



**APLIKASI TEKNIK FERMENTASI TERAEERASI PADA
PRODUKSI NATA DE COCO BERBAHAN DASAR
WHEY SANTAN KELAPA**

KARYA TULIS ILMIAH (SKRIPSI)

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknologi Hasil Pertanian (St)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Asal:	Hadiah Pembelian	Klass
Oldime Tgl :	19 JUL 2006	GG5.15
No. In'uk :		RIY a.
NURI NOVA RIYANTI		
NIM. 0217101046		

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2006**

Dosen Pembimbing :

Ir. Mukhammad Fauzi, M.Si. (DPU)

Ir. Giyarto, M.Sc. (DPA)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini aku persembahkan untuk:

1. Orang tuaku tercinta, Ayahanda Nanang Wiriyanto dan Ibunda Nuryati

Wiriyanto. Terima kasih buat untaian doa yang tiada henti, pengorbanan, kasih sayang, nasihat, kepercayaan dan pengalaman-pengalaman hidup yang sangat luar biasa, yang mengajarkan aku tentang banyak hal dalam hidup ini, membuat aku jadi orang yang lebih kuat, tegar, dewasa dan sabar dalam kondisi apapun.

This is for you, you're the best parents in the world and you're my efforts in this life. I'm proud to have parents like you.

2. Adikku tersayang, Taufik Hidayat. Terima kasih buat kasih sayang, perhatian, marah, kenangan indah masa kecil dan suplai dana saat aku butuh. You're my sweet little brother. I hope that you will give the best things and will be not disappointed our parents, and I hope you'll be a responsible person.

Special Thanks

- ❖ **Allah SWT** yang telah memberikan nikmat iman dan islam dalam hidupku, kesempatan untuk bisa bertanggung jawab, kesempatan untuk bisa merenungi dan menikmati segala kebesaran-Mu dan kesempatan untuk bisa menjadi manusia yang lebih baik lagi. Thanx God, because of You I can to do anything.
- ❖ **Nabi Muhammad saw** yang telah memberikan tauladan yang baik dalam setiap langkah hidupku sehingga aku bisa menjadi manusia yang mungkin lebih baik dari hari kemarin.
- ❖ **Bapak Sony Suwasono dan Bapak Jayus**, terima kasih buat ijin tempat dan ijin lembur serta terima kasih buat semua bantuan selama penelitian.

❖ *Gank Mikro-ku tercinta :*

The Epiglucans : Shita "Shi-tonk", makasih buat tempat curhatnya, tempat diskusinya, cerianya, ketawanya n makasih dah nemenin aku saat sendirian di lab. Moga tetep survive dalam segala hal. **Leo "Singo" ganteng**, makasih buat crita2nya, ngocolnya, cerianya, bantuannya, tumpangannya n kebersamaannya selama ngelab. Thanx man... Aku juga mo bilang selamat ya dah dapet someone yang bikin kamu nyaman. Btw, kapan nih traktirane?

Penerus lab Mikro tercinta (Choi "BC", Ari, Fatim, Widi, Taufik n Ika), selamat yo rek kalian dah jadi penghuni baru lab mikro tercinta. Ayo semangat!!!

Esp. for **Choi**, makasih ya dah nganterin aku kemana-mana n dah jadi partner kerja yang asyik. Thanx yo lhe...

❖ *Temen-teman terbaikku :*

Aphne, thanx for all the things you've done for me, thanx for being a best friend and good sister for me. Makasih buanyak buat tempat curhatnya, pinjeman duitnya, supportnya, nasehatnya, baiknya, may be marahnya juga n semuanya... Maafin kalo' selama ini aku dah banyak ngrepotin kamu. Hope we can be best friend forever...

Riza, thanx for everything pren, thanx for being a best friend and good sister for me. Makasih buat baiknya, kritiknya, nasehatnya, pinjeman duitnya, makanannya n waktu jalan2nya. Btw, kapan kita jalan-jalan lagi?aku dah kangen nih...

Sunaryo "Narmen", makasih buat do'anya, tempat curhatnya, nasehatnya, pinjeman flashdisknya n semuanya... Makasih dah jadi temen aku yang dapat dipercaya. Sifat jailnya diilangin donk... Kapan penelitiaane selesai? Cayo ya...

Dave-it cakep, makasih buat groyonannya, gokilnya, ketawanya, ngecepek2nya, baiknya, masukannya, tumpangannya n sepasang telinga yang rela ndengerin curhatku. Moga tetep jadi **dave-it** yang gokil but nggak da lo nggak rame man...

Apip "Blodus", makasih buanyak buat bantuannya, supportnya, do'anya, pertemanannya n crita2nya. Moga bisa menjadi manusia yang selalu mengupayakan ke yang terbaik. Buktikan kalo' kamu bukan buaya darat. Tetep semangat man!!!

May, makasih buat crita2nya, bantuannya, baiknya n semuanya... Tetep jadi **May** yang selalu ceria, PD, nyleneh, suka bantuin temen n survive. Tetep semangat ya!!!

Maju terus pantang mundur n berani ungkapin rasa.

Guntur "Adek", thanx buat supportnya, pengertiannya, baiknya, bantuannya n crita2nya. Don't worry man, sameday the true love will come in your life. Cayo man...

Util "Biuti" Menik si ceriwis, koq nggak da kabarnya lagi? Aku kangen sama ketawa n senyummu. N kabar2 donk kalo' da lowongan kerja...

Nana', thanx buat tempat curhatnya, bantuannya, supportnya, perhatiannya n semuanya... Aku beruntung banget punya temen kaya' kamu. Gimana penclitiane?
Tetep semangat yo, pren!!!

❖ *Teman-teman seperjuangan 2002 :*

Bidurist (Bekti "Bektos n Aestrin), the "juwet" (Icus, Yuli, Eni n Hasyim), the "buni" (Kenthir n Abbas), the "bakery" (Ita, Dewi, Pras, Pepak), the "nughet" (Mumun n Emak Yuli), the "edible film" (Sonya heboh n Cece' Nita), the "cacao" (Widi, Uus, Yunca), the "onde2" (Noven), the "couple" (Papi Rino n Mami Depong), the "sexy boy" (Andy), the "pentol" (Ewi n Hand-e), the "evervecent" (Inuk), the "tepung" (Njoes) dan segenap personil THP n TEP 2002 yang gak disebut semua. Makasih buat crita2nya n semua bantuannya. Bravo 2002!!!

Esp. for **Kenthir**, makasih dah rela nganterin aku ke rumah dosen malem2 n makasih dah percayain aku buat tempet curhatnya. Cayo man... Tunjukkin kalo' lo mang yang terbaik.

❖ *Teknisi Laboratorium TEP*: **Mbak Neni, Pak Min, Mbak Ketut, Mbak Sari, Pak Mistar** dan **Mbak Wim**, terima kasih buat bon bahan, alat n pinjaman kunci lab dan semua bantuannya.

❖ **Mbak Sofei**, makasih buat bantuannya, supportnya, makanannya, do'anya n semuanya... Kapan nih nyusul ujian? Tetep semangat yo, mbak!!!

- ❖ **Rossa "Ocha"**, makasih buat persahabatannya, tempat diskusinya, bantuannya, pengertiannya n semuanya... Guys, akhirnya kita bisa lulus bareng ya...
- ❖ **Mas Yoyo**, makasih buat KKNnya yang seru, buat ngalahnya, buat makan n minumnya, buat baksonya n buat crita2nya.
 - ❖ **Mas2 n mbak2 angkatan '01**, makasih buat semuanya...
- ❖ **Om Yanto dan Mbak Wim**, terima kasih buat tempet kost yang nyaman.
Maaf, kalo' kadang-kadang aku telat bayar kost.
- ❖ **Cewek2 penghuni Kalimantan IV/74 (Didon, Marjan, Nyong, Ari, Milla, Ruken, Mbak Nurul, Uffa, Husna, Mbak Ida, Ratih, Kentus, Sintul, Vivin "Ndut", Endah "Endel", Chenul n Cuz "Imex")**, makasih buat crita2nya, kebersamaannya, bantuannya, makanannya, guyonannya, ketawanya, marahnya n semuanya... Dari kalian aku bisa belajar banyak hal.
Kalo' aku punya salah sikap ato ucapan tolong dimaafin ya...
Esp. for **Marjan**, makasih buat sabarnya, makanannya, bajunya, tempat curhatnya, n semuanya... Maafin kalo' aku sering marahin n njailin kamu. Kapan nih lulusnya?
Lampung dah nunggu tu...
 - ❖ **Sege nap kru FTP tercinta tanpa terkecuali**, terima kasih banyak buat bantuannya.
- ❖ **Semua orang yang disebut ato nggak disebut**, makasih buat semuanya. Maaf, kalo' selama ini aku dah pernah bikin salah, baik yang disengaja maupun yang gak disengaja.

MOTTO

“Apa yang Kau kehendaki pasti terjadi, meskipun itu tidak seiring dengan keinginanmu. Tetapi apa yang kuinginkan tak mungkin terjadi jika tak sejalan dengan kehendak-Mu”

(Imam Syafi'i)

“New Knowledge is of little value if it doesn't change us, make us better individuals and keep us to be more productive, happy and useful”

(Hyrun Smith)

“Kesulitan itu adalah sahabat yang paling baik, ia menginsyafkan kepada seseorang tentang kekuatan yang tersembunyi di dalam badannya”

(M. Y. Nast)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nuri Nova Riyanti

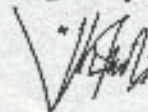
NIM : 021710101046

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: **APLIKASI TEKNIK FERMENTASI TERAERASI PADA PRODUKSI NATA DE COCO BERBAHAN DASAR WHEY SANTAN KELAPA** adalah benar-benar hasil karya sendiri dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2006

Yang menyatakan



NURI NOVA RIYANTI
NIM 021710101046

PENGESAHAN

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada :

Hari : Sabtu

Tanggal : 24 Juni 2006

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

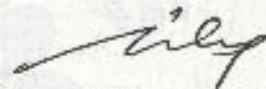
Tim Penguji :

Ketua,



Ir. M. Fauzi, M.Si.
NIP. 131 865 702

Sekretaris,



Niken Widya P. S.TP.
NIP. 132 304 475

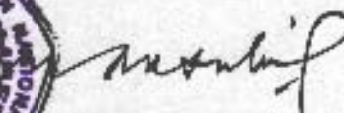
Anggota,



Ir. Giyanto, M.Sc.
NIP. 132 052 412

Mengesahkan

Fakultas Teknologi Pertanian,



Marzuki M., M.SIE.
NIP. 130 531 986

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah yang berjudul "Aplikasi Teknik Fermentasi Teraerasi Pada Produksi Nata De Coco Berbahan Dasar *Whey* Santan Kelapa". Karya tulis ilmiah ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Penyusunan ini tidak lepas dari peranan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada:

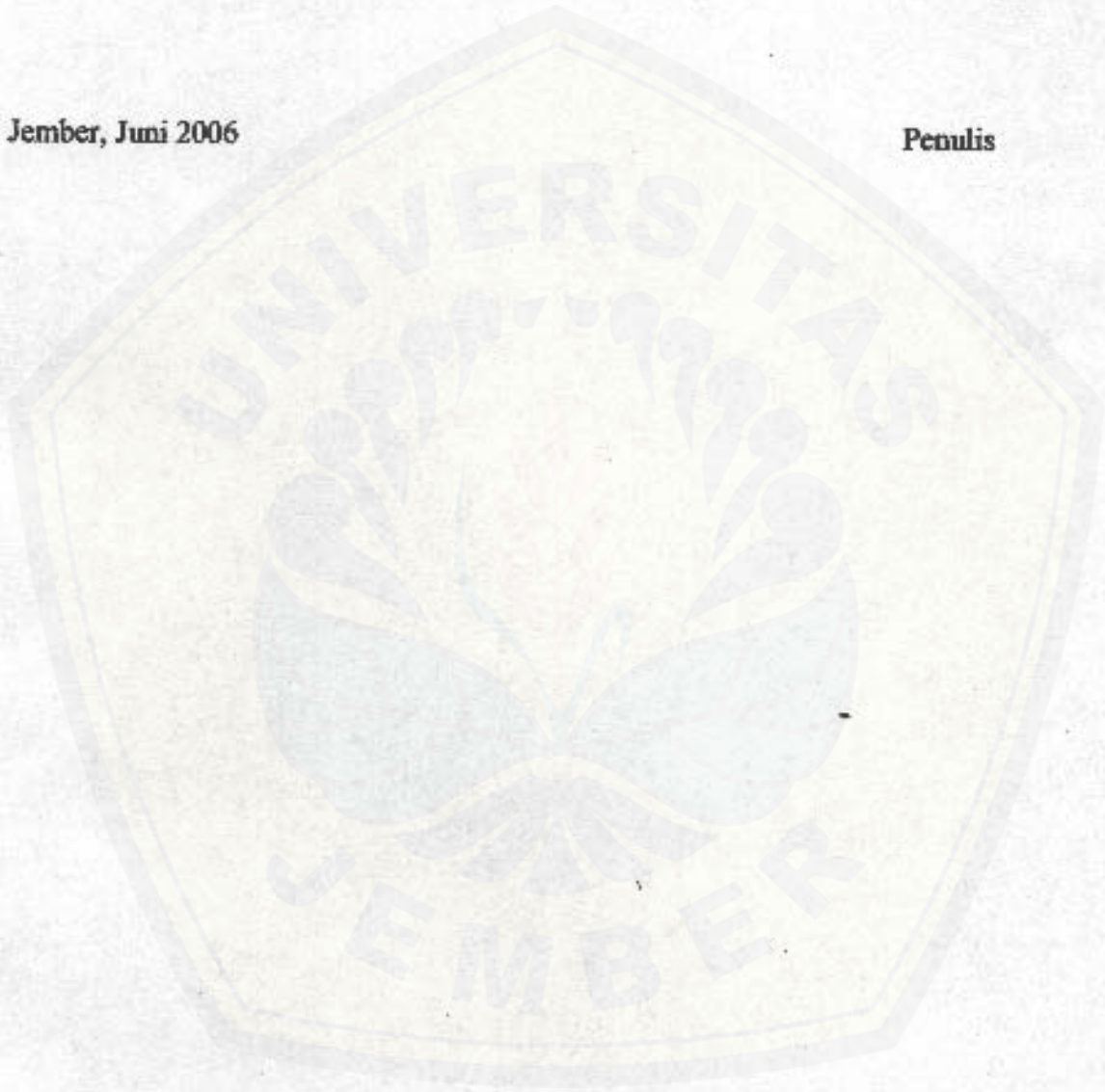
1. Bapak Ir. Ach. Marzuki M., MSIE., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Ir. Maryanto, M. Eng., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian.
3. Bapak Ir. M. Fauzi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan kesempatan untuk ikut serta dalam proyek penelitian ini dan memberikan bimbingan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Giyanto, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota I yang telah memberikan bimbingan selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Niken Widya P. S.TP., selaku Dosen Penguji II
6. Bapak/Ibu dosen dan Teknisi serta Staf Administrasi, terima kasih atas bantuan yang telah diberikan selama penulis belajar di Fakultas Teknologi ini.
7. teman-teman seangkatan dan seperjuangan "THP 2002" dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih untuk kalian semua.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini masih kurang sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan karya tulis ilmiah ini selanjutnya.

