

Asal :	Hadiah	Klass
Terima Tgl :	Pembelian	664.96336T
No. Induk :		KHO
Pengkatalog :		K



**KARAKTERISTIK PATI AREN TERMODIFIKASI  
MENGUNAKAN ENZIM TERMAMYL  
( $\alpha$ -Amylase)**

**KARYA ILMIAH TERTULIS  
(SKRIPSI)**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk  
Menyelesaikan Pendidikan Program Strata Satu  
Jurusan Teknologi Hasil Pertanian  
Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Oleh :

Miratul Khoiriyah

NIM : 011710101040



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

2005



**IR. WIWIK SITI WINDRATI, MP (DPU)**

**IR. SUKATININGSIH, MS (DPA I)**

**IR. HJ. SITI HARTANTI, MS (DPA II)**



Karya yang sangat sederhana ini kupersembahkan untuk:

- **Negaraku tercinta Indonesia terima kasih atas tanah, air dan udara yang kuhirup selama ini. Aku bangga menjadi bagian dari dirimu.**
- **Kedua orang tuaku (Abah dan Umi) terima kasih telah menyayangiku selama ini. Tanpa kalian aku tidak berarti apa-apa.**
- **Bu de Rohana, pak de Abdullah, Mbah Azizah terima kasih atas kasih sayang kalian selama ini. Engkau adalah orang tua kedua bagiku.**
- **Suadara-saudaraku (mbak Lia, sam Dahlan, Ila, mas "Ridan", mbak Tien, mbak Mus, mas Sholeh, mas Budi) terima kasih atas nasehat, omelan, dan keluhan kalian selama ini. Aku sayang kalian semua.**
- **Keponakan-keponakan ku yang lucu dan kadang nyebelin (Linda, Irfan, Gita, Itto, Gresicha). Kalian adalah penyemangat bagiku.**
- **Keluarga besar Abdul Kadir terima kasih atas dukungannya.**
- **Tim Aren tim Jagung (Anik, Arif "kucing", Suci dan Sayogo) terimakasih atas bantuan kalian selama ini.**
- **Untuk almamaterku tercinta. Terima kasih atas pengalaman dan ilmu yang kuperoleh semoga kelak bermanfaat bagiku.**

Motto

*“Dia memberikan hikmah (ilmu yang berguna) kepada siapa yang dikehendakiNya. Barang siapa mendapat hikmah itu, sesungguhnya ia telah mendapat kehajikan yang banyak; dan tiadalah mendapatkan peringatan melainkan orang-orang yang berakal”*

*(QS. Al-Baqarah- 269)*

Menjadi orang penting itu baik,  
tapi lebih penting menjadi orang baik

Pikiran adalah bibit kejadian,  
tiap pikiran mewujudkan suatu kenyataan,  
karenanya berpikirlah positif jika ingin mencapai tujuan

**KEBAHAGIAAN ITU ADALAH YANG DAPAT MEMENUHI KEHENDAK YANG  
DICINYAL. BAHAGIALAH ORANG YANG MENGETAHUI DAN DAPAT  
MENYINTAI SIAPA YANG HARUS DI CINTAI.**

**(KH. ACHYAT HALIMY)**

**Gapailah cita-cita setinggi bintang  
dilangit halupun jatuh,  
ia tidak akan jauh dari bintang yang  
lain.**



Diterima oleh

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

FAKULTAS TEKNOLOGI PETANIAN

UNIVERSITAS JEMBER

Sebagai Karya Tulis Ilmiah (Skripsi)

---

Dipertanggungjawabkan pada:

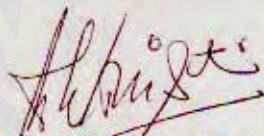
Hari : Rabu

Tanggal : 27 Juli 2005

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua



Ir. Wiwik Siti Windrati, MP

NIP. 130 787 732

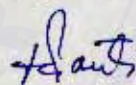
Anggota I



Ir. Sukatiningsih, MS

NIP. 130 890 066

Anggota II

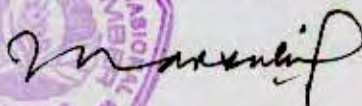


Ir. Hj. Siti Hartanti, MS

NIP. 130 350 763

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian



Ir. A. Marzuki Moen'im, MSIE.

NIP. 130 531 986

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Karya Ilmiah Tertulis yang berjudul "**Karakterisasi Pati Aren Termodifikasi Menggunakan Enzim Termamyl ( $\alpha$ -Amilase)**". Sholawat serta salam tak lupa penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari jalan kegelapan menuju jalan yang terang benderang.

