

BAB II PROSES PRODUKSI

A. Tinjauan Pustaka

1. Keju

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).

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).

Berdasarkan jenisnya, keju dibagi menjadi 4 jenis yaitu keju sangat keras, keju keras, keju semi keras, dan keju lunak (Sriutami dkk., 2020). Keju dianggap lunak dengan kadar air lebih besar dari 40%, keju setengah lunak atau keju semi keras 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, 2019). Keju mozzarella adalah keju khas Italia yang dibuat dari susu kerbau, karena produksi susu kerbau (*Buballus buballis*) tertinggi di dunia berada di Italia. Namun di Indonesia susu kerbau sulit didapat maka susu kerbau dapat

diganti dengan susu sapi yang lebih banyak dan lebih mudah didapatkan di Indonesia (Sunarya dkk., 2016).

Keju mozzarella adalah keju lunak yang proses pembuatannya tidak dimatangkan atau disebut juga keju segar. Keju mozzarella dimanfaatkan sebagai topping pizza, karena keulehannya yang mampu membentuk serabut-serabut ketika dipanaskan tidak dapat digantikan oleh keju lain (Sunarya dkk., 2016). Karakteristik keju mozzarella adalah memiliki tekstur yang elastis, lunak, dan berserabut. Tekstur tersebut diperoleh dari proses penekanan, perendaman dalam air panas, serta penarikan (Purwadi, 2019).

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 patogen (Nur dkk., 2015).

Tabel 5. Standart Keju Mozzarella Menurut USDA 2016

Nutrient	Unit	1Value 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

Tabel 5. Standart Keju Mozzarella Menurut USDA 2016 (Lanjutan)

Nutrient	Unit	1Value per 100g
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
Vitamin D	IU	12,00
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 dua cara, yaitu dengan penambahan biakan bakteri starter yang biasanya berasal dari kelompok bakteri asam laktat atau dengan pengasaman langsung. Pembuatan keju mozzarella dengan penambahan asam sitrat atau yang biasa disebut pengasaman langsung (*direct acidification*) dapat mempersingkat waktu pembuatan, karena keasaman yang dikehendaki segera tercapai setelah asam sitrat ditambahkan (Purwadi, 2019). 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).

Metode pengasaman yang secara umum dapat dilakukan adalah penambahan kultur khusus (*direct vat*), karena dapat menghasilkan citarasa, *body*, tekstur dan daya tahan yang paling baik. Sedangkan pengasaman dengan penambahan asam sitrat saja biasanya menghasilkan keju dengan citarasa yang kurang. Tujuan penambahan starter keju adalah untuk meningkatkan keasaman hingga mencapai tingkat yang mencukupi kebutuhan pada saat enzim protease ditambahkan, sehingga enzim tersebut bisa bekerja dengan optimum. Keasaman susu diperoleh dengan menggunakan kultur bakteri asam laktat (*starter*), dengan menggunakan asam sitrat dan dengan menggunakan asam cuka (Purwadi, 2019).

Tahapan pembuatan keju secara umum adalah pasteurisasi, pengasaman, penambahan enzim, pemotongan *curd*, pemasakan *curd*, pengurangan *whey*, pemuluran, pencetakan, pengepresan, penggaraman dan pematangan. Suhu dalam pembuatan keju mozzarella sangat berpengaruh terhadap kualitas keju yang dihasilkan. Tahapan pembuatan keju yang menggunakan prinsip perpindahan panas dan pengendalian suhu adalah pasteurisasi, pemasakan *curd*, pemuluran, pendinginan dan pasca pendinginan (*tempering*). Suhu pemasakan *curd* dalam bak pengolah keju ternyata berpengaruh terhadap kecepatan keluarnya air dari dalam *curd* selama berlangsungnya pembuatan keju (Paul, 2019).

2. Susu

Susu adalah cairan yang dihasilkan dari sekresi kelenjar mammae hewan mamalia yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan gizi (Putri, 2016). Menurut SNI (2011) Susu segar adalah cairan yang berasal dari ambing sapi yang sehat dan bersih, yang diperoleh dengan cara pemerahan yang benar, yang kandungan alaminya tidak dikurangi atau ditambah sesuatu apapun dan belum mendapat perlakuan apapun kecuali proses pendinginan.

