



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMBUATAN MADU KERING DARI KRISTAL MADU
DENGAN KASEIN SEBAGAI BAHAN ANTI *CAKING***

SKRIPSI

**ARINI ARISTIA SAPUTRA
0906604073**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMBUATAN MADU KERING DARI KRISTAL MADU
DENGAN KASEIN SEBAGAI BAHAN ANTI *CAKING***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**ARINI ARISTIA SAPUTRA
0906604073**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JULI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**






Nama : Arini Aristia Saputra
NPM : 0906604073
Tanda Tangan : 
Tanggal : 04 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Arini Aristia Saputra
NPM : 0906604073
Program Studi : Teknologi Kimia
Judul Skripsi : Pembuatan Madu Kering Dari Kristal Madu Dengan
Kasein Sebagai Bahan Anti *Caking*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Ir. Dewi tristantini, MT., PhD. ()
Pembimbing 2 : Dr.Eng Muhamad Sahlan S.Si, M.Eng ()
Penguji 1 : Dr. Ir. Sukirno, M. Eng ()
Penguji 2 : Dr. Ir. Setiadi, M. Eng ()
Penguji 3 : Ir. Yuliusman, M. Eng ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 04 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT atas nikmat-Nya dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pembuatan madu Kering Dari Kristal Madu Dengan Kasein Sebagai Bahan Anti *Caking*”** tepat waktu seperti yang diharapkan. Hal ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangat sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Dewi Tristantini, MT., PhD., dan Dr. Eng. Muhamad Sahlan, S. Si., M. Eng., sebagai dosen pembimbing 1 dan 2 yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan dalam menyelesaikan penulisan ini.
2. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan bantuan dukungan material, moral dan mendoakan kelancaran penulis di setiap waktu.
3. Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI dan Ir. Yuliusman, M. Eng selaku koordinator mata kuliah spesial. Dosen-dosen Departemen Teknik Kimia FTUI yang memberikan ilmu dan wawasannya.
4. Rekan satu grup riset dan teman-teman yang telah menjadi teman diskusi, membantu dalam penelitian dan saling bertukar wawasan serta semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini secara langsung maupun tidak langsung.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 04 Juli 2012



Arini Aristia Saputra

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arini Aristia Saputra
NPM : 0906604073
Program Studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

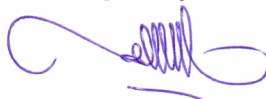
demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

***PEMBUATAN MADU KERING DARI KRISTAL MADU DENGAN KASEIN
SEBAGAI BAHAN ANTI CAKING***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 04 Juli 2012
Yang Menyatakan



(Arini Aristia Saputra)

ABSTRAK

Nama : Arini Aristia Saputra
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Pembuatan Madu Kering Dari Kristal Madu Dengan Kasein Sebagai Bahan Anti *Caking*

Penelitian ini bertujuan membuat madu kering melalui pemanasan dengan oven pada temperatur 90-110°C dari kristal madu dengan menggunakan kasein sebagai bahan anti *caking*. Untuk itu diteliti komposisi yang tepat antara kasein dengan madu kristal untuk memperoleh madu kering yang tidak menggumpal.

Lima variasi konsentrasi kasein ditetapkan pada 20, 30, 40, 50, 60 dan 70% berat. Madu kering terbaik yang diperoleh adalah konsentrasi kasein 60 dan 70% namun kadar airnya masih cukup tinggi, yaitu masing-masing 13,5 dan 7,4%. Penggunaan oven sebagai pengering kurang memberikan hasil yang maksimal.

Keywords : Madu, madu kristal, madu kering, kasein

ABSTRACT

Name : Arini Aristia Saputra
Study Program: Chemical Engineering
Title : Production of Dry Honey From Honey Crystal With Casein as Anti Caking Agent

The purpose of this research is to make a dry honey from honey crystal through a heating by oven at 90-110°C with casein as anti caking material. The right composition of casein with honey crystals examined in order to obtain a dry honey which isn't clot.

Five concentration variation set at 20, 30, 40, 50, 60 and 70% of dry casein. The best dry honey obtained from 60 and 70% of casein but the water contents are still high (13,5 and 7,4% respectively). The use of oven as a dryer didn't give the best results as expected.

Keywords : Honey, crystal honey, dry honey, casein

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.2 Batasan Masalah	3
1.3 Sistematika Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Madu	5
2.1.1 Jenis-Jenis Madu	6
2.1.2 Karakteristik Madu	9
2.1.3 Masalah Pada Madu	15
2.1.4 Kristalisasi Madu	16
2.2 Kasein	19
2.2.1 Jenis-Jenis Kasein	21
2.2.2 Komposisi Kasein	21
2.2.3 Sifat-Sifat Kasein	22
2.2.4 Pemanfaatan Kasein Pada Makanan	23
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Tahapan kegiatan Penelitian	26
3.1.1 Pembuatan Kasein	26
3.1.2 Pembuatan Madu Kering	28
3.1.3 Analisis Hasil	29
3.2 Alat dan Bahan	31
3.2.1 Alat	31
3.2.2 Bahan	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Pembuatan Kasein	32
4.2 Pembuatan Madu Kering	36
4.3 Analisis Hasil	36

4.3.1 Rendemen	39
4.3.2 Tekstur dan Warna	40
4.3.3 Kadar Air	41
4.3.3 Kelarutan Madu Kering	42
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.1 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42



DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1	Berbagai Jenis Tumbuhan Sebagai Sumber Madu di Indonesia . 6
Tabel 2.2	Komposisi Rata-Rata dari Madu 9
Tabel 2.3	Komposisi Karbohidrat Pada Berbagai Jenis Madu 11
Tabel 2.4	Kandungan Mineral Dalam Madu 13
Tabel 2.5	Komposisi Madu dan Gula per 100g 15
Tabel 2.6	Kecenderungan Kristalisasi Pada Berbagai Jenis Madu 17
Tabel 2.7	Komposisi dari Kasein 22
Tabel 2.8	Aplikasi Kasein Pada Makanan 23
Tabel 2.9	Manfaat dan Tingkat Penggunaan Produk Kasein Dalam Makanan 23
Tabel 4.1	Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap <i>Curd</i> Yang Dihasilkan 33
Tabel 4.2	<i>Yield</i> Pembuatan Kasein Rennet 36
Tabel 4.3	Variasi Konsentrasi dan Temperatur Pembuatan Madu Kering .. 37
Tabel 4.4	Hasil Uji Rendemen Madu Kering 39
Tabel 4.5	Tekstur dan Warna Produk Madu Kering 40
Tabel 4.6	Kadar Air Madu Produk Madu Kering 41
Tabel 4.7	Kelarutan produk Madu Kering di Dalam Air 42

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1 Madu Yang Berasal Dari Nektar Bunga	5
Gambar 2.2 Struktur Kimia Zat Pembentuk Madu	10
Gambar 2.3 Kristal Pada Madu	18
Gambar 2.4 Struktur <i>Casein Micelle</i> Dalam Model <i>Submicelle</i>	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3.2 Proses Persiapan Kasein	26
Gambar 3.3 Proses Pembuatan Kasein	28
Gambar 4.1 Hasil Isolasi Kasein Dengan Pengadukan Kecepatan Rendah	33
Gambar 4.2 Hasil Isolasi Kasein Rennet	34
Gambar 4.3 Kasein Kering	35
Gambar 4.4 Campuran Madu Kristal-Kasein	37
Gambar 4.5 Madu Kering Dengan Konsentrasi 30 dan 40%	38

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran 1 Pembuatan Madu Kering	47



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Madu merupakan makanan yang sangat bergizi dan kaya akan protein, karbohidrat, asam amino, vitamin, mineral, dan zat-zat lainnya yang bermanfaat bagi tubuh manusia. Madu juga digunakan sebagai obat yang berkhasiat karena mengandung zat antibiotik yang mampu melawan berbagai kuman penyakit serta mencegah infeksi. Manfaat lain dari madu adalah penyumbang energi yang cukup besar dengan kandungan kalorinya 44% lebih rendah dibandingkan gula tebu. Disamping itu, madu juga membantu fungsi ginjal, usus dan otak, dan dapat membesihkan darah serta komponen-komponen pembentuk darah. Sifat-sifat baik madu inilah yang dimanfaatkan sebagai sumber energi yang cepat dan praktis dan dapat dikonsumsi semua kalangan baik anak-anak hingga usia lanjut.

Madu yang umumnya diinginkan oleh masyarakat adalah madu yang terlihat segar, berbentuk cairan kental, tidak mengkristal dan berwarna kuning kecoklatan. Beberapa jenis madu memiliki kecenderungan yang lebih besar untuk mengkristal dibandingkan dengan jenis madu lainnya. Hampir semua jenis madu murni yang belum mengalami proses pemanasan memiliki kecenderungan untuk mengkristal. Proses ini berlangsung secara alami yang diakibatkan kandungan glukosa pada madu terpresipitasi dari larutan madu yang sangat jenuh. Kondisi sangat jenuh ini terjadi karena kandungan glukosa dalam madu yang tinggi yaitu lebih dari 70% terhadap kandungan airnya yaitu kurang dari 20% (Assil *et al.*, 1991).

Kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai madu, menyebabkan terbentuknya persepsi buruk mengenai madu yang mengkristal. Mereka menganggap madu yang mengkristal merupakan madu palsu yang telah mengalami proses penambahan zat-zat tertentu. Padahal, kristalisasi tidak mempengaruhi rasa dan kualitas dari madu cair itu sendiri (Hamdan, 2000). Persepsi buruk mengenai madu kristal ini menyebabkan turunnya harga jual dari madu sehingga dapat merugikan peternak lebah.

Alternatif yang sering dilakukan untuk memecahkan masalah ini adalah dengan melakukan proses pemanasan madu untuk melarutkan kristal-kristal yang terbentuk. Namun, karena kristalisasi merupakan proses alami yang terjadi pada madu, terkadang kristal akan terbentuk lagi setelah disimpan beberapa lama sehingga harus dilakukan pemanasan ulang. Berdasarkan hal ini, terpikirkan untuk membuat madu kering dalam bentuk serbuk dari kristal madu. Kristal madu dengan nilai jual yang rendah dikeringkan untuk mendapatkan madu serbuk yang memiliki nilai jual lebih tinggi. Madu serbuk ini dapat digunakan sebagai bahan pemanis makanan ataupun sebagai bahan campuran dari suatu makanan olahan.

Dalam proses pengeringan madu, diperlukan suatu bahan pengisi atau bahan anti *caking* untuk meningkatkan volume produk madu serbuk serta menjaga kondisi madu agar tetap dalam keadaan serbuknya. Bahan pengikat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah kasein yang merupakan protein utama yang ditemukan di dalam susu. Kasein merupakan bahan alami yang diperoleh dari susu dan aman untuk dikonsumsi sehingga diharapkan dapat diperoleh madu kering (serbuk) yang berbahan alami. Berdasarkan hal tersebut, maka inti dari penelitian ini adalah menemukan komposisi madu kristal dan kasein yang tepat untuk mendapatkan madu kering yang tidak lengket dan menggumpal.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah mencari komposisi kasein dan madu yang tepat sehingga diperoleh bentuk akhir madu serbuk yang baik dengan menggunakan proses pemanasan sederhana.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengkaji proses pembuatan madu serbuk dari kristal madu dengan proses pengeringan sederhana berupa oven
- Mengetahui komposisi madu dan kasein untuk memperoleh madu serbuk yang tidak lengket

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bahan utama yang digunakan adalah madu yang telah mengalami proses pengkristalan (kristal madu).
2. Proses pengeringan madu dilakukan dengan menggunakan oven.
3. Bahan anti-*caking* yang digunakan adalah kasein rennet serbuk.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan ini terbagi dalam

Bab I Pendahuluan

Menjelaskan tentang latar belakang penulisan, tujuan penulisan dan batasan masalah

Bab II Tinjauan Pustaka

Membahas teori dan literatur yang berkaitan dengan topik penulisan sebagai bahan acuan dan rujukan yang menunjang penulisan yaitu mengenai sifat-sifat dan karakteristik madu serta jenis-jenis enzim dalam madu.