Akhirnya penulis berharap semoga karya tulis ilmiah ini dapat memberikan manfaat dan tambahan pengetahuan dibidang teknologi pertanian bagi kita semua. Amin.

Jember, Juni 2006

Penulis



RINGKASAN

Aplikasi Teknik Fermentasi Teraerasi pada Produksi Nata de Coco Berbahan Dasar Whey Santan Kelapa, Nuri Nova Rlyanti, 021710101046, 2006, 36 halaman.

Pada fase logaritmik, pembelahan sel terjadi sangat cepat, waktu generasi pendek dan pertambahan jumlah sel menjadi pesat. Hal ini akan lebih optimal jika ← kondisi lingkungan untuk pertumbuhannya mendukung, seperti ketersediaan oksigen terlarut dan sumber karbon dalam media fermentasi tersedia dalam jumlah yang cukup. Bakteri *Acetobacter xylinum* merupakan bakteri bersifat aerob, yang dengan tersedianya oksigen dan sumber karbon yang cukup pertumbuhannya menjadi baik dan sehat. Pada fase logaritmik bakteri ini mampu mengeluarkan enzim ekstraseluler polimerase untuk menyusun polimer glukosa menjadi selulosa (matriks nata). Fase ini umumnya dicapai dalam waktu antara 1-5 hari, tergantung kondisi lingkungan. Lama fase ini dapat dipersingkat, yang berarti fase stasioner segera terjadi, dengan pengaturan kondisi lingkungan fermentasi. Dengan membuat kondisi lingkungan menjadi bersifat kurang menguntungkan maka bakteri ini akan segera membentuk benang-benang selulosa (nata). Pengaturan suplai oksigen dalam media fermentasi diperlukan agar kecukupan kebutuhan oksigen selama fase logaritmik dapat terpenuhi, yaitu dengan perlakuan aerasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan teknik fermentasi teraerasi terhadap sifat fisik nata de coco berbahan dasar whey santan kelapa.

Penelitian dilakukan dengan memberikan perlakuan aerasi selama fase logaritmik *Acetobacter xylinum*, yaitu selama 3 hari pertama proses fermentasi. Kemudian diinkubasikan untuk fase pembentukan jaringan selulosa lanjutan hingga media habis menjadi nata. Untuk kepentingan analisis efektivitas dilakukan perbandingan dengan teknik fermentasi yang konvensional. Dari data yang diperoleh dapat diketahui perbedaan sifat fisik nata de coco dari kedua teknik tersebut.

Pengamatan nata (tebal, berat, tekstur atau kekenyalan, warna dan rendemen) dilakukan selama 14 hari. Data yang diperoleh selanjutnya diplotkan dalam bentuk grafik dan dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat fisik nata hasil teknik fermentasi teraerasi memiliki: tebal rata-rata berkisar antara 0,3861 cm sampai 1,3672 cm; berat rata-rata berkisar antara 1,6258 g/50 ml media sampai 20,6852 gr/50 ml media; tekstur rata-rata berkisar antara 43,7778 g/2 mm sampai 149,2222 g/2 mm; warna berkisar antara 66,17222 sampai 87,22222 (untuk L) dan antara 64,85602% sampai 81,22008% (untuk W); dan rendemen rata-rata berkisar antara 3,2517% sampai 41,3704%. Jika dibandingkan dengan teknik fermentasi konvensional, sifat fisik nata de coco hasil teknik fermentasi teraerasi meningkat sebesar 53,12% untuk tebal, 47,66% untuk berat, 3,802% untuk derajat keputihan (W), 5,835% untuk tingkat kecerahan (L) dan 47,67% untuk rendemen. Sedangkan untuk tekstur, teknik fermentasi teraerasi mengalami penurunan sebesar 39,48% dari teknik fermentasi konvensional. Dengan demikian, teknik fermentasi teraerasi menghasilkan nata dengan sifat fisik yang lebih baik dari teknik fermentasi konvensional.

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengelompokan Mikroorganisme Berdasarkan Kebutuhan Oksigen	5
2.2 Santan Kelapa	7
2.3 Nata de Coco	8
2.4 Mikroba Pembentuk Nata	10
2.5 Pembentukan Selulosa	13
2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Nata	16

2.6.1	Nutrisi Media	16
2.6.2	Ketersediaan Oksigen	17
2.6.3	pH Media	17
2.6.4	Suhu Fermentasi	18
2.6.5	Lama Fermentasi	18
2.6.6	Jumlah Starter	19
2.6.7	Umur Starter	19
2.6.8	Aerasi dan Agitasi	20
2.7	Hipotesa	20

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

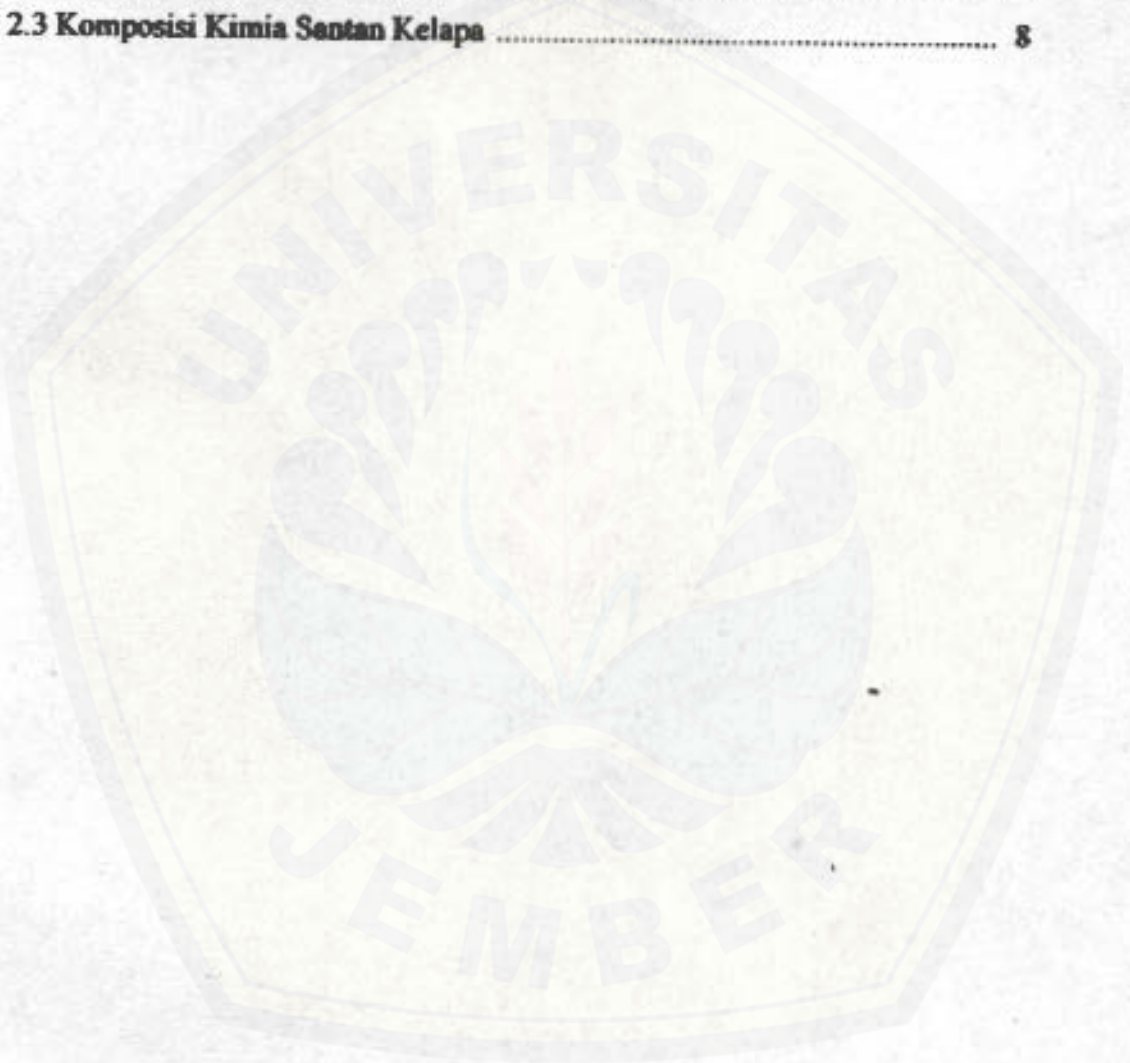
3.1	Bahan dan Alat	21
3.1.1	Bahan	21
3.1.2	Alat	21
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.3	Metode Penelitian	21
3.4	Pelaksanaan Penelitian	22
3.4.1	Regenerasi Biakan <i>Acetobacter xylinum</i>	22
3.4.2	Pembuatan Nata de Coco Teraerasi	22
3.4.3	Pembuatan Nata de Coco Tanpa Aerasi (Konvensional)	23
3.4.4	Parameter Pengamatan	23
3.5	Prosedur Analisa	24
3.5.1	Tebal Nata	24
3.5.2	Berat Nata	24
3.5.3	Tekstur Nata	24
3.5.4	Warna	24
3.5.5	Rendemen	25

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Tebal Nata	26
-----	------------------	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Pengelompokan Mikroorganisme Berdasarkan Kebutuhan Oksigen	6
2.2 Komposisi Kimia Daging Buah Kelapa dalam 100 gram Bahan	7
2.3 Komposisi Kimia Santan Kelapa	8



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Pembentukan ATP dalam Sistem Respirasi	6
2.2 <i>Aetobacter xylinum</i>	11
2.2 Fase-Fase Pertumbuhan Mikroorganisme	12
2.3 Struktur Bangun Selulosa	14
2.4 Jalur Biosintesa Selulosa oleh <i>A. xylinum</i>	15
2.5 Selulosa Tumbuhan dan Selulosa Bakteri	15
2.6 Struktur Bangun Sukrosa	17
4.1 Perubahan Tebal Nata de Coco pada Tiap Teknik Fermentasi	26
4.2 Perubahan Berat Nata de Coco pada Tiap Teknik Fermentasi	28
4.3 Perubahan Tekstur Nata de Coco pada Tiap Teknik Fermentasi	30
4.4 Perubahan Warna Nata de Coco pada Tiap Teknik Fermentasi	32
4.5 Perubahan Rendemen Nata de Coco pada Tiap Teknik Fermentasi	34

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Data Pengamatan Tebal Nata de Coco Konvensional	41
2. Data Pengamatan Berat Nata de Coco Konvensional	42
3. Data Pengamatan Tekstur Nata de Coco Konvensional	43
4. Data Pengamatan Warna Nata de Coco Konvensional	44
5. Data Pengamatan Rendemen Nata de Coco Konvensional	48
6. Data Pengamatan Tebal Nata de Coco Teraerasi	49
7. Data Pengamatan Berat Nata de Coco Teraerasi	50
8. Data Pengamatan Tekstur Nata de Coco Teraerasi	51
9. Data Pengamatan Warna Nata de Coco Teraerasi	52
10. Data Pengamatan Rendemen Nata de Coco Teraerasi	56
11. Data Perubahan Nata de Coco pada Tiap Teknik Fermentasi	57
12. Diagram Alir Proses Pembuatan Nata de Coco	60
13. Gambar Perlakuan Teknik Fermentasi Konvensional dan Teraerasi.....	61
14. Gambar Nata de Coco Hasil Teknik Fermentasi Konvensional dan Teraerasi	62



1.1 Latar Belakang

Buah kelapa (*Cocos nucifera* L.) memiliki nilai tambah yang sangat tinggi jika diolah atau dimanfaatkan lebih lanjut, misalnya sabut kelapa untuk jok mobil, tempurung kelapa untuk kopra, air kelapa untuk membuat nata dan sebagainya. Selain itu, buah kelapa juga dapat menghasilkan santan kelapa yang berasal dari dagingnya. Santan kelapa merupakan salah satu bahan masakan yang banyak dipakai di Indonesia, karena rasanya yang khas belum dapat digantikan oleh bahan manapun (Palungkun, 2005). Santan kelapa ini juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan nata de coco. Hal ini karena santan kelapa mengandung bahan-bahan seperti gula, senyawa nitrogen, vitamin dan mineral yang dapat digunakan sebagai media bagi pertumbuhan bakteri pembentuk nata (Ketaren, 1986)

Nata adalah lapisan tebal berwarna putih atau krem, tidak larut, lapisan yang bergelatin dari polisakarida yang dibentuk oleh *Acetobacter xylinum* pada permukaan media yang mengandung gula yang diasamkan, etil alkohol dan nutrisi lainnya (Mendoza, 1961 dalam Steinkraus, 1996). Sedangkan menurut Suhardiyono (1990), nata adalah jenis makanan hasil fermentasi oleh bakteri *Acetobacter xylinum*. Makanan ini berbentuk padat, kokoh, kuat, putih transparan dan kenyal dengan rasa mirip kolong-kaling.

