

**PEMBUATAN KEJU *MOZZARELLA* DENGAN METODE
PENGASAMAN LANGSUNG**

(Kajian Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*)

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh :

DONNY UMARO

0711010053-101



JURUSAN ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2011

**PEMBUATAN KEJU *MOZZARELLA* DENGAN METODE
PENGASAMAN LANGSUNG**

(Kajian Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*)

SKRIPSI

Oleh :

DONNY UMARO

0711010053-101



JURUSAN ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2011

LEMBAR PERSETUJUAN

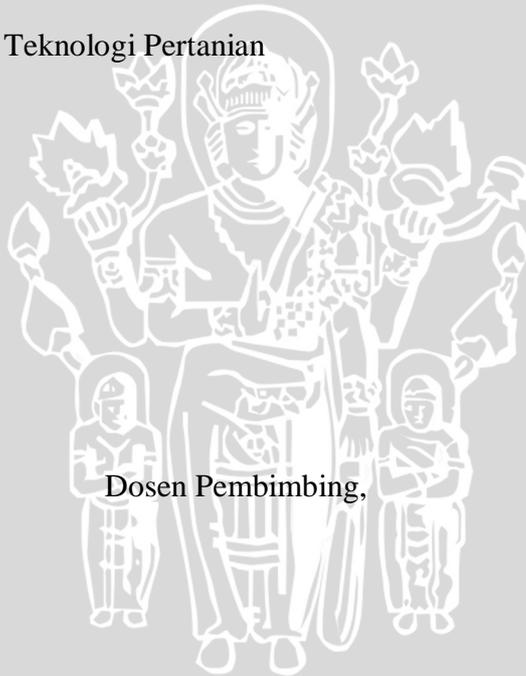
Judul Skripsi : Pembuatan Keju *Mozzarella* dengan Metode Pengasaman
Langsung (Kajian Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan
Jenis *Rennet*)

Nama Mahasiswa : Donny Umaro

NIM : 0711010053

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian



Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. Joni Kusnadi. M.Si.

NIP. 19620612198703 1 031

Tanggal Persetujuan: Juli 2011

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pembuatan Keju *Mozzarella* dengan Metode Pengasaman
Langsung (Kajian Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan
Jenis *Rennet*)

Nama Mahasiswa : Donny Umaro

NIM : 0711010053

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Dr. Agustin Krisna W,STP, MSi.

Ella Saparianti, STP, MP

NIP. 19690807 199702 2 001

NIP. 19700505 199903 2 002

Dosen Penguji III

Dr. Ir. Joni Kusnadi, M.Si.

NIP. 19620612198703 1 031

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

Dr. Agustin Krisna W,STP, MSi.

NIP. 19690807 199702 2 001

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tanjung Karang pada tanggal 05 Desember 1989 sebagai putra pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Sunarno KH dan Ibu Surmini. Pendidikan formal yang telah ditempuh adalah SDN 1 Cukuh Balak dan dilanjutkan di SDN 2 Fajar Baru selesai pada tahun 2001, SLTPN 20 Bandar Lampung selesai pada tahun 2004, SMA Negeri 5 Bandar Lampung selesai pada tahun 2007. Tahun 2007 penulis melanjutkan pendidikan S1 pada Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

Selama menjadi mahasiswa. Penulis pernah mendapat kesempatan menjadi asisten praktikum mata kuliah Teknologi Pengolahan Pangan (2009-2010) dan Gizi & Evaluasi Pangan (2010-2011). Pada Bulan Januari sampai Februari 2010, penulis menyelesaikan Praktek Kerja Lapang di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia di Jember Jawa Timur, dengan laporannya yang berjudul *Proses Pengolahan Permen Cokelat di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia-Jember*. Pada Bulan Agustus 2010, penulis juga menyelesaikan Kuliah Kerja Nyata di Industri Rumah Tangga Telur Asin “ABADI” di Malang Jawa Timur, dengan laporannya yang berjudul *Penerapan Standar Operasional Prosedur (SOP) Proses Produksi Di Industri Rumah Tangga Pembuatan Telur Asin “ABADI” Di Malang*. Alhamdulillah satu tahun kemudian tepatnya pada bulan Juli 2011 penulis menyelesaikan studinya di Universitas Brawijaya Jurusan Teknologi Hasil Pertanian dengan judul skripsinya yaitu *Pembuatan Keju Mozzarella dengan Metode Pengasaman Langsung (Kajian Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis Rennet)*.



Alhamdulillah Ya Alloh
Karya kecilku ini aku persembahkan kepada kedua orang tuaku, sayangku,
adik-adikku serta seluruh keluarga besarku yang tercinta

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

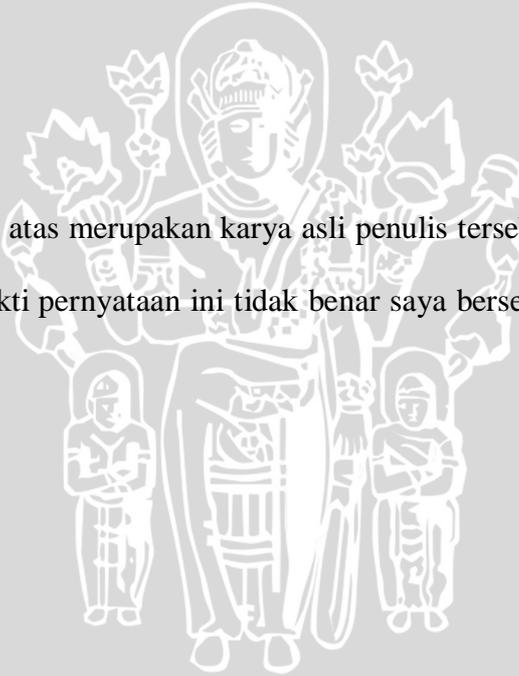
Nama Mahasiswa : Donny Umaro
NIM : 0711010053
Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian
Judul Skripsi : Pembuatan Keju *Mozzarella* dengan Metode Pengasaman Langsung (Kajian Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*)

Menyatakan bahwa,

Skripsi dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut diatas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, Juli 2011

Donny Umaro
NIM. 0711010053



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi. Penulis banyak dibantu oleh berbagai pihak sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

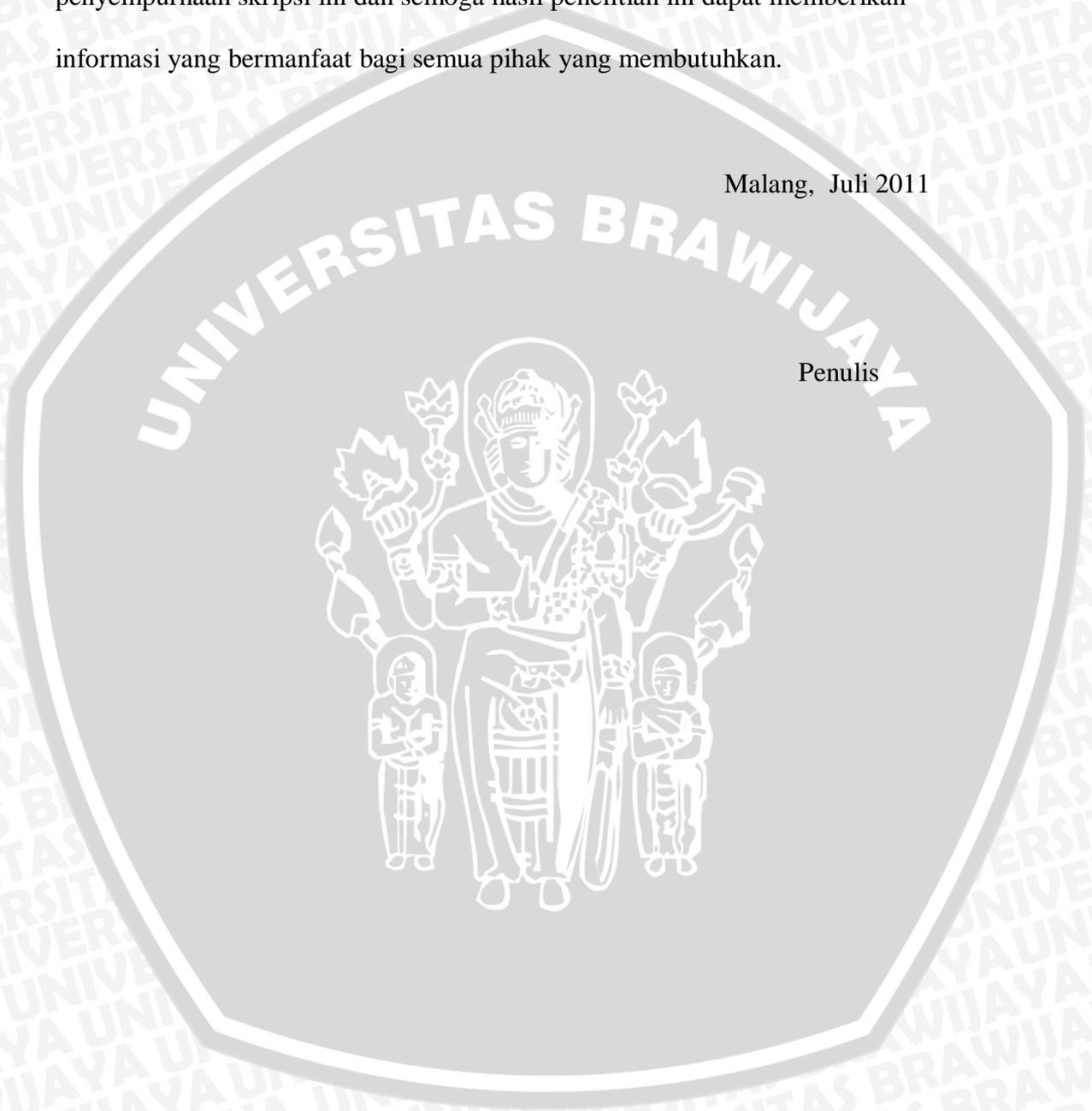
1. Bapak Dr. Ir. Joni Kusnadi, Msi., selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, ilmu pengetahuan dan petunjuk selama pelaksanaan penelitian hingga selesainya laporan ini.
2. Ibu Ella Saparianti, STP, MP selaku dosen penguji serta Ibu Dr. Agustin Krisna W,STP. MSi selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian sekaligus sebagai dosen penguji. Terima kasih atas segala saran, kritik dan masukan-masukannya serta atas kesabarannya kepada penulis.
3. Ayah, Ibu, sayangku dan adik-adikku serta sekeluarga besarku, yang tidak lelah untuk mendukungku dengan cinta, do'a dan materi selama Penulis menuntut ilmu.
4. Keluarga besar SS BANGKIT!!! dan d'Majoe Society serta teman THP 07 *one step never stop* seperjuangan dalam amanah besar yang selalu memberikan semangat dan do'a selama penulis menuntut ilmu.
5. *Mozzarella Team* yang sangat membantu selama penelitian berlangsung. Terima kasih atas dukungannya dan semangat-semangatnya
6. Semua pihak yang telah membantu selesainya skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dan amal perbuatan yang telah dilakukan. Amien...Amien ya Allah.

Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dalam penyempurnaan skripsi ini dan semoga hasil penelitian ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, Juli 2011

Penulis



DONNY UMARO. 0711010053. Skripsi. Pembuatan Keju *Mozzarella* dengan Metode Pengasaman Langsung (Kajian Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*).

Pembimbing: Dr. Ir. Joni Kusnadi., M. Si.

RINGKASAN

Keju adalah produk pangan hasil fermentasi olahan susu yang kini telah dikenal luas oleh masyarakat di Indonesia sebagai produk pangan yang bernilai gizi tinggi. Salah satunya adalah keju *Mozzarella* merupakan keju segar (tanpa pematangan). Pada umumnya keju dibuat dengan menggunakan koagulan / penggumpal susu berupa *rennet* anak sapi. Meningkatnya produksi keju, menyebabkan peningkatan permintaan akan *rennet* anak sapi melebihi persediaan. Oleh karena itu mulai banyak dicari alternatif baru sumber koagulan pengganti *rennet* anak sapi yaitu *rennet* mikrobial seperti *Mucor pusillus* sebagai bahan penggumpal keju yang bisa dijual secara komersial dalam bentuk tablet maupun cair.

Penelitian terdahulu menyatakan bahwa dalam pembuatan keju dapat dilakukan dengan pengasaman langsung sehingga tidak perlu menunggu kerja kultur starter bakteri untuk memproduksi asam laktat. Jenis-jenis asam yang bisa digunakan untuk membuat keju dengan cara pengasaman langsung antara lain, asam sitrat, asam cuka, asam askorbat dan lain-lain.

Tujuan penggunaan bahan pengasam adalah untuk mempercepat proses, akan tetapi citarasa yang biasanya dibentuk oleh kultur starter bakteri, tidak tercapai bila pembuatan keju dilakukan dengan pengasaman (asam sitrat, asam cuka, asam askorbat dan lain-lain), karena citarasa asam-asam tersebut hanya rasa asam saja. Oleh karena itu agar kedua tujuan tersebut dapat dicapai, maka perlu dicoba menggunakan jus buah jeruk (nipis dan lemon) yang mengandung banyak asam sitrat dan asam-asam organik lainnya dalam penelitian ini. Serta perlu dicoba efektivitas dari berbagai jenis jeruk tersebut dalam menghasilkan keju *Mozzarella* yang bermutu tinggi dan diterima konsumen.

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial menggunakan dua faktor. Faktor I bahan pengasam terdiri dari 2 level dan faktor II jenis *rennet* terdiri dari 3 level. Masing-masing level diulang sebanyak 3 kali. Data hasil penelitian ini dianalisis dengan menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA), apabila terdapat beda nyata dilakukan uji BNT dengan tarafnya 5% dan dilanjutkan dengan uji lanjut DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) apabila terdapat interaksi pada kedua perlakuan. Pemilihan perlakuan terbaik dengan metode De Garmo (1984).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan variasi jenis bahan pengasam dan jenis *rennet* mempengaruhi kualitas produk pada pembuatan keju *Mozzarella*. Terjadi interaksi antara kombinasi perlakuan jenis bahan pengasam dan jenis *rennet* pada parameter kadar air, daya leleh dan elastisitas. Pengaruh variasi jenis bahan pengasam tidak memberikan pengaruh. Sedangkan variasi penambahan jenis *rennet* sendiri memberikan pengaruh pada parameter rendemen dan kadar protein.

Perlakuan terbaik berdasarkan parameter rendemen, kadar air, kadar protein, daya leleh, elastisitas, kemuluran dan organoleptik yang didapat adalah keju *Mozzarella* dengan perlakuan penambahan bahan pengasam yaitu jus buah jeruk lemon dan jenis *rennet calf*. Karakteristik produk terbaik pada penelitian ini mempunyai rerata rendemen 8,91%, kadar air 50,05%, kadar protein 25,48%, daya leleh 2,21%, elastisitas 13,43 N, kemuluran 1,07 N⁻¹, dan total ranking organoleptik sebesar 10,25.

Kata kunci: Keju *Mozzarella*, Pengasaman langsung, Jenis bahan pengasam, Jenis *rennet*.

DONNY UMARO. 0711010053. Skripsi. Mozzarella Cheese Making By Using Direct Acidification (Review Of The Influence Type of Acidulants and Type of Rennet).

Supervisor: Dr. Ir. Joni Kusnadi., M. Si.

SUMMARY

Cheese is a fermented food product based on milk that has known widely in Indonesia as a good food. One of them is Mozzarella cheese. Mozzarella is fresh cheese that made without ripening process. In general, cheeses made using coagulant / coagulant in the form of dairy calf rennet. Increased cheese production, causing an increase in demand will exceed supply of calf rennet. Thus began many alternatives sought new sources of coagulant substitute calf rennet is like *Mucor pusillus* microbial rennet as a coagulant cheeses that can be commercially sold in tablet or liquid form.

Previous research states that in the manufacture of cheese can be made by direct acidification of work so no need to wait for the starter culture bacteria to produce lactic acid. The types of acids that can be used to make cheese by direct acidification, among others, citric acid, vinegar, ascorbic acid and others.

Intended use acidulants is to accelerate the process, but the flavor is usually formed by a bacterial starter culture, is not achieved when cheese making is done by acidification (citric acid, vinegar, ascorbic acid and others), because the flavor of those acids only Just a sour taste. Therefore, so that both goals can be achieved, it is necessary to try to use citrus fruit juice (nipis and lemon) that contain a lot of citric acid and other organic acids in this study. And the need to try the effectiveness of various types of citrus in producing high-quality mozzarella and acceptable to consumers

The experimental design used was Randomize Complete Block Design with 2 factors. The first factor was type of acidulants with 2 levels and the second factors was type of rennet with 3 levels. Each treatment was replicated three times. Data were analyzed using of variance (ANOVA), followed by the Least Significant Difference Test and Duncan Multiple Range Test ($\alpha=0,05$) if there are signification interaction. The best treatment was analyzed by using Effectiveness Index De Garmo method (1984).

Research showed that influence of type acidulants and type of rennet stabilizer influenced the product quality in mozzarella cheese making. Interaction between the combined treatment type acidulants and type of rennet on the parameters moisture content, the meltability and elasticity. The influence type of acidulants didn't give significant influence, while type of rennet itself was showing on yield and protein content.

The best treatment based on the parameters of yield, moisture content, protein content, melting power, elasticity, stretchability and organoleptic was obtained by treatment with the addition of mozzarella cheese acidulant of fruit lemon juice and the type of calf rennet. The best product characteristic in this research had yield 8,91%, moisture content 50,05%, protein content 25,48%, meltability 2,21, elasticity 13,43 N, stretchability 1,07 N⁻¹ and organoleptic rank sum 10,25.

Key word: Mozzarella Cheese, direct acidification, type of acidulants, type of rennet.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABLE	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Percobaan	4
1.3 Manfaat Percobaan	4
1.4 Hipotesa	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Susu	5
2.1.1. Komponen Kimia Susu	6
2.1.2. Pasteurisasi Susu	11
2.2. Keju	13
2.2.1. Sejarah Perkembangan Keju.....	13
2.2.2. Definisi Keju	14
2.3. Klasifikasi Keju	15
2.4. Aspek Kimia Keju	19
2.5. Keju <i>Mozzarella</i>	21
2.6. Pembuatan Keju <i>Mozzarella</i>	24
2.7. Pembuatan Keju <i>Mozzarella</i> dengan Enzim <i>Rennin</i>	27
2.8. Pengasaman Langsung	28
2.9. Bahan Pengasaman.....	31
2.10. Jeruk Nipis (<i>Citrus aurantiifolia</i> (Cristm) Swingle).....	31
2.11. Jeruk Lemon (<i>Citrus x limon L.</i>) Burm. f.....	34
2.12.. Kualitas Keju <i>Mozzarella</i>	37

III. METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1. Waktu dan Tempat	41
3.2. Alat dan Bahan	41
3.2.1. Alat	41
3.2.2. Bahan	41
3.3. Metode Penelitian	42
3.4. Prosedur Penelitian	43
3.4.1. Prosedur Pembuatan Keju <i>Mozzarella</i>	43
3.4.2. Pengujian Produk	44
3.5. Analisis Data	45
3.6. Diagram Alir	46
3.6.1. Pembuatan Keju <i>Mozzarella</i>	46
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1. Pengaruh Perlakuan terhadap Rendemen Keju <i>Mozzarella</i>	47
4.2. Pengaruh Perlakuan terhadap Kadar Air Keju <i>Mozzarella</i>	51
4.3. Pengaruh Perlakuan terhadap Kadar Protein Keju <i>Mozzarella</i>	53
4.4. Pengaruh Perlakuan terhadap Daya Leleh Keju <i>Mozzarella</i>	56
4.5. Pengaruh Perlakuan terhadap Elastisitas Keju <i>Mozzarella</i>	59
4.6. Pengaruh Perlakuan terhadap Kemuluran Keju <i>Mozzarella</i>	63
4.7. Pengaruh Perlakuan terhadap Organoleptik Keju <i>Mozzarella</i>	64
4.7. Perlakuan Terbaik	69
V. KESIMPULAN DAN SARAN	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	81

DAFTAR TABEL

Tabel	Teks	Halaman
1.	Komposisi Rata-Rata Susu Sapi Perah.....	11
2.	Kandungan gizi pada 100 gram keju (<i>Rennet cheese</i>)	15
3.	Klasifikasi Keju Berdasarkan Kadar Air	16
4.	Komposisi Keju <i>Mozzarella</i>	22
5.	Kandungan Vitamin Keju <i>Mozzarella</i>	22
6.	Kandungan Mineral Keju <i>Mozzarella</i>	23
7.	Komposisi Buah Jeruk Lemon (gr/100gr bagian yang dapat dimakan).....	35
8.	Kombinasi Perlakuan Rancangan Percobaan	43
9.	Rerata Nilai Rendemen (%) Keju <i>Mozzarella</i> Akibat Pengaruh Variasi Jenis <i>Rennet</i>	49
10.	Rerata Nilai Rendemen (%) Keju <i>Mozzarella</i> Akibat Pengaruh Variasi Jenis Bahan Pengasam dan Jenis <i>Rennet</i>	52
11.	Rerata Kadar Protein (%) Keju <i>Mozzarella</i> Akibat Pengaruh Variasi Jenis <i>Rennet</i>	54
12.	Rerata Nilai Daya leleh (mm) Keju <i>Mozzarella</i> Akibat Pengaruh Variasi Jenis Bahan Pengasam dan Jenis <i>Rennet</i>	58
13.	Rerata Nilai Elastisitas (N) Keju <i>Mozzarella</i> Akibat Pengaruh Variasi Jenis Bahan Pengasam dan Jenis <i>Rennet</i>	60
14.	Total Ranking Uji Organoleptik pada Keju <i>Mozzarella</i>	65
15.	Perbandingan Keju <i>Mozzarella</i> Perlakuan Terbaik dengan Keju Pasaran Parameter Sifat Fisik dan Kimia.....	70
16.	Perbandingan Keju <i>Mozzarella</i> Perlakuan Terbaik dengan Keju Pasaran Parameter Organoleptik	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Teks	Halaman
1.	Jenis Keju	14
2.	Jeruk Nipis	32
3.	Jeruk Lemon	35
4.	Diagram Alir Pembuatan Keju <i>Mozzarella</i>	46
5.	Grafik Rerata Rendemen (%) Keju <i>Mozzarella</i> Akibat Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis <i>Rennet</i>	47
6.	Grafik Rerata Kadair Air (%) Keju <i>Mozzarella</i> Akibat Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis <i>Rennet</i>	51
7.	Grafik Rerata Kadair Protein (%) Keju <i>Mozzarella</i> Akibat Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis <i>Rennet</i>	53
8.	Hubungan antara Kadar Air dan Kadar Protein Keju <i>Mozzarella</i> pada Berbagai Perlakuan Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis <i>Rennet</i>	55
9.	Grafik Rerata Daya Leleh (mm) Keju <i>Mozzarella</i> Akibat Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis <i>Rennet</i>	57
10.	Grafik Rerata Elastisitas (N) Keju <i>Mozzarella</i> Akibat Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis <i>Rennet</i>	59
11.	Grafik Rerata Kemuluran (N^{-1}) Keju <i>Mozzarella</i> Akibat Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis <i>Rennet</i>	48
12.	Grafik Hasil Analisa Organoleptik Keju <i>Mozzarella</i>	69
13.	Grafik Perbandingan Keju <i>Mozzarella</i> dengan Keju <i>Mozzarella</i> Pasaran (sifat fisik dan kimia)	72
14.	Grafik Perbandingan Keju <i>Mozzarella</i> dengan Keju <i>Mozzarella</i> Pasaran (sifat organoleptik)	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Teks	Halaman
1.	Prosedur Pengukuran Rendemen Keju <i>Mozzarella</i> (Shakeel-Ur-Rehmen, Farkye <i>and</i> Yun; 2003).....	81
2.	Prosedur Analisis Kadar Air (Cuniff, 1999).....	82
3.	Prosedur Analisis Kadar protein (Sudarmadji, dkk., 1999).....	83
4.	Prosedur Pengujian Daya leleh Keju <i>Mozzarella</i> (tunick <i>et al.</i> , 1993).....	84
5.	Prosedur Pengukuran Elastisitas Keju <i>Mozzarella</i> (metode Purwadi, 2007.....	85
6.	Prosedur Uji Kemuluran (Kuo <i>and</i> Gunasekaran, 2003)	86
7.	Prosedur Uji Organoleptik (Watt, <i>et al.</i> , 1989).....	87
8.	Prosedur Pemilihan Perlakuan Terbaik (De Garmo <i>et al.</i> , 1984).....	88
9.	Lembar Kuisisioner Uji Organoleptik.	89
10.	Lembar Pemilihan Perlakuan Terbaik.....	90
11.	Data Hasil Penelitian Rendemen Keju <i>Mozzarella</i>	91
12.	Data Hasil Penelitian Kadar Air Keju <i>Mozzarella</i>	92
13.	Data Hasil Kadar Protein (%) Keju <i>Mozzarella</i>	94
14.	Data Hasil Daya Leleh Keju <i>Mozzarella</i>	95
15.	Data Hasil Elastisitas Keju <i>Mozzarella</i>	97
16.	Data Hasil Kemuluran Keju <i>Mozzarella</i>	99
17.	Data Uji Organoleptik Warna Keju <i>Mozzarella</i>	100
18.	Data Uji Organoleptik Rasa Keju <i>Mozzarella</i>	101
19.	Data Uji Organoleptik Tekstur Keju <i>Mozzarella</i>	102
20.	Data Uji Perlakuan Terbaik Keju <i>Mozzarella</i>	103
21.	Data Perlakuan Terbaik dengan Keju Pasaran.....	105
22.	Dokumentasi Penelitian.....	106

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keju adalah produk pangan hasil fermentasi olahan susu yang kini telah dikenal luas oleh masyarakat di Indonesia sebagai produk pangan yang bernilai gizi tinggi. Meluasnya jumlah konsumen keju di Indonesia dapat dilihat dengan semakin banyaknya jumlah industri roti dan kue yang merupakan industri yang menggunakan keju sebagai salah satu bahan campurannya, atau dengan semakin banyaknya jenis-jenis keju yang dapat dijumpai di pasar dan toko-toko. Industri keju tergolong industri pengolahan susu yang sederhana karena tidak memerlukan modal yang besar dan peralatan yang canggih dalam pengelolaannya. Dengan semakin meningkatnya jumlah konsumen keju di Indonesia, maka pengembangan industri keju memiliki prospek yang cukup cerah. Hal ini penting untuk dijabarkan dalam rangka mengurangi jumlah impor keju dari Australia.