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 dkk., 2018). Kandungan gizi susu sapi segar per 100ml menurut Rukmana (2015) adalah sebagai berikut:

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

Sumber: Rukmana, (2015)

Setiap susu dapat memiliki komposisi yang berbeda-beda tergantung dari beberapa faktor seperti jenis pakan, tahap laktasi, musim, usia sapi dan jenis ras sapi (Debela dkk., 2015). Sanam dkk., (2014) menyebutkan secara kimiawi susu normal mempunyai komposisi air (87,20%), lemak (3,70%), protein (3,50%), laktosa (4,90%), dan mineral (0,07%).

Protein susu merupakan kelompok molekul yang sangat heterogen yang berfungsi sebagai asupan untuk memenuhi kecukupan gizi. Protein pada susu dibagi menjadi lima kategori yaitu kasein, protein *whey*, protein globula lemak susu, enzim, dan protein minor lainnya. (Susanti dan Hidayat, 2016). Dua komponen utama yang terkandung dalam protein susu yaitu kasein dan *whey*. Kadar kasein pada susu lebih banyak dari pada kadar *whey* yaitu 80% sedangkan kadar protein *whey* hanya 20% (Harna dkk., 2017). Kasein terfraksinasi menjadi α -, β - dan κ -kasein, sementara protein *whey* termasuk α -laktalbumin, β -laktoglobulin, bovine serum albumin (BSA) dan imunoglobulin (Ig) (Susanti dan Hidayat, 2016).

Karakteristik susu segar cair menurut SNI 01–3141–2011 dapat dilihat pada Tabel 6 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

Susu yang terkontaminasi mikroorganisme yang dapat menyebabkan perubahan fisik susu sehingga menjadi tidak layak untuk dikonsumsi (Wulandari *et al.*, 2017). Oleh karena itu susu termasuk ke dalam kategori *perishable food* dan perlu dilakukan penanganan yang baik setelah diperah serta perlu adanya proses pengolahan.

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

Susu memiliki warna putih kebiruan hingga kuning keemasan. Warna putih susu berasal dari refleksi cahaya oleh globula lemak dan partikel koloid 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. Faktor yang menyebabkan perubahan warna susu yaitu jenis pakan, bangsa ternak, dan kandungan lemak ternak. (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 mekanik, seperti adanya proses penyerapan unsur lain pada wadah yang digunakan sebagai penyimpanan susu.

3) Berat Jenis Susu

Susu memiliki berat jenis 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 bisa saja lebih kecil karena ada perubahan kondisi lemak dan terbentuknya gas dalam air susu (Hidayat, 2017).

4) Kekentalan Susu

Kekentalan atau viskositas susu berkisar 1,5-2,0cP. Pada suhu 20°C viskositas susu segar adalah 2,0cP, viskositas *whey* 1,2cP, dan viskositas susu skim 1,5cP. Bahan padat, lemak, dan temperatur adalah beberapa faktor yang dapat memengaruhi viskositas susu (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 dinyatakan sebagai bahan pangan yang sangat baik karena susu mengandung bahan/zat yang dapat dicerna, diserap, dan dimanfaatkan tubuh secara 100% (Hidayat, 2017).

b. Sifat Kimia Susu

Sifat kimia susu adalah pH dan keasaman. Susu segar memiliki sifat amfoter, amfoter 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 penolptalin. 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).

Lactobacillus acidophilus merupakan bakteri yang tahan terhadap pH rendah dan cocok untuk digunakan dalam pembuatan produk olahan susu dengan keasaman tinggi. Kultur bakteri *Lactobacillus acidophilus* mampu menurunkan keasaman keju karena *Lactobacillus acidophilus* mampu memproduksi asam laktat dalam jumlah yang tinggi, sehingga dapat berperan sebagai factor pengasam. Produk keju yang mengandung *Lactobacillus acidophilus* mempunyai kandungan asam laktat yang tetap sama selama penyimpanan, karena banyak laktosa yang hilang bersama *whey* dan hanya sedikit yang tersisa dalam keju (Afiati dkk., 2014).