Penulisan Karya Tertulis Ilmiah ini merupakan salah syarat untuk menyelesaikan program strata satu di jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Pada kesempatan ini ijin penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. A. Marzuki Moen'im, MSIE, selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.
2. Ibu Ir. Wiwik Siti Windrati, MS selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah banyak memberikan petunjuk dan saran yang membangun dalam penulisan karya tulis ilmiah ini.
3. Ibu Ir. Sukatiningsih, MS selaku Dosen Pembimbing Anggota I atas saran dan bimbingannya sehingga karya tulis ilmiah ini dapat terselesaikan.
4. Ibu Ir. H. Siti Hartanti, MS sebagai Dosen Pembimbing Anggota II atas saran dan bimbingannya.
5. Bapak Dr. Ir. Maryanto, M. Eng selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
6. Bapak Ir. Unus, MS selaku ketua Komisi Bimbingan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dan sebagai Dosen Wali atas dukungan, saran dan bimbingannya selama penulis kuliah.
7. Seluruh Teknisi Laboratorium Pengendalian Mutu Divisi Biokimia (mbak Sari dan mbak Ketut) terima kasih atas bantuannya selama penelitian.



8. Seluruh Karyawan dan dosen pembina mata kuliah di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember
9. Bapak Dosen yang baru (Mas Nafi') terima kasih sudah menemani sampai malam.
10. Teman-teman di THP angkatan 2001 yang tidak dapat disebutkan satu persatu terima kasih atas support dan motivasinya (tiada hari tanpa canda tawa kalian semua). VIVA 2001!

Penulis menyadari bahwa penulisan Karya Tulis Ilmiah ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun bagi penyempurnaan penulisan ini. Semoga Karya Tulis Ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak yang membutuhkan.

Jember, 22 Juli 2005

Penulis



DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR DOSEN PEMBIMBING.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTTO.....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Aren.....	4
2.1.1 Tanaman Aren.....	4
2.1.2 Pembuatan Pati Aren.....	5
2.1.3 Sifat-Sifat Pati Aren.....	6
2.2 Karakteristik Enzim.....	7
2.3 Faktor yang Mempengaruhi Kerja Enzim.....	7
2.3.1 Konsentrasi Substrat.....	7
2.3.2 Suhu.....	8
2.3.3 Pengaruhu pH.....	8
2.3.4 Pengaruh Inhibitor.....	8



2.4 Enzim $\alpha$ -Amilase .....	9
2.5 Hidrolisa Enzimatis.....	9
2.6 Dekstrin.....	10
2.7 Mekanisme Reaksi Antara Pati dengan Iodium.....	12
2.8 Sifat Fisik Pati.....	12
2.8.1 Warna.....	12
2.8.2 Densitas Kamba .....	12
2.9 Karakteristik Fungsional Pati.....	13
2.9.1 Viskositas Pasta.....	13
2.9.2 Gelatinisasi Pati.....	14
2.9.3 Daya Penyerapan dan Kalarutan Air serta Konsistensi Gel .....	16
2.10 Sifat Kimia Pati.....	16
2.10.1 Amilosa .....	16
2.10.2 Amilopektin.....	17
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
3.1 Bahan dan Alat.....	18
3.1.1 Bahan.....	18
3.1.2 Alat.....	18
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.2.1 Tempat Pelaksanaan.....	18
3.2.2 Waktu Pelaksanaan .....	18
3.3 Metode Penelitian .....	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.5 Prosedur Penelitian .....	23
3.5.1 Prosedur Analisa Karakteristik Fisik Pati Aren Termodifikasi.....	23
3.5.1.1 Derajat putih .....	23
3.5.1.2 Densitas Kamba .....	23
3.5.1.3 Penentuan Rendemen Pati Termodifikasi .....	23
3.5.2 Prosedur Analisa Karakteristik Sifat Fungsional Pati Aren Termodifikasi.....	23



3.5.2.1 Viskositas Pasta .....	23
3.5.2.2 Suhu Gelatinisasi .....	24
3.5.2.3 Kekuatan Pemekaran Modifikasi.....	24
3.5.2.4 Daya Penyerapan dan Kelarutan Air.....	24
3.5.2.5 Analisa Konsistensi Gel.....	25
3.5.2.6 Daya Cerna Pati secara In vitro .....	25
3.5.3 Prosedur Analisa Karakteristik Kimia Pati Aren Termodifikasi .....	26
3.5.3.1 Penentuan Kadar Air Cara Pemanasan.....	26
3.5.3.2 Penentuan Kadar Pati.....	26
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1 Karakteristik Fisik Pati Aren Termodifikasi.....	29
4.1.1 Rendeman Pati Aren Termodifikasi.....	29
4.1.2 Densitas Kamba .....	30
4.1.3 Derajat Keputihan .....	31
4.2 Sifat Fungsional Pati Aren Termodifikasi.....	32
4.2.1 Suhu Gelatinisasi.....	32
4.2.2 Viskositas Pasta.....	34
4.2.3 Daya Penyerapan dan Kelarutan Air.....	35
4.2.4 Konsistensi Gel dan Daya Pemekaran .....	37
4.2.5 Daya Cerna.....	39
4.3 Karakteristik Kimia Pati Aren Termodifikasi.....	40
4.3.1 Kadar Air.....	40
4.3.2 Kadar Pati.....	41
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>43</b>
5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran .....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>47</b>