Salah satunya adalah keju *Mozzarella* merupakan keju segar (tanpa pematangan) yang dibuat dari susu kerbau yang berasal dari Italia dengan karakteristik *flavour* yang halus, tekstur yang lembut, berwarna putih alami sampai krem cerah dan meleleh dengan baik ketika diiris atau diparut (Anonymous, 2010^a). Keju *Mozzarella* sering disebut *The Pizza Cheese* karena banyak digunakan sebagai *Topping pizza*.

Keju sebagai produk dengan bahan dasar susu sapi, merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan akan protein hewani. Hampir semua keju yang dipasarkan di negara kita adalah keju keras, yaitu keju yang memerlukan tahap pematangan lebih lama sehingga biaya produksi lebih tinggi.

Keju *Mozzarella* ini dibuat dengan metode *setting* pendek, merupakan salah satu alternatif dalam penurunan biaya produksi. Saat ini biaya produksi keju sangat tinggi, karena enzim *rennin* yang digunakan dalam proses pembuatan keju sangat mahal dan tersedia dalam jumlah yang terbatas. (Sardinas, 1972; Sardjoko, 1991).

Pembuatan keju dapat dilakukan baik dalam skala industri maupun rumah tangga. Salah satu bahan penolong yang penting dan perlu disiapkan dalam pembuatan keju ialah bahan penggumpal kasein (protein dalam susu sebagai bahan keju). Pada umumnya keju dibuat dengan menggunakan koagulan / penggumpal susu berupa *rennet* anak sapi. Bahan ini dapat diperoleh dalam bentuk ekstrak *rennet* maupun bubuk/tepung, yang dapat dibuat secara sederhana dari bahan abomasum (lambung ke 4) anak sapi yang masih menyusui atau ternak ruminansia muda lainnya. Meningkatnya produksi keju, menyebabkan peningkatan permintaan akan *rennet* anak sapi melebihi persediaan. Oleh karena itu mulai banyak dicari alternatif baru sumber koagulan pengganti *rennet* anak sapi yaitu *rennet* mikrobial seperti *Mucor pusillus* sebagai bahan penggumpal keju yang bisa dijual secara komersial dalam bentuk tablet maupun cair.

Kalab (2004), Everett (2003), dan Prastorino *et al.*, (2002) menyatakan bahwa dalam pembuatan keju dapat dilakukan dengan pengasaman langsung tidak perlu menunggu kerja kultur starter bakteri untuk memproduksi asam laktat. Jenis-jenis asam yang bisa digunakan untuk membuat keju dengan cara pengasaman langsung antara lain, asam sitrat, asam cuka, asam askorbat dan lain-lain. Bunton (2005) menyatakan bahwa penggunaan asam dalam pembuatan keju *Mozzarella* dimaksudkan untuk mendapatkan keju yang lebih mulur.

Tujuan penggunaan bahan pengasam adalah untuk mempercepat proses, akan tetapi citarasa yang biasanya dibentuk oleh kultur starter bakteri, tidak tercapai bila pembuatan keju dilakukan dengan pengasaman (asam sitrat, asam cuka, asma askorbat dan lain-lain), karena citarasa asam-asam tersebut hanya rasa asam saja. Oleh karena itu agar kedua tujuan tersebut dapat dicapai, maka perlu dicoba menggunakan jus buah jeruk (nipis dan lemon) yang mengandung banyak asam sitrat dan asam-asam organik lainnya dalam penelitian ini. Serta perlu dicoba efektivitas dari berbagai jenis jeruk tersebut dalam menghasilkan keju *Mozzarella* yang bermutu tinggi dan diterima konsumen.

Selain dari kandungan asam yang berbeda disetiap jenis jeruk, secara umum jeruk juga mengandung senyawa-senyawa yang berguna bagi kesehatan antara lain limonen, linalin asetat, geranil asetat, fellandren, sitral dan asam sitrat. Setiap 100 g buah jeruk nipis mengandung vitamin C sebesar 27 mg, kalsium 40 mg, fosfor 22 mg, karbohidrat 12,4 g, vitamin B1 0,04 mg, zat besi 0,6 mg, lemak 0,1 g, kalori 37 kal, protein 0,8 g dan air 86 g (Cakrawala IPTEK, 2002). Sedangkan dalam 100 g jeruk lemon mengandung energi 95 kJ, lemak 0,2 g, protein 0,6 g dan air 89 g, asam malat 0,32 g, asam sitrat 4,51 g, serat diet 0,25 g dan abu 0,2 g (Wills *et al.*, 1985).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan membandingkan mutu keju *Mozzarella* yang dibuat dengan menggunakan variasi beberapa jenis *rennet* (*rennet* tablet, *rennet* cair dan *rennet calf* yaitu menggunakan dan jenis bahan pengasam (Jus buah jeruk nipis dan jus buah jeruk lemon).

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu mengetahui mutu dari keju *mozzarella* dari berbagai jenis *rennet* serta dapat mengetahui pembuatan keju dengan metode pengasaman langsung menggunakan berbagai macam bahan pengasam.

1.4 Hipotesa

Diduga variasi beberapa jenis *rennet* (*rennet* tablet, *rennet* cair dan *rennet calf*) dan bahan pengasam (Jus buah jeruk nipis dan jus buah jeruk lemon) berpengaruh terhadap mutu keju *Mozzarella*.



II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Susu

Dalam SK Dirjen Peternakan No. 17 Tahun 1983, dijelaskan definisi susu adalah susu sapi yang meliputi susu segar, susu murni, susu pasteurisasi, dan susu sterilisasi. Susu segar adalah susu murni yang tidak mengalami proses pemanasan. Susu murni adalah cairan yang berasal dari ambing sapi sehat. Susu murni diperoleh dengan cara pemerahan yang benar, tanpa mengurangi atau menambah sesuatu komponen atau bahan lain. Secara biologis, susu merupakan sekresi fisiologis kelenjar ambing sebagai makanan dan proteksi imunologis (*immunological protection*) bagi bayi mamalia.

Sejarah manusia mengonsumsi susu sapi telah dimulai sejak ribuan tahun sebelum masehi, ketika manusia mulai mendomestikasi ternak penghasil susu untuk dikonsumsi hasilnya. Daerah yang memiliki peradaban tinggi seperti Mesopotamia, Mesir, India, dan Yunani diduga sebagai daerah asal manusia pertama kali memelihara sapi perah. Hal tersebut ditunjukkan dari berbagai bukti berupa sisa-sisa pahatan gambar sapi dan adanya kepercayaan masyarakat setempat yang menganggap sapi sebagai ternak suci. Pada saat itu pula susu telah diolah menjadi berbagai produk seperti mentega dan keju. Ketersediaan susu di zaman modern ini merupakan hasil perpaduan antara pengetahuan tentang susu yang telah berusia ribuan tahun dengan aplikasi teknologi dan ilmu pengetahuan modern. Prof. Douglas Goff, seorang *dairy scientist* dari *University of Guelph*, Kanada menyatakan, komposisi susu terdiri atas air (*water*), lemak susu (*milk fat*), dan bahan kering tanpa lemak (*solids nonfat*). Kemudian, bahan kering tanpa

lemak terbagi lagi menjadi protein, laktosa, mineral, asam (sitrat, format, asetat, laktat, oksalat), enzim (peroksidase, katalase, pospatase, lipase), gas (oksigen, nitrogen), dan vitamin (vit. A, vit. C, vit. D, *tiamin*, *riboflavin*). Persentase atau jumlah dari masing-masing komponen tersebut sangat bervariasi karena dipengaruhi berbagai faktor seperti faktor bangsa (*breed*) dari sapi. Susu merupakan bahan pangan yang memiliki komponen spesifik seperti lemak susu, kasein (protein susu), dan laktosa (Spreer, 1998).

2.1.1 Komponen Kimia Susu

Susu terdiri dari beberapa komponen kimia antara lain:

A. Air

Air yang terkandung dalam susu terutama berfungsi sebagai pelarut bagi komponen-komponen susu yang dapat larut atau membentuk suspensi (Rahman dkk, 1992).

B. Lemak Susu

Persentase lemak susu bervariasi antara 2,4% – 5,5%. Lemak susu terdiri atas trigliserida yang tersusun dari satu molekul gliserol dengan tiga molekul asam lemak (*fatty acid*) melalui ikatan-ikatan ester (*ester bonds*). Asam lemak susu berasal dari aktivitas mikrobiologi dalam rumen (lambung ruminansia) atau dari sintesis dalam sel sekretori. Asam lemak disusun rantai hidrokarbon dan golongan karboksil (*carboxyl group*). Salah satu contoh dari asam lemak susu adalah asam butirrat (*butyric acid*) berbentuk asam lemak rantai pendek (*short chain fatty acid*) yang akan menyebabkan aroma tengik (*rancid flavour*) pada susu ketika asam butirrat ini dipisahkan dari gliserol dengan enzim lipase. Lemak susu dikeluarkan dari sel epitel ambing dalam bentuk butiran lemak (*fat globule*) yang

diameternya bervariasi antara 0,1 – 15 mikron. Butiran lemak tersusun atas butiran trigliserida yang dikelilingi membran tipis yang dikenal dengan *Fat Globule Membran* (FGM) atau membran butiran lemak susu. Komponen utama dalam FGM adalah protein dan fosfolipid (*phospholipid*). FGM salah satunya berfungsi sebagai stabilisator butiran-butiran lemak susu dalam emulsi dengan kondisi encer (*aqueous*) dari susu, karena susu sapi mengandung air sekitar 87%.

Lemak susu mengandung beberapa komponen bioaktif yang sanggup mencegah kanker (*anticancer potential*), termasuk asam linoleat konjugasi (*conjugated linoleic acid*), *sphingomyelin*, asam butirat, lipid eter (*ether lipids*), β -karoten, vitamin A, dan vitamin D. Meskipun susu mengandung asam lemak jenuh (*saturated fatty acids*) dan *trans fatty acids* yang dihubungkan dengan aterosklerosis dan penyakit jantung, namun susu juga mengandung asam oleat (*oleic acid*) yang memiliki korelasi negatif dengan penyakit tersebut. Lemak susu mengandung asam lemak esensial, asam linoleat (*linoleic acid*) dan linolenat (*linolenic acid*) yang memiliki bermacam macam fungsi dalam metabolisme dan mengontrol berbagai proses fisiologis dan biokimia pada manusia (D. Mc Donagh dkk., 1999).

C. Protein

Protein dalam susu mencapai 3,25%. Struktur primer protein terdiri atas rantai polipeptida dari asam-asam amino yang disatukan ikatan-ikatan peptida (*peptide linkages*). Beberapa protein spesifik menyusun protein susu. Kasein merupakan komponen protein yang terbesar dalam susu dan sisanya berupa *whey* protein. Kadar kasein pada protein susu mencapai 80%. Kasein terdiri atas beberapa fraksi seperti *alpha-casein*, *betha-casein*, dan *kappa-casein*. Kasein

merupakan salah satu komponen organik yang berlimpah dalam susu bersama dengan lemak dan laktosa (Daulay, 1991).

Kasein penting dikonsumsi karena mengandung komposisi asam amino yang dibutuhkan tubuh. Dalam kondisi asam (pH rendah), kasein akan mengendap karena memiliki kelarutan (*solubility*) rendah pada kondisi asam. Susu adalah bahan makanan penting, karena mengandung kasein yang merupakan protein berkualitas juga mudah dicerna (*digestible*) saluran pencernaan. Kasein asam (*acid casein*) sangat ideal digunakan untuk kepentingan medis, nutrisi, dan produk-produk farmasi. Selain sebagai makanan, *acid casein* digunakan pula dalam industri pelapisan kertas (*paper coating*), cat, pabrik tekstil, perekat, dan kosmetik. Pemanasan, pemberian enzim proteolitik (*rennin*), dan pengasaman dapat memisahkan kasein dengan *whey* protein. Selain itu, sentrifugasi pada susu dapat pula digunakan untuk memisahkan kasein. Setelah kasein dikeluarkan, maka protein lain yang tersisa dalam susu disebut *whey* protein. *Whey* protein merupakan protein butiran (*globular*). *Betha-lactoglobulin*, *alpha-lactalbumin*, *Immunoglobulin (Ig)*, dan *Bovine Serum Albumin (BSA)* adalah contoh dari *whey* protein. *Alpha-lactalbumin* merupakan protein penting dalam sintesis laktosa dan keberadaannya juga merupakan pokok dalam sintesis susu. Dalam *whey* protein terkandung pula beberapa enzim, hormon, antibodi, faktor pertumbuhan (*growth factor*), dan pembawa zat gizi (*nutrient transporter*). Sebagian besar *whey* protein kurang tercerna dalam usus. Ketika *whey* protein tidak tercerna secara lengkap dalam usus, maka beberapa protein utuh dapat menstimulasi reaksi kekebalan sistemik. Peristiwa ini dikenal dengan alergi protein susu (*milk protein allergy*) (Spreer, 1998).

D. Gula Susu (Laktosa)

Karbohidrat merupakan zat organik yang terdiri atas karbon, hidrogen, dan oksigen. Karbohidrat dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah molekul gula-gula sederhana (*simple sugars*) dalam karbohidrat tersebut. Monosakarida, disakarida, dan polisakarida merupakan beberapa kelompok karbohidrat. Laktosa adalah karbohidrat utama susu dengan proporsi 4,6% dari total susu. Laktosa tergolong dalam disakarida yang disusun dua monosakarida, yaitu glukosa dan galaktosa. Rasa manis laktosa tidak semanis disakarida lainnya, semacam sukrosa. Rasa manis laktosa hanya seperenam kali rasa manis sukrosa. Laktosa dapat memengaruhi tekanan osmosa susu, titik beku, dan titik didih. Keberadaan laktosa dalam susu merupakan salah satu keunikan dari susu itu sendiri, karena laktosa tidak terdapat di alam kecuali sebagai produk dari kelenjar susu.

Laktosa merupakan zat makanan yang menyediakan energi bagi tubuh. Namun, laktosa ini harus dipecah menjadi glukosa dan galaktosa oleh enzim bernama laktase agar dapat diserap usus. Enzim laktase merupakan enzim usus yang digunakan untuk menyerap dan mencerna laktosa dalam susu. Enzim adalah suatu zat yang bekerja sebagai katalis untuk melakukan perubahan kimiawi, tanpa diikuti perubahan enzim itu sendiri. Jika kekurangan enzim laktase dalam tubuhnya, manusia akan mengalami gangguan pencernaan pada saat mengonsumsi susu. Laktosa yang tidak tercerna akan terakumulasi dalam usus besar dan akan memengaruhi keseimbangan osmotis di dalamnya, sehingga air dapat memasuki usus. Peristiwa tersebut lazim dinamakan intoleransi laktosa. Pada saat bayi, manusia memproduksi sejumlah banyak enzim laktase untuk mencerna susu. Namun, enzim laktase ini biasanya berkurang pada saat dewasa

yang pada akhirnya menyebabkan manusia tersebut tidak mampu mencerna laktosa. Kejadian ini biasanya terjadi pada seseorang yang tidak terbiasa mengonsumsi susu segar sebagai bagian dari menu makanan sehari-hari. Akibatnya pada saat dewasa tidak memiliki kekebalan terhadap laktosa, sehingga orang tersebut akan takut mengonsumsi susu segar. Hal tersebut dapat diatasi dengan cara mengubah susu menjadi produk lain seperti yoghurt. Pada yoghurt, laktosa dipecah menjadi lebih sederhana dengan bantuan bakteri. Intoleransi laktosa disebabkan pula pengaruh genetik (Spreer, 1998).

E. Abu

Kadar abu susu adalah sekitar 0.7% yang terdiri dari unsur-unsur anorganik atau mineral. Unsur-unsur mineral dalam susu yang relatif terdapat dalam konsentrasi yang cukup tinggi adalah kalsium 0.112%, fosfor 0.095%, kalium 0.138%, magnesium 0.013%, natrium 0.059%, klorin 0.109% dan belerang 0.01%. Dalam susu, unsur kalium, natrium dan klor berada dalam larutan. Sebagian kalsium dan fosfor membentuk ikatan kompleks dengan protein, dan sisanya bersama-sama dengan magnesium sebagai tersuspensi dan sebagian lagi dalam larutan (Rahman dkk, 1992).

F. Komponen- komponen lain

Susu mengandung vitamin-vitamin penting, tetapi berubah-ubah kandungannya dan kadang-kadang berada dalam jumlah yang sangat kecil. Vitamin yang berbeda pada susu segar sangat dipengaruhi oleh pakan dan kesehatan hewan itu sendiri. Selain itu kandungan vitamin akan dapat berkurang lebih lanjut lagi karena adanya perlakuan-perlakuan pada susu. Vitamin-vitamin

tersebut yaitu vitamin yang larut lemak; vitamin E (*tokoferol*), D dan K, serta vitamin yang larut dalam air, vitamin B1 (*thiamin*), B12, asam pantotenat, asam folat dan nikotinat amid (Spreer, 1998).

Komposisi rata-rata susu sapi perah dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Komposisi Rata-Rata Susu Sapi Perah

Komposisi	Jumlah (%)
Protein	3,40
Lemak	3,90
Air	87,10
Abu	0,72
Laktosa	4,8

Sumber : Buckle, *et al.* (1992)

2.1.2 Pasteurisasi Susu

Pasteurisasi susu untuk keju mulai berkembang setelah tahun 1940, terutama untuk alasan kesehatan masyarakat (*Mycobacterium tuberculosis*, organisme yang menyebabkan penyakit *tuberculosis*, yang dapat mati dengan pasteurisasi) selain itu untuk meningkatkan kualitas simpan dari keju (Fox *et al.*, 2000).

Proses pasteurisasi merupakan proses pemanasan dengan suhu yang relatif cukup rendah (dibawah 100°C) dengan tujuan untuk menginaktivasi enzim dan membunuh mikroba pembusuk. Pemilihan proses ini didasarkan pada sifat produk yang relatif asam sehingga mikroba menjadi lebih sensitif terhadap panas. Selain itu, penggunaan panas yang tidak terlalu tinggi juga dapat mengurangi resiko rusaknya beberapa zat gizi seperti vitamin C. Proses pasteurisasi sedikit

memperpanjang umur simpan produk pangan dengan cara membunuh semua mikroorganisme patogen (penyebab penyakit) dan sebagian besar mikroorganisme pembusuk, melalui proses pemanasan (Kordylas, 1991).

Menurut Willman *and* Neil (1993) ada tiga metode pasteurisasi, yaitu:

1. Pemanasan pada suhu 61°C selama 30 menit
2. Pasteurisasi komersial, susu dipanaskan pada suhu 72°C selama 15 detik
3. Pemanasan pada suhu 68°C selama satu menit.

Sebagian besar bakteri (>99,9%) yang ditemukan pada susu segar labil terhadap panas dan dapat mati dengan pasteurisasi pada suhu 72°C selama 15 detik. Pasteurisasi dapat membunuh semua bakteri patogen yang umumnya terdapat pada susu, tetapi spora dari *Clostridium* dan *Bacillus* tidak dapat mati dengan pasteurisasi. Pasteurisasi juga dapat menginaktifkan beberapa enzim dalam susu, termasuk lipase dan fosfatase. Tidak adanya aktivitas enzim fosfatase dalam susu menandakan bahwa susu telah dipasteurisasi dengan baik. Pasteurisasi juga mengurangi resiko dihasilkannya keju dengan kualitas rendah akibat pertumbuhan bakteri yang tidak diinginkan (Fox *et al.*, 2000).

Menurut Hadiwiyoto (1983), pasteurisasi mempunyai beberapa tujuan, yang antara lain dapat disebutkan sebagai berikut :

- a. Untuk membunuh bakteri-bakteri patogen, yaitu bakteri-bakteri yang berbahaya karena menimbulkan penyakit pada manusia. Pada susu terutama *Mycobacterium tuberculosis* karena bakteri ini dapat menyebabkan penyakit TBC dan *Coxiella burnetti*.

- b. Untuk membunuh bakteri tertentu, yaitu dengan mengatur tingginya suhu dan lamanya waktu pasteurisasi.
- c. Untuk mengurangi populasi bakteri dalam bahan (susu).
- d. Untuk memperpanjang daya simpan(*storage life*) bahan.
- e. Dapat memberikan atau menimbulkan cita-rasa yang lebih menarik konsumen.
- f. Pada pasteurisasi susu, proses ini dapat menginaktifkan fosfatase dan katalase, yaitu enzim-enzim yang membuat susu cepat rusak.

2.2 Keju

2.2.1 Sejarah Perkembangan Keju

Dalam definisi sederhana keju adalah produk segar atau matang yang diperoleh melalui proses koagulasi dan pemisahan protein *whey*, krim atau bagian susu skim. Keju merupakan salah satu produk susu yang paling penting dan banyak dikonsumsi. Ribuan jenis keju berkembang dengan karakteristik yang berbeda di wilayah dunia. Diperkirakan ada lebih dari 3000 jenis keju di seluruh dunia, yang berasal dari Perancis, Jerman, Belanda, Denmark, Swiss, Italia, Inggris, Amerika Serikat, dan negara-negara Eropa lain (Anonymous, 2005).



Gambar 1. Jenis Keju

Sumber : Anonymous (2010^a).

2.2.2 Definisi Keju

Keju adalah nama umum kelompok susu fermentasi yang diproduksi di seluruh dunia dengan rasa, tekstur, dan bentuk yang beraneka macam. Susu kaya akan nutrisi bagi bakteri yang mengkontaminasi susu dan tumbuh dengan baik di bawah kondisi normal. Beberapa bakteri menggunakan gula susu (laktosa) sebagai sumber energi memproduksi asam laktat. Bakteri ini disebut sebagai bakteri asam laktat, termasuk di dalamnya adalah *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus*, *Enterococcus* dan *Pediococcus*. Bakteri asam laktat digunakan secara luas pada fermentasi susu, daging dan produk sayur (Fox *et al.*, 2000).

Keju kaya akan asam amino esensial dan mengikat mineral dan vitamin dalam jumlah besar. Kandungan gizi dalam 100 gram keju (*Rennet cheese*) dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan gizi pada 100 gram keju (*Rennet cheese*)

Kandungan	Jumlah
Energi	1641 kj (392 kcal)
Protein	23,7 g
Kalsium	870 mg
Phospor	610 mg
Vitamin A	1740 IU
Vitamin D	13 IU
Riboflavin	0,50 mg
Vitamin B	0,0015 mg

Sumber: Spreer (1998).

Definisi keju menurut FDA adalah produk yang dibuat dengan cara mengkoagulasi kasein susu, susu krim atau susu yang di perkaya dengan krim. Koagulasi dapat dilakukan oleh *rennet* atau enzim lain yang sesuai, fermentasi laktat dan kombinasi dari perlakuan-perlakuan tersebut (Rahman dkk., 1992). Sedangkan menurut Daulay (1991) keju didefinisikan sebagai *curd* susu yang

digumpalkan dengan menggunakan aktivitas enzim yang diikuti dengan pemisahan *whey* dari koagulan yang terbentuk untuk menghasilkan *curd* yang lebih padat dan kompak.

2.3 Klasifikasi Keju

Pada umumnya, secara internasional dikenal penggolongan keju didasarkan pada jenis susu, jenis konsistensinya (dimana setelah ditentukan jenis susunya, maka ditentukan jenis keju tersebut seperti keras, agak keras, agak lunak dan lunak). Selanjutnya komponen bukan air (*dry matter*) pada keju merupakan hal yang penting. Keju keras mempunyai *dry matter* yang tinggi dan kadar air yang rendah sedangkan keju lunak mempunyai kadar air yang tinggi dan komponen *dry matter* yang rendah (Spreer, 1998).

Berbagai jenis keju yang demikian banyaknya, ditambah lagi dengan variasi-variasi dari keju yang didasarkan pada berat, ukuran, bentuk kemasan, jenis susu yang digunakan dan sebagainya, menyebabkan klasifikasi keju yang semakin rumit (Daulay, 1991). Pemberian nama yang paling luas pemakaiannya adalah berdasarkan sifat-sifat daripada keju sehingga didapatkan kurang lebih 400 varietas keju (Buckle *et al.*, 1991). Salah satu cara klasifikasi keju yang umum dilakukan adalah berdasarkan kadar airnya seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi Keju Berdasarkan Kadar Air

Sangat tinggi (55% - 80 %)	Tinggi (45% - 55%)	Sedang (34% - 45%)	Rendah (13% - 34%)
<i>Cottage</i>	<i>Mozzarella</i>	<i>Edam</i>	<i>Romano</i>
<i>Ricotta</i>	<i>Camembert</i>	<i>Brick</i>	<i>Parmesan</i>
<i>Impasiata</i>	<i>Brie</i>	<i>Swiss</i>	<i>Dryricotta</i>
<i>Neufchatel</i>	<i>Pizza</i>	<i>Cheddar</i>	<i>Gjetost</i>
<i>Cream</i>	<i>Blue</i>	<i>Provotone</i>	<i>Mysost</i>

Sumber: Rahman dkk (1992).

Menurut Anonymous (2010^a), berdasarkan golongan keju segar, *whey*, dan *stretched curd*, keju dibedakan menjadi :

- A. *Keju cottage*, yaitu keju segar tanpa bahan tambahan yang mudah basi, harus disimpan dalam lemari pendingin. Keju *cottage* merupakan keju terbaik dalam hal nilai nutrisinya. Tinggi protein kasein, rendah karbohidrat dan lemak (hanya 5%). Cocok untuk salad buah dan sayuran.
- B. *Mozzarella*, keju lunak Italia yang aslinya berasal dari susu kerbau liar. Mengandung 22% lemak dan bersifat spesifik langsung meleleh ketika dipanggang. Cocok untuk topping *pizza* atau campuran *fritata*.
- C. *Ricotta*, keju lunak Italia bertekstur sangat rapuh dari *whey* susu sapi. Mengandung 13% lemak. Berkombinasi rasa gurih dan lezat beraroma harum. Cocok untuk aneka masakan pasta seperti *lasagna* dan *spaghetti*.

