

BAB II PROSES PRODUKSI

A. Tinjauan Pustaka

1. Keju

Keju merupakan produk pangan yang dihasilkan zat padat dalam susu melalui proses pengentalan atau koagulasi. Proses pengentalan dilakukan dengan bantuan bakteri atau enzim rennet (Negara dkk., 2016). Keju merupakan salah satu produk susu dengan daya simpan yang lama (Widarta dkk., 2016). Komponen utama penyusun keju adalah kasein (protein utama susu), protein *whey*, lemak, laktosa, vitamin, mineral, dan air (Purwadi, 2019). Keju diperoleh melalui penggumpalan kasein oleh rennet dengan/tanpa asam dan dengan/tanpa starter membentuk *curd* (Usmiati dkk., 2020).

Keju merupakan bahan pangan kaya akan protein, lemak, kalsium, fosfor, besi, riboflavin, dan berbagai jenis vitamin (kecuali vitamin C yang mengalami kerusakan saat pengolahan) (Chairunnisa dkk., 2021). Keju bergizi tinggi karena mengandung vitamin A, B, dan D serta mineral fosfor dan kalsium yang penting untuk tubuh (Usmiati dkk., 2020). Kandungan gizi pada 100g keju antara lain adalah 22,8g protein, 25,5g lemak, 0,4mg zat besi, 0,06mg vitamin B1, 155 RE vitamin A, dan 285Kal energi (Chairunnisa dkk., 2021).

Berdasarkan jenisnya, keju dibagi menjadi 4 jenis yaitu keju sangat keras, keju keras, keju semi keras, dan keju lunak (Sriutami dkk., 2020). Semakin keras jenis keju maka semakin lama dan kompleks juga prosesnya (Fatharani dkk., 2018). Keju dianggap lunak dengan kadar air lebih besar dari 40%, keju setengah lunak kadar airnya 36-40%, keju keras kadar airnya 25-36%, dan keju sangat keras memiliki kadar air kurang dari 25% (Abdulah, 2020). Salah satu keju lunak adalah keju mozzarella yang memiliki tekstur lunak (Sriutami dkk., 2020).

a. Keju Mozzarella

Keju mozzarella merupakan salah satu jenis keju pasta filata (*curd* yang elastis) dan keju yang berasal dari Italia (Purwadi, 2008). Pembuatan keju mozzarella dilakukan dengan menggunakan kultur starter bakteri untuk mengasamkan susu dan penambahan rennet untuk membentuk *curd* (Weidyantara dkk., 2017). Karakteristik keju mozzarella adalah memiliki tekstur

yang elastic, lunak, dan berserabut. Tekstur tersebut diperoleh dari proses penekanan, perendaman dalam air panas, serta penarikan (Purwadi, 2007).

Standar keju mozzarella menurut USDA 2016 adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Standart Keju Mozzarella

Nutrient	Unit	Value per 100g
Proximates		
Water	g	53,78
Energy	kcal	254,00
Protein	g	24,26
Total lipid (fat)	g	15,92
Carbohydrate, by difference	g	2,77
Fiber, total dietary	g	0
Sugars, total	g	1,13
Minerals		
Calcium, Ca	mg	782,00
Iron, Fe	mg	0,22
Magnesium, Mg	mg	23,00
Phosphorus, P	mg	463,00
Potassium, K	mg	84,00
Sodium, Na	mg	619,00
Zinc, Zn	mg	2,76
Vitamins		
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	0
Thiamin	mg	0,018
Riboflavin	g	0,303
Niacin	mg	0,105
Vitamin B-6	mg	0,07
Folate, DFE	µg	9,00
Vitamin B-12	µg	0,82
Vitamin A, RAE	µg	127,00
Vitamin A, IU	IU	481,00
Vitamin E (alpha-tocopherol)	mg	0,14
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0,30

Sumber: USDA 2016

Tabel 5. Standart Keju Mozzarella (Lanjutan)

Nutrient	Unit	Value per 100g
Vitamin K (phylloquinone)	µg	1,60
Lipids		
Fatty acids, total saturated	g	10,114
Fatty acids, total monounsaturated	g	4,51
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0,472
Cholesterol	mg	64,00
Amino Acids		
Other		

Sumber: USDA 2016

Kadar air yang baik untuk keju mozzarella berkisar antara 46-56%. Menurut SNI (Standar Nasional Indonesia) keju olahan maksimum mempunyai kadar air 45% (Sunarya dkk., 2016). Kadar air pada keju mozzarella akan mempengaruhi kemuluran yang dihasilkan, dimana semakin tinggi kadar air yang dihasilkan maka tekstur keju mozzarella semakin lunak sehingga kemulurannya semakin meningkat. Selain itu, semakin tinggi kadar lemak yang dihasilkan keju mozzarella juga mempengaruhi tekstur (Widarta dkk., 2016).

Pembuatan keju mozzarella dapat dilakukan dengan cara pengasaman langsung, sehingga tidak perlu menunggu kerja kultur starter bakteri untuk memproduksi asam laktat (Widarta dkk., 2016). Kelebihan pembuatan keju segar dengan cara pengasaman langsung, dapat mempersingkat terbentuknya *curd*. Kelebihan lainnya yaitu lebih terkontrol dibandingkan pengasaman secara biologis (Nugroho dkk., 2018).

Keju mozzarella mengandung bakteri asam laktat yang berasal dari susu dan dapat bermanfaat baik bagi kesehatan dan berfungsi sebagai agen probiotik. Bakteri probiotik adalah bakteri hidup yang dapat bermanfaat baik bagi mikroflora usus. Selain itu, penambahan bakteri probiotik dapat menghambat pertumbuhan mikroba paptogen (Nur dkk., 2015).

Tahapan pembuatan keju secara umum diantaranya adalah pasteurisasi, pengasaman, penambahan enzim, pemotongan *curd*, pemasakan *curd*, pengurangan *whey*, pemuluran, pencetakan, pengepresan, penggaraman, dan pematangan (Purwadi, 2008).

2. Susu

Susu merupakan komoditas bahan pangan hewani yang dihasilkan oleh ternak mamalia seperti sapi, kerbau, ataupun kambing dan diperoleh dengan pemerahan (Cholissodin dkk., 2017). Susu merupakan bahan pangan sempurna karena mempunyai nilai gizi lebih baik dibandingkan dengan nilai gizi sumber pangan lainnya. Susu merupakan produk pangan yang tidak tahan bila disimpan pada suhu ruang dan mudah rusak (*perishable food*) serta berpotensi mengandung bahaya (*potentially hazardous food/PHF*) (Erawantini dkk., 2020).