Bab III Metode Penelitian

Membahas tentang prosedur penelitian yang di dalamnya dijelaskan mengenai langkah-langkan yang dilakukan untuk mencapai tujuan

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Berisi mengenai hasil yang diperoleh selama penelitian serta pembahasannya yang dikaitkan dengan teori-teori pendukung/literatur yang telah diperoleh sebelumnya

Bab V Kesimpulan dan Saran

Membahas mengenai kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini serta saran-saran sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Madu

Madu merupakan pemanis alami berasal dari nektar bunga yang telah dikenal lama oleh masyarakat dunia dan memiliki khasiat tertentu bagi tubuh manusia. Madu berasal dari nektar yang dikumpulkan oleh lebah dari berbagai macam tumbuhan yang diproses di dalam tubuh lebah hingga membentuk larutan gula jenuh ataupun sangat jenuh dan mengandung 17% air, 38% fruktosa, 31% glukosa, 10% gula jenis lainnya dan berbagai macam mikronutrisi (vitamin-vitamin, asam amino dan mineral-mineral) dengan nilai pH di bawah 4 (Bogdanov, 2011).



(a)



(b)

Gambar 2.1 Madu yang berasal dari nektar bunga (a) Lebah penghisap madu; (b) Madu murni

Pada saat proses pemasakan nektar menjadi madu, lebah menambahkan enzim yang salah satunya adalah enzim-enzim ke dalam madu. Enzim invertase mengkonversi sukrosa pada nektar menjadi glukosa dan fruktosa, dan enzim glukosa oksidase mengoksidasi glukosa menjadi asam glukonat dan hidrogen peroksida, yang berfungsi sebagai zat antibakteri (Bogdanov, 2011). Gambar 2.1 menunjukkan lebah penghisap madu serta madu murni yang siap dikonsumsi.

2.1.1 Jenis-Jenis Madu

Terdapat berbagai jenis madu yang tersebar di penjuru dunia tergantung pada sumber nektar yang diambil oleh lebah penghasil madu. Negara-negara produsen madu terbesar di dunia diantaranya adalah Cina, Amerika Serikat, Argentina, Turki, Meksiko, Ukraina dan India. Kualitas, komposisi, warna, rasa, dan bau madu akan berbeda-beda tergantung pada jenis tumbuhan sumber nektar, kondisi iklim tempat tumbuhan sumber nektar berasal, serta proses pengambilan dan penyimpanan madu, walaupun secara umum madu-madu tersebut memiliki kandungan nutrisi yang sama. Tanaman sumber nektar dapat berupa tanaman kehutanan, tanaman buah-buahan, maupun tanaman untuk perkebunan. Indonesia merupakan negara yang memiliki keaneka ragaman hayati yang sangat tinggi, baik berupa tumbuhan alam maupun tanaman hasil budidaya yang menjadi sumber nektar bagi lebah penghasil madu. Beberapa jenis tumbuhan yang merupakan sumber madu di Indonesia dapat dilihat pada Tabel. 2.1.

Tabel 2.1 Berbagai Jenis Tumbuhan Sebagai Sumber Madu di Indonesia (Dephut, 2011)

No	Nama tanaman	Kandungan		Keterangan
		Nektar	Pollen	
I. Tanaman Kehutanan				
1.	Kaliandra (<i>Calliandra callothyrsus</i>)	√		Sangat baik
2.	Aren (<i>Arenga pinnata</i>)	√	√	Sangat baik
3.	Petai cina (<i>Leucaena glauca</i>)		√	Baik
4.	Kayu Putih (<i>Mlaleuca leucadendron</i>)	√	√	Baik
5.	<i>Accacia mangium</i>	√	√	Cukup baik
6.	Eukaliptus (<i>Eucalyptus spp</i>)	√	√	Cukup baik
7.	Lamtoro gung (<i>Leucaena leucocephala</i>)		√	Cukup baik
8.	Sonobrit (<i>Dalbergia sisso</i>)	√		Cukup baik
9.	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	√	√	Cukup baik
10.	<i>Acacia auriculiformis</i>		√	Cukup baik
II. Tanaman Buah-Buahan				
1.	Klengkeng (<i>Euphorbia longan</i>)	√	√	Sangat baik
2.	Rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>)	√	√	Baik
3.	Mangga (<i>Mangifera indica</i>)	√	√	Cukup baik
4.	Durian (<i>Durio zibethinus</i>)	√	√	Cukup baik
5.	Jambu air (<i>Eugenia spp</i>)	√	√	Cukup baik

Tabel 2.1 Berbagai Jenis Tumbuhan Sebagai Sumber Madu di Indonesia (Dephut, 2011)

No	Nama tanaman	Kandungan		Keterangan
		Nektar	Pollen	
6.	Apokat	√	√	Cukup baik
7.	Jeruk (<i>Citrus spp</i>)	√	√	Cukup baik
III. Tanaman perkebunan/industri				
1.	Kapuk randu (<i>Ceiba petandra</i>)	√	√	Sangat baik
2.	Kelapa (<i>Coccos nucifera</i>)		√	Sangat baik
3.	Karet (<i>Hevea brasiliensis</i>)	√		Sangat baik
4.	Jambu mete (<i>Anacardium occidentale</i>)	√	√	Cukup baik

Berdasarkan Tabel 2.1, setiap pohon akan menghasilkan komposisi madu yang berbeda-beda. Sebagian madu mengandung baik nektar maupun pollen, namun sebagian lainnya hanya mengandung nektar saja maupun pollen saja. Sumber nektar ini juga akan menentukan sifat-sifat fisik dan kimia dari madu tersebut, biasanya yang terlihat nyata adalah warna dari madu.

Umumnya, lebah penghasil madu akan mengambil nektar dari berbagai jenis bunga ataupun pohon yang berbeda-beda sehingga akan menghasilkan sifat madu tersendiri. Namun pada peternakan lebah, biasanya telah dilakukan pengaturan sumber nektar yang disediakan untuk lebah berupa perkebunan dengan jenis tumbuhan yang tertentu saja. Di banyak negara, peternak lebah biasanya mencampur madu dengan jenis yang berbeda-beda untuk memperoleh warna dan kandungan air yang diinginkan (Gosyenland, 2010). Madu yang berasal dari satu jenis pohon yang sama disebut sebagai madu monofloral yang masing-masing jenis memiliki rasa dan tekstur tersendiri. Sebagian besar madu yang ada di pasaran merupakan madu campuran yang merupakan campuran dari dua atau lebih jenis madu yang berbeda-beda.

Saat ini telah dikenal madu organik yang merupakan madu dengan standar-standar tertentu yang telah ditetapkan oleh pemerintah atau badan terkait setempat yang meliputi asal lebah, tempat penangkaran lebah, dan terutama bunga sumber nektar berasal harus merupakan bunga yang berasal dari lingkungan pertanian organik.

Di Eropa terkenal suatu jenis madu yang disebut embun madu yang tidak berasal dari nektar bunga, melainkan berasal dari cairan mirip madu yang merupakan hasil sekresi serangga lain atau dari getah tanaman yang dihisap oleh serangga lain. Embun madu yang populer berasal dari hutan pinus di negara Jerman yang memiliki aroma khusus, sedikit pedas dan berwarna merah gelap dan digunakan sebagai obat.

Madu yang berasal dari pohon akasia akan terlihat lebih bening dan murni serta memiliki rasa yang termasuk paling manis dengan sedikit aroma floral yang lembut. Madu jenis ini akan tetap berbentuk cair dalam waktu yang lama karena konsentrasi fruktosanya yang tinggi. Sedangkan kandungan sukrosa madu akasia tergolong rendah sehingga aman dikonsumsi untuk penderita diabetes. Manfaat medis yang dihasilkannya antara lain membersihkan hati, melancarkan saluran usus, serta sebagai anti inflamasi (radang) untuk sistem pernafasan. Selain itu, madu akasia juga sangat baik digunakan sebagai pemanis karena tidak akan merubah atau menambah aroma pada makanan ataupun minuman yang ditambahkan madu ini (Gosyenland, 2010).

Madu alpukat tidak memiliki rasa yang mirip dengan buah alpukat dan memiliki warna kegelapan dan memiliki rasa yang seperti mentega. Selain itu terdapat madu eukaliptus yang memiliki rasa yang unik, yaitu sedikit rasa mentol dan biasanya digunakan untuk mencegah flu dan sakit kepala. Madu eukaliptus memiliki cita rasa yang kuat dan berwarna kuning muda. Madu jenis ini terkenal karena khasiat yang dimilikinya, khususnya dalam pengobatan penyakit dada. Selain itu terdapat madu citrus atau jeruk yang memiliki aroma khusus yang segar sesuai dengan sumber pohonnya dengan warna madu yang terang.

Setiap madu yang dihasilkan dari masing-masing pohon lainnya akan menghasilkan sifat fisik seperti aroma, rasa, warna, dan kekentalan yang berbeda dapat dipilih untuk disesuaikan dengan kebutuhan tertentu seseorang. Namun secara umum, madu yang berwarna lebih gelap menunjukkan kandungan mineral yang lebih banyak pada madu tersebut dibandingkan pada madu dengan warna yang lebih terang.

2.1.2 Karakteristik Madu

Madu memiliki keunikan sendiri dalam sifatnya, meskipun madu memiliki rasa yang manis, madu tidak lebih berbahaya dari gula dalam penggunaannya sebagai barang konsumsi. Berbagai macam zat yang terkandung di dalam madu dapat memberikan berbagai macam manfaat bagi tubuh kita. Secara umum, madu mengandung karbohidrat, berbagai jenis mineral, vitamin, asam, dan juga enzim-enzim yang bermanfaat bagi tubuh sebagai zat antibodi, antimikroba, dan zat anti kanker serta berbagai manfaat lainnya.

Komposisi kimia madu dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: komposisi nektar asal madu, keadaan iklim, topografi, jenis lebah, cara pengolahan dan penyimpanan (Sihombing, 1997). Sebagian besar kandungan madu merupakan karbohidrat (gula sederhana) dan air. Karbohidrat tersebut terdiri dari fruktosa, glukosa serta maltose, sukrosa, dan gula lain. Selain itu, madu juga mengandung komponen lain seperti asam, enzim dan hidroksimetilfurfural (HMF). Pada umumnya madu memiliki komposisi sebagai berikut: air 17 %, fruktosa 38,19 %, glukosa 31,29 %, sukrosa 1,31 %, gula lainnya 8,8 %, total asam 0,57 %, abu 0,169 %, nitrogen 0,041 %, dan lain-lain 2,43 % (Bogdanov, 1997).

Tabel 2.2 menunjukkan komposisi rata-rata dari madu untuk masing-masing komponen pada madu Amerika.