Kombinasi kultur *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* digunakan karena kedua bakteri tersebut dapat tumbuh bersama-sama secara simbiosis dan akan menghasilkan asam lebih banyak dari pada digunakan hanya salah satu saja. Kombinasi kultur starter *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* digunakan karena kedua bakteri tersebut dapat saling mendukung pertumbuhan. *Lactobacillus bulgaricus* membantu memperpanjang fase logaritmik *Streptococcus thermophilus* dengan cara membebaskan peptida-peptida dari kasein susu yang merupakan perangsang untuk pertumbuhan *Streptococcus thermophilus*. Pemecahan laktosa menjadi asam laktat dan asam format yang dihasilkan oleh *Streptococcus thermophilus* menurunkan pH dan membuat suasana menjadi asam sehingga *Lactobacillus bulgaricus* dapat tumbuh dengan baik (Rahman dkk., 2019). Dalam hal simbiosis *Lactobacillus bulgaricus* dapat menghasilkan glisin dan histidin sebagai hasil dari pemecahan protein yang dapat menstimulasi pertumbuhan *Streptococcus thermophilus* (Fatmawati dkk., 2020).

Aroma yang khas dan tajam yang dihasilkan merupakan peran dari *Lactobacillus bulgaricus*. *Lactobacillus bulgaricus* juga menghasilkan substansi-substansi yang bersifat menghambat terhadap pertumbuhan mikroba yang tidak sesuai. Produk metabolit utama dari bakteri ini adalah

asam laktat dan komponen aroma seperti asetaldehid dan diasetil. *Lactobacillus bulgaricus* menghasilkan hidrogen peroksida (H_2O_2) dan senyawa penghambat (bulgarikan). Produk menjadi lebih awet karena bakteri yang tidak diinginkan terhambat pertumbuhannya oleh *Lactobacillus bulgaricus* (Hendarto dkk., 2019).

Streptococcus thermophilus lebih berperan dalam pembentukan cita rasa dan tingkat keasaman yang dihasilkan. *Streptococcus thermophilus* dalam pertumbuhannya lebih cepat serta menghasilkan asam dan karbondioksida. Cita rasa dan tingkat keasaman dipengaruhi oleh *Streptococcus thermophilus* karena perannya dalam menurunkan pH (Hendarto dkk., 2019).

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).

Penggunaan asam dapat mempercepat proses pembuatan keju karena dengan penambahan asam, pH susu langsung turun dari 6,7 menjadi 5,4 tanpa harus menunggu pertumbuhan bakteri starter untuk membentuk asam (Purwadi, 2019). 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. Kalsium Klorida (CaCl_2)

Kalsium klorida biasanya ditambahkan dalam proses pembuatan keju sebagai katalis. Penambahan CaCl_2 0,02% (0,2gram/liter) pada pembuatan keju berperan untuk meningkatkan sifat koagulasi rennet, mempersingkat waktu koagulasi, dan menambah kekuatan jaring *curd* (Fox *et al.*, 2017).

Kalsium merupakan mineral yang penting dalam proses pembuatan keju. Ion Ca^{2+} berpengaruh besar terhadap proses koagulasi kasein susu oleh rennet, khususnya pada tahap agregasi. Terbentuknya gumpalan kasein (*curd*) tergantung pada ketersediaan kalsium terlarut dan juga level koloid kalsium. Setelah selesai tahap proses hidrolisis kasein oleh enzim chimosin 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. Penambahan CaCl_2 pada proses pembuatan keju dapat meningkatkan sifat koagulasi rennet, mempersingkat waktu koagulasi dan menambah kekuatan jaring *curd* (Fox *et al.*, 2017).

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 (Fox *et al.*, 2017).

Proteolisis dan proses pelarutan Ca pada proses koagulasi susu dapat berkontribusi pada pelunakan tekstur keju (El-Aziz *et al.*, 2012). Tekstur keju 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 dipanaskan (Lucey, 2017).

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 (Lucey, 2017).

d. Enzim Rennet

Enzim rennet merupakan salah satu bahan penggumpal kasein yang dibutuhkan dalam pembuatan keju. Bahan ini dapat diperoleh dalam bentuk ekstrak rennet bubuk atau tepung, yang dapat dibuat secara sederhana dari bahan abomasum (lambung ke 4) anak kambing yang masih menyusui atau ternak ruminansia lainnya (Budiman dkk., 2017).