Susu memiliki komponen penting di dalamnya yaitu protein, lemak, vitamin, mineral, laktosa, enzim-enzim, dan mikroba probiotik (Arief *et al*, 2018). Berikut merupakan kandungan gizi susu sapi segar per 100ml menurut Rukmana (2015):

Tabel 6. Kandungan Gizi Susu Sapi Segar per 100ml

No.	Zat Gizi	Kadar
1	Air (g)	87,20
2	Karbohidrat (g)	4,70
3	Energi (Kkal)	66,00
4	Protein (g)	3,30
5	Lemak (g)	3,70
6	Kalsium (mg)	117,00
7	Fosfor (mg)	151,00
8	Zat Besi (mg)	0,05
9	Vitamin A (SI)	138,00
10	Thiamin (mg)	0,03
11	Riboflavin (mg)	0,17
12	Niacin (mg)	0,08
13	Vitamin B12 (mg)	0,36

(Rukmana, 2015)

Komposisi susu segar sangat beragam tergantung beberapa faktor. Komposisi susu sapi perah adalah lemak 3,9%, protein 3,4%, laktosa 4,8%, abu 0,72%, air 87,10% (Oktafiano, 2016).

Karakteristik susu segar cair menurut SNI 01–3141–2011 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7. Syarat Susu Segar Cair

No	Karakteristik	Satuan	Syarat
a.	Berat jenis (pada suhu 27,5°C)		1,0270
b.	Kadar lemak minimum	%	3,0
c.	Kadar bahan kering tanpa lemak minimum	%	7,8
d.	Kadar protein minimum	%	2,8
e.	Warna, bau, rasa, dan kekentalan		Tidak ada perubahan
f.	Derajat asam	°SH	6,0-7,5
g.	pH	-	6,3-6,8
h.	Uji alkohol (70%) v/v	-	Negatif
i.	Cemaran mikroba, maksimum		Negatif
	1. <i>Total Plate Count</i>	CFU/ml	1x10 ⁶
	2. <i>Staphylococcus aureus</i>	CFU/ml	1x10 ²
	3. <i>Enterobacteriaceae</i>	CFU/ml	1x10 ³
j.	Jumlah sel somatis maksimum	Jam	2-5
k.	Residu antibiotika (Golongan penisilin, Tetrasiklin, Aminoglikosida, Makrolida)	-	Negatif
l.	Uji pemalsuan	-	Negatif
m.	Titik beku	°C	-0,520 s/d -0,560
n.	Uji peroksidase	-	Positif
o.	Cemaran logam berat, maksimum:		
	1. Timbal (Pb)	µg/ml	0,02
	2. Merkuri (Hg)	µg/ml	0,03
	3. Arsen (As)	µg/ml	0,1

Sumber: SNI 01–3141–2011

Protein susu merupakan kelompok molekul yang sangat heterogen, protein susu dibagi menjadi lima kategori yaitu kasein, protein *whey*, protein globula lemak susu, enzim, dan protein minor lainnya. Protein susu memiliki fungsi sebagai asupan kecukupan gizi (Susanti dan Hidayat, 2016). Protein pada susu mengandung dua komponen utama yaitu kasein dan whey. Kadar kasein

pada susu adalah 80% dari jumlah protein dan kadar protein *whey* sebanyak 20% (Harna dkk., 2017).

Pengolahan susu bertujuan untuk mendapatkan susu yang beraneka ragam, tinggi kualitas, tinggi gizi, memiliki masa simpan yang lama, mempermudah pemasaran dan transportasi, serta meningkatkan nilai dan daya guna bahan mentah susu (Yunita dkk., 2018).

Susu merupakan media pertumbuhan mikrobia yang baik, selain itu susu juga mudah mengalami perubahan secara fisik dan kimia. Susu memiliki sifat fisik antara lain adalah warna, bau, rasa, berat jenis, titik didih, titik beku, panas jenis, dan kekentalannya. Sedangkan untuk sifat kimia susu antara lain adalah pH dan keasamannya (Hidayat, 2017).

a. Sifat Fisik Susu

1) Warna susu

Faktor yang menyebabkan perubahan warna susu yaitu jenis pakan, bangsa ternak, dan kandungan lemak ternak. Susu berwarna putih kebiruan hingga kuning keemasan. Warna putih susu dihasilkan refleksi cahaya oleh globula lemak dan partikel koloidal dari kasein dan kalsium fosfat. Sedangkan warna kuning dikarenakan kemampuan lemak dan karoten yang larut dalam susu dan saat susu dipisah dengan lemak maka susu akan berwarna kebiruan (Hidayat, 2017).

2) Rasa dan bau susu

Rasa dan aroma sangat mempengaruhi kualitas susu. Terdapatnya laktosa dalam susu membuat susu terasa sedikit manis. Sedangkan rasa asing dikarenakan oleh kandungan klorida, sitrat, dan garam-garam mineral lainnya. Aroma atau cita rasa pada susu mudah berubah karena beberapa faktor antara lain adalah (Hidayat, 2017):

- Aspek fisiologi, seperti aroma pakan yang diberikan pada ternak. Disamping itu, karena bahan lain yang memiliki cita rasa yang khas bercampur dengan pakan atau air minum ternak.
- Enzim lipase yang menghidrolisis lemak susu sehingga menimbulkan bau tengik.
- Aktivitas kimiawi pada susu, seperti oksidasi lemak.
- Adanya proses peragian laktosa menjadi asam laktat karena terkontaminasi bakteri tertentu.

- Aspek mekanis, seperti adanya proses penyerapan unsur lain pada wadah yang digunakan sebagai penyimpanan susu.

3) Berat jenis susu

Berat jenis susu berkisar antara 1,027-1,035. Untuk bahan makanan, susu harus memiliki *codex* susu 1,028. *Codex* susu merupakan daftar satuan yang harus dipenuhi air susu sebagai bahan makanan yang telah menjadi acuan para ahli gizi dan kesehatan sedunia. Berat jenis yang diperoleh akan lebih kecil karena ada perubahan kondisi lemak dan terbentuknya gas dalam air susu (Hidayat, 2017).

