

BAB II PROSES PRODUKSI

A. TINJAUAN PUSTAKA

1. Susu

Susu adalah cairan berwarna putih yang disekresi oleh kelenjar *mammae* (ambing) binatang mamalia betina untuk bahan makanan dan sumber gizi bagi anaknya (Utami, 2011). Menurut Anjasari (2010) susu segar merupakan cairan yang diperoleh dari pemerahan sapi sehat tanpa dikurangi atau ditambahi sesuatu. Berikut ini merupakan kandungan gizi didalam 100 ml susu sapi menurut Firman (2010) :

Tabel 3. Kandungan Gizi Susu Sapi per 100 ml

Kandungan Nutrisi	Kadar
Kalori	69 kkal
Vitamin A	21 IU/gr fat
Vitaminn B1	45 µg
Riboflavin	159 µg
Vitamin C	2 mg acid askorbat
Vitamin D	0,7 IU/ gr fat
Calcium	0,18 %
Besi	0,06 %
Phosphor	0,23 %
Cholesterol	15 mg

Sumber : Firman (2010)

Komposisi susu sapi terdiri atas air, lemak, dan bahan kering tanpa lemak. Bahan kering tanda lemak terdiri atas protein, laktosa, mineral, asam, enzim, dan vitamin. Faktor lain yang mempengaruhi komposisi susu adalah geografis, musim, dan status nutrisi lemak (Susilorini, 2006). Rata-rata komposisi susu terdiri dari air (87,20%), protein (3,50%), lemak (3,70%), abu (0,70%), laktosa (4,90%), dan bahan kering (12,80%). Komposisi tersebut dapat berbeda-beda di

setiap susu yang dihasilkan tergantung dari beberapa faktor seperti jenis pakan, tahap laktasi, musim, usia sapi dan jenis ras sapi (Debela, dkk., 2015).

Syarat susu segar menurut SNI (Standar Nasional Indonesia) 013141.2011 dapat dilihat pada Tabel 4 :

Tabel 4. Syarat susu segar (SNI 01-3141.2011)

Kriteria Uji	Persyaratan
1. Berat jenis (pada suhu 27,5°C) minimum (g/ml)	1,0270
2. Kadar lemak minimum (%)	3,0 %
3. Kadar bahan kering tanpa lemak minimum (%)	7,8 %
4. Kadar protein minimum (%)	2,8 %
5. Warna,bau,rasa,kekentalan	Tidak ada perubahan
6. Derajat keasaman (°SH)	6,0 – 7,5
7. pH	6,3 – 6,8
8. Uji alkohol (70%) (v/v)	Negatif
9. Cemarkan mikroba, maksimum :	
- <i>Total Plate Count</i> (CFU/ml)	1x10 ⁶
- <i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/ml)	1x10 ²
- <i>Enterobacteriaceae</i> (CFU/ml)	1x10 ³
10. Jumlah sel somatis maksimum	4x10 ⁵
11. Residu antibiotika (Golongan penisilin,tetrasiklin, aminoglikosida,makrolida) (sel/ml)	Negatif
12. Uji pemalsuan	Negatif
13. Titik beku (°C)	-0,520 s.d -0,560
14. Uji peroxidase	Positif
15. Cemarkan logam berat, maksimum:	
- Timbal (µ/ml)	0,02
- Merkuri (µ/ml)	0,03
- Arsen (µ/ml)	0,1

S

Sumber: (SNI 01-3141.2011)

Protein pada susu sapi dibagi menjadi dua kelompok yaitu kasein dan protein *whey*. Kasein merupakan protein utama susu dengan proporsi sekitar

80% dari total protein dalam susu. Kasein terdapat dalam bentuk kasein kalsium, yaitu senyawa kompleks dari kalsium fosfat dan terdapat dalam bentuk partikel-partikel kompleks koloid yang disebut micelles (Buckle dkk., 2007). Casein micelles pada susu sapi memiliki ukuran 50 – 600 nm atau 0,05 – 0,6 μm dengan rata-rata ukuran casein micelles sebesar 100 nm atau 0,1 μm . Terdapat empat jenis kasein dalam susu antara lain $\alpha\text{s}1$ -casein, $\alpha\text{s}2$ -casein, β -casein dan kcasein (Horne, 2011).

Proses pengolahan susu bertujuan untuk memperoleh produk susu yang beraneka ragam, mempunyai kualitas dan kadar gizi yang tinggi, tahan selama penyimpanan, mempermudah pemasaran dan transportasi, seklaigus meningkatkan nilai tukar dan daya guna bahan mentahnya (Saleh, 2004).

a. Sifat-sifat fisikawi dan kimiawi susu

Sifat fisikawi susu meliputi wara, bau dan rasa, berat jenis, titik didih, titik beku, panas jenis, dan kekentalannya, sedang sifat kimiawi susu yang dimaksud adalah pH dan keasamannya.