Penggunaan enzim rennet yang berasal dari lambung anak sapi sangat mahal, sehingga meningkatkan biaya produksi keju. Sehingga United States Standards of Identity for Cheese telah mengizinkan penggunaan rennet dari protease lain yang berasal dari hewan, dan tumbuhan. Enzim rennet dapat diperoleh dari sumber lain seperti *Mucor miehei*, *Endothia parasitica*, atau *Mucor pussilus*. Penggunaan *mucor* dan *endothia* untuk produksi enzim rennet adalah yang terbanyak dilakukan (Hellmuth and van den Brink, 2013).

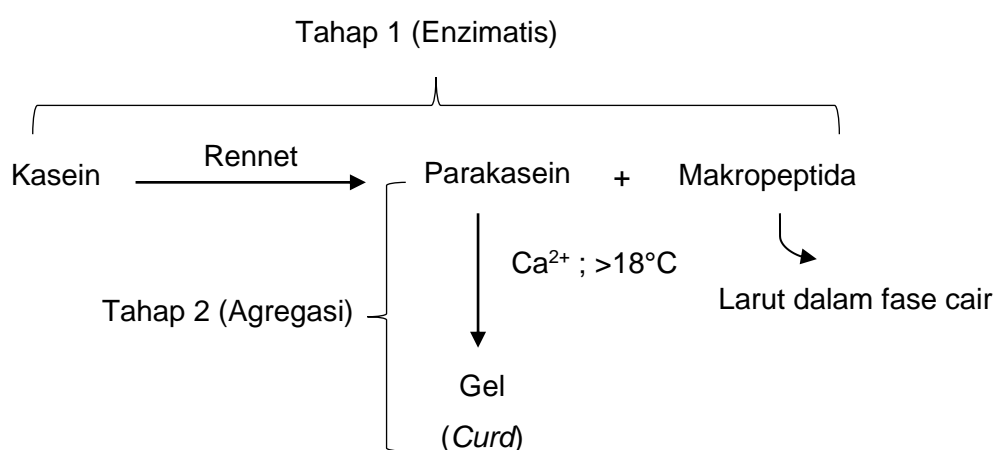
Enzim rennet stabil dalam menggumpalkan susu pada pH 4-6. Saat pembuatan keju, enzim rennet memiliki suhu optimum sekitar 30-40°C, sedangkan pada suhu 15°C tidak akan terjadi koagulasi susu dan bila suhu 60°C enzim rennet akan menjadi inaktif (Mustakim dkk., 2012).

Proses koagulasi protein susu oleh enzim rennet terjadi dalam dua tahap. Tahapan yang pertama protein menggumpal oleh aktivitas enzim rennet dan kedua penggumpalan protein secara *hidrofobik* dan penggumpalan yang dibantu dengan keberadaan ion kalsium (Ca). Enzim rennet yang ditambahkan pada pembuatan keju beraktivitas optimum pada saat suhu susu mencapai 45°C. Enzim rennet bekerja spesifik memutus ikatan *105-Phenilalanin* dan *106-Methionin* yang terdapat pada *kappa* kasein dipermukaan *misel* kasein yang cenderung bersifat *hidrofobik*, sehingga larut dalam air. Pemutusan ini menyebabkan ketidakstabilan kasein yaitu *alpha* kasein dan *beta* kasein yang terdapat pada *misel* kasein. Ketidak stabilan *alpha* dan *beta* kasein dalam air, akan berusaha menstabilkan muatan, sehingga menyatu dengan yang lain membentuk ikatan *hidrofobik*. Tahapan kedua proses penggumpalan kasein susu yaitu dengan ion kalsium (Ca)

yang terdapat dalam susu. Keberadaan ion Ca dalam susu akan berikatan *cross-link* dengan kasein membentuk kalsium kaseinat (Fox *et al.*, 2017).

Mekanisme penggumpalan keju diawali dengan terjadinya pemecahan kappa-kasein (κ -kasein) oleh rennet terutama pada misel kasein yang ada dipermukaan yang menyebabkan terjadinya koagulasi. Kappa-kasein akan dihidrolisis selama koagulasi oleh rennet yang terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama dalam hidrolisis k-kasein pada ikatan phi yang menghasilkan para-k-kasein dan makropeptida. Kemudian makropeptida yang mengandung sampai 30% k-kasein berdifusi ke dalam fase cair. Hilangnya makropeptida menyebabkan tegangan permukaan dan stabilitas koloid 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).