4) Kekentalan susu

Kekentalan atau viskositas susu berkisar 1,5-2,0 cP. Pada suhu 20°C viskositas *whey* 1,2 cP, viskositas susu skim 1,5 cP dan susu segar 2,0 cP. Faktor yang mempengaruhi viskositas susu adalah bahan padat, lemak, dan temperatur (Hidayat, 2017).

5) Titik beku dan titik cair susu

Codex susu mencantumkan bahwa titik beku susu adalah -0,500°C, namun di Indonesia berubah menjadi -0,520°C. Penambahan air pada susu murni dapat diketahui dari perubahan titik beku dan titik didih (Hidayat, 2017).

6) Daya cerna susu

Susu mengandung bahan/zat yang dapat dicerna, diserap, dan dimanfaatkan tubuh secara 100%. Susu dinyatakan sangat baik sebagai bahan makanan (Hidayat, 2017).

b. Sifat Kimia Susu

Sifat kimia susu adalah pH dan keasaman. Susu segar memiliki sifat ampoter, ampoter dapat bersifat asam dan basa sekaligus. pH susu segar terletak antara 6,5-6,7. Total asam dalam susu adalah 0,10-0,26% jika dititrasi dengan alkali dan katalisator penoltalin. Dalam susu, asam yang terkandung sebagian besar adalah asam laktat (Hidayat, 2017).

3. Bahan Pembantu Pembuatan Keju Mozzarella

a. Starter

Jenis starter yang digunakan dalam pembuatan keju terdapat dua jenis yaitu, jenis bakteri mesofilik (suhu optimum 20-40°C) dan bakteri termofilik (suhu optimum 41-45°C). Starter yang sering digunakan adalah kombinasi

kedua macam spesies (*mixed strain*), kombinasi ini akan menimbulkan simbiosis mutualisme. Proses pengasaman oleh bakteri asam laktat dapat membantu mengoptimalkan kerja enzim. Starter tidak hanya membentuk asam laktat, tetapi juga membentuk komponen-komponen aroma dan CO₂ yang berfungsi untuk membentuk rongga di dalam batang keju yang dihasilkan (Purwadi, 2019).

Bakteri *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* dan *Lactobacillus acidophilus* sebagai starter akan hidup dan saling berstimulasi satu sama lainnya. Sehingga bakteri starter akan tumbuh lebih cepat dalam proses fermentasi. Selama proses fermentasi, bakteri starter akan merombak laktosa pada susu menjadi asam laktat, asam-asam organik, dan membentuk komponen rasa yang akan menurunkan pH sehingga produk menjadi kental hingga padat (Aufa dkk., 2020).

Tiga sifat mikroorganisme starter yang penting dalam pembuatan keju adalah kemampuan memproduksi asam laktat, kemampuan memecah protein, dan memproduksi karbondioksida. Pada saat susu mengental, sel bakteri terpusat dalam koagulum keju. Asam akan menurunkan pH dan membantu sineresis atau kontraksi koagulum yang disertai dengan pengurangan *whey* (Purwadi, 2019).

b. Asam Sitrat

Asam sitrat merupakan salah satu produk komersial yang penting di dunia maupun di Indonesia. Di Indonesia, konsumsi asam sitrat sebanyak 65% didominasi oleh industri makanan dan minuman, hal ini karena sifat asam sitrat menguntungkan dalam pencampuran yaitu kelarutan yang tinggi, tidak beracun, dan menghasilkan rasa asam yang disukai. Kegunaan lain yaitu sebagai pengawet, pencegah kerusakan warna dan aroma, penghambat oksidasi, menjaga turbiditas, penginvert sukrosa, penghasil warna gelap pada kembang gula, dan pengatur pH (Sasmitaloka, 2017).

pH susu dapat segera menurun dari 6,7 menjadi 5,4. Pengasaman langsung akan lebih cepat dalam menurunkan pH susu jika dibandingkan dengan penggunaan bakteri asam laktat (Hanum *et al*, 2022). Penggunaan asam sitrat sebagai bahan pengasam akan menurunkan pH dan membuat cita rasa keju mozzarella sedikit asam. Pada beberapa penelitian juga dilakukan

penambahan bahan tertentu untuk memperbaiki kenampakan serta cita rasa keju mozzarella (Setiaji dkk., 2019).

c. CaCl_2

Kalsium klorida biasanya ditambahkan dalam proses pembuatan keju sebagai katalis. Penambahan CaCl_2 0,02% (0,2gram/liter) pada pembuatan keju meningkatkan sifat koagulasi rennet, mempersingkat waktu koagulasi, dan menambah kekuatan jaring *curd* (Fox *et al.*, 2017). Terbentuknya gumpalan kasein (yaitu dadih atau *curd*) tergantung pada ketersediaan kalsium terlarut dan juga level koloid kalsium. Setelah selesai tahap proses hidrolisis kasein oleh enzim *chymosin* yang merupakan tahap pertama proses koagulasi kasein oleh rennet, kalsium berperan dalam menetralkan muatan negatif misel kasein dan juga menjadi jembatan penghubung antar gugus fosfat yang bermuatan negatif. CaCl_2 biasanya ditambahkan pada pembuatan keju untuk membantu koagulasi dengan cara mengurangi waktu koagulasi rennet dan meningkatkan laju pembentukan *curd* (Ong *et al.*, 2013). Dalam penelitian lain, Penambahan 0,1 hingga 0,2gram kalsium klorida CaCl_2 per liter susu, dapat mengembalikan kandungan kalsium terlarut pada susu sehingga waktu pembekuan dan pembentukan *curd* kembali normal, pada saat yang sama pH menurun (karena CaCl_2 bereaksi dengan fosfat susu membentuk kalsium fosfat), terionisasi dan kalsium koloid serta ukuran misel meningkat, dan *curd* yang dihasilkan akan lebih banyak (Law and Tamime, 2010).

Fungsi utama kasein dalam susu adalah untuk mengangkut kalsium, fosfat, dan protein secara efisien dan misel kasein menyeimbangkan kalsium dan fosfat sehingga tidak terjadi penggumpalan kalsium fosfat pada kelenjar mammae. Sifat penting dari kasein adalah sensitivitasnya terhadap hidrolisis oleh *chymosin* dan presipitasi atau koagulasi oleh Ca^{2+} (Putri dkk., 2020). Penambahan kalsium secara signifikan mempengaruhi tekstur keju, terlepas dari pH dan koagulasi susu (Santos *et al.*, 2013). Proteolisis dan proses pelarutan Ca pada proses koagulasi susu dapat berkontribusi pada pelunakan tekstur keju (El-Aziz *et al.*, 2012).

