



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

SKRIPSI

PENGARUH ENZIM BROMELIN DAN SARI BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi* L.) TERHADAP KADAR PROTEIN, pH, ASAM LAKTAT DAN RENDEMEN KEJU MOZZARELLA



Oleh:

NURJANNAH
12180120938

UIN SUSKA RIAU

PROGRAM STUDI PETERNAKAN
FAKULTAS PERTANIAN DAN PETERNAKAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2025



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

SKRIPSI

**PENGARUH ENZIM BROMELIN DAN SARI BELIMBING WULUH
(*Averrhoa bilimbi* L.) TERHADAP KADAR PROTEIN, pH, ASAM
LAKTAT DAN RENDEMEN KEJU MOZZARELLA**



Oleh:

**NURJANNAH
12180120938**

**Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Peternakan**

**PROGRAM STUDI PETERNAKAN
FAKULTAS PERTANIAN DAN PETERNAKAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2025**



HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengaruh Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh
(*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap Kadar Protein, pH, Asam Laktat
dan Rendemen Keju Mozzarella

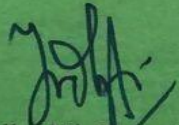
Nama : Nurjannah

NIM : 12180120938

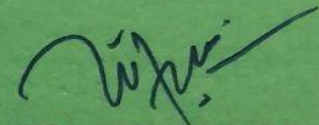
Program Studi : Peternakan

Menyetujui,
Setelah diujikan pada tanggal 20 Mei 2025

Pembimbing I


Dr. Irdha Mirdhayati, S.Pi., M.Si
NIP.19770727 200710 2 005

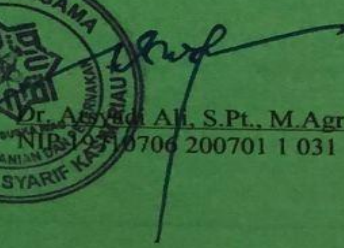
Pembimbing II


Muhamad Rodiallah, S.Pt., M.Si
NIP. 19831216 201903 1 004

Mengetahui:

Dekan,
Fakultas Pertanian dan Peternakan




Dr. Asyraf Ali, S.Pt., M.Agr.Sc
NIP.19760706 200701 1 031

Ketua,
Program Studi Peternakan


Dr. Triani Adellina, S.Pt., M.P
NIP. 19760322 200312 2 003

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

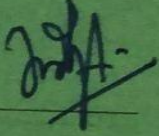
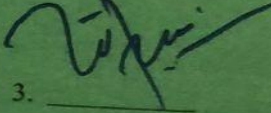


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di depan tim penguji ujian Sarjana Peternakan pada Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan dinyatakan lulus pada tanggal 20 Mei 2025

No.	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1.	Dr. Ahmad Taufiq Arminudin, S.P., M.Sc	Ketua	1. 
2.	Dr. Irdha Mirdhayati, S.Pi., M.Si	Sekretaris	2. 
3.	Muhamad Rodiallah, S.Pt., M.Si	Anggota	3. 
4.	Endah Purnamasari, S.Pt., M.Si., Ph.D	Anggota	4. 
5.	Dr. Deni Fitra, S.Pt., M.P	Anggota	5. 



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

SKRIPSI

PENGARUH ENZIM BROMELIN DAN SARI BELIMBING WULUH
(*Averrhoa bilimbi* L.) TERHADAP KADAR PROTEIN, pH, ASAM
LAKTAT DAN RENDEMEN KEJU MOZZARELLA

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurjannah
NIM : 12180120938
Tempat/Tanggal Lahir : Pangkalan Kerinci/27 Januari 2003
Fakultas : Pertanian dan Peternakan
Program Studi : Peternakan
Judul Skripsi : Pengaruh Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh
(*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap Kadar Protein, pH,
Asam Laktat dan Rendemen Keju Mozzarella

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan skripsi dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu skripsi saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 20 Mei 2025
Yang membuat pernyataan,



Nurjannah
12180120938



UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pengaruh Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap Kadar Protein, pH, Asam Laktat dan Rendemen Keju Mozzarella”**. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Peternakan pada Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Pada kesempatan bahagia ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang turut serta membantu dan membimbing dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik secara langsung maupun tidak langsung, untuk itu penulis mengucapkan ribuan terima kasih kepada :

1. Teristimewa kedua orang tua tercinta yakni Ayahanda Ali Jaya dan Ibunda Anni Syahnur, penulis mengucapkan beribu-ribu terimakasih yang tak terhingga atas segala pengorbanan, kerja keras, kasih sayang, dukungan moril maupun materil, tanpa kedua orang tua hebat yang sibuk mendoakan dan mengusahakan penulis tidak ada artinya, mereka adalah pendidik dan panutan bagi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dan meraih gelar Sarjana Peternakan.
2. Abang penulis Okta Riansyah Jaya dan Kakak penulis Khoirunisya, S.Pi terimakasih telah menjadi inspirasi dan meyakinkan bahwa penulis mampu menyelesaikan studi ini. Serta adik penulis Nuzhatul Fikrah yang selalu memberi dukungan kepada penulis, semoga kamu tumbuh lebih baik dari penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Hairunnas, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Dr. Arsyadi Ali, S.Pt., M.Agr., Sc. selaku Dekan Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Ibu Dr. Triani Adelina, S.Pt., M.P selaku Ketua Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Ibu Dr. Irdha Mirdhayati S.Pi., M.Si sebagai dosen pembimbing I dan Bapak Muhamad Rodiallah, S.Pt., M.Si sebagai dosen pembimbing II yang telah memberikan saran dan kritik untuk kesempurnaan skripsi ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Ibu Endah Purnamasari, S.Pt., M.Si., Ph.D selaku dosen penguji I dan Bapak Dr. Deni Fitra, S.Pt., M.P selaku dosen penguji II saya yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk kesempurnaan skripsi ini.
8. Bapak Muhamad Rodiallah, S.Pt., M.Si selaku Penasehat Akademik penulis, terimakasih atas motivasi dan arahnya selama perkuliahan ini.
9. Seluruh dosen, karyawan dan civitas akademika Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang telah membantu penulis dalam mengikuti aktivitas perkuliahan dan yang selalu melayani dan mendukung dalam hal administrasi.
10. Teman-teman angkatan 2021 terkhusus untuk kelas D, dan teman-teman kelas A, B, dan C yang tidak dapat penulis sebutkan namanya, yang telah menginspirasi penulis melalui semangat kebersamaan.
11. Teman penulis Nur Aina dan Edi Suratno terimakasih atas kebersamaannya dari awal hingga selesainya studi ini, atas dukungan dan juga motivasinya bagi penulis.
12. Wanita sederhana yang memiliki impian yang besar, yaitu penulis, diriku sendiri Nurjannah. Terimakasih telah berusaha menguatkan diri sendiri bahwa kamu dapat menyelesaikan studi ini sampai selesai. Semoga Allah selalu meridhai setiap langkah serta menjagamu dalam lindungan-Nya, Aamiin.
Semoga Allah *Subbahanahu Wata`ala* membalas jasa mereka dengan imbalan pahala yang berlipat ganda. Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini banyak sekali kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Pekanbaru, 20 Mei 2025

Penulis



RIWAYAT HIDUP

Nurjannah lahir di Pangkalan Kerinci, Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau, pada tanggal 27 Januari 2003. Lahir dari pasangan Ayahanda Ali Jaya dan Ibunda Anni Syahnur, yang merupakan anak ke-3 dari 4 bersaudara. Masuk Sekolah Dasar di SDN 005 Tualang, Kabupaten Siak, dan tamat pada tahun 2015. Pada tahun 2015 melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di

SMPN 01 Tualang dan tamat pada tahun 2018. Penulis melanjutkan pendidikan ke SMAN 02 Tualang dan tamat pada tahun 2021. Pada tahun 2021 melalui jalur Undangan Mandiri diterima menjadi mahasiswa di Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Selama masa kuliah penulis pernah menjadi anggota Dewan Eksekutif Mahasiswa (DEMA).

Pada bulan Juli-Agustus 2023 penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapang (PKL) di BBPTUHPT Baturraden, Banyumas, Jawa Tengah. Pada bulan Juli-Agustus 2024 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Palkun, Kabupaten Bengkalis, Riau.

Penulis telah melaksanakan penelitian pada bulan Desember-Januari 2025 di Laboratorium Teknologi Pasca Panen dan Laboratorium Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, dengan judul “Pengaruh Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) terhadap Kadar Protein, pH, Asam Laktat dan Rendemen Keju Mozzarella”.

Pada tanggal 20 Mei 2025 penulis dinyatakan lulus dan berhak menyandang gelar Sarjana Peternakan (S.Pt) melalui sidang tertutup Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah **سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى** yang telah memberikan kesehatan dan keselamatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pengaruh Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap Kadar Protein, pH, Asam Laktat dan Rendemen Keju Mozzarella”** sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Peternakan.

Shalawat beserta salam, semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad *Shallallahu ‘Alaihi Wassallam*, yang membawa umat dari masa yang kelam menjadi cahaya bagi segala perbuatan mulia.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Irdha Mirdhayati, S.Pi., M.Si selaku dosen Pembimbing I dan Bapak Muhamad Rodiallah S.Pt., M.Si selaku dosen Pembimbing II, yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk, dan motivasi sampai selesainya skripsi ini. Kepada seluruh rekan-rekan yang telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, penulis ucapkan terima kasih, semoga mendapat balasan dari Allah SWT untuk kemajuan kita semua dalam menghadapi masa depan nanti.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan penulisan skripsi ini, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua baik untuk masa kini maupun masa yang akan datang.

Pekanbaru, 20 Mei 2025

Penulis



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**PENGARUH ENZIM BROMELIN DAN SARI BELIMBING WULUH
(*Averrhoa bilimbi* L.) TERHADAP KADAR PROTEIN, pH, ASAM
LAKTAT DAN RENDEMEN KEJU MOZZARELLA**

Nurjannah (12180120938)

Di bawah bimbingan Irdha Mirdhayati dan Muhamad Rodiallah

INTISARI

Keju mozzarella adalah keju lembut, bewarna putih, memiliki tekstur lentur serta disebut juga keju segar yang pembuatannya menggunakan koagulan enzimatik. Enzim bromelin banyak terkandung dari tanaman nanas sebagai alternatif pengganti rennet pada pembuatan keju mozzarella. Koagulan kimia bersifat asam yang berasal dari bahan alami yang dapat mempercepat proses koagulasi susu yaitu menggunakan sari belimbing wuluh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi enzim bromelin dan sari belimbing wuluh terhadap kadar protein, pH, asam laktat dan rendemen keju mozzarella. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola Faktorial (4x2) dengan 3 ulangan. Faktor A konsentrasi enzim bromelin yaitu, A1= 1,25%, A2= 1,5%, A3= 1,75%, A4= 2% dan faktor B konsentrasi belimbing wuluh yaitu, B1= 1,5%, B2= 2%. Parameter yang diamati meliputi kadar protein, pH, total asam laktat dan rendemen. Data dianalisis statistik dengan sidik ragam dan uji lanjut DMRT. Hasil penelitian ini menunjukkan terdapat interaksi ($P < 0,05$) antara konsentrasi enzim bromelin dan sari belimbing wuluh terhadap nilai pH dan total asam laktat keju mozzarella. Faktor konsentrasi enzim bromelin berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar protein keju mozzarella. Faktor konsentrasi sari belimbing wuluh berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar protein dan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap nilai pH. Disimpulkan konsentrasi enzim bromelin 2% dan konsentrasi belimbing wuluh 2% mampu meningkatkan kadar protein 26,83%, pH 5,41, menurunkan total asam laktat 0,234% tetapi belum mampu meningkatkan rendemen keju mozzarella.

Kata Kunci: Keju mozzarella, enzim bromelin, belimbing wuluh, kadar protein, pH, asam laktat, rendemen.

UIN SUSKA RIAU



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

THE EFFECT OF BROMELIN ENZYME AND STAR FRUIT EXTRACT (Averrhoa bilimbi L.) ON PROTEIN CONTENT, pH, LACTIC ACID, AND YIELD OF MOZZARELLA CHEESE

Nurjannah (12180120938)

Under the guidance of Irdha Mirdhayati and Muhamad Rodiallah

ABSTRACT

Mozzarella cheese is a soft, white cheese with a flexible texture, also referred to as fresh cheese, made using enzymatic coagulants. Bromelin enzyme, abundantly contained in pineapple plants, serves as an alternative to rennet in mozzarella cheese production. Acidic chemical coagulants derived from natural ingredients can accelerate milk coagulation, such as using star fruit extract. This study aims to determine the effect of bromelin enzyme concentration and star fruit extract on protein content, pH, lactic acid levels, and yield of mozzarella cheese. The research was conducted experimentally using a Completely Randomized Design (CRD) with a factorial pattern (4x2) and 3 repetitions. Factor A represents bromelin enzyme concentrations: A1 = 1.25%, A2 = 1.5%, A3 = 1.75%, A4 = 2%, while Factor B represents star fruit extract concentrations: B1 = 1.5%, B2 = 2%. Observed parameters include protein content, pH, total lactic acid, and yield. Data were statistically analyzed using variance analysis and DMRT post-hoc tests. The results indicated interaction effects ($P < 0.05$) between bromelin enzyme concentration and star fruit extract on pH values and total lactic acid levels in mozzarella cheese. Bromelin enzyme concentration significantly influenced ($P < 0.05$) mozzarella cheese protein content. Star fruit extract concentration significantly affected protein content ($P < 0.05$) and highly significantly influenced pH values ($P < 0.01$). It was concluded that a bromelin enzyme concentration of 2% and star fruit extract concentration of 2% increased protein content to 26.83%, pH to 5.41, reduced total lactic acid to 0.234%, but did not improve yield of mozzarella cheese.

