

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENGGUNAAN JENIS PENGASAMAN  
TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK  
KEJU MOZZARELLA**

Disusun dan diajukan oleh

**KAMRAN ASMI  
I111 16 317**



**FAKULTAS PETERNAKAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**PENGARUH PENGGUNAAN JENIS PENGASAMAN  
TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK  
KEJU MOZZARELLA**

**SKRIPSI**

**KAMRAN ASMI  
I111 16 317**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Peternakan  
Pada Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin**

**FAKULTAS PETERNAKAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Jenis Pengasaman terhadap Karakteristik Fisik Keju Mozzarella  
Nama : Kamran Asmi  
NIM : 1111 16 317

Skripsi ini Telah Diperiksa dan Disetujui oleh :



Prof. Dr. drh. Hj. Ratmawati Mahika, M.Sc  
Pembimbing Utama



Prof. Dr. Fatma Maruddin, S.Pt, M.P  
Pembimbing Pendamping



Dr. Agr. Ir. Renny Fatmahan Utamy, S.Pt., M. Agr., JPM  
Ketua Program Studi

Tanggal Lulus : 04 Agustus 2023

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Kamran Asmi
NIM	: 1111 16 317
Program Studi	: Peternakan
Jenjang	: S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul **Pengaruh Penggunaan Jenis Pengasaman terhadap Karakteristik Fisik Keju Mozzarella** adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Agustus 2023

Yang Menyatakan



Kamran Asmi

## ABSTRAK

**KAMRAN ASMI, I11116317.** Pengaruh Penggunaan Jenis Pengasaman terhadap Karakteristik Fisik Keju Mozzarella. Dibimbing oleh: **Hj. Ratmawati Malaka** dan **Fatma Maruddin.**

Penambahan jenis pengasaman dan konsentrasi papain dapat mempengaruhi karakteristik fisik keju mozzarella. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan jenis pengasaman terhadap nilai pH, produksi keju dan sineresis keju Mozzarella. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola factorial  $2 \times 3$ . Faktor A adalah konsentrasi papain (%) 0,2 dan 0,3. Faktor B adalah Jenis pengasam jeruk nipis, lemon, dan nanas masing-masing 3%. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah nilai pH, produksi keju, dan sineresis. Konsentrasi papain memengaruhi karakteristik fisik keju mozzarella dengan konsentrasi papain terbaik 0,2%. Jenis pengasam memengaruhi karakteristik fisik keju mozzarella dengan penambahan jenis pengasam terbaik jeruk nipis. Tidak ditemukan adanya interaksi terhadap lama perendaman dan level penambahan cabai *Katokkon* menunjukkan bahwa masing-masing faktor bekerja secara independen. Pembuatan keju mozzarella dengan konsentrasi papain 0,2% dan penambahan pengasam jeruk nipis merupakan hasil terbaik memengaruhi karakteristik keju mozzarella.

**Kata Kunci:** Keju Mozzarella, Papain, Jeruk Nipis, Lemon, Nanas, nilai pH, Produksi Keju, Sineresis

## ABSTRACT

**KAMRAN ASMI, I11116317.** The Influence of Acidification Type on the Physical Characteristics of Mozzarella Cheese. Supervised by: Hj. Ratmawati Malaka and Fatma Maruddin.

The addition of different types and concentrations of acid can affect the physical characteristics of mozzarella cheese. The aim of this research is to determine the influence of acidification type on pH value, cheese production, and cheese syneresis of Mozzarella cheese. The study employed a Completely Randomized Design (CRD) with a  $2 \times 3$  factorial pattern. Factor A was the concentration of papain (%) at 0.2 and 0.3, while Factor B was the type of acid: lime, lemon, and pineapple, each at 3%. The parameters observed in this research were pH value, cheese production, and syneresis. The concentration of papain affected the physical characteristics of mozzarella cheese, with the best papain concentration being 0.2%. The type of acid also influenced the physical characteristics of mozzarella cheese, with the addition of lime being the most effective. No interaction was found between the soaking time and the level of Katokkon chili addition, indicating that each factor worked independently. The best result in influencing the characteristics of mozzarella cheese was achieved by making mozzarella cheese with 0.2% papain concentration and the addition of lime acid.

**Keywords:** Mozzarella Cheese, Papain, Lime, Lemon, Pineapple, pH value, Cheese Production, Syneresis

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan keberkahan-Nya. Shalawat dan salam selalu kami panjatkan kepada Baginda Rasulullah SAW beserta sahabat beliau sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Pengaruh Penggunaan Jenis Pengasaman terhadap Karakteristik Fisik Keju Mozzarella sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin, Makassar. Ucapan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya penulis haturkan kepada:

1. Ibu **Prof. Dr. drh. Hj. Ratmawati Malaka, M.Sc** dan Ibu **Prof. Dr. Fatma, S.Pt., M.P.** selaku pembimbing penulis yang telah mencurahkan perhatian, nasehat, motivasi serta saran untuk membimbing dan mengarahkan penulis.
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. Muhammad Irfan Said, S.Pt., M.P, IPM, ASEAN Eng.** dan Ibu **Endah Murpi Ningrum, S.Pt., M.P.** sebagai dosen pembahas yang telah memberikan saran dalam penulisan skripsi ini.
3. Dekan Fakultas Peternakan **Dr. Syahdar Baba, S.Pt., M.Si.**, dan Wakil Dekan, serta Bapak Ibu Staff Pegawai Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin.
4. Ibu **Ir. Veronica Sri Lestari, M.Ec., IPM** selaku penasehat akademik yang telah membimbing penulis dalam bidang akademik selama menjadi mahasiswa.
5. Kedua orang tua, Ayah **Ambo Asse** dan ibu **St. Aminah** atas segala doa motivasi, nasehat, perhatian dan dukungan serta kasih sayang yang takterbatas. Kepada adik penulis **Yuli Asmi, Happy Asmi, Fahman Asmi**

**dan Hasbiya Asmi** yang selalu memberikan motivasi serta dukungan bagi penulis dalam menjalankan aktivitasnya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mohon maaf atas kekurangan tersebut. Semoga makalah ini bermanfaat bagi pembaca dan membantu dalam melaksanakan tugas- tugas masa yang akan datang.

Makassar, Agustus 2023

Kamran Asmi

# DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
PENDAHULUAN	
TINJAUAN PUSTAKA	
Tinjauan Umum Keju Mozzarella.....	4
Tinjauan Umum Enzim Papain.....	5
Tinjauan Umum Pengasaman .....	6
METODE PENELITIAN	
Waktu dan Tempat.....	9
Materi Penelitian.....	9
Rancangan Penelitian.....	9
Prosedur Penelitian .....	10
Diagram Alir .....	11
Parameter yang Diukur.....	12
Analisis Data.....	12
HASIL DAN PEMBAHASAN	
pH .....	14
Produksi Keju Mozzarella .....	16
Sineresis Keju Mozzarella .....	18
KESIMPULAN DAN SARAN	
Kesimpulan.....	20
Saran .....	20
DAFTAR PUSTAKA .....	21
LAMPIRAN.....	24

## DAFTAR GAMBAR

<b>No.</b>	<b>Halaman</b>
1. Diagram alir pembuatan keju Mozzarella .....	12

## DAFTAR TABEL

No.	Halaman
1. Rata-rata Nilai pH pada Pengolahan Keju Mozzarella dengan Pengasam Buah dan Konsentrasi Papain .....	14
2. Rata-rata Nilai pH pada Pengolahan Keju Mozzarella dengan Pengasam Buah dan Konsentrasi Papain .....	16
3. Rata-rata Nilai pH pada Pengolahan Keju Mozzarella dengan Pengasam Buah dan Konsentrasi Papain .....	18

## DAFTAR LAMPIRAN

No	Halaman
1. Analisis Statistik Nilai pH Keju Mozzarella dengan metode pengasaman dan konsentrasi larutan Papain .....	24
2. Analisis Statistik Nilai Produksi Curd Keju Mozzarella dengan metode pengasaman dan konsentrasi larutan Papain .....	27
3. Analisis Statistik Nilai Sineresis Keju Mozzarella dengan metode pengasaman dan konsentrasi larutan Papain .....	30
4. Dokumentasi.....	34

## PENDAHULUAN

Keju merupakan jenis makanan yang dihasilkan dengan memisahkan zat-zat padat dalam susu melalui proses pengentalan atau koagulasi yang dibantu oleh asam dan enzim protease. Keju memiliki hampir semua kandungan nutrisi pada susu, seperti protein, vitamin, mineral, kalsium, dan fosfor namun juga terkandung lemak dan kolesterol yang dapat menyebabkan masalah kesehatan apabila dikonsumsi secara berlebihan (Winarno, 2004). Salah satu keju yang cukup populer yaitu keju Mozzarella.

Keju Mozzarella merupakan keju lunak yang proses pembuatannya tidak melalui proses pematangan atau disebut dengan keju segar (*fresh cheese*). Kalab (2004) dan Everett (2003), menyatakan bahwa dalam pembuatan keju dapat dilakukan dengan pengasaman langsung untuk memproduksi asam laktat. Prinsip dasar pembuatan keju Mozzarella yaitu penghilangan air dari susu, mengkonsentrasikan protein, lemak, mineral dan vitamin, koagulasi protein, dan penghilangan *whey*. Penggumpalan dapat disebabkan oleh enzim rennet atau enzim proteolitik lainnya (Amanda, 2010). Pembuatan keju Mozzarella dapat menggunakan bahan penggumpal seperti enzim papain. Enzim papain sebagai pengganti enzim rennet hewani mempunyai beberapa kelebihan antara lain lebih mudah didapat dengan harga murah dan tersedia dalam jumlah yang banyak. Teknik pembuatan keju Mozzarella yang paling sederhana yaitu dengan pengasaman langsung (*direct acidification*) (Sumarmono dan Suhartati, 2011)

Metode pengasaman yaitu dengan menurunkan nilai pH susu dengan menambahkan asam. Produksi asam laktat akan menurunkan nilai pH sehingga kasein dapat diendapkan. Koagulan dari asam yang biasanya digunakan adalah

asam asetat, asam cuka, asam sitrat, jeruk nipis, asam laktat, dan asam klorida (Cahyadi, 2008). Penggunaan asam dapat mempercepat proses pembuatan keju karena dengan penambahan asam, nilai pH susu langsung turun dari 6,7 menjadi 5,4 (Everett, 2003). Jenis asam yang dapat digunakan yaitu jeruk nipis, lemon, dan nanas. Peningkatan suasana asam adalah salah satu faktor utama dalam pembuatan keju, karena pembentukan tahu susu membutuhkan sejumlah asam (Buckle dkk., 2007).