1) Warna susu

Susu yang normal berwarna putih kebirubiruan hingga agak kuning kecokelatan. Warna putih pada susu, serta penampakkannya adalah akibat penyebaran butiran-butiran koloid lemak, kalsium kaseinat dan kalsium fosfat. Sedangkan bahan utama yang memberikan warna kekuningan adalah karoten dan riboflavin. Jenis sapi dan jenis makanannya dapat juga mempengaruhi warna susu (Buckle dkk, 2009).

2) Bau dan rasa

Susu segar memiliki rasa sedikit manis dan bau (aroma) khas. Rasa manis disebabkan adanya gula laktosa didalam susu, meskipun sering dirasakan ada sedikit rasa asin yang disebabkan oleh klorida. Bau khas susu disebabkan oleh beberapa senyawa yang mempunyai aroma spesifik dan sebagian bersifat volatil. Oleh sebab itu, beberapa jam setelah pemerahan atau setelah penyimpanan, aroma khas susu banyak berkurang (Mohamad, 2002).

3) Berat jenis

Menurut codex susu, berat jenis air susu adalah 1,028. Codex susu adalah suatu daftar satuan yang harus dipenuhi air susu sebagai bahan makanan. Berat jenis air susu banyak dipengaruhi oleh zat penyusunnya, penambahan bahan kering tanpa lemak (BKTL) atau pengurangan lemak akan meningkatkan BJ air susu, demikian sebaliknya (Sukmawati, 2014).

4) Viskositas

Viskositas susu dipengaruhi oleh kasein, lemak, dan albumin. Viskositas air susu biasanya berkisar 1,5–2,0 cP. Viskositas air susu berkurang pada suhu tinggi, tetapi bertambah pada suhu rendah; demikian pula air susu yang mengalami goncangan, viskositasnya akan berkurang (Sukmawati, 2014).

5) Titik didih dan titik beku susu

Jika susu didihkan, maka susu akan mendidih kira-kira $100,16^{\circ}\text{C}$. Jadi hanya sedikit diatas titik didih air. Sebaliknya susu akan membeku pada suhu kira-kira $-0,53^{\circ}\text{C}$ sampai $-0,56^{\circ}\text{C}$. Naik turunnya titik beku air susu tergantung dari kadar mineral dan laktosa, makin turun kadar mineral dan laktosa dalam air susu maka titik bekunya akan naik (Sukmawati, 2014).

6) Keasaman dan pH susu

Menurut Buckle et al. (2010) aktivitas bakteri dalam susu akan menurunkan pH secara nyata. Menurunnya pH susu menyebabkan protein susu seperti kasein berada pada titik isoelektriknya sehingga protein tersebut akan menggumpal. Susu segar mempunyai sifat amfoter, artinya dapat bersifat asam dan basa sekaligus. Menurut Amalia (2012) Nilai pH susu segar berada di antara pH 6,6 - 6,7 dan bila terjadi cukup banyak pengasaman oleh aktivitas bakteri, angka-angka ini akan menurun secara nyata. Bila pH susu naik di atas 6,6 - 6,8 biasanya hal itu dianggap sebagai tanda adanya mastitis pada sapi, karena penyakit ini menyebabkan perubahan keseimbangan mineral dalam susu.

7) Kerapatan

Kerapatan susu bervariasi antara 1,0260 dan 1,0320 pada suhu 20°C , angka ini biasanya disebut sebagai “26” dan “32”. Keragaman ini

disebabkan karena perbedaan kandungan lemak dan zat-zat padat bukan lemak (Amalia, 2012).

2. Keju

Keju merupakan salah satu produk susu yang diperoleh melalui proses penggumpalan susu dan pemisahan *whey* dari susu. *Food and Agriculture Organization* (FAO) mendefinisikan keju sebagai produk segar atau yang telah dimatangkan yang diperoleh setelah penggumpalan susu dan pemisahan *whey* dari susu, krim atau susu yang diambil skimnya sebagian, *buttermilk*, atau campuran dari produk-produk susu tersebut (Daulay, 1991). Komponen utama penyusun keju adalah kasein (protein utama susu), selebihnya terdiri atas protein *whey*, lemak, laktosa, vitamin, mineral, dan air dengan persentase tertentu (Purwadi, 2019). Penggumpalan *curd* dapat disebabkan oleh penambahan enzim rennet atau enzim proteolitik lainnya yang dihasilkan oleh bakteri (Sari et al., 2014). 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).