Keywords: Mozzarella cheese, bromelin enzyme, star fruit, protein content, pH, lactic acid, yield.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
INTISARI.....	ii
ABSTRACT.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Manfaat Penelitian	3
1.4. Hipotesis Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Susu Sapi.....	4
2.2. Enzim Bromelin	5
2.3. Belimbing Wuluh.....	6
2.4. Keju.....	8
2.5. Keju Mozzarella	9
2.6. Pembuatan Keju Mozzarella	9
2.7. Standar Mutu Keju	10
2.8. Kadar Protein	11
2.9. pH.....	11
2.10. Asam Laktat	12
2.11. Rendemen.....	12
III. MATERI DAN METODE	14
3.1. Tempat dan Waktu	14
3.2. Bahan dan Alat.....	14
3.3. Metode Penelitian.....	14
3.4. Pelaksanaan Penelitian	15
3.5. Parameter Penelitian.....	17
3.6. Analisis Data	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1. Kadar Protein	21
4.2. pH.....	22
4.3. Asam Laktat	24
4.4. Rendemen.....	25
V. PENUTUP.....	27
5.1. Kesimpulan	27
5.2. Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Kandungan Nutrisi Susu Sapi	4
2.2. Kandungan Nutrisi Susu Sapi Sirukam Dairy Farm	5
2.3. Kandungan Senyawa Organik pada Buah Belimbing Wuluh	8
2.4. Syarat Mutu Keju Mozzarella	10
2.5. Komposisi Keju Mozzarella.....	13
3. Kombinasi Perlakuan	15
3.1. Analisis Ragam Data Penelitian Sumber Keragaman (SK)	19
4. Rata-rata nilai Protein (%) pada Keju Mozzarella dengan Penggunaan Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh	21
4.2. Rata-rata nilai pH pada Keju Mozzarella dengan Penggunaan Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh.....	23
4.3. Rata-rata Asam Laktat (%) pada Keju Mozzarella dengan Penggunaan Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh	24
4.4. Rata-rata nilai Rendemen (%) pada Keju Mozzarella dengan Penggunaan Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh	26

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Belimbing Wuluh (<i>Averrhoa bilimbi</i> L.)	7
3.1. Bagan Alir Pembuatan Keju Mozzarella.....	16



UIN SUSKA RIAU



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Susu segar adalah cairan yang berasal dari ambung sapi yang sehat dan bersih yang diperoleh melalui pemerahan yang tepat. Kandungan alaminya tidak dikurangi atau ditambahkan, dan belum melalui proses perlakuan apa pun selain pendinginan (SNI, 2011). Susu adalah minuman yang kaya nutrisi dengan protein, asam lemak esensial, vitamin, dan mineral (Claeys *et al.*, 2014). Susu dapat dikonsumsi secara langsung maupun diolah terlebih dahulu menjadi produk setengah jadi seperti yogurt, mentega dan keju.

Keju adalah salah satu produk olahan susu paling bergizi. Keju dibagi menjadi tiga jenis: keras, semi keras, dan lunak. Keju segar salah satunya merupakan jenis keju yang lunak. Keju segar dibuat tanpa fermentasi atau pematangan (Sari *et al.*, 2014). Pembentukan *curd* atau penggumpalan adalah prinsip pembuatan keju. Ada dua cara untuk membuat kondisi *curd* atau menggumpal, yaitu dengan menambah bakteri starter dari kelompok bakteri asam laktat, dan yang kedua adalah dengan pengasaman langsung (Purwadi, 2010).

Keju mozzarella adalah keju khas Italia yang dibuat dari susu kerbau, karena produksi susu kerbau (*Buballus buballis*) tertinggi didunia berada di Italia (Arricchio *et al.*, 2007). Keju mozzarella merupakan keju yang lunak, lembut, berwarna putih dan memiliki tekstur lentur dan mulur atau molor saat terkena panas. Tekstur keju mozzarella dipengaruhi oleh lemak dan air. Keju mozzarella yang bagus adalah yang memiliki tekstur lunak dan mulur, jika nilai kekerasan keju tinggi maka keju tidak dapat mulur dengan bagus (Gaman, 1994).

Enzim rennet berasal dari saluran pencernaan sapi atau pedet. Pemotongan ternak diperlukan untuk membuatnya, yang mengakibatkan biaya yang tinggi, populasi ternak yang berkurang, dan masalah kehalalan lainnya (Tandria, 2011). Koagulan alternatif yang dapat digunakan yaitu enzim bromelin. Enzim bromelin dari buah nanas juga 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*

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

comosus) adalah bagian buah, batang, bonggol, mahkota, dan kulit. Menurut Kumaunang (2011) kulit nenas memiliki kandungan enzim bromelin, dengan aktivitas optimum diperoleh pada temperatur 65°C sebesar 0,071 unit/menit dan pada pH 6,5 sebesar 0,101 unit/menit.

Buah belimbing wuluh memiliki kandungan asam dan kadar air tinggi yang menyebabkan buah ini jarang dikonsumsi layaknya buah segar dan daya simpannya relatif singkat (Windyastari dkk., 2012). Menurut Subhadrabandhu (2001), belimbing wuluh mengandung senyawa kimia asam format sebanyak 0,4-0,9 meq asam/100 g total padatan, asam sitrat sebanyak 92,6-133,8 meq asam/100 g total padatan, dan asam askorbat (Vitamin C) sebanyak 9 mg/100 g total padatan. Belimbing wuluh memiliki nilai pH yang rendah sehingga dapat mempercepat penurunan pH pada susu hingga pada titik isoelektriknya yaitu pada pH 4,6-4,7 maka susu mulai terbentuk gumpalan (Rifnida dkk., 2018).

Keunggulan menggunakan sari belimbing wuluh yaitu: (a) belimbing wuluh mudah tersedia dengan harga yang murah serta mudah tumbuh di daerah tropis, (b) proses pengolahan mudah yaitu hanya dengan menggunakan blender dan juicer, (c) keju lunak yang dihasilkan memiliki aroma yang khas dan memberi cita rasa. Penggunaan belimbing wuluh memiliki banyak manfaat yaitu sebagai pengawet bahan makanan, mengurangi perkembangan bakteri, menambah kandungan vitamin C serta mengandung asam sitrat (Andika, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Widarta dkk., (2016) menyebutkan bahwa penggunaan sari belimbing wuluh sampai 0,9% dalam pembuatan keju mozzarella menghasilkan rendemen 9,39% kadar protein 20,84%, kadar air 57,49 %, kadar lemak 11,55%, elastisitas 62,01% dan kemuluran 1,09 1/N. Pada penelitian Aggoro (2023), dinyatakan bahwa karakteristik keju yang dihasilkan dengan penambahan enzim bromelin tidak mengurangi kualitas dari produk yang secara umum diasosiasikan memiliki rasa pahit. Hal itu sejalan dengan penelitian Suryani (2023) menyimpulkan bahwa pemakaian enzim bromelin sampai dengan dosis 0,8% menunjukkan bahwa berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar protein, kadar lemak, dan kadar air keju susu sapi.

Penelitian mengenai pengaruh penambahan enzim bromelin, dan belimbing wuluh sudah banyak dilakukan, namun belum ada yang membahas tentang



Hak Cipta Dituliskan oleh UIN SUSKA RIAU

1. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diizinkan mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

kombinasi antara keduanya. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian dengan judul **“Pengaruh Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap Kadar Protein, pH, Asam Laktat dan Rendemen Keju Mozzarella”**.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi enzim bromelin dan sari belimbing wuluh yang terbaik terhadap kadar protein, pH, asam laktat dan rendemen pada keju mozzarella yang dibuat.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi terkait penggunaan enzim bromelin dan sari belimbing wuluh sebagai alternatif koagulan terhadap kadar protein, pH, asam laktat dan rendemen pada keju mozzarella.

1.4. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah:

1. Terdapat interaksi antara konsentrasi enzim bromelin sampai 2% dan sari belimbing wuluh sampai 2% dalam meningkatkan kadar protein, rendemen dan menurunkan pH, asam laktat pada pembuatan keju mozzarella.
2. Konsentrasi enzim bromelin sampai 2% dapat meningkatkan kadar protein, rendemen dan menurunkan pH, asam laktat pada pembuatan keju mozzarella.
3. Konsentrasi sari belimbing wuluh sampai 2% dapat meningkatkan kadar protein, rendemen dan menurunkan pH, asam laktat pada pembuatan keju mozzarella.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Susu Sapi

Susu adalah cairan yang berasal dari ambing ternak perah yang sehat dan bersih, diperoleh dengan cara pemerahan yang benar dan sesuai ketentuan yang berlaku (Meutia dkk., 2016). Adapun jenis susu yang berasal dari berbagai macam ternak perah seperti kerbau, kambing, dan sapi. Susu sapi merupakan sekresi puting sapi yang bernilai gizi yang sempurna serta merupakan sumber asam amino terbaik yang berasal dari hewan (Alang dkk., 2019). Komposisi yang dimiliki oleh susu tidak ditambah atau dikurangi serta belum dilakukan satu perlakuan apapun, kecuali proses pendinginan. Kandungan gizi yang ada pada susu sapi yaitu: Protein, Kalsium, Vitamin A, Vitamin B, Vitamin D, asam amino, kalori, lemak, fosfor, iodium, seng, zat besi, tembaga, magnesium, vitamin E dan Tiamin (Putri, 2016).

Komposisi susu rata-rata adalah air (87,90%) bahan kering (12,10%) yang terdiri dari lemak (3,45%) dan bahan kering tanpa lemak (8,65%). Bahan kering tanpa lemak terdiri dari protein (3,20%), laktosa (4,60%), dan vitamin, enzim, gas (0,85%). Protein terbagi atas casein (2,70%) dan albumin (0,50%) (Saleh, 2004). Sedangkan kandungan nutrisi yang ada dalam susu menurut (Firman, 2010) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Kandungan Nutrisi Susu Sapi

No	Kandungan Nutrisi	Satuan/Jumlah
	Kalori	69/100 ml
	Vitamin A	21 IU/gram lemak
	Vitamin B1	45 µg/100 ml
	Riboflavin	159 µg/100 ml
	Vitamin C	2 ml asam askorbat/100 ml
	Vitamin D	0,7 IU/gram lemak
	Kalsium	0,18 %
	Besi	0,6 %
	Fosfor	0,23 %
	Kolesterol	15 mg/100 mml
	Protein*	3,5%
	Lemak*	3,7%
	Air*	87,2%

Sumber: Firman (2010); *Sanam (2014)

Selain memiliki kandungan gizi yang kompleks mengkonsumsi susu juga banyak manfaatnya bagi tubuh seperti: membantu pertumbuhan gigi dan tulang,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

memelihara kesehatan, mempercepat penyembuhan, menajamkan penglihatan, sebagai penetralisir zat, mencegah osteoporosis (Sobhanardakani, 2018), sebagai energi cadangan, mengurangi risiko diabetes tipe 2, menghambat pertumbuhan kanker usus besar, serta menurunkan risiko kanker payudara pada wanita (Sozańska, 2019).

Susu juga merupakan sumber nutrisi yang baik bagi mikroorganisme, sehingga susu sangat mudah basi. Kontaminasi bakteri dimulai pada saat pemerahan, bakteri berkembang sangat cepat mengakibatkan susu menjadi tidak bisa diolah lebih lanjut dan tidak layak dikonsumsi. Upaya untuk memperpanjang masa simpan susu yaitu disimpan pada *freezer box* atau dengan cara pasteurisasi yaitu pemanasan susu pada suhu 72 °C dalam waktu 15 detik atau pemanasan pada suhu 63-66 °C dalam waktu 30 menit. Kemudian didinginkan sampai 10 °C, selanjutnya diperlakukan secara aman dari kontaminan dan disimpan pada suhu tidak lebih dari 4,4 °C (Wulandari *et al.*, 2017). Susu sapi segar dalam refrigerator memiliki umur simpan selama 7 hari, sedangkan susu pasteurisasi dapat bertahan 2 minggu dalam refrigerator (Herawati, 2008), oleh karena itu perlu adanya proses pengolahan agar daya simpan susu lebih tahan lama salah satunya adalah keju.

Tabel 2. 2. Kandungan Nutrisi Susu Sapi Sirukam Dairy Farm

No.	Kandungan Nutrisi	Jumlah
1.	Lemak	4,34%
	Protein	2,51%
	Laktosa	3,79%
	Air	16,34%
	Total Padatan	11,24%

Sumber: Data olahan penelitian (2025)

2.2. Enzim Bromelin

Enzim merupakan satu atau beberapa gugus polipeptida (protein) yang berperan sebagai katalis biologi (*bio-katalisator*) yang mampu mempercepat terjadinya proses reaksi tanpa habis bereaksi dalam suatu reaksi kimia (Wiyati dan Titraresmi, 2018). Enzim protease adalah salah satu jenis enzim yang berperan dalam hidrolisis protein. Enzim bromelin termasuk dalam golongan enzim protease ekstraseluler yang dapat menghidrolisis protein menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana seperti peptida rantai pendek dan asam amino. Salah satu sumber enzim protease adalah nanas (*Ananas comosus*) (Salahudin, 2011).



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Buah nanas merupakan buah lokal yang sering dikonsumsi masyarakat Indonesia karena tanamannya banyak tumbuh di Indonesia yang beriklim tropis. Tanaman ini banyak dibudidayakan di daerah tropis dan sub tropis, di mana aslinya berasal dari Brasil (Amerika Selatan). Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu diketahui bahwa nanas beserta limbahnya (batang dan kulit) dapat menghasilkan enzim bromelin. Enzim ini dapat diisolasi dari daging buah, kulit buah, bonggol (hati), tangkai daun, dan daun (Suhermiyati dan Setyawati, 2005). Penggunaan buah nanas yang mengandung enzim bromelin disamping lebih ekonomis dan aman dari segi kesehatan juga ramah lingkungan (Anggraini *et al.*, 2013).

Bromelin diisolasi dari buah nanas dengan menghancurkan daging buah untuk mendapatkan ekstrak kasar enzim bromelin (Hairi, 2010). Enzim bromelin paling stabil diperoleh dari bagian batang buah nanas (Bala *et al.*, 2012). Aktivitas bromelin optimum pada suhu 50 °C, diatas suhu tersebut keaktifan akan menurun. pH optimum 6,5-7 dimana enzim akan mempunyai konformasi yang mantap dan aktivitas maksimal (Fajrin, 2012). Enzim bromelin sendiri akan mengawali destabilisasi misel kasein susu dan terjadi agregasi pada proses koagulasi protein yang menghasilkan matriks tiga dimensi protein kasein (Komansilan *et al.*, 2021). Koagulasi kasein tersebut berdampak pada persentase *cheese yield* dan nilai *hardness* pada keju (Anggoro, 2023).

2. Belimbing Wuluh

Belimbing merupakan nama Melayu untuk jenis tanaman buah dari keluarga *Oxalidaceae*, marga *Averrhoa*. Belimbing wuluh diklasifikasikan berdasarkan kerajaan *Plantae*, sub kerajaan *Tracheobionta*, divisi super *Spermatophyta*, divisi *Magnoliophyta*, kelas *Magnoliopsida*, sub kelas *Roside*, bangsa *Geraniales*, suku *Oxalidaceae*, marga *Averrhoa*, jenis *Averrhoa bilimbi* Linn (Herbie, 2015). Belimbing wuluh dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.1. Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.)
Sumber: Insan dkk. (2019)

Belimbing wuluh berasal dari Kepulauan Maluku dan menyebar ke seluruh bagian Negara Indonesia (Gendrowati, 2013). Belimbing wuluh merupakan tumbuhan berjenis pepohonan yang hidup di ketinggian 5-500 meter diatas permukaan laut. Batangnya memiliki ketinggian mencapai ± 15 meter dengan percabangan yang sedikit. Kemudahan dalam pertumbuhan dan perkembangbiakan menjadi keunggulan tanaman ini. Penanaman dapat dilakukan dengan cangkok atau biji, dan tanaman yang tumbuh dari biji akan mulai berbuah pada usia 3 hingga 4 tahun. Potensi produksinya cukup tinggi, mencapai sekitar 1500 buah per tahun (Mazaya, 2024)

Belimbing wuluh merupakan salah satu tanaman di Indonesia yang banyak memberikan manfaat. Belimbing wuluh sering disebut juga belimbing sayur atau belimbing asam karena memiliki rasa yang cukup asam dan biasanya digunakan sebagai bumbu masakan atau ramuan jamu dan mengandung banyak zat tannin, saponin, glukosa sulfur, asam format, peroksida, flavonoid, serta triterpenoid (Suryaningsih, 2016). Daun belimbing wuluh bisa mengobati sakit perut, reumatik, gondongan, dan penurun panas (Aseptianova, 2020).