Penggunaan jenis asam seperti jeruk nipis, lemon, dan nanas bertujuan untuk menurunkan pH susu dan membantu kerja enzim papain sebagai koagulan. Jeruk nipis, lemon, dan nanas mengandung asam sitrat yang dapat menurunkan nilai pH sehingga dapat mengendapkan kasein (Cahyadi, 2009). Penelitian mengenai pengaruh penggunaan jenis pengasaman terhadap karakteristik fisik keju Mozzarella sangat diperlukan untuk lebih mengoptimalkan produksi keju dan melihat kemungkinan penggunaan jenis pengasaman yang baik pada pembuatan keju Mozzarella.

Pembuatan keju Mozzarella membutuhkan jenis pengasaman alami seperti jeruk nipis, lemon, dan nanas untuk menurunkan pH susu dan membantu kerja enzim papain sebagai koagulan. Jenis pengasaman dapat menentukan nilai pH, produksi keju dan sineresis keju Mozzarella. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan jenis pengasaman terhadap karakteristik fisik keju Mozzarella.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan jenis pengasaman terhadap nilai pH, produksi keju dan sineresis keju Mozzarella. Kegunaan dari penelitian ini sebagai referensi dan sumber informasi ilmiah kepada masyarakat dan industri susu dalam upaya pemberian jenis pengasaman yang baik pada pembuatan keju Mozzarella dan referensi praktis untuk industri keju.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Tinjauan Umum Keju Mozzarella

Keju adalah produk pangan olahan yang dibuat dari dadih susu. Dadih berasal dari penggumpalan bagian kasein dari susu dan susu skim. Penggumpalan ini terjadi dengan adanya enzim atau dengan peningkatan keasaman susu. Keju adalah salah satu bahan pangan berasal dari susu sebagai upaya memperpanjang masa simpan susu tersebut (Murti dan Hidayat, 2009). Keju memiliki hampir semua zat gizi pada susu, seperti protein 12-16%, lemak 0-12%, kalsium 0,8%, vitamin A 0-1% riboflavin 2,8%, yang bermanfaat bagi kesehatan (Winarno dan Fernandez, 2007).

Terdapat berbagai jenis keju berdasarkan asal pembuatan keju, jenis susu yang digunakan, metode pembuatannya dan perlakuan yang digunakan dalam pematangan keju. Keju sendiri memiliki jenis yang beragam. Berdasarkan teksturnya, keju dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu keju keras, keju semi keras dan keju lunak. Keju Mozzarella merupakan salah satu jenis keju lunak dan merupakan keju asli Italia (Purwadi, 2008). Pembuatan keju dengan cara pengasaman langsung dilakukan dengan menambahkan bahan yang bersifat asam misalnya asam asetat atau asam sitrat, sehingga akan menghasilkan keju tipe Mozzarella yang biasanya berwarna putih dan langsung dikonsumsi tanpa melalui proses pematangan (Arinda dkk., 2013).

Keju Mozzarella memiliki karakteristik berupa struktur yang terlihat berserat serta daya leleh dan kemuluran yang tinggi (Purwadi, 2008). Standar keju Mozzarella yaitu memiliki kandungan air berkisar antara 52-60%, kadar lemak  $\leq 10,8\%$ , kadar garam 1,2%, dan nilai pH berkisar 5,1-5,4; pada

kenampakan tidak terlihat adanya tanda-tanda dicetak, serta tekstur yang lembut dan tanpa adanya lubang (USDA, 2005). Pada proses pembuatan keju akan terbentuk dua golongan protein, yaitu protein yang menggumpal disebut *curd* yang akan menjadi keju melalui proses pembuatan selanjutnya dan protein terlarut yang disebut *whey* (Murti, 2002).

Kualitas keju sangat dipengaruhi oleh jenis susu, koagulan susu dan *starter* yang digunakan dalam pembuatan keju. Karakteristik keju ditentukan oleh kandungan nutrisi yang terdapat dalam keju, terutama kandungan protein, lemak dan karbohidratnya. Selain kandungan nutrisi, karakteristik keju dideteksi berdasarkan sifat fisik dan kimiawinya. Sifat fisik keju yang diamati meliputi penampakan fisik beserta bobot *curd* dan *whey*. Kandungan protein *curd* dilaporkan lebih tinggi dibandingkan kandungan protein *whey*, dan besar kecilnya kandungan protein dalam susu berpengaruh dalam proses pembentukan warna, gumpalan dan flavor pada keju yang dihasilkan (Nakazawa dan Hasono, 1992).