Tekstur keju terutama ditentukan oleh keseimbangan interaksi saling menolak (*repulsive*) dan saling menarik (*attractive*) antar molekul kasein yang membentuk matriks protein keju. Interaksi saling menolak disebabkan karena terjadi repulsi antar muatan yang berbeda (positif dan negatif) dalam molekul

kasein; dan interaksi saling menarik disebabkan oleh ikatan silang CCP, ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik. Penurunan interaksi saling menarik antar molekul kasein sebagai akibat dari hilangnya kalsium menyebabkan kasein lebih mudah bergerak sehingga keju menjadi lebih mudah meleleh dan mengalir saat dipanaskan. Sebaliknya, penurunan interaksi saling menolak antar molekul kasein, yang juga meningkatkan interaksi saling menarik, menyebabkan penurunan kemampuan keju untuk meleleh dan mengalir saat dipanaskan (Sumarmono, 2012).

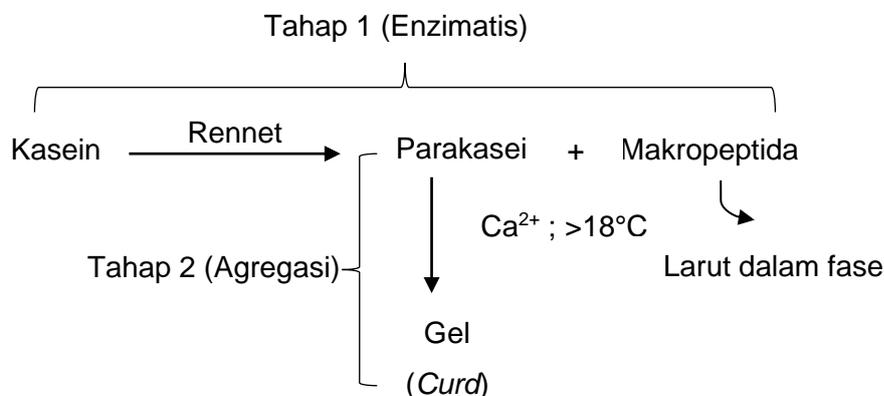
d. Enzim Rennet

Rennet merupakan bahan bioaktif yang awalnya merupakan hasil ekstraksi abomasum sapi muda yang digunakan sebagai starter dalam proses pembuatan keju, karena mengandung enzim *chymosin* dengan kadar tinggi (Hidayah dkk., 2014). Rennet merupakan penggumpal kasein pada proses pembuatan keju yang di dalamnya mengandung enzim protease rennin. Enzim rennet yang digunakan merupakan enzim yang bersifat proteolitik yang dapat menggumpalkan susu pada proses awal pembuatan keju (Hutagalung dkk., 2017).

Rennet merupakan enzim yang dihasilkan oleh lambung mamalia untuk mencerna susu. Rennet mengandung enzim proteolitik (Protease) yang berfungsi untuk memisahkan bagian padat dan bagian cair pada susu (Patahanny dkk., 2019). Adapun koagulasi rennet terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama fase enzimatik awal yang terjadi sekitar 10 menit pertama saat perubahan kimia berlangsung yang merupakan tahap preparasi untuk tahap berikutnya. Tahap kedua dikenal sebagai fase non enzimatik dimana misel kasein mulai membentuk rantai hingga akhirnya terbentuk curd solid (Horne and Lucey, 2017).

Rennet berfungsi untuk mengkoagulasikan kasein sedangkan asam laktat berfungsi untuk membantu proses koagulasi kasein oleh rennet (Hidayah dkk., 2014). Enzim rennet stabil dalam menggumpalkan susu pada pH 4-6. Saat pembuatan keju, enzim rennet memiliki suhu optimum sekitar 30-40°C, sedangkan pada suhu 15°C tidak akan terjadi koagulasi susu dan bila suhu 60°C enzim rennet akan menjadi inaktif (Mustakim dkk., 2012).

Secara singkat proses koagulasi kasein oleh enzim rennet dapat dilihat pada gambar 5. berikut:



Gambar 5. Proses Koagulasi Kasein oleh Enzim Rennet (McSweeney, 2007).

e. Garam

Garam dalam proses pembuatan keju mozzarella digunakan untuk menghambat pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme yang bersifat patogen, menghambat aktivitas enzim dalam keju, dan membentuk *flavor*. Keju mozzarella menggunakan garam 1-3% dari total *curd* yang dihasilkan (Greenfields Indonesia, 2013). Selama proses pembuatan keju sering ditambahkan garam, baik dengan cara penaburan atau perendaman dalam larutan garam. Garam akan mendorong keluar *whey* dari *curd*, sehingga dapat digunakan untuk mengontrol asiditas *curd* (Prayudha, 2015).

Bila tidak dilakukan penggaraman, maka keju akan lunak, teksturnya tidak elastis, dan proses pematangannya tidak normal. Akan tetapi, penggaraman yang terlalu banyak akan menyebabkan keju menjadi keras dan proses pematangannya berjalan lambat. Penggaraman dapat menyebabkan produksi asam terhambat, sehingga pH keju setelah penggaraman tidak akan turun lagi (Sukotjo, 2003).