Belimbing wuluh sebagai sumber asam organik yang mengandung beberapa jenis asam seperti asam asetat, asam sitrat dan asam format serta zat aktif lain seperti flavonoid, polifenol, tanin dan saponin (Datu *et al.*, 2015). Agustin dan Putri (2014) menjelaskan bahwa dalam 100 g belimbing wuluh mengandung vitamin C 22 mg, kalsium 10 mg dan fosfor 10 mg. Soedarya (2009) menjelaskan bahwa pada buah belimbing wuluh mengandung senyawa oksalat, fenol, flavonoid dan pektin. Kemampuan belimbing wuluh yang berbuah sepanjang tahun tersebut tidak diimbangi dengan pemanfaatannya secara optimal, sehingga buah ini sering

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

terbuang begitu saja. Oleh karena itu, penggunaan belimbing wuluh sebagai koagulan dalam pembuatan keju dilakukan dalam rangka meningkatkan pemanfaatan bahan-bahan alami sebagai alternatif harganya murah dan aman dikonsumsi. Kandungan senyawa organik pada belimbing wuluh menurut Carangal *et al.* (1961) ditampilkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3. Kandungan Senyawa Organik pada Buah Belimbing Wuluh.

Asam Organik	Satuan	Jumlah
Asam asetat	mEq/100 g total padatan	1,6-1,9
Asam sitrat	mEq/100 g total padatan	92,6-133,8
Asam format	mEq/100 g total padatan	0,4-0,9
Asam laktat	mEq/100 g total padatan	0,4-1,2
Asam oksalat	mEq/100 g total padatan	5,5-8,9

Sumber: Carangal *et al.* (1961)

2.4. Keju

Meningkatnya permintaan dan konsumsi keju di Indonesia perlu diimbangi dengan produksi keju, khususnya keju yang dibuat dari susu peternak lokal, dengan menggunakan teknik dan bahan yang dapat disesuaikan. Keju merupakan salah satu produk olahan susu yang memiliki kandungan gizi yang lengkap dan seimbang. Keju diduga dapat mengontrol tekanan darah dan mencegah hipertensi. 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).

Selain dari protein susu (kasein), komponen susu lainnya seperti lemak, mineral dan vitamin yang larut dalam lemak juga termasuk dalam gumpalan partikel-partikel kasein. Umumnya keju diklasifikasikan berdasarkan tiga kategori yakni jenis susu (susu sapi, susu kambing, atau susu kerbau), metode pembuatan (*ripened cheese, unripened cheese*), atau teksturnya (lunak, setengah lunak, keras dan sangat keras) (Hamzah dkk., 2022).

Keju dapat dikatakan lunak dengan kadar air lebih besar dari 40%, keju setengah lunak dengan kadar air 36 - 40%, keju keras dengan kadar air 25 - 36%, dan keju sangat keras dengan kadar air kurang dari 25%. Umur simpan keju bervariasi tergantung dengan jenis keju dan cara penyimpanannya. Keju dapat dimatangkan dengan bakteri, jamur, kombinasi bakteri dan jamur, atau dapat juga dibiarkan tanpa dimatangkan (Buckle *et al.*, 1987).



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.5. Keju Mozzarella

Keju mozzarella merupakan salah satu jenis keju lunak dan merupakan keju asli Italia (Purwadi, 2008). Keju mozzarella adalah keju lunak dengan proses pembuatannya tidak dimatangkan atau disebut keju segar (Sunarya dkk., 2016). Keju ini sangat populer didunia karena rasanya yang lezat dan teksturnya yang lembut serta dapat meleleh dan dicampur dengan berbagai jenis makanan. Ciri khas yang membedakan keju mozzarella dengan keju lainnya adalah teksturnya yang sangat elastis, lunak, dan kenyal (Nur, 2015).

Penelitian yang dilakukan oleh Everett (2003) menyatakan bahwa dalam pembuatan keju Mozzarella dapat dilakukan dengan pengasaman langsung sehingga tidak perlu menunggu kerja kultur starter bakteri untuk memproduksi asam laktat. Salah satu asam yang dapat digunakan dalam pembuatan keju mozzarella dapat diperoleh dari buah-buahan seperti belimbing wuluh. Penggunaan belimbing wuluh sebagai bahan pengasam diharapkan dapat mempercepat proses pembuatan dan meningkatkan kualitas keju mozzarella yang dihasilkan.

2.6. Pembuatan Keju Mozzarella

Bahan utama 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 (Nurcahyo *et al.*, 2019). Setelah melalui proses pasteurisasi pembuatan keju juga harus dilakukan pengasaman terlebih dahulu.

Pembuatan keju mozzarella bisa dilakukan dengan menggunakan kultur starter bakteri untuk mengasamkan susu disertai penambahan rennet untuk membentuk *curd* atau dapat juga melalui pengasaman langsung (Wiedyantara dkk., 2017). Proses pengasaman menggunakan fermentasi membutuhkan waktu yang relatif lebih lama dibandingkan dengan pengasaman dengan zat asam langsung. Hal ini disebabkan karena pada fermentasi diperlukan waktu yang lebih lama bagi pertumbuhan mikroorganisme hingga mampu menghasilkan asam yang akan menurunkan pH hingga sesuai untuk kerja rennet (Wardhani dkk., 2018).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Teknik pembuatan keju dengan *direct acidification* atau pengasaman langsung dapat menghasilkan keju lunak dan berwarna putih (*white soft cheese*) (Sumarmono dan Suhartati, 2016). Pengasaman langsung seperti penggunaan enzim dalam pembuatan keju mempunyai tujuan utama untuk menggumpalkan *curd*. Sebagian besar pembuatan keju menggunakan enzim, karena hasil keju yang diperoleh lebih baik daripada menggunakan bahan penggumpal yang lain (Purwadi, 2019). Beberapa tahapan dalam pembuatan keju mozzarella diantaranya yaitu pasteurisasi, pengasaman, penggunaan enzim, pemotongan *curd*, pemasakan *curd*, pengurangan *whey*, pemuluran, pencetakan dan tanpa pengeraman karena keju mozzarella merupakan keju segar (tanpa pematangan).

2.7. Standar Mutu Keju

Mutu keju mozzarella yang baik memiliki sifat melting (meleleh) atau meltability yang tinggi. *Meltability* merupakan kemampuan partikel keju untuk mengalir bersama dan membentuk lelehan kontinyus yang seragam (Usmiati dkk., 2020). Standar keju Mozzarella yaitu memiliki kandungan air 52,0–60,0%, lemak < 10,8%, garam 1,2%, pH 5,3, citarasa : *A mild pleasing flavor*, bodi dan teksturnya *smooth, pliable*, dan tanpa lubang, pada ketampakan tidak ada tanda–tanda dicetak, warna putih alami hingga krem muda, pengujian pada suhu 232°C keju dapat meleleh dengan sempurna dan memiliki karakteristik kemuluran ≥ 3 inchi (USDA, 2005). Adapun syarat mutu keju mozzarella berdasarkan SNI 8896-2020 dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4. Syarat Mutu Keju Mozzarella

No.	Karakteristik	Satuan	Persyaratan
1.	Warna	-	Normal
2.	Bau	-	Normal
3.	Rasa	-	Normal
4.	Lemak dalam berat kering	Fraksi massa %	10 - 20%
5.	Padatan total	Fraksi massa %	24 - 38%
6.	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,02
7.	Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,05
8.	Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40,0
9.	Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks. 0,02
10.	Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,10
11.	Aflatoksin M ₁	µ/kg	Maks. 0,5
12.	Cemaran mikroba	-	Maks. 10 ⁴ koloni/g

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2020)

2.8. Kadar Protein

Protein susu merupakan komposisi yang sangat penting dalam produksi keju. Hal ini dikarenakan prinsip proses pembuatan keju adalah dengan mengentalkan protein dalam susu. Protein membentuk jaringan yang dapat mengikat air, sehingga mencegah pemisahan fase air yang tidak diinginkan dalam keju. Kasein diperlukan sebagai bahan utama dalam proses koagulasi untuk membentuk globula kasein (*curd*) pada keju (Juniawati *et al.*, 2015). 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).

Perbedaan kadar protein dalam pembuatan keju mozzarella yang dihasilkan disebabkan oleh berbagai konsentrasi asam, sehingga pH yang dihasilkan dari masing-masing perlakuan juga berbeda, pH yang tinggi mengakibatkan rantai protein keju lebih kuat (Rosyidi dkk., 2007). Oleh sebab itu jika susu terlalu asam, maka struktur protein dapat rusak. Kadar protein dalam keju segar berkisar 12-16% sesuai dengan kadar protein fresh cheese (Renner, 1981). Menurut penelitian Mulyaningsih (2020) kadar protein keju mozzarella yang dihasilkan adalah 20,46%.

2.9. pH

pH (*Puissance de Hydrogen*) adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Pengukuran pH sering dilakukan menggunakan pengukur pH atau instrumen standar lainnya. Skala pH berkisar dari 0 hingga 14, dimana nilai pH 7 menunjukkan larutan netral, pH di bawah 7 menunjukkan larutan asam, dan pH di atas 7 menunjukkan larutan basa (Umar dkk., 2014). Aktivitas enzim sangat dipengaruhi oleh pH. pH optimum adalah pH saat aktivitas enzim maksimal. pH tersebut merupakan pH saat gugus pemberi atau penerima proton yang berperan penting pada sisi katalitik enzim atau pengikat substrat berada dalam tingkat ionisasi yang diinginkan, sehingga substrat lebih mudah berinteraksi dengan sisi katalitik enzim (Nielsen dkk., 1999).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Standar pH keju menurut Wulandari *et al.* (2021) kategori keju lunak memiliki nilai pH 5,5. Salma *et al.* (2023) menambahkan pH keju mengalami penurunan akibat lama penyimpanan selama 1 minggu yaitu dari 5,1-5,6 menjadi 4,6-4,7. Lama penyimpanan dapat mengakibatkan pH akan berubah menjadi basa atau keasaman keju berkurang (Negara *et al.*, 2016). Penambahan sari belimbing wuluh juga diharapkan dapat mempercepat pencapaian nilai pH yang terbaik agar dapat mempertahankan kualitas keju Mozzarella.

2.10. Asam Laktat

Asam laktat diproduksi melalui pemecahan laktosa oleh bakteri asam laktat. Kandungan asam laktat merupakan salah satu parameter kualitas kimia pada keju, sebagian besar asam organik yang dihasilkan adalah asam laktat, sehingga persentase asam laktat dihitung sebagai asam total. Total asam laktat mengukur jumlah asam laktat yang dihasilkan selama proses fermentasi susu menjadi keju, dan dapat digunakan sebagai indikator pengawasan mutu keju mozzarella.

Fase pertumbuhan bakteri terdiri atas 4 fase, yaitu: 1) *Fase lag* merupakan fase adaptasi ataupun kemampuan bakteri menyesuaikan diri dengan konsisi lingkungan baru. Kemampuan adaptasi bakteri pada fase lag sangat beragam, hal ini dipengaruhi oleh komposisi media, jumlah sel pada inokulum awal, kondisi pH, suhu dan sifat fisiologis mikroba pada media sebelumnya (Volk *and* Wheeler, 1993). Bakteri asam laktat dapat tumbuh dan berkembang pada kondisi pH optimum yaitu berkisar 5,5-5,8 (Khalid, 2011).

2.11. Rendemen

Rendemen menunjukkan besarnya jumlah keju yang didapatkan dari berat awal bahan baku. Nilai rendemen yang dinyatakan dalam persen ditentukan sebelum penyimpanan dengan cara membandingkan berat *curd* yang dihasilkan dengan berat susu sapi segar yang digunakan sebagai bahan baku (Estikomah, 2017). Semakin tinggi konsentrasi protein dan lemak maka rendemen akan meningkat. Pengurangan kadar lemak susu akan menurunkan rendemen keju. Aktivitas protease selama koagulasi dipengaruhi oleh keasaman susu, keasaman susu baik yang dihasilkan oleh biakan *starter* maupun pengasaman langsung dapat



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

mempengaruhi kekuatan *curd*, sehingga rendemen keju yang dihasilkan dipengaruhi oleh keasaman susu (Fox *et al.*, 2000).

Mulyaningsih (2020) menyatakan bahwa rendemen keju mozzarella tidak dipengaruhi oleh faktor pengasam saja, tetapi dapat dipengaruhi oleh homogenasi susu pada proses pembuatan keju mozzarella. Komar dkk. (2009) menyatakan bahwa keuntungan dari homogenisasi susu adalah rendemen keju mozzarella yang dihasilkan lebih tinggi akibat dari lemak yang terbuang dalam *whey* sedikit.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Metzger *et al.*, (2000) bahwa rendemen keju mozzarella yang dihasilkan 6,91%-7,45%. Komposisi keju mozzarella dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5. Komposisi Keju Mozzarella

Parameter	Mulyaningsih (2020)*	Komansilan (2020)**	USDA (2005)***
Kadar protein	19,99% – 20,85%.	12,64 ± 0,431 ^b	–
pH	–	5,5 – 6,5	5,3
Asam laktat	–	–	–
Rendemen	10,81% – 11,33%.	10,62 ± 0,062 ^c	–

Keterangan:

- * : Penggunaan sari belimbing wuluh
- ** : Penggunaan koagulan enzim bromelin
- *** : Standar keju mozzarella menurut USDA

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

III. MATERI DAN METODE

3.1. Tempat dan Waktu

Pembuatan dan analisis pH, asam laktat, rendemen keju mozzarella dilakukan di Laboratorium Teknologi Pasca Panen dan analisis kadar protein keju mozzarella dilakukan di Laboratorium Nutrisi dan Teknologi Pakan Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru. Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2024 - Januari 2025.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah susu sapi segar 24 liter (susu sapi segar diperoleh dari Peternakan Sapi Perah Sirukam Dairy Farm, Kecamatan Payung Sekaki, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat). Enzim bromelin dari buah nenas yang telah diekstrak dan di produksi PT Shaanxi Fonde Biotech Co., Ltd memiliki kandungan aktifitas 50.000 u/g bubuk sebanyak 390 gram, sari belimbing wuluh 420 ml yang berasal dari 530 gram belimbing wuluh segar, dan garam dapur 24 gram. Adapun bahan yang digunakan pada analisis kadar protein yaitu metilen red, brom kresol green, katalis, larutan H_3BO_3 , larutan NaOH 40%, larutan HCl 0,1 N, larutan H_2SO_4 , analisis asam laktat yaitu NaOH 0,1N, indikator fenolftalein, dan analisis pH yaitu larutan aquades dan larutan buffer.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa alat pasteurisasi, panci untuk pembentukan *curd*, pipet, wadah untuk menampung pisahan antara *curd* dan *whey*, sendok, spatula, gelas ukur, *blender*, thermometer, saringan, timbangan digital, dan pH meter. Alat yang digunakan pada analisis kadar protein antara lain erlenmeyer, kjeltec, buret dan *digestion tubes straight*.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial (4×2) dan 3 ulangan. Perlakuan yang diberikan adalah faktor A penggunaan enzim bromelin yaitu 1,25%, 1,5%, 1,75% dan 2% dan faktor B konsentrasi sari belimbing wuluh yaitu 1,5%, 2%,



dimana setiap perlakuan terdiri dari 3 ulangan dan total unit pengulangan sebanyak 24 kali. Adapun kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1. Kombinasi Perlakuan

A/B	B1	B2
A1	A1B1	A1B2
A2	A2B1	A2B2
A3	A3B1	A3B2
A4	A4B1	A4B2

Keterangan: A1-A4 = konsentrasi enzim bromelin (1,25%, 1,5%, 1,75%, 2%)

B1-B2 = konsentrasi belimbing wuluh (1,5%, 2%)

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Persiapan Susu

Susu sapi yang digunakan sebanyak 24 liter diperoleh dari Peternakan Sapi Perah Sirukam, Kecamatan Payung Sekaki, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat. Setelah itu susu dipasteurisasi pada suhu 70°C dalam waktu 15 detik.