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 adalah komponen yang tidak dapat diabaikan. Pada konsentrasi rendah, garam memberikan cita rasa dan pada konsentrasi tinggi garam menunjukkan kerja bakteristatik yang penting. Sifat dari garam dapur berbentuk kristal putih, mudah larut dalam air, stabil, dan berasa asin. Garam ditambahkan ke dalam keju selama proses pembuatan untuk menahan pertumbuhan lebih lanjut dari bakteri asam laktat dan untuk mengontrol pertumbuhan mikroba yang tidak diinginkan, serta memiliki fungsi sekunder memberikan rasa tambahan pada keju. Kadar garam dalam keju mozzarella yang dibuat secara komersial umumnya antara 1%-3% dari total berat keju yang sudah jadi (Yulia dkk., 2015).

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*. 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 (Prayudha, 2015).

f. Pengemulsi

Emulsifier atau zat pengemulsi didefinisikan sebagai senyawa yang memiliki aktivitas permukaan sehingga dapat menurunkan tegangan permukaan antara udara-cairan dan cairan-cairan yang terdapat pada suatu sistem makanan. Pada keju olahan pengemulsi berfungsi sebagai pengikat semua komponen bahan dan memperbaiki tekstur. Fungsi zat pengemulsi adalah mempermudah pembentukan emulsi serta mempertinggi stabilitasnya, karena aktivitas pengemulsi dapat membentuk suatu sistem yang mampu mengikat dan menyatukan komponen polar dan non polar dari suatu bahan pangan. Fungsi penambahan pengemulsi pada keju olahan adalah mencegah pemisahan protein dan lemak dengan mengubah globula lemak menjadi lebih kecil, melarutkan protein keju dan mengikat air (Mc Sweeney, 2007).

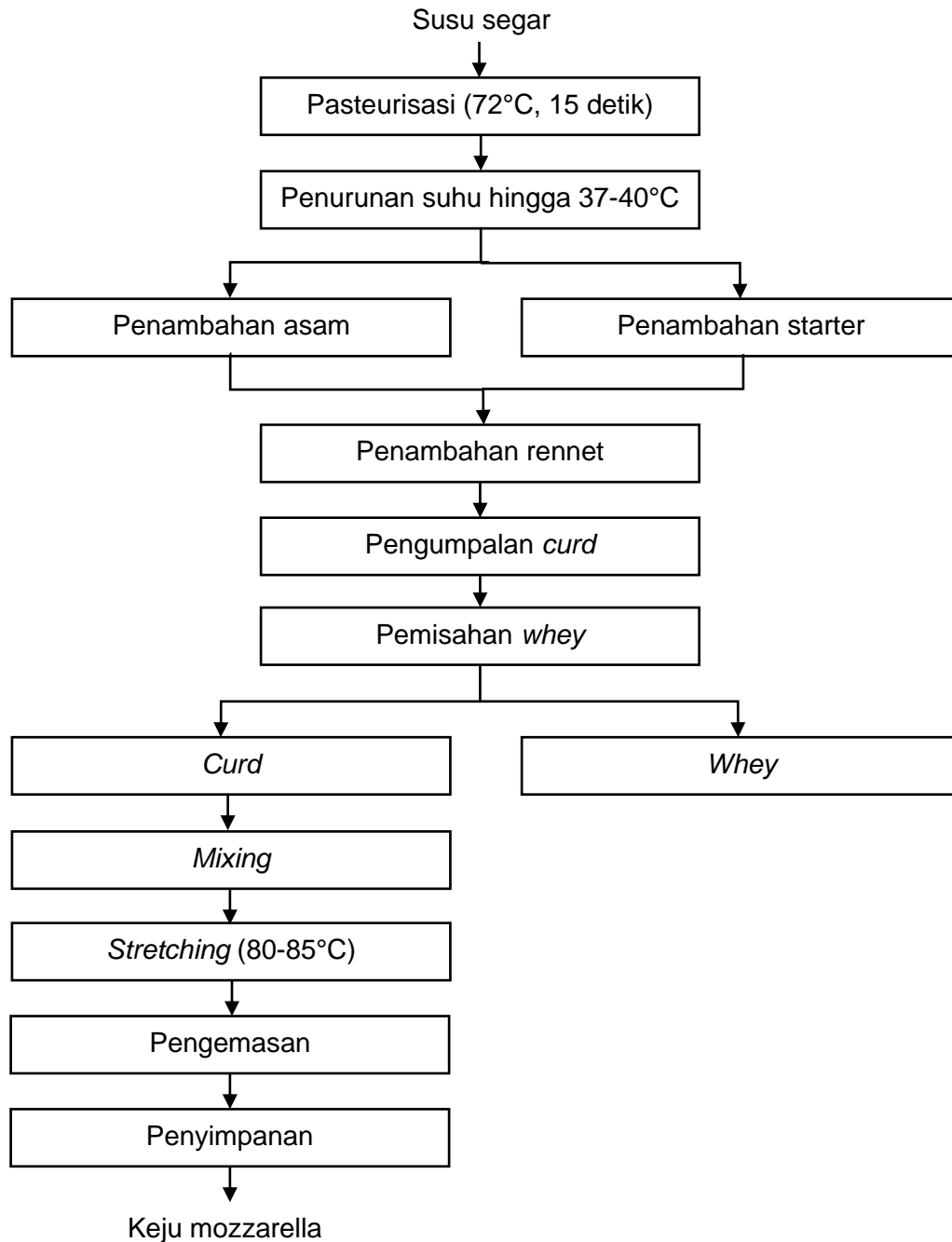
Emulsifier yang digunakan adalah garam fosfat, garam fosfat merupakan jenis garam yang berfungsi seperti emulsifier, yaitu seolah-olah mencampurkan antara air dan minyak atau lemak dalam bahan, tetapi mekanisme kerjanya adalah memperkuat kasein dalam menjaring globula-globula yang ada, sehingga membentuk campuran yang stabil. Skema kerja dari garam fosfat pada produk keju olahan atau analog yaitu dengan cara menukarkan ion yang ada pada garam fosfat dengan ion yang terdapat pada protein keju (kasienat), dimana sodium yang terdapat pada garam fosfat menggantikan kalsium yang terlarut yang ada pada protein keju, akhir dari penukaran ion ini membentuk kalsium fosfat hasil dari pemutusan ikatan silang dari protein keju. Bahan pengemulsi yang biasa digunakan dalam pembuatan keju olahan adalah NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4 , Na_3PO_4 , NaPO_3 , $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, kalium, kalsium atau natrium sitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$), natrium tartrat ($\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$), atau natrium kalium tartrat (Fox *et al.*, 2017).