Tabel 2.2 Komposisi Rata-Rata dari Madu (Bogdanov, 2011)

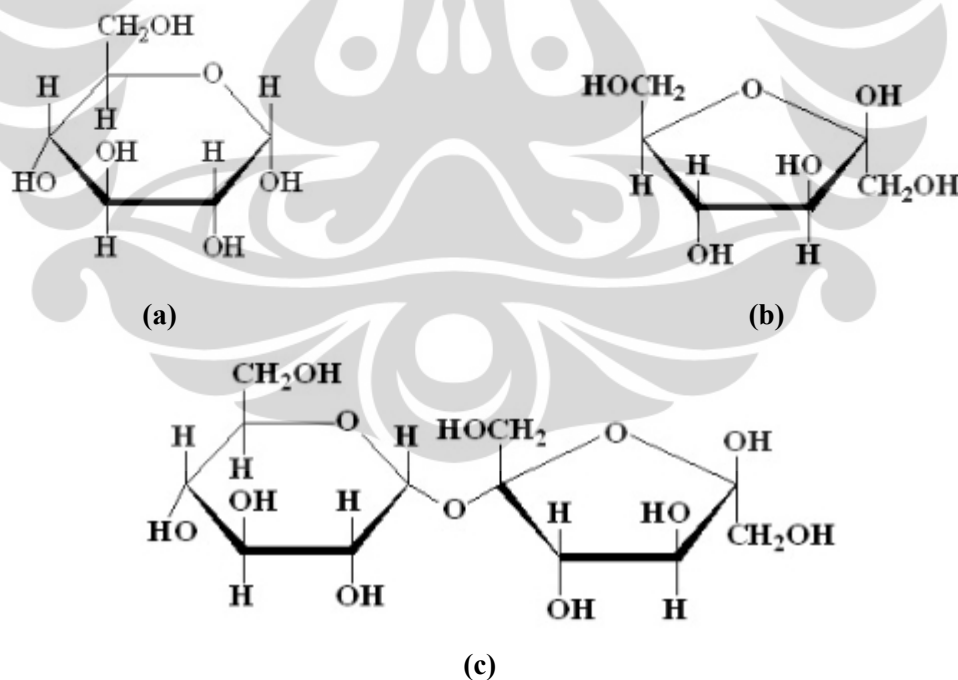
Komponen	Madu Floral	
	Nilai rata-rata (g/100g)	Rentang Nilai (g/100g)
Kandungan air	172	15-20
Fruktosa	38,2	30-4
Glukosa	31,3	24-20
Sukrosa	0,7	0,1-4,8
Disakarida lainnya	5,0	28
Melezitose	<0,1	
Erlose	0,8	0,56
Oligosakarida lainnya	3,6	0,5-1
Gula total	79,7	

Tabel 2.2 Komposisi Rata-Rata dari Madu (Bogdanov, 2011)

Komponen	Madu Floral	
	Nilai rata-rata (g/100g)	Rentang Nilai (g/100g)
Mineral	0,2	0,1-0,5
Asam amino, protein	0,3	0,2-0,4
Asam	0,5	0,2-0,8
pH	0,9	3,5-4,5

2.1.2.1 Karbohidrat

Gula merupakan bagian utama dari madu, berjumlah sekitar 95% dari berat kering madu. Gula-gula utama merupakan monosakarida heksosa fruktosa dan glukosa, yang merupakan hasil dari hidrolisis sukrosa disakarida. Jumlah kedua jenis monosakarida ini, yaitu fruktosa dan glukosa, sangat berguna untuk pengklasifikasian madu uniflora (Bogdanov, 2011). Gambar 2.2 menunjukkan struktur kimia komponen-komponen pembentuk madu, yaitu glukosa, fruktosa, dan sukrosa.



Gambar 2.2 Struktur kimia zat pembentuk madu (a) Glukosa; (b) fruktosa; (c) Sukrosa

Komposisi karbohidrat dari berbagai macam jenis madu ditunjukkan pada Tabel 2.3. Pada sebagian besar madu, kandungan fruktosa mendominasi dibandingkan karbohidrat lainnya, dan sebagian kecil lainnya memiliki dominasi pada kandungan glukosa seperti pada madu dandelion dan *bluecurls*. Kandungan fruktosa yang lebih besar dibandingkan glukosa inilah yang menjadi perbedaan madu dibandingkan pemanis jenis lainnya, khususnya dengan gula tebu. Kandungan sukrosa pada madu sangat kecil tapi tidak pernah mencapai nol walaupun madu mungkin mengandung enzim aktif pemecah sukrosa.

Tabel 2.3 Komposisi Karbohidrat Pada Berbagai Jenis Madu (eng.ege.edu.tr, 2006)

Jumlah Sampel	Jenis Bunga	Glukosa (%)	Fruktosa (%)	Sukrosa (%)	Maltosa (%)	Gula Lainnya (%)
23	Alfalfa	33,40	39,11	2,64	6,01	0,89
25	Alfalfa-sweetclover	33,57	39,29	2,00	6,30	0,91
5	Aster	31,33	37,55	0,81	8,45	1,04
3	Basswood	31,59	37,88	1,20	6,36	1,44
3	Blackberry	25,94	37,64	1,27	11,33	2,50
5	Buckwheat	29,46	35,30	0,78	7,63	2,27
4	Buckwheat, wild	30,50	39,72	0,79	7,21	0,83
26	Clover	32,22	37,84	1,44	6,60	1,39
3	Clover, alsike	30,72	39,18	1,40	7,46	1,55
3	Clover, crimson	30,87	38,21	0,91	8,59	1,63
3	Clover, hubam	33,42	38,69	0,86	6,23	0,74
10	Kapas	36,74	39,28	1,14	4,87	0,50
3	Fireweed	30,72	39,81	1,28	7,12	2,06
6	Gallberry	30,15	39,85	0,72	7,71	1,22
3	Goldenrod	33,15	39,57	0,51	6,57	0,59
2	Heartsease	32,98	37,23	1,95	5,71	0,63
3	Locust, lack	28,00	40,66	1,01	8,42	1,90
3	Mesquite	36,90	40,41	0,95	5,42	0,35
4	Jeruk, Kalifornia	32,01	39,08	2,68	6,26	1,23
13	Jeruk, Florida	31,96	38,91	2,60	7,29	1,40
4	Raspberry	28,54	34,46	0,51	8,68	3,58
3	Sage	28,19	40,39	1,13	7,40	2,38
3	Sourwood	24,61	30,79	0,92	11,79	2,55

Tabel 2.3 Komposisi Karbohidrat Pada Berbagai Jenis Madu (eng.ege.edu.tr, 2006)

Jumlah Sampel	Jenis Bunga	Glukosa (%)	Fruktosa (%)	Sukrosa (%)	Maltosa (%)	Gula Lainnya (%)
4	Star-thistle	31,14	36,91	2,27	6,92	2,74
8	Sweetclover	30,97	37,95	1,41	7,75	1,40
3	Sweetcloer kuning	32,81	39,22	2,93	6,63	0,97
4	Tulip	25,85	34,65	0,69	11,57	2,96
5	Tupelo	25,95	43,27	1,21	7,97	1,11
7	Vetch	31,67	38,33	1,34	7,32	1,83
9	Vetch, berambut	30,64	38,20	2,03	7,81	2,08
12	White clover	31,71	38,36	1,03	7,32	1,56

Fruktosa memiliki sifat lebih mudah larut dalam air dibandingkan glukosa serta memegang peranan penting yaitu sifat higroskopis dari madu. Rasio antara glukosa dan fruktosa dalam madu akan menentukan kecenderungan terbentuknya kristal-kristal gula pada madu. Proses kristalisasi ini terjadi akibat terpisahnya kristal glukosa hidrat dari larutan jenuhnya yang merupakan madu (Hamdan, 2000). Karakteristik fisik dan perilaku dasar dari madu bergantung pada kandungan gulanya, namun komponen minor lainnya seperti pigmen, asam-asam, mineral, dan bahan lainnya juga mempengaruhi perbedaan sifat pada masing-masing jenis madu.

2.1.2.2 Kandungan asam

Kandungan organik yang terdapat di dalam dalam madu antara lain asam format, asam asetat, asam butirat, asam klaktat, asam aksalat, asam succinic, tartarat, maleat, pyroglutamat, pirufat, α -ketolutarat, dan asam glikolat (Bogdanov, 2011). Beberapa jenis asam tersebut sangat bermanfaat bagi kesehatan yakni berguna bagi metabolisme tubuh, di antaranya asam oksalat, asam tartarat, asam laktat, dan asam malat. Kandungan asam dalam madu sendiri cukup rendah, yaitu kurang dari 0,5% dari padatnya, namun memiliki kontribusi dalam penentuan rasa dari madu tersebut. Tingkat keasaman juga dapat memegang peranan terhadap ketahanan dan kestabilan madu terhadap mikroorganisme. Paling tidak, terdapat 18 jenis asam organik di

dalam madu dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Asam glukonat diketahui merupakan asam yang paling besar jumlahnya di dalam madu (Bogdanov, 2011).

2.1.2.3 Kandungan Mineral

Kandungan mineral dalam madu dapat dilihat berdasarkan nilai abunya. Secara umum, madu dengan kandungan mineral yang tinggi akan berwarna lebih gelap dari madu dengan kandungan mineral yang lebih rendah. Nilai abu suatu madu akan berbeda-beda tergantung jenisnya dan biasanya berkisar antara 0,02% hingga 1%. Kandungan nitrogen dalam madu termasuk cukup rendah, rata-rata sekitar 0,04%, walaupun terkadang mencapai 0,1%. Penelitian menunjukkan bahwa hanya 40% sampai 65% dari total nitrogen dalam madu merupakan protein alam (Doner, 2003).

Tabel 2.4 Kandungan Mineral Dalam Madu (eng.ege.edu.tr, 2006)

Mineral	Madu Berwarna Terang ppm	Madu Berwarna Gelap ppm
Potassium	205	1.676
Klorin	52	113
Sulfur	58	100
Kalsium	49	51
Natrium	18	76
Fosfor	35	47
Magnesium	19	35
Silika	22	36
Besi	2,4	9,4
Mangan	0,3	4,09
Tembaga	0,29	0,56

Kandungan mineral yang ada dalam madu alam akan tergantung dari sari bunga yang dihisapnya dan lahan tanam sumber sari bunga tersebut. Biasanya, warna gelap madu menunjukkan keberadaan mineral di dalam madu. Beberapa kandungan mineral dalam madu adalah Belerang (S), Kalsium (Ca), Tembaga (Cu), Mangan (Mn), Besi (Fe), Fospor (P), Klor (Cl), Kalium (K), Magnesium (Mg), Yodium (I), Seng (Zn), Silikon (Si), Natrium (Na), Molibdenum (Mo) dan Aluminium (Al).

Kandungan mineral ini bervariasi dari 0,02% hingga sedikit melebihi 1% untuk madu floral dengan rata-rata sebesar 0,17% untuk 490 sampel yang dianalisis. Jumlah dari kandungan mineral penting yang terdapat dalam madu dapat dilihat pada Tabel 2.4.

2.1.2.4 Kelebihan Madu Dibandingkan Gula Tebu

Madu dan gula tebu merupakan pemanis yang sama-sama mengandung glukosa dan fruktosa. Namun pada gula tebu kandungan kadar zat-zat alami seperti asam organik, protein, elemen-elemen nitrogen, enzim, dan vitamin-vitamin turun atau bahkan hilang selama proses produksi. Selain itu, madu memiliki kelebihan pada sifat antioksidan serta antibakteri yang tidak dimiliki oleh gula tebu.

Kandungan kalori gula tebu pada satu sendok makan sebesar 46 kal lebih kecil dibandingkan dengan madu yang sebanyak 64kal. Namun, karena madu memiliki rasa yang lebih manis dibandingkan gula tebu, maka pemakaian madu akan lebih sedikit dibandingkan gula tebu, sehingga jumlah kalori yang dikonsumsi pun menjadi lebih sedikit.

Komponen utama pada gula tebu merupakan sukrosa, yang terbentuk dari dua molekul gula yang berikatan. Ketika manusia mengonsumsi gula tebu, sistem pencernaan harus menggunakan enzim-enzim untuk memecah molekul sukrosa sebelum energi dari gula tersebut dapat diserap. Sedangkan pada madu, proses pemecahan komponen gula ini telah dilakukan oleh lebah sehingga karbohidrat dalam madu sudah tidak dalam bentuk sukrosa lagi, melainkan dua jenis gula sederhana, yaitu glukosa dan fruktosa yang lebih cepat diserap oleh tubuh manusia. Untuk lebih jelasnya, Tabel 2.5 menunjukkan komposisi madu dan gula tebu untuk masing-masing komponennya.

Tabel 2.5 Komposisi Madu dan Gula per 100g (Ensminger, 1993)

Komponen	Madu	Gula
Zat gizi :		
Energi (kkalori)	304	385
Protein (g)	0.3	0
Karbohidrat (g)	82.3	99.5
Serat (g)	0.1	0
Vitamin :		
Vitamin b6 (mg)	0.02	0
Vitamin C (mg)	1.0	0
Riboflavin (mg)	0.04	0
Niasin (mg)	0.3	0
Pantotenat (mg)	0.2	0
Asam Folat (mg)	3.0	0
Mineral :		
Kalsium (mg)	5.0	0
Fosfor (mg)	6.0	0
Natrium (mg)	5.0	1.0
Kalium (mg)	51.0	0
Magnesium (mg)	3.0	0
Fe (mg)	0.5	0
Zn (mg)	0.1	0
Copper (mg)	0.2	0

2.1.3 Masalah Pada Madu

Permasalahan utama yang seringkali ditemukan pada madu Indonesia adalah kadar air yang tinggi dibandingkan dengan madu-madu dari negara lain. Hal ini disebabkan terutama karena iklim Indonesia yang tropis dengan curah hujan yang tinggi secara langsung mempengaruhi madu yang dihasilkan. Madu dengan kadar air

18,3% atau lebih kecil dari itu, akan menyerap uap air dari udara pada kelembaban relative di atas 60% . Madu merupakan bahan yang sangat higroskopis, sehingga pada iklim yang lembab kandungan airnya menjadi tinggi dibandingkan pada iklim yang kering (Bogdanov, 2011). Kadar air yang tinggi ini sebenarnya menjadi kekurangan, karena dapat mempercepat terjadinya proses fermentasi pada madu sehingga menurunkan kualitas madu tersebut.