### **Tinjauan Umum Enzim Papain**

Papain adalah suatu zat (enzim) yang dapat diperoleh dari getah tanaman pepaya dan buah pepaya muda. Getah pepaya tersebut terdapat hampir di semua bagian tanaman pepaya, kecuali bagian akar dan biji. Kandungan papain paling banyak terdapat dalam buah pepaya yang masih muda. Getah pepaya (papain) cukup banyak mengandung enzim yang bersifat proteolitik (pengurai protein) (Warisno, 2003). Getah pepaya mengandung sebanyak 10% papain, 45% kimopapain dan lisozim sebesar 20% (Winarno, 1993).

Penambahan enzim papain bertujuan untuk mengkoagulasi misel kasein dalam susu. Enzim papain ini akan mengubah bagian k-kasein yang berada pada bagian permukaan misel kasein sehingga membentuk para-k-kasein. Selanjutnya ketika nilai pH mendekati titik isoelektrik kasein (pH 4,6-4,7) misel-misel kasein akan bergabung dan menggumpal membentuk gel. Misel-misel ini dapat bergabung disebabkan oleh interaksi bagian-bagian hidrofobik pada para-k-kasein. Adanya kalsium yang terdapat dalam susu akan membantu proses koagulasi, yaitu berperan sebagai jembatan penghubung antara misel (Aehle, 2004).

Enzim papain termasuk ke dalam golongan protease sulfhidril yang aktivitasnya sangat dipengaruhi oleh adanya satu atau lebih gugus S-H pada sisi aktifnya. Gugus sulfhidril ini berperan dalam reaksi hidrolisis substrat menyangkut pembentukan ikatan kovalen tiol ester antara gugus karboksil dan sulfhidril protein papain. Papain dapat menghidrolisis amida pada residu asam amino arginin, lisin, glutamin, histidin, glisin, dan tirosin (Leung, 1996).

### **Tinjauan Umum Pengasaman**

Bahan pengasam alami yang dapat digunakan dalam proses pembuatan keju Mozzarella adalah Jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*), lemon (*Citrus limon*) dan nanas (*Ananas comosus*). Jeruk nipis mempunyai aroma yang kuat serta cita rasa yang khas dan memiliki sifat-sifat kimia seperti kadar gula, pH yang sangat rendah dan rasa asam buah jeruk sangat tinggi (Ermawati, 2008). Jeruk nipis merupakan salah satu tanaman yang berasal dari family Rutaceae dengan genus Citrus memiliki tinggi tanaman sekitar 150-350 cm dan buah yang berwarna putih. Dalam 100 g buah jeruk nipis mengandung vitamin C 27 mg kalsium 40

mg, fosfor 22 mg, hidrat arang 12,4 g, vitamin B1 0,04 mg, zat besi 0,6 mg, lemak 0,1 g, kalori 37 kkal, protein 0,8 g dan air 86 g. Tanaman ini memiliki kandungan garam 10% dan dapat tumbuh subur pada tanah dengan kemiringan sekitar 30° (Rukmana, 2003).

Buah lemon mengandung asam-asam yang berperan pada pembentukan rasa asam buah. Buah lemon merupakan salah satu sumber vitamin C dan antioksidan yang berkhasiat bagi kesehatan manusia, serta sering dipakai sebagai bahan untuk penambah rasa masakan serta menghilangkan bau amis (Nizhar, 2012). Di dalam buah lemon dikenal sebagai sumber vitamin C, tetapi sebenarnya buah ini juga mengandung zat gizi esensial lainnya, meliputi karbohidrat (zat gula dan serat makanan), potasium, folat, kalsium, thiamin, niacin, vitamin B6, fosfor, magnesium, tembaga, riboflavin, asam pantotenat, dan senyawa fitokimia. Karbohidrat dalam jeruk merupakan karbohidrat sederhana, yaitu fruktosa, glukosa, dan sukrosa. Karbohidrat kompleksnya berupa polisakarida non-pati yang baik untuk kesehatan (Nizhar, 2012).

Buah nanas (*Ananas comosus*) mengandung air dan serat yang tinggi seperti, homoselulosa 67 %, selulosa 38-48 %, alfa selulosa 31 %, lignin 17 %, serta pentosa 26 %. Daun nanas (*Ananas comosus*) memiliki kandungan kalsium oksalat, *pectic substances* dan enzim bromelin (Nuraini, 2014). Enzim bromelin akan membantu proses penggumpalan kasein. Nanas memiliki kandungan nutrisi rendah seperti kalori, sehingga tidak perlu khawatir berapa banyak buah nanas yang dikonsumsi. Nanas memiliki kandungan karbohidrat termasuk didalamnya terdapat gula yang dapat meningkatkan kadar gula darah. Nanas memiliki kandungan air dan serat yang tinggi, yang dapat membersihkan permukaan mulut

dan dapat bekerja sebagai sistem pencernaan (Nugraheni, 2016). Buah nanas mengandung asam sitrat yang akan membantu pengasaman susu. Kandungan fenolik pada buah nanas mampu meredam radikal bebas dalam tubuh (Adi, 2007).