DAFTAR TABEL

JUDUL	HALAMAN
1. Sifat Fisik Beberapa Jenis Pati Lainnya .....	6
2. Kandungan Bahan Anorganik Beberapa Jenis Pati .....	6
3. Standart Mutu Dekstrin Industri Pangan .....	11
4. Warna yang Dibentuk oleh Reaksi Iodium dengan Amilosa yang Berlainan Panjang Rantainya .....	12
5. Sifat – Sifat Beberapa Pasta Pati Komersial.....	14
6. Derajat Keputihan Pati Termodifikasi Secara Enzimatis.....	32
7. Suhu Gelatinisasi Pati Aren Termodifikasi.....	32
8. Viskositas Pasta Panas dan Pasta Dingin Pati Aren Termodifikasi ...	34
9. Nilai Kelarutan dan Nilai Penyerapan Pati Aren Termodifikasi.....	36
10. Persentase Pemekaran Pati Aren Termodifikasi .....	38
11. Daya Cerna Pati Aren Termodifikasi .....	39
12. Karakteristik Kimia Pati Aren Termodifikasi .....	40

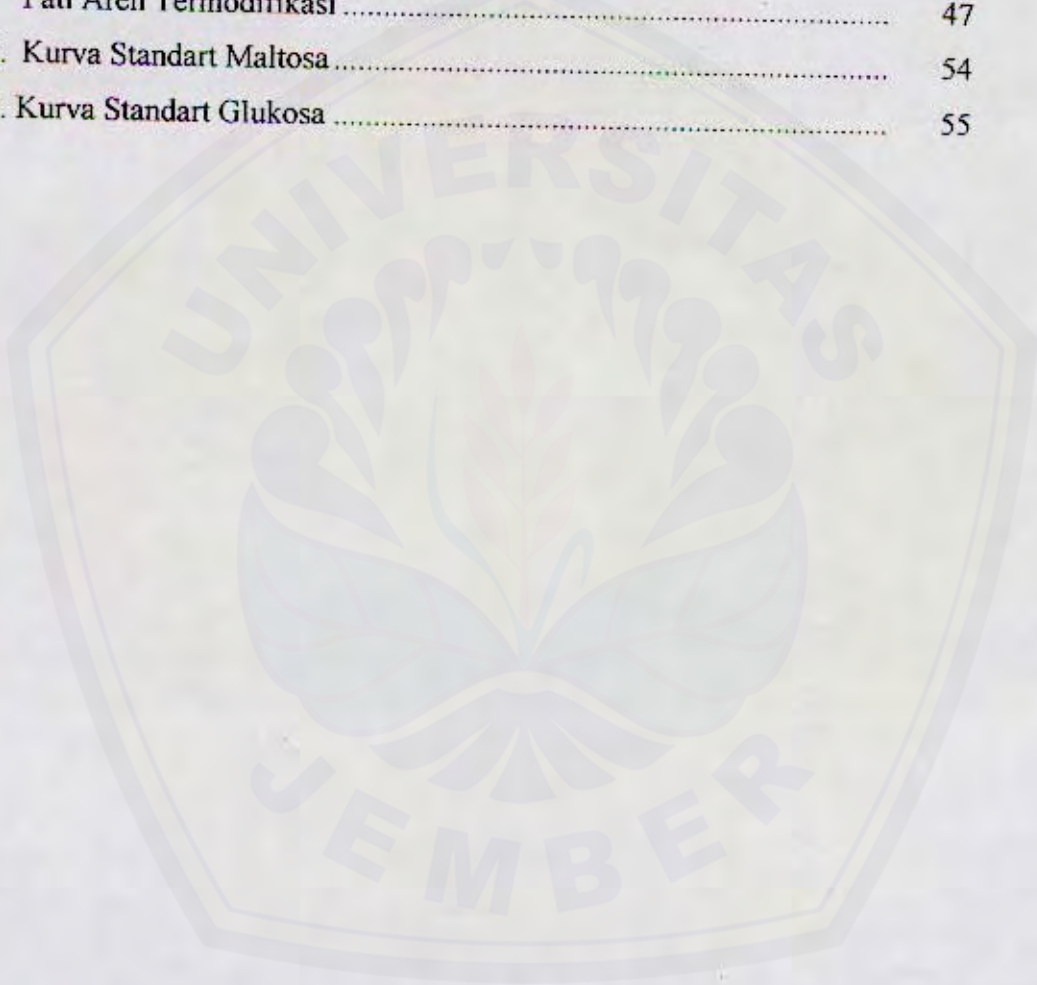
**DAFTAR GAMBAR**

JUDUL	HALAMAN
1. Struktur Amilosa .....	17
2. Struktur Amilopektin .....	17
3. Urutan Penentuan Waktu Modifikasi Pati .....	21
4. Pembuatan Pati Aren Termodifikasi dengan Menggunakan Enzim Termamyl ( $\alpha$ -Amilase).....	22
5. Histogram Rendemen Pati Aren Termodifikasi.....	29
6. Histogram Densitas Kamba Pati Aren Termodifikasi.....	30
7. Histogram Suhu Gelatinisasi Pati Aren Termodifikasi.....	33
8. Histogram Viskositas Pasta Pati Aren Termodifikasi.....	35
9. Histogram Nilai Kelarutan dan Penyerapan Air Pati Aren Termodifikasi.....	37
10. Histogram Konsistensi Gel Pati Aren Termodifikasi.....	37
13. Histogram Daya Pemekaran Pati Aren Termodifikasi.....	39
14. Histogram Daya Cerna Pati Aren Termodifikasi.....	40
15. Histogram Kadar Air Pati Aren Termodifikasi.....	41
16. Histogram Kadar Pati Pati Aren Termodifikasi.....	42



DAFTAR LAMPIRAN

JUDUL	HALAMAN
1. Perhitungan: Karakteristik Fisik Pati Aren Termodifikasi, Karakteristik Sifat Fungsional Pati Aren Termodifikasi, Karakteristik Sifat Kimia Pati Aren Termodifikasi .....	47
2. Kurva Standart Maltosa .....	54
3. Kurva Standart Glukosa .....	55