Selain itu terdapat permasalahan seringnya terbentuk kristal pada madu. Pembentukan kristal pada madu dapat menurunkan harga jual dari madu tersebut akibat persepsi masyarakat yang mempercayai bahwa madu yang mengkristal merupakan madu yang sudah tidak asli lagi. Padahal pada kenyataannya, hal ini hanya dipengaruhi akibat kadar glukosa dan fruktosa pada madu tersebut. Glukosa akan mengkristal pada konsentrasi antara 30-70% dan fruktosa akan mengkristal pada konsentrasi 78-95% tergantung pada temperatur lingkungan (Hamdan, 2000).

Permasalahan lainnya adalah sifat madu yang berupa cairan kental dan lengket yang higroskopis menyebabkan pengemasan madu harus dijaga dengan menggunakan wadah tertutup rapat yang biasanya merupakan botol kaca. Pengemasan yang tidak tertutup rapat dapat menyebabkan meningkatnya kadar air pada madu yang dapat menyebabkan terjadinya fermentasi. Penggunaan botol kaca yang berat dan mudah pecah, menjadi kekurangan tersendiri dalam pengemasan dan distribusi dari madu.

2.1.4 Kristalisasi Madu

Pada kondisi tertentu madu akan membentuk suatu padatan yang dikenal sebagai kristalisasi atau granulasi madu. Proses ini berlangsung secara alami yang diakibatkan kandungan glukosa pada madu terpresipitasi dari larutan madu yang sangat jenuh. Kondisi sangat jenuh ini terjadi karena kandungan glukosa dalam madu yang tinggi (lebih dari 70%) terhadap kandungan airnya (kurang dari 20%) (Assil *et al.*, 1991). Kandungan glukosa yang kehilangan airnya dan berubah menjadi monohidrat glukosa yang kemudian membentuk kristal pada madu. Hal ini terjadi karena sifat glukosa yang memiliki kelarutan yang lebih rendah dibandingkan

fruktosa. Fruktosa yang bersifat lebih larut dalam air dibandingkan glukosa akan tetap berada dalam bentuk cairnya. Ketika glukosa mengkristal, glukosa akan terpisah dari air dan membentuk kristal-kristal kecil. Ketika kristalisasi berlanjut dan semakin banyak glukosa yang mengkristal, kristal-kristal tersebut menyebar ke seluruh bagian madu. Selanjutnya larutan akan berubah ke bentuk jenuh yang stabil, yang menyebabkan madu menjadi lebih kental/padat atau mengkristal (Hamdan, 2000).

Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi kristalisasi pada madu, diantaranya adalah kandungan glukosa dan tingkat kelembaban dari madu tersebut. Selain itu, debu, polen, propolis, dan gelembung udara pada madu juga dapat mendorong terjadinya proses kristalisasi. Kondisi penyimpanan, seperti temperatur, kelembaban dan jenis penyimpanan juga akan berpengaruh terhadap proses kristalisasi madu. Tabel 2.6 menunjukkan berbagai jenis madu serta kecenderungannya membentuk kristal glukosa.

Tabel 2.6 Kecenderungan Kristalisasi Pada Berbagai Jenis Madu (eng.ege.edu.tr, 2006)

Madu	Kristalisasi
Akasia	-
Alfalfa	+
Kapas	+
<i>Cranberry</i>	-
Dandelion	+
<i>Gallberry</i>	-
Anggur	-
<i>Mesquite</i>	+
<i>Mexican clover</i>	-
Milkweed	-
Palmetto	-
Prune	+
Rape	+
Raspberry	-
Sage	-
Sourwood	-
Bunga matahari	-
Tupelo	-

*(+) berarti memiliki kecenderungan yang lebih tinggi dari rata-rata; (-) berarti memiliki kecenderungan yang lebih rendah dari rata-rata

Pada temperatur ruang, proses kristalisasi akan terjadi dalam waktu mingguan atau bulanan (atau mungkin dalam waktu harian, namun sangat jarang terjadi). Proses kristalisasi ini dapat dikendalikan dengan proses penyimpanan yang tepat, pemanasan, dan/atau dengan penyaringan. Temperatur yang rendah, atau sekitar 10°C akan menghambat terjadinya kristalisasi, karena temperatur yang rendah akan meningkatkan viskositas madu yang menghambat pembentukan dan difusi kristal. Pada temperatur $10-21^{\circ}\text{C}$ akan memicu terjadinya kristalisasi, sedangkan penyimpanan pada temperatur $21-27^{\circ}\text{C}$ akan memperlambat kristalisasi namun akan terjadi degradasi pada madu. Penanganan pada temperatur $40-71^{\circ}\text{C}$ ketika pengemasan madu juga dapat memperlambat terjadinya proses kristalisasi. Pemanasan pada temperatur sekitar $60-70^{\circ}\text{C}$ dapat melarutkan kristal dan menghilangkan sebagian kandungan udara pada madu (yang juga dapat mendorong terjadinya kristalisasi). Penyaringan akan menghilangkan partikel yang dapat mendorong terbentuknya kristal pada madu (Hamdan, 2000).

Madu dengan rasio glukosa : air kurang dari 1,7 akan bertahan dalam bentuk cair untuk waktu yang lama, sementara apabila rasionya lebih dari 2,1 biasanya akan mudah mengkristal. Madu dengan persentase fruktosa yang besar umumnya akan lebih tahan terhadap kristalisasi dan akan tetap berbentuk cair untuk waktu yang lama (Hamdan, 2000). Gambar 2.3 menunjukkan madu yang telah mengalami proses pengkristalan.



Gambar 2.3 Kristal Pada Madu

Beberapa jenis madu mengkristal secara merata, sementara jenis-jenis lainnya akan terkristalisasi sebagian dan memberentuk dua lapisan, kristal pada bagian bawah dan madu cair pada bagian atas seperti terlihat pada Gambar 2.3. Sebagian jenis madu akan membentuk kristal-kristal halus, sementara jenis lainnya akan membentuk kristal besar yang kasar. Semakin cepat madu mengkristal, teksturnya akan semakin baik (Hamdan, 2000). Madu yang mengkristal akan cenderung membentuk warna yang lebih pucat/terang dibandingkan ketika masih berada dalam keadaan cairnya. Hal ini terjadi karena gula glukosa memiliki kecenderungan untuk memisah dalam bentuk kristal dehidrat, dan kristal glukosa memiliki warna putih secara alami.

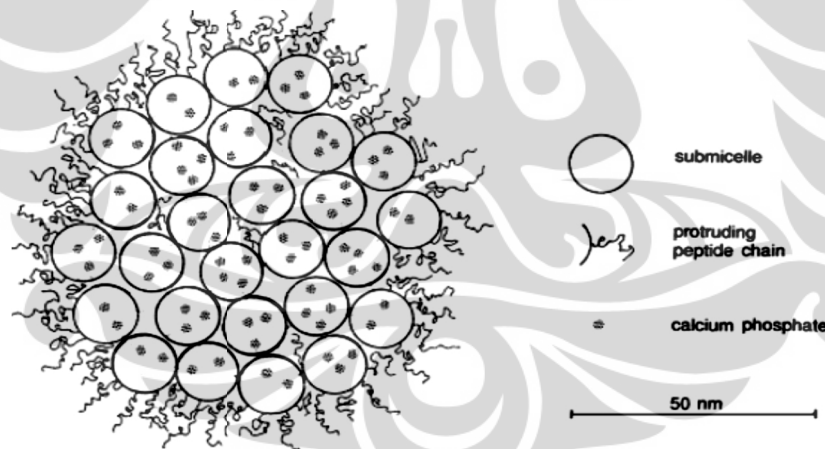
2.2 Kasein

Kasein merupakan protein utama yang ditemukan di dalam susu, yang telah digunakan semenjak abad ke-20. Penggunaan utama kasein hingga tahun 160-an berada pada bidang teknis, yang bukan merupakan zat untuk makanan, seperti pelekat kayu, pelapisan kertas, *finishing* barang-banrang yang terbuat dari kulit, serat sintetik, serta plastic seperti pada kancing, dll. Namun, semenjak 30 tahun terakhir, penggunaan kasein ini telah berubah, bergeser ke bidang makanan. Kasein digunakan sebagai bahan tambahan pada makanan untuk meningkatkan sifat-sifat fisik dari makanan tersebut, seperti *foaming*, *water binding* dan *thickening*, pengemulsi dan penghalus tekstur, bahkan untuk meningkatkan nilai nutrisi dari makanan tersebut (Southward, 2008).

Kasein merupakan protein yang unik karena memiliki manfaat yang dapat diterapkan secara luas. Pemanfaatan kasein ini diperoleh dari karakteristik molekulnya yang unik. Semua jenis kasein termasuk ke dalam golongan protein *amphiphilic*. Karena struktur utamanya yang unik, kasein memiliki bagian yang bersifat hidrofobik dan juga hidrofilik, sehingga kasein dapat berinteraksi baik dengan molekul polar maupun non-polar (Muir & Rollema, 2009). Kasein memiliki struktur yang fleksibel dan terbuka yang dapat beradaptasi pada berbagai kondisi dan matriks, sehingga pengaplikasiannya menjadi lebih luas. Karena sifat yang unik inilah, kasein juga dikategorikan dalam protein *rheomorphic* (Holt & Swayer, 1993).

Jumlah kasein di dalam susu sapi bervariasi tergantung pada jenis sapi serta tahapan penyusuan yang sedang dialami oleh sapi tersebut, namun pada umumnya berada pada rentang 24-29g/L. Kasein yang juga dikenal sebagai fosfo-protein mengandung sekitar 0,7-0,9% fosfor. Selain itu, kasein juga mengandung semua asam amino esensial untuk manusia pada jumlah yang tinggi sehingga kasein dikenal sebagai protein bernutrisi tinggi (Southward, 2008).

Kasein terdapat pada susu dalam bentuk sekelompok molekul yang kompleks (terkadang disebut sebagai kalsium fosfo-kaseinat) yang disebut “*micelles*”. *Micelles* ini terdiri atas molekul-molekul kasein, kalsium, fosfat anorganik dan ion-ion sitrat, serta memiliki berat molekul yang khas. Kasein *micelles* ini ada dalam susu sapi dalam keadaan yang sangat stabil dalam bentuk dispersi koloid. Gambaran struktur kasein *micelle* dapat dilihat pada Gambar 2.4 yang merupakan model dari “kasein sub-*micelle*”. Model ini hanya merupakan gambaran hasil interpretasi peneliti-peneliti berdasarkan sifat-sifat dari kasein *micelle* sendiri.



Gambar 2.4 Struktur *casein micelle* dalam model *submicelle* (Walstra, 1999)

Kasein merupakan protein utama yang ditemukan di dalam susu sapi, yang terbagi menjadi empat jenis yaitu kasein α_{S1} -, α_{S2} -, β dan κ . Rennet diketahui merupakan enzim kompleks yang mengandung berbagai jenis enzim, yaitu protease, rennin/*chymosin*, pepsin dan lipase. Enzim protease bekerja mengkoagulasi susu menjadi padatan dan cairannya (*whey*) sementara enzim *chymosin* bekerja memotong

dan menginaktivasi kasein-kappa pada susu. Kasein-kappa merupakan kasein yang bekerja sebagai pencegah terpresipitasinya kasein alpha dan beta. Ketika rennet dicampurkan ke dalam susu, *chymosin* bekerja memutus ikatan kappa yang menyebabkan kasein alpha dan beta terkoagulasi (Bowen, 1996).