Menurut Donnelly (2014) secara umum keju dapat diklasifikasikan berdasarkan tekstur, jenis susu, metode penggumpalan, suhu pemasakan, komposisi keju, dan karakteristik *ripening*. Keju dapat dikonsumsi dalam keadaan segar (*fresh cheese*) atau dapat dikonsumsi setelah mengalami pematangan (*ripened cheese*). Berdasarkan teksturnya maka keju yang dikonsumsi dalam keadaan segar tergolong keju lunak, sedangkan keju yang dimatangkan tergolong keju semi lunak sampai sangat keras, tergantung waktu pematangannya (Fox et al, 2000).

Keju lunak dan keras termasuk golongan keju alami, karena keduanya dibuat langsung dari susu, selanjutnya keju alami tersebut dapat diolah kembali menjadi keju olahan dengan tekstur lunak sampai semi lunak (Gerdes, 2002). Keju dianggap lunak dengan kadar air lebih besar dari 40%, keju setengah lunak yaitu dengan kadar air 36-40%, keju keras yaitu dengan kadar air 25-36% dan keju sangat keras dengan kadar air kurang dari 25% (Buckle et al., 2007).

a. Keju Mozzarella

Keju mozzarella adalah keju khas Italia yang dibuat dari susu kerbau, karena produksi susu kerbau (*Buballus buballis*) tertinggi di dunia berada di Italia (Varricchio et al., 2007). Keju mozzarella adalah keju dari susu kerbau bahkan keju mozzarella yang berbahan susu kerbau memiliki harga yang tinggi di negara tersebut (Han Xue, 2012). Namun di Indonesia susu kerbau sulit didapat maka susu kerbau dapat diganti dengan susu sapi yang lebih banyak dan lebih mudah didapatkan di Indonesia. Keju mozzarella memiliki karakteristik berupa struktur yang terlihat berserat serta daya leleh dan kemuluran yang tinggi (Purwadi, 2008). Standar keju Mozzarella menurut USDA (2005) adalah sebagai berikut, memiliki kandungan air 52,0-60,0 %; lemak 10,8 %; garam 1,2 %; pH 5,3; citarasa : *A mild pleasing flavor*; bodi dan teksturnya *smooth, pliable*, dan tanpa lubang; pada kenampakan tidak ada tanda-tanda dicetak; warna putih alami hingga krem muda; pengujian pada suhu 232°C keju dapat meleleh dengan sempurna; dan memiliki karakteristik kemuluran 3 inci. Menurut Fox et al, (2000) secara umum komponen keju Mozzarella tertera pada Tabel 5. berikut:

Tabel 5. Komponen dalam tiap 100 gram keju Mozzarella

Komponen	Jumlah
Kadar Air	49,8 gr
Protein	25,1 gr
Lemak	21,0 gr
Energi	0,065 gr
Kolesterol	289 Kkal

Sumber (Fox et al, 2000).

Sedangkan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) keju olahan maksimum mempunyai kadar air 45% (Komar et al., 2009). Walstra et al (2003), menyatakan bahwa keju Mozzarella mempunyai kadar lemak dalam bahan kering 35-45 %, air 52-56 % dan garam sekitar 1 %. Kandungan air yang tinggi pada keju menyebabkan keju lunak. Disisi lain makin tinggi kandungan protein dalam keju, maka makin banyak pula jumlah lemak yang dapat diikat dan dipertahankan dalam keju, sehingga keju yang dihasilkan menjadi tinggi kadar

lemaknya. Selanjutnya dijelaskan pula oleh Komar et al. (2009) bahwa kadar lemak standar keju mozzarella menurut SNI yaitu minimal 25%. Tinggi rendahnya kadar air dan kadar lemak dalam keju mozzarella akan menentukan kualitas tekstur keju.

Pembuatan keju mozzarella dapat dilakukan dengan cara pengasaman langsung, sehingga tidak perlu menunggu kerja kultur starter bakteri untuk memproduksi asam laktat (Widarta et al., 2016). 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 et al., 2013).

Menurut Legowo (2002), menyatakan bahwa dalam pembuatan keju dapat dilakukan dengan pengasaman langsung sehingga tidak perlu menunggu kerja kultur starter bakteri untuk memproduksi asam laktat. 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.

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 (Barbano et al, 2004).