Sedangkan berdasarkan golongan keju dibedakan menjadi :

- A. *Edam*, keju Belanda populer bertekstur keras dan beraroma mirip kacang. Kemasannya terbungkus lapisan sejenis lilin berwarna merah. Mengandung 28% lemak. Cocok untuk campuran kue kering (*cookies*) atau taburan hidangan panggang.
- B. *Parmesan*, keju bertekstur keras dari Parma, Italia berbentuk silinder warna kuning muda. Beraroma tajam karena proses pemeraman yang lama (14-48 bulan). Cocok sebagai keju parut, taburan *pizza*, sup maupun aneka pasta. Kandungan lemak 26%.

C. *Cheddar*, keju Inggris paling banyak dikonsumsi di seluruh dunia. Rasanya lezat dengan aroma tidak terlalu tajam. Cocok untuk masakan apa saja seperti *casseroles*, sup, isi *sandwich* dan salad. Mengandung lemak 33% dengan masa pemeraman 9-24 bulan.

D. *Emmenthal*, keju keras Swiss yang cukup populer. Jika dipotong akan terlihat lubang-lubang yang terbentuk selama proses fermentasi. Banyak disukai karena lembut dan kaya aroma. Cocok sebagai *table cheese* dimakan dengan anggur merah.

Berdasarkan kategori *blue-vein* atau berdasarkan umur keju dibedakan menjadi :

A. *Camembert*, keju lunak Perancis dari susu sapi yang diperam dengan jamur selama 3 minggu. Sangat lembut dan *creamy* dengan warna kuning pucat. Mengandung 24% lemak. Bisa langsung dimakan dengan roti, daging, atau *red wine*. Juga sebagai *table cheese* dan campuran *omelette*, isi *souffle*, *pancake* atau *apple pie*.

B. *Brie*, keju lunak Perancis dari susu sapi yang diperam minimal 1 minggu. Kulit luar berwarna kuning pucat, sedikit abu-abu karena lapisan jamur, dengan bagian dalam lembut meleleh. Lapisan jamurnya dapat dimakan (tidak untuk dibuang). Aromanya tajam dan kandungan lemaknya 28%. Cocok untuk salad, dan dimakan dengan buah *olive* atau *pickle*.

Berdasarkan kandungan/ isi, keju dibedakan menjadi :

A. *Cream Cheese* yaitu keju lunak berasa sedikit asam dari susu sapi yang diperkaya dengan *cream*. *Cream cheese* mengandung 45% lemak, *double cream cheese* 60% lemak, dan *triple cream cheese* 75% lemak.

Keju ini cocok sebagai hidangan penutup, misalnya *cheese cake*, pengisi *pie*, atau dimakan bersama buah-buahan.

B. Keju siap olah (*processed cheese*) terbuat dari keju tradisional dan garam pengemulsi, kadang ditambah susu, garam, bahan pengawet, dan pewarna makanan. Keju ini tergolong murah dan dapat mencair dengan lembut. Biasa dijual dalam kemasan utuh atau lapisan dan kemasan botol semprot.

C. Tersedia juga jenis keju kedelai (*soy cheese*) dan *keju almond* (*almond cheese*) yang dikonsumsi karena diet, *vegetarian*, penderita *lactosa intolerance* atau alergi susu hewani, atau penderita saluran pencernaan. Keju kedelai sangat rendah lemak (8%), bebas kolesterol, sumber protein kedelai dan *isoflavone*. Namun beberapa merek keju kedelai tidak sepenuhnya bebas kandungan hewani karena ada yang mengandung kasein. Keju kedelai tidak terlalu berbau khas keju kecuali ketika sedang dimasak/ dicairkan.

2.4 Aspek Kimia Keju

Komponen nitrogen susu sapi segar, yang merupakan bahan dasar pembuatan keju, terdiri dari 78% kasein, 5.1% α -laktalbumin, 8.5% β -laktalbumin 1.7% globulin, 1.7% pepton dan 5% senyawa non protein. Kasein susu terdiri dari komponen α -kasein, β -kasein dan *K*-kasein dengan perbandingan 3: 2: 1. Protein-protein tersebut berikatan dengan ion kalsium dan anion seperti fosfat dan sitrat membentuk misel kasein yang stabil (Yamamoto, 1975).

Kekerasan, tekstur dan *flavour* keju merupakan hasil interaksi yang sangat kompleks dari unsur-unsur pembentuknya, sedangkan dadih yang terbentuk terjadi karena peranan *K*- kasein yang terdapat dalam susu. Di dalam susu *K*-kasein berperan sebagai pelindung koloid dan bertanggung jawab atas keutuhan misel kasein. Adanya gangguan pada *K*- kasein akan menyebabkan ketidakstabilan pada keutuhan misel kasein, hal ini merupakan tahap awal dari pembentukan dadih susu (Kilara dan Iya, 1984).

Protein lain yang juga berperan dalam proses koagulasi susu adalah protein serum, yaitu lakto-globulin dan laktal-bumin yang bersifat larut dalam *whey* susu. Pada pembuatan keju, protein *whey* ini terkandung dalam dadih pada saat terjadi koagulasi, akan tetapi karena sifatnya yang lebih larut dalam air, sebagian protein ini terlepas ke dalam *whey*, terutama ketika dadih dipotong atau dihancurkan. Protein yang tertinggal dalam dadih menjadi bagian dari tubuh keju dan membantu penyediaan sumber-sumber asam amino untuk pembentukan citarasa keju (Daulay, 1991).

Lemak pada susu adalah sumber dari sebagian komponen pembentuk cita rasa, aroma, dan kelembutan tubuh pada keju matang. Pengaruh dari lemak tidak hanya tergantung pada jenis keju tetapi juga dari komposisi lemak yang ada dalam keju. Keju yang dibuat dari susu tanpa lemak umumnya mempunyai tubuh yang kering dan tekstur yang keras serta membentuk cita rasa yang kurang baik dibandingkan dengan keju yang dibuat dari susu berlemak. Penggabungan globula-globula lemak pada keju terjadi karena terperangkapnya globula-globula lemak tersebut pada saat penggumpalan protein berlangsung (Daulay, 1991).

Laktosa adalah senyawa yang larut dalam air, karena itulah pada saat pembuatan keju sebagian besar laktosa terlarut dalam *whey* dan ikut terbang. Meskipun demikian masih tersisa sejumlah kecil laktosa yang tertinggal dalam keju. Laktosa yang tertinggal itu akan berubah menjadi asam laktat selama proses pemeraman keju berlangsung (National Dairy Council, 1967).

Jumlah mineral yang terdapat dalam keju sangat tergantung pada metoda pembuatannya. Jumlah total mineral keju bervariasi sesuai dengan jumlah garam yang ditambahkan pada saat pembuatan keju serta jenis koagulan yang digunakan. Umumnya kalsium dan fosfat yang terdapat dalam susu akan tertinggal dalam dadih, namun potasium, sodium dan klorin sebagian besar terbang dalam *whey* (National Dairy Council, 1967).

Terperangkapnya sebagian besar lemak dalam dadih menyebabkan vitamin-vitamin yang larut dalam lemak turut tertinggal dalam dadih. Vitamin-vitamin yang tertinggal dalam dadih ini diperlukan bagi pertumbuhan mikroba-mikroba yang diinginkan selama pemeraman keju (Daulay, 1991).

2.5 Keju *Mozzarella*

Salah satu keju lunak yang ada di pasaran adalah keju *Mozzarella* dengan kadar air antara 52-60 persen. Keju *Mozzarella* merupakan keju khas Italia (Nath, 1993). Menurut Lambert (2005), keju *Mozzarella* merupakan keju segar yang berwarna putih serta mempunyai rasa yang lembut. Ketika dipotong, akan keluar cairan putih dengan aroma susu. Sebagian besar keju ini berbentuk bulat, selain itu juga ada yang berbentuk seperti “kepang rambut”.

Anomymous (2005) menyatakan bahwa keju *Mozzarella* berdasarkan USDA (*United State Departement of Agriculture*) seharusnya mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- *Flavour*

Keju *Mozzarella* harus mempunyai *flavour* yang halus, enak meskipun terdapat sedikit *flavour* terikut yaitu rasa asam (biasanya karena sifat asam laktat atau asam asetat). *Flavour* tengik harus seminimal mungkin, selama masih dapat diterima oleh konsumen. *Flavour* tengik ini disebabkan oleh aktivitas enzim lipase yang ada pada susu maupun enzim lipase dalam bentuk cairan *rennet* yang mungkin ditambahkan pada susu.

- Warna

Semua jenis *Mozzarella* harus mempunyai warna putih alami sampai krem cerah (biasanya ditentukan oleh warna susu), warna cerah merata dengan kilau menarik. Mungkin ada sedikit variasi warna selama penetrasi garam.

Komposisi keju *Mozzarella* secara umum maupun kandungan vitamin dan mineralnya dapat dilihat pada Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 4. Komposisi Keju *Mozzarella*

Komposisi	Jumlah
Kadar air (g/100g)	49,8
Protein (g/100g)	25,1
Lemak (g/100g)	21,0
Kolesterol (mg/100g)	65
Energi (kcal)	289

Sumber: Fox *et al.*,(2000).

Tabel 5. Kandungan Vitamin Keju *Mozzarella*

Komposisi	Jumlah
<i>Retinol</i> ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	240
<i>Karoten</i> ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	170
Vitamin D ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	0.16
Vitamin E (mg/100g)	0.33
<i>Thiamin</i> (mg/100g)	0.03
<i>Riboflavin</i> (mg/100g)	0.31
<i>Niacin</i> (mg/100g)	0.08
Vitamin B ₆ (mg/100g)	0.09
Vitamin B ₁₂ ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	2.1
Asam Folat ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	19
Panthotenat (mg/100g)	0.25
<i>Biotin</i> ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	2.2

Sumber: Fox *et al.*,(2000).

Tabel 6. Kandungan Mineral Keju *Mozzarella*

Komposisi	Jumlah (mg/100g)
Natrium (Na)	610
Kalium (K)	75
Kalsium (Ca)	590
Magnesium (Mg)	27
Phospor (P)	420
Besi (Fe)	0.3
Seng (Zn)	1.4

Sumber: Fox *et al.*,(2000).

Ada dua cara untuk membuat *Mozzarella* : pengasaman langsung pada susu menjadi bentuk *curd* atau dengan metode kultur stater/*rennet*. Pada kedua metode ini, susu mentah dipasteurisasi dan kemudian dikoagulasi menjadi bentuk *curd* mencapai pH 5,9 kemudian dipotong menjadi ukuran-ukuran kecil dan dicampur dengan air panas kemudian ditarik/diputar sampai terbentuk keju yang paling panjang. Proses penarikan *curd* ini merupakan ciri khas dari keju *pasta filata* seperti *Mozzarella*, *scamorza* dan *provalone*. Ketika *curd* telah mencapai

kelembutan dan elastis yang tepat, maka *curd* dibentuk oleh mesin atau tangan menjadi bentuk bulat, kemudian direndam dalam air dingin untuk mempertahankan bentuk tersebut. Tahap terakhir adalah penggaraman dan pengemasan. Proses pembuatan keju ini cukup pendek, biasanya kurang dari 8 jam mulai dari pasteurisasi susu sampai produk akhir keju (Lambert, 2005).

Macam-macam keju *Mozzarella* menurut Anonymous (2005) antara lain:

- *Queso Oxaca* : merupakan keju *Mozzarella* dari Meksiko, saat pemuluran penarikan dilakukan dengan tangan menjadi untaian keju yang panjang dan digulung seperti benang jahit.
- *Fresh Mozzarella* : basah, berwarna krem dan *flavorfull*. Dibentuk bulat dengan menggunakan tangan. Dinamakan *Bocconcini* apabila *Mozzarella* segar berbentuk bulatan yang cukup kecil.
- *Mozzarella Roll* : merupakan *Mozzarella* segar yang dibuat dengan bentuk gulungan selai dengan bermacam-macam bahan pengisi seperti daun kemangi, tomat kering dan lain-lain.
- *Capriella (Goats Milk Mozzarella)*: merupakan *Mozzarella* segar dengan ciri-ciri aroma susu kambing yang tajam. Dibuat dari 50% susu kambing dan 50% susu sapi. Dibentuk bulat dengan tangan.

2.6 Pembuatan Keju *Mozzarella*

1. Pasteurisasi Susu

Pasteurisasi susu dilakukan sebagai langkah awal untuk membunuh bakteri patogen yang akan mempengaruhi dalam pembuatan keju. Temperatur optimum

pasteurisasi adalah 72°C selama 15 detik. Pasteurisasi yang berlebihan akan menghasilkan *curd* yang terlalu lembut (Daulay, 1991).

2. Penambahan Starter

Penambahan starter pada susu pasteurisasi pada pembuatan keju bertujuan agar pH susu turun, dengan menggunakan bakteri asam laktat. Keasaman yang dihasilkan sekitar 0,9% (asam laktat) pH 4,6. Starter yang ditambahkan adalah jenis *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus termophilus* (Daulay, 1991).

3. Penjendalan

Proses ini bertujuan untuk menggumpalkan protein susu. Dapat dilakukan dengan asam atau enzim protease, yang paling baik bila ditambahkan *rennet* yaitu enzim protease yang diperoleh dari lambung anak sapi muda, tetapi saat ini dapat diganti dengan *rennet* tiruan yang dihasilkan dari mikroba yang sifatnya sama dengan *rennet*, *Mucor miehei* dan *Mucor pusillus* (Dewanti, 1997).

4. Pemotongan *curd*

Proses ini bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan *curd*, hal ini memungkinkan pindah panas yang lebih seragam dan merata pada proses pemasakan selanjutnya sehingga pengeluaran *whey* lebih efektif. Pemotongan *curd* harus dilakukan secara perlahan-lahan dan seragam untuk menjaga agar *curd* tidak terpisah-pisah menjadi partikel-partikel halus sehingga menghindari terjadinya kehilangan *curd* yang terlalu banyak dalam *whey* (Daulay, 1991).

5. Pemasakan *curd* dan *whey*

Curd yang telah dipotong-potong kemudian dipanaskan. Proses pemanasan ini disebut pemasakan, pemasakan bertujuan untuk menyusutkan *curd*

hingga mencapai keadaan yang siap proses untuk pembentukan tekstur (Hui, 1992).

6. Pengeluaran *whey*

Penirisan *curd* atau pengeluaran *whey* dari *curd* berfungsi untuk memisahkan *whey* dan menggumpalkan serta menyatukan *curd* (Hui, 1992).

7. *Stretching* (Penarikan *curd*)

Penarikan *curd* bisa dilakukan dengan manual maupun dengan peralatan mekanis. Biasanya penarikan dihentikan ketika keju menjadi licin dan homogen. Penarikan ini dimulai dengan memasukan *curd* ke dalam air panas suhu 80°C kurang lebih 1 menit (Calandrelli, 2005).

8. *Shaping* (Pembentukan) keju

Pembentukan adalah kata yang digunakan ketika membicarakan keju *pasta filata*, dimana massa keju dibentuk menjadi bentuk yang diinginkan (bulat, bulat dengan kepala kecil, keping, simpul kecil, dll). Pada tahap ini ketrampilan tangan akan menghasilkan bentuk keju yang berbeda dibandingkan dengan produk industri. Pada perusahaan susu rumah tangga, keju yang telah ditarik ditangani dan dibentuk dengan hati-hati. Sebaliknya, pada perusahaan susu skala industri, operasi sepenuhnya dilakukan oleh mesin.

9. Penggaraman

Penggaraman merupakan tahap penting dalam pembuatan keju. Garam membantu mengontrol pertumbuhan bakteri yang tidak diinginkan dan meningkatkan keawetan keju. Selain itu juga membantu meningkatkan beberapa perubahan pada keju selama penyimpanan seperti meningkatkan *flavour*. Penggaraman dapat dilakukan dengan cara menaburkan garam kering pada

permukaan *curd* atau direndam dalam larutan garam jenuh. Penambahan garam ikut menentukan *flavour*, tekstur dan penampilan keju (Daulay, 1991). Konsentrasi garam yang biasa digunakan pada pembuatan keju *Mozzarella* adalah 20% larutan garam (Willman and Neil, 1993).

2.7 Pembuatan Keju *Mozzarella* dengan Enzim *Rennin*

Kata *rennet* dan *rennin* merupakan dua kata yang mempunyai arti tidak sama. *Rennet* adalah tepung dari lambung anak sapi atau ternak lain, sedangkan *rennin* adalah enzim yang terdapat dalam *rennet*. Didalam *rennet* masih terdapat enzim lain selain *rennin*. *Rennin* dibentuk oleh calon *rennin* yang disebut *prorennin* yang mempunyai BM 36.000 perlu direduksi menjadi 31.000 dengan hidrolisis sebagian. Hal ini terjadi oleh konsentrasi garam. Pada pH 2,0 proses aktivasi sangat cepat, tetapi pada pH 5,0 aktivasi terjadi sangat lambat, dan pada umumnya hidrolisis terjadi karena proses autolisis. *Prorennin* stabil pada pH 5,3-9,0, sedangkan *rennin* stabil pada pH 5,3-6,3 dan masih mempunyai kestabilan pada pH 2,0 (Winarno, 1982).

Rennin ini bisa diperoleh dari obmasum anak sapi ataupun mikroba (Scott, 1986). *Rennin* yang didapat dari obmasum anak sapi biasa disebut dengan *rennet calf* dengan harga Rp150.000/60ml ini bisa diperoleh secara komersial dipasaran. Sedangkan *rennin* yang dihasilkan mikroba juga bisa diperoleh dipasaran dalam bentuk cair maupun padatan (Tablet), biasanya dijual dengan harga yang relatif lebih murah dibandingkan dengan *rennet calf*. *Rennin* dari mikroba ini menurut Soeparno (1992) mampu menggumpalkan susu seperti *rennin* sapi. Menurut Radiati (1991) tidak ada perbedaan yang nyata dalam proses pematangan dan

produk akhir keju yang dihasilkan melalui penggumpalan dengan *rennin* mikroba ataupun *rennin* yang berasal dari anak sapi.

Brock (1984) menyatakan bahwa *rennin* yang berasal dari jamur memenuhi syarat untuk pembuatan keju, yaitu: (1) Baik untuk koagulasi, tanpa adanya hidrolisis lebih lanjut dari kasein; (2) Menghasilkan keju dengan bau dan struktur yang baik; (3) Tidak toksik; (4) Daya proteolitisnya rendah, sehingga produk yang dihasilkan tidak pahit.

Mucor pusillus merupakan salah satu mikroba kapang penghasil enzim protease penggumpal susu. *Mucor pusillus* termasuk dalam genus *Mucor*, family *Mucoraceae*, ordo *Mucorales*, class *Phicomycetes* dan divisio *Eumycota* (Bassey, 1979). *Mucor* ini memiliki sifat-sifat hifanya tidak berseptata, sporangiospor dibentuk pada semua bagian, kalumela berbentuk bulat, silindris atau oval, spora halus, zygospora dan suspensor hampir sama, tidak mempunyai stolon, rhizoid atau sporangiola (Kuswanto dan sudarmaji, 1989).

Penggunaan enzim dari *Mucor pusillus* telah dicoba di Eropa dan dibandingkan dengan *rennin* dari ekstrak obmasum anak sapi dalam pembuatan keju *Emmental*. Hasil dan kualitas kedua keju tersebut ternyata tidak menunjukkan perbedaan dan tidak memberikan rasa pahit (Webb, *et al.*, 1974).

2.8 Pengasaman Langsung

Keju *Mozzarella* dapat dibuat tanpa menggunakan kultur starter dengan pengasaman secara langsung pada susu. Pengasaman langsung dengan menggunakan asam yang memenuhi *food grade* (biasanya asam laktat, asam asetat atau asam sitrat) atau *acidogen* (biasanya glukono δ -laktone) sering

digunakan sebagai alternatif pengganti keasaman secara biologi, dimana pengasaman langsung ini lebih terkontrol dari pada pengasaman secara biologi. Oleh sebab itu pengasaman secara kimia ini sering digunakan untuk jenis-jenis keju yang lebih mementingkan tekstur dari pada *flavour* (Fox *et al.*, 2000).

Menurut Anonymous (1999), *Mozzarella* yang dibuat dengan pengasaman langsung berbeda dengan *Mozzarella* yang memakai kultur, paling tidak ada empat hal yang berbeda, yaitu:

- a. Prosedur pembuatan dapat divariasikan sebanyak mungkin karena tidak memakai kultur stater untuk membantu pengumpalan.
- b. *Mozzarella* yang dibuat dengan kultur stater, reaksi proteolitik terjadi selama bekerjanya kultur stater. Sejumlah kecil peptida dan asam amino berada sebagai pereaksi utama, bersama-sama sisa laktosa yang menyebabkan pencoklatan selama pemanasan. *Mozzarella* dengan pengasaman langsung kecenderungan terjadinya pencoklatan lebih rendah karena sedikitnya reaksi proteolitik yang terjadi dengan tidak adanya kultur stater.
- c. Pengasaman langsung menyebabkan lebih banyak kehilangan kalsium fosfat yang tertinggal pada *whey*.
- d. pH yang lebih tinggi pada *Mozzarella* dengan pengasaman langsung, menyokong kalsium dalam suatu kumpulan kasein, dan sebaliknya mengurangi kalsium yang larut. Implikasi dari ini termasuk meningkatnya kemampuan matrik protein dalam menahan air dan mencegah sineresis.

Karakteristik keju *Mozzarella* yang dikerjakan dengan pengasaman langsung antara lain: tidak mempunyai aroma, basah, teksturnya padat dan lembut

(Calandrelli, 2005). Tekstur yang lembut ini disebabkan karena kandungan air yang lebih tinggi dan kalsium yang lebih rendah dibandingkan dengan *Mozzarella* yang menggunakan stater (Guinee *et al.*, 2002).

Pada pembuatan keju *Mozzarella* dengan pengasaman langsung, pengasaman dapat dicapai dengan penambahan asam organik yang memenuhi *food grade*. pH susu biasanya diatur sampai pH 5,6 terlebih dahulu untuk penambahan *rennet*, dan tidak ada perubahan pada pH selama *curd* diproses, seperti hanya pada pembuatan keju *Mozzarella* secara tradisional dengan menggunakan kultur stater. Setelah pengeluaran *whey*, *curd* dengan pH sekitar 5,6 siap untuk dilakukan penarikan. Kemampuan *curd* yang dibuat dengan pengasaman langsung untuk plastis, tercapai pada pH yang lebih tinggi daripada pH normal. Hal ini berdasar pada efek saling mempengaruhi antara total kalsium *curd* dan rasio kalsium yang larut : misel kalsium (yang berubah dengan pH) pada *hidrasi parakasein*. Dimana kalsium yang larut dalam protease total kalsium menurun dari sekitar 40% (pH 5,15) pada *mozarella* dengan kultur stater menjadi 20% (pH 5,6) pada *Mozzarella* dengan pengasaman langsung (Fox *et al.*, 2000).

Keuntungan secara keseluruhan pengasaman secara langsung termasuk lebih cepat waktu koagulasi, meningkatnya daya ikat air, tepatnya pengontrolan pH, tidak membutuhkan pemeraman, meningkatnya nilai ekonomis dan pengurangan biaya pemakaian kultur stater (Anonymous, 1999). Penelitian menunjukkan bahwa kemampuan mengikat air dari *curd* keju *Mozzarella* dengan pengasaman langsung (pH 5,6) lebih tinggi daripada *curd Mozzarella* yang dihasilkan secara tradisional selama 3 minggu pertama pemeraman (Fox *et al.*, 2000).

Kekurangan dari *Mozzarella* dengan pengasaman langsung, termasuk perbedaan *flavour* jika dibandingkan dengan *Mozzarella* yang menggunakan kultur stater. Disamping itu, laktosa yang tidak difermentasi dapat menyebabkan fermentasi yang tidak diinginkan (Anonymous, 1999).

2.9 Bahan Pengasam

Beberapa jenis asam yang dapat digunakan dalam pembuatan keju *Mozzarella* diantaranya ialah asam sulfurat, asam hidroklorat, asam laktat, asam fosforat, dan asam asetat glukono- δ -laktone (Everett, 2003). Menurut Bunton (2005) keju *Mozzarella* dapat dibuat dengan menggunakan asam sitrat.

Asam sitrat merupakan asam organik lemah yang terdapat di pada jeruk lemon dan jeruk-jeruk lainnya serta beberapa buah-buahan yang matang. Hasil penelitian Karademiz (2004) menunjukkan bahwa kandungan asam-asam organik yang paling banyak terdapat di dalam buah jeruk ialah asam sitrat dan berikutnya baru asam malat.

2.10 Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* (Cristm.) Swingle)

Tanaman *Citrus aurantifolia* (Cristm.) Swingle dikenal di pulau Sumatra dengan nama Kelangsa (Aceh), di pulau Jawa dikenal dengan nama jeruk nipis (Sunda) dan jeruk pecel (Jawa), di pulau Kalimantan dikenal dengan nama lemau nepi, di pulau Sulawesi dengan nama lemo ape, lemo kapasa (Bugis) dan lemo kadasa (Makasar), di Maluku dengan naman puhat em nepi (Buru), ahusi hisni, aupfisis (Seram), inta, lemonepis, ausinepsis, usinepese (Ambon) dan Wanabeudu (Halmahera) sedangkan di Nusa tenggara disebut jeruk alit, kapulungan, lemo

(Bali), dangaceta (Bima), mudutelong (Flores), mudakenelo (Solor) dan delomakki (Rote).



Gambar 2. Jeruk Nipis

Sumber : Anonymous (2010^c).

Klasifikasi tanaman jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) menurut

Anonymous (2010^c) adalah:

Kingdom : Plantae

Divisio : Spermatophyta

Subdivisio : Angiospermae

Klas : Dicotyledonae

Bangsa : Rutales

Famili : Rutaceae

Genus : Citrus

Species : *Citrus aurantiifolia* (Cristm.) Swingle

Jeruk nipis termasuk salah satu jenis citrus. Jeruk nipis termasuk jenis tumbuhan perdu yang banyak memiliki dahan dan ranting. Tingginya sekitar 0,5-3,5 m. Batang pohonnya berkayu ulet, berduri, dan keras. Sedang permukaan kulit luarnya berwarna tua dan kusam. Daunnya majemuk, berbentuk *ellips* dengan pangkal membulat, ujung tumpul, dan tepi beringgit. Panjang daunnya mencapai

2,5-9 cm dan lebarnya 2-5 cm. Sedangkan tulang daunnya menyirip dengan tangkai bersayap, hijau dan lebar 5-25 mm.