2.2.1 Jenis-Jenis Kasein

Terdapat dua jenis dasar kasein, yaitu kasein asam dan kasein rennet. Kedua jenis kasein ini ditetapkan berdasarkan jenis agen koagulan (presipitan) yang digunakan untuk memisahkan kasein dari susu sapi. Dari jenis yang asam, kasein dapat dibagi lagi menjadi tiga, yaitu kasein asam laktat, hidroklorik, dan kasein asam sulfat. Ketiga jenis kasein asam ini merupakan jenis kasein yang paling sering digunakan di dunia. Kasein asam laktat banyak digunakan di New Zealand diikuti dengan kasein asam sulfat. Sementara di Eropa dan Australia, jenis presipitan yang banyak digunakan adalah asam hidroklorik yang merupakan hasil samping dari industri kimia yang memiliki harga beli yang rendah. Penggunaan jenis presipitan dapat diatur sesuai kebutuhan serta perhitungan ekonomi dan hal-hal lainnya.

Sementara itu, kasein rennet merupakan kasein yang diperoleh dengan mengkoagulasi kasein dari susu sapi menggunakan enzim rennet. Rennet ini merupakan suatu enzim yang berasal dari proses ekstraksi enzim pada perut anak sapi yang baru dilahirkan. Semua jenis kasein yang diperoleh dengan menggunakan rennet ini disebut sebagai kasein rennet yang memiliki sifat yang berbeda dari kasein asam (baik sifat, laktat maupun hidroklorik) (Southward, 2008).

2.2.2 Komposisi Kasein

Seperti telah disebutkan sebelumnya, kasein asam memiliki sifat-sifat dan karakteristik yang mirip satu dengan lainnya, sementara kasein rennet memiliki karakteristik yang berbeda. Tabel 2.7 menunjukkan kasein rennet memiliki perbedaan dengan kasein asam pada jumlah/ kandungan abunya serta besar pH dari ekstrak airnya. Selain itu, kasein rennet mengandung sekitar 3% kalsium dan fosfor sekitar 1,4% (Southward, 2008).

Tabel 2.7 Komposisi dari Kasein (Southward, 2008)

Komponen	Kasein Asam	Kasein Rennet
Kandungan air (%)	11,4	11,4
Protein (%)	85,4	79,9
Abu (%)	1,8	7,8
Laktosa (%)	0,1	0,1
Lemak (%)	1,3	0,8
Natrium (%)	<0,1	<0,1
Kalsium (%)	0,1	2,6-3,0
pH	4,6-5,4	7,3-7,7
pH whey setelah pemisahan	4,3-4,6	6,5-6,7
Kelarutan dalam air (%)	0	0

2.2.3 Sifat-Sifat Kasein

Kasein rennet dan asam sama-sama memiliki sifat tidak larut di dalam air. Untuk merubah sifatnya ini, kasein harus dilarutkan menggunakan alkali untuk menghasilkan larutan dengan pH 6,5 atau lebih, dengan hasil yang disebut dengan kaseinat. Produk-produk kasein dapat menyerap sejumlah air, sehingga dapat merubah tekstur dari suatu adonan atau produk yang dipanggang (seperti roti, kue, dll), dapat bekerja sebagai matriks pembentuk pada produk berbahan keju, ataupun penstabil larutan seperti produk-produk sup. Kasein dapat digunakan sebagai pelapis yang baik pada aplikasi *whipping* dan *foaming*, serta emulsi lemak atau minyak dalam air (Southward, 2008). Pemanfaatan kasein pada makanan secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Aplikasi Kasein Pada Makanan (Southward, 2008)

Bakeri	Sup	Makanan bayi
Pemutih kopi dan krimmer	Pasta	Produk daging
Produk-prduk turunan susu (yogurt, dll)	Farmasi	Bakanan bernutrisi batangan
Es krim dan makanan beku	Minuman olahraga	Makanan instan

2.2.4 Pemanfaatan Kasein Pada Makanan

Kasein secara umum tidak dikonsumsi dalam keadaan begitu saja (bahan utama), namun umumnya digunakan sebagai bahan campuran dalam makanan dengan tujuan baik meningkatkan sifat dari makanan tersebut, maupun dengan tujuan meningkatkan nutrisi pada makanan tersebut. Pemanfaatan kasein pada makanan secara spesifik pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Manfaat dan Tingkat Penggunaan Produk Kasein Dalam Makanan (Southward, 2008)

Jenis Makanan	Jenis Kasein	Tingkatan Penggunaan (%)	Manfaat
Produk-produk yang dibakar	Kasein, kaseinat	1-25	Nutrisi, pengikat air
Produk-produk keju	Kasein rennet, kasein asam	2-25	Pengikat lemak dan air, tekstur, pembentukan matriks
Pemutih kopi	Kaseinat natrium	1-10	Emulsifikasi lemak
Produk-produk kultur	Kaseinat natrium	1-25	Tekstur
Bubuk tinggi lemak	Kaseinat natrium	2-3	Pengemulsi lemak, stabilizer
	Kaseinat natrium	s/d 10	Pengemulsi lemak

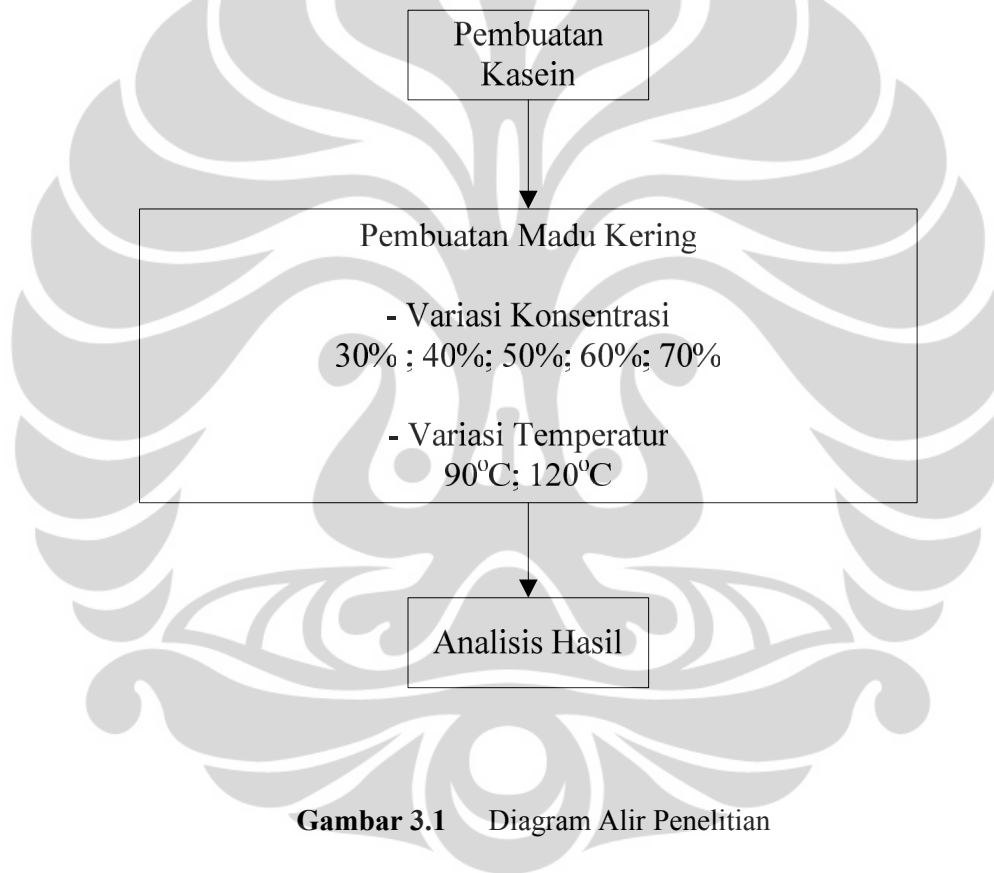
Tabel 2.9 Manfaat dan Tingkat Penggunaan Produk Kasein Dalam Makanan
(Southward, 2008)

Jenis Makanan	Jenis Kasein	Tingkatan Penggunaan (%)	Manfaat
Es krim	Kaseinat natrium	1-5	Tekstur, stabilizer
Makanan bayi	Kasein	1-25	Nutrisi
Makanan instan	Kaseinat natrium	2-30	Nutrisi
Produk-produk daging	Kaseinat natrium	3-20	Nutrisi, Pengemulsi lemak, pengikat air, tekstur
Makanan bernutrisi batangan	Kasein, kaseinat	10-20	Nutrisi, tekstur
Pasta dan makanan ringan	Kasein, kaseinat	5-20	Nutrisi, tekstur
Farmasi	Kasein, kaseinat	5-95	Nutrisi
Sup	Kaseinat natrium	5-20	Nutrisi, pengental
Minuman olahraga	Kaseinat natrium	2-10	Nutrisi

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini langkah-langkah yang dilakukan meliputi persiapan kasein, pembuatan madu kering, dan analisis hasil. Untuk lebih jelasnya, tahap-tahap penelitian ini disajikan dalam diagram alir pada Gambar 1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

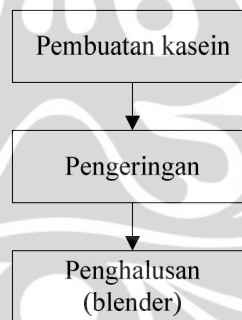
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.

3.1 Tahapan Kegiatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan satu jenis sampel madu kristal yang berasal dari CV. Madu Apiari Mutiara Ibu dengan menggunakan kasein sebagai bahan pengisi/anti *caking*. Proses pengeringan dilakukan dengan menggunakan oven pada loyang aluminium dengan 2 variasi temperatur yang telah ditentukan. Konsentrasi campuran madu-kasein divariasikan mulai dari 20-70% untuk menentukan konsentrasi optimum campuran yang dapat menghasilkan madu kering yang tidak lengket. Selanjutnya dilakukan tahap penghalusan madu kering yang telah jadi dengan menggunakan blender, kemudian analisis sampel. Analisis yang dilakukan pada sampel ada 3, yaitu: kadar air, kelarutan dan rendemen (yield).

3.1.1 Pembuatan Kasein

Pembuatan kasein melalui 3 tahap proses utama, yaitu pembuatan kasein, pengeringan, dan penghalusan seperti terlihat pada Gambar 3.2.

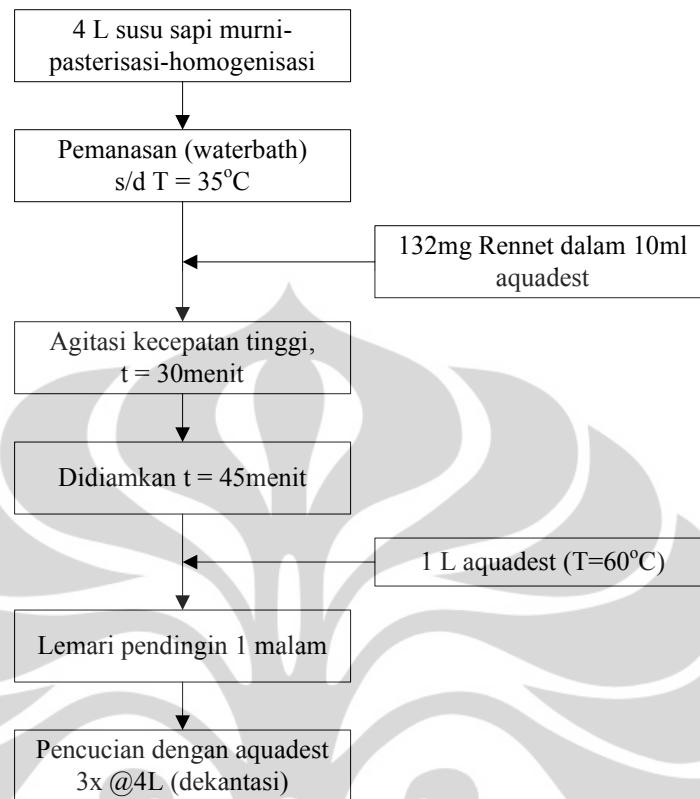


Gambar 3.2 Proses Persiapan Kasein

Proses pembuatan kasein dilakukan dengan menggunakan susu sapi murni yang telah dipasteurisasi dan homogenisasi merk Diamond. Koagulan yang digunakan untuk memisahkan kasein dari susu adalah enzim Rennet berbentuk tablet, sehingga kasein yang dihasilkan merupakan kasein rennet.