Penambahan asam setelah pemanasan akan menyebabkan denaturasi rusaknya struktur protein sehingga protein akan mengendap. Pertama akan terjadi presipitasi yaitu pembentukan presipitat atau partikel kecil yang melayang dalam larutan dan dapat mengendap dalam waktu singkat. Presipitat tersebut akan saling bergabung membentuk agregat (partikel yang lebih besar) dari presipitat tapi belum mengendap. Jika jumlah agregat terus bertambah maka akan saling membentuk endapan. Adanya ion  $H^+$  menyebabkan sebagian jembatan atau ikatan peptida terputus. Dalam suasana asam, ion  $H^+$  akan bereaksi dengan gugus  $COO^-$  membentuk  $COOH$  sedangkan sisanya (asam) akan berikatan dengan gugus amino  $NH_2$  membentuk  $NH_3^+$ , sehingga apabila larutan peptida dalam keadaan isoelektris diberi asam akan menyebabkan bertambahnya gugus bermuatan yang membentuk afinitas terhadap air dan kelarutan dalam air (Triyono, 2010).

### **Hipotesis Penelitian**

Penggunaan jenis pengasaman pada pembuatan keju Mozzarella diduga dapat meningkatkan nilai pH, produksi keju dan sineresis keju Mozzarella.

## **METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Julii 2023 bertempat di Laboratorium Bioteknologi Pengolahan Susu Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin, Makassar.

### **Materi Penelitian**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah susu sapi, papain bubuk, aquades, jeruk nipis, lemon, dan nanas.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kompor, panci, sendok, gelas ukur, thermometer, pH meter, saringan, pipet, dan wadah

### **Rancangan Penelitian**

Rancangan Penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 2x3 dimana faktor A adalah level penambahan enzim papain dan faktor B adalah jenis pengasaman, masing-masing perlakuan diulang 3 kali.

Faktor A (Level enzim papain)

A1 = 0,2%

A2 = 0,3%

Faktor B (Jenis Pengasaman)