3. Bahan Pembantu

a. Enzim Rennet

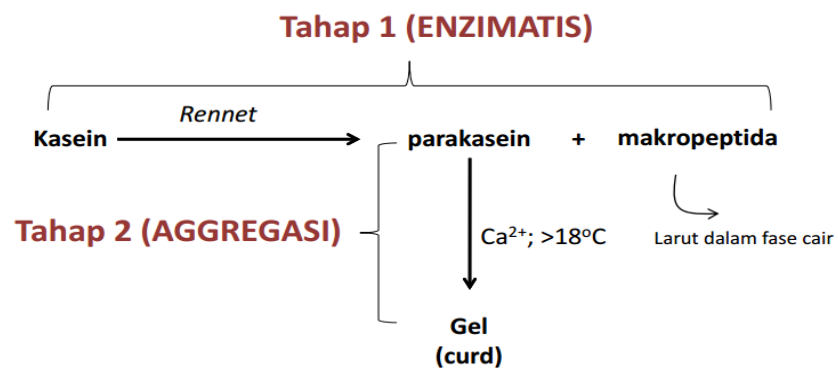
Rennet adalah bahan bioaktif hasil ekstraksi abomasums sapi muda yang digunakan sebagai starter dalam proses pembuatan keju. Selain berasal dari ekstraksi abomasums sapi muda, rennet juga dapat diperoleh dari hewan ruminansia lain, tanaman, dan mikroba yang direkayasa secara genetik (McSweeney, 2007).

United States Standards of Identity for Cheese telah mengizinkan penggunaan rennet dari protease lain yang berasal dari hewan, dan tumbuhan. Pada tahun 1974, dua pertiga perusahaan keju di Amerika Serikat telah menggunakan pengganti rennet yang telah diperoleh dari sumber lain seperti *Mucor miehei*, *Endothia parasitica*, atau *Mucor pussilus*. Penggunaan *mucor* dan *endothia* untuk produksi rennin adalah yang terbanyak dilakukan (Garcia, 2005).

Aktivitas rennet dalam mengkoagulasi protein susu dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya adalah jenis mikroba yang digunakan; dan *Mucor sp.* merupakan jenis mikroba yang baik untuk digunakan sebagai penggumpal susu. Protease dari koagulan *Mucor miehei* memecah ikatan peptida pada residu asam amino aromatik, yaitu ikatan fenilalanin/valin, leusin/tirosin, fenilalanin/fenilalanin, atau pada ikatan fenilalanin/tirosin. Enzim tersebut mendegradasi semua kasein dengan cepat pada pH 5,5 hingga 7,0. Enzim ini sangat sensitif terhadap temperatur pada kisaran 37°C hingga 45°C (optimum pada suhu 42°C) dan akan rusak pada temperatur 70°C (Daulay, 1991).

Proses koagulasi protein susu oleh enzim terjadi dalam dua tahap. Tahapan yang pertama protein menggumpal oleh aktivitas enzim rennin dan kedua penggumpalan protein secara *hidrofobik* dan penggumpalan yang dibantu dengan keberadaan ion kalsium (Ca). Enzim rennin yang ditambahkan pada pembuatan keju beraktivitas optimum pada saat suhu susu mencapai 45 °C. Enzim rennin 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*, 2000). Secara singkat proses koagulasi kasein oleh enzim rennet dapat dilihat pada gambar 5. berikut:



Curd merupakan jaringan (network atau matrik) kasein yang didalamnya terperangkap globula lemak, air, kalsium dan beberapa molekul lain

McSweeney, 2007. Cheese Problem Solved. CRC Press

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

Menurut Kalab (2004) dalam pembuatan keju terdapat proses penggumpalan dan pembentukan *curd* yang dilakukan dengan pengasaman susu dan penambahan enzim rennin. Pengasaman susu ini dapat dilakukan dengan penambahan kultur starter bakteri yang biasanya berasal dari kelompok bakteri asam laktat dan dapat pula dilakukan dengan penambahan asam langsung. Bakteri asam laktat berfungsi untuk merombak laktosa

menjadi asam laktat, sehingga pH susu turun dan kerja enzim bisa optimum. Sedangkan penambahan asam langsung walaupun prosedurnya berbeda, tetapi mempunyai tujuan akhir yang sama yaitu menurunkan pH susu, sehingga kerja enzim bisa optimum.

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 dapat diperoleh dengan menggunakan kultur bakteri asam laktat (*starter*), dengan menggunakan asam sitrat dan dapat juga dengan menggunakan asam cuka (Bunton, 2005).

b. Bakteri Asam Laktat

Dua jenis *starter* yang digunakan dalam pembuatan keju adalah jenis bakteri mesofilik (suhu optimum 20-40°C) dan bakteri termofilik (suhu optimum 41-45°C). Jenis *starter* yang paling sering digunakan adalah kombinasi kedua macam spesies (*mixed strain*), kombinasi ini akan menimbulkan simbiosis mutualisme. Proses pengasaman oleh bakteri asam laktat ini juga 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).

