018. Karakterisasi kimia susu sapi perah di Kabupaten Sinjai. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 3(2): 195--202.

- Omar, S., A.Z. Idrus, and O.A. Razak. 1978. Extraction and Activity of Bromelain from Pineapple. *Bull Mardi Res. Serdang*.
- Oser, B.L. 1976. *Hawk's Psisilological Chemistry*. Hill Publishing Company Limited. New Delhi.
- Permainy, A.S. dan W.K. Widayaka. 2013. Pengaruh dosis rennet yang berbeda terhadap kadar protein dan lemak keju lunak susu sapi. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 1(1): 208--213.
- Poba, D., Ijirana, dan J. Sakung. 2019. Aktivitas enzim bromelin kasar berdasarkan tingkat kematangan buah nanas. *Jurnal Akademika Kimia*, 8(4): 236--241.
- Pramono, A.P. 2019. Pengaruh Penambahan Enzim Bromelin dari Sari Buah Nanas dan Masa Inkubasi yang Berbeda terhadap Kualitas Kimia dan Total Bakteri Asam Laktat pada *Curd* Keju. Skripsi. Universitas Brawijaya.
- Putri, E. 2016. Kualitas protein susu sapi segar berdasarkan waktu penyimpanan. *Chempublish Journal*, 1(2): 14--20.
- Rahman, A. 1992. *Teknologi Fermentasi*. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor.
- Rohmatussolihat, M.N. Sari, P. Lisdiyanti, Y. Widyastuti, dan E. Sukara. 2015. Pemanfaatan *milk clotting enzyme* dari *lactobacillus casei* d11 untuk pembuatan keju mozzarella. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 26(1): 63--71.
- Romeih, E.A., A. Michaelidou, C.G. Biliaderis, and G.K. Zerfiridis. 2002. Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes. *International Dairy Journal*, 12(6): 525--540.
- Rukmana, R.K. 2013. Pengaruh Penggunaan Pati Sagu Resisten dan Enzim Lipase terhadap Karakterisasi Fisikokimia dan Organoleptik Keju Lunak Rendah Lemak. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Scott, R. 1986. *Cheesemaking Practise*. Ed ke-2. Elsevier Applied Science Pub. London.
- Setiawan, F.D., Purwadi, dan D. Rosyidi. 2015. Pengaruh Penambahan Susu Segar terhadap Kadar Air, Protein, Lemak, pH dan Tekstur Keju Ricotta. Disertasi. Universitas Brawijaya.

- Sitepu, R.F., N. Ginting, G.W. Siregar, dan M.A. Purba. 2020. Vegetable rennet tablets for fresh cheese making. *Jurnal Peternakan Integratif*, 8(1): 28--38.
- Soedarya. 2009. Agribisnis Nanas. CV Pustaka Grafika. Bandung.
- Sriutami, O. 2020. Pembuatan Keju Mozzarella dari Susu Kerbau Rawa dengan Penambahan Susu Kedelai dan Biang Protexin. Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- 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*. *Jurnal Ilmu Ternak*, 18(1): 8--15.
- Sumarmono, J. dan F.M. Suhartati. 2016. 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.
- Susilorini, E.T. dan M.E. Sawitri. 2007. Produk Olahan Susu. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Suwito, W. 2010. Bakteri yang sering mencemari susu: deteksi, patogenesis, epidemiologi, dan cara pengendaliannya. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(3): 96--100.
- Tiofanny, T.O. 2019. Optimasi Konsentrasi Puree Strawberry sebagai Asidulan terhadap Kualitas Fisiko-Kimiawi, Mikrobiologis, dan Sensoris Keju Mozzarella. Skripsi. Universitas Katolik Soegijapranata.
- Tita, D.L. 2006. Laktasi pada Sapi Perah sebagai Lanjutan Proses Reproduksi. https://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2009/09/laktasi_pada_sapi_perah.pdf (Diakses pada 12 Januari 2023, pukul 14.12 WIB)
- Tunick, M.H. dan D.L.V. Hekken. 2010. Rheology and texture of commercial queso fresco cheeses made from raw and pasteurized milk. *Journal of Food Quality*, 33(1): 204--215.
- Usmiati, S. dan Abubakar. 2009. Teknologi Pengolahan Susu. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen. Pertanian Press. Bogor.
- Vallés, D., S. Furtado, and A.M.B. Cantera. 2007. Characterization of news proteolytic enzymes from ripe fruits of bromelia antiochana bertol (bromeliaceae). *Enzyme and Microbial Technology*, 40(3): 409--413.

- Wahyuni, S. 2009. Uji Kadar Protein dan Kadar Lemak pada Keju Kedelai dengan Perbandingan Inokulum *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus lactis*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Walstra, P., A. Noomen, and T.J. Geurts. 1993. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Chapman and Hall. London.
- Wills, R.B.H., T.H. Lee., G. Doug., W.B. McGlasson, and E.G. Hall. 1989. Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables. Granada Press. New South Wales.
- Winarno, F.G. 2004. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia. Jakarta.
- Winarno, F.G. 2010. Enzim Pangan. M-Brio Press. Bogor.
- Winarsih, S. dan D.N.M. Rosyidah. 2022. Karakteristik sensori keju mozarella selama penyimpanan suhu rendah. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 17(1): 29--35.
- Winastia, B. 2011. Analisa Asam Amino pada Enzim Bromelin dalam Buah Nanas (*Ananas comusus*) menggunakan Spektrofotometer. Tugas Akhir. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Wiranti, N., V. Wanniatie, A. Husni, dan A. Qisthon. 2022. Kualitas susu sapi segar pada pemerahan pagi dan sore. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*, 6(2): 123--128.
- Wiyati, P. I. dan A. Tjitraresmi. 2018. Karakterisasi, aktivitas dan isolasi enzim bromelin dari tumbuhan nanas (*Ananas sp.*). *Farmaka*, 16(2): 179--185.
- Wuryanti, W. 2004. Isolasi dan penentuan aktivias spesifik enzim bromelin dari buah nanas (*Ananas comosus* L.). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 7(3): 78--82.