Di Indonesia, nata relatif baru masuk pada tahap sosialisasi di tingkat masyarakat menengah ke bawah. Masih banyak masyarakat yang belum mengenal jenis produk ini. Namun, berdasarkan pada beberapa pengamatan dapat diketahui bahwa masyarakat mulai menyenangi produk ini. Oleh karena itu, peluang pasar masih sangat terbuka bagi para produsen dan pembisnis nata (Pambayun, 2002).

Dalam kehidupan sehari-hari nata dikonsumsi sebagai komponen minuman segar atau pencuci mulut (*food desert*), misalnya diminum dengan sirup, sebagai campuran koktail atau sebagai pengganti kolong-kaling (Pambayun, 2002). Nilai gizi

makanan ini sangat rendah dengan kandungan air yang sangat tinggi (98%), sehingga dapat digunakan sebagai makanan rendah energi dan untuk kepentingan diet. Selain itu, nata juga mengandung serat (*dietary fiber*) yang sangat dibutuhkan oleh tubuh dalam proses metabolismenya, sehingga bermanfaat bagi penderita diabetes dan kolesterol serta membantu proses pencernaan tubuh (Anonim, 2004).

Pada pembuatan nata de coco diperlukan adanya starter nata. Starter nata adalah bibit nata yang telah dikondisikan sehingga siap digunakan dalam pembuatan nata, yang merupakan suspensi sel *Acetobacter xylinum* dalam media nata. Umur starter yang digunakan dalam media fermentasi sangat berpengaruh terhadap nata yang dihasilkan. Umur bakteri yang baik untuk pembuatan nata sebaiknya pada fase logaritmik (fase pertumbuhan dipercepat) atau setelah diinkubasi selama 4-7 hari. Pada fase ini bakteri *Acetobacter xylinum* menghasilkan enzim ekstraseluler polimerase dalam jumlah banyak, dan enzim tersebut akan mengubah gula dalam media menjadi bentuk selulosa ekstraseluler sebagai jaringan nata (Pambayun, 2002).

Bakteri *Acetobacter xylinum* merupakan bakteri aerob, karena itu dalam pertumbuhan dan aktivitasnya bakteri ini sangat memerlukan oksigen, baik yang diperoleh dari udara atau yang terikut dalam media fermentasi. Bila kekurangan oksigen, bakteri ini akan mengalami gangguan atau hambatan dalam pertumbuhannya dan bahkan akan segera mengalami kematian (Pambayun, 2002).

Selain dipengaruhi oleh oksigen, pertumbuhan *Acetobacter xylinum* juga dipengaruhi oleh sumber karbon. Sumber karbon yang dapat digunakan dalam fermentasi nata adalah senyawa karbohidrat golongan monosakarida dan disakarida, sedangkan yang paling banyak digunakan adalah sukrosa atau gula pasir. Penambahan sukrosa harus mengacu pada jumlah yang dibutuhkan. Penambahan yang berlebihan, disamping tidak ekonomis dan mempengaruhi tekstur nata, juga dapat menyebabkan terciptanya limbah baru berupa sisa dari sukrosa tersebut. Namun sebaliknya, penambahan yang terlalu sedikit menyebabkan bibit nata tumbuh tidak normal dan nata tidak dapat dihasilkan secara maksimal (Pambayun, 2002). Berdasarkan penelitian sebelumnya (Sutrisna, 2006), kebutuhan senyawa karbon

yang optimal pada kondisi fermentasi teraerasi adalah 12,5%. Pada kondisi tersebut diperoleh kecepatan pertumbuhan yang maksimal dari *Acetobacter xylinum*, yaitu $0,102 \log \Sigma$ sel/jam.

Teknik fermentasi dalam pembuatan nata de coco yang selama ini dikenal adalah teknik fermentasi nata secara konvensional. Pada teknik ini dibutuhkan waktu fermentasi yang relatif lama dengan hasil yang kurang maksimal. Hal ini dikarenakan bahan baku yang digunakan sering terkontaminasi oleh mikroba lain dan ketersediaan oksigen dan sumber karbon dalam media kurang cukup, sehingga metabolisme sel menjadi terganggu. Oleh karena itu, dibutuhkan adanya perbaikan teknik fermentasi nata, yaitu teknik fermentasi teraerasi. Teknik fermentasi ini dilakukan dengan cara menginkubasikan bakteri nata dalam media yang diberi aerasi, dan teknik fermentasi ini diharapkan dapat memperbaiki sifat fisik nata de coco.

Atas dasar uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian guna mengkaji penggunaan teknik fermentasi teraerasi agar diperoleh nata dengan sifat fisik yang lebih baik dengan waktu fermentasi yang lebih singkat.

1.2 Permasalahan

Bakteri *Acetobacter xylinum* merupakan bakteri yang bersifat aerob. Dalam pertumbuhan, perkembangan dan aktivitasnya bakteri ini sangat memerlukan adanya oksigen, baik yang berasal dari udara bebas atau yang larut dalam media fermentasi. Bila suplai oksigen dalam media fermentasi selalu terpenuhi maka kecepatan pertumbuhan *Acetobacter xylinum* semakin meningkat, sehingga jumlah sel juga mengalami peningkatan. Kondisi ini mengakibatkan bakteri *Acetobacter xylinum* dapat melalui fase logaritmik lebih cepat, yang berarti fase stasioner dapat dicapai dalam waktu yang singkat. Pada fase stasioner, bakteri *Acetobacter xylinum* membentuk benang-benang selulosa dalam rangka mempertahankan diri dari kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan atau sesuai bagi selnya. Sehingga apabila

fase ini dicapai dalam waktu yang lebih cepat (awal) maka pembentukan benang-benang selulosa dapat terjadi dalam waktu yang lebih cepat pula.

Supaya suplai oksigen dalam media fermentasi selalu terpenuhi, diperlukan adanya perbaikan pada teknik fermentasi nata yang selama ini digunakan, yaitu dengan teknik fermentasi teraerasi. Teknik fermentasi ini dilakukan dengan cara menginkubasikan bakteri pembentuk nata dalam media fermentasi yang diberi aerasi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan teknik fermentasi teraerasi terhadap sifat fisik nata de coco berbahan dasar *whey* santan kelapa.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat dalam memanfaatkan komoditi buah kelapa untuk pembuatan nata de coco, khususnya yang berasal dari *whey* santan kelapa.
2. Penggunaan teknik fermentasi teraerasi diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, kualitas dan kuantitas nata de coco dengan waktu fermentasi yang lebih singkat.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelompokan Mikroorganisme Berdasarkan Kebutuhan Oksigen

Sebagai unsur pokok air dan senyawa-senyawa organik, oksigen adalah komponen universal pada sel dan selalu terdapat dalam jumlah besar pada zat gizi yang utama yaitu air. Akan tetapi, banyak organisme yang juga memerlukan oksigen molekular (O_2). Berdasarkan kebutuhannya terhadap oksigen, mikroorganisme dapat digolongkan dalam empat kelompok (Stanier et al, 1982), yaitu:

1. Aerob obligat, yaitu mikroorganisme yang bergantung pada oksigen molekular untuk memenuhi keperluan energi pada proses respirasi aerob.
2. Anaerob obligat, yaitu mikroorganisme yang mendapat energi dari reaksi yang tidak menyertakan pemanfaatan oksigen molekular.
3. Anaerob fakultatif, yaitu mikroorganisme yang dapat tumbuh baik dengan maupun tanpa oksigen molekular.
4. Mikroaerofilik, yaitu mikroorganisme yang tumbuh baik pada tekanan parsial oksigen yang sangat jauh dibawah tekanan udara (0,2 atm).

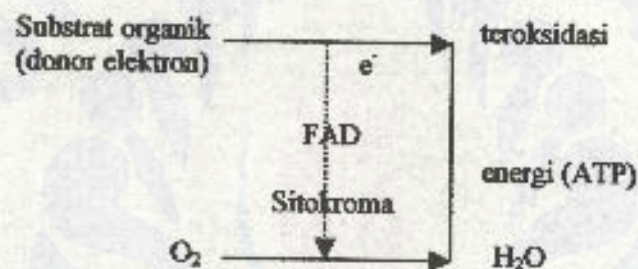
Sedangkan Todar (2004), menggolongkan mikroorganisme berdasarkan kebutuhannya terhadap oksigen dalam lima kelompok, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1. Pengelompokan mikroorganisme ini mempertimbangkan tujuan penggunaan oksigen dalam kehidupan sel.

Sel-sel yang melakukan respirasi pada umumnya mengandung enzim oksidase dan oleh karena itu mempunyai kecenderungan untuk menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron terakhir. Molekul oksigen merupakan substrat yang baik untuk direduksi pada muatan yang sangat positif dan tersedia dalam jumlah yang banyak di udara. Elektron-elektron di dalam sistem respirasi berasal dari $DPNH + H^+$, yaitu hasil oksidasi dari substrat, kemudian diubah oleh flavoprotein atau FAD dan sitokroma menjadi energi dalam bentuk ATP (adenosin-ribosa-triphosphat) (Winarno dan Fardiaz, 1979). Pada Gambar 2.1 dapat dilihat proses pembentukan ATP dalam sistem respirasi.

Tabel 2.1 Pengelompokan Mikroorganisme Berdasarkan Kebutuhannya Terhadap Oksigen

Kelompok	Kondisi Lingkungan		Efek oksigen
	Aerob	Anaerob	
Aerob obligat	Tumbuh	Tidak tumbuh	Dibutuhkan (untuk respirasi aerob)
Mikroaerofil	Tumbuh jika kadar tidak terlalu tinggi	Tidak tumbuh	Dibutuhkan tapi pada kadar dibawah 2 atm
Anaerob obligat	Tidak tumbuh	Tumbuh (toksik)	
Anaerob fakultatif (Aerob fakultatif)	Tumbuh	Tumbuh	Tidak dibutuhkan untuk tumbuh tapi digunakan jika tersedia
Anaerob aerotoleran	Tumbuh	Tumbuh	Tidak dibutuhkan dan tidak digunakan

Sumber : Todar (2004)



Sumber: Winarno dan Fardiaz (1979)

Gambar 2.1 Pembentukan ATP dalam Sistem Respirasi

Oksigen merupakan zat gizi yang sangat penting untuk bakteri aerob obligat. Mikroorganisme aerob dapat tumbuh dengan mudah pada permukaan agar cawan dan pada lapisan dangkal medium cair. Pada biakan cair yang tidak dikocok, pertumbuhan biasanya terjadi di permukaan. Akan tetapi, di bawah permukaan keadaannya menjadi anaerob dan pertumbuhan tidak mungkin terjadi. Untuk mendapatkan populasi besar pada biakan cair, beberapa cara telah dikembangkan untuk membuat persediaan oksigen dalam media fermentasi, yaitu dengan pengadukan, penggojokan atau dengan mengalirkan oksigen dalam media. Untuk menjamin kontak permukaan yang luas antara gas dan cairan, udara dapat dimasukkan melalui semprotan yang berpori, dan menyalurkannya dalam bentuk gelembung-gelembung udara yang sangat kecil (Stanier et al, 1982).

2.2 Santan Kelapa

Santan kelapa adalah cairan yang diperoleh dari parutan daging buah kelapa yang telah diparut. Jika dilihat di bawah mikroskop, daging buah kelapa akan memperlihatkan struktur sel yang panjang dipenuhi oleh cairan dan globula-globula minyak dalam cairan. Cairan dan globula-globula inilah yang diperas keluar (dalam wujud emulsi berwarna putih) dari daging buah kelapa parutan sebagai santan kelapa (Suhardiyono, 1990). Pada Tabel 2.2 dapat dilihat komposisi kimia daging buah kelapa.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Daging Buah Kelapa dalam 100 gram Bahan

Komponen	Buah Muda	Buah Setengah Tua	Buah Tua
Air	83,3 g	70,0 g	46,9 g
Protein	1,0 g	4,0 g	3,4 g
Karbohidrat	14,0 g	10,0 g	14,0 g
Lemak	0,9 g	13,0 g	34,7 g
Kalsium	17,0 g	8,0 g	21,0 g
Fosfor	30,0 mg	39,0 mg	21,0 mg
Besi	1,0 mg	1,3 mg	2,0 mg
Vitamin A	0,0 Iu	10,0 Iu	- 0,0 Iu
Thiamin	0,0 mg	0,5 mg	0,1 mg
As. askorbat	4,0 mg	4,0 mg	2,0 mg

Sumber: Ketaren (1986)

Teknik pembuatan santan kelapa senantiasa berkembang. Teknik pembuatan santan yang selama ini dikenal sangatlah sederhana, cukup dengan memarut daging buah kelapa dan memerasnya. Teknik ini kemudian berubah dengan munculnya mesin pamarut dan pemeras kelapa. Sistem pamarut yang digunakan sama dengan alat-alat parut lainnya, yaitu daging buah kelapa disandarkan pada silinder bergigi di permukaan yang berputar dengan kecepatan tinggi sambil ditekan. Daging buah kelapa akan tergiling menjadi bentuk parutan, kemudian secara gravitasi parutan

daging buah kelapa akan jatuh dalam tabung silinder datar yang berputar. Semakin banyak parutan daging buah kelapa, tekanan terhadap bahan semakin besar, sehingga secara otomatis akan memeras cairan dalam bahan. Perasan air santan akan keluar melalui lubang-lubang yang terdapat pada silinder dan ampas parutan akan keluar melalui sisi lain pada silinder (Palungku, 2005).