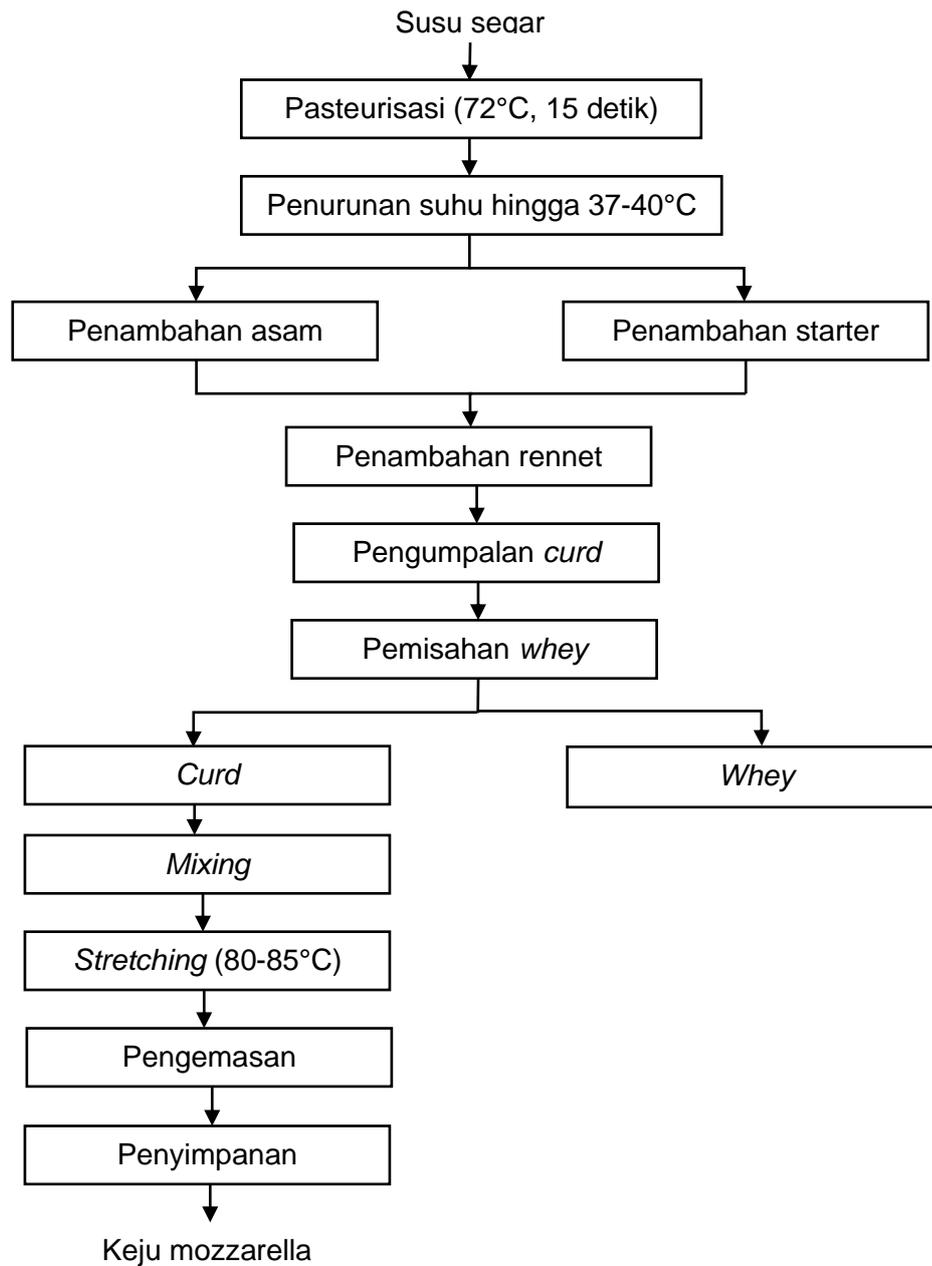
f. Pengemulsi

Emulsifier atau zat pengemulsi adalah zat untuk membantu menjaga kestabilan emulsi minyak dan air (Latifah dan Estiasih, 2016). Pada keju olahan pengemulsi berfungsi sebagai pengikat semua komponen bahan dan memperbaiki tekstur. Fungsi zat pengemulsi adalah mempermudah pembentukan emulsi serta mempertinggi stabilitasnya, karena pengemulsi

dapat membentuk sistem yang mampu mengikat dan menyatukan komponen polar dan non polar dari suatu bahan pangan (Vaclavic, 2008).

B. Proses Produksi Keju Mozzarella Secara Umum

Proses pembuatan keju mozzarella secara umum dapat dilihat pada Gambar 6. berikut:



Gambar 6. Diagram alir proses pembuatan keju mozzarella (Jana and Tagalpallewar, 2017)

1. Heat Treatment pada Susu (Pasteurisasi (72°C, 15 detik))

Keju mozzarella secara tradisional dibuat dari susu mentah. Namun, pasteurisasi susu dianjurkan dalam proses pembuatan keju mozzarella. Perlakuan panas pada susu (72°C, 15 detik) bertujuan untuk meningkatkan protein dan total solid yang ada pada keju mozzarella, dan menurunkan perolehan lemak, memberikan tekstur lunak pada keju, meningkatkan skor rasa dan menjaga kualitas, serta memastikan keamanan dan kesehatan konsumen (Jana and Mandal, 2011)

2. Penurunan Suhu

Penurunan suhu hingga 37-40°C dilakukan untuk menyesuaikan suhu optimum dari starter dan enzim rennet. Mustakim dkk., (2012) menyatakan enzim rennet stabil dalam menggumpalkan susu pada pH 4-6. Saat pembuatan keju, enzim rennet memiliki suhu optimum sekitar 30-40°C. Anggraini dan Ardyati (2017) menyatakan bahwa suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri starter yang digunakan berbeda, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* dan *Lactobacillus acidophilus* memiliki masing-masing suhu optimum 37-42°C, 34-45°C dan 37°C untuk aktifitas dan perkembangbiakannya.

3. Pengasaman

a. Pengasaman Langsung (Menggunakan Asam)

Pembuatan keju dengan pengasaman langsung dilakukan dengan menambahkan bahan yang bersifat asam seperti asam asetat atau asam sitrat, sehingga akan menghasilkan keju mozzarella yang biasanya berwarna putih dan langsung dikonsumsi tanpa melalui proses pematangan (Arinda dkk., 2013).

Pengasaman langsung umumnya menggunakan asam sitrat. Penggunaan asam dapat mempercepat proses pembuatan keju karena adanya penambahan asam, pH susu langsung turu dari 6,7 menjadi 5,4 tanpa harus menunggu pertumbuhan bakteri starter untuk membentuk asam (Khomar dkk., 2009). Asam yang ditambahkan dalam pembuatan keju akan menurunkan pH susu segar dari 6,9-7,1 menjadi 5-6 untuk kerja rennet optimal. Penambahan asam akan mempercepat proses penurunan

pH bila dibandingkan dengan penambahan bakteri starter (Arinda dkk., 2013).

Penggunaan asam sitrat sebagai bahan pengasam akan menurunkan pH dan membuat cita rasa keju mozzarella sedikit asam. Pemberian asam pada pembuatan keju mozzarella dilakukan sedikit demi sedikit sambil dilakukan pengadukan pelan-pelan (Setiaji dkk., 2019).

b. Pengasaman Menggunakan Starter

Metode pengasaman yang secara umum dilakukan adalah dengan penambahan kultur khusus (*direct vat*), karena dapat menghasilkan citarasa, body, tekstur, dan daya tahan paling baik (Purwadi, 2019).