Pembuatan kasein dilakukan dengan mencampurkan rennet ke dalam susu yang telah dilanjutkan dengan agitasi pada kecepatan tinggi. Susu sapi sebanyak 4 liter dipanaskan dalam *waterbath* hingga temperaturnya mencapai 35°C. Rennet yang digunakan berbentuk tablet padat, sehingga harus dihancurkan terlebih dahulu hingga halus untuk mempermudah dalam melarutkan rennet dalam air. Rennet ditimbang sebanyak 132mg kemudian dilarutkan ke dalam aquadest sebanyak 10ml dan diaduk hingga kurang lebih 20 menit. Pengadukan selama 20 menit ini dilakukan untuk memberikan waktu untuk enzim larut secara merata dalam air. Proses selanjutnya adalah menambahkan larutan rennet ke dalam susu yang telah dipanaskan (masih dalam temperature 35°C) yang dilanjutkan dengan pengadukan pada kecepatan tinggi (200rpm) selama 30menit. Hasil agitasi didiamkan selama 45 menit agar kasein dapat terpisah dengan whey-nya kemudian dilakukan penambahan air dengan suhu 60°C untuk menonaktifkan enzim *chymosin* yang dihasilkan oleh rennet. Selanjutnya, campuran ini didiamkan hingga mencapai suhu ruang yang kemudian diletakkan di dalam lemari pendingin selama satu malam. Proses dilanjutkan dengan pencucian dan dekantasi kasein yang dihasilkan dengan menggunakan aquadest sebanyak 3 kali sebanyak masing-masing 4 liter. Kasein yang terbentuk berupa padatan yang memiliki struktur lembut seperti tahu berwarna putih kekuningan.

Untuk lebih jelasnya, proses persiapan kasein dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Proses Pembuatan Kasein

Tahapan selanjutnya adalah pengeringan dan penghalusan. Kasein yang telah diperoleh, diletakkan dan disebar di atas loyang untuk kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven pada temperatur 90°C hingga diperoleh kasein kering. Hasil pengeringan kasein yang masih berupa lembaran-lembaran tipis kemudian dihaluskan dengan menggunakan blender dapur hingga diperoleh kasein kering dalam bentuk serbuk halus.

3.1.2 Pembuatan Madu Kering

Pembuatan madu kering dilakukan dengan mencampurkan madu kristal dengan kasein kering sesuai dengan konsentrasi yang telah ditentukan. Sampel kemudian disebar di atas loyang lalu dikeringkan dengan menggunakan oven selama 3 jam dengan variasi temperatur yang telah ditentukan.

Hasil pengeringan yang paling baik selanjutnya diberikan proses lanjutan berupa proses penghalusan madu dengan menggunakan blender. Madu yang sudah kering masih dalam bentuk gumpalan-gumpalan kasar selanjutnya dihaluskan dengan blender hingga diperoleh madu kering berbentuk serbuk.

3.1.3 Analisis Hasil

Analisis hasil dilakukan hanya pada madu dengan konsentrasi optimal yang menghasilkan madu kering yang baik. Analisis hasil yang dilakukan terdiri atas 3 jenis analisis, yaitu analisis kandungan air, rendemen, dan kelarutan madu kering dalam air.

a) Kadar Air (AOAC, 1984)

Penetapan kadar air madu dilakukan dengan metode pengeringan/penguapan. Besar kadar air sampel dihitung dari berat madu sebelum dan setelah proses pemanasan yang dilakukan di dalam oven selama 3jam pada temperatur 105°C. Kadar air yang diperoleh dinyatakan dalam persen berat per berat (% b/b) dengan mengikuti persamaan 3.1.

$$\text{Kadar air} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan :

W_1 = Cawan kosong(g)

W_2 = Cawan + sampel basah (g)

W_3 = Cawan + sampel kering (g)

b) Rendemen (AOAC, 1970)

Perhitungan rendemen dilakukan dengan metode gravimetric yang dilakukan untuk mengetahui efisiensi pembuatan madu bubuk. Rendemen madu bubuk dari madu ditentukan dengan membandingkan berat madu bubuk yang diperoleh

dengan madu semula. Rendemen dinyatakan dalam persen berat per berat (% b/b), mengikuti persamaan 3.2.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat madu bubuk (g)}}{\text{Berat bahan yang dikeringkan (g)}} \times 100\% \quad (3.2)$$

c) Kelarutan Madu Serbuk (Fardiaz, 1992)

Perhitungan kelarutan madu serbuk dilakukan dengan menimbang sejumlah sampel madu bubuk yang dilarutkan dalam 100ml aquadest. Sampel kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman no.42 dibantu dengan pompa vakum. Sebelum digunakan, kertas saring ditimbang untuk dicatat beratnya setelah melalui proses pengeringan dalam oven selama 30 menit pada $T= 105^{\circ}\text{C}$. Setelah proses penyaringan, kertas saring beserta residu dikeringkan di dalam oven selama 3 jam pada temperatur 105°C kemudian didinginkan di dalam desikator selama 15 menit dan dilanjutkan dengan penimbangan sampel. Perhitungan nilai kelarutan sampel mengikuti persamaan 3.3.

$$\text{Kelarutan madu serbuk} = 1 - \frac{(b - a)}{\left(\frac{100 - c}{100} - d\right)} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan:

a = berat kertas saring (g);

b = berat kertas saring + residu kering (g);

c = kadar air sampel yang digunakan (%);

d = berat sampel (g).

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan utama serta pendukung yang digunakan selama penelitian ini meliputi 1 jenis madu kristal dan 1 jenis kasein kering sebagai bahan utama serta alat-alat yang digunakan selama proses penelitian berlangsung.

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas:

- | | |
|------------------------|-------------------|
| a. <i>Beaker glass</i> | j. Penangas air |
| b. Gelas ukur | k. Loyang |
| c. Pipet ukut | l. Refraktometer |
| d. Pipet tetes | m. Kaca arloji |
| e. Spatula | n. Cawan porselen |
| f. Botol aquadest | o. Corong vakum |
| g. <i>Hot plate</i> | p. Agitator |
| h. Neraca analitik | q. Cawan petri |
| i. Termometer | r. Oven |

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Madu kristal
- Susu sapi murni
- Rennet padat
- Aquadest

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Kasein

Pembuatan kasein dilakukan dengan mengkoagulasikan susu sapi dengan menggunakan rennet. Kasein merupakan protein utama yang ditemukan di dalam susu sapi, yang terbagi menjadi empat jenis yaitu kasein α_{S1} -, α_{S2} -, β dan κ . Rennet diketahui merupakan enzim kompleks yang mengandung berbagai jenis enzim, yaitu protease, rennin/*chymosin*, pepsin dan lipase. Enzim protease bekerja mengkoagulasi susu menjadi padatan dan cairannya (*whey*) sementara enzim *chymosin* bekerja memotong dan menginaktivasi kasein-kappa pada susu. Kasein-kappa merupakan kasein yang bekerja sebagai pencegah terpresipitasinya kasein alpha dan beta. Ketika rennet dicampurkan ke dalam susu, *chymosin* bekerja memutus ikatan kappa yang menyebabkan kasein alpha dan beta terkoagulasi (Bowen, 1996). Proses terkoagulasinya kasein alpha dan beta inilah yang menyebabkan susu terpisah menjadi dua bagian, yaitu kasein dan *whey*.

Pada penelitian ini, dilakukan optimalisasi isolasi kasein untuk mendapatkan *curd* kasein yang berbentuk padat dan terpisah sempurna dari protein *whey*. Kecepatan pengadukan antara rennet dan susu sapi menentukan kasein yang terbentuk pada akhir reaksi. Apabila kecepatan pengadukan tidak memadai, *chymosin* dalam rennet tidak mampu memutus kasein-kappa sehingga isolasi kasein menjadi tidak maksimal. *Curd* yang terbentuk akibat pengadukan yang tidak sempurna akan memiliki struktur yang halus dan atau bahkan tidak terpisah dengan protein *whey*. Proses pengadukan rennet dan susu pada awal penelitian hanya dilakukan dengan menggunakan magnetic *stirrer* yang mengakibatkan *curd* kasein yang dihasilkan tidak optimal. Tabel 4.1 menunjukkan proses *mixing* yang digunakan serta hasil yang diperoleh.

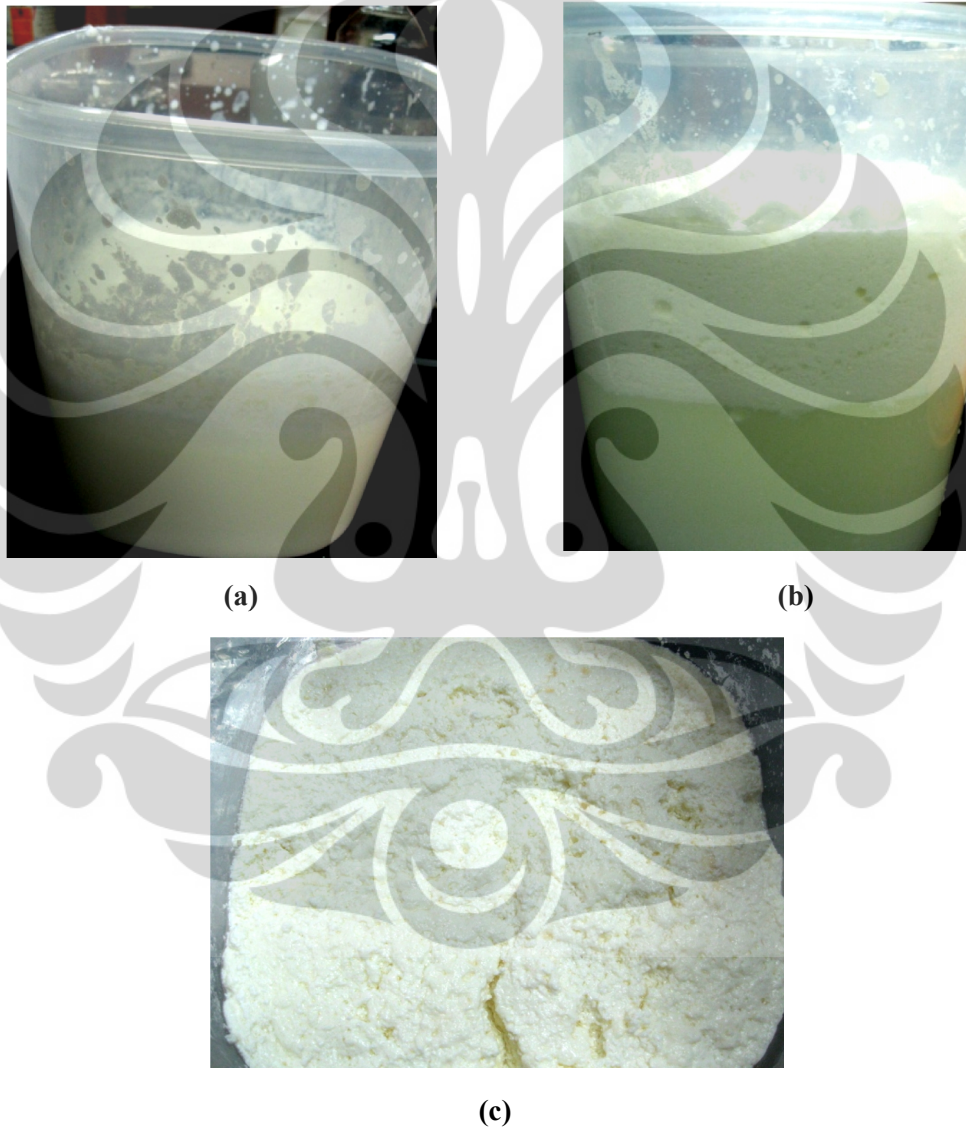
Tabel 4.1 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap *Curd* Yang Dihasilkan

Alat Pengaduk	Kecepatan	Waktu (menit)	Hasil (<i>Curd</i>)
<i>Magnetic stirrer</i>	Maksimal	15	<i>Curd</i> encer, tidak terpisah dengan sempurna
Agitator	100 rpm	15	<i>Curd</i> encer, tidak terpisah dengan sempurna
Agitator	200 rpm	15	<i>Curd</i> terbentuk, tekstur rapuh, mudah hancur
Agitator	200 rpm	30	<i>Curd</i> terbentuk sempurna, padat

Usaha yang dilakukan selanjutnya adalah mengganti alat pengaduk dari *magnetic stirrer* menjadi agitator. Dengan menggunakan agitator, pengadukan dapat dilakukan dengan kecepatan putar yang tinggi sehingga kesempatan bertemunya *chymosin* dengan kasein- κ menjadi lebih besar yang menyebabkan α_{S1} -, α_{S2} - dan β yang terkoagulasi menjadi lebih banyak. Pengadukan dilakukan dengan kecepatan 200rpm selama kurang lebih 30 menit sudah dapat menghasilkan *curd* kasein yang baik.