Santan kelapa merupakan emulsi minyak dalam cairan yang berwarna putih, kental dan mudah terkoagulasi jika dipanaskan pada suhu 80 °C. Santan kelapa memiliki aroma dan rasa yang khas, sehingga banyak dipakai sebagai bahan baku masakan yang belum dapat digantikan oleh bahan manapun (Palungku, 2005). Selain itu, santan kelapa juga dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan nata de coco karena mengandung bahan-bahan yang dibutuhkan bagi pertumbuhan bakteri pembentuk nata (Ketaren, 1986). Komposisi kimia santan kelapa dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Santan Kelapa

Komponen	Persentase (%)
Air	86
Zat padat	13-14
Lemak	4-5
Karbohidrat	4-5
Protein	3-4
Mineral	1

Sumber: Ketaren (1986)

2.3 Nata de Coco

Nata berasal dari bahasa Spanyol yang berarti krim. Nata diterjemahkan kedalam bahasa latin sebagai "natare" yang berarti terapung-apung. Dalam *Encyclopedia Universal Illustrade* dijelaskan bahwa nata adalah zat yang tebal dari suatu starter yang mengambang pada permukaan medium yang mengandung gula (Tendola, 1994). Sedangkan menurut Subardiyono (1990), nata seharusnya

merupakan selulosa yang di bawah mikroskop nampak seperti massa fibril yang tidak beraturan yang menyerupai benang-benang kapas.

Nata adalah jenis makanan penyegar atau pencuci mulut yang merupakan hasil fermentasi bakteri *Acetobacter xylinum*. Nata adalah "bacterial cellulose" yang berbentuk padat, putih transparan, mengandung air kurang lebih 98% (kadar serat kasar 2%) dan rasanya menyerupai kolang-kaling, serta biasanya digunakan sebagai pencampur es krim, koktail buah, sirup dan makanan ringan lainnya. Serat yang ada di dalam nata sangat dibutuhkan dalam proses fisiologi bahkan dapat membantu para penderita diabetes dan memperlancar penyerapan makanan dalam tubuh. Oleh karena itu, produk ini dapat dipakai sebagai sumber makanan berkalori rendah untuk keperluan diet (Astawan, 1998).

Nata dapat dibuat dari air kelapa, santan kelapa, tetes tebu (molases), limbah cair tebu atau sari buah. Nata yang dibuat dari air kelapa atau santan kelapa disebut nata de coco. Nata de coco pertama kali berasal dari Filipina, dan di Indonesia mulai dicoba pada tahun 1973. Namun demikian, nata de coco mulai dikenal di pasaran pada tahun 1981 (Sutarminingsih, 2004 dalam SI-LMUK, 2004).

Nata de coco bukan merupakan makanan bergizi, namun hal tersebut dapat diatasi dengan fortifikasi. Penambahan beberapa vitamin dan mineral akan mampu membuat produk tersebut bermanfaat bagi konsumen, serta mempertinggi cita rasa, tekstur dan rasa yang terkandung (Dolendo dan Maniquis, 1997).

Pembuatan nata de coco dilakukan dengan cara menginkubasikan media yang terdiri dari 5-6% sumber sukrosa berupa gula pasir, 3% santan kelapa, 1,9% asam asetat glasial, 70% air dan 20% sisa media dari fermentasi sebelumnya. Setelah 10-14 hari pada suhu 30 °C, nata dapat dipanen, kemudian dibersihkan dan direndam dalam air untuk menghilangkan sisa asam asetat. Sebelum dilakukan penambahan gula dan pewarna, nata yang terbentuk direbus dalam larutan gula kemudian dikemas (Holmes, 2004).

Menurut Pambayun (2002) dan Saragih (2004), proses pembuatan nata de coco dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap pembuatan starter dan tahap produksi.

Bibit atau starter nata yang siap pakai adalah suspensi *Acetobacter xylinum* dalam media cair. Pembuatan bibit nata dilakukan dengan cara yang hampir sama dengan pembuatan nata. Tahap pembuatan (produksi) nata dilakukan dengan menginkubasikan media yang terdiri dari: sumber karbon (berupa gula pasir), sumber nitrogen (berupa urea atau ZA), santan kelapa atau air kelapa, asam asetat glasial, air dan bibit nata. Takaran bibit atau starter yang umum digunakan adalah 20% (v/v). Setelah 10-14 hari, selulosa yang terbentuk dibersihkan kemudian direbus untuk mematikan sisa bakteri nata dan menurunkan kadar asam asetat dalam nata. Selanjutnya, nata direndam dalam air bersih selama 3 hari, dan nata siap untuk diolah menjadi minuman.

2.4 Mikroba Pembentuk Nata

Bakteri *Acetobacter xylinum* adalah bakteri asam asetat yang tergolong dalam divisio *Prothopyta*, klas *Schizomycetes*, ordo *Pseudomonadales*, famili *Pseudomonadaceae* dan genus *Acetobacter* (Dwidjoseputro, 1997).

Dalam *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* edisi ke-8 dalam Pelczar dan Chan (1988), genus *Acetobacter* memiliki ciri-ciri sebagai berikut: sel bulat panjang sampai batang, lurus atau agak bengkok, berukuran $0,6-0,8 \times 1,0-3,0 \mu\text{m}$, terdapat tunggal, berpasangan atau dalam rantai. Motil dengan flagelum peritrukus atau non motil, tidak mempunyai endospora, bersifat gram negatif, mengoksidasi etanol menjadi asam asetat, aerob sejati dan suhu optimum $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Gambar mikroskopis *Acetobacter xylinum* dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Menurut Pambayun (2002), sifat-sifat bakteri *Acetobacter xylinum* dapat diketahui dari sifat morfologi, sifat fisiologi dan pertumbuhan selnya.

a. Sifat Morfologi

Bakteri *Acetobacter xylinum* merupakan bakteri berbentuk batang pendek yang mempunyai panjang 2 mikron dan lebar 0,6 mikron, dengan permukaan dinding yang berlendir. Bakteri ini bisa membentuk rantai pendek dengan satuan 6-8 sel.

Bersifat non mobil dan dengan pewarnaan gram menunjukkan gram negatif. Bakteri ini tidak membentuk endospora maupun pigmen. Pada kultur sel yang masih muda, individu sel berada sendiri-sendiri dan transparan. Koloni yang sudah tua membentuk lapisan menyerupai gelatin yang kokoh menutupi sel dan koloninya.



MILIK UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS JEMBER

Sumber : res.titech.ac.jp

Gambar 2.2 *Acetobacter xylinum*

b. Sifat Fisiologi

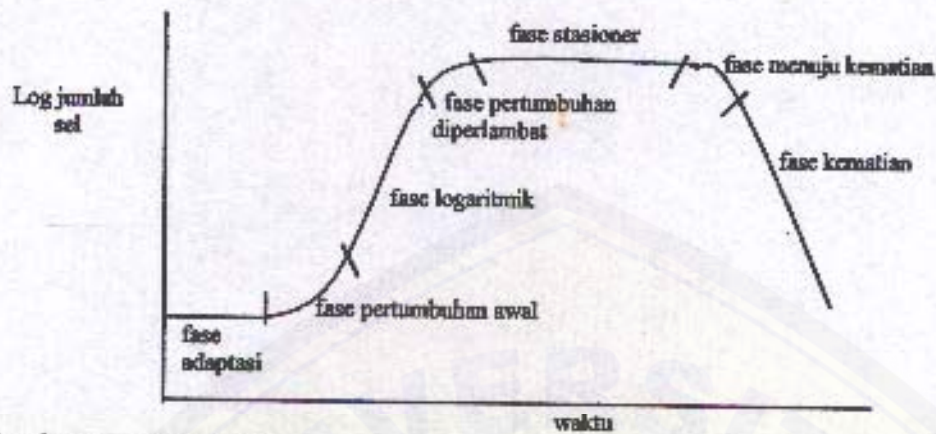
Bakteri ini dapat membentuk asam dari glukosa, etil alkohol dan propil alkohol, tidak membentuk indol dan mempunyai kemampuan mengoksidasi asam asetat menjadi CO_2 dan H_2O . Sifat yang paling menonjol dari bakteri ini adalah memiliki kemampuan untuk mempolimerisasi glukosa hingga menjadi selulosa. Selanjutnya, selulosa tersebut membentuk matrik yang dikenal sebagai nata.

c. Pertumbuhan Sel

Pada umumnya pola pertumbuhan bakteri melalui fase-fase pertumbuhan seperti digambarkan dalam Gambar 2.3.

1) Fase Adaptasi

Bakteri *Acetobacter xylinum* tidak akan langsung tumbuh dan berkembang begitu dipindahkan ke media baru. Pada fase ini, bakteri akan terlebih dahulu menyesuaikan diri dengan substrat dan kondisi lingkungan barunya, dan pada fase ini tidak terjadi perbanyakan sel, tetapi terjadi perbesaran sel dan aktivitas



Sumber : Fardiaz, 1989

Gambar 2.3 Fase-fase Pertumbuhan Mikroorganisme

metabolisme. Fase adaptasi bagi *Acetobacter xylinum* dicapai antara 0-24 jam atau ± 1 hari sejak inokulasi. Makin cepat fase ini dilalui, makin efisien proses pembentukan nata yang terjadi.

2) Fase Pertumbuhan Awal

Pada fase ini, sel mulai membelah dengan kecepatan rendah karena baru selesai tahap penyesuaian diri. Waktu generasinya masih panjang, sel membesar mendekati ukuran maksimal, hal ini dikarenakan adanya imbibisi air dan adanya permulaan aktivitas metabolisme. Fase ini menandai diawalinya fase pertumbuhan eksponensial.

3) Fase Pertumbuhan Dipercepat

Fase ini disebut juga sebagai fase pertumbuhan logaritmik yang ditandai dengan pertumbuhan yang sangat cepat. Fase ini sangat menentukan tingkat kecepatan suatu strain *Acetobacter xylinum* dalam membentuk nata. Untuk *Acetobacter xylinum*, fase ini dicapai dalam waktu antara 1-5 hari tergantung pada kondisi lingkungan. Dan pada fase ini, bakteri nata mengeluarkan enzim ekstraseluler polimerase sebanyak-banyaknya untuk menyusun polimer glukosa menjadi selulosa (matriks nata).

4) Fase Pertumbuhan Lambat

Pada fase ini, terjadi pertumbuhan yang diperlambat karena ketersediaan nutrisi telah berkurang, terdapatnya metabolit yang bersifat toksik yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri, dan umur sel telah tua. Dan pada fase ini, pertumbuhan tidak lagi stabil, tetapi jumlah sel yang tumbuh masih lebih banyak daripada jumlah sel yang mati.

5) Fase Pertumbuhan Tetap (Stasioner)

Pada fase ini, jumlah sel yang tumbuh relatif sama dengan jumlah sel yang mati. Penyebabnya adalah di dalam media terjadi kekurangan nutrisi, pengaruh metabolit toksik lebih besar dan umur sel semakin tua. Namun, pada fase ini sel akan lebih tahan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim jika dibandingkan dengan ketahanannya pada fase yang lain. Matriks nata lebih banyak diproduksi pada fase ini. Lama fase ini tergantung dari kepekaan sel terhadap faktor-faktor untuk pertumbuhan tersebut, semakin peka semakin pendek fase stasionernya.

6) Fase Menuju Kematian

Pada fase ini bakteri mulai mengalami kematian karena nutrisi telah habis dan sel kehilangan banyak energi cadangannya.

7) Fase Kematian

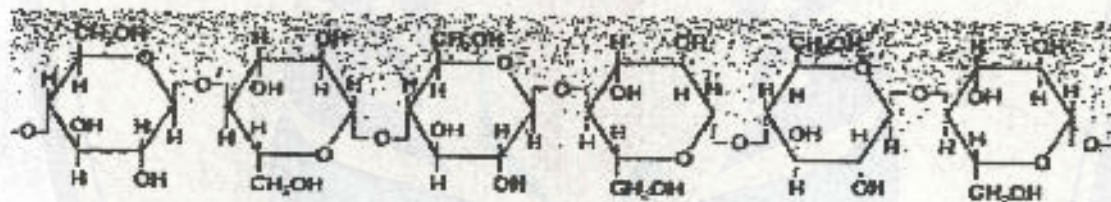
Sel akan dengan cepat mengalami kematian dan hampir merupakan kebalikan dari fase logaritmik. Sel mengalami lisis dan melepaskan komponen yang terdapat di dalamnya. Untuk *Acetobacter xylinum*, fase ini dicapai setelah hari kedelapan hingga kelima belas. Pada fase ini, *Acetobacter xylinum* tidak baik apabila digunakan sebagai bibit nata. Adapun faktor yang berpengaruh pada kecepatan kematian adalah nutrisi, lingkungan dan jenis bakteri.