Pembuatan keju mozzarella dengan kelembaban tinggi memerlukan penggunaan starter seperti *S. lactis*, *S. durans* atau *S. faecalis*, sedangkan untuk keju mozzarella dengan kadar air rendah starter yang direkomendasikan adalah *S. thermophilus*, *L. bulgaricus* dan/atau *L. helveticus*. Jika starter yang digunakan adalah *S. thermophilus* dan *L. bulgaricus* maka suhu saat proses memasak adalah $\geq 40^{\circ}\text{C}$ (Jana and Mandal, 2011). Penambahan bakteri asam laktat dapat mengasamkan susu sapi sampai mencapai pH 6,0-6,2 (Murti, 2004).

4. Penambahan Rennet

Penambahan rennet pada pembuatan keju berfungsi untuk mengkoagulasi protein susu, terutama kasein. Koagulasi ini berfungsi untuk membentuk *curd* keju. Dosis pemberian rennet harus diukur secara pasti karena jika terlalu banyak akan menyebabkan *curd* keras dan sulit untuk diolah. Pemberian rennet untuk 1000mL susu adalah 0,2mL (McSweeney, 2007).

5. Penggumpalan *Curd*

Mekanisme dari penggumpalan keju diawali dengan adanya pemecahan kappa-kasein (k-kasein) oleh enzim rennet terutama pada misel kasein yang terdapat di permukaan dan menyebabkan terjadinya koagulasi. Selama koagulasi oleh rennet, kappa-kasein dihidrolisis dalam dua tahap. Tahap pertama dalam hidrolisis k-kasein pada ikatan phi yang menghasilkan para-kasein dan makropeptida. Kemudian makropeptida yang mengandung sampai 30% k-kasein berdifusi ke dalam fase cair. Hilangnya makropeptida menyebabkan tegangan permukaan dan stabilitas koloida misel menurun

sehingga dapat terkoagulasi oleh Ca_2 . Proses dilanjutkan dengan aglomerasi yang menghasilkan massa protein seragam, yaitu misel yang bergabung satu sama lain. Sehingga terjadi ikatan kuat diantara dua misel yang berdekatan membentuk gel. Gel tersebut memiliki pori dan jaringannya yang tidak teratur, selanjutnya terjadi pengeluaran air dengan adanya penekanan. Selama proses berlangsung lemak akan mempertahankan integritas membran dan merupakan cara untuk memerangkap protein sehingga terbentuk matrik tiga dimensi (Setyawardani, 2012).

Penggumpalan *curd* memiliki suhu optimum dalam prosesnya yaitu 40°C , jika suhu dibawah 15°C maka penggumpalan tidak akan terjadi dan apabila lebih dari 60°C maka enzim rennet akan menjadi tidak aktif. Proses koagulasi memerlukan waktu selama 15-30 menit (Purwadi, 2019).

6. Pembuangan *Whey*

Pembuangan *whey* dimaksudkan untuk memisahkan *curd* dan *whey* serta mengurangi kandungan air yang ada dalam *curd*. Pemisahan *whey* dapat dilakukan dengan mengalirkan *whey* melalui saringan metal pada tangka pembuatan keju, dapat juga dilakukan dengan memasukkan *curd* pada kain saring, kemudian bungkusan kain tersebut diangkat dan digantung beberapa saat untuk mengeluarkan *whey* yang ada pada *curd*. Dalam proses pengaliran *whey*, *whey* akan dibuang dan *curd* akan diproses lebih lanjut (Legowo, 2003).

Pemotongan *curd* bertujuan agar *whey* yang terperangkap dalam *curd* dapat keluar sehingga *curd* yang didapat bersifat kesat. *Curd* dipotong apabila sudah kompak, dimana kekompakan ini diuji dengan menggoreskan permukaan susu dengan kedalaman 3-5cm dengan pisau. Apabila goresan memisah dengan baik dapat diartikan *curd* sudah kompak dan jika goresan memisah dengan lambat dan cenderung tidak bisa memisah berarti *curd* tersebut belum kompak (Purwadi, 2019).

Selama pembuangan *whey* sering ditambahkan garam dengan cara penambahan larutan garam. Garam akan mendorong keluar *whey* dari *curd*, sehingga dapat digunakan untuk mengontrol asiditas *curd* (Prayudha, 2015).

7. *Mixing*

Adakalanya keju mozzarella mempunyai tekstur lunak dan lembek, sehingga diperlukan adanya bahan pengemulsi. Penambahan pengemulsi

pada pembuatan keju akan menciptakan keju yang halus, homogen, stabil, serta tekstur dan warna merata (McSweeney, 2007).

Kadar garam keju biasanya berkisar antara 1,5-2,5% tapi untuk beberapa jenis keju ada juga yang berkadar garam 0,6% atau bahkan 5-7%. Penambahan garam juga akan berpengaruh pada citarasa, tekstur, penampakan, jumlah asam laktat, dan menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk. Penggaraman dapat menyebabkan produksi asam terhambat, sehingga pH keju setelah penggaraman tidak akan turun lagi (Sukotjo, 2003).

8. *Stretching* (80-85°C)

Keju mozzarella harus membentuk untaian berserat dalam kondisi panas dan harus dapat memanjang tanpa putus. Kemampuan keju mozzarella untuk membentuk untaian berserat disebut dengan daya regang atau *stretchability* (Jana and Tagalpallewar, 2017). *Curd* yang menggumpal saat koagulasi enzimatis dan fermentasi, jika pHnya mencapai pH 5,4-5,2, *dicalcium* paracaseinate akan diubah menjadi *monocalcium* paracaseinate, yang mendukung pembentukan serat (Goncalves and Cardarelli 2021).

Proses *stretching* umumnya dilakukan dengan menggunakan mesin *stretcher* dengan *single* atau *double screw system*, dimana pada mesin ini suhu dan kecepatan putaran *screw* dapat disesuaikan. Proses *stretching* umumnya dilakukan dengan sumber panas yaitu uap air dengan suhu berkisar dari 80-85°C (Goncalves and Cardarelli 2021).