BAL dapat memproduksi asam, terutama asam laktat melalui fermentasi laktosa. Asam yang dihasilkan oleh BAL dapat memberi cita rasa asam yang segar pada keju, membantu proses penggumpalan oleh rennet, dan membentuk karakteristik tekstur spesifik selama pembuatan keju. Hal ini disebabkan oleh asam yang dapat menciutkan curd sehingga memaksa whey keluar lebih banyak. Galur BAL yang umum digunakan sebagai starter keju berasal dari genus *Streptococcus*, *Leuconostoc*, dan *Lactobacillus*. BAL

yang digunakan sebagai starter diharapkan dapat mengasamkan susu dengan cepat dan membentuk senyawa-senyawa cita rasa yang diinginkan (Daulay 1991).

Dalam pembuatannya, bakteri-bakteri penghasil asam laktat seperti *Lactobacillus bulgaricus* dan *streptococcus thermophilus* ditambahkan pada susu dimana kedua bakteri tersebut akan menguraikan laktosa pada susu menjadi asam laktat. Hal itu akan meningkatkan keasaman sehingga menyebabkan protein susu menggumpal (Yusmarini, 2004).

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. Dalam hal simbiosis *Lactobacillus bulgaricus* dapat menghasilkan glisin dan histidin sebagai hasil dari pemecahan protein yang dapat menstimulasi pertumbuhan *Streptococcus thermophilus* (Walstra et al., 1999).

Lactobacillus bulgaricus berperan dalam menghasilkan rasa khas dan tajam. *Lactobacillus bulgaricus* juga menghasilkan metabolit-metabolit yang menjadi sumber dan cita rasa yang spesifik dan substansi-substansi yang bersifat menghambat terhadap pertumbuhan mikroba yang tidak sesuai. Produk metabolik utama dari bakteri ini adalah asam laktat dan komponen aroma seperti asetildehid dan diasetil. *L. bulgaricus* menghasilkan hidrogen peroksida (H_2O_2) dan senyawa penghambat yang disebut bulgarikan. Keberadaannya dapat mengawetkan produk dengan menghambat pertumbuhan bakteri yang tidak diinginkan serta meningkatkan keamanan pangan (Ray, 2004).

Lactobacillus acidophilus merupakan bakteri berbentuk batang, Gram positif, non-motil, dan tidak membentuk spora. Bakteri tersebut dapat memproduksi asam laktat sebesar 0.3-1.9%, memiliki suhu pertumbuhan optimal 35-45°C, tetapi pada suhu kurang lebih 15°C tidak terjadi pertumbuhan. *Lactobacillus acidophilus* bersifat homofermentatif, yaitu hanya memproduksi asam laktat sebagai satu-satunya produk hasil fermentasi glukosa melalui jalur Embden Meyerhof. Dalam teorinya, fermentasi homolaktat menghasilkan 2 mol asam laktat dan 2 ATP bersih per mol glukosa (Axelsson, 1998). *Lactobacillus acidophilus* tumbuh lambat di dalam susu, namun memproduksi asam laktat dalam jumlah tinggi. Bakteri ini digunakan dalam pembuatan susu *acidophilus*, yang merupakan produk olahan susu dengan keasaman tinggi (Vedamuthu 2006).

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-sel bakteri terpusat dalam koagulum di dalam keju. asam akan menurunkan pH dan membantu sineresis atau kontraksi koagulum yang disertai dengan pengurangan *whey* (Purwadi, 2019).

c. 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).

d. Kalsium Klorida (CaCl_2)

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 (yaitu dadih atau *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 memperpendek waktu koagulasi dan meningkatkan ketegaran *curd* (Jhoson, 2006).

Penambahan 0,1 hingga 0,2 gram 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). El-Aziz et al, (2012) menyatakan bahwa proteolisis dan proses pelarutan Ca pada proses koagulasi susu dapat berkontribusi pada pelunakan tekstur keju.

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 hidropobik. 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 et al, 2003).

e. Emulsifier

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

Bahan pengemulsi yang biasa digunakan dalam pembuatan keju olahan adalah NaH_2PO_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, natrium tartrat, atau natrium kalium tartrat (Caric dan Kalab, 1996).

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, 2008).

1. Pasteurisasi Susu

Proses pasteurisasi susu bertujuan untuk membunuh mikroba patogen. menambahkan bahwa pasteurisasi merupakan perlakuan panas yang relatif ringan, dimana pangan dipanaskan pada suhu 100°C . Pangan yang berasam rendah ($\text{pH}>4,5$), pasteurisasi digunakan untuk meminimalkan bahaya kesehatan dan

memperpanjang umur simpan pangan hingga beberapa hari. metode yang dapat digunakan yaitu memanaskan susu pada suhu 61-65°C selama 30 menit dan memanaskan susu pada suhu 71°C selama 15 detik (Fellows, 2000).