2.5 Pembentukan Selulosa

Menurut Hestrin dan Schramm (1954), pembentukan jaringan selulosa memerlukan adanya senyawa karbohidrat dan oksigen. Senyawa karbohidrat yang sering digunakan pada pembuatan nata adalah sukrosa. Bakteri *Acetobacter xylinum*

akan memecah sukrosa ekstraseluler menjadi fruktosa dan glukosa, senyawa-senyawa tersebut baru dikonsumsi sebagai bahan bagi metabolisme sel. Selain itu, bakteri ini juga mengeluarkan enzim yang mampu menyusun (mempolimerisasi) senyawa glukosa menjadi polisakarida yang dikenal dengan selulosa ekstraseluler (lapisan nata), dan selulosa ekstraseluler mulai dapat dilihat di permukaan media cair setelah 24 jam inkubasi bersamaan dengan proses penjernihan cairan di bawahnya.

Polisakarida bakteri yang dibentuk oleh enzim-enzim *Acetobacter xylinum* berasal dari suatu prekursor yang berikatan β (1-4) yang tersusun dari komponen gula yaitu glukosa, ribosa, manosa dan rhamnosa. Prekursor dalam pembentukan selulosa oleh *Acetobacter xylinum* ialah UDPG (urasil-difosfo-glukosa). Pada Gambar 2.4 dapat dilihat struktur bangun selulosa yang terikat pada posisi β (1-4) dan jalur biosintesa selulosa oleh *Acetobacter xylinum* terlibat pada Gambar 2.5.



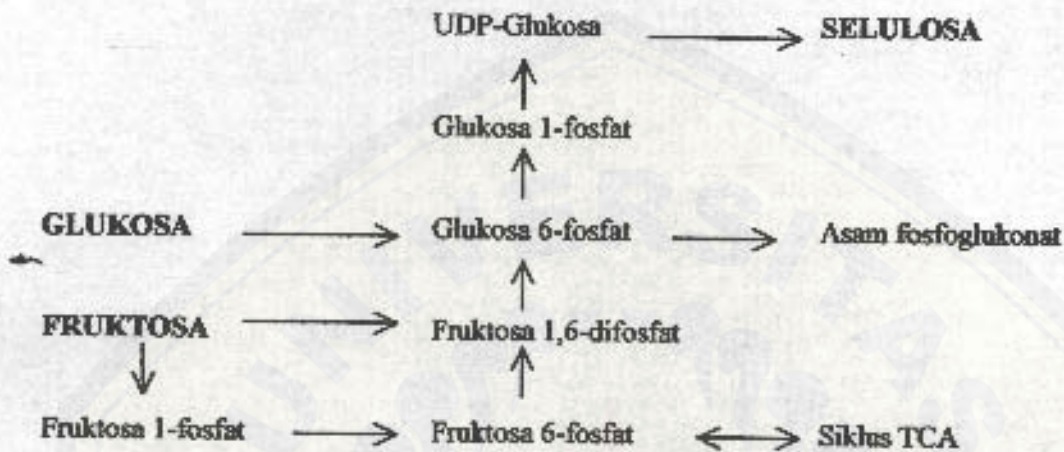
Sumber : Kimball dalam users.rcn.com

Gambar 2.4 Struktur Bangun Selulosa

Pembentukan benang-benang selulosa (nata) oleh bakteri *Acetobacter xylinum* adalah dalam rangka mempertahankan diri dari lingkungan yang bersifat toksik pada selnya. Benang-benang selulosa (nata) merupakan produk metabolit sekunder yang terbentuk pada saat beberapa nutrisi dalam media pertumbuhan mulai habis, dan keadaan ini dicapai pada fase pertumbuhan stasioner (Anonim, 2004).

Selulosa bakteri yang dihasilkan oleh *Acetobacter xylinum* memiliki beberapa sifat unik yang tidak ditemukan dalam sumber-sumber alami lain seperti pohon dan kapas. Sifat-sifat tersebut diantaranya adalah kemurnian yang tinggi, hidrofilisitas yang tinggi, kemampuan untuk menghasilkan selulosa berbentuk dan retensi bentuk

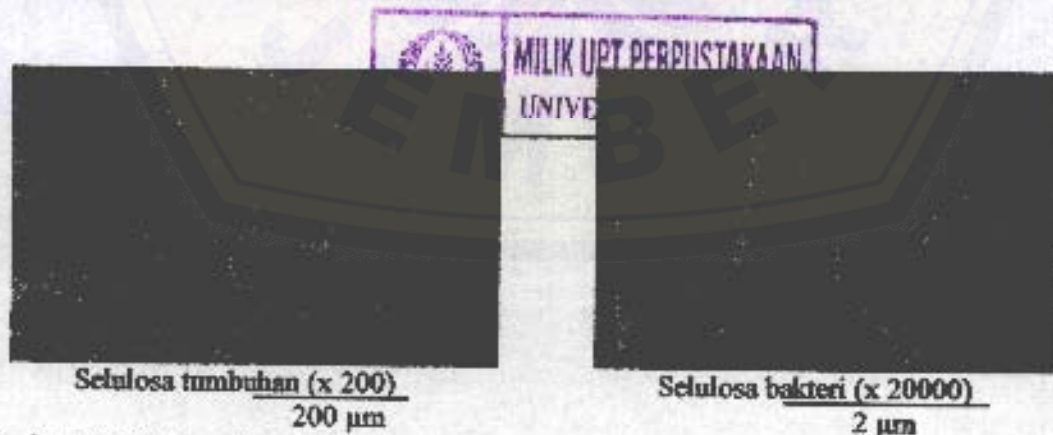
yang lebih baik. Selulosa bakteri tidak memerlukan perlakuan untuk memisahkan polimer yang tidak diinginkan (seperti lignin dan hemiselulosa) dan kontaminan sehingga menghasilkan derajat polimerisasi yang lebih baik (Nishi et al, 1990).



Sumber : Serafica, 1998 dalam Holmes, 2004

Gambar 2.5 Jalur Biosintesis Selulosa oleh *A. xylinum*

Selulosa bakteri dan selulosa tumbuhan memiliki struktur kimia yang sama, tetapi sifat fisik dan kimianya berbeda. Gambar mikroskopis selulosa bakteri dan selulosa tumbuhan ditunjukkan oleh Gambar 2.6, dimana diameter selulosa bakteri berukuran sekitar 1/100 diameter selulosa tumbuhan.



Sumber : res.titech.ac.jp

Gambar 2.6 Selulosa Tumbuhan dan Selulosa Bakteri

2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Nata

Nata merupakan bakterial pelikel hasil sintesa organisme pembentuk nata. Oleh karena itu, pembentukan nata tergantung pada pertumbuhan organisme tersebut, yang dipengaruhi oleh kondisi fermentasi, umur bakteri dan jumlah starter.

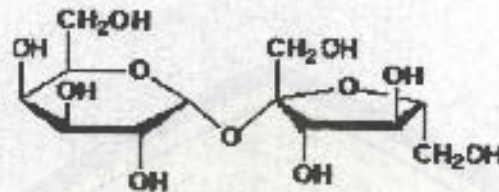
2.6.1 Nutrisi Media

Menurut Herman dkk (1975), media yang baik akan sangat berpengaruh terhadap keberhasilan pertumbuhan bakteri pada saat fermentasi. Pada media tersebut tersedia nutrisi-nutrisi pertumbuhan dan sumber energi yang diperlukan untuk membangun sel-sel dan proses biosintesa dalam menghasilkan produk fermentasi.

Sebagai sumber nitrogen dapat digunakan dari senyawa organik (seperti protein dan ekstrak yeast) maupun senyawa anorganik (seperti ammonium fosfat, urea dan ammonium sulfat). Bahan yang baik bagi pertumbuhan *Acetobacter xylinum* dan pembentukan nata adalah ekstrak yeast dan kasein. Namun, ammonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) dan ammonium fosfat (dikenal dengan ZA) merupakan bahan yang lebih cocok digunakan dari sudut pandang ekonomi dan kualitas nata yang dihasilkan. Penggunaan ZA sebagai sumber nitrogen dapat menghambat atau mempersulit pertumbuhan *Acetobacter aceti* yang merupakan pesaing *Acetobacter xylinum* (Pambayun, 2002).

Dalam pembuatan nata, sebagai sumber karbon biasanya digunakan sukrosa atau gula tebu, mengingat sukrosa harganya murah dan mudah didapat (Soeseno, 1987 dalam Wicaksono, 1990). Sukrosa mempunyai kelebihan apabila dibandingkan dengan gula sederhana lain, yaitu selain sebagai sumber energi dan bahan pembentuk nata, gula ini juga dapat berfungsi sebagai bahan induser yang berperan dalam pembentukan enzim ekstraseluler polimerase yang bekerja menyusun benang-benang nata, sehingga pembentukan nata dapat maksimal. Penambahan sukrosa harus mengacu pada jumlah yang dibutuhkan. Penambahan yang berlebihan, disamping tidak ekonomis dan mempengaruhi tekstur nata, juga dapat menyebabkan terciptanya limbah baru berupa sisa dari sukrosa. Namun sebaliknya, penambahan yang terlalu sedikit menyebabkan bibit nata tumbuh tidak normal dan nata tidak dapat dihasilkan

secara maksimal (Pambayun, 2002). Struktur bangun sukrosa dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Sucrose
(Sugar)

Sumber : <http://diet-studies.com>

Gambar 2.7 Struktur Bangun Sukrosa

2.6.2 Ketersediaan Oksigen

Bakteri pembentuk nata merupakan bakteri yang bersifat aerob. Dalam pertumbuhan, perkembangan dan aktivitasnya, bakteri ini sangat memerlukan adanya oksigen baik yang berasal dari udara bebas atau yang larut dalam media fermentasi. Bila kekurangan oksigen, bakteri ini akan mengalami gangguan atau hambatan dalam pertumbuhannya dan bahkan akan segera mengalami kematian (Pambayun, 2002).

Dalam media cair yang kaya gula, bakteri nata akan membentuk pelikel selulosa yang dapat mencapai ketebalan beberapa sentimeter (Stanier et al, 1957). Menurut Herman dkk (1975), ketebalan nata yang diperoleh dari media fermentasi air kelapa adalah antara 0,75-1,25 cm. Namun, polimerisasi gula menjadi nata akan terhenti setelah mencapai ketebalan tertentu. Hal ini mungkin ada hubungannya dengan kebutuhan oksigen, sebab nata yang terbentuk menutup permukaan media.

2.6.3 pH Media

Faktor ini merupakan faktor yang sangat penting dalam pertumbuhan mikroba, terutama kerja enzim dari mikroba tersebut. Enzim akan aktif pada daerah

pH tertentu. Pada pH dibawah atau diatas optimal, aktivitas enzim dapat terganggu bahkan kerja enzim dapat terhenti (Jutono, 1972).

Untuk menghasilkan nata yang tebal dan berat maksimal diperlukan kondisi media dengan kisaran pH 4,0-5,0 (Judoamidjojo, 1990). Sedangkan menurut Herman dkk (1975), supaya dicapai pH optimum bagi pertumbuhan bakteri pembentuk nata, yaitu pada pH 4,0 maka pada pembuatannya dilakukan penambahan asam asetat glasial. Persentase penambahan asam asetat dapat berbeda-beda, tergantung pada tingkat keasaman (pH) awal dari bahan sebelum digunakan serta jenis kepekatan asam yang ditambahkan (Pambayun, 2002).

2.6.4 Suhu Fermentasi

Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* adalah suhu ruang tempat bibit nata ditumbuhkan. Berdasarkan pada kebutuhannya terhadap suhu, bakteri ini tergolong sebagai bakteri mesofil yang hidup pada suhu ruang. Adapun suhu ideal (optimal) bagi pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* adalah 28-31 °C. Pada suhu dibawah 28 °C, pertumbuhan bakteri akan terhambat. Demikian juga pada suhu diatas 31 °C bibit nata akan mengalami kerusakan bahkan pada suhu ± 40 °C bakteri akan mati, meskipun enzim ekstraseluler yang telah dihasilkan tetap bekerja membentuk nata (Pambayun, 2002).

2.6.5 Lama Fermentasi

Bakteri *Acetobacter xylinum* mempunyai sifat fisiologi yang unik, yaitu memiliki kemampuan untuk memproduksi suatu lapisan selulosa yang terdiri dari fibril yang terhampar di permukaan media. Bakteri tersebut menyusun sendiri jaringannya yang semakin lama lapisan nata semakin menebal ke bawah (Stanier et al, 1957).

Untuk menghasilkan nata yang mempunyai ketebalan maksimal, pemanenan dilakukan setelah hari keempat belas (Herman dkk, 1975). Sedangkan menurut

Soeseno (1996), pemanenan yang tepat dapat dilakukan setelah inkubasi selama 12-15 hari.

2.6.6 Jumlah Starter

Starter adalah kultur (bibit) yang telah siap tumbuh dan berkembang dalam media cair yang merupakan suspensi dari sel *Acetobacter xylinum*. Kualitas bibit nata harus diketahui terlebih dahulu sebelum bibit tersebut digunakan. Apabila kualitas bibit nata kurang baik, perlu dilakukan propagasi (penanaman dalam media cair) bakteri *Acetobacter xylinum*. Propagasi dilakukan dua atau tiga kali sebelum bibit digunakan, yang merupakan langkah penggandaan skala (Pambayun, 2002).

Starter yang ditambahkan ke dalam media fermentasi jumlahnya harus sesuai agar diperoleh nata yang memiliki sifat fisik baik, yaitu sebesar 16,6% dari jumlah media fermentasi (Anonim, 1999). Menurut Casida (1998), jumlah starter yang ditambahkan ke dalam media fermentasi berkisar antara 0,5-5,0% dari volume media fermentasi. Sedangkan menurut Dimaquilla (1997), penambahan starter yang dibutuhkan untuk setiap liter media fermentasi air kelapa $\pm 10\%$ dari volume media fermentasi.