3.4.2. Persiapan Sari Belimbing Wuluh

Pembuatan sari belimbing wuluh menggunakan *blender* sebagai berikut:

1. Buah belimbing wuluh dicuci bersih dan dipotong kecil-kecil.
2. Sari buah belimbing wuluh digiling dengan menggunakan *blender*.
3. Setelah halus, saring dan pisahkan sari dari ampas belimbing wuluh (dalam 1 kg buah belimbing wuluh menghasilkan 790 ml sari belimbing wuluh).

3.4.3. Persiapan Enzim Bromelin

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

1. Menyiapkan enzim bromelin dalam bentuk bubuk (produksi PT Shaanxi Fonde Biotech Co., Ltd).
2. Melarutkan sesuai konsentrasi (1,25%, 1,5%, 1,75%, 2%) enzim bromelin ke dalam 100 ml susu pasteurisasi suhu 30 °C.

3.4.4. Pembuatan Keju Mozzarella (Patahanny dkk., 2019)

Prosedur pembuatan keju mozzarella dengan penambahan enzim bromelin dan sari belimbing wuluh mengikuti petunjuk Patahanny dkk. (2019) yang telah dimodifikasi sebagai berikut:

1. Susu dipasteurisasi pada suhu 70°C, dipertahankan selama 15 detik.

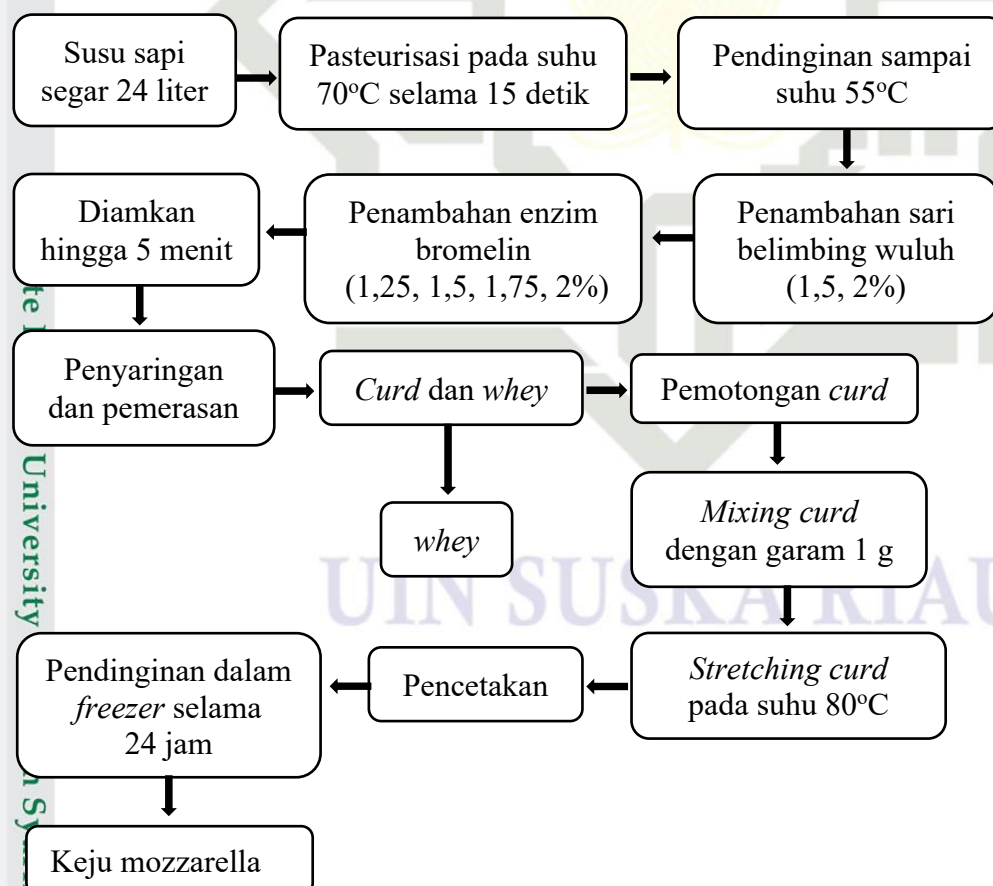
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Setelah didinginkan hingga di suhu 55°C, susu ditambahkan sari belimbing wuluh terlebih dahulu, lalu ditambahkan enzim bromelin sesuai perlakuan.
3. *Curd* akan langsung terbentuk, dan didiamkan selama 5 menit sampai benar-benar terpisah dari *whey*.
4. *Curd* disaring menggunakan saringan dan kain putih sampai benar-benar terpisah dari *whey*.
5. *Curd* ditaburi dengan garam sebanyak 1 gram.
6. *Curd* dilakukan pemuluran (*stretching*) dengan ditambah air panas bersuhu 80°C sambil ditarik dan dibalik dengan sendok agar *curd* lebih kompak.
7. Hasil rendemen ditimbang dan dicatat beratnya.
8. Keju mozzarella disimpan dalam *freezer* selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian.

Demikian langkah-langkah pembuatan keju mozzarella yang akan diterapkan oleh peneliti pada penelitian ini.

Bagan alir pembuatan keju mozzarella dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Bagan Alir Pembuatan Keju Mozzarella

3.5. Parameter Penelitian

3.5.1. Kadar Protein

Pengukuran kadar protein dilakukan berdasarkan pedoman Foss Analytical (2003) sebagai berikut:

- 1) Sampel ditimbang 1 g, dimasukkan kedalam *digestion tubes straight*.
- 2) Ditambahkan katalis (1,5g K₃SO₄ dan 7,5 mg MgSO₄) sebanyak 2 buah dan larutan H₂SO₄ sebanyak 6 ml ke dalam *digestion tubes straight*.
- 3) Sampel didestruksi dalam lemari asam pada suhu 425°C selama 4 jam atau sampai cairan menjadi jernih (kehijauan).
- 4) Sampel didinginkan, ditambahkan aquades 30 ml secara perlahan-lahan.
- 5) Sampel dipindahkan ke dalam alat destilasi.
- 6) Disiapkan erlenmeyer 25 ml yang berisi 25 ml larutan H₃BO₃ 7 ml metilen red dan 10 ml brom kresol green. Ujung tabung kondensor harus terendam dibawah larutan H₃BO₃.
- 7) Ditambahkan larutan NaOH 30 ml ke dalam erlenmeyer, kemudian didestilasi selama 5 menit.
- 8) Tabung kondensor dibilas dengan air dan bilasannya ditampung dalam erlenmeyer yang sama.
- 9) Sampel dititrasi dengan HCl 0,1 N sampai terjadi perubahan warna menjadi merah muda, dilakukan juga penetapan blanko.

$$\%N = \frac{(\text{ml Titran} - \text{ml Blanko} \times \text{Normalitas HCl} \times 14,007)}{\text{Berat Sampel (mg)}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Protein} = \% N \times \text{Faktor Konversi}$$

Keterangan:

FK = Faktor konversi untuk susu adalah 6,38

3.5.2. Uji pH

Tahapan pengukuran nilai pH menggunakan metode Surya dkk. (2022) yang dimodifikasi pada sampel yang digunakan. Nilai pH diukur dengan cara pengambilan tiap sampel 5 gram lalu dimasukkan kedalam aquades 25 ml. Sebelum mengukur nilai pH, alat pH meter dikalibrasikan dahulu dengan cara mencelupkan alat elektroda pH meter pada cairan buffer yang memiliki pH 4 dan 7, kemudian



elektroda pH meter dicelupkan kedalam sampel dan menunggu sekitar 2 menit sampai nilai pH yang tertera pada monitor tidak berubah.

3.5.3. Total Asam Laktat

Perhitungan nilai total asam laktat menggunakan dasar metode AOAC (2005) dengan prosedur sampel sebanyak 10 ml ditambahkan 2 tetes indikator fenolftalein, kemudian dilakukan titrasi dengan NaOH 0,1 N. Titrasi dilakukan hingga sampel berubah warna menjadi merah muda yang stabil. Total asam laktat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Asam Laktat (\%)} = \frac{V1 \times N \times BM}{V2 \times 1000} \times 100$$

Keterangan :

V1 = Volume NaOH yang digunakan untuk mentitrasi sampel

V2 = Volume sampel

N = Normalitas dari NaOH yang digunakan

BM = Berat molekul asam laktat (90,08)

3.5.4. Rendemen

Rendemen adalah rasio antara keju yang terbentuk dengan susu yang digunakan sebagai bahan dasar (Daulay, 1991). Pengujian rendemen dilakukan dengan menghitung efisiensi keju yang dihasilkan. Rendemen keju segar diperoleh dengan rumus:

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

Keterangan:

A = Berat produk susu yang digunakan (g)

B = Berat keju yang terbentuk (g)

3.6. Analisis Data

Data percobaan yang diperoleh diolah menurut analisis keragaman rancangan acak lengkap pola faktorial menurut Steel and Torrie (1991). Model matematik analisis ragam adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan:



- Y_{ijk} : Pengamatan pada taraf ke-i, ke-j dan ke-k
 μ : Rataan umum
 α : Pengaruh perlakuan konsentrasi enzim bromelin
 β : Pengaruh galat dari perlakuan konsentrasi belimbing wuluh
 $(\alpha\beta)_{ij}$: Pengaruh interaksi dari taraf ke-i dan taraf ke-j
 μ_{ijk} : Pengaruh galat dari taraf ke-i dan taraf ke-j dan ulangan ke-k
 i : Perlakuan ke- 1, 2, 3, 4
 j : Perlakuan ke- 1, 2
 k : Ulangan ke- 1, 2, 3

Tabel sidik ragam untuk uji Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dapat dilihat pada Tabel 3.2. di bawah ini.

Tabel 3. 2. Analisis Ragam Data Penelitian Sumber keragaman (SK)

Sumber keragaman (SK)	Derajat bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
A	a - 1	JKA	KTA	KTA/KTG	-	-
B	b - 1	JKB	KTB	KTB/KTG	-	-
AB	(a-1) (b-1)	JKAB	KTAB	KTAB/KTG	-	-
Galat	ab (r-1)	JKG	KTG	-	-	-
Total	ab r-1	JKT	-	-	-	-

Keterangan:

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi (FK)} &= \frac{(Y_{...})^2}{r.a.b} \\ \text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} &= \sum (Y_{ijk})^2 - FK \\ \text{Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)} &= \sum \frac{(Y_{ij})^2}{r} - FK \\ \text{Jumlah Kuadrat Faktor A (JKA)} &= \sum \frac{(a_i)^2}{r.b} - FK \\ \text{Jumlah Kuadrat Faktor B (JKB)} &= \sum \frac{(b_j)^2}{r.a} - FK \\ \text{Jumlah Kuadrat Faktor AB (JKAB)} &= JKP - JKA - JKB \\ \text{Jumlah Kuadrat Galat (JKG)} &= JKT - JKP \\ \text{Kuadrat Tengah Faktor A (KTA)} &= \frac{JKA}{db A} \\ \text{Kuadrat Tengah Faktor B (KTB)} &= \frac{JKB}{db B} \\ \text{Kuadrat Tengah Interaksi (KTAB)} &= \frac{JKAB}{db AB} \\ \text{Jumlah Kuadrat Tengah Galat (KTG)} &= \frac{JKG}{db G} \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



F_{hitung} A

$$= \frac{KTA}{KTG}$$

F_{hitung} B

$$= \frac{KTB}{KTG}$$

F_{hitung} AB

$$= \frac{KTAB}{KTG}$$

Apabila hasil analisis ragam menunjuk kan pengaruh nyata dilakukan uji lanjut dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) (Stell and Torrie, 1991).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kadar Protein

Rata-rata kadar protein keju mozzarella dengan penambahan enzim bromelin dan sari belimbing wuluh dapat dilihat pada Tabel 4.1. Berdasarkan analisis sidik ragam (Lampiran 1) menunjukkan bahwa konsentrasi enzim bromelin berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar protein keju mozzarella. Konsentrasi sari belimbing wuluh memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar protein keju mozzarella. Namun tidak terjadi interaksi ($P > 0,05$) terhadap peningkatan kadar protein keju mozzarella yang dihasilkan.

Tabel 4.1. Rata-rata nilai Protein (%) pada Keju Mozzarella dengan Penggunaan Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh

Faktor A (Enzim Bromelin)	Faktor B (Belimbing Wuluh)		Rataan
	B1 (1,5%)	B2 (2%)	
A1 (1,25%)	23,24 $\pm$ 1,47	22,74 $\pm$ 1,05	22,99 ^a $\pm$ 0,29
A2 (1,5%)	19,61 $\pm$ 0,58	24,85 $\pm$ 3,89	22,23 ^a $\pm$ 2,34
A3 (1,75%)	21,37 $\pm$ 1,52	24,26 $\pm$ 2,96	22,81 ^a $\pm$ 1,01
A4 (2%)	25,82 $\pm$ 3,08	26,83 $\pm$ 1,91	26,32 ^b $\pm$ 0,83
Rataan	22,51 ^a $\pm$ 1,04	24,67 ^b $\pm$ 1,24	

Keterangan : Data yang ditampilkan merupakan rata-rata $\pm$ stdev. Superskrip huruf kecil yang berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan berpengaruh nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan Tabel 4.1. dapat dijelaskan bahwa perlakuan konsentrasi enzim bromelin 1,5%-2% memberikan pengaruh nyata terhadap kadar protein keju mozzarella. Hal ini diduga karena enzim bromelin memecah kasein sebagai komponen utama protein susu, dengan demikian mempengaruhi pembentukan *curd* dan kadar protein pada keju mozzarella. Jika konsentrasi enzim bromelin berlebihan menyebabkan protein terbuang ke *whey* dan dapat menurunkan kadar protein dalam keju mozzarella (Yahya, 2024).