Bunganya berukuran majemuk/tunggal yang tumbuh di ketiak daun atau di ujung batang dengan diameter 1,5-2,5 cm. kelopak bungan berbentuk seperti mangkok berbagi 4-5 dengan diameter 0,4-0,7 cm berwarna putih kekuningan dan tangkai putik silindris putih kekuningan. Daun mahkota berjumlah 4-5, berbentuk bulat telur atau lanset dengan panjang 0,7-1,25 cm dan lebar 0,25-0,5 cm berwarna putih.

Tanaman jeruk nipis pada umur 2 1/2 tahun sudah mulai berbuah. Buahnya berbentuk bulat sebesar bola pingpong dengan diameter 3,5-5 cm berwarna (kulit luar) hijau atau kekuning-kuningan. Tanaman jeruk nipis mempunyai akar tunggang. Buah jeruk nipis yang sudah tua rasanya asam. Tanaman jeruk umumnya menyukai tempat-tempat yang dapat memperoleh sinar matahari langsung.

Jeruk nipis mengandung unsur-unsur senyawa kimia yang bermanfaat, misalnya: asam sitrat, asam amino (triptofan, lisin), minyak atsiri (sitral, limonen, felandren, lemon kamfer, kadinen, gerani-lasetat, linali-lasetat, aktilaldehid, nonilaldehid), damar, glikosida, asam sitrun, lemak, kalsium, fosfor, besi, belerang vitamin B1 dan C. Selain itu, jeruk nipis juga mengandung senyawa saponin dan flavonoid yaitu hesperidin (*hesperetin 7-rutinosida*), tangeretin, naringin, eriocitrin, *eriocitroside*. Hesperidin bermanfaat untuk antiinflamasi, antioksidan, dan menghambat sintesis prostaglandin. Hesperidin juga menghambat azoxymethane (AOM) yang menginduksi karsinogenesis pada colon kelinci, dan juga menghambat N-butil-N-(4-hidroksi-butil) nitrosamin yang menginduksi

karsinogenesis pada kandung kemih tikus (Chang, 2001). Jeruk nipis juga mengandung 7% minyak essensial yang mengandung citral, limonen, fenchon, terpineol, bisabolene, dan terpenoid lainnya. Guo, *et al.*, (2006) telah meneliti bahwa D-Limonene dapat menghambat proliferasi dan menginduksi apoptosis pada sel HL- 60 dan sel K562.

Buah jeruk nipis berkhasiat sebagai obat batuk, obat penurun panas, dan obat pegal linu. Selain itu, buah jeruk nipis juga bermanfaat sebagai obat disentri, sembelit, ambeien, haid tidak teratur, difteri, jerawat, kepala pusing/vertigo, suara serak batuk, menambah nafsu makan, mencegah rambut rontok, ketombe, flu/demam, menghentikan kebiasaan merokok, amandel, penyakit anyang-anyangan, mimisan, radang hidung (getahnya), dan lain sebagainya (Anonymous, 2010^e).

2.11 Jeruk Lemon (*Citrus x limon L.*) Burm. f.

Jeruk lemon merupakan salah satu produk hortikultura yang mempunyai prospek baik untuk dikembangkan karena jeruk lemon dapat tumbuh baik tersebar di Indonesia dan bukan merupakan buah musiman sehingga ketersediannya di pasaran selalu ada. Berdasarkan data dari Direktorat jendral Tanaman Pangan dan Hortikultura (2001) produksi jeruk (termasuk lemon) meningkat dari 393.430 ton pada tahun 1994 menjadi 827.260 ton pada tahun 1998.

Adapun komposisi buah lemon pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Komposisi Buah Jeruk Lemon (gr/100gr bagian yang dapat dimakan)

Komposisi	Jumlah (gr/100 gr)
Berat buah (gr)	176
Bagian yang dapat dimakan (%)	66
Air	89.0
Protein	0.6
Lemak	0.2
Glukosa	0.8
Fruktosa	0.6
Sukrosa	0.4
Pati	0
Serat diet	0.25
Asam malat	0.32
Asam sitrat	4.51
Abu	0.2
Energi (kJ)	95

Sumber: Wills *et al.*, (1985).

Buah jeruk lemon berwarna kuning. Ada beberapa jenis lemon antara lain Eureka, Lisbon dan Meyer. Sebuah pohon lemon dapat tumbuh sampai 6 meter. Lemon tumbuh di daerah beriklim tropis dan sub-tropis serta tidak tahan akan cuaca dingin. Suhu ideal untuk lemon agar dapat tumbuh dengan baik adalah antara 15-30°C (60-85°F)(Anonymous, 2011^d)



Gambar 3. Jeruk Lemon
Sumber: Anonymous (2010^d).

Sedangkan klasifikasi tanaman jeruk nipis (*Citrus x limon L*) menurut

Anonymous (2010^d) adalah:

Kingdom : Plantae

Subkingdom : Tracheobionta

Super Divisio : Spermatophyta

Divisio : Magnoliopsida

Sub Klas : Rosidae

Ordo : Sapindales

Famili : Rutaceae

Genus : Citrus

Spesies : *Citrus x limon* (L) Burm. f.

Jeruk lemon mempunyai kandungan vitamin C yang melimpah, jeruk lemon juga kaya dengan vitamin B, E, natrium dan beberapa mineral mikro yang dibutuhkan tubuh untuk sistem imunitas (kekebalan). Kandungan bioflavanoid yang berperan sebagai antioksidan pencegah kanker. Flavanoid jeruk lemon juga berfungsi menghalangi oksidasi LDL sehingga ateroklerosis penyebab jantung dan stroke bisa dihindari. Jeruk lemon juga melimpah kandungan serat berupa pektin yang baik untuk menurunkan kadar kolesterol dan trigliserida (Anonymous, 2010^d).

2.12 Kualitas Keju *Mozzarella*

a. Rendemen

Rendemen keju didefinisikan sebagai berat keju per satuan volume setelah keju dipindahkan dari larutan garam dan dinyatakan dalam satuan g/100 ml

(Shakell-Ur-rehman, Farkye *and* Yim, 2003). Gaman dan Sherington (1994), menyatakan bahwa rendemen keju dipengaruhi oleh komponen *curd* yaitu lemak, bahan kering tanpa lemak, garam dan air. Nilai rendemen keju *Mozzarella* dihasilkan sekitar 10%.

Metzger *et al.*, (2000) dalam penelitian pengaruh keasaman awal pada susu terhadap komposisi dan rendemen keju *Mozzarella* rendah lemak, menghitung rendemen dengan cara membagi berat keju dengan bobot susu yang digunakan kemudian dikalikan 100 dan disebut dengan rendemen aktual (*actual cheese yield*).

b. Daya leleh

Daya leleh didefinisikan sebagai pergerakan (secara perlahan-lahan) penyebaran keju ketika pemanasan (Mathukumurappan *et al.*,1999) sedangkan menurut Tunick *et al.*, (1993) mendefinisikan daya leleh sebagai pengembangan (secara pelan-pelan) keju ketika pemanasan dengan suhu 232°C. Beberapa metode telah diusulkan untuk mengukur daya leleh keju, tetapi *schaiber test* adalah metode yang sering digunakan (Kosikowsky *and* Mistry, 1994). Tunick *et al.*, (1993) menyatakan bahwa uji schreiher dapat dilakukan dengan mengukur pengembangan keju yang di tempatkan pada tabung silindris dengan diameter 18 mm dan dengan tebal keju 5 mm, kemudian dimasukkan oven pada suhu 232 °C selama 5 menit. Daya leleh bernilai 1,0 menunjukkan tidak ada pengembangan, bernilai 2,0 menunjukkan pengembangan menjadi 10 mm, bernilai 3,0 menunjukkan pengembangan menjadi 15 mm.

Daya leleh diukur dengan menggunakan UV Meltmeter. Caranya adalah dengan membuat preparat berdiameter 30 mm dan tinggi 8 mm, kemudian diukur perubahan tigginya (Kuo *and* Gunasekaran, 2003).

Hasil penelitian Tunick *et al.*, (1993) menunjukkan keju *Mozzarella* rendah lemak mempunyai daya leleh 0,9 dan keju *Mozzarella* dengan lemak tinggi daya leleh 3,2.

c. Kemuluran

Salah satu karakteristik penting keju *Mozzarella* adalah adanya kekuatan ikatan yang menunjukkan kapasitas untaian rantai fibril. Metode yang biasa digunakan pada pabrik dan industri *pizza* adalah dengan *fork test*, dengan cara keju dipanggang diatas *pizza* dan diuji seberapa jauh akan terjadi peregangan (Fife, Mc Mahon *and* Oberg, 2002).

Kemuluran keju *Mozzarella* dapat diukur dengan menggunakan alat pengukur tekstur (Instron Model 1130, Instron Corp., Canton, MA) dengan kapasitas 100N. Preparat keju dibentuk dengan ukuran 38 mm x 20 mm x 6 mm, kemudian ditempatkan di alat tersebut dipanaskan pada suhu 55°C. Selanjutnya preparat keju tersebut ditarik secara horizontal dengan alat tersebut secara otomatis yang telah diatur kecepatannya pada 21,2 mm/detik. Tekanan yang digunakan untuk menarik keju itulah yang dicatat sebagai data. Kebalikan dari tekanan maksimum itulah yang digunakan sebagai indikator kelumuran keju, makin tinggi angka yang diperoleh makin baik pula kemuluran keju yang diukur (Kuo *and* Gunasekaran, 2003).

d. Kadar Air

Air merupakan komponen terbesar dalam bahan pangan. Kadar air sangat berpengaruh terhadap kualitas produk yang akan dihasilkan, karena kandungan dalam suatu bahan akan menentukan tekstur produk, selain itu air juga merupakan media kegiatan mikroorganisme dan substrat dari kegiatan enzimatik yang berjalan pada bahan tersebut (Susanto dan Yuniarta, 1987). Penetapan kadar air dapat dilakukan dengan cara mengeringkan bahan kedalam oven pada suhu 105°C-110°C selama 3 jam atau sampai mencapai berat yang konstan. Selisih berat sebelum dan sesudah pengeringan adalah banyaknya air yang diuapkan (Winarno, 1992).

Kadar air merupakan faktor yang sangat penting untuk menentukan tekstur keju, kadar air yang semakin meningkat akan menyebabkan tekstur juga semakin lunak (Caric, 1992). Kadar air dalam keju merupakan faktor penting dalam stabilitas, daya simpan dan irisan, potongan dan produk akhir keju yang lebih baik (*United States Patent and Trademark Office, No,0044; 2005*).

e. Elastisitas

Elastisitas merupakan perbandingan gaya kedua dengan gaya tekan pertama pada pengepresan sampel (Soeparno, 1992). Sedangkan menurut Fox *et al.*, (2000), elastisitas merupakan kemampuan gel untuk kembali dengan cepat pada dimensi dan bentuk aslinya atau semula, setelah dilakukan pengepresan atau penekanan.

Kuo, Wang, and Gunasekaran (2000) berpendapat bahwa penurunan kandungan lemak dapat menyebabkan peningkatan kandungan protein, sehingga elastisitas keju meningkat.

III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Februari sampai bulan Juni 2011. Dilakukan di Laboratorium Pengujian Mutu Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan keju *mozzarella* adalah panci, kompor, sendok, kain saring, pisau *stainless steel*, wadah plastik, sarung tangan, mangkok, pengaduk, karet hisap, pipet volume 10 ml dan 1 ml, *beaker glass* 1000 ml dan 500 ml, termometer, pH meter (Hanna instrument), timbangan analitik (Denver Instrumen XP-1500).

Alat-alat yang digunakan untuk analisa adalah pipet tetes, pipet volume 10 ml, *erlenmeyer* 250 ml, *beaker glass* 500 ml, cawan petri, *biuret*, *statif*, benang dan beban (pasir), *colour reader*, desikator, botol *Bobcock*, oven merk *WTC binder*, pH meter (Hanna Instrumen), timbangan analitik (Denver Instrumen XP-1500), timbangan digital (Denver Instrument, M-130), *sentifuse*, perangkat *kjedahl*.

3.2.2 Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan keju *mozzarella* adalah susu sapi segar yang diperoleh dari KUD kecamatan Junrejo, Malang. Bahan pengasam yang digunakan adalah jeruk nipis dan jeruk lemon yang diperoleh dari pasar

besar Malang. Bahan pembantu penggumpalan (*Rennet* tablet, *Rennet* cair dan *Rennet calf* cair) yang diperoleh dari Danisco US dan dipasarkan oleh Glengarry Cheesemaking Inc. Bahan- bahan yang digunakan untuk analisa adalah aquades, asam sulfat pekat (p.a), *tablet kjedahl*, NaOH 45%(teknis), HCl 0,1N, NaOH 0,1N, indikator PP, dan asam borak 3%.

3.3 Metode Penelitian

Rancangan percobaan pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan menggunakan dua faktor, dimana faktor I terdiri dari dua level dan faktor II terdiri dari tiga level. Masing-masing level diulang sebanyak tiga kali sehingga didapatkan 18 satuan percobaan.

Faktor I : Bahan pengasam

J_1 = Jus buah jeruk nipis

J_2 = Jus buah jeruk lemon

Faktor II : Jenis *Rennet*

R_1 = *Rennet* tablet 0,04% (b/v)

R_2 = *Rennet* cair 0,025% (v/v)

R_3 = *Rennet Calf* 0,05% (v/v)

Parameter yang diukur adalah rendemen, kadar air, kadar protein, daya leleh, elastisitas, kemuluran dan organoleptik.

Tabel 8. Kombinasi Perlakuan Rancangan Percobaan

No	Bahan Pengasam	Jenis <i>Rennet</i>		
		R ₁ = <i>Rennet</i> tablet (b/v) 0,04%	R ₂ = <i>Rennet</i> cair (v/v) 0,025%	R ₃ = <i>Rennet Calf</i> (v/v) 0,05%
1	J ₁ = Jeruk nipis	J ₁ R ₁	J ₁ R ₂	J ₁ R ₃
2	J ₂ = Jeruk lemon	J ₂ R ₁	J ₂ R ₂	J ₂ R ₃

Keterangan:

J₁ R₁ = Jeruk nipis dengan jenis *Rennet* tablet 0,04% (b/v).

J₂ R₁ = Jeruk lemon dengan jenis *Rennet* tablet 0,04% (b/v).

J₁ R₂ = Jeruk nipis dengan jenis *Rennet* cair 0,025% (v/v).

J₂ R₂ = Jeruk lemon dengan jenis *Rennet* cair 0,025% (v/v).

J₁ R₃ = Jeruk nipis dengan jenis *Rennet Calf* 0,05% (v/v)

J₂ R₃ = Jeruk lemon dengan jenis *Rennet Calf* 0,05% (v/v)

3.4 Prosedur penelitian

3.4.1 Prosedur Pembuatan Keju *Mozzarella*

Pembuatan keju untuk penelitian ini dilakukan sesuai dengan metode Ricki Carrol (2002) yang telah dimodifikasi. Susu segar dipanaskan hingga mencapai suhu 70 °C dan dikondisikan stabil pada suhu tersebut. Kemudian susu ditambah jus jeruk (jeruk nipis dan jeruk lemon) sebanyak 1,9 % (v/v) dan enzim *rennet* (*rennet* cair 0,025 % (v/v), *rennet* tablet 0,04% (b/v) dan *Rennet Calf* 0,05% (v/v)). Kemudian diaduk hingga merata dan didiamkan selama 10 menit agar terbentuk *curd* yang kompak. Setelah *curd* terbentuk kemudian *curd* dipotong-potong membentuk kubus berukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm. *Curd* didiamkan selama 10 menit, kemudian dilakukan pembuangan *whey* yang telah memisah. Pemotongan dan pembuangan *whey* ini dilakukan berulang-ulang

sebanyak 5 – 7 kali hingga diperoleh *curd* yang bertekstur keras dan kompak. *Curd* dimasukkan ke dalam panci pasteurisasi yang telah dipanaskan di atas kompor gas hingga suhu air mencapai 75 °C dan dipertahankan pada suhu tersebut hingga proses selesai. *Curd* di dalam panci diaduk terus-menerus hingga terbentuk gumpalan seperti adonan roti yang kalis dan kompak. Setelah itu dilakukan penekanan dan penarikan/pemuluran hingga diperoleh tekstur yang lunak dan mulur. Keju *mozzarella* yang telah jadi kemudian dicetak dan dimasukkan ke dalam air es selama 15 menit selanjutnya direndam air garam selama 20 menit.

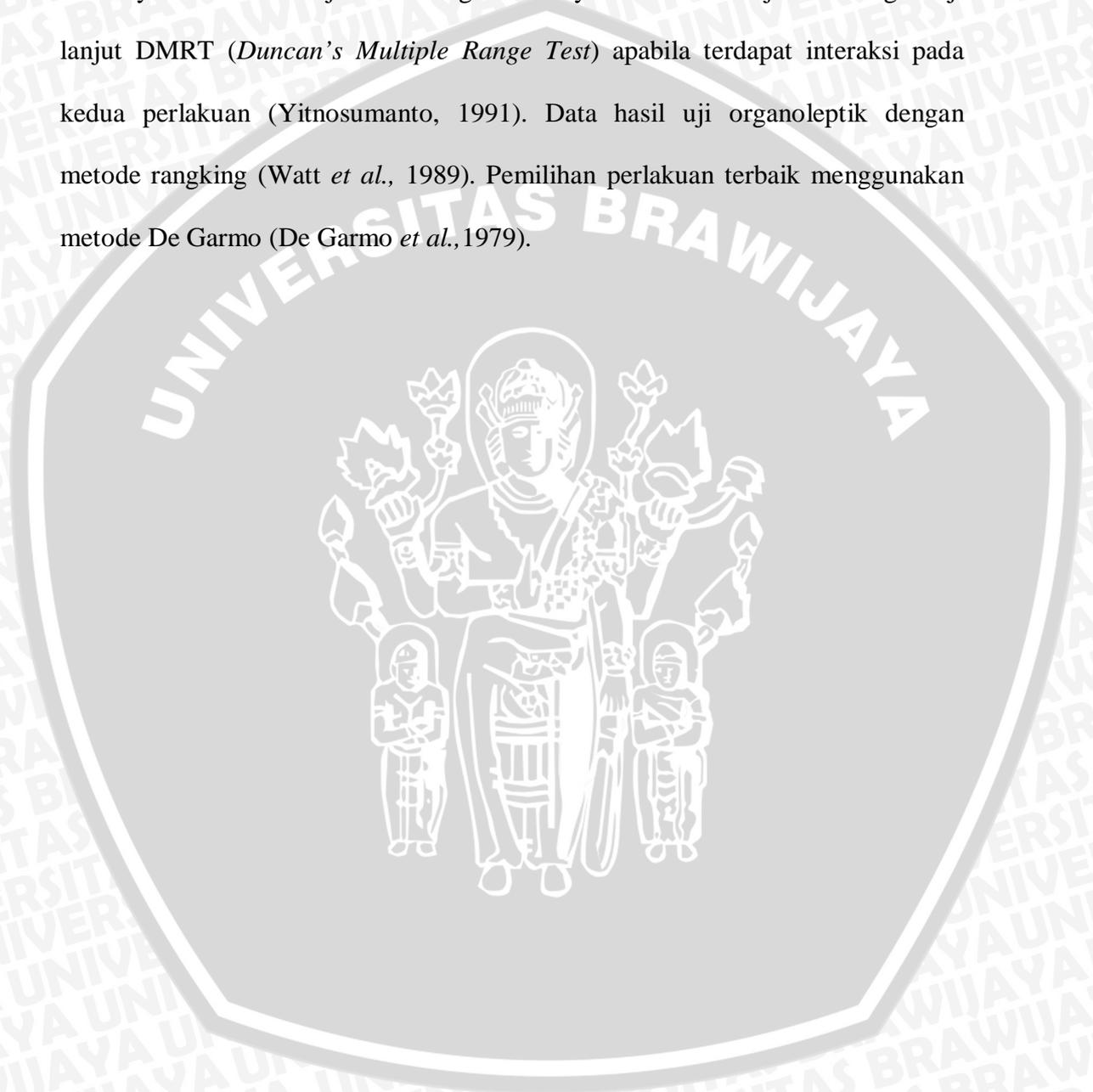
3.4.2 Pengujian Produk

Pengujian keju *mozzarella* meliputi variable-variable sebagai berikut :

1. Pengujian rendemen (Shaked-Ur-Rehman, Farkye and Yun; 2003) (Lampiran 1).
2. Analisis kadar air (Cunnif, 1999) (Lampiran 2).
3. Analisis kadar protein (Sudarmadji, dkk., 1997) (Lampiran 3).
4. Pengukuran daya leleh (Tunick *et al.*, 1993) (Lampiran 4).
5. Pengujian Elastisitas (Purwadi, 2007) (Lampiran 5).
6. Pengujian kemuluran keju (Kuo and Gunasekaran, 2003) (Lampiran 6).
7. Pengujian Organoleptik (Watt, *et al.*, 1989) (Lampiran 7).
8. Perlakuan Terbaik (De Garmo *et al.*, 1984) (Lampiran 8).

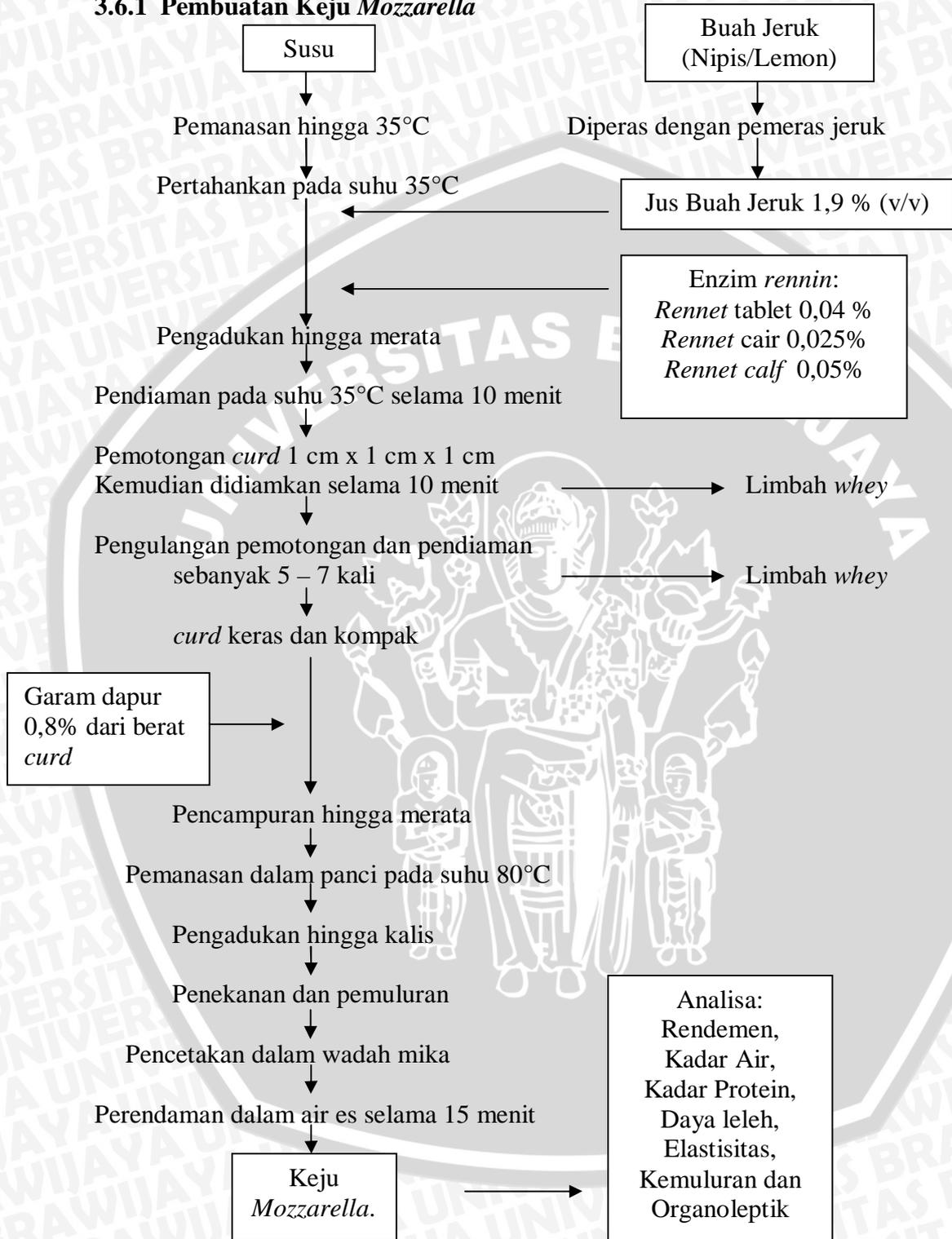
3.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis sidik ragam dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) secara faktorial. Apabila terdapat beda nyata dilakukan uji BNT dengan tarafnya 5% dan dilanjutkan dengan uji lanjut DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) apabila terdapat interaksi pada kedua perlakuan (Yitnosumanto, 1991). Data hasil uji organoleptik dengan metode rangking (Watt *et al.*, 1989). Pemilihan perlakuan terbaik menggunakan metode De Garmo (De Garmo *et al.*, 1979).



3.6 Diagram Alir

3.6.1 Pembuatan Keju *Mozzarella*



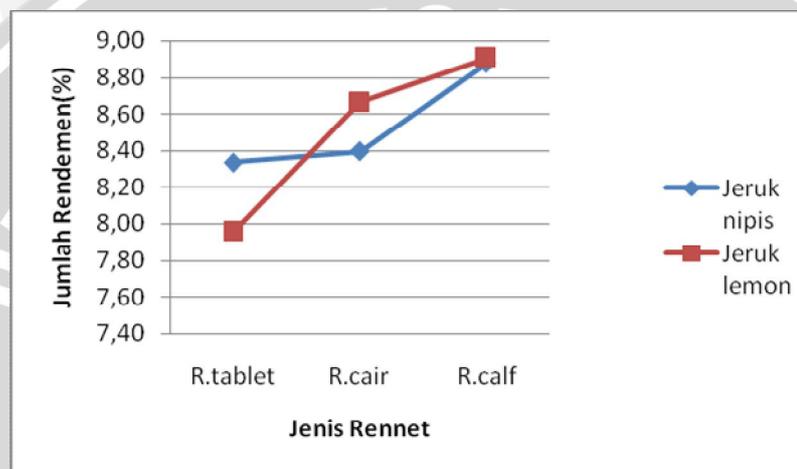
Gambar 4. Diagram Alir Pembuatan Keju *Mozzarella* (Modifikasi Metode Caroll, 2002)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Perlakuan terhadap Rendemen Keju *Mozzarella*

Rerata rendemen keju *Mozzarella* akibat pengaruh jenis bahan pengasam dan jenis *rennet* berkisar antara 7,95% sampai 8,90% (Lampiran 11)

Kecenderungan perubahan rendemen disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 5. Grafik Rerata Rendemen (%) Keju *Mozzarella* Akibat Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*.