2. Penambahan starter

Setelah pasteurisasi, susu didinginkan sampai suhu 40-45°C dan diasamkan dari pH 6,7 menjadi 5,7 dengan menambahkan kultur Bakteri Asam Laktat (BAL). Pengasaman bertujuan agar aktivitas *rennet* menjadi optimal dan mempercepat kenaikan koagulasi sampai 6 kali lipat (Murti 2004). Bakteri asam laktat mempunyai peranan penting pada pembuatan keju, beberapa spesimen berpartisipasi pada proses fermentasi dan yang lainnya terlibat dalam pematangan keju. Starter bakteri asam laktat berfungsi dalam proses fermentasi laktosa sedangkan *non-starter* bakteri asam laktat berperan dalam proses pematangan keju (Fox *et al.* 2004).

3. 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 1000 mL susu adalah 0,2 mL (McSweeney, 2007).

4. Penggumpalan curd

Mekanisme penggumpalan keju diawali terjadinya pemecahan kappa-kasein (k-kasein) oleh rennet terutama pada misel kasein yang ada dipermukaan yang menyebabkan terjadinya koagulasi. Kappa-kasein dihidrolisis selama koagulasi oleh rennet yang terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama adalah 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 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 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 untuk penggumpalan curd adalah 40°C, apabila suhu susu di bawah 15°C maka penggumpalan tidak akan terjadi dan apabila lebih dari 60°C maka enzim tidak akan aktif. Proses koagulasi sendiri memerlukan waktu selama 15-30 menit (Purwadi, 2019).

5. Pemotongan *curd*

Pemotongan curd bertujuan untuk mengeluarkan *whey* yang masih terdapat didalam curd sehingga didapat *curd* yang bersifat kesat (Greenfields Indonesia, 2013). *Curd* dapat dipotong apabila sudah kompak. Kekompakan ini dapat diuji dengan cara menggoreskan permukaan susu dengan kedalaman 3-5 cm 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).

6. Pembuangan *whey*

Tujuan pengaliran cairan *whey* untuk memudahkan pengepresan keju sehingga diperoleh keju sesuai dengan keinginan. Pemisahan *whey* dapat dilakukan dengan mengalirkan *whey* melalui saringan metal pada tangki pembuatan keju, dapat juga dilakukan dengan memasukkan *curd* pada kain saring, kemudian bungkus kain tersebut diangkat dan digantung beberapa saat untuk mengeluarkan *whey* yang terdapat pada *curd*. Penyaringan dilakukan agar *curd* dan *whey* terpisah. Yang diambil hanya *curd* nya sedangkan *whey* nya dibuang (Legowo, 2003).

7. Pematatan

Pematatan menyebabkan karakteristik bentuk yang khas, tekstur yang kompak, serta menyempurnakan jaringan *curd*. Pematatan keju bertujuan untuk memberikan bentuk pada keju, memisahkan *whey* dari *curd*, menjadikan *curd* lebih padat dan agar keju memiliki struktur yang homogen terutama jika partikel *curd* sangat kering sebelum dipres (Spenberg and Ingham, 2000).

8. Pemuluran (*Stretching*)

Curd yang telah mengalami pemotongan akan dilakukan proses pemuluran atau *stretching*. Proses ini dilakukan dengan cara dilakukan dengan panas 80-85°C sambil dilakukan penarikan atau *stretching*. Sebelum proses ini dilakukan, *curd* ditambahkan air panas dengan suhu 75-80°C secukupnya untuk menghasilkan keju yang memiliki tekstur liat. Kemuluran adalah salah satu bagian penting dalam menentukan kualitas keju Mozzarella yang dihasilkan untuk pembuatan pizza dan yang terkait dengan beberapa makanan siap saji. Kemuluran keju Mozzarella ini adalah ciri – ciri yang membedakannya dengan jenis keju lunak lainnya (Kuo dan Gunasekaran, 2003).