2.6.7 Umur Starter

Umur kultur bakteri yang baik untuk pembentukan nata adalah pada fase logaritmik. Pada fase ini kecepatan pembelahan sel paling tinggi, waktu generasi pendek dan konstan. Apabila pada fase ini starter dipindahkan ke media baru yang sama, pertumbuhannya tetap seperti pada fase sebelumnya, sehingga tidak melalui fase permulaan dan fase dipercepat (Jutono, 1972).

Menurut Lapuz et al (1984), dalam media agar bakteri pembentuk nata akan sampai pada fase logaritmiknya dan siap untuk dipindahkan ke media lain setelah 72 jam masa inkubasi. Sedangkan menurut Anonim (1984), setelah 3-4 hari

diinkubasikan, starter nata dapat digunakan karena umur bakteri yang optimal digunakan sebagai inokulan adalah 3 hari.

2.6.8 Aerasi dan Agitasi

Keberadaan oksigen dalam media fermentasi akan dapat mempengaruhi kecepatan pertumbuhan dan produksi metabolit. Ketersediaan oksigen dalam kultur akan semakin terbatas karena beberapa substrat yang mudah diserap selama metabolisme seperti gula dalam konsentrasi tinggi. Hal ini akan mempercepat metabolisme dan mengurangi ketersediaan oksigen dalam media. Tujuan utama aerasi adalah menyediakan oksigen bagi mikroba dalam kultur tenggelam untuk keperluan metabolisme, sedangkan agitasi untuk memastikan bahwa sel mikroba dan nutrisi media dalam keadaan homogen (Anonim, 2004). Pada skala laboratorium, kultur dapat diaerasi melalui teknik *shake flask*, dimana kultur (sebanyak 50-500 ml) ditumbuhkan dalam wadah erlenmeyer (erlenmeyer dengan volume 250-500 ml) kemudian digoyang di atas plate datar (Stanburry and Whitaker, 1990).

2.7 Hipotesa

1. Penggunaan teknik fermentasi teraerasi pada produksi nata de coco berbahan dasar *whey* santan kelapa berpengaruh pada produksi selulosa ekstraseluler (nata) oleh bakteri *Acetobacter xylinum*.
2. Penggunaan teknik fermentasi teraerasi pada produksi nata de coco berbahan dasar *whey* santan kelapa menghasilkan nata dengan sifat fisik yang lebih baik dibandingkan dengan teknik fermentasi konvensional.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat

3.1.1 Bahan

Bahan dasar untuk penelitian ini adalah santan kelapa. Bahan penunjang yang digunakan meliputi: gula pasir, ragi roti, magnesium sulfat, sodium asetat, ammonium sulfat, asam asetat glacial, larutan NaOH 0,3 M dan starter.

Starter yang digunakan merupakan biakan komersial bakteri *Acetobacter xylinum* yang diperoleh dari Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 1 Sukorambi Jember.

3.1.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: saringan, kompor, panci, baskom, botol semprot, kertas koran, karet gelang, beaker glass, alat pengaduk, gelas ukur, erlenmeyer, pipet tetes, pipet volume, jangka sorong, inkubator, seperangkat alat aerasi, *rheo tex*, autoklaf, pH meter, *laminar air flow*, *color reader* dan neraca analitik.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengendalian Mutu Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai April 2006.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan memberikan perlakuan aerasi selama fase logaritmik *Acetobacter xylinum*, yaitu selama 3 hari. Kemudian diinkubasikan untuk fase pembentukan jaringan selulosa lanjutan hingga media habis menjadi nata. Untuk kepentingan analisis efektivitas dilakukan perbandingan dengan teknik fermentasi

yang konvensional. Dari data yang diperoleh dapat diketahui perbedaan sifat fisik nata de coco dari kedua teknik tersebut.

Pengamatan nata (tebal, berat, tekstur, warna dan rendemen) dilakukan selama 14 hari, masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Data yang diperoleh diplotkan dalam bentuk grafik dan dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

← 3.4.1 Regenerasi Biakan *Acetobacter xylinum*

Biakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biakan komersial yang diperoleh dari Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 1 Sukorambi Jember. Regenerasi dilakukan 10-14 hari sekali dengan cara membiakkan starter induk dalam media air kelapa dengan komposisi yang sama dengan media pembuatan nata de coco. Konsentrasi gula yang digunakan sebesar 10%.

3.4.2 Pembuatan Nata de Coco Teraerasi

1. Daging buah kelapa dikupas tistanya, dicuci bersih, lalu diparut. Kemudian diambil 42 gram parutan daging buah kelapa dan dibuat larutan santan kelapa sebanyak 2500 ml, selanjutnya direbus. Buih dan gumpalan yang terbentuk di permukaan larutan santan dipisahkan dengan menggunakan saringan, sedangkan cairan yang ada di bawahnya diambil dan digunakan sebagai media, yaitu media *whey* santan kelapa.
2. Sebelum mendidih ditambahkan bahan-bahan yang meliputi:
 - a. Gula pasir 12,5%
 - b. Ammonium sulfat 0,035%
 - c. Ragi roti 0,025%
 - d. Sodium asetat 0,030%
 - e. Magnesium sulfat 0,0030%(Sutrisna, 2006).

3. Selanjutnya dibiarkan mendidih sampai ± 10 menit, kemudian diangkat dan dibiarkan agak dingin. Buih dan gumpalan yang masih tersisa di permukaan dipisahkan dengan saringan.
4. Penambahan asam asetat glasial hingga larutan santan memiliki pH 4,0-4,3. Kemudian dilakukan sterilisasi media dengan autoklaf pada suhu 121°C 1,5 atm selama 15 menit.
5. Penambahan 10% (v/v) starter *Acetobacter xylinum* pada media yang telah disterilkan, kemudian diaerasi selama 3 hari dan sampel siap dibagi menjadi 14 titik pengamatan (masing-masing 50 ml). Nata yang terbentuk diamati tiap hari selama 14 hari.

3.4.3 Pembuatan Nata de Coco Tanpa Acrasi (Konvensional)

1. Membuat larutan santan sebanyak 2500 ml dari 42 gram parutan daging buah kelapa, kemudian direbus.
2. Sebelum mendidih buih dan gumpalan yang terbentuk di permukaan larutan santan kelapa dipisahkan menggunakan saringan. Kemudian ditambahkan bahan-bahan yang sama seperti pada pembuatan nata de coco teracerasi. Setelah mendidih selama ± 10 menit larutan santan diangkat dan dibiarkan agak dingin.
3. Penambahan asam asetat glasial hingga mencapai pH 4,0-4,3, kemudian disterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121°C 1,5 atm selama 15 menit.
4. Setelah dingin media dibagi menjadi 14 titik pengamatan (masing-masing 50 ml) dalam *laminar air flow* dan ditambahkan 10% (v/v) starter pada tiap titik pengamatan. Kemudian diinkubasi selama 14 hari dan nata yang terbentuk diamati.

3.4.4 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

- a. Sifat fisik nata de coco: berat, tebal, tekstur dan warna

b. Rendemen

3.5 Prosedur Analisa

3.5.1 Tebal nata

1. Lapisan nata yang terbentuk setelah fermentasi dibersihkan dengan air.
2. Pengukuran tebal nata dengan jangka sorong yang dilakukan pada tiga titik berbeda dan hasilnya dirata-rata.

3.5.2 Berat nata

1. Lapisan nata yang terbentuk dibersihkan dengan air, kemudian ditiriskan sampai air tidak menetes.
2. Penimbangan dilakukan dengan neraca analitik sebanyak 3 kali dan hasilnya dirata-rata.

3.5.3 Tekstur nata

1. Power dinyalakan.
2. Jarum penekan dipasang di atas tempat test, kemudian menekan tombol distance dan tombol hold.
3. Nata yang telah ditiriskan diletakkan tepat di bawah jarum *rheo tex* hingga ujung jarum tepat menyentuh lapisan permukaan nata.
4. Tombol start ditekan beberapa detik sampai terdengar bunyi tanda selesai, kemudian dilakukan pembacaan angka yang ditunjukkan oleh jarum dengan satuan gram (g). Pengukuran dilakukan pada tiga titik berbeda dan hasilnya dirata-rata.

3.5.4 Warna

1. Disiapkan alat *color reader* yang telah dikalibrasi, kemudian sensor dari alat tersebut ditempelkan pada permukaan nata yang diuji.

2. Setelah posisi dari sensor tegak lurus pada nata yang akan diuji, tombol sensor ditekan.
3. Dari alat tersebut akan didapatkan nilai dL , d_a dan d_b . Data yang diperoleh diolah dengan rumus:

$$L = \text{standar} - dL$$

$$a^* = \text{standar} + d_a$$

$$b^* = \text{standar} + d_b$$

$$W = 100 - [(100 - L)^2 + (a^{*2} + b^{*2})]^{0.5}$$

dimana:

L = kecerahan warna, nilai berkisar antara 0-100 yang menunjukkan warna hitam hingga putih

a^* = nilai berkisar antara -80-(100) menunjukkan warna hijau hingga merah

b^* = nilai berkisar antara -80-(70) menunjukkan warna biru hingga kuning

W = derajat keputihan ($W = 100\%$ putih dan $W = 0\%$ hitam)

3.5.5 Rendemen

Rendemen (%) dapat dihitung sebagai perbandingan antara berat nata yang dihasilkan dengan volume awal media fermentasi.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dan dibahas, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Teknik fermentasi teracerasi menghasilkan nata de coco yang memiliki sifat fisik yang lebih baik dari nata de coco yang diproduksi dengan teknik fermentasi konvensional.
2. Nata de coco hasil teknik fermentasi teracerasi memiliki: tebal antara 0,3861 cm sampai 1,3672 cm; berat antara 1,6248 g/50 ml media sampai 20,6852 g/50 ml media; tekstur atau kekenyalan antara 43,7778 g/2 mm sampai 149,2222 g/2 mm; warna antara 66,17222 sampai 87,22222 (untuk L) dan 64,85602% sampai 81,22008% (untuk W); dan rendemen antara 3,2517% sampai 41,3704%. Dari data tersebut diketahui bahwa sifat fisik nata de coco hasil teknik fermentasi teracerasi mengalami peningkatan dari teknik fermentasi konvensional, yaitu sebesar 53,12% untuk tebal, 47,66% untuk berat, 4,802% untuk derajat keputihan (W), 5,835% untuk tingkat kecerahan (L) dan 47,67% untuk rendemen. Sedangkan untuk tekstur, teknik fermentasi teracerasi mengalami penurunan sebesar 39,48% dari teknik fermentasi konvensional.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa masih banyak media yang tersisa selama fermentasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa kandungan nutrisi yang ada dalam sisa media, sehingga dapat diketahui apakah media tersebut dapat digunakan kembali atau tidak. Selain itu, perlu adanya disain alat untuk mengontrol jumlah atau konsentrasi oksigen yang diberikan selama fermentasi



DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, R. F. 1963. *Polisaccharides*. New York: Biochemistry Industrial Microorganism Academia Press London and New York.
- Anonim. 1978. *Nata De Coco From Coconut Water of Alternatively Coconut Milk*. Technology Sheet. Vol. 4
- _____. 2004. *Buku Ajar Teknologi Fermentasi*. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- _____. (Tanpa Tahun). *Production of Biocellulose (Bacterial Cellulose)*. www.res.titech.ac.jp/junkan/english/cellulose. [21 Januari 2006].
- _____. (Tanpa Tahun). *Sucrose*. <http://diet-studies.com>. [21 Januari 2006].
- Astawan, M. 1991. *Teknologi Pengolahan Bahan Pangan Nabati Tepat Guna*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- _____. (Tanpa Tahun). *Nata de Coco yang Kaya Serat*. www.kompas.com. [21 Januari 2006].
- Bank Indonesia: Sistem Informasi Pola Pembiayaan/Lending Modal Usaha Kecil. 2004. "Pengolahan Nata de Coco". http://www.bi.go.id/sipuk/sipuk04/lm/ind/nata_de_coco.
- Casida, L. E. 1968. *Industrial Microbiology*. New York: John Sonc. Inc.
- Dimaguila, L. S. 1967. *The Nata de Coco: Characterization and Identity of The Causal Organism*. The Philippine Agriculturis.
- Dwidjoseputro, D. 1997. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Jambatan.
- Herman A. S., B. Enie dan S. Pardijanto. 1975. *Fermentasi Air Kelapa Menjadi Nata de Coco*. Bogor: Balai Penelitian Kimia Departemen Perindustrian.
- Hestrin, S. and M. Schram. 1954. "Syntesis of Cellulose 2: Preparation of Freeze Dried Cells Capable of Polymerizing Glucose to Cellulose". *Biochemistry Journal* vol 58.