Proses pemuluran ini dilakukan dengan menggunakan alat pemulur yang sebelumnya dipanaskan hingga suhunya mencapai 85°C, agar diperoleh panas yang merata. Setelah panasnya merata suhu akan diturunkan menjadi 80°C. Dalam proses ini *curd* dimasukkan ke dalam alat pemulur dengan suhu 80°C selama 30 menit (Sulis dkk., 2014).

pH sangat berpengaruh terhadap kemampuan *stretching* dan leleh dari keju mozzarella. Konsentrasi abu, kalsium dan fosfor keju menurun seiring dengan menurunnya pH whey. Kemampuan untuk leleh keju meningkat ketika kandungan kalsium dari keju berkurang (Jana and Mandal, 2011). Kondisi optimal kemampuan *stretching* dan leleh dari keju mozzarella adalah pada pH *curd* 5,2-5,5 (Jana and Tagalpallewar, 2017).

9. Pengemasan

Keju yang dikemas dengan plastik PE memiliki umur simpan paling lama dibandingkan dengan bahan kemasan lainnya (polipropilen, aluminium foil dan edible coating karagenan), pada suhu 5°C (Budiyanto, 2012). Polietilen (PE) merupakan plastik yang paling banyak digunakan dalam industri. Penampakkannya bervariasi dari transparan hingga keruh. PE juga bersifat lemas, mudah dibentuk, dan ditarik serta berdaya rentang tinggi tanpa sobek (Juniawati dkk., 2015).

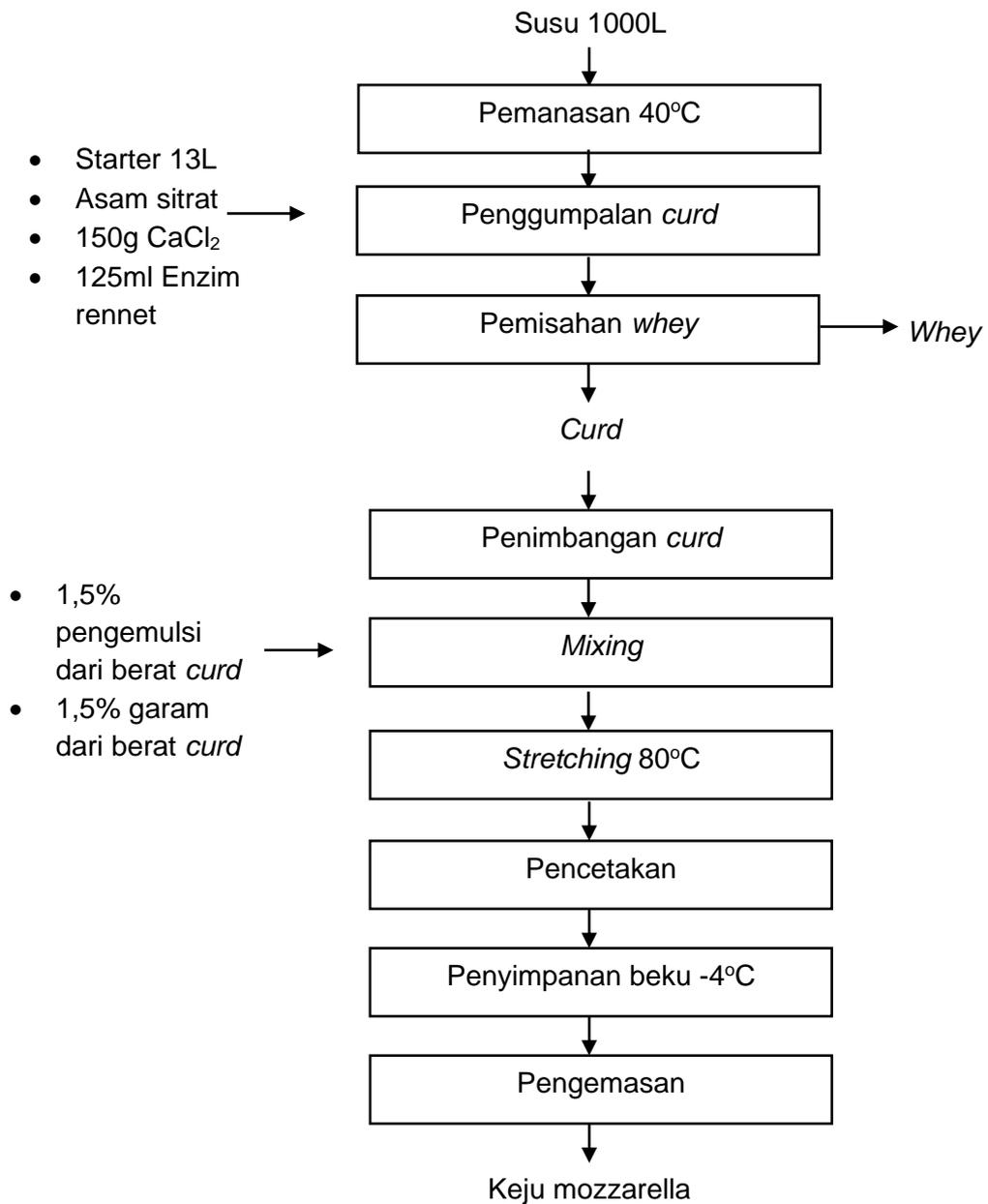
Bahan pengemas plastik yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah jenis plastik *Polypropylene* (PP), *Polyetilene* (PE), dan *High Density Polyetilene* (HDPE). Kemasan dari berbagai jenis plastik ini mempunyai sifat permeabilitas yang berbeda. Salah satu metode yang efektif untuk memperpanjang umur simpan produk adalah menggunakan pengemasan plastik secara vakum. Pengemasan vakum merupakan salah satu aplikasi teknologi pengemasan dengan menggunakan kantong plastik vakum (*vacuum pack*). Pengemasan vakum atau hermetis selama penyimpanan dapat didefinisikan sebagai suatu pengemasan terhadap produk pangan sehingga produk di dalamnya terlindung dari pertukaran gas atau air dari luar. Dalam kondisi vakum, serangga dan mikroorganisme aerobik akan mati dengan sendirinya akibat habisnya oksigen dan meningkatnya konsentrasi CO₂ yang dihasilkan selama respirasi serangga dan mikroorganisme maupun produk bahan (Renate, 2012).