A1 = Jeruk nipis 3%

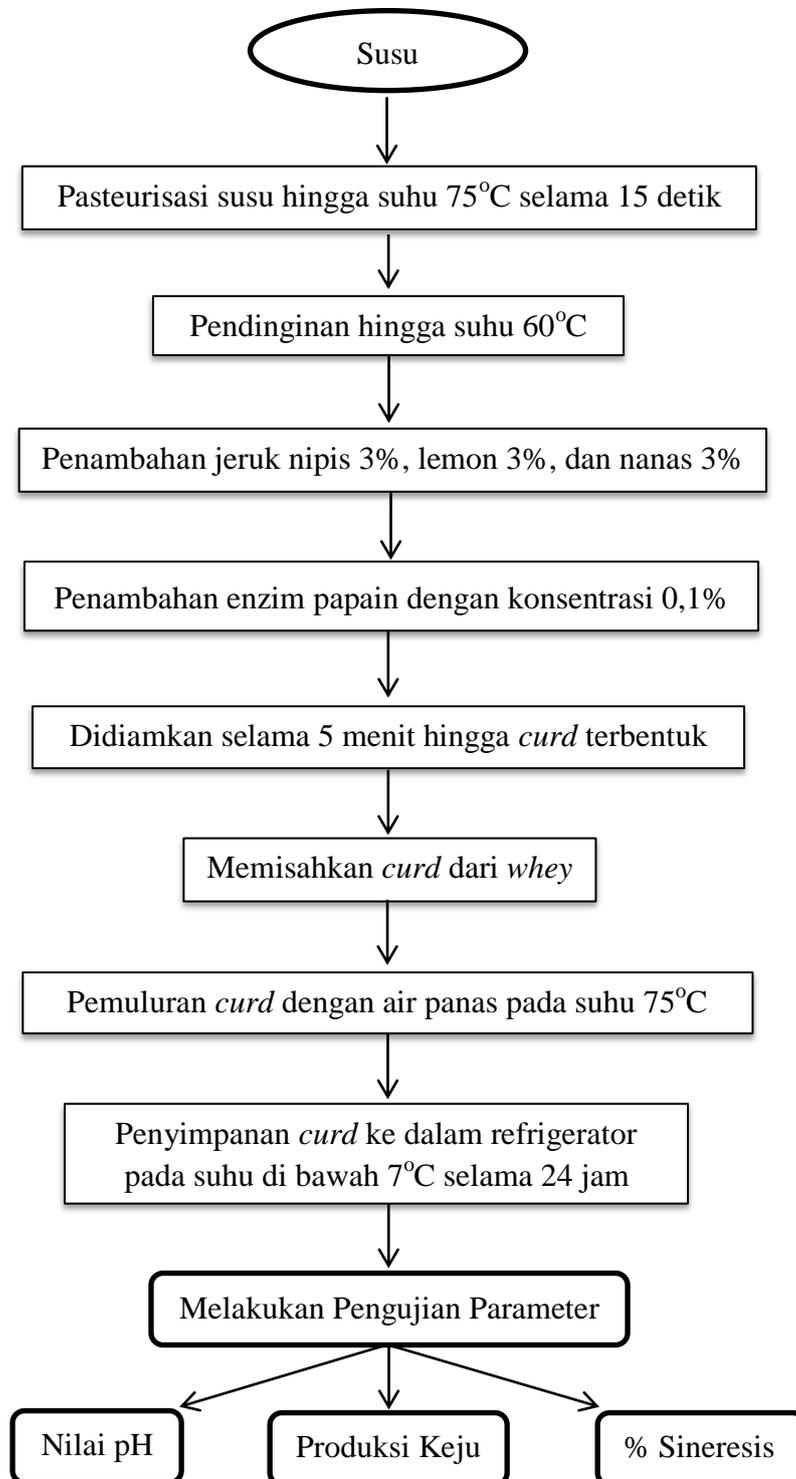
A2 = Lemon 3%

A3 = Nanas 3%

## **Prosedur Penelitian**

Susu dipasteurisasi di dalam panci suhu 75°C selama 15 detik. Selanjutnya susu didinginkan hingga suhu 60°C kemudian ditambahkan jenis asam (jeruk nipis, lemon, dan nanas) sebanyak 3% (v/v) dari volume susu yang digunakan, lebih lanjut ditambahkan papain masing-masing sebanyak 0,2% dan 0,3% lalu diaduk selama 1 menit kemudian diamkan selama 5 menit (hingga terjadi penggumpalan). Pemisahan *curd* dan *whey* menggunakan saringan kemudian dilakukan pemuluran *curd* pada suhu 75°C hingga mengalami pemuluran yang baik. *curd* dimasukkan ke dalam wadah dan disimpan dalam refrigerator pada suhu di bawah 7°C selama 24 jam sebelum pengujian.

**Diagram alir**



Gambar 1. Diagram alir pembuatan keju Mozzarella

## Parameter yang diukur

Parameter yang diukur meliputi nilai pH, produksi keju dan sineresis keju Mozzarella.

### 1. Pengukuran nilai pH

Sesaat setelah dimasukkan asam, maka larutan susu diukur pH-nya menggunakan pH meter (Hanna-pH meter).

### 2. Produksi Keju

Produksi keju dihitung dengan menimbang seluruh keju dalam gram.

$$\text{Produksi Keju (gr/ml)} = \frac{\text{Berat keju (kg)}}{\text{Berat Susu (ml)}} \times 100\%$$

### 3. Sineresis

Sineresis dihitung dengan mengukur volume *whey* menggunakan gelas ukur

$$\% \text{ Sineresis} = \frac{\text{Volume Whey (ml)}}{\text{Volume Susu (ml)}} \times 100\%$$

## Analisis Data

Pengolahan data dilakukan dengan metode rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial dengan 3 kali pengulangan. Apabila Hasilnya berbeda nyata maka akan dilanjutkan uji Duncan (Gaspersz, 1991).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$i = 1, 2$  (Faktor a)

$j = 1, 2, 3$  (Faktor b)

$k = 1, 2, 3$  (Ulangan)

Keterangan :

$Y_{ijk}$  = Nilai pengamatan pada karakteristik fisik keju Mozzarella ke-k yang memperoleh kombinasi level enzim papain ke-i dan jenis pengasaman ke-j.

$\mu$  = Nilai rata-rata perlakuan

$\alpha_i$  = Pengaruh level enzim papain ke-i terhadap karakteristik fisik keju Mozzarella

$\beta_j$  = Pengaruh jenis pengasaman terhadap karakteristik fisik Keju Mozzarella ke-j

$\alpha\beta_{ij}$  = Pengaruh interaksi antara level enzim ke-i dengan penambahan jenis pengasaman ke-j

$\varepsilon_{ijk}$  = Galat Percobaan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### pH

Keju mozzarella merupakan keju yang pembuatannya menggunakan pengasaman langsung (*direct acidification*) atau menggunakan kultur bakteri asam. Penambahan asam bertujuan untuk pembentukan koagulum/*curd* dalam pembuatan keju serta meningkatkan perubahan dari *dicalcium paracasein* menjadi *monocalcium paracasein* selama pemuluran di air panas. *Curd* yang terbentuk didiamkan (*cheddared*) hingga nilai pH 5,2. Pengasaman susu pada kondisi pH 5,6 atau 5,8 menghasilkan keju mozzarella dengan tekstur lembut dan mudah meleleh dibandingkan dengan keju dengan pengasaman susu pada kondisi pH 6,0. Nilai pH keju mozzarella dengan konsentrasi papain dan jenis pengasaman yang berbeda disajikan pada Tabel 1.

Table 1. Rata-rata Nilai pH pada Pengolahan Keju Mozzarella dengan Pengasam Buah dan Konsentrasi Papain

Konsentrasi Papain	Produksi <i>Curd</i> (%)			Rata-rata
	Jenis asam			
	Jeruk nipis	Lemon	Nanas	
0,2	6.19	6.64	6.92	6.58 <sup>a</sup>
0,3	6.26	6.71	6.95	6.64 <sup>b</sup>
Rata-rata	6.22 <sup>a</sup>	6.67 <sup>b</sup>	6.94 <sup>c</sup>	

Keterangan : superskrip yang mengikuti nilai rata-rata pada baris dan kolom yang sama menunjukkan perbedaan-perbedaan sangat nyata ( $p < 0.05$ )

Berdasarkan tabel 1. Rata-rata pH keju mozzarella yang dihasilkan dengan perlakuan konsentrasi papain dan jenis pengasam yang berbeda adalah antara 6,19 – 6,95. Konsentrasi enzim papain 0,2% menghasilkan nilai pH yang lebih rendah dibandingkan konsentrasi papain 0,3%. Sedangkan penggunaan jenis asam yang berbeda memberikan hasil yang berbeda-beda. Hamad dkk. (2017) bahwa tekstur keju mozzarella yang elastis dan mulur disebabkan oleh kandungan protein

kasein. Selain itu dalam industri pembuatan keju lunak, pH *curd* menjadi faktor penting penentu kemuluran. Keadaan pH menentukan keadaan molekul kasein. Nilai pH *curd* yang sesuai dapat diperoleh melalui proses pengasaman *curd* yang baik.