Jenis bahan pengemulsi mempengaruhi nilai pH dan total asam tertitrasi keju yang dihasilkan. Keju yang menggunakan bahan pengemulsi trisodium sitrat mempunyai pH lebih tinggi, dengan total asam tertitrasi lebih rendah dari pada keju dengan bahan pengemulsi dinatrium hidrofosfat. Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan kebasaaan dari kedua jenis bahan pengemulsi. Trisodium sitrat bersifat lebih basa dari pada dinatrium hidrofosfat. Perbedaan pengemulsi yang digunakan dalam pembuatan keju mozzarella juga dapat mempengaruhi kadar protein keju (Fox *et al.*, 2017).

B. Proses Produksi Keju Mozzarella Secara Umum

Keju Mozzarella merupakan salah satu jenis keju pasta filata (*curd* yang elastis) dan merupakan keju asli Italia. Keju ini sangat terkenal karena cara pembuatannya dengan pemasakan dan pemuluran *curd* segar dalam penangas air panas, sehingga Keju mozzarella memiliki karakteristik berupa struktur yang terlihat berserabut serta daya leleh dan kemuluran yang tinggi (Purwadi, 2019).

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))**

Secara tradisional, keju mozzarella dibuat dari susu mentah. Namun, pasteurisasi pada susu dianjurkan dalam pembuatan keju Mozzarella. Perlakuan panas pada susu (72°C, 15 detik) dimaksudkan untuk meningkatkan perolehan protein dan total solid yang ada pada keju mozzarella, 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 starter dan enzim rennet. Mustakim dkk., (2012) menyebutkan 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) menyebutkan suhu optimum untuk pertumbuhan masing-masing bakteri starter yang digunakan berbeda, yaitu *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 cara pengasaman langsung dilakukan dengan penambahan 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).