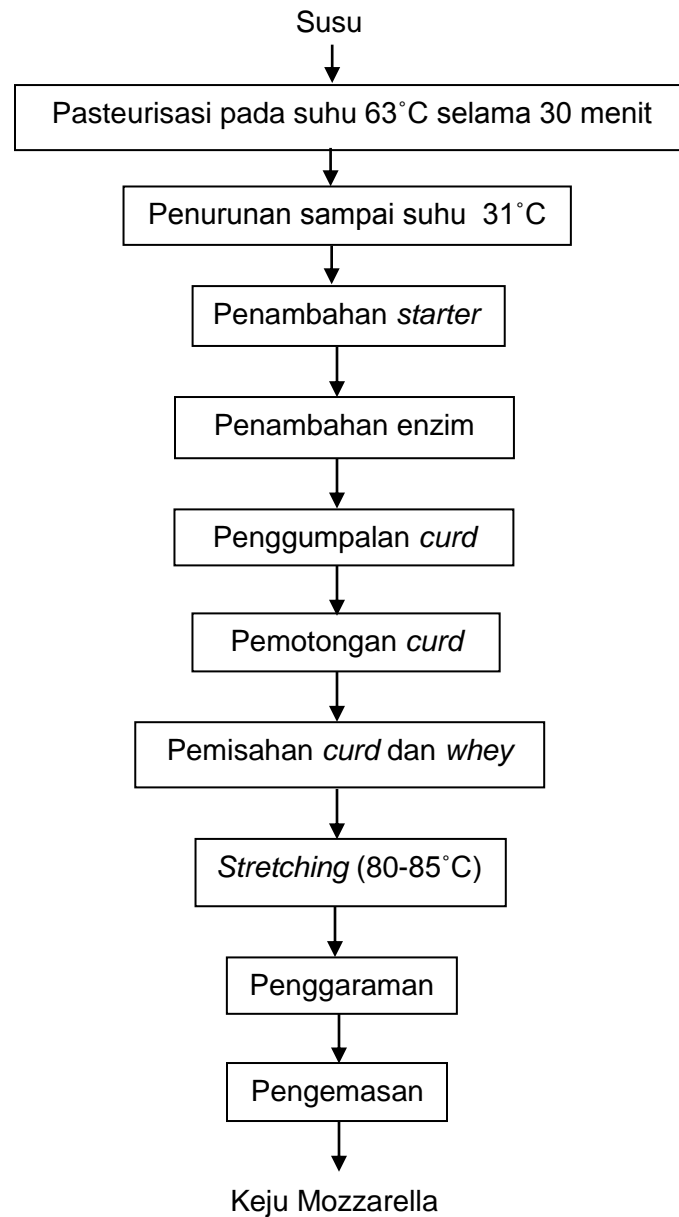
9. Penggaraman

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*. 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).

10. Penyimpanan

Menurut Fox dkk (2000) keju lunak lebih baik disimpan pada suhu 5-10°C. Penyimpanan dengan suhu rendah dimaksudkan untuk menjaga keju tetap segar dan untuk inaktivasi mikroorganisme (Greenfields Indonesia, 2013).

Proses pembuatan Keju Mozzarella secara umum dapat dilihat pada gambar 6. berikut :



Gambar 6. Diagram alir proses pembuatan keju mozzarella metode (Arora dan Khetra, 2017).

C. Proses Pembuatan Keju Mozzarella di CV. Brawijaya Dairy Industry

Proses pengolahan adalah suatu kegiatan mengolah bahan baku dan bahan pembantu menjadi produk yang diharapkan, sehingga produk tersebut mempunyai nilai yang lebih tinggi. Di CV. Brawijaya Dairy Industry, proses pengolahan memegang peranan yang penting dalam menghasilkan yoghurt yang bermutu tinggi.

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 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* dan *Streptococcus thermophilus*. Starter yang digunakan dalam bentuk kering yang kemudian ditambahkan susu skim dan susu segar lalu dilakukan proses inkubasi. 250 ml Starter yang telah diinkubasi ditambahkan 13L susu segar kemudian diinkubasi selama 48 jam didalam 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 *cheesevat* sampai mencapai suhu 42°C. Proses ini dilakukan untuk memberikan suhu yang sesuai sehingga kerja enzim rennet mikroba optimal.

2. Penggumpalan dan pemotongan curd

Proses penggumpalan *curd* dimulai dengan menambahkan 13L starter dan didiamkan selama 60 menit atau sampai diperoleh pH sebesar 5.8. Jenis starter yang digunakan adalah kombinasi dari dua macam spesies, yakni *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* dan *Streptococcus thermophilus*. Adanya kombinasi dari kedua spesies ini dapat saling membentuk simbiosis mutualisme untuk saling tumbuh.

Setelah itu dilakukan penambahan CaCl_2 dan 100 ml enzim rennet mikroba yang telah dilarutkan dalam 5L air. 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. Pemotongan *curd* dilakukan setelah pendiaman 20 sampai 30 menit. Pemotongan ini bertujuan untuk mengeluarkan *whey* yang terperangkap didalam *curd*.

3. Pemisahan *whey* (Draining)

Whey dikeluarkan dengan memanfaatkan gaya gravitasi dan dibiarkan selama 60 menit sampai *whey* terpisah dari *curd*. *Whey* yang dipisahkan disisihkan kurang lebih sebanyak 15L untuk ditambahkan pada tahap *mixing*.