Berdasarkan analisis ragam konsentrasi papain berpengaruh sangat nyata ( $P < 0,01$ ) menghasilkan nilai pH yang lebih rendah pada konsentrasi 0,2% dibandingkan dengan konsentrasi 0,3%. Penggunaan jenis asam yang berbeda berpengaruh sangat nyata ( $P < 0,01$ ) terhadap nilai pH. Penggunaan ekstrak jeruk nipis cenderung menghasilkan nilai pH yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis pengasaman yang lainnya. Hal ini disebabkan karena sifat asam yang dimiliki oleh jeruk nipis lebih kuat dibandingkan dengan lemon dan nanas. Nilai pH keju mozzarella yang menggunakan asam sitrat pada penelitian Nur dkk (2009) memiliki nilai yang lebih rendah yaitu sekitar 5,84. Hal ini disebabkan karena pH lebih rendah pada mozzarella dengan pengasaman langsung. Penurunan pH pada mozzarella membantu kasein untuk menggumpal dan sebaliknya mengurangi kalsium yang larut. Implikasi dari ini adalah peningkatan kemampuan matrik protein dalam menahan air dan mencegah sineresis.

Interaksi faktor konsentrasi papain dengan jenis asam berbeda memiliki pengaruh yang nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap nilai pH keju. Hal ini disebabkan kedua perlakuan mempunyai pengaruh yang sama terhadap penurunan nilai pH keju. Pada tabel 3. Terlihat konsentrasi papain 0,2% dan penggunaan ekstrak jeruk nipis menyebabkan penurunan nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi papain 0,3%. Pada penggunaan ekstrak nanas dengan konsentrasi papain 0,3% memberikan penurunan nilai pH yang paling rendah dibandingkan

dengan penggunaan ekstrak lemon dan jeruk nipis. Hal ini disebabkan karena penggunaan papain yang lebih banyak dapat menghambat penurunan pH keju dikarenakan sifat papain yang basa. Sedangkan jeruk nipis memiliki tingkat keasamaan yang paling tinggi dibandingkan lemon dan nanas sehingga penurunan pH pada jeruk nipis jauh lebih tinggi.

### Produksi Keju Mozzarella

Keju mozzarella adalah keju lunak yang biasanya dikonsumsi dalam keadaan segar dan proses pembuatannya tidak dimatangkan atau disebut dengan keju segar. Pembuatan *curd* keju mozzarella dilakukan melalui proses pengasaman susu dan penambahan protease. Pembentukan *curd* terjadi karena adanya bahan penggumpal yang menghidrolisis kasein sehingga menyebabkan misel susu menggumpal. Produksi *curd* keju mozzarella dengan konsentrasi papain dan jenis pengasaman yang berbeda disajikan pada Tabel 2.

Table 2. Rata-rata Nilai Produksi Curd pada Pengolahan Keju Mozzarella dengan Pengasam Buah dan Konsentrasi Papain

Produksi keju (%)				
Konsentrasi Papain	Jenis asam			Rata-rata
	Jeruk nipis	Lemon	Nanas	
0,2	18,75	15,33	11,93	14,68 <sup>a</sup>
0,3	18,11	16,45	11,38	15,98 <sup>b</sup>
Rata-rata	18,44 <sup>a</sup>	15,89 <sup>b</sup>	11,66 <sup>c</sup>	

Keterangan : superskrip yang mengikuti nilai rata-rata pada baris dan kolom yang sama menunjukkan perbedaan perbedaan sangat nyata ( $p < 0.05$ )

Berdasarkan Tabel 2. rata-rata produksi keju yang dihasilkan dengan perlakuan konsentrasi papain dan jenis pengasaman yang berbeda adalah antara 11,38 – 18,76%. Konsentrasi enzim papain 0,2 dan 0,3 menyebabkan peningkatan produksi curd yang berurut sebesar 14,69% dan 15,98%. Pada

penelitian ini produksi curd lebih berat atau banyak dari penelitian Sumarmono dan Suhartini (2011) yang menghasilkan rata-rata produksi keju mozzarella yang menggunakan metode pasteurisasi dan pengasaman berbeda sekitar 9,44%.