Pengasaman langsung ini biasanya menggunakan asam sitrat. Penggunaan asam dapat mempercepat proses pembuatan keju karena dengan penambahan asam. 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 dapat dilakukan adalah penambahan kultur khusus (*direct vat*), karena dapat menghasilkan citarasa, body, tekstur dan daya tahan yang 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). Saat fermentasi, bakteri asam laktat akan mengubah laktosa menjadi asam laktat yang kemudian menyebabkan penurunan pH hingga mencapai 6,0 (Bouteille *et al.*, 2013).

4. Penambahan Rennet

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 susah untuk diolah. Pemberian rennet untuk 1000ml susu adalah 0,2mL (McSweeney, 2007).

5. Penggumpalan *Curd*

Mekanisme penggumpalan keju diawali dengan terjadinya pemecahan kappa-kasein (κ -kasein) oleh rennet terutama pada misel kasein yang ada dipermukaan yang menyebabkan terjadinya koagulasi. Kappa-kasein akan dihidrolisis selama koagulasi oleh rennet yang terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama dalam hidrolisis k-kasein pada ikatan phi yang menghasilkan para-k-kasein dan makropeptida. Kemudian makropeptida yang mengandung sampai 30% k-kasein berdifusi ke dalam fase cair. Hilangnya makropeptida menyebabkan tegangan permukaan dan stabilitas koloid 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 di antara 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).

Suhu optimum dalam proses penggumpalan *curd* adalah 40°C, apabila suhu di bawah 15°C maka penggumpalan tidak akan terjadi dan apabila lebih dari 60°C maka enzim rennet akan menjadi tidak aktif. Proses koagulasi sendiri memerlukan waktu selama 15-30 menit (Purwadi, 2019).

6. Pemisahan *Whey*

Pengaliran *whey* dimaksudkan untuk memisahkan *curd* dan *whey* serta mengurangi kandungan air yang terdapat di dalam *curd*. Pemisahan *whey* dapat dilakukan dengan mengalirkan *whey* melalui saringan metal pada tangki pembuatan keju, dapat juga dilakukan dengan memasukkan *curd* pada kain saring, kemudian bungkusan kain tersebut diangkat dan digantung beberapa saat untuk mengeluarkan *whey* yang terdapat pada *curd*. Dalam proses pengaliran *whey*, *whey* akan dibuang dan *curd* akan diproses lebih lanjut (Purwadi, 2019).

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

Selama proses 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*

Keju mozzarella terkadang 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 yang merata (McSweeney, 2007).

Kadar garam dalam keju mozzarella yang dibuat secara komersial umumnya antara 1%-3% dari total berat keju yang sudah jadi. Penambahan garam juga akan berpengaruh pada cita rasa, 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 (Yulia dkk., 2015).

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 sebagai daya regang atau *stretchability* (Jana and Tagalpallewar, 2017). *Curd* yang menggumpal karena 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* biasanya dilakukan dengan menggunakan mesin *stretcher* dengan *single* atau *double screw system*, dimana dalam mesin ini suhu dan kecepatan putaran *screw* dapat disesuaikan. Proses *stretching* biasa 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 didapat panas yang merata. Setelah panasnya merata suhu 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).