Dari Gambar 5 menunjukkan penggunaan jus buah jeruk nipis dan jus buah jeruk lemon sebagai bahan pengasam dapat mempengaruhi nilai rendemen yang diperoleh. Pembuatan keju dengan menggunakan bahan pengasam dapat menyebabkan penurunan pH secara cepat. Tetapi keasaman dan pH susu yang sama menyebabkan kerja protease antar perlakuan tidak mengalami perbedaan. Sebaliknya bila perbedaan pH susu terlalu besar, maka kerja protease akan berbeda, karena nilai pH substrat berpengaruh secara langsung terhadap kerja protease tersebut. Pada penelitian ini keasaman dan pH bahan pengasam adalah relatif sama (5,8 – 5,9), sehingga rendemen yang dihasilkan tidak mengalami perbedaan. Fox *et al.*, (2000) menyatakan keasaman susu baik yang dihasilkan

oleh biakan bakteri *starter* maupun pengasaman langsung, dapat mempengaruhi aktivitas bahan penggumpal selama proses penggumpalan, juga mempengaruhi kekuatan *curd*, sehingga dapat mempengaruhi rendemen keju.

Begitu juga penggunaan variasi berbagai jenis *rennet* juga mempengaruhi rendemen yang dihasilkan, pada *rennet* tablet dan *rennet* cair menggunakan kerja enzim mikroba yaitu *rennin* *Mucor pusillus* sebagai bahan penggumpal, sedangkan *rennet* *calf* merupakan enzim *rennin* dari anak sapi. Dari Gambar 5 terlihat bahwa rendemen dari enzim *rennin* mikroba cenderung menghasilkan rendemen yang rendah dibandingkan dengan rendemen dari enzim *rennin* anak sapi, ini dikarenakan enzim *rennin* mikroba mempunyai aktivitas proteolitik yang tinggi sehingga banyak *curd* yang terbuang ke dalam *whey* pada saat penyaringan. Idris (1992) menyatakan bahwa enzim mikroba mutunya lebih rendah dibandingkan dengan *rennin* anak sapi dilihat dari kemampuannya menggumpalkan susu serta aktivitas proteolitiknya yang lebih kuat, yang mengakibatkan banyak keju yang terbuang dan cacat-cacat sehingga menurunkan rendemen keju. Muchtadi (1992) menambahkan bahwa keju yang dibuat dari koagulan protease dari jamur cenderung menghasilkan rendemen yang lebih sedikit, karena sering kali protein terlarut ke dalam *whey*.

Hasil analisis ragam (Lampiran 11) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan jus buah jeruk nipis dan jus buah jeruk lemon sebagai bahan pengasam dalam pembuatan keju tidak memberikan perbedaan pengaruh yang nyata, akan tetapi perlakuan penambahan jenis *rennet* memberikan perbedaan sangat nyata, sedangkan interaksi keduanya tidak memberikan perbedaan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap rendemen keju *Mozzarella*. Rerata jumlah

rendemen keju *Mozzarella* akibat pengaruh variasi jenis *rennet* disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rerata Nilai Rendemen (%) Keju *Mozzarella* Akibat Pengaruh Variasi Jenis *Rennet*.

Jenis <i>Rennet</i>	Jumlah Rendemen (%) Keju <i>Mozzarella</i>
R1(<i>Rennet</i> tablet)	8,14 a
R2(<i>Rennet</i> cair)	8,52 b
R3(<i>Rennet</i> calf)	8,89 c

BNT 5% = 0,3475

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

Rendemen keju menurut Gaman and Sherington (1994) adalah sekitar 10%. Rendemen keju *Mozzarella* yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 7,66% sampai dengan 9,54%, nilai rendemen ini lebih rendah dari literatur, hal ini disebabkan oleh beberapa hal diantaranya kadar lemak pada susu dan proses pembuatan keju *Mozzarella*. Pada penelitian ini, tidak adanya proses homogenisasi susu sehingga kadar lemak keju lebih rendah. Idris dan Tohari (1992) menyatakan bahwa keuntungan dari homogenisasi susu adalah rendemen keju yang dihasilkan lebih tinggi akibat dari lemak yang terbuang dalam *whey* sedikit. Anonymous (2005) menambahkan bahwa homogenisasi susu dapat mengurangi jumlah *curd* yang pecah dan hancur serta mengurangi lemak yang hilang selama proses pembuatan. Selain itu adanya proses *stretching* yang menggunakan air panas 80°C juga bisa mengurangi rendemen keju dikarenakan banyak komponen-komponen larut air dalam *curd* larut dalam air panas.

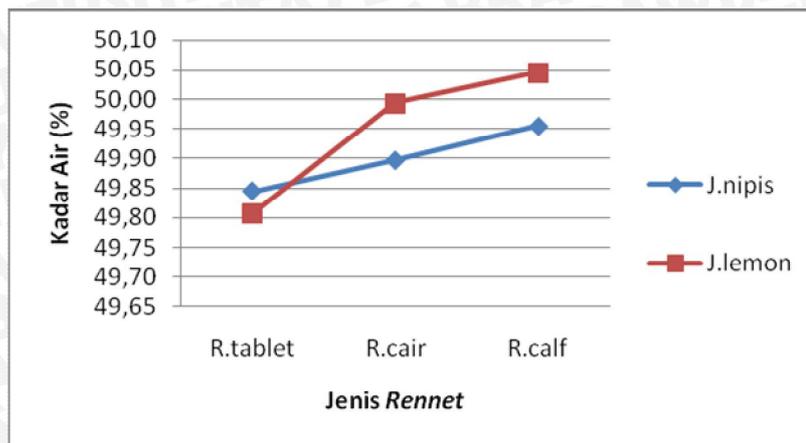
Metode pengasaman langsung yang dilakukan pada penelitian ini cenderung menurunkan nilai rendemen karena penurunan pH-nya cepat sehingga banyak protein susu yang belum tergumpalkan dengan sempurna membentuk *curd*. Nakai and Modler (1996) menyatakan bahwa penggumpalan protein dengan

asam cenderung menghasilkan rendemen produk yang lebih rendah, dikarenakan mekanisme penggumpalan yang berbeda dengan *starter* bakteri yaitu penurunan pH-nya cepat sehingga jumlah protein yang dapat digumpalkan lebih sedikit. Singh *et al.*,(2005) menambahkan bahwa kerja *starter* bakteri ialah mengakibatkan penurunan pH, sehingga terbentuk *curd*. Penurunan pH setahap demi setahap dari 6,8 hingga 5,3 yang mengakibatkan agresi misel untuk membentuk gumpalan yang lemah hingga menghasilkan bentuk gel yang lebih kompak. Penambahan jus buah jeruk Nipis dan jus buah jeruk Lemon hanya dibatasi sampai pada konsentrasi 1,9%, karena apabila penambahan bahan pengasam terlalu banyak, keju yang dihasilkan akan mempunyai kualitas lebih rendah (Bunton, 2005).

Penggunaan bahan tambahan berupa garam dapur dapat mempengaruhi rendemen keju *Mozzarella* yang dihasilkan. Semakin tinggi jumlah penambahan bahan tersebut maka semakin tinggi pula rendemen produk. Hal ini dikarenakan bahan-bahan tersebut bersifat dapat mengikat air. Apabila penambahannya dilakukan dalam jumlah yang tinggi maka jumlah air yang terikat juga tinggi, sehingga terjadi peningkatan volume dan berat produk. Selain itu penambahan bahan-bahan tersebut secara langsung juga meningkatkan volume dan berat produk.

4.2 Pengaruh Perlakuan terhadap Kadar Air Keju *Mozzarella*

Rerata nilai kadar air keju *Mozzarella* yang dihasilkan berkisar antara 49,80% sampai 50,04% (Lampiran 12). Kecenderungan perubahan kadar air disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Rerata Kadair Air (%) Keju *Mozzarella* Akibat Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*.

Dari Gambar 6 terlihat perbedaan kadar air dari jus jeruk nipis dan jus jeruk lemon, dimana jus jeruk lemon menghasilkan kadar air yang lebih tinggi dibandingkan jus jeruk nipis, hal ini dikarenakan didalam jus jeruk lemon mengandung pH lebih rendah dibanding jus buah jeruk nipis. pH yang rendah menyebabkan *curd* yang terbentuk menjadi semakin longgar sehingga air yang tertahan didalam *curd* lebih banyak. Joshi (2004) menyatakan bahwa koagulasi dengan asam semakin rendah pH penggumpalan maka kemampuan *curd* menahan air semakin besar. Kemampuan ini akan menurun saat mencapai pH 5,3-4,6 akibat menurunnya tingkat hidrasi dari kasein.

Kadar air keju *Mozzarella* dari Gambar 6 juga memiliki perbedaan antara variasi jenis *rennet*, dimana enzim *rennin* mikroba yaitu *rennet* tablet dan *rennet* cair menghasilkan kadar air yang lebih rendah dibandingkan enzim *rennin* dari anak sapi yaitu *rennet* calf. Hal ini dikarenakan kualitas enzim *rennin* dari anak sapi lebih baik dibandingkan enzim *rennin* dari mikroba, dimana enzim *rennin* yang berfungsi membantu penggumpalan mempunyai kemampuan menahan air yang lebih tinggi. Singh *et al.*,(2005) menyatakan bahwa terbentuknya *curd* oleh

kerja enzim *rennin* diawali oleh penyatuan partikel kasein (misel) membentuk rantai dan kelompok-kelompok yang terus berkembang menjadi jaringan tiga dimensi yang mengikat air didalamnya sehingga terbentuk sebuah gel.

Hasil analisis ragam (Lampiran 12) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan jus buah jeruk nipis dan jus buah jeruk lemon sebagai bahan pengasam dalam pembuatan keju dan pengaruh jenis *rennet* memberikan perbedaan yang sangat nyata, begitu juga interaksi keduanya ($\alpha=0,05$) terhadap kadar air keju *Mozzarella*. Rerata nilai kadar air keju *Mozzarella* pada berbagai variasi jenis bahan pengasam dan jenis *rennet* disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Rerata Nilai Kadar Air (%) Keju *Mozzarella* Akibat Pengaruh Variasi Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*.

Perlakuan		Kadar Air (%)	Notasi
Jenis Pengasam	Jenis <i>Rennet</i>		
Jeruk nipis	<i>Rennet</i> tablet	49,84	b
	<i>Rennet</i> cair	49,89	c
	<i>Rennet</i> calf	49,95	d
Jeruk lemon	<i>Rennet</i> tablet	49,80	a
	<i>Rennet</i> cair	49,99	e
	<i>Rennet</i> calf	50,04	f

DMRT 5% = 0,0358 – 0,0317

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

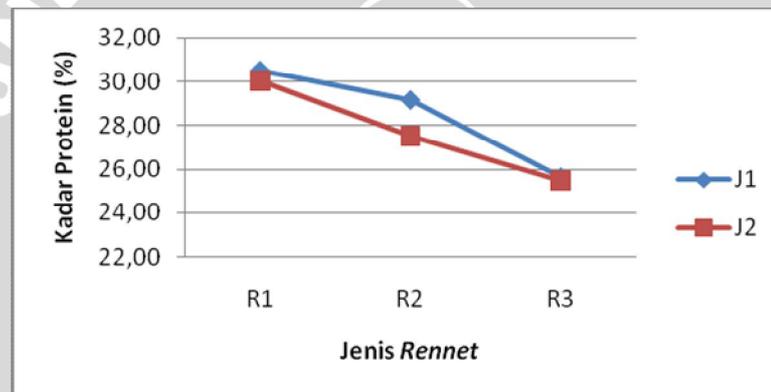
Hal ini menunjukkan bahwa jus jeruk nipis dan jus jeruk lemon sebagai penentu keasaman susu besar pengaruhnya terhadap aktivitas protease dan ternyata berpengaruh sama terhadap kadar air keju *Mozzarella*. Fox *et al.*, (2000) menyatakan bahwa aktivitas protease selama koagulasi dipengaruhi oleh keasaman susu dan mempengaruhi kekuatan *curd*, sehingga kadar air keju yang dihasilkan dipengaruhi pula oleh keasaman susu. Pada penelitian ini dihasilkan kadar air rata-rata 49,80 % sampai 50,04 %, sedangkan kadar air Dave *et al.*,

(2003) dalam penelitiannya adalah sebesar 53,2%, sehingga dapat disimpulkan penelitian ini sudah menghasilkan kadar air yang cukup rendah. Walaupun perbedaan kadar air antar perlakuan tidak besar, tetapi dapat dijadikan pertimbangan bila diterapkan pada industri pengolahan keju.

4.3 Pengaruh Perlakuan terhadap Kadar Protein Keju *Mozzarella*

Rerata kadar protein keju *Mozzarella* akibat pengaruh jenis bahan pengasam dan jenis *rennet* berkisar antara 25,48% sampai 30,02% (Lampiran 13)

Kecenderungan perubahan rendemen disajikan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Rerata Kadair Protein (%) Keju *Mozzarella* Akibat Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*.

Dari Gambar 7 menunjukkan penggunaan variasi jenis *rennet* mempengaruhi kadar protein (%) keju yang dihasilkan, dimana *rennet calf* atau *rennet* anak sapi mempunyai nilai protein yang paling rendah sedangkan *rennet* tablet mempunyai kandungan protein yang tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Hasil analisis ragam kadar protein (Lampiran 13) menunjukkan bahwa perlakuan variasi bahan pengasam tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar protein akan tetapi variasi jenis *rennet* memberikan pengaruh yang

sangat nyata, sedangkan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap kadar protein keju *Mozzarella*. Rerata kadar protein keju *Mozzarella* akibat pengaruh variasi jenis *rennet* disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Rerata Kadar Protein (%) Keju *Mozzarella* Akibat Pengaruh Variasi Jenis *Rennet*.

Jenis <i>Rennet</i>	Kadar Protein (%) Keju <i>Mozzarella</i>
R1(<i>Rennet</i> tablet)	30,26 c
R2(<i>Rennet</i> cair)	28,33 b
R3(<i>Rennet</i> calf)	25,57 a

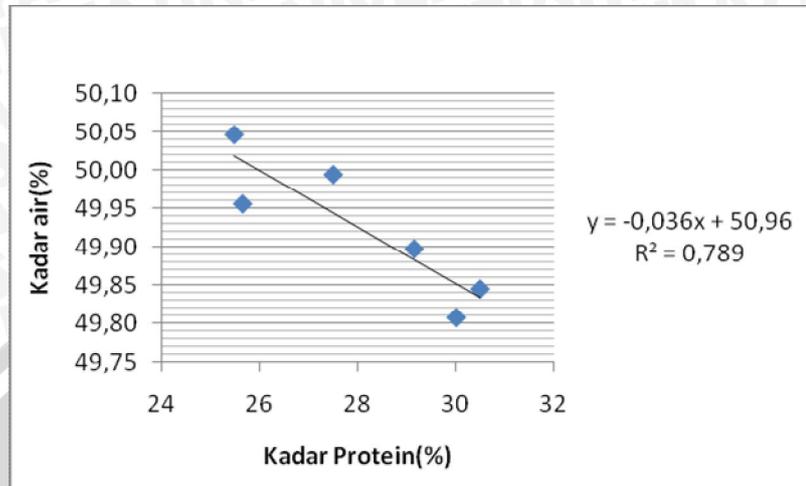
BNT 5% = 1,2731

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

Berdasarkan Tabel 11 dapat dilihat bahwa *rennet* tablet memiliki kadar protein tertinggi yaitu 30,36% dibandingkan perlakuan lainnya, sedangkan terendah adalah *rennet* calf yaitu sebesar 25,57%. Hal ini bisa juga disebabkan oleh aktivitas optimum dari *rennin*. Kebanyakan *rennin* mikroba yaitu *rennet* tablet dan *rennet* cair mampu memecah kasein dengan cepat pada pH 5,5 hingga 7,0 tetapi *rennin* *Mucor pusillus* ini mempunyai pH optimum 5,7, pH dimana yang merupakan terlalu asam untuk koagulasi susu normal. Hal inilah yang menyebabkan *rennet* tablet memiliki kadar protein yang tinggi. Sedangkan Muchtadi (1992) menambahkan bahwa enzim *rennin* dari *Mucor pusillus* mempunyai aktivitas proteolitik yang tinggi, dimana semakin tinggi aktivitas proteolitik enzim, maka makin banyak protein yang teruraikan menjadi peptida-peptida dan makin banyak pula protein yang terlarut didalam *whey* sehingga kandungan pprotein yang terukur sebagai N-total pada keju menjadi rendah.

Protein yang tinggi bukan hanya disebabkan oleh aktivitas enzim *rennin* saja, tetapi banyak faktor yang menyebabkan salah satunya adalah kadar air, dimana semakin meningkat kadar air maka kadar protein semakin turun. Untuk

mengetahui hubungan antara dua parameter tersebut maka dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan antara Kadar Air dan Kadar Protein Keju *Mozzarella* pada Berbagai Perlakuan Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*.

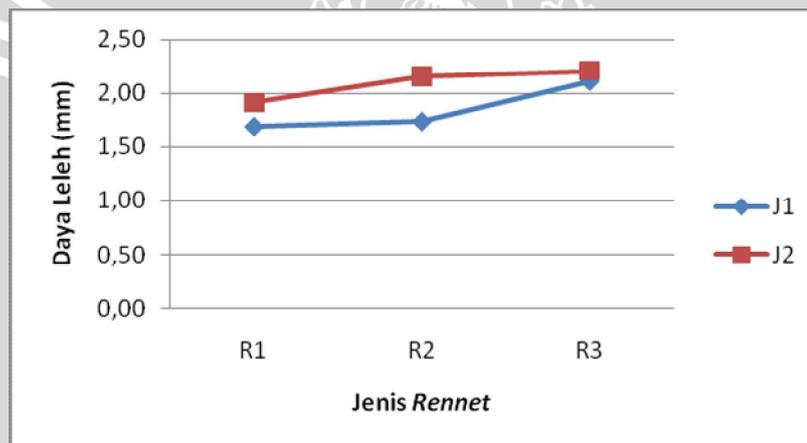
Hubungan regresi linear antara kadar protein dan kadar air mengikuti persamaan $Y = -0,036x + 50,96$ dengan nilai $R^2 = 0,789$. Hal ini menunjukkan adanya korelasi negatif antara kadar protein dan kadar air sebesar 78,9%. Dari hasil korelasi tersebut dapat dilihat bahwa penurunan kadar protein sangat dipengaruhi kadar air yang menunjukkan bahwa kadar protein dan kadar air berbanding terbalik, dimana kadar air pada tingkat maksimal akan membuat kadar protein pada tingkat minimal. Adanya korelasi ini berhubungan dengan struktur protein yang berubah menjadi lebih longgar akibat penambahan asam sehingga air yang tertahan didalam *curd* lebih banyak.

Campbell and Platt (1987) menyatakan kadar protein keju *Mozzarella* berkisar antara 40 – 50% dari berat kering (*dry basis*) atau sekitar 17,6 – 27% dari berat basah (*wet basis*). Hasil penelitian Emmons, Dubo and Modler (2003) menunjukkan bahwa rata-rata kadar protein keju sebesar 24,23% dari total berat

keju. Kuo, Anderson *and* Gunasekaran (2003) dalam penelitiannya menyebutkan kadar protein keju *Mozzarella* sebesar $24,87 \pm 0,91$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian ini (25,48% sampai 30,02%) sudah menghasilkan kadar protein yang melebihi dari literatur.

4.4 Pengaruh Perlakuan terhadap Daya Leleh Keju *Mozzarella*

Rerata daya leleh keju *Mozzarella* akibat pengaruh jenis bahan pengasam dan jenis *rennet* berkisar antara 1,69% sampai 2,21% (Lampiran 14) Kecenderungan perubahan rendemen disajikan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Rerata Daya Leleh (mm) Keju *Mozzarella* Akibat Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*.

Dari Gambar 9 terlihat perbedaan daya leleh dari jus jeruk nipis dan jus jeruk lemon, dimana jus jeruk lemon menghasilkan daya leleh yang lebih tinggi dibandingkan jus jeruk nipis, begitu pula jenis *rennet*, dimana *rennet calf* mempunyai daya leleh lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Hasil analisis ragam (Lampiran 14) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan jus buah jeruk nipis dan jus buah jeruk lemon sebagai bahan pengasam dalam pembuatan keju dan pengaruh jenis *rennet* memberikan

perbedaan yang sangat nyata, begitu juga interaksi keduanya ($\alpha=0,05$) terhadap daya leleh keju *Mozzarella*. Rerata nilai daya leleh keju *Mozzarella* pada berbagai variasi jenis bahan pengasam dan jenis *rennet* disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Rerata Nilai Daya leleh (mm) Keju *Mozzarella* Akibat Pengaruh Variasi Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*.

Perlakuan		Daya Leleh (mm)	Notasi
Jenis Pengasam	Jenis <i>Rennet</i>		
Jeruk nipis	<i>Rennet</i> tablet	1,69	a
	<i>Rennet</i> cair	1,74	a
	<i>Rennet</i> calf	2,11	d
Jeruk lemon	<i>Rennet</i> tablet	1,91	c
	<i>Rennet</i> cair	2,15	d
	<i>Rennet</i> calf	2,21	d

DMRT 5% = 0,1389 – 0,1526

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

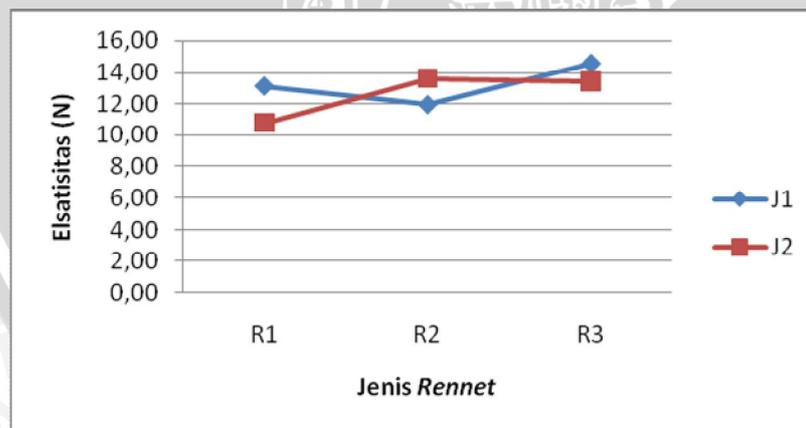
Berdasarkan Tabel 12 *rennet* calf mempunyai daya leleh tertinggi, hal ini disebabkan oleh enzim *rennin* yang berfungsi membantu penggumpalan mempunyai kemampuan menahan air yang lebih tinggi sehingga menyebabkan daya leleh keju lebih besar dibandingkan dengan enzim *rennin* dari *rennet* mikroba. Selain itu daya leleh keju *Mozzarella* dipengaruhi oleh kadar lemak, kadar air bebas, kandungan kalsium dan interaksi hidrofobik antar protein kasein. Perbedaan daya leleh ini diduga disebabkan oleh perbedaan kadar lemak keju *Mozzarella*. Tunick *et al.*, (1993) menyatakan bahwa pada saat pelelehan globula-globula lemak yang menyebar akan bersatu kembali dan berperan untuk memutus rantai protein, sehingga membuat keju mampu meleleh lebih cepat. Keju *Mozzarella* dengan kadar lemak yang rendah dan kadar lemak yang tinggi mempunyai daya leleh terendah yaitu 0,9 dan tertinggi 3,2.

Penggunaan jenis jeruk juga memberikan perbedaan yang sangat nyata terhadap daya leleh keju *Mozzarella*, dimana jus buah jeruk lemon mempunyai

daya leleh lebih besar dibandingkan dengan jus buah jeruk nipis, hal ini karena adanya pengasaman langsung yang berasal dari jus jeruk, dengan pengasaman langsung akan menyebabkan lemak yang terikat dalam *curd* semakin banyak, sehingga daya leleh keju *Mozzarella* semakin tinggi. Dave, McMahon and Oberg (2003) menyatakan bahwa keju *Mozzarella* yang dibuat dengan pengasaman langsung mempunyai daya leleh yang lebih tinggi dengan semakin meningkatnya kadar lemak. Kandungan asam-asam organik yang tinggi dalam jus buah jeruk lemon ini diduga yang menyebabkan semakin tingginya daya leleh pada penelitian ini.

4.5 Pengaruh Perlakuan terhadap Elastisitas Keju *Mozzarella*

Rerata elastisitas keju *Mozzarella* akibat pengaruh jenis bahan pengasam dan jenis *rennet* berkisar antara 10,79 N sampai 14,56 N (Lampiran 15) Kecenderungan perubahan rendemen disajikan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Rerata Elastisitas (N) Keju *Mozzarella* Akibat Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*.

Dari Gambar 10 terlihat perbedaan jenis *rennet* mempengaruhi nilai elastisitas begitu juga jenis bahan pengasam, adapun hasil analisis ragam

(Lampiran 15) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan jus buah jeruk nipis dan jus buah jeruk lemon sebagai bahan pengasam dalam pembuatan keju dan pengaruh jenis *rennet* memberikan perbedaan yang sangat nyata, begitu juga interaksi keduanya ($\alpha=0,05$) terhadap nilai elastisitas keju *Mozzarella*. Rerata nilai elastisitas keju *Mozzarella* pada berbagai variasi jenis bahan pengasam dan jenis *rennet* disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Rerata Nilai Elastisitas (N) Keju *Mozzarella* Akibat Pengaruh Variasi Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*.