Konsentrasi belimbing wuluh sampai 2% pada pembuatan keju mozzarella memberikan pengaruh nyata meningkatkan kadar protein yang dihasilkan. Diduga karena pengasaman langsung dari sari belimbing yang dapat menurunkan pH hingga 4,5-5,4 dimana pH tersebut merupakan titik isoelektrik kasein susu (Budiman, 2017). Penurunan pH menyebabkan kasein menggumpal dan terbentuknya *curd*, semakin banyak *curd* yang terbentuk maka semakin tinggi kadar protein pada keju mozzarella yang dihasilkan (Widarta dkk., 2016).



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada kombinasi perlakuan tidak terjadi interaksi antara konsentrasi enzim bromelin dan konsentrasi sari belimbing wuluh terhadap kadar protein keju mozzarella. Hal ini diduga karena enzim bromelin bekerja sebagai koagulan yang memecah ikatan peptida dalam protein susu, khususnya pada kasein yang menyebabkan protein terurai menjadi asam amino atau polipeptida yang lebih kecil. Sedangkan sari belimbing wuluh berperan sebagai pengasam yang menurunkan pH susu. Kedua kombinasi perlakuan ini bekerja secara terpisah sehingga tidak saling berinteraksi secara nyata (Rifnida dkk., 2018).

Uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa nilai kadar protein terendah ditunjukkan pada rata-rata perlakuan enzim bromelin $A_2=1,5\%$, $A_3=1,75\%$, $A_1=1,25\%$ dan kadar protein tertinggi ditunjukkan dengan rata-rata pada perlakuan $A_4=2\%$ enzim bromelin yaitu rata-rata nilai kadar protein 26,32%. Sedangkan pada penggunaan sari belimbing wuluh nilai kadar protein terendah ditunjukkan pada perlakuan $B_1=1,5\%$ dan tertinggi ditunjukkan dengan rata-rata pada perlakuan $B_2=2\%$ yaitu dengan rata-rata nilai kadar protein 24,67%.

Hasil nilai kadar protein penelitian ini yaitu 19,61%-26,83%, hasil ini lebih baik dari hasil penelitian Mulyaningsih (2020) yang menggunakan enzim rennet dan jus belimbing wuluh bahwa kadar protein keju mozzarella berkisar antara 19,99%-20,85%. Jika dibandingkan kembali dengan hasil penelitian Wahyudi (2024) yang menggunakan enzim papain dan sari jeruk nipis bahwa kadar protein keju mozzarella berkisar antara 18,03%-27,91%. Dengan demikian, penambahan enzim bromelin 1,25%-2% dan sari belimbing wuluh sebanyak 1,5-2% mampu menghasilkan keju mozzarella dengan kadar protein yang telah memenuhi standar.

4.2 pH

Rata-rata nilai pH keju mozzarella dengan penambahan enzim bromelin dan sari belimbing wuluh dapat dilihat pada Tabel 4.2. Berdasarkan analisis sidik ragam (lampiran 2) menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi enzim bromelin tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap nilai pH keju mozzarella. Akan tetapi dalam penambahan konsentrasi sari belimbing wuluh memberikan pengaruh sangat nyata ($P<0,01$) dalam menurunkan nilai pH keju mozzarella. Terjadi interaksi konsentrasi

enzim bromelin dan konsentasi sari belimbing wuluh ($P < 0,05$) terhadap penurunan nilai pH keju mozzarella yang dihasilkan.

Tabel 4.2. Rata-rata nilai pH pada Keju Mozzarella dengan Penambahan Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh

Faktor A (Enzim Bromelin)	Faktor B (Belimbing Wuluh)		Rataan
	B1 (1,5%)	B2 (2%)	
A1 (1,25%)	6,32 ^{Ba} ±0,11	5,41 ^{Aa} ±0,23	5,87±0,09
A2 (1,5%)	6,37 ^{Ba} ±0,30	5,70 ^{Aab} ±0,48	6,03±0,13
A3 (1,75%)	6,03 ^{Aa} ±0,29	6,11 ^{Ab} ±0,12	6,07±0,12
A4 (2%)	6,23 ^{Ba} ±0,12	5,54 ^{Aa} ±0,06	5,88±0,05
Rataan	6,24 ^a ±0,10	5,69 ^b ±0,19	

Keterangan : Data yang ditampilkan merupakan rata-rata±stdev. Superskrip huruf besar yang berbeda pada kolom yang sama dan huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) atau sangat nyata ($P < 0,01$)

Berdasarkan Tabel 4.2. dapat dijelaskan bahwa konsentrasi enzim bromelin 1,25%-2% menghasilkan nilai pH yang sama bagusnya. Hal ini diduga karena jumlah enzim atau hidrolisis yang terjadi antar perlakuan dapat memecah protein menjadi asam amino dalam menghasilkan *curd* pada pembuatan keju mozzarella. Sehingga nilai pH dalam pembuatan keju mozzarella yang dihasilkan sama.

Penurunan pH yang terjadi disebabkan oleh penambahan sari belimbing wuluh karena konsentrasinya meningkat dari 1,5%-2% sehingga nilai pH yang dihasilkan turun. Diduga karena proses pengasaman langsung dari sari belimbing wuluh yang mengandung asam sitrat yang tinggi. Asam sitrat bersifat asam karena dapat melepaskan ion H^+ dalam larutan sari belimbing wuluh, sehingga menurunkan pH keju mozzarella yang dihasilkan (Pramesty dkk., 2024).

Terjadi interaksi antara konsentrasi enzim bromelin dan sari belimbing wuluh. Semakin banyak konsentrasi belimbing wuluh maka pH yang dihasilkan turun dibuktikan oleh kombinasi perlakuan A1B2 dan A4B2. Pada penambahan sari belimbing yang paling sedikit menghasilkan pH yang tinggi terdapat pada kombinasi A1B1 dan A2B1. Uji lanjut DMRT menunjukkan kombinasi A1B2, A4B2 dan A3B1 memiliki pH nyata lebih rendah dari A2B2. Nilai pH pada kombinasi A2B2 nyata lebih rendah dari A3B2. Nilai pH kombinasi A3B2 nyata lebih rendah dari kombinasi A1B1, A2B1 dan A4B1.

Penurunan nilai pH disebabkan karena penambahan sari belimbing wuluh memiliki pH yang asam, yaitu pada rentang 2,80-3,07. Penurunan pH ini sesuai dengan penelitian Komar dkk. (2009) menunjukkan bahwa penambahan bahan

yang lebih asam (asam sitrat) selama proses pembuatan semakin menurunkan pH keju mozzarella. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak bahan asam yang ditambahkan, maka semakin rendah pH keju mozzarella yang dihasilkan.

Hasil nilai pH pada penelitian ini yaitu 5,41-6,37, menunjukkan bahwa nilai pH pada penelitian ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan pH keju mozzarella menurut USDA (2005) yaitu 5,3 akan tetapi sama dengan hasil penelitian Komansilan (2020) menggunakan enzim bromelin yang menyatakan nilai pH keju mozzarella berkisar antara 5,5-6,5. Hal itu sejalan dengan penelitian Wiedyantara dkk. (2017) menjelaskan bahwa penambahan sari buah naga merah dan enzim rennet terhadap keju mozzarella dapat mempengaruhi nilai pH yang dihasilkan yaitu 5,98-6,42. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penambahan sari belimbing wuluh sebanyak 1,5-2% mampu menghasilkan keju mozzarella dengan nilai pH yang telah memenuhi standar.

4.3 Asam Laktat

Rata-rata total asam laktat keju mozzarella dengan penambahan enzim bromelin dan sari belimbing wuluh dapat dilihat pada Tabel 4.3. Berdasarkan analisis sidik ragam (Lampiran 3) menunjukkan bahwa konsentrasi enzim bromelin tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap total asam laktat keju mozzarella. Konsentrasi sari belimbing wuluh tidak memberikan pengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap total asam laktat keju mozzarella. Namun demikian, terjadi interaksi ($P<0,05$) antara konsentrasi enzim bromelin dan konsentrasi sari belimbing wuluh terhadap peningkatan dan penurunan total asam laktat keju mozzarella yang dihasilkan.

Tabel 4.3. Rata-rata nilai total asam laktat (%) pada Keju Mozzarella dengan Penggunaan Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh

Faktor A (Enzim Bromelin)	Faktor B (Belimbing Wuluh)		Rataan
	B1 (1,5%)	B2 (2%)	
A1 (1,25%)	0,378 ^{Aa} ±0,133	0,504 ^{Ab} ±0,063	0,441±0,049
A2 (1,5%)	0,450 ^{Aa} ±0,080	0,390 ^{Aab} ±0,127	0,420±0,034
A3 (1,75%)	0,501 ^{Aa} ±0,077	0,366 ^{Aab} ±0,116	0,434±0,028
A4 (2%)	0,489 ^{Ba} ±0,057	0,234 ^{Aa} ±0,041	0,362±0,011
Rataan	0,455±0,032	0,374±0,041	

Keterangan : Data yang ditampilkan merupakan rata-rata±stdev. Superskrip huruf besar yang berbeda pada kolom yang sama dan huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berpengaruh nyata ($P<0,05$)



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Berdasarkan Tabel 4.3. dapat dijelaskan bahwa konsentrasi enzim bromelin 1,25%-2% menghasilkan total asam laktat yang sama yaitu dengan rata-rata 0,362%-0,441%. Enzim bromelin tidak dapat secara langsung meningkatkan total asam laktat dalam keju mozzarella, tetapi disebabkan oleh proses fermentasi yang melibatkan bakteri asam laktat. Penggunaan enzim bromelin hanya mempengaruhi kekuatan *curd* dan tekstur keju mozzarella yang dihasilkan (Hariyadi, 2020).

Terjadi penurunan total asam laktat disebabkan oleh penambahan konsentrasi belimbing wuluh karena belimbing wuluh memiliki kemampuan untuk meningkatkan kandungan asam laktat dalam keju mozzarella karena kandungan asam yang signifikan di dalamnya. Kandungan asam sitrat belimbing wuluh sebanyak 92,6-133,8 meq asam/100 g total padatan (Widarta dkk., 2016).

Namun demikian, terjadi interaksi antara konsentrasi enzim bromelin dan konsentrasi sari belimbing wuluh terhadap peningkatan dan penurunan total asam laktat keju mozzarella. Pada kombinasi perlakuan A4B2 penambahan konsentrasi sari belimbing wuluh 2% total asam laktat keju mozzarella mulai menurun dikarenakan pH sari belimbing wuluh meningkat. Uji lanjut DMRT menunjukkan kombinasi A4B2, A1B1, A2B1, A3B1 memiliki total asam laktat nyata lebih rendah dari kombinasi perlakuan A1B2. Pada kombinasi perlakuan A3B2 dan A2B2 memiliki total asam laktat nyata lebih rendah dari kombinasi perlakuan A4B1.

Nilai total asam laktat hasil penelitian ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian Dwiocka (2024) dengan pegasaman langsung menggunakan sari jeruk nipis sampai 7% dan enzim papain total asam laktat pada keju mozzarella yang dihasilkan 0,181%. Konsentrasi terbaik asam laktat yang digunakan dalam pembuatan keju mozzarella pada penelitian Choirudin (2020) adalah 0,050% dari volume susu sedangkan penggunaan asam sitrat dengan persentase optimum sebesar 0,050% menghasilkan total asam tertitiasi 0,36% (Zainudin, 2020).

4.4 Rendemen

Rata-rata nilai rendemen keju mozzarella dengan penambahan enzim bromelin dan sari belimbing wuluh dapat dilihat pada Tabel 4.4. Berdasarkan analisis sidik ragam (Lampiran 4) menunjukkan bahwa konsentrasi enzim bromelin

@sari
 @makcabotamalik
 @rencoenz
 @rencoenz
 @Tab
 @EIN Suska Riau
 @Kete
 @dalam
 @beli
 @Kor
 @hidr
 @hila
 @ini s
 @pad
 @State Islamic
 @mer
 @dra
 @mer
 @berl
 @enz
 @keju
 @Sultan Syarif Kasim Riau

- @sari
 @makcabotamalik
 @rencoenz
 @rencoenz
 @Tab
 @EIN Suska Riau
 @Kete
 @dalam
 @beli
 @Kor
 @hidr
 @hila
 @ini s
 @pad
 @State Islamic
 @mer
 @dra
 @mer
 @berl
 @enz
 @keju
 @Sultan Syarif Kasim Riau

@sari
 @makcabotamalik
 @rencoenz
 @rencoenz
 @Tab
 @EIN Suska Riau
 @Kete
 @dalam
 @beli
 @Kor
 @hidr
 @hila
 @ini s
 @pad
 @State Islamic
 @mer
 @dra
 @mer
 @berl
 @enz
 @keju
 @Sultan Syarif Kasim Riau

@sari
 @makcabotamalik
 @rencoenz
 @rencoenz
 @Tab
 @EIN Suska Riau
 @Kete
 @dalam
 @beli
 @Kor
 @hidr
 @hila
 @ini s
 @pad
 @State Islamic
 @mer
 @dra
 @mer
 @berl
 @enz
 @keju
 @Sultan Syarif Kasim Riau

@sari
 @makcabotamalik
 @rencoenz
 @rencoenz
 @Tab
 @EIN Suska Riau
 @Kete
 @dalam
 @beli
 @Kor
 @hidr
 @hila
 @ini s
 @pad
 @State Islamic
 @mer
 @dra
 @mer
 @berl
 @enz
 @keju
 @Sultan Syarif Kasim Riau

@sari
 @makcabotamalik
 @rencoenz
 @rencoenz
 @Tab
 @EIN Suska Riau
 @Kete
 @dalam
 @beli
 @Kor
 @hidr
 @hila
 @ini s
 @pad
 @State Islamic
 @mer
 @dra
 @mer
 @berl
 @enz
 @keju
 @Sultan Syarif Kasim Riau

@sari
 @makcabotamalik
 @rencoenz
 @rencoenz
 @Tab
 @EIN Suska Riau
 @Kete
 @dalam
 @beli
 @Kor
 @hidr
 @hila
 @ini s
 @pad
 @State Islamic
 @mer
 @dra
 @mer
 @berl
 @enz
 @keju
 @Sultan Syarif Kasim Riau

@sari
 @makcabotamalik
 @rencoenz
 @rencoenz
 @Tab
 @EIN Suska Riau
 @Kete
 @dalam
 @beli
 @Kor
 @hidr
 @hila
 @ini s
 @pad
 @State Islamic
 @mer
 @dra
 @mer
 @berl
 @enz
 @keju
 @Sultan Syarif Kasim Riau



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

V. PENUTUP

Kesimpulan

1. Terdapat interaksi antara konsentrasi enzim bromelin sampai 2% dan sari belimbing wuluh sampai 2% dalam menurunkan pH dan asam laktat pada keju mozzarella.
2. Konsentrasi enzim bromelin sampai 2% dapat meningkatkan kadar protein pada keju mozzarella.
3. Konsentrasi sari belimbing wuluh sampai 2% dapat meningkatkan kadar protein dan menurunkan pH pada keju mozzarella.
4. Perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan A4B2 karena mampu meningkatkan kadar protein (26,83%), menurunkan pH (5,54) dan asam laktat (0,234%) serta menghasilkan rendemen 5,97% pada keju mozzarella.