10. Penyimpanan

Keju mozzarella memiliki masa simpan selama 6 bulan jika disimpan pada suhu 4-10°C. Penyimpanan dengan suhu rendah dimaksudkan untuk menjaga keju tetap segar dan untuk inaktivasi mikroorganisme (Widarta dkk., 2016).

C. Proses Produksi Keju Mozzarella di CV Brawijaya Dairy Industry

A. Diagram Alir Proses Pengolahan Keju Mozzarella



Gambar 7. Diagram alir proses pembuatan keju mozzarella CV Brawijaya Dairy Industry

B. Proses Pembuatan Keju Mozzarella di CV Brawijaya Dairy Industry

Susu segar diperoleh dari pengepul di desa junrejo, Kota Batu yang ditampung di KUD Mitra Bhakti Makmur. Sebelum susu di distribusikan terlebih dahulu dilakukan uji laboratorium diantaranya uji alkohol, uji berat jenis, uji organoleptik dan uji antibiotik. Enzim rennet yang digunakan pada pembuatan keju mozzarella adalah enzim rennet nabati, pemilihan enzim rennet ini dikarenakan untuk menghindari adanya kandungan babi apabila menggunakan enzim rennet hewani.

Starter yang digunakan untuk pembuatan Keju Mozzarella adalah *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, dan *Streptococcus thermophilus*. Starter yang digunakan dalam bentuk kering yang kemudian ditambahkan susu skim dan susu segar lalu dilakukan proses inkubasi. 250ml Starter yang telah diinkubasi ditambahkan 13L susu segar kemudian diinkubasi selama 30jam di dalam toples yang tertutup rapat. Starter inilah yang akan digunakan dalam proses pembuatan Keju Mozarella.

Proses pembuatan Keju Mozzarella di CV. Brawijaya Dairy Industry dijelaskan sebagai berikut:

1. Pemanasan

Susu yang telah dilakukan penyaringan langsung dipanaskan di dalam *cheesevat* sampai mencapai suhu 40°C. Proses ini dilakukan untuk memberikan suhu yang sesuai sehingga kerja enzim rennet mikroba dan starter optimal.

2. Penggumpalan *curd*

Proses penggumpalan *curd* dimulai dengan menambahkan 13L starter dan didiamkan selama 30 menit. Setelah itu diukur pH, pH yang didapat biasanya 6,2-6,4. Karena pH yang diinginkan dibawah 6 maka ditambahkan asam sitrat. Banyaknya asam sitrat yang ditambahkan tidak menentu tergantung pH yang didapatkan.

Setelah itu dilakukan penambahan 150g CaCl₂ dan 125ml enzim rennet. Asam sitrat, CaCl₂, dan enzim rennet dilarutkan dengan air terlebih dahulu sebelum dicampurkan pada susu. Setelah itu didiamkan kembali selama 30 menit. *Curd* yang telah kompak atau menggumpal dapat diketahui dengan cara menggoreskan pisau pada *curd* dengan kedalaman 3 sampai 5 cm. *Curd* yang kompak akan membentuk pola goresan yang tampak rata, tidak lengket dan membelah dengan baik.

3. Pemisahan *whey*

Whey dikeluarkan dengan memanfaatkan gaya gravitasi dan *whey* akan keluar melalui kran yang ada di dasar mesin *cheese vat*. Jika sebagian besar *whey* telah dibuang, dilakukan pemotongan *curd*. Pemotongan ini bertujuan untuk mengeluarkan *whey* yang terperangkap di dalam *curd*. Setelah itu, dilakukan penyiraman larutan garam untuk membantu *whey* keluar dari *curd*. Lalu, dibiarkan selama 30 menit sampai *whey* terbuang habis, setelah *whey* terbuang habis maka dilakukan penimbangan *curd* untuk mengetahui jumlah *curd* yang dihasilkan serta untuk menentukan banyaknya pengemulsi dan garam yang akan ditambahkan saat proses *mixing*.

4. *Mixing*

Proses *mixing* dilakukan dengan menggunakan *mixer stainless steel* yang telah dimodifikasi sesuai kebutuhan. Selama proses *mixing* ditambahkan 1,5% pengemulsi dan 1,5% garam dari banyaknya berat *curd*. Penambahan emulsi pada proses *mixing* dilakukan untuk menghasilkan keju dengan tekstur yang halus. Fungsi dari penambahan garam untuk membentuk *flavor* pada keju mozzarella.

5. *Stretching* (pemuluran)

Proses pemuluran merupakan proses pematangan keju dengan pemanasan sehingga membentuk tekstur dan rasa akhir keju mozzarella yang khas. Sebelum proses *stretching* dilakukan, mesin harus dipanaskan sampai mencapai suhu 80°C. *Curd* langsung dimasukkan ke dalam *feeder* mesin dengan suhu produk akhir harus mencapai 68°C. *Screw* di dalam *stretcher* akan menarik adonan ke lubang *die* (lubang pengeluaran) di bagian atas. Proses diulang hingga 4 sampai 5 kali agar tekstur adonan *curd* yang masih sangat kasar menjadi halus dan tidak mudah putus. Tekstur keju mozzarella yang diharapkan adalah mulur, kenyal, berserabut, lunak dan kalis.

6. Pencetakan

Pencetakan dilakukan secara cepat saat adonan masih dalam keadaan panas. Pencetakan dilakukan menggunakan wadah *plastic polypropylene* (PP) berbentuk balok dengan dua ukuran, yakni 250 g dan 1 kg yang dapat digunakan berulang kali. Bagian dalam wadah dilapisi dengan kemasan primer dengan jenis HDPE yang hanya bersifat sekali pakai.

7. Pembekuan

Keju Mozzarella yang telah dicetak segera disimpan di dalam *freezer* dengan suhu -4°C selama minimal 24 jam sampai keju memiliki tekstur yang keras. Apabila keju masih memiliki tekstur lunak saat ditekan maka dilakukan pembekuan kembali.

8. Pengemasan dan Pelabelan

Pengemasan Keju Mozzarella dilakukan secara berlapis. Kemasan primer yang bersentuhan langsung dengan produk menggunakan plastik HDPE yang dipasang selama pencetakan. Kemasan sekunder yang digunakan adalah jenis plastik PE yang dikhususkan untuk pengemasan vakum dengan *vacuum sealer*. Proses pengemasan vakum dipilih karena produk akan lebih tahan lama tiga sampai lima kali dibanding dengan kemasan *non vakum*. Label ditempelkan secara manual pada kemasan primer sebelum dilakukan proses vakum.