**Gambar 4.1** Hasil isolasi kasein dengan pengadukan kecepatan rendah (gagal)

Gambar 4.1 menunjukkan hasil isolasi kasein yang tidak baik akibat kecepatan pengadukan yang kurang tepat. Pada gambar terlihat kasein tidak terpisah dengan *whey* akibat *chymosin* tidak dapat memutus kasein- κ dengan sempurna. Gambar 4.2 menunjukkan hasil isolasi yang baik dengan terpisahnya *curd* kasein yang berwarna putih pada bagian atas dan *whey* yang berwarna putih transparan pada bagian bawah.



Gambar 4.2 Hasil isolasi kasein rennet : (a) setelah proses agitasi; (b) *curd* kasein yang terpisah dari protein *whey*; (c) tampak atas kasein

Susu yang digunakan untuk mengisolasi kasein ini adalah sebanyak 4L atau setara dengan 4kg susu sapi murni. Kasein yang diperoleh dari isolasi ini kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven pada temperatur 90°C hingga diperoleh kasein yang kering. Kasein kering yang dihasilkan masih berupa lembaran kemudian dihaluskan dengan menggunakan blender hingga diperoleh kasein bubuk. Dari hasil isolasi ini, diperoleh kasein kering sebanyak 217g dari susu sebanyak 4 liter. Berdasarkan hal ini, diketahui bahwa yield pembuatan kasein kering dari susu sapi murni adalah sebesar 5,4%. Gambar 4.3 menunjukkan kasein kering sebelum dan sesudah penggilingan dan Tabel 4.2 menunjukkan jumlah susu yang digunakan hingga kasein kering yang diperoleh.

Tabel 4.2 *Yield* Pembuatan Kasein Rennet

		Jumlah		
Susu	Rennet	Kadar Air	Kasein Kering	Yield
4 L	0,132 g	70 %	217 g	5,4 %



(a)



(b)

Gambar 4.3 Kasein kering (a) sebelum penggilingan; (b) setelah penggilingan

4.2 Pembuatan Madu Kering

Pada proses ini, madu kristal yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan madu kering berasal dari CV. Madu Apiari Mutiara. Madu kristal dipilih karena nilai jualnya yang lebih rendah dibandingkan dengan madu cair akibat keraguan masyarakat akan keaslian dari madu kristal. Seperti diketahui, kristalisasi merupakan proses alami yang terjadi pada madu akibat besarnya persentasi glukosa pada madu tersebut (Bogdanov, 2011). Setiap jenis madu memiliki kecenderungan mengkristal, tergantung pada konsentrasi glukosa di dalamnya serta proses penyimpanan dari madu tersebut. Penyimpanan pada temperatur 10-21°C akan memicu terjadinya kristalisasi dan pada temperatur antara 21-27°C akan memperlambat kristalisasi namun tetap terjadi pembentukan kristal (Hamdan, 2000).

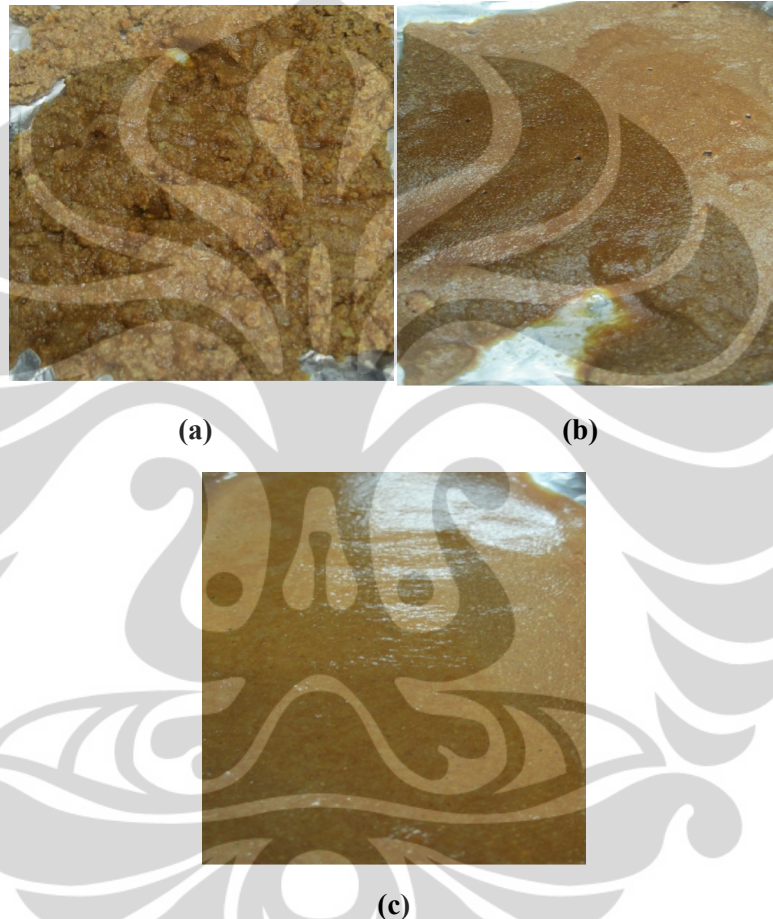
Pada penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi kasein yang digunakan serta temperatur pengeringan. Variasi konsentrasi kasein ditetapkan pada 20; 30; 40; 50; 60; dan 70% terhadap madu kristal. Temperatur pengeringan divariasikan pada dua titik, yaitu 90 dan 110°C. Untuk lebih jelasnya, variasi yang dilakukan pada penelitian disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Variasi Konsentrasi dan Temperatur Pembuatan Madu Kering

T (°C)	Konsentrasi (%b)	
	Madu Kristal	Kasein
90	30	70
	40	60
	50	50
	60	40
	70	30
110	30	70
	40	60
	50	50
	60	40
	70	30

Berdasarkan hasil penelitian, proses pengeringan pada temperatur 110°C tidak memberikan hasil yang baik, karena campuran madu dan kasein yang dihasilkan

berwarna gelap kecoklatan untuk semua variasi konsentrasi. Untuk pemanasan pada temperatur 90°C, warna produk yang dihasilkan lebih muda yaitu berwarna kuning keemasan. Hal ini terjadi karena pada suhu yang lebih tinggi, madu mengalami karamelisasi akibat temperatur yang tinggi, sehingga warna madu menggelap dalam jangka waktu yang lebih cepat.

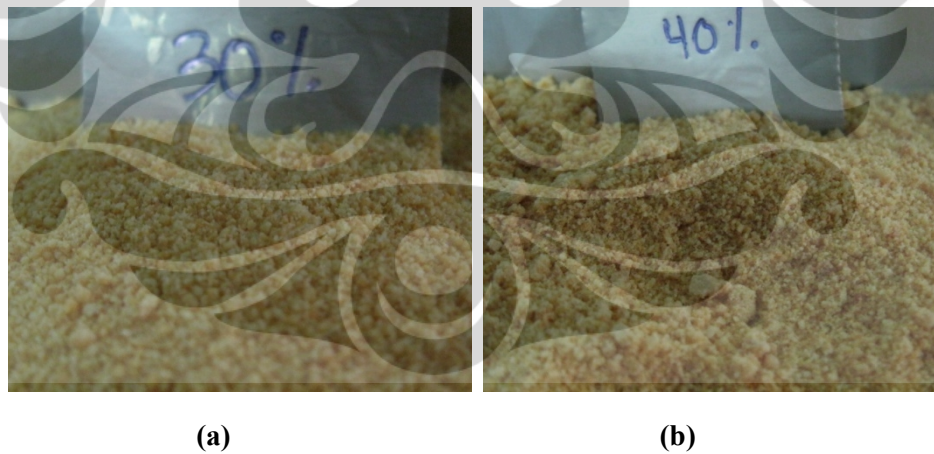


Gambar 4.4 Campuran Madu Kristal-Kasein; (a) 50% madu; (b) 40% madu; (c) 30% madu

Dari hasil variasi konsentrasi kasein, diperoleh konsentrasi yang menghasilkan madu kering yang mendekati keinginan adalah pada variasi 60 dan 70%. Pada konsentrasi 30-50%, madu yang dihasilkan masih dalam keadaan lengket dan bahkan untuk konsentrasi 30% tidak terjadi pengentalan dari sebelumnya. Hal ini

menunjukkan, pada konsentrasi kasein 30%, kemampuan *water binding* kasein belum mampu mengikat madu dan menghambat sifat higroskopisnya. Gambar 4.4 menunjukkan sampel madu kurang dari 30% yang tidak berhasil mengalami pengeringan.

Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengeringan madu kristal pada konsentrasi kasein 70 dan 60% sebelum dan setelah proses penghalusan. Madu serbuk dengan kasein 70% menunjukkan bahwa madu tersebut merupakan serbuk dengan kandungan madu 30% dan juga berlaku untuk kasein 60% yang menunjukkan bahwa kandungan madunya 40% yang akan digunakan sebagai penyebutan selanjutnya. Madu serbuk 30% dan 40% sudah mengarah pada bentukan madu serbuk yang diinginkan. Hasil pengeringan sudah menghasilkan madu yang cukup kering dan tidak menggumpal maupun lengket. Sifat ini tidak berubah setelah madu mengalami proses penghalusan dengan kondisi serbuk madu yang tetap kering. Namun, dari tekstur, madu 40% memiliki tekstur yang lebih lembab dibandingkan dengan madu 30%. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan *water binding* kasein lebih optimal digunakan sebesar 70% massa.



Gambar 4.5 Madu kering dengan konsentrasi 30 dan 40% (a) madu kering 30%; (b) madu kering 40%

Penggunaan kasein hingga 70% masih dalam batas aman, karena kasein merupakan bahan *food grade* yang alami karena bersumber dari susu sapi. Berdasarkan Southward, diketahui bahwa penggunaan tertinggi kasein ada pada

bidang farmasi yaitu hingga mencapai 95% yang mengambil manfaat dari sisi nutrisi pada kasein (Southward, 2011). Maka, madu kering yang dihasilkan selain merubah bentukan madu kristal menjadi serbuk, juga memiliki nilai nutrisi yang tinggi karena kasein merupakan sumber asam amino esensial yang diakui.

4.3 Analisis Hasil

Analisis dilakukan untuk 3 hal, yaitu uji rendemen, kandungan air, dan kelarutan. Rendemen atau yield yang menunjukkan seberapa banyak madu kering yang diperoleh dari campuran madu kristal dan kasein sebelum mengalami proses pengeringan. Sementara kandungan air menunjukkan seberapa banyak kandungan air di dalam madu kering tersebut, dan uji kelarutan menunjukkan seberapa larut madu kering tersebut terhadap air.

4.3.1 Rendemen

Pengujian rendemen mengikuti AOAC (AOAC, 1970) yang digunakan sebagai acuan. Hasil uji rendemen untuk madu 30 dan 40% serta sampel-sampel lainnya dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Uji Rendemen Madu Kering

T (°C)	Konsentrasi (%)		Rendemen (%)
	Madu	Kasein	
90	30	70	93,5
	40	60	92,8
	50	50	Lengket, menggumpal
	60	40	Tidak terjadi pengeringan
	70	30	Tidak terjadi pengeringan
110	30	70	Overheating
	40	60	Overheating
	50	50	Overheating , lengket, menggumpal
	60	40	Overheating , tidak terjadi pengeringan
	70	30	Tidak terjadi pengeringan

Dari hasil uji ini, diketahui bahwa rendemen madu 30 dan 40% memiliki nilai yang tidak terlalu jauh berbeda. Masing-masing sampel memiliki nilai persen rendemen sebesar 93,5 dan 92,8% untuk madu kering 30 dan 40%. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan air yang hilang setelah proses pengeringan adalah sebesar 6-8% yang sebagian besar (kalau tidak seluruhnya) berasal dari madu kristal. Madu kristal yang digunakan memiliki kandungan air sebesar 18%, kehilangan air selama proses pengeringan. Sementara untuk kasein, karena sudah dalam bentuk serbuk kering, maka kandungan air yang menguap sangatlah kecil.