Perlakuan		Elastisitas (N)	Notasi
Jenis Pengasam	Jenis <i>Rennet</i>		
Jeruk nipis	<i>Rennet</i> tablet	13,13	c
	<i>Rennet</i> cair	11,95	b
	<i>Rennet</i> calf	14,56	c
Jeruk lemon	<i>Rennet</i> tablet	10,79	a
	<i>Rennet</i> cair	13,60	d
	<i>Rennet</i> calf	13,43	e

$$DMRT\ 5\% = 0,6419 - 0,7078$$

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

Dari Tabel 13 dapat dilihat bahwa rerata elastisitas keju *Mozzarella* berbeda antara ketiga jenis *rennet* yang digunakan. Elastisitas tertinggi diperoleh pada *rennet* calf. Hal ini dikarenakan kualitas enzim *rennin* dari anak sapi lebih baik dibandingkan enzim *rennin* dari mikroba, dimana enzim *rennin* yang berfungsi membantu penggumpalan mempunyai kemampuan menahan air yang lebih tinggi. Singh *et al.*, (2005) menyatakan bahwa terbentuknya *curd* oleh kerja enzim *rennin* diawali oleh penyatuan partikel kasein (misel) membentuk rantai dan kelompok-kelompok yang terus berkembang menjadi jaringan tiga dimensi yang mengikat air didalamnya sehingga terbentuk sebuah gel. Sifat gel pada protein susu mempunyai sifat yang khas dari bahan pangan lainnya. Gel protein susu mempunyai sifat tidak dapat berubah bentuk (*irreversible*) dan mempunyai

kemampuan untuk mempertahankan bentuk aslinya. Gel protein tersusun dari partikel-partikel jaringan kompleks dari kasein yang memiliki struktur internal yang rumit. Partikel kasein ini mempunyai peranan yang sangat penting terhadap karakteristik keju (Lucey, 2002).

Hasil penelitian Lucey *et al.*, (2003) elastisitas keju akan meningkat ketika struktur protein lebih membuka dan mengadakan interaksi dengan protein yang lain. Keju *Mozzarella* dengan adanya tambahan bahan pengental dan penstabil maka akan dihasilkan keju yang mempunyai jaringan matriks yang lebih banyak dan kuat sehingga akan dihasilkan kualitas keju yang *rubbery* (seperti karet). Hal ini disebabkan oleh protein matriks yang bersifat lebih kuat membentuk jaringan satu dengan yang lain sehingga didapatkan keju yang memiliki fleksibilitas yang tinggi (McMahon *et al.*, 2006).

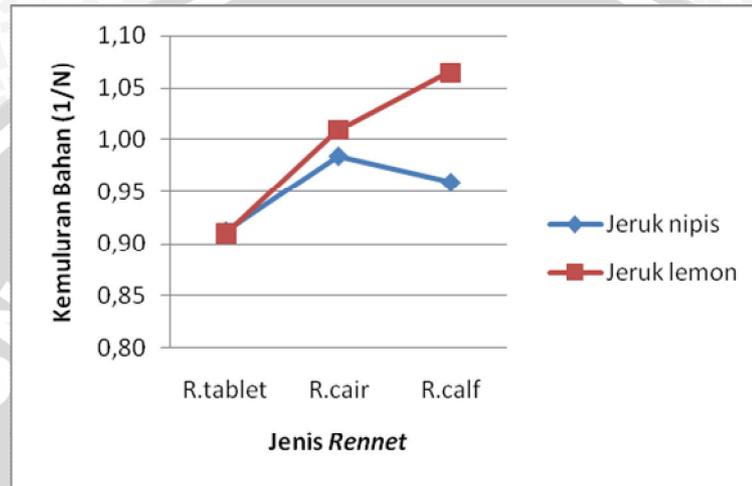
Salah satu komponen yang menyebabkan keju *Mozzarella* memiliki sifat elastis adalah protein. Sebagaimana yang telah disebutkan oleh Purwadi (2007) bahwa protein berperan sebagai pembentuk elastisitas keju *Mozzarella* (produk tanpa bahan tambahan). Sifat elastis keju *Mozzarella* ini berawal dari proses penekanan dan pemuluran. Kuo *et al.*, (2000) menyatakan kemuluran terjadi, pada saat keju dipanaskan pada suhu 60 °C dan protein kasein saling mengadakan agregasi membentuk serabut tipis karena adanya penarikan. Lucey *et al.*, (2003), juga menambahkan bahwa karakteristik kemuluran memerlukan molekul kasein yang merekat kuat, pada waktu bersamaan ikatan yang menjaga kesatuan molekul kasein harus longgar dan dapat berubah dengan cepat. Keju *Mozzarella* memerlukan rantai kasein yang kompak dalam melakukan kemuluran, jika rantai kasein tidak saling berhubungan, maka tidak akan terjadi kemuluran.

Selain itu kadar air yang tinggi menyebabkan keju *Mozzarella* bersifat lebih lembek/lunak, sehingga tidak dapat memberikan perlawanan ketika mengalami penekanan serta tidak dapat kembali ke bentuk semula setelah mengalami penekanan tersebut. Hal ini sesuai dengan penelitian Gaman and Sherington (1994) yang menyatakan bahwa kadar air yang terlalu tinggi akan menghasilkan *body* keju yang terlalu lembek sehingga tidak elastis lagi, tetapi dari hasil penelitian ini mempunyai hasil yang berlawanan dimana kadar air tertinggi memiliki elastisitas tertinggi pula, hal ini juga bisa disebabkan oleh beberapa hal antara lain kadar lemak dan proses lainnya.

Keberadaan kadar lemak yang rendah juga mengakibatkan keju *Mozzarella* bersifat lebih elastis. Kadar lemak yang tinggi akan meningkatkan kemungkinan terjadinya penggabungan globula-globula lemak kecil menjadi lebih besar hingga terjadi pembentukan minyak bebas. Keberadaan minyak bebas ini akan menghalangi kinerja protein untuk saling berikatan sehingga dapat menyebabkan penurunan elastisitas dan kekompakan keju *Mozzarella*. Seperti pernyataan yang dikemukakan oleh Tunick *et al.*, (1993) bahwa peningkatan elastisitas ini sejalan dengan penurunan kadar lemaknya. Ketiadaan lemak ini akan mempermudah kerja protein untuk saling berikatan. Hal serupa juga dikemukakan oleh Kuo *et al.*, (2000) bahwa penurunan kadar lemak dapat menyebabkan peningkatan elastisitas keju.

4.6 Pengaruh Perlakuan terhadap Kemuluran Keju Mozzarella

Rerata kemuluran keju *Mozzarella* akibat pengaruh jenis bahan pengasam dan jenis *rennet* berkisar antara 0,91 N⁻¹ sampai 1,06 N⁻¹ (Lampiran 16). Kecenderungan perubahan rendemen disajikan dalam Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Rerata Kemuluran (N⁻¹) Keju *Mozzarella* Akibat Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis *Rennet*.

Dari Gambar 11 terlihat perbedaan jenis bahan pengasam berpengaruh terhadap nilai kemuluran sedangkan dari jenis *rennet* juga mengalami perbedaan dimana *rennet calf* menghasilkan kemuluran keju *Mozzarella* dibandingkan jenis *rennet* lainnya. Hasil analisis ragam (Lampiran 16) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan jus buah jeruk nipis dan jus buah jeruk lemon sebagai bahan pengasam dalam pembuatan keju dan pengaruh jenis *rennet* tidak memberikan perbedaan yang nyata, begitu juga interaksi keduanya ($\alpha=0,05$) terhadap nilai kemuluran keju *Mozzarella*.

Kemuluran adalah kemampuan casein untuk memelihara integritasnya ketika tekanan yang berkelanjutan diberikan pada keju. Ketika keju mengalami

pemuluran, molekul casein harus saling berhubungan satu sama lain, melepaskan tekanan dan menjadi lembut. Medium awal keju yang panas dapat mempengaruhi kemuluran ketika keju didinginkan dan bila keju ditempatkan diluar ruangan maka dengan cepat keju akan menjadi kering, keju akan menjadi lebih keras, sedangkan jika keju dimulurkan pada temperatur yang lebih tinggi, keju mempunyai nilai kemuluran yang lebih panjang. Hal-hal yang yang berpengaruh terhadap kemuluran keju antara lain, kecepatan pemuluran, jumlah keju, dan suhu (Lucey, Johnson *and* Horne, 2003).

Gambar 11 menunjukkan nilai rata-rata kemuluran yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara $0,91 \text{ N}^{-1}$ sampai $1,06 \text{ N}^{-1}$. Penelitian ini menghasilkan nilai kemuluran yang hampir sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Kuo *and* Gunasekaran (2003) yang menyebutkan bahwa kemuluran keju pasta filata berkisar antara $0,5 - 1,2 \text{ N}^{-1}$. Berdasarkan uji statistik tidak terdapat perbedaan antar perlakuan. Kuo *and* Gunasekaran (2003) menyatakan bahwa daya leleh dan kemuluran berhubungan satu sama lain dan saling mendukung pada perlakuan yang sama.

4.7 Pengaruh Perlakuan terhadap Organoleptik Keju *Mozzarella*

Pengujian organoleptik terhadap keju *Mozzarella* menggunakan uji kesukaan (*Hedonic Scale Scoring*). Skala kesukaan yang digunakan terdiri dari 5 nilai (sangat tidak menyukai – sangat menyukai). Dalam uji organoleptik ini terdiri dari 20 panelis untuk menyatakan tanggapan pribadinya tentang tingkat kesukaan terhadap warna, rasa dan tekstur.

Tiap-tiap panelis memberikan respon yang berbeda terhadap masing-masing sampel yang diberikan. Data hasil analisa (Lampiran 17, 18 dan 19) menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan terhadap uji organoleptik warna, rasa dan tekstur keju *Mozzarella*. Total ranking hasil uji organoleptik keju *Mozzarella* dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Total Ranking Uji Organoleptik pada Keju *Mozzarella*

Perlakuan		Warna	Rasa	Tekstur	Total Keseluruhan
Jenis Pengasam	Jenis <i>Rennet</i>				
Jeruk Nipis	<i>Rennet</i> tablet	3,00	2,50	2,35	7,85
	<i>Rennet</i> cair	3,45	2,85	3,25	9,55
	<i>Rennet</i> calf	3,60	3,30	4,25	11,15
Jeruk Lemon	<i>Rennet</i> tablet	3,35	2,40	2,15	7,90
	<i>Rennet</i> cair	2,95	3,25	3,00	9,20
	<i>Rennet</i> calf	3,85	3,60	2,80	10,25

Hasil analisa kesukaan terhadap rasa keju *Mozzarella* menunjukkan bahwa penambahan jenis bahan pengasam serta jenis rennet menunjukkan pengaruh signifikan terhadap perubahan rasa keju *Mozzarella* itu sendiri, karena para panelis kurang dapat merasakan perbedaannya. Akan tetapi secara umum total ranking hasil analisa menunjukkan bahwa jenis *rennet calf* memiliki citarasa yang disukai panelis, hal ini dapat dikarenakan *rennet calf* mengandung citarasa yang berasal dari anak sapi yang khas keju. Sedangkan jenis jeruk tidak mengalami perbedaan yang berarti. Walaupun pada penelitian ini ditambahkan aroma jus jeruk yang diharapkan bisa memperbaiki rasa keju tetapi diduga rasa jeruk ini kurang terasa karena adanya proses pengolahan pembuatan keju.

Pada umumnya, parameter cita rasa dan aroma pada produk keju *Mozzarella* tidak terlalu diperhatikan oleh para penggunanya. Hal yang lebih diutamakan adalah sifat fisiknya, karena keju jenis ini lebih banyak digunakan sebagai *topping* makanan/pizza. Sebagaimana dalam pernyataan Willman and Willman (1993) bahwa karakteristik citarasa keju *Mozzarella* tidak tajam (*mild*) dan biasanya dikonsumsi dalam keadaan segar.

Menurut Kinstedt *et al.*, (1995), sekitar 70 % keju *Mozzarella* yang diproduksi di Amerika Serikat digunakan dalam pembuatan pizza. Pada produk makanan pizza, *topping* yang digunakan tidak hanya keju *Mozzarella* saja, melainkan ada berbagai macam bahan makana lain yang telah diberi bumbu-bumbu khas sehingga bercitarasa dan beraroma sangat kuat. Oleh karena itu, parameter rasa bukan merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas keju *Mozzarella*.

Pengujian organoleptik selanjutnya adalah uji kesukaan terhadap tekstur keju *Mozzarella*. Parameter yang digunakan dalam uji tekstur ini adalah tingkat kehalusan (*smoothness*) yang dirasakan panelis terhadap produk. Semakin halus teksturnya maka nilainya akan semakin tinggi, karena tekstur yang halus ini lebih disukai.

Uji organoleptik untuk variabel tekstur pada Tabel 14 menunjukkan hasil bahwa nilai kehalusan tekstur tertinggi diperoleh pada perlakuan jeruk nipis dengan *rennet calf*. Selisih nilai antar proporsi penambahan yang lain juga tidak signifikan. Tingkat kehalusan tekstur keju *Mozzarella* ini dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya adalah adanya struktur protein yang tidak terkoagulasi sempurna. Akan tetapi kemungkinan ini sangatlah kecil karena selama proses

pemanasan hingga mendekati suhu 80 °C selalu dilakukan pengadukkan secara terus-menerus.

Hal lain yang dapat mempengaruhi tingkat kehalusan adalah munculnya tekstur menyerupai serabut akibat adanya proses perendaman dalam air es (*cool shock*). Proses ini berlangsung segera setelah dilakukan pemanasan dan pengadukkan/pemuluran, sehingga kontur protein yang masih berbentuk memanjang akibat penarikan terjadi rekristalisasi cepat dan dalam jumlah yang tinggi menyerupai serabut. Sebagaimana yang telah disebutkan DMI (1998) dalam Purwadi (2007) bahwa keju *Mozzarella* mempunyai tekstur berserabut.

Namun tekstur yang berserabut tersebut kurang begitu berpengaruh terhadap kualitas keju *Mozzarella*, karena pada saat keju ini digunakan sebagai *topping* pizza maka akan mengalami proses pemanasan lagi. Proses pemanasan tersebut menyebabkan keju meleleh, sehingga teksturnya menjadi halus/lembut kembali.

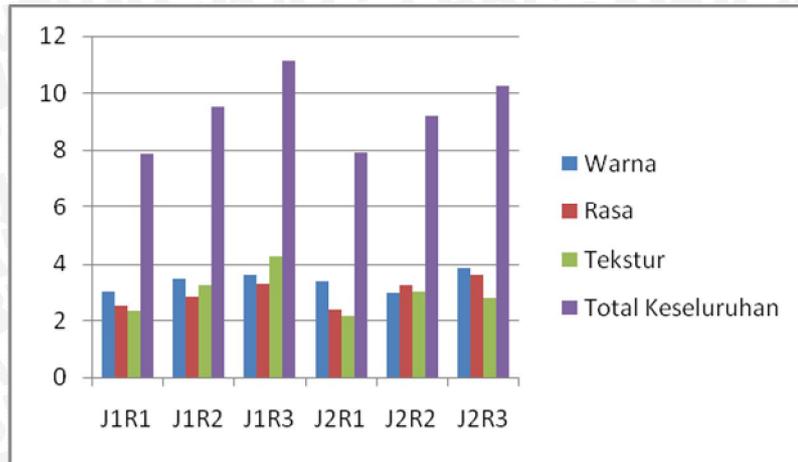
Pengujian organoleptik yang terakhir adalah uji kesukaan terhadap warna keju *Mozzarella*. Tabel 14 menunjukkan bahwa kombinasi penambahan bahan tambahan yang dilakukan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap kualitas warna keju *Mozzarella*. Kualitas warna tertinggi ditunjukkan oleh keju *Mozzarella* dengan perlakuan jeruk lemon dengan *rennet calf* yang mendekati warna kuning khas keju.

Adapun warna keju yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah cenderung kuning muda. Hal ini sesuai dengan ciri-ciri warna keju *Mozzarella* pada umumnya yaitu putih alami sampai kuning muda (USDA, 2005). Warna kuning

muda pada keju disebabkan oleh adanya pigmen karotenoid yang terdispersi dalam keju. Winarno dan Laksmi (1989) dalam Apriliyani (2010) menyatakan bahwa karotenoid merupakan kelompok pigmen yang berwarna kuning yang larut dalam lemak. Warna putih ini disebabkan oleh adanya kasein dalam susu. Idris (1992) juga menyatakan bahwa kasein berwarna putih kekuningan, dalam keadaan murni berwarna seperti salju, tidak berbau dan tidak berasa. Kasein menimbulkan warna putih pada susu.

Menurut Adnan (1984), laktosa dapat mengikat zat warna, apabila zat makanan yang mengandung laktosa dilarutkan akan menyebabkan zat warna tersebut terdistribusi merata. Warna kekuningan pada keju juga dapat disebabkan oleh lemak susu. Fardiaz dan Radiati (1991) menyatakan bahwa adanya zat warna dan vitamin yang larut dalam lemak akan memberikan warna kekuningan pada koagulum yang terbentuk.

Keseluruhan uji kesukaan produk keju *Mozzarella* yang meliputi warana, rasa dan tekstur Data hasil uji kesukaan panelis terhadap keseluruhan produk keju *Mozzarella* disajikan pada Tabel 14.



Keterangan : J1 = Jeruk nipis J2 = Jeruk lemon
 R1 = *Rennet* tablet R2 = *Rennet* cair R3 = *Rennet calf*

Gambar 12. Grafik Hasil Analisa Organoleptik Keju *Mozzarella*

4.8 Perlakuan Terbaik

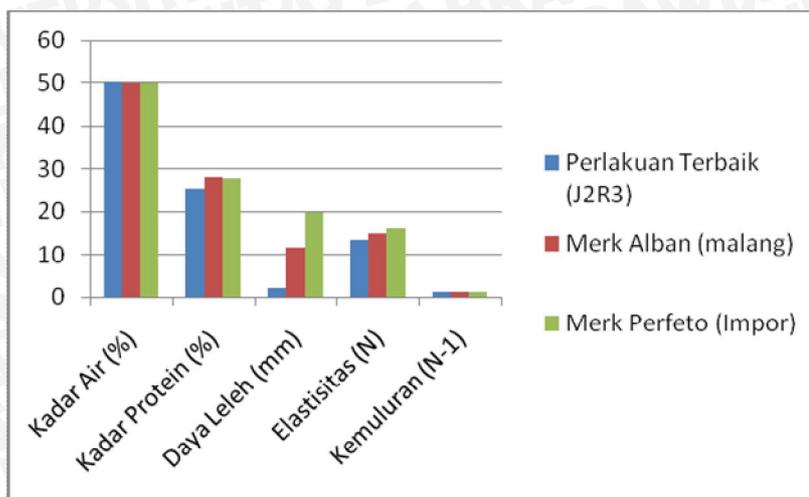
Perlakuan terbaik ditentukan berdasarkan pengujian perhitungan modifikasi Metode DeGarmo *et al.* (1984) oleh Susrini (2005) dengan prosedur perhitungan seperti tercantum pada Lampiran 8. Hasil dari perlakuan terbaik yaitu pada penambahan jus jeruk lemon dengan jenis *rennet calf* ini mempunyai rerata rendemen 8,91%, kadar air 50,05%, kadar protein 25,48%, daya leleh 2,21%, elastisitas 13,43 N, kemuluran 1,07 N⁻¹, dan total rangking organoleptik sebesar 10,25. Perlakuan terbaik dari penelitian ini kemudian dibandingkan dengan keju *Mozzarella* yang ada dipasaran, yaitu keju *Mozzarella* import merk *Perfetto* dan keju *Mozzarella* merk *Alban* yang berasal dari daerah Malang. Adapun perbandingan meliputi parameter sifat fisik dan kimia pada Tabel 15.

Tabel 15. Perbandingan Keju *Mozzarella* Perlakuan Terbaik dengan Keju Pasaran Parameter Sifat Fisik dan Kimia.

PARAMETER	Perlakuan Terbaik (J2R3)	Merk Alban (malang)	Merk Perfeto (Impor)
Kadar Air (%)	50,05	49,92	49,74
Kadar Protein (%)	25,48	28,19	27,66
Daya Leleh (mm)	2,21	11,70	19,80
Elastisitas (N)	13,43	14,96	15,98
Kemuluran (N ⁻¹)	1,07	1,23	1,30

Dari hasil penelitian didapat bahwa kadar air perlakuan terbaik yaitu dengan penambahan jus buah jeruk nipis dan *rennet calf* (J2R3) memiliki kadar air tertinggi dibandingkan dengan keju pasaran merk *Alban* dan keju impor merk *Perfeto*. Hal ini disebabkan oleh metode pembuatan keju *Mozzarella* yang dilakukan dengan pengasaman langsung. Menurut Guinee *et al.*, (2002) menyebutkan bahwa tingginya kadar air pada pengasaman langsung disebabkan oleh rasio kasein dan kalsium yang rendah, dimana akan mengakibatkan derajat hidrasi kasein yang lebih tinggi. Pastrino *et al.*, (2003) menambahkan bahwa keju *Mozzarella* dengan pengasaman langsung menghasilkan keju dengan kandungan kalsium separuh lebih kecil dari keju normal. Menurut Guinee *et al.*, (2002), disebabkan pengasaman yang lebih cepat dan kelarutan kalsium berperan penting pada hilangnya kalsium dalam *whey* sehingga konsentrasi kalsium pada keju lebih rendah. Namun kadar air keju *Mozzarella* pada penelitian ini masih sesuai dengan literatur dari Rahman dkk (1992) menyebutkan bahwa pada umumnya keju *Mozzarella* mempunyai kadar air 45 -55 %, sedangkan menurut Nath (1993) kadar air keju *Mozzarella* yang merupakan keju lunak berkisar 52-60%.

Sedangkan keju *Mozzarella* perlakuan terbaik kadar proteinnya lebih rendah dari keju pasaran, hal ini bisa disebabkan oleh kadar protein dalam bahan baku yaitu susu yang berbeda dengan penelitian ini. Selain itu berbagai faktor juga mempengaruhi besar kecilnya kadar protein. Keju *Mozzarella* perlakuan terbaik ditinjau dari daya leleh, elastisitas dan kemuluran lebih rendah dari keju *Mozzarella* pasaran, hal ini bisa disebabkan oleh proses *stretching* yang dilakukan. Proses *stretching* pada penelitian ini dilakukan secara manual (menggunakan tangan) sehingga kelenturan lebih rendah yang mempengaruhi daya leleh dan kemuluran keju *Mozzarella* pada penelitian ini. Keju *Mozzarella* yang ada dipasaran proses *stretching*-nya menggunakan mesin sehingga akan diperoleh massa keju yang padat dan lebih lentur ketika dilelehkan. Pada proses *stretching*, *curd* untuk pembuatan keju *Mozzarella* akan diremas dan ditarik seperti permen karet dalam mesin sampai lembut dan bebas gumpalan. Peremasan ini membuat ikatan antara molekul protein lebih rapat/kuat dan barisan molekul menjadi untaian yang panjang, sehingga menyebabkan keju *Mozzarella* dengan tekstur berserabut dan padat serta merenggang ketika meleleh (Annonymous, 2005). Adapun perbandingannya bisa dilihat pada grafik dibawah ini



Gambar 13. Grafik Perbandingan Keju *Mozzarella* dengan Keju *Mozzarella* Pasaran (sifat fisik dan kimia)

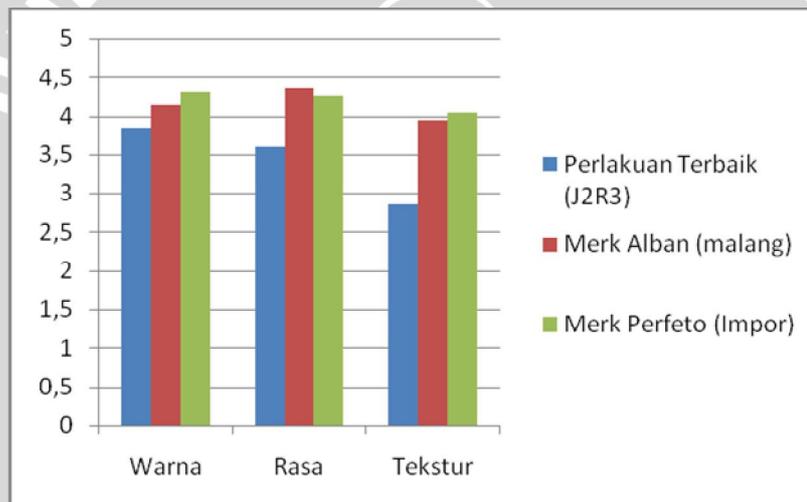
Sedangkan perbandingan keju *Mozzarella* hasil penelitian ini dibandingkan dengan keju *Mozzarella* dipasaran ditinjau dari parameter organoleptiknya bisa dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Perbandingan Keju *Mozzarella* Perlakuan Terbaik dengan Keju Pasaran Parameter Organoleptik

PARAMETER	Perlakuan Terbaik (J2R3)	Merk Alban (malang)	Merk Perfeto (Impor)
Warna	3,85	4,15	4,30
Rasa	3,60	4,35	4,25
Tekstur	2,85	3,95	4,05

Dari Tabel 16 perbandingan organoleptik keju *Mozzarella* dengan keju *Mozzarella* di pasaran didapatkan bahwa parameter warna dan rasa tidak berbeda sangat tinggi dengan keju di pasaran, hanya saja rasa dan warna yang dihasilkan dari penelitian ini lebih rendah dari keju *Mozzarella* yang ada di pasaran, hal ini dikarenakan kadar lemak memegang peranan penting terhadap rasa dan warna keju, karena menurut Fardiaz dan Radiati (1991) menyatakan bahwa adanya zat

warna dan vitamin yang larut dalam lemak akan memberikan adanya rasa dan warna lebih kuning. Jika ditinjau dari tekstur memang tekstur keju yang dihasilkan dari penelitian ini memang berbeda dengan keju yang ada di pasaran, hal ini juga dikarenakan oleh adanya proses *stretching* yang dilakukan secara manual oleh penelitian ini, sedangkan keju pasaran menggunakan mesin yang bisa membuat tekstur keju lebih optimal. Dengan demikian secara keseluruhan bahwa keju *Mozzarella* perlakuan terbaik pada penelitian ini sudah dapat diterima konsumen dari segi rasa, warna dan tekstur. Adapun grafik hasil organoleptik bisa dilihat pada Gambar 14 di bawah ini.