5.2 Saran

Peneliti menyarankan penggunaan enzim bromelin 2% dan sari belimbing wuluh 2% untuk menghasilkan keju mozzarella.



DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, F. dan W. D. R. Putri. 2014. Pembuatan Jelly Drink *Averrhoa bilimbi* L. (Kajian Proporsi Belimbing Wuluh: Air dan Konsentrasi Karagenan). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(3): 1- 9.
- Ang, H., J. Kusnadi, T. Ardyati dan Suharjono. 2019. Karakteristik Nutrisi Susu Kerbau Belang Toraja, Makassar. *Zootec*, 40(1): 308-315.
- Andika, R. 2017. Pengaruh Penambahan Sari Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) terhadap Nilai Total Titratable Acidity, Kadar Air, Protein dan Nilai Organoleptik Keju Mozzarella. *Skripsi*. Fakultas Peternakan Universitas Andalas. Padang
- Anggoro, A. 2023. Alternatif Protease pada Enzim Rennet dalam Pembuatan Keju. *Zigma*, 38(2): 73-80.
- 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.
- AOAC. 2005. *Official Method of Analysis of the AOAC*. 14th ed. AAAC Inc, Virginia. 1500 halaman.
- Aseptianova, A., dan E. H. Yuliany. 2020. Penyuluhan Manfaat Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* Linn.) sebagai Tanaman Kesehatan di Kelurahan Kebun Bunga, Kecamatan Sukarami, Palembang. *Abdihaz: Jurnal Ilmiah Pengabdian pada Masyarakat*, 2(2): 52-56.
- Asmaq, N. dan N. Lubis. 2019. Kualitas Gizi Keju Mozzarella dengan Penambahan Koagulan yang Berbeda. *Jasa Padi*, 4(2): 4-7.
- Badan Standarisasi Nasional. 2020. *Syarat Mutu Keju Mozzarella*. SNI 8896-2020. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- Bala, M., N. A. Ismail, M. Mel, M. S. Jami, H. M. Salleh, and A. Amid. 2012. Bromelain production: Current trends and perspective. *Archives Des Sciences*, 65(11): 369-399.
- Beckle, K. A., R. A., Edwards, G. H. Fleet, and M. Wootton. 1987. *Ilmu Pangan*. Universitas Indonesia Press, Jakarta. 364 halaman.
- Badiman, S., R. Hadju, S. E. Siswosubroto dan G. D. G. Rembet. 2017. Pemanfaatan Enzim Rennet dan *Lactobacillus plantarum* YN 1.3 terhadap pH, Curd dan Total Padatan Keju. *Zootec*, 37(2): 321-328.

- Carangal, A. R., L. G. Gonzalez dan I. L. Daguman. 1961. The Acid Constituents of Some Phillipines Fruits. *Philippine Agriculturist*, 44(10): 514–519.
- Choiruddin, R. F. 2020. Penggunaan Asam Laktat dalam Pembuatan Keju Mozzarella Ditinjau dari Daya Leleh, Elastisitas, Kadar Protein dan Kadar Lemak. *Skripsi*. Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. Malang.
- Claeys, W. L., C. Verraes, S. Cardoen, J. DeBlock, A. Huyghebaert, K. Raes, K. Dewettinck and L. Herman. 2014. Consumption of Raw or Heated Milk from Different Species: an Evaluation of The Nutritional and Potential Healthbenefits. *Food Cont*, 42: 188- 201.
- Datu, J. T., N. Mita, dan R. Rusli. 2015. Aktivitas Antibakteri Sari Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L.) terhadap Bakteri *Pseudomonas Aeruginosa* dan *Staphylococcus Epidermis*. *Prosiding Seminar Nasional Kefarmasian*. 1(1): 36-42.
- Daulay, D. 1991. *Fermentasi Keju*. Institut Pertanian Bogor. Kota Bogor. 42 hal.
- Dwiokta, M. F. 2024. Total Asam Laktat, Rendemen, pH dan Warna Keju Mozzarella dengan Penggunaan Sari Jeruk Nipis pada Konsentrasi yang Berbeda. *Skripsi*. Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim. Riau.
- Estikomah, S. A. 2017. Uji Kadar Lemak Keju Cheddar dengan Variasi Bahan Baku (Sapi, Kambing) serta Variasi Jenis Starter (*Streptococcus lactis*, *Rhizopus oryzae*). *Journal of Islamic Pharmacy*, 1(1): 36-40.
- Eyerett, D. 2003. Functionality of Directly Acidified Mozzarella Cheese Using Different Acid Types. *Thesis*. Food Science Department University of Otago. New Zealand.
- Farin, E. 2012. Penggunaan Enzim Bromelin pada Pembuatan Minyak Kelapa (*Cocos nucifera*) Secara Enzimatis. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Firman, A. 2010. *Agribisnis Sapi Perah*. Widya Padjadjaran. Bandung. 190 hal.
- Foss Analytical. 2003. *KjeltecTm. Sistem Distillation Unit*. User Manual 1000 9164 Rev. 1. 1 Foss Analytical A.B. Sweden.
- Fox, P. F., T. P. Guinee, T. M. Cogan dan P.L.H. McSweeney. 2000. *Fundamentals of Cheese Science*. An Aspen Publication, Gaithersburg.
- Gaman, P. M. dan K. B Sherrington. 1994. *Ilmu Pangan: Pengantar Ilmu Pangan Nutrisi dan Mikrobiologi*. Universitas Gajah Mada Press. Yogyakarta. 317 hal.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Gendrowati, F. 2013. *TOGA: Tanaman Obat Keluarga*. Padi. Jakarta Timur. 118 hal.
- 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*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Hamzah, B., A. Wijaya, dan T. W. Widowati. 2022. *Teknologi Fermentasi pada Industri Pengolahan Keju*. UPT. Penerbit dan Percetakan. Universitas Sriwijaya. Palembang. 200 hal.
- Hariyadi, F. 2020. Penggunaan Asam Sitrat dalam Pembuatan Keju Mozzarella ditinjau dari Rendemen, Kadar Air, Kadar Protein dan Kadar Lemak. *Skripsi*. Fakultas Peternakan. Universitas Brawijaya. Malang
- Herawati, H. 2008. Penentuan Umur Simpan pada Produk Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(4): 124-130.
- Herbie, T. 2015. *Kitab Tanaman Berkhasiat Obat-226 Tumbuhan Obat untuk Penyembuhan Penyakit dan Kebugaran Tubuh*. Octopus Publishing House. Yogyakarta. Hal 28.
- Hutagalung, T. M., A. Yelnetty, M. Tamasoleng, dan J.H.W. Ponto. 2017. Penggunaan Enzim Rennet dan Bakteri *Lactobacillus plantarum* terhadap Sifat Sensoris Keju. *Jurnal Zootek*, 37(2): 286–293.
- Insan, R. R., A. Faridah, A. Yulastri dan R. Holinesti. 2019. Pemanfaatan Belimbing Wuluh (*Averhoa blimbi L.*) sebagai Produk Olahan Pangan Fungsional. *Jurnal Pendidikan Tata Boga dan Teknologi*, 1(1): 47-55.
- Janiawati, 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): 78-86.
- Khalid, K. 2011. An Overview of Lactic Acid Bacteria. *International Journal of Biosciences (IJB)*, 1(3): 1-13.
- Komansilan, S. 2020. Pemanfaatan Enzim Bromelin Buah Nanas (*Ananas comusus*) sebagai Koagulan Alami dan Aplikasinya pada Produksi Keju Cottage. *Doctoral dissertation*, Universitas Brawijaya.
- 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 comusus. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 9(2): 578–587.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Komar N., L. C. Hawa, R. Prastiwi. 2009. Karakteristik Termal Produk Keju Mozzarella (Kajian Konsentrasi Asam Sitrat). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 10(2): 78-87.
- Kumaunang, M., dan V. Kamu. 2011. Aktivitas enzim bromelin dari ekstrak kulit nenas (*Anenas comosus*). *Jurnal ilmiah sains*, 11(2): 198-201.
- Mazaya, S., Z. Mahyiddin., Y. H. Hamid., L. Suhairi dan A. R. Prayudha. 2024. Pemanfaatan Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) pada Pembuatan Es Krim Belimbing. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Kesejahteraan Keluarga*, 9(3): 38-45.
- Metzger, L. E., D. M. Barbano, M. A. Rudan and P. S. Kindstedt. 2000. Effect of Milk Preacidification on Low Fat Mozzarella Chees. I. Composition and Yield. *Journal Dairy Science*, 83(4): 648-658.
- Meutia, N., T. Rizalsyah, S. Ridha dan M. K. Sari. 2016. Residu Antibiotika dalam Air Susu Segar yang Berasal dari Peternakan di Wilayah Aceh Besar. *Jurnal Ilmu Ternak*, 16(1): 1-5.
- Mulyaningsih, I. 2020. Penggunaan Jus Belimbing Wuluh (*Avverrhoa bilimbi*) dalam Pembuatan Keju Mozzarella ditinjau dari Rendemen, Kadar Protein, Kadar Lemak, dan Kadar Air. *Doctoral dissertation*, Universitas Brawijaya.
- Negara, J. K., A. K. Sio, R. Rifkhan, M. Arifin, A. Y. Oktaviana, R. R. S. Wihansah, dan M. Yusuf. 2016. Aspek Mikrobiologis, serta Sensori (Rasa, Warna, Tekstur, Aroma) Pada Dua Bentuk Penyajian Keju yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 4(2): 286–290.
- Nelsen, J.E., L. Beier, D. Otzen, T. V. Borchert, H. B. Frantzen, K.V. Andersen, and A. Svendsen. 1999. Electrostatics in the active site of α -amylase, *European journal of biochemistry*, 246(3): 816-824.
- Nur, F., Hafsan., dan D. Paramitasari. 2015. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat Berpotensi Probiotik dari Dangke Susu Sapi di Kabupaten Enrekang. *Jurnal Bioteknologi*, 3(1): 52-66.
- Nurchahyo, E., C. Saleh dan B. P Hartono. 2019. Pengontrol Suhu pada Pasteurisasi Susu di Kube PSP Desa Kemiri Kecamatan Jabung Malang. *Jurnal Teknik Industri ITN Malang*, 9(2): 1-8.
- Patahanny, T., L. A. Hendrawati dan Nurlaili. 2019. Pembuatan Keju Mozzarella dengan Enzim Papain dan Ekstrak Jeruk Nipis. *Jurnal Agriekstensi*, 18(2): 135-141.
- Pramesty, D. N., R. W. Idayanti dan N. Hidayah. 2024. Perbedaan Lama Perendaman Sari Belimbing Wuluh terhadap pH, Kadar Air, dan Daya Ikat Air Daging Dada Itik Magelang. *Jurnal Galung Tropika*, 13(2): 219-228.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Purwadi 2019. *Ilmu dan Teknologi Pengolahan Keju*. UB Press. Malang. 180 hal.
- Purwadi. 2008. Konsentrasi Optimum Jus Jeruk Nipis sebagai Bahan Pengasam pada Pembuatan Keju Mozzarella. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 3(2): 32-38.
- Purwadi. 2010. Kualitas Fisik Keju Mozzarella dengan Bahan Pengasam Jus Jeruk Nipis. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 5(2): 33-40.
- Putri, E. 2016. Kualitas Protein Susu Sapi Segar Berdasarkan Waktu Penyimpanan. *Chempublish Journal*, 1(2): 14-20.
- Putri, R., dan H. Juhroni. 2021. Pelatihan Pembuatan Keju untuk Memenuhi Kebutuhan Nutrisi Tulang dan Gigi Anak Masa Golden Age. Abdihaz: *Jurnal Ilmiah Pengabdian Pada Masyarakat*. 3(2): 87-95.
- Renner, E. 1988. *Milk in Human Nutrition in World Animal Science B3. Meat Science, Milk Science and Technology*. Edited by H.R. Cross and A. J. Overby. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam. Oxford. New York. Tokyo. 393-420.
- Rifnida, R., Purwadi, dan A. Susilo. 2018. Pengaruh Penambahan Jus Belimbing Wuluh (*Averrhoa Blimbi*) dengan Konsentrasi Berbeda pada Dangke Ditinjau dari Waktu Penggumpalan, Kadar Abu dan Mutu Organoleptik. *Maduranch: Jurnal Ilmu Peternakan*, 3(2): 59-68.
- Rosyidi, D., Purwadi dan F.T.E. Harjono. 2007. Penggunaan Juas Buah Jeruk Sunkist (*Citrus sinensis*) pada Pembuatan Keju Mozzarella. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 2: 1-9.
- Salahudin, F. 2011. Pengaruh Bahan Pengendap Pada Isolasi Enzim Bromelin dari Bonggol Nanas. *Biopropal Industri*, 02(01): 27-31.
- Saleh, E. 2004. *Dasar Pengolahan Susu dan Hasil Ikutan Ternak*. Program Studi Produksi Ternak. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Salma, Z. P., J. Sumarmono, and A. H. D. Rahardjo. 2023. Pengaruh Penambahan Bubuk Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) dengan Persentase yang Berbeda Terhadap pH, Kadar Air, dan Tekstur Keju Susu Low Fat. *Journal of Animal Science and Technology*, 5(1): 117-123.
- Sanam, A.B., I.B.N.Swacita dan K.K. Agustina. 2014. Ketahanan Susu Kambing Peranakan Ettawah Post-Thawing pada Penyimpanan Lemari Es ditinjau dari Uji Didih dan Alkohol. *J Veteriner*, 3(1): 1-8.
- 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.