Bedasarkan analisis ragam konsentrasi papain berpengaruh sangat nyata ( $P < 0,01$ ) meningkatkan produksi keju mozzarella. Konsentrasi papain 0,2% menghasilkan papain yang lebih sedikit dibandingkan konsentrasi 0,3%. Penggunaan ekstrak buah berbeda berpengaruh sangat nyata ( $P < 0,01$ ) terhadap produksi keju. Penggunaan ekstrak jeruk nipis menghasilkan curd yang lebih banyak sedangkan ekstrak nanas menghasilkan curd paling sedikit. Hal ini disebabkan penambahan konsentrasi papain menyebabkan pembentukan curd yang lebih banyak akibat dari peningkatan aktivitas enzim. Sedangkan jeruk nipis mengandung lebih banyak asam asetat sehingga membantu proses penggumpalan. Hal ini sesuai dengan pendapat Buckle dkk. (2002) yang menyatakan bahwa pemberian asam adalah salah satu faktor utama dalam pembentukan keju, karena sejumlah asam sangat diperlukan untuk pembentukan dadih.

Interaksi faktor Konsentrasi papain dengan pengasam yang berbeda berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap produksi keju mozzarella. Hal ini berarti ada hubungan antara konsentrasi papain dengan penggunaan ekstrak buah-buahan yang berbeda. Pada Tabel 2. terlihat bahwa penggunaan ekstrak jeruk nipis menyebabkan peningkatan produksi keju mozzarella yang menggunakan konsentrasi papain 0,3% begitu pula pada penggunaan ekstrak buah-buahan lainnya. Sedangkan pada konsentrasi papain 0,2% produksi keju mozzarella mengalami penurunan pada setiap penggunaan ekstrak buah-buahan yang berbeda. Hal ini kemungkinan disebabkan pada konsentrasi papain 0,3% proses

penggumpalan kasein yang terdapat pada susu terjadi lebih banyak karena jumlah enzim banyak menyebabkan aktivitas enzim lebih maksimal dalam mengikat molekul-molekul kasein yang ada pada susu.

### Sineresis Keju Mozzarella

Sineresis adalah cairan yang dihasilkan dalam proses pembuatan keju yang karena adanya proses koagulasi misel kasein susu. Tujuan pemisahan *whey* adalah untuk mendapatkan *curd* dengan mengalirkan *whey* melalui saringan. Penentuan volume *whey* dilakukan dengan pengukuran banyaknya cairan yang tersisa pada proses pembuatan keju. Persentase *whey* keju mozzarella dengan penambahan konsentrasi  $\text{CaCl}_2$  dan pasteurisasi susu yang berbeda disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata Nilai Sineresis (%) pada Pengolahan Keju Mozzarella dengan Pengasam Buah dan Konsentrasi Papain

Konsentrasi Papain	Sineresis (%)			Rata-rata
	Jenis asam			
	Jeruk nipis	Lemon	Nanas	
0,2	81,88	84,55	88,61	85,01 <sup>a</sup>
0,3	81,23	83,66	88,06	84,32 <sup>b</sup>
Rata-rata	81,55 <sup>a</sup>	84,11 <sup>b</sup>	88,34 <sup>c</sup>	

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ )

Hasil pengamatan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan pada konsentrasi papain 0,2% (w/v) menghasilkan sineresis yang banyak. Hal ini disebabkan karena perlakuan konsentrasi papain 0,2% tidak memberikan penggumpalan yang maksimal. Hal ini sesuai dengan pendapat Nurul dkk. (2021) yang menyatakan bahwa penggunaan konsentrasi papain yang lebih rendah dapat menyebabkan penggumpalan tidak sempurna karena aktivitas enzim tidak optimal, sedangkan pemberian enzim dengan konsentrasi yang tinggi juga memungkinkan aktivitas enzim rendah karena substrat yang tersedia tidak mencukupi kebutuhan enzim yang bekerja.

Berdasarkan analisis ragam konsentrasi papain berpengaruh sangat nyata ( $P < 0,01$ ) terhadap sineresis keju mozzarella. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh aktivitas enzim dalam mengikat kasein lebih baik pada konsentrasi 0,3%. Penggunaan asam buah yang berbeda berpengaruh sangat nyata ( $P < 0,01$ ) terhadap sineresis keju mozzarella. Hal ini disebabkan karena kadungan asam sitrat yang terkandung di dalam ekstrak buah berbeda. Hal ini sesuai dengan pendapat Ilma dkk. (2019) yang menyatakan bahwa kandungan asam pada dapat menyebabkan penggumpalan protein dalam susu sehingga dapat mempengaruhi kenampakan.

Interaksi faktor konsentrasi papain dan jenis asam berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap sineresis keju mozzarella. Hal ini disebabkan kedua perlakuan mempunyai pengaruh yang sama terhadap perbedaaan sineresis keju mozzarella yang dihasilkan. Pada Tabel 3. terlihat konsentrasi papain 0,3% ada kecendrungan peningkatan sineresis pada ekstrak jeruk nipis dibandingkan konsentrasi papain 0,2%. Pada ekstrak lemon peningkatan sineresis keju mozzarella terjadi pada konsentrasi papain 0,3% dan pada ekstrak nanas peningkatan sineresis terjadi pada konsentrasi papain 0,3%. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh semakin tingginya konsentrasi papain semakin banyak interaksi molekul pada saat proses penggumpalan dan menyebabkan pelepasan molekul air lebih baik sehingga jumlah whey yang dihasilkan lebih sedikit. Adapun pernyataan Sulmiyati dan Malaka (2017) persentase whey yang rendah menunjukkan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan persentase whey yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa volume whey yang keluar sedikit kemungkinan menghasilkan curd lebih banyak.