Gambar 14. Grafik Perbandingan Keju *Mozzarella* dengan Keju *Mozzarella* Pasaran (sifat organoleptik)

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Perlakuan variasi jenis bahan pengasam dan jenis *rennet* mempengaruhi kualitas produk pada pembuatan keju *Mozzarella*. Terjadi interaksi antara kombinasi perlakuan jenis bahan pengasam dan jenis *rennet* pada parameter kadar air, daya leleh dan elastisitas. Pengaruh variasi jenis bahan pengasam tidak memberikan pengaruh. Sedangkan variasi penambahan jenis *rennet* sendiri memberikan pengaruh pada parameter rendemen dan kadar protein.

Perlakuan terbaik berdasarkan parameter rendemen, kadar air, kadar protein, daya leleh, elastisitas, kemuluran dan organoleptik yang didapat adalah keju *Mozzarella* dengan perlakuan penambahan bahan pengasam yaitu jus buah jeruk lemon dan jenis *rennet calf*. Karakteristik produk terbaik pada penelitian ini mempunyai rerata rendemen 8,91%, kadar air 50,05%, kadar protein 25,48%, daya leleh 2,21%, elastisitas 13,43 N, kemuluran 1,07 N⁻¹, dan total rangking organoleptik sebesar 10,25.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disarankan untuk penelitian lebih lanjut sebaiknya digunakan alternatif baru mengenai proses *stretching* (penarikan) pada suhu 80°C menggunakan air karena dapat mengurangi rendemen keju sehingga bisa menurunkan kualitas keju yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1999. **Improving Mozzarella Manufactured and Quality-Part 1.** <http://www.dairyinfo.com>. Diakses tanggal 05 Desember 2010
- _____. 2005. **Cheese Characteristic and Uses.** http://www.Recipegoldmine.com/kitcher/kitchart_41.html. Diakses 30 September 2010
- _____. 2010^a. **Pembuatan Keju Mozzarella.** <http://www.sedap-sekejap.com/artkel/2000/edisi5/files/ulas.htm> Diakses 30 September 2010
- _____. 2010^b. **Keju.** <http://www.jalankenangan.net/karya/keju.html> Diakses 11 Januari 2011
- _____. 2010^c. **Budidaya Tanaman Jeruk.** http://www.freshplaza.com/2010/02jun/2_productth_pomelos.html Diakses 11 Februari 2011
- _____. 2010^d. **Jeruk Lemon.** <http://www.plantologi.net/karya/jeruk-jeruk.html> Diakses 11 Februari 2011
- Adnan, M. 1984. **Kimia dan Teknologi Pengolahan Air Susu.** Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Apriliyani, M. W., 2010. **Pengaruh Penggunaan Tepung Tapioka dan Carboxymethyl Cellulose (CMC) pada Pembuatan Keju Mozzarella terhadap Kualitas Fisik dan Organoleptik.** *Skripsi.* Program Studi Teknologi Hasil Ternak Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. Malang.
- Buckle, K.A., R. A. Edwards, G.H. Fleet and N. Wotton. 1991. **Ilmu Pangan,** Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gajah Mada. Jogjakarta
- Bunton. M., 2005. **Mozzarella Cheese Recipe.** Home Dairying and Cheesemaking. Fias Co. Farm
- Campbell, T.A and Platt, D.U. 1987. **Fermented Foods of The Word Great Britain at The University.** Cambridge
- Caric, M. 1992. Processed chese. In Hui. 1992. **Encyclopedia of Food Science and Technology.** Wiley Inter-Science Publication John Wiley and Sons Incorporation. New York

- Carrol, R. 2002. **Home Chesee Making: Recipes for 75 Homemade Cheeses**. Storey Publishing. LLC
- Chang, L.C. and Kinghorn, A.D., (2001), **Flavonoid as Cancer Chemopreventive Agent**. in : Trigali, C, Bioactive Compounds from Natural Sources, Isolation, Characterisation and Biological Properties, Taylor and Francis, New York
- Cunnif, P. 1999. **Official Method of Analysis of AOAC International**. AOAC International Suite 500 481 North Frederick Aveneu Gaithersbugs. Maryland
- Daulay, D. 1991. **Fermentasi Keju**. PAU Pangan dan gizi. IPB. Bogor
- Dave, R.I., D.J. McMahon, C.J. Oberg and J.R. Broadbent. 2003. **Influence of coagulant level on proteolysis and functional of Mozzarella cheese made using direct acidification**. *Journal Dairy Science*, **86**(1): 114-126.
- De Garmo, E.D., W. G. Sullivan and J. R. Canada. 1984. **Engineering Economy**. Mac Millan Publishing Company. New York
- De Leo, F. & Del Bosco, F.S. (2005). **Citrus Flavonoids as Bioactive Compounds: Role, Bioavailability, Socio-Economic Impact and Biotechnological Approach For Their Modification, 9th ICABR International Conference on Agricultural Biotechnology: Ten Years Later, Ravello, Italy**
- Emmons, D. B., C. Dube and H. W. Modler. 2003. **Transfer of Protein from Milk to Cheese**. *Journal Dairy Science*. **86** : 469-485.
- Fardiaz, D dan L. E. Radiati. 1991. **Produksi Renin *Mucor pusillus* pada Substrat Sisa Industri Minyak Jagung**. PAU. Pangan dan Gizi. IPB. Bogor.
- Fellows, P. 2002. **Food Processing and Technology**. Woodhead Publishing Ltd. Cambridge
- Fife, R.L, McMahon, D. J, and Obergtt, C. J. 2002. **Test for Measuring the Stetchability of Melted Cheese**. *Journal Dairy Science*. December 1, 2002, **85**(12): 3539 – 3545
- Fox, P.F., T.P. Guinee, T.M. Cogan and P.L.H. McSweeney. 2000. **Fundamental of Chesee Science**. Aspen Publishes, Inc. Maryland
- Gaman, P.M. dan K. B. Sherington, 1994. **Ilmu Pangan Nutrisi dan Mikrobiologi**. Diterjemahkan oleh M. Gardjito, S. Naruki, A. Murdiati, dan Sardjono. Gajah Mada University Press. Yogyakarta

Guo, X.M., Lu, Q., Liu, Z.J., Wang, L.F., Feng, B. A. (2006). **Effects of D-limonene on leukemia cells HL-60 and K562 in vitro**, *Zhongguo Shi Yan Xue Ye Xue Za Zhi*. 14(4):692-5

Hadiwiyoto, S. 1983. **Hasil-hasil Olahan Susu, Ikan, Daging dan Telur**. Liberty. Yogyakarta

Hui, Y.H. 1992. **Dictionary of Food Science and Technology**. Willey, Inter Science Publication. New York

Idris, S dan I. Thohari. 1992. **Penyediaan Produk Susu Berskala Kecil**. LUW-Unibraw Cooperation. Malang

Idris, S. 1992. **Pengantar Teknologi Pengolahan Susu**. LUW-Unibraw Cooperation. Malang

Joshi, N. S. 2004. **Small-Scale Dairy Farming Manual**. <http://www.sallys-place.com/food/single-articles/mozzarella.htm>. Tanggal akses 15 Juni 2011

Keenan, C.W, Donald C.K, Jessie H.Wood.1991. **Ilmu Kimia Untuk Universitas edisi keenam**. Diterjemahkan oleh Tim Erlangga. Erlangga. Surabaya

Kilara, A. dan K. K. Iya. 1984. **Proteolytic Enzyme and Their Application on The Dairy Industry**. *J. of Dairy Sci.*, 37,3

Kindstedt, P. S., J. J. Yun, D. M. Barbano, and K. L. Larose. 1995. **Mozzarella Cheese: Impact of Coagulant Concentration on Chemical Composition, Proteolysis and Functional Properties**. *Journal Dairy Science*, 78:2591–2597.

Kosikowski, FV., and V.V. Mistry. 1994. **Cheese and Fermented Milk Foods. Volume 1: Origins and Principles**. 3rd ed. Westport. Conn

Kuo, M.I. and Gunasekaran, S. 2003. **Effect of Frozen Storage on Physical Properties of Pasta Filata and Nonpasta Filata Mozzarella Cheeses**. *Journal Dairy Science*. 86:1108-1117.

Kuo, M.I. and Gunasekaran, S. 2003. **Effect of Frozen Storage on Physical Properties of Pasta Filata and Nonpasta Filata Mozzarella Cheeses**. *Journal Dairy Science*. 86:1108 – 1117

Lambert. B., 2005. **Mozzarella Cheese**. <http://www.sallys-place.com/food/single-articles/mozz.htm>. Tanggal akses 15 Juni 2011

Lucey, J. A. 2002. **Formation and Physical Properties of Milk Protein Gels**. *Journal Dairy Science*, 85:281–294.

- Lucey, J. A. Johnson, M. E. and Horne, D. S. 2003. **Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese.** *Journal Dairy Science*. 86:2725-2743.
- McMahon, D.J., R.L. Fife and C.J. Oberg. 2006. **Water Partitioning in Mozzarella Cheese and Its Relationship to Cheese Meltability.** *Journal Dairy Science*, **82**: 1361-1369
- Metzger, L. E., D. M. Barbano, P.S. Kindstedt, and M. R. 2000. **Effect of Milk Preacidification on Low Fat Mozzarella Cheese: II.** Chemical and Functional Properties During Storage. *Journal Dairy Science*. 84: 1348 – 1356
- Muchtadi, D. 1992. **Enzim Dalam Industri Pangan.** Pusat Antar Universitas, IPB. Bogor
- Muthukumarappan, K., Y. C. Wang, and S. Gunasekaran. 1999. **Estimating Softening Point of Cheese.** *Journal Dairy Science*. 82: 2280 – 2286.
- Nakai, S., and H.W. Modler. 1996. **Food Protein : Properties and Characterization.** Wiley-VHC, Inc. Canada
- National Dairy Council. 1967. **New Knowledge of Cheese.** NDC. Chicago
- Purwadi. 2007. **Kajian Pembuatan Keju Mozzarella dengan Bahan Pengasam Jus Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia Swingle*).** Disertasi. Program Pasca Sarjana Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Radiati L. K. 1991. **Pembuatan Keju dengan Enzim dari Mikroba,** Tesis S2 Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Pertanian Bogor. Bogor
- Rahman, A. S., Fardiaz, W. P., Rahayu Suliantri dan C. C. Nurwitri. 1992. **Teknologi Fermentasi Susu.** PAU Pangan dan Gizi. IPB. Bogor
- Sardinas, J. I. 1972. **Mikrobial Rennet.** *J. Applied Microbial*. 15;39-66
- Sardjoko. 1991. **Bioteknologi.** Penerbit Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Scott, R. 1986. **Cheesemaking Practice.** Applied Science Publishers, Ltd. London
- Shakeel-Ur-Rehman, Farkye, N. Y. And B. Yim. 2003. **Use of Dry Milk Protein Concentrate in Pizza Cheese Manufactured by Culture or Direct Acidification.** *Journal Dairy Science*. 86(12): 3841-3848
- Singh, T.K., M.A. Drake and K.R. Cadwallader. 2005. **Flavour of Cheddar Cheese: A Chemical and Sensory Perspective.**

<http://www.ift.org/pdfs/crfsfs/crfsfsv2n4p0139-0162ns20020702>. Pdf
Tanggal akses 15 juni 2011

- Soeparno. 1992. **Prinsip Kimia dan Teknologi Susu. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi**. UGM. Yogyakarta
- Spreer, E. 1998. **Milk and Dairy product Technology**. Marcel Dekker Inc. New York
- Sudarmadji,S., Haryono B. dan Suhardi. 1997. **Prosedur Analisa Bahan Makanan dan Pertanian**. Penerbit Liberty. Yogyakarta
- Susrini. 2005. **Index Efektifitas**. PS THT Fapet. UB. Malang.
- Tunick, M. H., E. L. Malin, P. W. Smith, J. J. Shieh, B. C. Sullivan, K. L. Mackey, and V. H. Holsinger. 1993. **Proteolysis and Rheology of Low Fat and Full Fat Mozzarella Cheeses prepared from Homogenized Milk**. Journal Dairy Science. 76 : 3621-3628
- USDA. 2005. **Commercial Item Discription. Cheese, Mozzarella, Lite**. The U. S. Department of Agriculture. United State.
- Willman, C. and Willman, N. 1993. **Home Cheese Making**. The Australian Dairy Corporation. Malbourne.
- Willman, N. 1993. **Principles of cheesemaking**. Victorian College of Agriculture and Holticulture. Malbourne
- Winarno, F.G. 1982. **Enzim Pangan**. PT Gramedia Pustaka Umum. Jakarta
- Winarno, F.G. 1992. **Pangan, Gizi, Teknologi dan Konsumen**. PT Gramedia Pustaka Umum. Jakarta
- Yamamoto, A. 1975. **Proteolitic Enzyme. Didalam Enzyme ill Food processing**. G. Reed (ed.) Academic Pres1., New York, San Fransisco. London
- Yitnosumarto, S. 1993. **Percobaan Rancangan, Analisis dan Interpretasinya**. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Yuwono, S.S. dan T. Susanto.1998. **Pengujian Fisik Pangan** .Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Unibraw. Malang
- Zhang, C., Lu, Y., Tao, L., Su, X., Wei, D. (2007). **Tyrosinase inhibitory effects and inhibition mechanisms of nobiletin and hesperidin from citrus peel crude extracts**, J Enzyme Inhib Med Chem. 22(1):91-8

Lampiran 1. Prosedur Pengukuran Rendemen Keju *Mozzarella* (Shakeel-Ur-Rehmen, Farkye and Yun; 2003)

1. Menimbang bahan baku dan bahan tambahan yang digunakan (input).
2. Menimbang produk setiap perlakuan.
3. Menimbang rendemen dengan rumus:

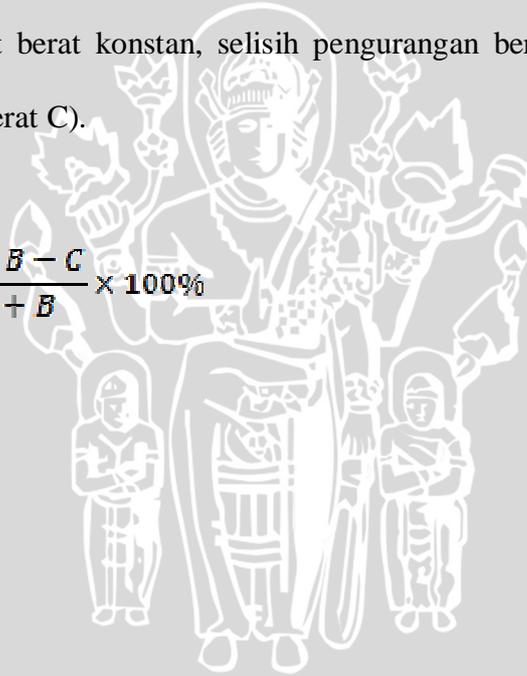
$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat Output}}{\text{Berat Input}} \times 100\%$$



Lampiran 2. Prosedur Analisis Kadar Air (Cuniff, 1999)

1. Botol timbang dioven pada suhu 100°C selama 24 jam kemudian dimasukkan ke dalam desikator dan dihitung beratnya (Berat A).
2. Ambil keju *mozzarella* yang telah dihaluskan kira-kira 2 gram, dimasukkan dalam botol timbang dan ditimbang (Berat B).
3. Dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 3 jam, didinginkan dalam eksikator dan ditimbang. Panaskan lagi dalam oven selama 30 menit, didinginkan dalam eksikator dan ditimbang. Perlakuan ini diulang sampai tercatat berat konstan, selisih pengurangan berturut-turut kurang dari 0,2 mg (Berat C).
4. Perhitungan:

$$\text{Rumus} = \frac{A + B - C}{A + B} \times 100\%$$



Lampiran 3. Prosedur Analisis Kadar protein (Sudarmadji, dkk., 1999)

1. Ditimbang sampel sebanyak 0,1 gram kemudian dimasukkan kedalam labu *Kjedahl*.
2. Ditambah 1 gram katalis yang terdiri dari campuran CaSO_4 dan Na_2SO_4 dengan perbandingan 1:1,2 kemudian ditambah 2,5 ml H_2SO_4 pekat.
3. Sampel didestruksi 1 – 1,5 jam sampai cairan menjadi jernih kemudian pendidihan dilanjutkan 30 menit.
4. Labu *Kjedahl* didinginkan beserta isinya, tambahkan *aquades* perlahan-lahan kemudian didinginkan.
5. Pindahkan isi tabung ke alat destilat.
6. Letakkan *erlenmeyer* 250 ml yang berisi 5 ml H_2BO_3 dan 4 tetes indikator merah dibawah kondensor.
7. Ditambahkan 8 ml larutan NaOH , kemudian lakukan destilasi sampai tertampung kira-kira 15 ml destilat dalam *erlenmeyer*.
8. Titrasi HCl yang telah distandarisasi sampai terjadi perubahan warna.

Pengukuran Kadar Protein

$$\%N = \frac{(\text{ml HCl} - \text{ml blanko}) \times N \times 14,007 \times 100}{\text{mg sampel}}$$

$$\% \text{protein} = \% N \times \text{faktor koreksi}$$

Lampiran 4. Prosedur Pengujian Daya leleh Keju *Mozzarella* (tunick *et al.*, 1993)

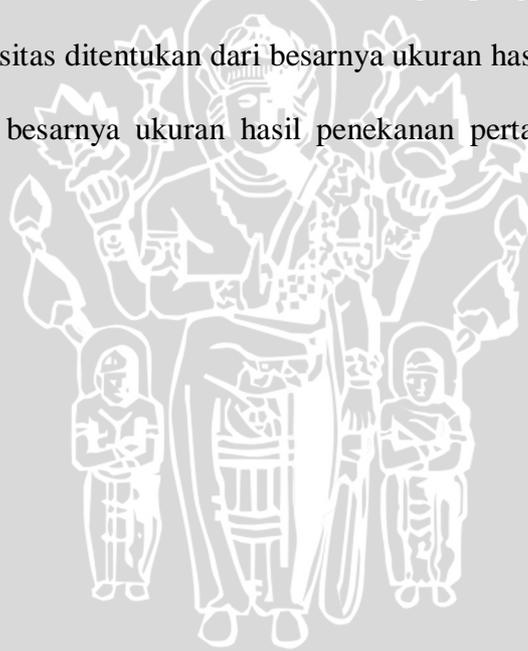
1. Keju dipotong dengan ukuran diameter 28,5 mm dan berat 5 gram
2. Potongan keju ditempatkan pada *plate alumunium*/tabung.
3. Sampel keju dipanaskan pada oven vakum pada suhu 90°C selama 5 menit.
4. Didinginkan pada suhu ruang.
5. Area yang menjadi cair diukur dengan menggunakan jangka sorong.



Lampiran 5. Prosedur Pengukuran Elastisitas Keju *Mozzarella* (metode Purwadi, 2007)

Prosedur pengukuran elastisitas dengan menggunakan alat Universal Instrument Machine Model *Lloyd* 1010 S

1. Komputer yang dihubungkan dengan mesin penggerak disetel sesuai dengan panjangnya sampel yang akan diuji.
2. Disiapkan sampel dengan bentuk kubus berukuran 1 cm^3 .
3. Sampel berbentuk kubus cukup diletakkan di bawah beban, kemudian ditekan dua kali bersamaan dengan berjalannya program di komputer.
4. Mesin akan berhenti secara otomatis sesuai dengan pengaturan alat.
5. Besarnya elastisitas ditentukan dari besarnya ukuran hasil penekanan yang dibagi dengan besarnya ukuran hasil penekanan pertama dan dikalikan 100%.



Lampiran 6. Prosedur Uji Kemuluran (Kuo *and* Gunasekaran, 2003)

1. Keju dipotong membentuk huruf I dengan ukuran tinggi 5 cm, lebar 3 cm dan ketebalan 1 cm. Pada bagian tengahnya lebarnya 1 cm sepanjang 3 cm.
2. Sampel diletakkan di atas penangas air, bagian bawah sampel dikaitkan pada pengait yang terdapat pada penangas air, sedangkan bagian atas dikaitkan pada pengait yang dipasang pada poros tunggal yang terdapat pada *Universal testing Instrumens*, merk *Lloyd* dengan suhu 55°C dan dipertahankan selama 3 menit.
3. *Universal testing Instrumens* di set pada *mode tension* dengan kecepatan 30 mm/menit dan *inch speed* 100mm/menit.
4. Kemudian *Universal testing Instrumens* digerakkan vertikal, berlawanan dengan penangas air, sampai sampel putus.
5. Kemuluran keju diukur berdasarkan kebalikan dari tekanan maksimum yang dihasilkan (1/N).

Lampiran 7. Prosedur Uji Organoleptik (Watt, *et al.*, 1989)

Pengujian tingkat konsumen pada produk dilakukan dengan cara menguji tingkat kesukaan yang menggunakan metode "Hedonic Scale Scoring" (Skor Skala Hedonik) untuk membandingkan tingkat kesukaan terhadap warna, rasa dan tekstur dari sampel. Setiap panelis diminta untuk menuliskan seberapa jauh tingkat kesukaan dengan memberi kode (skor) pada pertanyaan yang dianggap paling sesuai dengan skala numerik yang telah ditentukan. Jumlah panelis yang menguji 20 orang dan setiap panelis menguji 9 sampel yang berbeda sesuai dengan perlakuan yang telah diberi kode. Tahapannya sebagai berikut :

1. Jumlah panelis yang dibutuhkan sebanyak 20 orang
2. Jumlah sampel yang disajikan pada masing-masing panelis sebanyak 9 buah
3. Cara penyajian : sampel disajikan dalam gelas plastik yang telah diberi kode secara acak. Panelis diminta untuk menilai warna, rasa dan tekstur sesuai tingkat kesukaan yang telah ditentukan oleh penyaji.

Lampiran 8. Prosedur Pemilihan Perlakuan Terbaik (De Garmo *et al.*, 1984)

Untuk menentukan kombinasi perlakuan terbaik digunakan metode indeks efektifitas dengan prosedur percobaan sebagai berikut :

1. Mengelompokkan parameter, parameter-parameter fisik dan kimia dikelompokkan terpisah dengan parameter organoleptik
2. Memberikan bobot 0 – 1 pada setiap parameter pada masing-masing kelompok. Bobot yang diberikan sesuai dengan tingkat tiap parameter dalam mempengaruhi tingkat penerimaan konsumen yang diwakili oleh panelis

$$\text{Pembobotan} = \frac{\text{Nilai total setiap parameter}}{\text{Nilai total parameter}}$$

3. Menghitung Nilai Efektifitas dengan rumus:

$$NE = \frac{Np - Ntj}{Ntb - Ntj}$$

Keterangan : NE = Nilai efektifitas Ntj = Nilai terjelek
NP = Nilai perlakuan Ntb = Nilai terbaik

Untuk parameter dengan rerata semakin besar semakin naik, maka nilai terendah sebagai nilai terjelek dan nilai tertinggi sebagai nilai terbaik. Sebaliknya untuk parameter dengan rerata nilai semakin kecil semakin baik, maka nilai tertinggi sebagai nilai terjelek dan nilai terendah sebagai nilai terbaik

4. Menghitung Nilai Produk (NP)
Nilai produk diperoleh dari perkalian NE dengan bobot nilai
5. Menjumlahkan nilai produk dari semua parameter pada masing-masing kelompok. Perlakuan yang memiliki nilai produk tertinggi adalah perlakuan terbaik pada kelompok parameter
6. Perlakuan terbaik dipilih dari perlakuan yang mempunyai nilai produk yang tertinggi untuk parameter organoleptik.

Lampiran 9. Lembar Kuisioner Uji Organoleptik

Lembar Uji Organoleptik

Nama Panelis :
Tanggal pengujian :
Jenis Produk : Keju *Mozzarella*
Instruksi :

Di hadapan saudara disajikan sejumlah produk berupa keju *Mozzarella*. Saudara diminta untuk memberikan penilaian terhadap mutu keju *Mozzarella* yang meliputi rasa, warna dan tekstur yang menggunakan kriteria penilaian sebagai berikut. Atas kesediaan saudara, saya sampaikan terima kasih.

1. Sangat tidak suka
2. Tidak suka
3. Netral
4. Agak suka
5. Suka

No.	Kode Sampel	Warna	Rasa	Tekstur
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
	kontrol			

Keterangan:

1. Warna : kuning, agak pucat
2. Rasa : asin, malt (khas keju)
3. Tekstur : keras,lembut dan kenyal

Saran & kritik :

.....

Lampiran 10. Lembar Pemilihan Perlakuan Terbaik

Lembar Penilaian Perlakuan Terbaik

Nama Panelis :

Tanggal pengujian :

Di hadapan saudara telah tersedia sampel keju *Mozzarella*. Saudara diminta untuk memberikan penilaian menurut tingkat kepentingannya dengan nilai yaitu antara 1 – 10 (kurang penting – penting). Atas kesediaan saudara, saya sampaikan terima kasih.