1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Soares, P., D. Coelho, P. Mazzola and E. Silveira. 2011. Studies on Bromelain Precipitation by Ethanol, Poly (*Ethylene Glycol*) and Ammonium Sulphate. *Chemical Engineering Transactions*, 24(1): 979-984.
- Subhanardakani, S. 2018. Human Health Risk Assessment of Cd, Cu, Pb and Zn through Consumption of Raw and Pasteurized Cow's Milk. *Iranian Journal of Public Health*, 47(8): 1172.
- Soedarya, A. P. 2009. *Agribisnis Belimbing*. Pustaka Grafika. Bandung. 120 hal.
- Sozańska, B. 2019. Raw Cow's Milk and its Protective Effect on Allergies and Asthma. *Nutrients*, 11(2): 1-11.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2011. *Susu Segar*. Badan Standarisasi Nasional (BSN), Jakarta. 4 hal.
- Steel, R. D. and J. H. Torrie. 1991. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 450 hal.
- Subhadrabandhu, S. 2001. *Under-Utilized Tropical Fruits of Thailand*. Rap Publication, Thailand. 70 hal.
- Suhermiyati S dan S. J. Setyawati. 2005. Potensi Limbah Nanas untuk Peningkatan Kualitas Limbah Ikan Tongkol sebagai Bahan Pakan Unggas. Purwokerto: Fakultas Peternakan. Universitas Jenderal Sudirman. *Animal Production*, 10(3): 174-178.
- 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.
- Snarya, H., A. M. Legowo dan P. Sambodho. 2016. Kadar Air, Kadar Lemak dan Tekstur Keju Mozzarella dari Susu Kerbau, Susu Sapi dan Kombinasinya. *Animal Agriculture Journal*, 5(3): 17-22.
- Srya, A. A., B. Muakhid dan U. Ali. 2022. Pengaruh lama penyimpanan suhu ruang limbah whey terhadap jumlah mikroba dan nilai keasaman. *Jurnal Dinamika Rekasatwa*, 5(02): 250-254.
- Sryani, N. A. 2023. Kualitas Kimia Keju Susu Sapi dengan Pemakaian Enzim Bromelin dari Buah Nanas (*Ananas comosus*). *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Sryaningsih, S. 2016. Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) Sebagai Sumber Energi dalam Sel Galvani. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 06(01): 11-17.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dianggap mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dianggap mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Tandria, N. 2011. Pemisahan Protein dari Ekstrak Rennet Abomasum Domba Local dengan Metode Liquid Isoelectric Focusing. *Skripsi*. Fakultas Kedokteran Hewan. Institut Pertanian Bogor.
- Umar, Razali dan A. Novita. 2014. Derajat Keasaman dan Angka Reduktase Susu Sapi Pasteurisasi dengan Lama Penyimpanan yang Berbeda. *Jurnal Medika Veterinaria*, 5(4): 44.
- United States Departement of Agriculture (USDA). 2005. *Commersial Item Discription. Cheese, Mozarella, Lite*. the U. S. Department of Agriculture. United States of America.
- Umriati, S., N.F.N. Abubakar dan A. Adieb. 2020. Pengaruh Penggunaan Pengental Terhadap Karakteristik Fisiokimia Keju Mozarella Susu Sapi. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17(1): 59-67.
- Varicchio M. L., A. D. Francia, F. Masucci, R. Romano and V. Proto. 2007. Fatty Acid Composition of Mediterranean Buffalo Milk Fat. Italian. *Journal of Animal Science*, 6(1): 509-511.
- Volk, W. A. and M. F. Wheeler. 1993. *Mikrobiologi Dasar*. Edisi Kelima. Jilid 1. Penerbit Erlangga. Jakarta. 450 hal.
- Wahyudi, A. T. 2024. Kadar Air, Protein, dan Lemak Keju Mozzarella dengan Penambahan Sari Jeruk Nipis pada Konsentrasi Berbeda. *Skripsi*. Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim. Riau.
- Wardhani, D. H., B. Jos dan H. Cahyono. 2018. Komparasi Jenis Koagulan dan Konsentrasinya terhadap Karakteristik Curd pada Pembuatan Keju Lunak tanpa Pemeraman. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 13(2): 209-216.
- Widarta, I. W. R., 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.
- Wiedyantara, A. B., H. Rizqati dan V. P. Bintoro. 2017. Aktivitas Antioksidan, Nilai pH, Rendemen, dan Tingkat Kesukaan Keju Mozzarella dengan Penambahan Sari Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Teknologi Pangan*, 1(1): 1-7.
- Windyastari, C., Wignyanto, W.I. Putri. 2012. Pengembangan Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) sebagai Manisan Kering dengan Kajian Konsentrasi Perendaman Air Kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan Lama Waktu Pengeringan. *Jurnal Industri*, 1: 195-203.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Wiyati, P. I. dan A. Tjitraresmi. 2018. Karakterisasi, Aktivasi, dan Isolasi Enzim Bromelin dari Tumbuhan Nanas (*Ananas sp.*). *Farmaka*, 16(2): 179-185.

Wulandari, E., E. Harlia dan M. C. Permatasari. 2021. Karakteristik Fisik dan Kimia Fresh Cheese dengan Ekstrak Stroberi (*Fragaria ananassa*) sebagai Koagulan. *Jurnal Ilmu Ternak*, 21(2): 117-123.

Wulandari, Z., E. Taufik dan M. Syarif. 2017. Kajian Kualitas Produk Susu Pasteurisasi Hasil Penerapan Rantai Pendingin. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 5(3): 94-100.

Yahya, A. T., S. A. Prayitno dan S. Ningrum. 2024. Karakteristik Fisikokimia Keju Krim Berdasarkan Perbedaan Rasio Enzim Bromelin dan Enzim Rennet. *Journal of Tropical Food and Agroindustrial Technology*. 5(2): 42-51.

Zainudin, M. 2020. Kualitas Fisikokimia Keju Mozzarella Dengan Penggunaan Asam Sitrat Sebagai Pengasam. *Skripsi*. Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. Malang.



UIN SUSKA RIAU

Lampiran 1. Analisis Statistik Kadar Protein pada Keju Mozzarella dengan Penambahan Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh pada Konsentrasi yang Berbeda.

Faktor (A)	Ulangan	Faktor (B)		Jumlah	Rataan	Stdev
		1,50%	2%			
1,25%	1	24,75	23,17	47,92		
	2	21,82	21,54	43,36		
	3	23,15	23,51	46,66		
Jumlah		69,72	68,22	137,94		
Rataan		23,24	22,74		22,99	
Stdev		1,47	1,05			0,29
1,50%	1	19,39	26,21	45,60		
	2	19,17	20,46	39,63		
	3	20,26	27,87	48,13		
Jumlah		58,82	74,54	133,36		
Rataan		19,61	24,85		22,23	
Stdev		0,58	3,89			2,34
1,75%	1	23,04	20,85	43,89		
	2	20,06	25,83	45,89		
	3	21,00	26,10	47,10		
Jumlah		64,10	72,78	136,88		
Rataan		21,37	24,26		22,81	
Stdev		1,52	2,96			1,01
2%	1	22,56	26,55	49,11		
	2	26,20	28,86	55,06		
	3	28,69	25,07	53,76		
Jumlah		77,45	80,48	157,93		
Rataan		25,82	26,83		26,32	
Stdev		3,08	1,91			0,83
TOTAL		270,09	296,02	566,11		
RATAAN		22,51	24,67		23,59	
STDEV		1,04	1,24			0,87

$$FK = \frac{(Y_{...})^2}{r.a.b} = \frac{(566,11)^2}{3.4.2} = 13353,35$$

$$\begin{aligned} JKT &= \sum (Y_{ijk})^2 - FK \\ &= (24,75^2 + 21,82^2 + \dots + 25,07^2) - 13353,35 \\ &= 13556,56 - 13353,35 \\ &= 203,21 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKP &= \sum_r \frac{(Y_{ij})^2}{r} - FK \\ &= \frac{(69,72^2 + 68,22^2 + \dots + 80,48^2)}{3} - 13353,35 \\ &= 13470,71 - 13353,35 \\ &= 117,36 \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

JK_A

$$= \sum \frac{(a_i)^2}{r \cdot b} - FK$$

$$= \frac{(137,94^2 + 133,36^2 + 136,88^2 + 157,93^2)}{3 \cdot 2} - 13353,35$$

$$= 13451,06 - 13353,35$$

$$= 61,71$$

JK_B

$$= \sum \frac{(b_i)^2}{r \cdot a} - FK$$

$$= \frac{(270,09^2 + 296,02^2)}{3 \cdot 4} - 13353,35$$

$$= 13381,37 - 13353,35$$

$$= 28,02$$

JK_{AB}

$$= JKP - JKA - JKB$$

$$= 117,36 - 61,71 - 28,02$$

$$= 27,63$$

JK_G

$$= JKT - JKP$$

$$= 203,21 - 117,36$$

$$= 85,85$$

$$\begin{array}{llll} db\ A = a - 1 & db\ B = b - 1 & db\ AB = (a - 1)(b - 1) & db\ G = a \cdot b(r - 1) \\ = 4 - 1 & = 2 - 1 & = (4 - 1)(2 - 1) & = 4 \cdot 2(3 - 1) \\ = 3 & = 1 & = 3 & = 16 \end{array}$$

K_{TA}

$$= \frac{JKA}{db\ A} = \frac{61,71}{3} = 20,57$$

K_{TB}

$$= \frac{JKB}{db\ B} = \frac{28,02}{1} = 28,02$$

K_{TAB}

$$= \frac{JKAB}{db\ AB} = \frac{27,63}{3} = 9,21$$

K_{TG}

$$= \frac{JKG}{db\ G} = \frac{85,85}{16} = 5,37$$

F_{hit A}

$$= \frac{KTA}{KTG} = \frac{20,57}{5,37} = 3,83$$

F_{hit B}

$$= \frac{KTB}{KTG} = \frac{28,02}{5,37} = 5,22$$

F_{hit AB}

$$= \frac{KTAB}{KTG} = \frac{9,21}{5,37} = 1,72$$

Tabel Analisis Sidik Ragam

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel		Ket
					5%	1%	
A	3	61,71	20,57	3,83	3,24	5,29	*
B	1	28,02	28,02	5,22	4,49	8,53	*
AB	3	27,63	9,21	1,72	3,24	5,29	Ns
Galat	16	85,85	5,37				
Total	23	203,21					

Ket: * = Berpengaruh nyata ($P < 0,05$), Ns = Non signifikan (menunjukkan pengaruh tidak nyata ($P > 0,01$))

Uji Lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT)

Faktor A

$$S_{yA} = \sqrt{\frac{KTG}{r.b}} = \sqrt{\frac{5,37}{3.2}} = 0,95$$

Tabel *Significant Studentized Range* (SSR)

P	SSR 5%	LSR 5%	SSR 1%	LSR 1%
2	3,00	2,85	4,13	3,92
3	3,15	2,99	4,34	4,12
4	3,23	3,07	4,45	4,23

Urutkan rata-rata terkecil - terbesar

A2	A3	A1	A4
22,23	22,81	22,99	26,32

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A2-A3	0,58	2,85	3,92	Ns
A2-A1	0,76	2,99	4,12	Ns
A2-A4	4,09	3,07	4,23	*
A3-A1	0,18	2,85	3,92	Ns
A3-A4	3,51	2,99	4,12	*
A1-A4	3,33	2,85	3,92	*

Superskrip:

A ^a	A3 ^a	A1 ^a	A4 ^b
----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Faktor B

$$S_{yB} = \sqrt{\frac{KTG}{r.a}} = \sqrt{\frac{5,37}{3.4}} = 0,67$$

Tabel *Significant Studentized Range* (SSR)

P	SSR 5%	LSR 5%	SSR 1%	LSR 1%
2	3,00	2,01	4,13	2,77

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Urutkan rata-rata terkecil - terbesar

B1	B2
22,51	24,67

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
B1-B2	2,16	2,01	2,77	*

Superskrip:

B1 ^a	B2 ^b
-----------------	-----------------

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Lampiran 2. Analisis Statistik pH pada Keju Mozzarella dengan Penambahan Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh pada Konsentrasi yang Berbeda.

Faktor (A)	Ulangan	Faktor (B)		Jumlah	Rataan	Stdev
		1,50%	2%			
1,25%	1	6,44	5,36	11,80		
	2	6,28	5,67	11,95		
	3	6,24	5,21	11,45		
Jumlah		18,96	16,24	35,20		
Rataan		6,32	5,41		5,87	
Stdev		0,11	0,23			0,09
1,50%	1	6,47	5,27	11,74		
	2	6,03	5,60	11,63		
	3	6,61	6,22	12,83		
Jumlah		19,11	17,09	36,20		
Rataan		6,37	5,70		6,03	
Stdev		0,30	0,48			0,13
1,75%	1	6,14	5,97	12,11		
	2	5,70	6,18	11,88		
	3	6,25	6,18	12,43		
Jumlah		18,09	18,33	36,42		
Rataan		6,03	6,11		6,07	
Stdev		0,29	0,12			0,12
2%	1	6,36	5,59	11,95		
	2	6,19	5,48	11,67		
	3	6,13	5,54	11,67		
Jumlah		18,68	16,61	35,29		
Rataan		6,23	5,54		5,88	
Stdev		0,12	0,06			0,05
TOTAL		74,84	68,27	143,11		
RATAAN		6,24	5,69		5,96	
STDEV		0,10	0,19			0,04

$$F_{\text{K}} = \frac{(Y_{...})^2}{r.a.b} = \frac{(143,11)^2}{3.4.2} = 853,35$$

$$\begin{aligned} J_{\text{KT}} &= \sum (Y_{ijk})^2 - F_{\text{K}} \\ &= (6,44^2 + 6,28^2 + \dots + 5,54^2) - 853,35 \\ &= 857,20 - 853,35 \\ &= 3,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{\text{JP}} &= \sum \frac{(Y_{ij})^2}{r} - F_{\text{K}} \\ &= \frac{(18,96^2 + 16,24^2 + \dots + 16,61^2)}{3} - 853,35 \\ &= 856,18 - 853,35 \\ &= 2,83 \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



JKA

$$= \sum \frac{(a_i)^2}{r.b} - FK$$

$$= \frac{(35,20^2 + 36,20^2 + 36,42^2 + 35,29^2)}{3.2} - 853,35$$

$$= 853,55 - 853,35$$

$$= 0,20$$

JKB

$$= \sum \frac{(b_i)^2}{r.a} - FK$$

$$= \frac{(74,84^2 + 68,27^2)}{3.4} - 853,35$$

$$= 855,15 - 853,35$$

$$= 1,80$$

JKAB

$$= JKP - JKA - JKB$$

$$= 2,83 - 0,20 - 1,80$$

$$= 0,83$$

JKG

$$= JKT - JKP$$

$$= 3,85 - 2,83$$

$$= 1,02$$

$$\begin{array}{llll} db A = a - 1 & db B = b - 1 & db AB = (a - 1)(b - 1) & db G = a.b(r - 1) \\ = 4 - 1 & = 2 - 1 & = (4 - 1)(2 - 1) & = 4.2(3 - 1) \\ = 3 & = 1 & = 3 & = 16 \end{array}$$

KTA

$$= \frac{JKA}{db A} = \frac{0,20}{3} = 0,07$$

KTB

$$= \frac{JKB}{db B} = \frac{1,80}{1} = 1,80$$

KTAB

$$= \frac{JKAB}{db AB} = \frac{0,83}{3} = 0,28$$

KTG

$$= \frac{JKG}{db G} = \frac{1,02}{16} = 0,06$$

F_{hit A}

$$= \frac{KTA}{KTG} = \frac{0,07}{0,06} = 1,17$$

F_{hit B}

$$= \frac{KTB}{KTG} = \frac{1,80}{0,06} = 30$$

F_{hit AB}

$$= \frac{KTAB}{KTG} = \frac{0,28}{0,06} = 4,67$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel Analisis Sidik Ragam

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel		Ket
					5%	1%	
A	3	0,20	0,07	1,17	3,24	5,29	Ns
B	1	1,80	1,80	30	4,49	8,53	**
AB	3	0,83	0,28	4,67	3,24	5,29	*
Galat	16	1,02	0,06				
Total	23	3,85					

Ket: ** = Berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$), * = Berpengaruh nyata ($P < 0,05$), Ns = Non signifikan (menunjukkan pengaruh tidak nyata ($P > 0,01$))

Uji Lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT)

Faktor B

$$S_{yB} = \sqrt{\frac{KTG}{r.a}} = \sqrt{\frac{0,06}{3.4}} = 0,07$$

Tabel *Significant Studentized Range* (SSR)