- Hestrin, S. and M. Schramm. 1954. "Synthesis of Cellulose 2: Preparation of Freeze Dried Cells Capable of Polymerizing Glucose to Cellulose". *Biochemistry Journal* vol 58.
- Holmes, D. 2004. *Bacterial Cellulose*. A Thesis Presented for The Degree of Master of Engineering in Chemical and Process Engineering. Christchurch, New Zealand: Department of Chemical and Process Engineering University of Canterbury.
- Judoamidjojo. 1990. *Teknologi Fermentasi*. Jakarta: Rajawali Press.
- ←Jutono. 1972. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Yogyakarta: Departemen Mikrobiologi Faperta UGM.
- Ketaren, S. 1986. *Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Lapuz, M. M., E. G. Gallardo and M. A. Palo. 1967. "The Nata Organism Cultural Requirement, Characteristics and Identity". *The Philipine Journal of Science*.
- Nishi, Y, M. Uryu, S. Yamanaka, K. Watanabe, N. Kitamura, M. Iguchi, S. Mithusashi. 1990. "The Structure and Mechanical Properties of Sheets Prepared from Bacterial Cellulose. Improvement of The Mechanical Properties of Sheets and Their Applicability to Diaphragms of Electroacoustic Transducers". *Journal of Materials Science* vol 25 p. 2997 - 3001.
- Palungkun, R. 1993. *Produk Olahan Kelapa*. Cetakan ke-1. Jakarta: PT Penebar Swadaya.
- _____. 2005. *Produk Olahan Kelapa*. Cetakan ke-12. Jakarta: PT Penebar Swadaya.
- Pambayun, R. 2002. *Teknologi Pengolahan Nata de Coco*. Jakarta: Kanisius.
- Pelczar, M.J dan Chan, E.C.S. 1988. *Dasar-Dasar Mikrobiologi 2*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Saragih, Y.P. 2004. *Membuat Nata*. Jakarta: Puspa Swara.
- Soeseno. 1996. *Industri Kecil dan Kesempatan Kerja*. Padang: Pusat Penelitian Universitas Andalas.
- Stanburry, P.F and A. Whitaker. 1990. *Principles of Fermentation Technology*. Oxford: Pegamon Press.

Stanier, R.Y. E. A. Adelberg dan J. L. Ingraham. 1982. *Dunia Mikroba I*. Terjemahan A. W. Gunawan, S. L. Angka, K. G. Lioe, H. Astowo dan B. Lay. Jakarta: Bhratara Karya Aksara.

_____. 1957. *The Microbial World*. Fourth Edition. New Jersey: Eagle Wood Cliffs.

Steinkraus, K.H. 1996. *Handbook of Indigenous Fermented Foods*. Second Edition. New York: Marcel Dekker Inc.

Suhardiyono. 1990. *Tanaman Kelapa: Budidaya dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta: Kanisius.

Tendola. 1994. *The Production of Nata from Coconut Water*. Philippine: Philippine Agriculture.

Todar, K. 2004. *Nutrition and Growth of Bacteria*. Departement of Bacteriology University of Wisconsin Madison.

Wicaksono, A. 1990. *Penggunaan Umur Starter dan Dosis Karbohidrat KH_2PO_4 Pada Pembuatan Nata de Coco*. Skripsi (tidak dipublikasikan). Jember: Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Winamo, F.G. dan S. Fardiaz. 1979. *Biofermentasi dan Biosintesa Protein*. Bandung: Angkasa.

Lampiran 1. Data Pengamatan Tebal Nata de Coco Konvensional

Hari ke-	Tebal Nata ulangan ke-1 (cm)			Jumlah	Rata-rata	Tebal Nata ulangan ke-2 (cm)			Jumlah	Rata-rata	Tebal Nata ulangan ke-3 (cm)			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3			1	2	3			1	2	3		
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
5	0.0235	0.0220	0.0235	0.0690	0.0230	0.0235	0.0235	0.0235	0.0705	0.0235	0.0225	0.0245	0.0705	0.0235	0.0233
6	0.0235	0.0245	0.0235	0.0715	0.0238	0.0240	0.0225	0.0240	0.0705	0.0235	0.0240	0.0235	0.0710	0.0237	0.0237
7	0.0550	0.0550	0.0555	0.1655	0.0552	0.0545	0.0545	0.0535	0.1630	0.0543	0.0535	0.0545	0.6430	0.2143	0.1979
8	0.1850	0.1850	0.1800	0.5500	0.1833	0.0550	0.0550	0.0550	0.1650	0.0550	0.1850	0.1850	0.5650	0.1883	0.1922
9	0.2250	0.2100	0.2150	0.6500	0.2167	0.5950	0.6950	0.5950	1.8850	0.6283	0.3950	0.3950	1.1850	0.3950	0.4733
10	0.2200	0.2500	0.2200	0.6900	0.2300	0.6950	0.6950	0.6800	2.0700	0.6900	0.5250	0.5950	1.6450	0.5483	0.4894
11	0.2250	0.2300	0.2700	0.7250	0.2417	0.7950	0.7950	0.5950	2.1850	0.7283	0.6950	0.6850	2.0750	0.6917	0.5539
12	0.4550	0.4550	0.4950	1.4050	0.4683	0.8250	0.8250	0.8200	2.4700	0.8233	0.6950	0.7150	2.1050	0.7017	0.6644
13	0.4800	0.4800	0.4750	1.4350	0.4783	0.7250	0.8950	0.8950	2.5150	0.8383	0.8350	0.8300	2.5000	0.8333	0.7167
14	0.3950	0.5900	0.4950	1.4800	0.4933	1.5500	0.9950	0.9250	3.4700	1.1567	0.9250	0.8950	2.6450	0.8817	0.5439



Lampiran 2. Data Pengamatan Berat Nata de Coco Konvensional

Hari ke-	Berat nata ulangan ke- (gram)			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
1	0.0769	1.0072	1.0072	2.0913	0.6971
2	0.3122	1.3130	1.2655	2.8907	0.9636
3	0.6555	1.3635	1.3160	3.3350	1.1117
4	1.1359	1.5963	1.5493	4.2815	1.4272
5	1.7676	1.8941	1.8122	5.4739	1.8246
6	2.1963	2.0972	2.0895	6.3830	2.1277
7	2.9416	2.1166	2.1046	7.1628	2.3876
8	3.4509	2.4833	3.4687	9.4029	3.1343
9	4.8749	11.8471	9.3093	26.0313	8.6771
10	5.6165	13.5241	11.0081	30.1487	10.0496
11	5.8474	14.3960	13.6330	33.8764	11.2921
12	8.7225	15.6424	14.3558	38.7207	12.9069
13	9.0207	16.4309	15.7348	41.1864	13.7288
14	10.3186	18.2117	17.0186	45.5489	15.1830

Lampiran 3. Data Pengamatan Tekstur Nata de Coco Konvensional

Ulangan	Tekstur Nata hari ke- (g/2 mm)					
	9	10	11	12	13	14
1	166	158	150	139	130	112
	164	155	155	136	136	111
	162	164	162	130	127	130
Jumlah	492	477	467	405	393	353
Rata-rata	164	159	155,6667	135	131	117,6667
2	70	67	65	58	52	47
	65	63	64	54	53	50
	66	66	64	61	55	47
Jumlah	201	196	193	173	160	144
Rata-rata	67	65,3333	64,3333	57,6667	53,3333	48
3	105	93	61	57	55	50
	74	62	62	60	53	50
	74	62	74	61	54	49
Jumlah	253	217	197	178	162	149
Rata-rata	84,3333	72,3333	65,6667	59,3333	54	49,6667
Jumlah	946	890	857	756	715	646
Rata-rata	105,1111	98,8889	95,2222	84,0000	79,4444	71,7778

Lampiran 4. Data Pengamatan Warna Nata de Coco Konvensional

Hari ke-	Ulangan	L	a*	b*	W	
5	1	79.15	-5.95	7.41	77.086399	
		79.05	-5.85	7.31	77.053081	
		78.75	-6.15	7.41	76.66991	
	2	73.05	-8.35	4.31	71.458782	
		73.65	-8.25	4.01	72.099013	
		76.35	-7.85	5.31	74.521752	
	3	78.05	-6.05	6.81	76.234876	
		77.95	-5.95	6.91	76.138879	
		76.15	-5.95	6.81	74.493117	
rata-rata		76.905556	-6.705556	6.25444444	75.151742	
6	1	77.05	-6.45	6.71	75.234518	
		77.25	-6.25	6.71	75.471464	
		77.35	-6.25	6.71	75.564184	
	2	73.95	-8.15	5.41	72.173877	
		74.35	-7.55	5.81	72.637962	
		74.75	-7.65	6.71	72.776681	
	3	76.75	-6.45	6.71	74.956256	
		76.55	-6.55	6.51	74.797121	
		78.05	-6.45	6.61	76.186199	
	rata-rata		76.227778	-6.861111	6.43222222	74.435046
	7	1	77.05	-6.45	6.71	75.234518
			77.15	-6.35	6.81	75.3257
76.45			-6.55	6.81	74.625188	
2		72.35	-8.25	4.31	70.825335	
		71.75	-8.35	4.01	70.270131	
		72.35	-8.15	5.21	70.706842	

	3	76.45	-6.55	6.81	74.625188
		76.15	-5.95	6.81	74.493117
		75.65	-6.05	6.71	74.027917
	rata-rata	75.038889	-6.961111	6.021111	73.396092
8	1	76.55	-6.55	6.51	74.797121
		76.75	-6.45	6.71	74.956256
		76.65	-6.45	7.01	74.781652
	2	69.15	-7.45	2.91	68.13006
		69.55	-7.15	2.71	68.604633
		69.25	-7.35	2.91	68.250148
	3	68.85	-8.15	2.4	67.712154
		71.75	-8.05	2.91	70.481648
		71.85	-8.35	2.01	70.568977
	rata-rata	72.261111	-7.327778	4.00888889	71.030819
9	1	77.15	-6.85	7.31	75.050429
		76.65	-6.45	7.01	74.781652
		73.95	-6.55	8.31	71.883082
	2	68.95	-6.85	4.01	67.95152
		68.55	-6.85	4.11	67.551316
		69.15	-6.75	4.51	68.099763
	3	70.35	-8.75	4.11	68.813832
		70.75	-8.85	2.61	69.329214
		70.15	-8.65	3.31	68.746183
	rata-rata	71.738889	-7.394444	5.03222222	70.35727
10	1	69.25	-6.55	3.51	68.364812
		68.95	-6.85	4.01	67.95152
		69.15	-6.75	4.51	68.099763

	2	68.35	-9.25	1.41	66.995862
		67.75	-9.35	1.91	66.367678
		67.95	-9.35	1.71	66.570236
	3	68.65	-7.25	3.31	67.652804
		67.65	-7.35	2.91	66.698152
		68.15	-6.95	3.41	67.222674
	rata-rata	68.427778	-7.738889	2.96555556	67.358154
11	1	69.05	-7.05	3.71	68.041134
		69.45	-6.85	4.41	68.382393
		68.05	-6.85	4.81	66.971814
	2	66.75	-7.05	3.61	65.819639
		68.15	-6.95	3.01	67.261871
		67.65	-7.25	3.11	66.701996
	3	66.85	-6.65	0.41	66.187087
		67.75	-7.05	0.81	66.978475
		68.35	-6.25	1.01	67.722994
	rata-rata	68.005556	-6.883333	2.76555556	67.156842
12	1	67.45	-7.25	3.71	66.446623
		67.85	-6.95	4.11	66.85159
		67.65	-7.15	3.91	66.639348
	2	67.75	-7.45	3.21	66.74539
		67.35	-7.05	3.21	66.443643
		66.05	-7.15	3.11	65.16615
	3	67.25	-9.45	0.41	65.911393
		68.35	-9.25	2.41	66.938041
		65.65	-9.75	2.11	64.23078
	rata-rata	67.261111	-7.938889	2.91	66.186853

13	1	67.75	-6.85	3.71	66.822461	
		66.75	-6.75	3.51	65.890689	
		66.25	-6.65	3.71	65.401603	
2	2	65.95	-6.65	3.71	65.108897	
		66.55	-6.45	4.51	65.636573	
		68.05	-6.75	3.51	67.156658	
3	3	66.85	-6.25	0.81	66.256244	
		66.45	-7.15	2.11	65.631743	
		67.25	-7.65	0.21	66.367737	
rata-rata		66.872222	-6.794444	2.86555556	66.061445	
14	1	65.95	-9.55	1.81	64.589816	
		65.25	-9.65	1.01	63.92085	
		65.95	-10.35	2.01	64.355013	
	2	2	63.85	-8.75	3.11	62.67632
			63.75	-9.15	2.51	62.528876
			64.75	-9.05	3.01	63.482537
	3	3	65.55	-9.25	3.21	64.18563
			63.45	-8.75	3.81	62.224597
			63.55	-8.75	2.21	62.449379
rata-rata		64.672222	-9.25	2.52111111	63.394394	

Lampiran 5. Data Pengamatan Rendemen Nata de Coco Konvensional

Hari ke-	Rendemen Nata ulangan ke- (%b/v)			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
1	0.1538	2.0144	2.0144	4.1826	1.3942
2	0.6244	2.6260	2.5310	5.7814	1.9271
3	1.3110	2.2720	2.6320	6.2150	2.0717
4	2.2718	3.1926	3.0986	8.5630	2.8543
5	3.5352	3.7882	3.6244	10.9478	3.6493
6	4.3926	4.1944	4.1790	12.7660	4.2553
7	5.8832	4.2332	4.2092	14.3256	4.7752
8	6.9018	4.9666	6.9374	18.8058	6.2686
9	9.7498	23.6942	18.6186	52.0626	17.3542
10	11.2330	27.0482	22.0162	60.2974	20.0991
11	11.6948	28.7920	27.2660	67.7528	22.5843
12	17.4450	31.2848	28.7116	77.4414	25.8138
13	18.0414	32.8618	31.4696	82.3728	27.4576
14	20.6372	36.4234	34.0372	91.0978	30.3659