1. Parameter Fisik, Kimia dan Organoleptik

No.	Parameter	Nilai
1.	Rendemen	
2.	Kadar Air	
3.	Kadar Protein	
4.	Daya leleh	
5.	Elastisitas	
6.	Kemuluran	
7.	Warna	
8.	Rasa	
9.	Tekstur	

Lampiran 11. Data Hasil Penelitian Rendemen Keju *Mozzarella*

PERLAKUAN	ULANGAN (%)			Total	RATA-RATA(%)
	1	2	3		
J1R1	8,66	8,25	8,09	25,00	8,33
J1R2	8,43	8,38	8,37	25,18	8,39
J1R3	9,54	8,73	8,35	26,64	8,88
J2R1	8,29	7,90	7,66	23,86	7,95
J2R2	9,06	7,91	9,00	25,99	8,66
J2R3	9,54	8,57	8,60	26,72	8,90

Tabel Dua Arah

Jenis pengasam	jenis rennet			Total	rerata
	R1	R2	R3		
J1	25,00	25,18	26,64	76,82	12,80
J2	23,86	25,99	26,71	76,57	12,76
Total	48,86	51,17	53,35	153,39	
rerata	8,14	8,52	8,89		

Tabel Analisa Ragam (ANOVA) RAK Faktorial

Sb. Variasi	db	JK	RK	F hitung	F tabel (5%)	F tabel (1%)	
Ulangan	2	1,47489	0,73744	6,73670	4,10	7,56	*
Perlakuan	5	2,00660	0,40132	3,66614	3,33	5,64	*
J	1	0,00360	0,00360	0,03290	4,96	10,04	tn
R	2	1,68067	0,84034	7,67663	4,10	7,56	**
J X R	2	0,32233	0,16116	1,47226	4,01	7,56	tn
Galat	10	1,09467	0,10947				
Total	17	4,57616					

Fk=1307,14

UJI BNT 5% AKIBAT PERLAKUAN R

	8,143	8,52	8,89	RKG	BNT
8,14	0	*	*		
8,52		0	*		
8,89			0		
Notasi	a	b	c	0,1095	0,3475
Perlakuan	R1	R2	R3		

tn=tidak nyata

*=berbeda nyata

**=berbeda sangat nyata

Lampiran 12. Data Hasil Penelitian Kadar Air Keju *Mozzarella*

PERLAKUAN	ULANGAN (%)			Total	RATA-RATA (%)
	1	2	3		
J1R1	49,87	49,82	49,84	149,53	49,84
J1R2	49,90	49,90	49,88	149,69	49,89
J1R3	49,94	49,94	49,97	149,86	49,95
J2R1	49,80	49,81	49,79	149,42	49,80
J2R2	49,99	49,99	49,98	149,98	49,99
J2R3	50,04	50,04	50,04	150,13	50,04
Total	299,56	299,52	299,53	898,62	299,54

Tabel Dua Arah

Jenis pengasam	jenis rennet			Total	rerata
	R1	R2	R3		
J1	149,53	149,691	149,86	449,09	74,84
J2	149,42	149,98	150,13	449,53	74,92
Total	298,95	299,671	300,00	898,62	
rerata	49,82	49,94	50,00		

Tabel Analisa Ragam (ANOVA) RAK Faktorial

Sb. Variasi	db	JK	RK	F hitung	F tabel (5%)	F tabel (1%)	
Ulangan	2	0,00011	5,666E-05	0,29276	4,10	7,56	tn
Perlakuan	5	0,12346	0,0246923	127,579	3,33	5,64	**
J	1	0,01113	0,0111338	57,5257	4,96	10,04	**
R	2	0,09523	0,0476149	246,015	4,10	7,56	**
J X R	2	0,0171	0,008549	44,1708	4,10	7,56	**
Galat	10	0,00194	0,0001935				
Total	17	0,12551					

Fk=44863
nyata

tn=tidak nyata

*=berbeda nyata

**=berbeda

sangat

UJI BNT 5% AKIBAT PERLAKUAN J

	49,89	49,94	RKG	BNT
49,89	0	*		
49,94		0		
Notasi	a	b	0,00019	0,0146
Perlakuan	J1	J2		

UJI BNT 5% AKIBAT PERLAKUAN R

	49,82	49,94	50,00	RKG	BNT
49,82	0	*	*		
49,94		0	*		
50,00			0		
Notasi	a	b	c	0,00019	0,0146
Perlakuan	R1	R2	R3		

Uji DMRT 5% Kadar air Keju

Mozzarella

	49,80	49,84	49,89	49,95	49,99	50,04	rp(jnd)	s	Rp(jnt)
49,80	0	*	*	*	*	*	3,15	0,011	0,0358
49,84		0	*	*	*	*	3,30	0,011	0,0363
49,89			0	*	*	*	3,37	0,011	0,0370
49,95				0	*	*	3,43	0,011	0,0377
49,99					0	*	3,46	0,011	0,0380
50,04						0	3,47	0,011	0,0381
Notasi	a	b	c	d	e	f			
Perlakuan	J2R1	J1R1	J1R2	J1R3	J2R2	J2R3			

tn=tidak nyata

*=berbeda nyata

**=berbeda sangat nyata

Lampiran 13. Data Hasil Kadar Protein (%) Keju *Mozzarella*

PERLAKUAN	ULANGAN (%)			Total	RATA-RATA (%)
	1	2	3		
J1R1	28,84	29,06	33,61	91,52	30,50
J1R2	29,06	28,99	29,44	87,50	29,16
J1R3	25,99	25,93	25,03	76,97	25,65
J2R1	30,68	28,71	30,66	90,07	30,02
J2R2	27,26	27,41	27,84	82,52	27,50
J2R3	25,56	25,61	25,26	76,45	25,48
Total	167,41	165,74	171,88	505,04	168,34

Tabel Dua Arah

Jenis pengasam	jenis rennet			Total	rerata
	R1	R2	R3		
J1	91,52	87,50	76,97	255,99	42,66
J2	90,07	82,52	76,45	249,05	41,50
Total	181,60	170,02	153,42	505,04	
rerata	30,26	28,33	25,57		

Tabel Analisa Ragam (ANOVA) RAK Faktorial

Sb. Variasi	db	JK	RK	F hitung	F tabel (5%)	F tabel (1%)	
Ulangan	2	3,3500	1,6750	1,1399	4,10	7,56	tn
Perlakuan	5	71,398	14,279	9,7176	3,33	5,64	**
J	1	2,6806	2,6806	1,8242	4,96	10,04	tn
R	2	66,873	33,437	22,754	4,10	7,56	**
J X R	2	1,8439	0,9219	0,6274	4,01	7,56	tn
Galat	10	14,694	1,4694				
Total	17	89,443	3				

Fk=14170,7

UJI BNT 5% AKIBAT PERLAKUAN R

	25,57	28,33	30,26	RKG	BNT
25,57	0	*	*		
28,33		0	*		
30,26			0		
Notasi	a	b	c	1,4694	1,2731
Perlakuan	R3	R2	R1		

tn=tidak nyata

*=berbeda nyata

**=berbeda sangat nyata



Lampiran 14. Data Hasil Daya Leleh Keju *Mozzarella*

PERLAKUAN	ULANGAN (mm)			Total	RATA-RATA (mm)
	1	2	3		
J1R1	1,73	1,68	1,67	5,08	1,69
J1R2	1,72	1,85	1,65	5,22	1,74
J1R3	2,21	2,11	2,01	6,33	2,11
J2R1	1,91	1,93	1,90	5,74	1,91
J2R2	2,17	2,19	2,11	6,47	2,15
J2R3	2,18	2,24	2,21	6,63	2,21
Total					

Tabel Dua Arah

Jenis pengasam	jenis rennet			Total	rerata
	R1	R2	R3		
J1	5,08	5,22	6,33	16,63	2,77
J2	5,74	6,47	6,63	18,84	3,14
Total	10,82	11,69	12,96	35,47	
rerata	1,80	1,94	2,16		

Tabel Analisa Ragam (ANOVA) RAK Faktorial

Sb. Variasi	db	JK	RK	F hitung	F tabel (5%)	F tabel (1%)	
Ulangan	2	0,0192	0,0096	3,2908	4,10	7,56	*
Perlakuan	5	0,7340	0,1468	50,299	3,33	5,64	**
J	1	0,2713	0,2713	92,959	4,96	10,04	**
R	2	0,3860	0,1930	66,134	4,10	7,56	**
J X R	2	0,0766	0,0383	13,134	4,10	7,56	**
Galat	10	0,0291	0,0029				
Total	17	0,7824					

Fk=69,8956 tn=tidak nyata *=berbeda nyata **=berbeda sangat nyata

UJI BNT 5% AKIBAT PERLAKUAN J

	1,84	2,09	RKG	BNT
1,84	0	*	0,0029	0,0567
2,09		0		
Notasi	a	b		
Perlakuan	J1	J2		

UJI BNT 5% AKIBAT PERLAKUAN R

	1,80333	1,94833	2,16	RKG	BNT
1,80333	0	*	*	0,00292	0,05674
1,94833		0	*		
2,16			0		
Notasi	a	b	c		
Perlakuan	R1	R2	R3		

Uji DMRT Daya leleh Keju *Mozzarella*

	1,69	1,74	1,91	2,11	2,15	2,21	rp(jnd)	s	Rp(jnd)
1,69	0	tn	*	*	*	*	3,15	0,044	0,13
1,74		0	*	*	*	*	3,30	0,044	0,14
1,91			0	*	*	*	3,37	0,044	0,14
2,11				0	tn	tn	3,43	0,044	0,15
2,15					0	tn	3,46	0,044	0,15
2,21						0	3,47	0,044	0,15
Notasi	a	a	c	d	d	d			
Perlakuan	J1R1	J1R2	J2R1	J1R3	J2R2	J2R3			

tn=tidak nyata

*=berbeda nyata

**=berbeda sangat nyata

Lampiran 15. Data Hasil Elastisitas Keju *Mozzarella*

PERLAKUAN	ULANGAN (N)			Total	RATA-RATA (N)
	1	2	3		
J1R1	13,07	12,98	13,34	39,40	13,13
J1R2	12,14	11,74	11,98	35,87	11,95
J1R3	14,55	14,58	14,54	43,68	14,56
J2R1	11,09	10,53	10,75	32,38	10,79
J2R2	13,56	13,89	13,35	40,81	13,60
J2R3	13,15	13,35	13,78	40,29	13,43
Total	77,58	77,09	77,77	232,45	77,48

Tabel Dua Arah

Jenis pengasam	jenis rennet			Total	rerata
	R1	R2	R3		
J1	39,40	35,87	43,68	118,96	19,82
J2	32,38	40,81	40,29	113,49	18,91
Total	71,78	76,68	83,98	232,45	
rerata	11,96	12,78	13,99		

Tabel Analisa Ragam (ANOVA) RAK Faktorial

Sb. Variasi	db	JK	RK	F hitung	F tabel (5%)	F tabel (1%)	
Ulangan	2	0,0415	0,0207	0,3331	4,10	7,56	tn
Perlakuan	5	26,762	5,3525	85,915	3,33	5,64	**
J	1	1,6624	1,6624	26,684	4,96	10,04	**
R	2	12,569	6,2848	100,87	4,10	7,56	**
J X R	2	12,530	6,2653	100,56	4,10	7,56	**
Galat	10	0,623	0,0623				
Total	17	27,427	4				

Fk=3002,02 tn=tidak nyata *=berbeda nyata **=berbeda sangat nyata

UJI BNT 5% AKIBAT PERLAKUAN
J

	12,61	13,21	RKG	BNT
12,61	0	*		
13,21		0		
Notasi	a	b	0,0623	0,2621
Perlakuan	J1	J2		

UJI BNT 5% AKIBAT PERLAKUAN
R

	11,96	12,78	13,99	RKG	BNT
11,96	0	*	*		
12,78		0	*		
13,99			0		
Notasi	a	b	c	0,0623	0,2621
Perlakuan	R1	R2	R3		

Uji DMRT Elastisitas Keju *Mozzarella*

	10,79	11,95	13,13	13,43	13,60	14,56	rp(jnd)	s	Rp(jnt)
10,79	0	*	*	*	*	*	3,15	0,204	0,641
11,95		0	*	*	*	*	3,30	0,204	0,673
13,13			0	tn	*	*	3,37	0,204	0,687
13,43				0	*	*	3,43	0,204	0,699
13,60					0	*	3,46	0,204	0,705
14,56						0	3,47	0,204	0,707
Notasi	a	b	c	c	d	e			
Perlakuan	J2R1	J1R2	J1R1	J2R3	J2R2	J1R3			

tn=tidak nyata

*=berbeda nyata

**=berbeda sangat nyata

Lampiran 16. Data Hasil Kemuluran Keju *Mozzarella*

PERLAKUAN	ULANGAN (N)			Total	RATA-RATA (N)
	1	2	3		
J1R1	0,86	0,99	0,88	2,73	0,91
J1R2	1,11	0,96	0,87	2,95	0,98
J1R3	0,89	1,02	0,95	2,87	0,95
J2R1	0,97	0,88	0,87	2,72	0,90
J2R2	1,16	0,88	0,98	3,02	1,00
J2R3	1,09	1,12	0,97	3,19	1,06
Total	6,11	5,87	5,53	17,51	5,83

Tabel Dua Arah

Jenis pengasam	jenis rennet			Total	rerata
	R1	R2	R3		
J1	2,73	2,95	2,87	8,56	1,42
J2	2,72	3,02	3,19	8,95	1,49
Total	5,46	5,97	6,07	17,51	
rerata	0,91	0,99	1,01		

Tabel Analisa Ragam (ANOVA) RAK Faktorial

Sb. Variasi	db	JK	RK	F hitung	F tabel (5%)	F tabel (1%)	
Ulangan	2	0,0276 9	0,0138 5	1,8042 2	4,10	7,56	tn
Perlakuan	5	0,0534 5	0,0106 9	1,3929 3	3,33	5,64	tn
J	1	0,0083 6	0,0083 6	1,0898 5	4,96	10,04	tn
R	2	0,0353 8	0,0176 9	2,3050 9	4,10	7,56	tn
J X R	2	0,0097 5	0,0048 5	0,6323 1	4,10	7,56	tn
Galat	10	0,0767 4	0,0076 7				
Total	17	0,1578 8					

Fk=17,0489 tn=tidak nyata *=berbeda nyata **=berbeda sangat nyata

Lampiran 17.

Data Uji Organoleptik Warna Keju *Mozzarella*

Panelis	Perlakuan					
	J1R1	J1R2	J1R3	J2R1	J2R2	J2R3
1	2	2	2	3	2	3
2	3	4	4	3	3	4
3	3	3	4	3	3	4
4	5	5	5	5	5	5
5	2	3	3	3	3	4
6	2	4	3	3	2	4
7	2	3	4	3	2	4
8	4	2	3	3	2	3
9	3	4	4	3	3	4
10	3	3	3	3	3	4
11	5	5	5	5	5	5
12	3	4	4	4	4	3
13	2	3	4	3	2	4
14	4	2	2	3	2	2
15	3	4	4	3	3	4
16	3	3	3	3	3	4
17	5	5	5	5	5	5
18	2	3	3	3	3	3
19	2	4	3	3	2	4
20	2	3	4	3	2	4
Total	60	69	72	67	59	77
Rerata	3	3,45	3,6	3,35	2,95	3,85

Skala	X	X ²	J1R1	J1R2	J1R3	J2R1	J2R2	J2R3	$\sum f$	$\sum fx$	$\sum fx^2$
5=suka	2	4	3	3	3	3	3	3	18	36	72
4=agak suka	1	1	2	6	8	1	1	12	30	30	30
3=netral	0	0	7	8	7	16	8	4	50	0	0
2=tidak suka	-1	1	8	3	2	0	8	1	22	-22	22
1=sangat tidak suka	-2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total $\sum f$			20	20	20	20	20	20	120	0	
$\sum fx$			0	9	12	7	-1	17		44	
$\sum fx^2$											124
Rerata			0	0,45	0,6	0,35	0,0	0,85			

Lampiran 18. Data Uji Organoleptik Rasa Keju *Mozzarella*

Panelis	Perlakuan					
	J1R1	J1R2	J1R3	J2R1	J2R2	J2R3
1	2	2	4	2	2	4
2	2	2	3	2	2	4
3	2	2	2	2	4	2
4	4	4	4	4	4	4
5	2	2	2	2	2	2
6	2	4	4	2	4	4
7	2	3	3	2	3	2
8	3	2	3	2	3	3
9	4	3	4	3	4	4
10	2	3	3	2	3	3
11	2	3	3	2	3	4
12	3	3	4	3	4	5
13	3	3	5	3	3	5
14	3	3	3	2	2	4
15	2	2	2	2	5	3
16	4	4	4	4	4	4
17	1	2	2	2	2	2
18	2	4	4	2	4	4
19	2	3	3	2	3	4
20	3	3	4	3	4	5
Total	50	57	66	48	65	72
Rerata	2,5	2,85	3,3	2,4	3,25	3,6

Skala	X	X ²	J1R1	J1R2	J1R3	J2R1	J2R2	J2R3	$\sum f$	$\sum fx$	$\sum fx^2$
5=suka	2	4	0	0	1	0	1	3	5	10	20
4=agak suka	1	1	3	4	8	2	8	10	35	35	35
3=netral	0	0	5	9	7	4	6	3	34	0	0
2=tidak suka	-1	1	11	7	4	14	5	4	45	-45	45
1=sangat tidak suka	-2	4	1	0	0	0	0	0	1	-2	4
Total $\sum f$			20	20	20	20	20	20	120	0	
$\sum fx$			-10	-3	6	-12	5	12		-2	
$\sum fx^2$											104
Rerata			-0,5	0,15	0,3	-0,6	0,25	0,6			

Lampiran 19.

Data Uji Organoleptik Tekstur Keju *Mozzarella*

Panelis	Perlakuan					
	J1R1	J1R2	J1R3	J2R1	J2R2	J2R3
1	3	4	5	2	4	3
2	2	4	5	2	2	3
3	2	3	4	2	3	3
4	2	3	4	2	3	2
5	2	3	4	2	3	3
6	3	2	3	3	3	3
7	3	4	5	2	4	3
8	2	4	5	2	2	3
9	2	3	4	2	3	3
10	2	3	4	2	3	2
11	2	3	4	2	3	3
12	3	2	3	3	3	3
13	3	4	5	2	4	3
14	2	4	5	2	2	3
15	2	3	4	2	3	3
16	2	3	4	2	3	2
17	2	3	4	2	3	3
18	3	2	3	3	3	3
19	3	4	5	2	4	3
20	2	4	5	2	2	3
Total	47	65	85	43	60	57
Rerata	2,35	3,25	4,25	2,15	3	2,85

Skala	X	X ²	J1R1	J1R2	J1R3	J2R1	J2R2	J2R3	$\sum f$	$\sum fx$	$\sum fx^2$
5=suka	2	4	0	0	8	0	0	0	8	16	32
4=agak suka	1	1	0	8	9	0	4	0	21	21	21
3=netral	0	0	7	9	3	13	12	17	61	0	0
2=tidak suka	-1	1	13	3	0	7	4	3	30	-30	30
1=sangat tidak suka	-2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total $\sum f$			20	20	20	20	20	20	120		
$\sum fx$			-13	5	25	-7	0	-3		7	
$\sum fx^2$											83
Rerata			0,65	0,25	1,25	0,35	0	0,15			

Lampiran 20. Data Uji Perlakuan Terbaik Keju *Mozzarella*

parameter	PANELIS																				total	bobot
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Rendemen	2	1	2	5	3	3	4	3	2	4	2	5	2	4	3	5	3	3	3	2	61	0,0677
Kadar Air	3	4	3	4	3	3	2	3	4	2	2	3	2	2	4	2	4	4	2	2	58	0,0644
Kadar Protein	7	7	7	5	4	6	3	7	6	7	7	5	7	7	6	7	7	7	7	7	126	0,1400
Daya Leleh	4	5	5	4	5	6	6	5	6	4	7	5	6	6	5	6	5	4	5	7	106	0,1177
Elastisitas	6	4	5	5	5	4	5	7	5	5	5	6	3	3	5	4	7	4	6	5	99	0,1100
Kemuluran	7	7	6	6	6	7	6	5	7	4	7	5	7	7	7	7	4	5	5	5	120	0,1333
Warna	4	4	5	5	7	6	6	4	5	6	4	4	5	5	5	4	6	7	6	4	102	0,1133
Rasa	6	7	6	6	6	4	7	7	6	7	7	5	7	7	6	7	5	5	7	7	125	0,1388
Tekstur	6	6	6	5	6	6	6	4	4	6	4	7	6	4	4	3	4	6	4	6	103	0,1144
total	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	900	1

Perlakuan Terbaik

parameter	nilai kombinasi perlakuan								
	J1R1	J1R2	J1R3	J2R1	J2R2	J2R3	nilai terbaik	nilai terjelek	selisih
Rendemen	8,33	8,39	8,88	7,95	8,66	8,91	8,91	7,95	0,95
Kadar Air	49,84	49,90	49,96	49,81	49,99	50,05	50,05	49,81	0,24
Kadar Protein	30,51	29,17	25,66	30,03	27,51	25,48	30,51	25,48	5,02
Daya Leleh	1,69	1,74	2,11	1,91	2,16	2,21	2,21	1,69	0,52
Elastisitas	13,13	11,96	14,56	10,79	13,60	13,43	14,56	10,79	3,77
Kemuluran	0,91	0,98	0,96	0,91	1,01	1,07	1,07	0,91	0,16
Warna	3,00	3,45	3,60	3,35	2,95	3,85	3,85	2,95	0,90
Rasa	2,50	2,85	3,30	2,40	3,25	3,60	3,60	2,40	1,20
Tekstur	2,35	3,25	4,25	2,15	3,00	2,85	4,25	2,15	2,10

Parameter	Bobot	J1R1		J1R2		J1R3		J2R1		J2R2		J2R3	
		NE	NP										
Rendemen	0,07	0,40	0,03	0,46	0,03	0,97	0,07	0,00	0,00	0,74	0,05	1,00	0,07
Kadar Air	0,06	0,16	0,01	0,38	0,02	0,62	0,04	0,00	0,00	0,78	0,05	1,00	0,06
Kadar Protein	0,14	1,00	0,14	0,73	0,10	0,03	0,00	0,90	0,13	0,40	0,06	0,00	0,00
Daya Leleh	0,12	0,00	0,00	0,09	0,01	0,81	0,09	0,43	0,05	0,90	0,11	1,00	0,12
Elastisitas	0,11	0,62	0,07	0,31	0,03	1,00	0,11	0,00	0,00	0,75	0,08	0,70	0,08
Kemuluran	0,13	0,02	0,00	0,48	0,06	0,31	0,04	0,00	0,00	0,64	0,09	1,00	0,13
Warna	0,11	0,06	0,01	0,56	0,06	0,72	0,08	0,44	0,05	0,00	0,00	1,00	0,11
Rasa	0,14	0,08	0,01	0,38	0,05	0,75	0,10	0,00	0,00	0,71	0,10	1,00	0,14
Tekstur	0,11	0,10	0,01	0,52	0,06	1,00	0,11	0,00	0,00	0,40	0,05	0,33	0,04
Total	1,00		0,28		0,44		0,66		0,23		0,57		0,75

Lampiran 21. Data Perlakuan Terbaik dengan Keju Pasaran

PARAMETER	Perlakuan Terbaik (J2R3)	Merk Alban (malang)	Merk Perfeto (Impor)
Kadar Air (%)	50,05	49,92	49,74
Kadar Protein (%)	25,48	28,19	27,66
Daya Leleh (mm)	2,21	11,70	19,80
Elastisitas (N)	13,43	14,96	15,98
Kemuluran (N ⁻¹)	1,07	1,23	1,30
Warna	3,85	4,15	4,30
Rasa	3,60	4,35	4,25
Tekstur	2,85	3,95	4,05



Lampiran 22. Dokumentasi Penelitian



repo

Donny sungguh-sungguh sangat matur nuwun nerima nihan thanks a lot to :

Gusti LORD Allah SWT alhamdulillah, maha besar Allah, dengan segala kuasaNya dan dengan kebesarannya|**Nabi Muhammad SAW** sholawat serta salam kepada Sang petunjuk|**Ayah dan Ibu Serta Adik-Adikku** terimakasih atas doa, semangat serta segala kesabarannya menghadapi anakmu yang tertampal ini|**Bapak Mimin dan Mamak** maafkan cucumu ini, do'amu telah membuatku HEBAT..cepat sembuh ya...|**Among dan Ajong** terimakasih semangatnya, do'a serta apapun yang telah diberikan..|**Keluarga Besar Bapak Paimin** sodaramu ini telah sukses merantau..Lampung miss them|**Keluarga Besar Bapak Khotman** alhamdulillah ajo puakhimu khadu lulus ,,amin nerima nihan sak unyinni yu|**Keluarga Besar Bapak Soemarmo** terimakasih..do'a dan semangat dan telah menjadikanku sebagai keluarga,,Tuban is my second place, matur suwun kagem ingkang katah|**Abah Mudlhor dan keluarga** maafin aku belum bisa menjadi yang kau minta tapi aku masih berusaha..semoga Allah melindungi abah dan keluarga amien..|**Pak Joni Sekeluarga** terimakasih bapak atas bimbingannya..alhamdulillah atas semuanya alhamdulillah|**Keluarga Besar SUMBER SARI BANGKIT INDONESIA** aku ada disini menghiburmu sekali lagi seperti dulu, senang ataupun susah selalu ceria...long life my family|**tyo** tad ojo pacaran ae,hormatilah orang yang ngajak ente ngobrol ojo ditinggal turu|**wawan** ayo mas, dibelakang SARDO ada tempat buat makan yo,enak mas|**oni** ni sudahlah ni,,ayolah ni,,tanpamu posterq ra dadi,suwun poster'e,mengko tak dungano oleh wong Mojokerto|**rio** yo ajarin gw nembak yo..duaarr tak bedil ndas.hehe.|**rohim** utangmu bayar him,lek mulih atau teko ki pamit him,pamit|**Keluarga Besar d'Majoe Society** bagian terlengkap yang melengkapi...terimakasih|**THP 07** one step never stop, **gus yafie, cong erik, cocon,danang, tesa,deni, ilzam, iid** dan semuanya yang belum tersebutkan, semoga kita sukses semuanya..amien|**Pak Kum** suwun pak yo bukune, dunga no lancar jaya..amin|**Keluarga Besar FTP UB** akhirnya alhamdulillah,terima kasih ya|**eLBe community dan KANDIDATERS** kangen kalian semua kangen ayo reuniannya, sekarang gw bisa keLampung cuy|**Muli Mekhanai Lampung yang ada di Malang** ayoo...jadilah perantau sejati,,siip, satukan darah satukan hati SANG BUMI RUWA JURAI |**AREMANIA dan AREMANITA** salam satu jiwa arema singo edan.|**Orang-orang Gila yang berceceran di Malang** tanpa kalian tidak ada yang disebut waras di dunia ini,,teruslah GILA karena dengan Gila kita bisa membuat semua tanpa beban|**Pedagang Lalapan di Malang** tanpa kalian gw gak bakalan segemuk ini|**Orang-orang yang ketemu di Jalan** kenal atau tidak, kita pernah bertemu coy|**Semuanya yang berjasa dalam hidupku** hanya Allah yang bisa membalas| dan yang terakhir yang spesial pake telur buat **Anna Cahyani** bagian dari diriku sayangku, bunda,,haah,ayo bulan depan ayah lamar,mau ya..siiiip..makasih ya dede (oya, doain ayah dapet kerja dulu ya)|**Laptop Compaq 510** terimakasih udah bantuin ngetik ini semua...sipp...semuanya...**DONT DO ANYTHING WITHOUT ME!!!**

untuk

INDONESIA

AYA