P	SSR 5%	LSR 5%	SSR 1%	LSR 1%
2	3,00	0,21	4,13	0,29

Urutkan rata-rata terkecil - terbesar

B2
5,69

B1
6,24

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
B2-B1	0,55	0,21	0,29	**

Superskrip:

B2^a

B1^b

Faktor AB

$$S_{yAB} = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,06}{3}} = 0,14$$

1 Interaksi Faktor A1 terhadap B

Tabel *Significant Studentized Range* (SSR)

P	SSR 5%	LSR 5%	SSR 1%	LSR 1%
2	3,00	0,42	4,13	0,58
3	3,15	0,44	4,34	0,61
4	3,23	0,45	4,45	0,62

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Diarangi mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Urutkan rata-rata terkecil - terbesar

A1B2 5,41 A1B1 6,32

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B2-A1B1	0,91	0,42	0,58	**

Superskrip:

A1B2^A A1B1^B

2. Interaksi Faktor A2 terhadap B

A2B2 5,70 A2B1 6,37

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A2B2-A2B1	0,67	0,42	0,58	**

Superskrip:

A2B2^A A2B1^B

3. Interaksi Faktor A3 terhadap B

A3B1 6,03 A3B2 6,11

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A3B1-A3B2	0,08	0,42	0,58	Ns

Superskrip:

A3B1^A A3B2^A

4. Interaksi Faktor A4 terhadap B

A4B2 5,54 A4B1 6,23

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A4B2-A4B1	0,69	0,42	0,58	**

Superskrip:

A4B2^A A4B1^B

5. Interaksi Faktor B1 terhadap A

A3B1	A4B1	A1B1	A2B1
6,03	6,23	6,32	6,37

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A3B1-A4B1	0,20	0,42	0,58	Ns
A3B1-A1B1	0,29	0,44	0,61	Ns
A3B1-A2B1	0,34	0,45	0,62	Ns
A4B1-A1B1	0,09	0,42	0,58	Ns
A4B1-A2B1	0,14	0,44	0,61	Ns
A1B1-A2B1	0,05	0,42	0,58	Ns

Superskrip:

A3B1^a A4B1^a A1B1^a A2B1^a

6. Interaksi Faktor B2 terhadap A

A4B2	A2B2	A3B2
5,41	5,70	6,11

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B2-A4B2	0,13	0,42	0,58	Ns
A1B2-A2B2	0,29	0,44	0,61	Ns
A1B2-A3B2	0,70	0,45	0,62	**
A4B2-A2B2	0,16	0,42	0,58	Ns
A4B2-A3B2	0,57	0,44	0,61	*
A2B2-A3B2	0,41	0,42	0,58	Ns

Superskrip:

A1B2^a A4B2^a A2B2^{ab} A3B2^b

Lampiran 3. Analisis Statistik Asam Laktat pada Keju Mozzarella dengan Penambahan Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh pada Konsentrasi yang Berbeda.

Faktor (A)	Ulangan	Faktor (B)		Jumlah	Rataan	Stdev
		1,50%	2%			
1,25%	1	0,450	0,432	0,882	0,441	0,049
	2	0,459	0,531	0,990		
	3	0,225	0,549	0,774		
Jumlah		1,134	1,512	2,646		
Rataan		0,378	0,504			
Stdev		0,133	0,063			
1,50%	1	0,360	0,243	0,603	0,420	0,034
	2	0,477	0,459	0,936		
	3	0,513	0,468	0,981		
Jumlah		1,350	1,170	2,520		
Rataan		0,450	0,390			
Stdev		0,080	0,127			
1,75%	1	0,576	0,333	0,909	0,434	0,028
	2	0,423	0,270	0,693		
	3	0,504	0,495	0,999		
Jumlah		1,503	1,098	2,601		
Rataan		0,501	0,366			
Stdev		0,077	0,116			
2%	1	0,522	0,189	0,711	0,362	0,011
	2	0,423	0,270	0,693		
	3	0,522	0,243	0,765		
Jumlah		1,467	0,702	2,169		
Rataan		0,489	0,234			
Stdev		0,057	0,041			
TOTAL		5,454	4,482	9,936		
RATAAN		0,455	0,374		0,414	
STDEV		0,032	0,041			0,016

$$F_{\text{K}} = \frac{(Y_{...})^2}{r.a.b} = \frac{(9,936)^2}{3.4.2} = 4,114$$

$$\begin{aligned} J_{\text{KT}} &= \sum (Y_{ijk})^2 - F_{\text{K}} \\ &= (0,450^2 + 0,432^2 + \dots + 0,243^2) - 4,114 \\ &= 4,428 - 4,114 \\ &= 0,314 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{\text{JP}} &= \sum \frac{(Y_{ij})^2}{r} - F_{\text{K}} \\ &= \frac{(1,134^2 + 1,512^2 + \dots + 0,702^2)}{3} - 4,114 \\ &= 4,291 - 4,114 \\ &= 0,177 \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



JK_A

$$= \sum \frac{(a_i)^2}{r.b} - FK$$

$$= \frac{(2,646^2 + 2,520^2 + 2,601^2 + 2,169^2)}{3.2} - 4,114$$

$$= 4,137 - 4,114$$

$$= 0,023$$

JK_B

$$= \sum \frac{(b_i)^2}{r.a} - FK$$

$$= \frac{(5,454^2 + 4,482^2)}{3.4} - 4,114$$

$$= 4,153 - 4,114$$

$$= 0,039$$

JK_{AB}

$$= JKP - JKA - JKB$$

$$= 0,177 - 0,023 - 0,039$$

$$= 0,115$$

JK_G

$$= JKT - JKP$$

$$= 0,314 - 0,177$$

$$= 0,137$$

$$\begin{array}{llll} db\ A = a - 1 & db\ B = b - 1 & db\ AB = (a - 1)(b - 1) & db\ G = a.b(r - 1) \\ = 4 - 1 & = 2 - 1 & = (4 - 1)(2 - 1) & = 4.2(3 - 1) \\ = 3 & = 1 & = 3 & = 16 \end{array}$$

K_{TA}

$$= \frac{JKA}{db\ A} = \frac{0,023}{3} = 0,008$$

K_{TB}

$$= \frac{JKB}{db\ B} = \frac{0,039}{1} = 0,039$$

K_{TAB}

$$= \frac{JKAB}{db\ AB} = \frac{0,115}{3} = 0,038$$

K_{TG}

$$= \frac{JG}{db\ G} = \frac{0,137}{16} = 0,009$$

F_{hit A}

$$= \frac{KTA}{KTG} = \frac{0,008}{0,009} = 0,889$$

F_{hit B}

$$= \frac{KTB}{KTG} = \frac{0,039}{0,009} = 4,333$$

F_{hit AB}

$$= \frac{KTAB}{KTG} = \frac{0,038}{0,009} = 4,222$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel Analisis Sidik Ragam

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel		Ket
					5%	1%	
A	3	0,023	0,008	0,889	3,24	5,29	Ns
B	1	0,039	0,039	4,333	4,49	8,53	Ns
AB	3	0,115	0,038	4,222	3,24	5,29	*
Galat	16	0,137	0,009				
Total	23	0,314					

Ket: * = Berpengaruh nyata ($P < 0,05$), Ns = Non signifikan (menunjukkan pengaruh tidak nyata ($P > 0,01$))

Uji Lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT)

$$S_{AB} = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,009}{3}} = 0,055$$

1. Interaksi Faktor A1 terhadap B

Tabel *Significant Studentized Range* (SSR)

P	SSR 5%	LSR 5%	SSR 1%	LSR 1%
2	3,00	0,165	4,13	0,227
3	3,15	0,173	4,34	0,239
4	3,23	0,178	4,45	0,245

Urutkan rataa terkecil - terbesar

A1B1	A1B2
0,378	0,504

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B1-A1B2	0,126	0,165	0,227	Ns

Superskrip:

A1B1 ^A	A1B2 ^A
-------------------	-------------------

2. Interaksi Faktor A2 terhadap B

A2B2	A2B1
0,390	0,450

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A2B2-A2B1	0,060	0,165	0,227	Ns



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Superskrip:

A2B2^A A2B1^A

3. Interaksi Faktor A3 terhadap B

A3B2 A3B1
0,366 0,501

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A3B2-A3B1	0,135	0,165	0,227	Ns

Superskrip:

A3B2^A A3B1^A

4. Interaksi Faktor A4 terhadap B

A4B2 A4B1
0,234 0,489

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A4B2-A4B1	0,225	0,165	0,227	*

Superskrip:

A4B2^A A4B1^B

5. Interaksi Faktor B1 terhadap A

A1B1 A2B1 A4B1 A3B1
0,378 0,450 0,489 0,501

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B1-A2B1	0,072	0,165	0,227	Ns
A1B1-A4B1	0,111	0,173	0,239	Ns
A1B1-A3B1	0,123	0,178	0,245	Ns
A2B1-A4B1	0,039	0,165	0,227	Ns
A2B1-A3B1	0,051	0,173	0,239	Ns
A4B1-A3B1	0,012	0,165	0,227	Ns

Superskrip:

A1B1^a A2B1^a A4B1^a A3B1^a

6. Interaksi Faktor B2 terhadap A

A4B2 A3B2 A2B2 A1B2
0,234 0,366 0,390 0,504

Pengujian nilai tengah

Perlakuan	Selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A4B2-A3B2	0,132	0,165	0,227	Ns
A4B2-A2B2	0,156	0,173	0,239	Ns
A4B2-A1B2	0,270	0,178	0,245	**
A3B2-A2B2	0,024	0,165	0,227	Ns
A3B2-A1B2	0,138	0,173	0,239	Ns
A2B2-A1B2	0,114	0,165	0,227	Ns

Superskrip:

A4B2^a A3B2^{ab} A2B2^{ab} A1B2^b

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lampiran 4. Analisis Statistik Rendemen pada Keju Mozzarella dengan Penambahan Enzim Bromelin dan Sari Belimbing Wuluh pada Konsentrasi yang Berbeda.

Faktor (A)	Ulangan	Faktor (B)		Jumlah	Rataan	Stdev
		1,50%	2%			
1,25%	1	5,22	6,31	11,53		
	2	7,44	6,10	13,54		
	3	8,35	7,55	15,90		
Jumlah		21,01	19,96	40,97		
Rataan		7,00	6,65		6,83	
Stdev		1,61	0,78			0,58
1,50%	1	4,51	8,58	13,09		
	2	5,21	6,45	11,66		
	3	6,42	5,90	12,32		
Jumlah		16,14	20,93	37,07		
Rataan		5,38	6,98		6,18	
Stdev		0,97	1,42			0,32
1,75%	1	7,32	4,53	11,85		
	2	5,89	5,53	11,42		
	3	8,83	4,57	13,40		
Jumlah		22,04	14,63	36,67		
Rataan		7,35	4,88		6,11	
Stdev		1,47	0,57			0,64
2%	1	8,89	5,10	13,99		
	2	5,65	6,56	12,21		
	3	6,09	6,25	12,34		
Jumlah		20,63	17,91	38,54		
Rataan		6,88	5,97		6,42	
Stdev		1,76	0,77			0,70
TOTAL		79,82	73,43	153,25		
RATAAN		6,65	6,12		6,39	
STDEV		0,34	0,37			0,17

$$FK = \frac{(Y_{...})^2}{r.a.b} = \frac{(153,25)^2}{3.4.2} = 978,56$$

$$\begin{aligned} JST &= \sum (Y_{ijk})^2 - FK \\ &= (5,22^2 + 7,44^2 + \dots + 6,25^2) - 978,56 \\ &= 1019,46 - 978,56 \\ &= 40,90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JJP &= \sum \frac{(Y_{ij})^2}{r} - FK \\ &= \frac{(21,01^2 + 19,96^2 + \dots + 17,91^2)}{3} - 978,56 \\ &= 994,85 - 978,56 \\ &= 16,29 \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

JKA

$$= \sum \frac{(a_i)^2}{r.b} - FK$$

$$= \frac{(40,97^2 + 37,07^2 + 36,67^2 + 38,54^2)}{3.2} - 978,56$$

$$= 980,46 - 978,56$$

$$= 1,90$$

JKB

$$= \sum \frac{(b_i)^2}{r.a} - FK$$

$$= \frac{(79,82^2 + 73,43^2)}{3.4} - 978,56$$

$$= 980,27 - 978,56$$

$$= 1,71$$

JKAB

$$= JKP - JKA - JKB$$

$$= 16,29 - 1,90 - 1,71$$

$$= 12,68$$

JKG

$$= JKT - JKP$$

$$= 40,90 - 16,29$$

$$= 24,61$$

$$\begin{array}{llll} db A = a - 1 & db B = b - 1 & db AB = (a - 1)(b - 1) & db G = a.b(r - 1) \\ = 4 - 1 & = 2 - 1 & = (4 - 1)(2 - 1) & = 4.2(3 - 1) \\ = 3 & = 1 & = 3 & = 16 \end{array}$$

KTA

$$= \frac{JKA}{db A} = \frac{1,90}{3} = 0,63$$

KTB

$$= \frac{JKB}{db B} = \frac{1,71}{1} = 1,71$$

KTAB

$$= \frac{JKAB}{db AB} = \frac{12,68}{3} = 4,23$$

KTG

$$= \frac{JKG}{db G} = \frac{24,61}{16} = 1,54$$

F_{hit A}

$$= \frac{KTA}{KTG} = \frac{0,63}{1,54} = 0,41$$

F_{hit B}

$$= \frac{KTB}{KTG} = \frac{1,71}{1,54} = 1,11$$

F_{hit AB}

$$= \frac{KTAB}{KTG} = \frac{4,23}{1,54} = 2,75$$

Tabel Analisis Sidik Ragam

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel		Ket
					5%	1%	
A	3	1,90	0,63	0,41	3,24	5,29	Ns
B	1	1,71	1,71	1,11	4,49	8,53	Ns
AB	3	12,68	4,23	2,75	3,24	5,29	Ns
Galat	16	24,61	1,54				
Total	23	40,90					

Ket: Ns = Non signifikan (menunjukkan pengaruh tidak nyata ($P > 0,01$))

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Belimbing wuluh yang telah dicuci dan dipotong



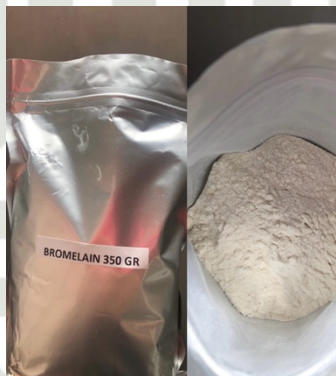
Blender belimbing wuluh



Sari belimbing wuluh yang telah disaring



Susu sapi segar



Enzim bromelin



Pasteurisasi susu 70°C



Penambahan sari belimbing wuluh



Penambahan enzim bromelin



Penyaringan curd

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Penambahan garam



Stretching curd



Keju mozzarella



Pengujian asam laktat



Pengujian asam laktat



Pengujian kadar protein



Destilasi protein



Titration protein



Pengujian nilai pH