Lampiran 8. Data Pengamatan Tekstur Nata de Coco Teraerasi

Ulangan	Tekstur Nata hari ke- (g/2 mm)													
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1	196	140	147	141	84	69	63	61	60	55	50			
	166	151	143	143	96	65	65	61	59	53	50			
	160	150	146	140	96	69	64	62	60	52	49			
Jumlah	522	441	436	424	276	203	192	184	179	160	149			
Rata-rata	174	147	145,33	141,33	92	67,667	64	61,333	59,667	53,333	49,67			
2	136	82	82	77	64	60	55	51	46	44	40			
	137	82	84	76	62	54	55	46	46	45	37			
	133	87	82	76	63	60	53	50	45	40	43			
Jumlah	406	251	248	229	189	174	163	147	137	129	120			
Rata-rata	135,333	83,667	82,667	76,333	63	58	54,333	49	45,667	43	40			
3	139	87	86	82	80	75	60	53	50	46	41			
	139	89	84	82	77	74	62	54	50	48	43			
	137	87	84	83	77	76	55	53	45	48	41			
Jumlah	415	263	254	247	234	225	177	160	145	142	125			
Rata-rata	138,333	87,667	84,667	82,333	78	75	59	53,333	48,333	47,333	41,67			
Jumlah	1343	955	938	900	699	602	532	491	461	431	394			
Rata-rata	149,22	106,11	104,22	100	77,67	66,89	59,11	54,56	51,22	47,89	43,78			

Lampiran 9. Data Pengamatan Warna Nata de Coco Teracerasi

Hari ke-	Ulangan	L	a*	b*	W
5	1	85.5	-6.35	11.41	80.486912
		92.95	-6.75	9.51	86.372634
		81.65	-5.85	10.01	78.294123
	2	88.25	-7.45	14.11	80.184423
		87.65	-6.95	14.31	79.860459
		83.95	-6.85	16.71	75.8391
	3	89.75	-6.35	9.68	84.537549
		87.55	-6.55	9.91	82.792063
		87.75	-7.35	9.91	82.613422
rata-rata		87.2222222	-6.7166667	11.728889	81.220076
6	1	80.35	-6.35	11.81	76.210904
		83.55	-5.95	13.01	78.199424
	2	84.25	-7.35	11.41	79.208822
		84.65	-7.05	9.91	80.415999
		85.55	-7.25	10.81	80.552093
	3	86.85	-7.25	10.41	81.728353
		85.65	-7.05	10.41	80.921397
		85.45	-6.95	9.81	81.12565
rata-rata		84.5375	-6.9	10.9475	79.79533
7	1	79.15	-6.95	8.51	76.432117
		81.85	-6.55	10.51	78.027629
		85.25	-6.75	11.41	80.167877
	2	82.95	-5.45	13.61	77.513624
		83.02	-5.25	13.21	77.855317
		84.25	-5.15	12.71	79.116296

	3	84.25	-7.05	10.21	79.949835
		84.15	-7.15	9.71	80.084451
		84.55	-7.25	9.71	80.364596
	rata-rata	83.2688889	-6.3944444	11.065556	78.834638
8	1	79.95	-5.95	7.41	77.81187
		79.05	-5.85	10.31	75.928833
		78.85	-6.25	10.41	75.61244
	2	80.95	-7.25	10.11	77.247481
		80.35	-7.15	9.61	76.987023
		80.25	-7.35	9.41	76.921155
	3	83.35	-5.55	14.61	77.164127
		82.95	-5.35	17.21	75.190544
		83.55	-5.25	15.41	76.856251
	rata-rata	81.0277778	-6.2166667	11.61	76.904887
9	1	76.45	-6.85	6.11	74.724377
		75.95	-7.15	8.21	73.600585
		79.55	-6.55	8.11	77.046196
	2	68.45	-8.25	1.01	67.373552
		68.15	-8.55	1.41	66.992227
		67.55	-7.45	3.31	66.541651
	3	70.45	-9.65	4.11	68.643707
		70.05	-8.45	4.61	68.541184
		69.15	-8.95	4.61	67.548851
	rata-rata	71.75	-7.9833333	4.61	70.283873
10	1	76.65	-7.15	7.01	74.593601
		74.35	-7.45	8.41	71.997266
		80.85	-6.95	7.61	78.252883

	2	66.45	-9.15	2.61	65.126843
		66.95	-9.25	2.71	65.573134
		65.05	-9.05	3.21	63.754875
	3	67.05	-9.35	2.21	65.677863
		67.55	-8.95	2.61	66.237342
		66.85	-8.95	2.71	65.556291
	rata-rata	69.3875	-8.6375	4.01	67.940498
11	1	74.85	-7.55	7.31	72.742687
		74.95	-7.35	7.41	72.862699
		73.65	-7.65	7.91	71.444561
	2	66.35	-8.25	3.41	65.186021
		68.75	-8.95	3.51	67.304662
		66.65	-8.95	3.61	65.281747
	3	66.95	-9.15	3.21	65.556872
		66.65	-9.35	3.41	65.196651
		67.35	-9.25	3.81	65.851777
	rata-rata	69.5722222	-8.4944444	4.8433333	68.039663
12	1	74.15	-8.85	5.31	72.165829
		71.75	-9.45	4.41	69.886662
		75.75	-9.15	4.81	73.638644
	2	66.75	-8.65	2.41	65.558846
		67.05	-9.05	2.51	65.737701
		67.55	-8.95	2.51	66.244925
	3	63.65	-8.75	2.91	62.498625
		66.95	-8.85	2.81	65.670405
		65.05	-8.45	3.01	63.917247
	rata-rata	68.7388889	-8.9055556	3.41	67.316761

13	1	71.85	-8.45	4.01	70.336806	
		71.55	-8.15	4.61	70.048755	
		71.85	-8.25	4.31	70.351035	
	2	65.55	-8.75	3.21	64.311499	
		64.85	-8.85	3.71	63.563629	
		65.85	-8.35	3.31	64.688513	
	3	63.45	-8.75	3.81	62.224597	
		65.85	-8.95	4.01	64.469659	
		64.65	-8.65	2.61	63.513604	
	rata-rata	67.2722222	-8.5722222	3.7322222	65.962963	
14	1	69.35	-9.15	4.41	67.71079	
		69.45	-8.45	4.71	67.95489	
		69.95	-9.35	4.51	68.207468	
		2	63.85	-8.75	3.11	62.67632
			64.75	-9.05	3.01	63.482537
			65.35	-9.05	2.01	64.13128
		3	63.75	-9.15	2.51	62.528876
			63.55	-8.75	2.21	62.449379
			65.55	-9.25	1.81	64.283882
	rata-rata	66.1722222	-8.9944444	3.1433333	64.856023	

Lampiran 10. Data Pengamatan Rendemen Nata de Coco Teracerasi

Hari ke-	Rendemen Nata ulangan ke- (%b/v)			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
1	0.4360	4.7558	4.5632	9.7550	3.2517
2	2.7558	8.9974	8.7160	20.4692	6.8231
3	3.7458	12.1856	11.3080	27.2394	9.0798
4	9.2296	20.3020	20.0224	49.5540	16.5180
5	14.1720	23.1408	23.1032	60.4160	20.1387
6	15.2936	23.7660	23.4104	62.4700	20.8233
7	16.9260	25.3766	24.5466	66.8492	22.2831
8	22.6296	27.7428	25.9974	76.3698	25.4566
9	27.0310	29.7322	26.5368	83.3000	27.7667
10	27.2932	32.7570	31.3646	91.4148	30.4716
11	29.4858	34.7060	33.8904	98.0822	32.6941
12	29.6898	37.3822	35.6030	102.6750	34.2250
13	31.6650	39.1536	36.0498	106.8684	35.6228
14	34.3872	45.0096	44.7144	124.1112	41.3704

Lampiran 11. Data Perubahan Nata de Coco pada Tiap Teknik Fermentasi

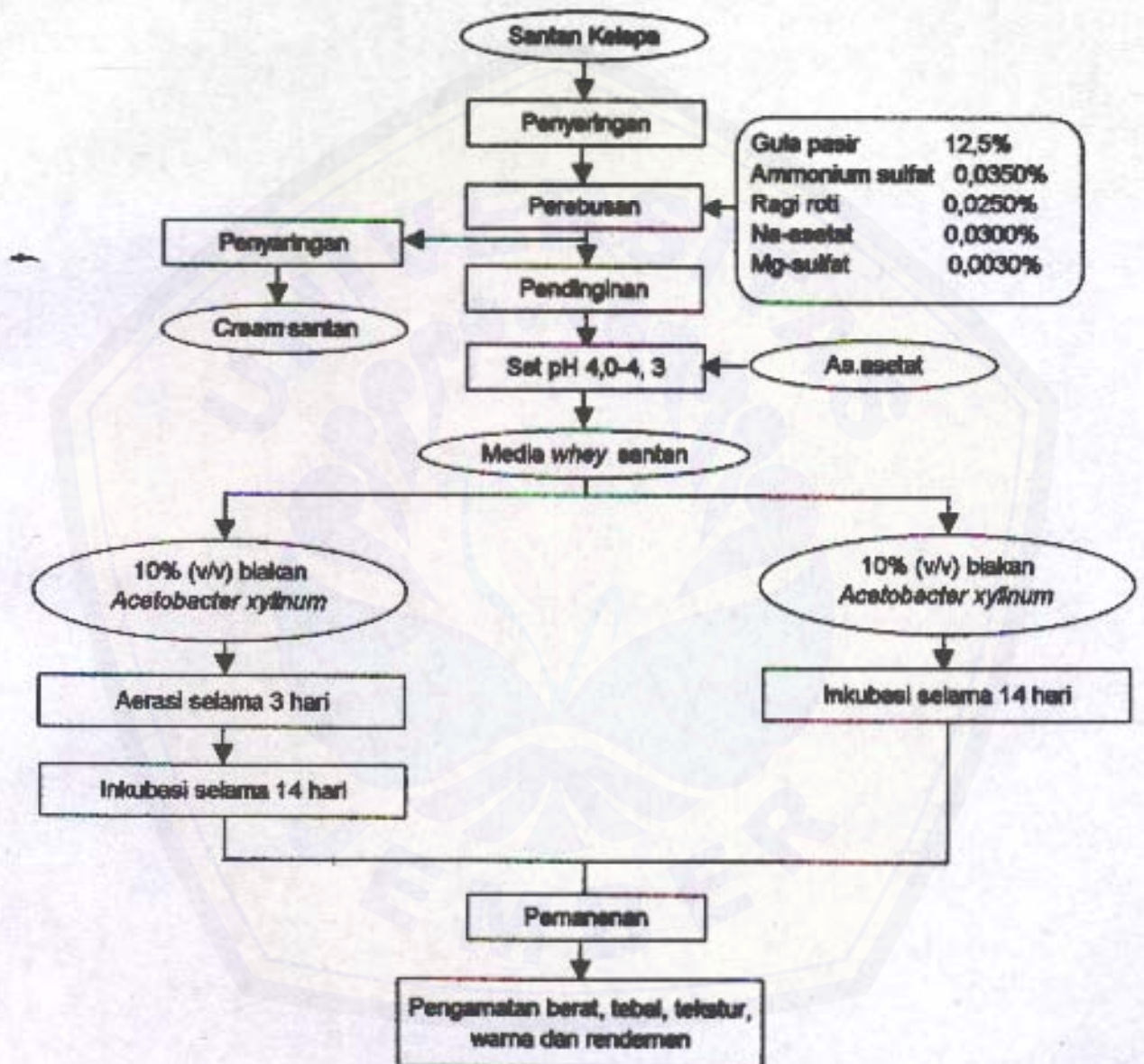
Hari ke-	Tebal Nata de Coco (cm)	
	Konvensional	Teraerasi
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0.3861
5	0.0233	0.5194
6	0.0237	0.5467
7	0.1079	0.5867
8	0.1422	0.6561
9	0.4133	0.7361
10	0.4894	0.7872
11	0.5539	0.8378
12	0.6644	0.9806
13	0.7167	1.0822
14	0.8439	1.3672

Hari ke-	Berat Nata de Coco (g)	
	Konvensional	Teraerasi
1	0.6971	1.6258
2	0.9636	3.4115
3	1.1117	4.5399
4	1.4272	8.3590
5	1.8246	10.0693
6	2.1277	10.4217
7	2.3876	11.1415
8	3.1343	12.7283
9	8.6771	13.8833
10	10.0496	15.2358
11	11.2921	16.3470
12	12.9069	17.1125
13	13.7288	17.8114
14	15.1830	20.6852

Hari ke-	Tekstur Nata (g/2 mm)	
	Konvensional	Teraerasi
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	149.2222
5	0	106.1111
6	0	104.2222
7	0	100
8	0	77.6667
9	105.1111	66.8889
10	98.8889	59.1111
11	95.2222	54.5556
12	84.0000	51.2222
13	79.4444	47.8889
14	71.7778	43.7778

Hari ke-	Konvensional		Teraerasi	
	L	W	L	W
5	76.9055	75.15174	87.22222	81.22008
6	76.22778	74.43505	84.31667	79.7356
7	75.03889	73.39609	83.26889	78.94613
8	72.26111	71.03082	81.02778	76.90489
9	71.73889	70.35727	71.75	70.28387
10	68.42778	67.35815	70.19444	68.7108
11	68.00556	67.15684	69.57222	68.03966
12	67.26111	66.18685	68.73889	67.31676
13	66.87222	66.06144	67.27222	65.96296
14	64.67222	63.39439	66.17222	64.85602

Lampiran 12. Diagram Alir Proses Pembuatan Nata de Coco



Lampiran 13. Gambar Perlakuan Teknik Fermentasi Konvensional dan Teraerasi



Gambar Teknik Fermentasi Konvensional



Gambar Teknik Fermentasi Teraerasi

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS JEMBER

Lampiran 14. Gambar Nata de Coco Hasil Teknik Fermentasi Konvensional dan Teknik Fermentasi Teraerasi