Berdasarkan produk yang diperoleh dari penelitian ini, analisis hasil dilakukan hanya pada hasil dua madu kering yang terbaik yaitu madu 30 dan 40%. Sedangkan untuk konsentrasi lainnya tidak dilakukan analisis karena tidak menunjukkan kecenderungan untuk memberntuk madu kering.

4.3.2 Tekstur dan Warna

Uji tekstur dan warna dilakukan berdasarkan tampilan fisik dari produk madu kering yang dihasilkan. Untuk dua sampel madu yang berhasil memberntuk madu kering, yaitu madu kering 30% (selanjutnya disebut sampel A) memiliki tekstur yang lebih halus dengan bentuk butiran yang lebih kecil dibandingkan sampel 40% (selanjutnya disebut sampel B). Hal ini terjadi karena pada sample A, kandungan madu kristalnya lebih sedikit dibandingkan sampel B, yang secara langsung juga menyebabkan kandungan air pada sampel A menjadi lebih kecil. Kandungan air ini berpengaruh terhadap tekstur yang dihasilkan, pada sampel B dengan butiran lebih kasar, serbuk yang dihasilkan masih terasa lembap dan mudah menggumpal. Data tekstur dan warna sampel madu kering yang dihasilkan disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Tekstur dan Warna Produk Madu Kering

Sampel	Konsentrasi (%b)		Tekstur	Warna
	Madu	Kasein		
A	30	40	Butiran lebih halus	Kuning keemasan
B	40	30	Butiran lebih kasar	Kuning keemasan (lebih gelap)

Warna yang dihasilkan untuk kedua produk sebenarnya tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, hanya saja untuk sampel B memiliki warna kuning keemasan yang sedikit lebih gelap dibandingkan sampel A. Hal ini terjadi karena kandungan madu kristal pada sampel B lebih banyak 10% dibandingkan pada sampel A. Madu kristal sendiri memiliki warna coklat tua yang akan mempengaruhi warna produk akhir yang dihasilkan.

4.3.3 Kadar Air

Perhitungan kandungan air mengikuti standar AOAC (AOAC, 1984) dengan metode gravimetri. Dari perhitungan ini dapat diketahui kandungan air dalam madu kering yang dihasilkan. Kadar air merupakan salah satu parameter mutu yang penting bagi produk-produk kering karena akan menentukan daya tahan dan daya simpan produk. Kadar air yang diperoleh dari kedua madu kering akhir yang diperoleh, seperti dapat dilihat pada Tabel 4.6, adalah sebesar 13,5 dan 7,4% masing-masing untuk madu kering 40 dan 30%. Berdasarkan konsentrasinya, semakin besar kasein yang digunakan, maka kandungan airnya menjadi semakin rendah. Dengan penggunaan kasein kering, maka bahan yang mengalami pengurangan kadar air adalah kristal madu yang masih memiliki kandungan air sebesar 18%.

Tabel 4.6 Kadar Air Produk Madu Kering

Sampel	Konsentrasi (%b)		Kadar Air
	Madu	Kasein	
A	30	40	7,4
B	40	30	13,5

Salah satu kelebihan dari madu bubuk dan produk bubuk lainnya adalah kadar airnya yang rendah. Menurut National Honey Board (1999), kadar air madu bubuk berkisar antara 2 sampai 3,5%. Berdasarkan informasi tersebut, kadar air madu bubuk yang dihasilkan masih cukup tinggi untuk madu serbuk. Hal ini diakibatkan oleh peralatan pengeringan yang digunakan, yaitu oven, kurang memadai untuk

pengeringan madu. Penggunaan oven sebagai alat pengering sebenarnya merupakan kekurangan tersendiri dalam proses pengeringan ini. Dengan menggunakan oven, sirkulasi udara di dalam oven tidak bergerak akan mempengaruhi besarnya jumlah air yang menguap dari sampel sehingga pengeringan menjadi kurang optimal. Perpindahan panas yang terjadi mungkin sudah cukup baik, namun akibat sirkulasi udara yang kurang, perpindahan massa yang terjadi tidak berjalan secara optimal. Selain itu, madu merupakan bahan yang sangat higroskopis sangat mudah menyerap air, sehingga dengan penyimpanan yang tidak kedap udara, kadar air madu serbuk akan meningkat seiring dengan lamanya penyimpanan tersebut.

4.3.4 Kelarutan Madu Kering

Telah diketahui bahwa kasein rennet merupakan bahan yang tidak larut di dalam air (Southward, 2011). Karena pemanfaatan madu kering ini bukan untuk dilarutkan ke dalam air, maka sebenarnya nilai kelarutan tidak menjadi masalah besar untuk produk serbuk kering ini. Tabel 4.7 menunjukkan nilai kelarutan produk madu kering di dalam air.

Tabel 4.7 Kelarutan Produk Madu Kering di Dalam Air

Sampel	Konsentrasi (%b)		Kelarutan (%)
	Madu	Kasein	
A	30	40	65,9
B	40	30	64,4

Dari hasil uji kelarutan madu kering, diperoleh bahwa madu kering B memiliki kelarutan sebesar 64,4% dan untuk sampel A memiliki kelarutan sebesar 65,9%. Berdasarkan hal ini, nilai kelarutan dari kedua sampel tidak jauh berbeda yang menunjukkan perbedaan konsentrasi kasein dalam sampel tidak terlalu mempengaruhi besarnya kelarutan madu kering dalam air.

Sedangkan untuk segi rasa, kedua sampel madu memiliki rasa yang tidak jauh berbeda, memiliki rasa manis yang bersumber dari madu dan sedikit rasa gurih yang berasal dari kasein yang digunakan.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang berhasil diperoleh dari penelitian mengenai pembuatan madu kering dari kristal madu dengan kasein sebagai bahan anti *caking* ini adalah:

1. Konsentrasi kasein minimal yang dapat digunakan adalah 60% dengan hasil madu kering yang cukup baik dan tidak menggumpal dengan rendemen tertinggi yang diperoleh adalah sebesar 93,5% yang berasal dari madu kering 30%.
2. Tekstur madu serbuk yang lebih halus diperoleh pada konsentrasi madu 30%.
3. Kelarutan madu kering tertinggi adalah sebesar 65,8% yang diperoleh dari konsentrasi madu 30%.
4. Penggunaan oven sebagai alat pengeringan madu tidak memberikan hasil terbaik akibat perpindahan massa yang kurang optimal.

5.2 Saran

Diperlukan alat pengeringan yang lebih optimal dalam proses pengeringan madu kristal. Pertimbangannya adalah alat pengering sederhana yang mendukung perpindahan massa yang lebih baik. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan uji SEM untuk mengetahui struktur madu kering yang dihasilkan.







Daftar Pustaka



- AOAC. (1970). "Official Methods of The Association of Agriculture Chemis. AOAC Inc., Washington.
- AOAC. (1984). "Official Methods of The Association of Agriculture Chemis. AOAC Inc., Washington.
- Achmadi, S. (1991). "Analisis kimia produk lebah madu dan pelatihan staf laboratorium pusat perlebahan nasional Parung Panjang". Bogor : FMIPA IPB.
- Airborne^a. (1999). "Honey Enzymes". (Diakses : November 2, 2011). (<http://www.airborne.co.nz/enzymes.shtml#top>)
- Airborne^b. (1999). "Technical Information for Manufacturers". (Diakses : November 2, 2011). (<http://www.airborne.co.nz/manufacturing.shtml>)
- Assil, H.I., Sterling, R., Sporns, P. (1991). "Crystal Control in Processed Liquid Honey". *Journal of Food Science*, 56(4), 1034.
- Bogdanov, S., Martin, P., Lullman, C. (1997). "Harmonised method of the European Honey Commision". *Apidologie* (extra issue), 1-59.
- Bogdanov, S. (2011). "Functional and Biological Properties of the Bee Products: a Review". (www.bee-hexagon.net).
- Bowen, R. (1996). "Chymosin (Rennin) and the Coagulation of Milk". (Diakses: 2 Mei 2012). (<http://www.vivo.colostate.edu>).
- Dephut. (2011). "Perlebahan di Indonesia : Kondisi Perlebahan di Indonesia." (Diakses : Oktober 26, 2011). (<http://www.dephut.go.id/informasi/HUMAS/Lebah.htm>)
- Doner, L. W. (2003). "Honey". Elsevier Science Ltd, 3125-3130.
- Ensminger, A.H. (1993). "Food And Nutrition Encyclopedia". CRC Press.
- Gosyenland, 2010. "Jenis Madu." (Diakses : Oktober 26, 2011) (<http://www.gosyenland.com/front/index.php/artikel-madu/50-jenis-madu>)
- Hamdan, K. (2000). "Crystallization of Honey". (Diakses : 2 Mei 2012). (<http://www.countryrubes.com/information/khalilhamdanarticles.html>)

- Holt, C., Swayer, L. (1993). "Caseins as Rheomorphic Proteins: Interpretation of Primary and Secondary Structures of the AlphaS1-, Beta- and Kappa-Caseins". *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions, Vol. 89, 2683-2692.*
- Muir, DD., Rollema, H.S. (2009). "Diary Powders and Concentrated Products, Chapter 6: Casein and Related Products". *Diary Powders and Concentrated Products, 235-254.* Blackwell Publishing, Ltd.
- Otles, S. (2006). "Composition of Honey". (Diakses: 20 januari 2012). (<http://eng.ege.edu.tr/~otles/honey/?hny=hnylnk12>)
- Qing X. Li, Jun Wang. (2011). "Chemical Composition, Characterization, and Differentiation of Honey Botanical and Geographical Origins". *Advances in Food and Nutrition Research, Vol. 62, 89-13.* Elsevier Inc.
- Sanz, S., Gradillas, G., Jimeno, F., Perez, C., Juan, T. (1995). "Fermentation Problem in Spanish North-Coast Honey." *Journal of Food Protection, 58(5), 515-518.*
- Sihombing, D. T. H. (1997). "Ilmu Ternak lebah Madu." Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Snowdown, J. A., Cliver, D. O. (1996). "Microorganisms in Honey". *International Journal of Food Microbiology, 31(1-3), 1-26.*
- Southward, C.R. (2008). "Casein Products". *New Zealand Institute of Chemistry.* (Diakses : 12 September , 2011). (nzic.org.nz/ChemProcesses/dairy/3G.pdf)
- Walstra, P. (1999). "Casein Sub-Micelles: Do They Exist?". *International Dairy Journal, Vol. 9, No. 3, 189-192(4).*
- Zappalà, M., Fallico, B., Arena, E. & Verzera, A. (2004). "Methods for the Determination of HMF in Honey: a Comparison". *Food Control, Vol. 16, Issue 3, 273-277.*

LAMPIRAN A

Pembuatan Madu Kering

Konsentrasi Madu (%)	Sebelum Pengeringan	Setelah Pengeringan
30	 A tray containing several pieces of light-colored, moist honeycomb-like material, likely made from a 30% honey concentration, before the drying process.	 The same pieces of honeycomb material after drying, appearing significantly darker (brownish) and more brittle.
40	 A tray containing several pieces of light-colored, moist honeycomb-like material, likely made from a 40% honey concentration, before the drying process.	 The same pieces of honeycomb material after drying, appearing significantly darker (dark brown) and more brittle.
50	 A tray containing several pieces of light-colored, moist honeycomb-like material, likely made from a 50% honey concentration, before the drying process.	 The same pieces of honeycomb material after drying, appearing significantly darker (dark brown) and more brittle.

Konsentrasi Madu (%)	Sebelum Pengeringan	Setelah Pengeringan
60		
70	