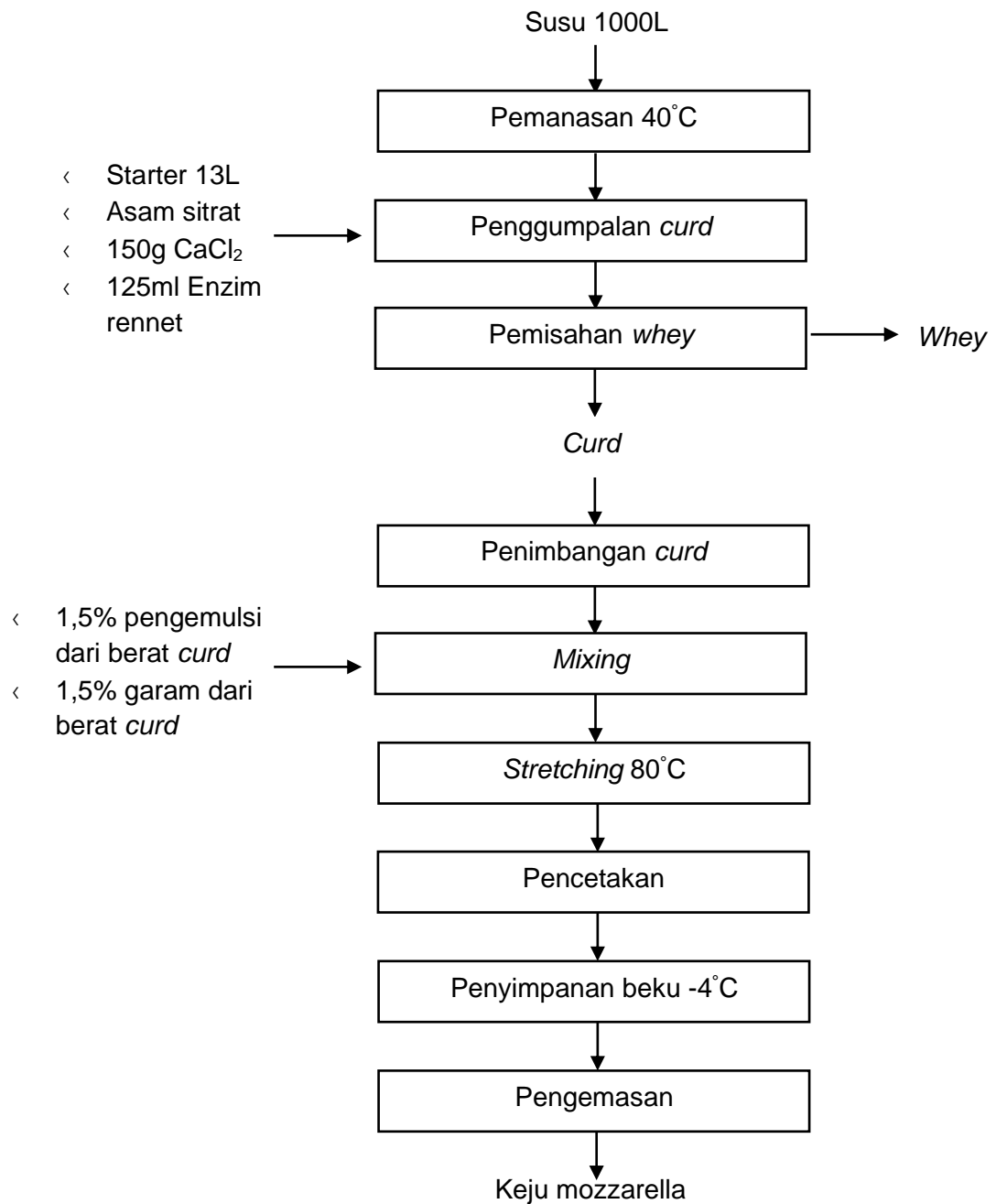
Bahan pengemas plastik yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah jenis plastik Polypropylen (PP), Polyetilen (PE), dan High Density Polyetilen (HDPE). Kemasan dari berbagai jenis plastik ini mempunyai sifat permeabilitas yang berbeda. Salah satu metode yang efektif untuk memperpanjang 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

Proses pembuatan keju mozzarella secara umum dapat dilihat pada Gambar 7. berikut:



Gambar 7. Diagram Alir Proses Pembuatan Keju Mozzarella CV Brawijaya Dairy Industry

Susu segar diperoleh dari pengepul di Desa Junrejo, Kota Batu yang ditampung di KUD Mitra Bhakti Makmur. Sebelum susu didistribusikan, terlebih dahulu dilakukan uji laboratorium diantaranya uji alcohol, 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 Mozzarella.

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

1. Pemanasan

Susu yang telah dilakukan penyaringan langsung dipanaskan di dalam *cheese vat* sampai mencapai suhu 40°C. Proses ini dilakukan untuk memberikan suhu yang sesuai sehingga kerja enzim rennet mikroba 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 5cm. *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. *Whey* akan keluar melalui kran yang ada di dasar mesin *cheese vat*. Jika Sebagian besar *whey* sudah terbuang, maka dilakukan pemotongan *curd* dengan tujuan untuk mengeluarkan *whey* yang terperangkap di dalam *curd*. Setelah itu, dilakukan penyiraman dengan air garam pada *curd* yang berfungsi untuk membantu *whey* keluar dari *curd*. Setelah itu 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* (Pencampuran)

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 saat proses *mixing* dilakukan untuk menghasilkan keju dengan tekstur yang halus, dan penambahan garam difungsikan 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, berserat, 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 250g dan 1kg 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.