4. *Mixing*

Proses *mixing* dilakukan dengan menggunakan mixer stainless steel yang telah dimodifikasi sesuai kebutuhan. Selama proses *mixing* ditambahkan 1,5% pengemulsi sebanyak dari berat *curd*, 1,5% garam dan 1L *whey* untuk setiap 10 kg *curd*. Penambahan *whey* ini dilakukan agar saat proses *stretching* (pemuluran) adonan tidak lengket dan memberikan tekstur keju yang lembut. Rasa, kehalusan dan kekentalan *curd* di kontrol selama proses ini.

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 85°C . *Curd* langsung dimasukkan ke dalam *feeder* mesin dengan suhu produk akhir harus mencapai 75°C . *Screw* di dalam *stretcher* akan menarik adonan ke lubang *die* (lubang pengeluaran) dibagian 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 polypropilene* (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.

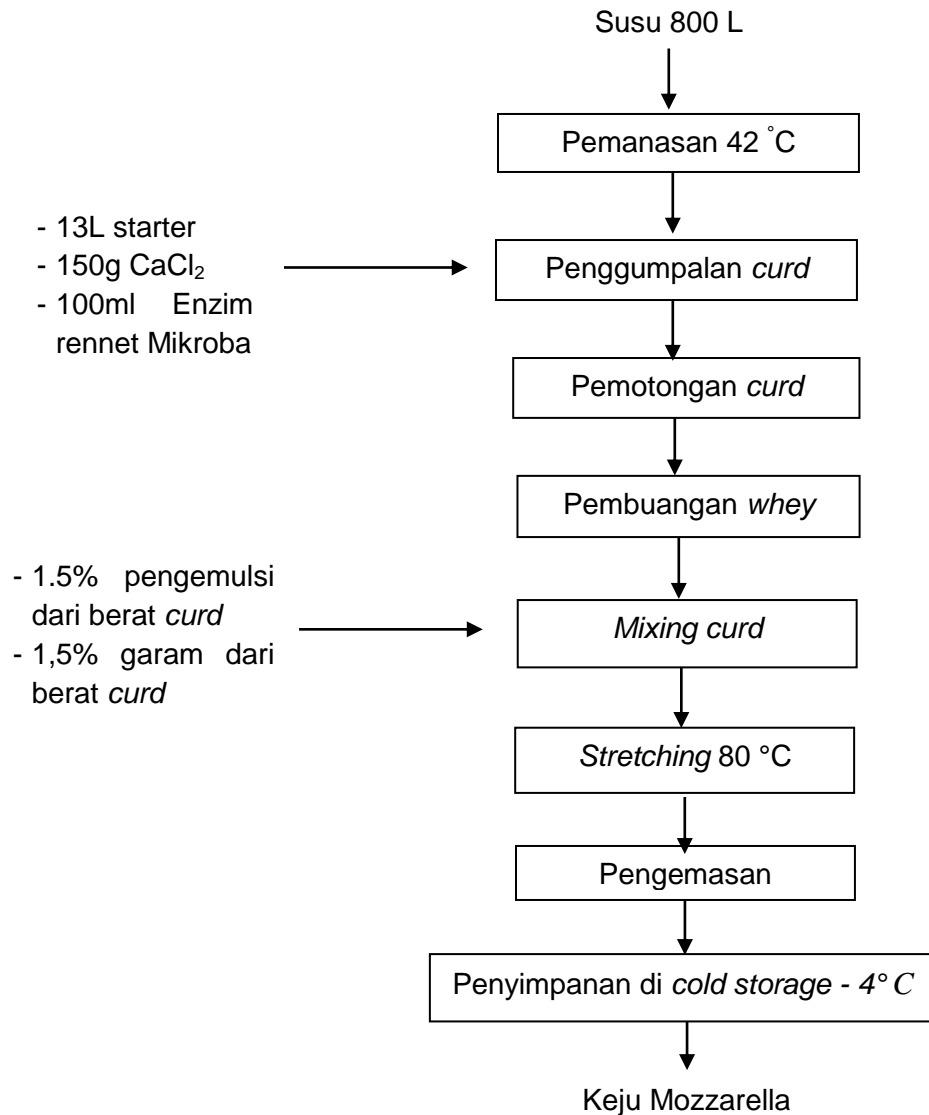
7. Pembekuan

Keju Mozzarella yang telah dicetak segera disimpan di dalam *freezer* 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 plastic HDPE yang dipasang selama pencetakan. Kemasan sekunder yang digunakan adalah jenis plastic PE yang dikhususkan untuk pengemasan vakum dengan *vacum 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.

Proses pembuatan Keju Mozzarella yang dilakukan oleh CV. Brawijaya Dairy Industry dapat dilihat pada gambar 7. berikut :



Gambar 7. Diagram pembuatan keju Mozzarella di CV. Brawijaya Dairy Industry (CV. Brawijaya Dairy Industry, 2015).