Miratul Khoiriyah, Nim: 011710101040, **Karakterisasi Pati Aren Termomodifikasi Menggunakan Enzim Termamyl ( $\alpha$ -Amilase)**, Dosen Pembimbing Utama: Ir. Wiwik Siti Windrati, MP, Dosen Pembimbing Anggota I: Ir. Sukatiningsih, MS, Dosen Pembimbing Anggota II: Ir. Hj. Siti Hartanti, MS.

### Abstract

Aren's more growth in Indonesia. Starch as a natural product is relatively significant for food industry. Compaction use a natural starch is difficult to dissolve and need a long time to cooking. Therefore, need to do modified character's natural starch with hydrolysis enzymatic. Purpose these riset to know characteristic of the starch by hydrolysis enzymatic with various temperature and timing hydrolysis. From the riset produced characteristic starch modified changed characteristic of the starch natural of aren.

**Key word:** modified natural starch, termamyl enzyme, characteristic of physic, chemical and fungsional.

### Ringkasan

Di Indonesia, tanaman aren (*Arenga pinnata*) terdapat dan tersebar hampir di seluruh wilayah Nusantara. Khususnya di daerah-daerah perbukitan yang lembab. Luasnya mencapai sekitar 850.000 ha dan sampai sekarang belum dibudidayakan secara intensif. Berdasarkan laporan produktivitas per pohon dari daerah-daerah produsen aren, potensi aren di Indonesia diperkirakan sekitar 5 juta ton pertahun. Sedangkan untuk pemanfaatan pati aren baik untuk keperluan sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri dalam negeri maupun keperluan ekspor baru mencapai  $\pm$  210.000 ton per tahun atau sekitar 4 – 5%. Untuk itu perlu dilakukan usaha peningkatan pemanfaatan pati aren salah satunya dengan modifikasi pati aren.

Pada industri pangan pati merupakan bahan baku yang dapat digunakan sebagai bahan utama maupun bahan pengisi. Salah satu sifat pati adalah tidak mudah larut dalam air dingin dikarenakan struktur molekul yang berantai lurus atau bercabang tidak berpasangan, sehingga membentuk jaringan yang mempersatukan molekul pati. Selain itu, kesulitan dalam penggunaan pati adalah waktu pemasakan yang cukup lama dan pasta yang terbentuk keras. Oleh karena itu perlu dilakukan modifikasi terhadap pati agar diperoleh sifat-sifat pati yang cocok untuk aplikasi yang dibutuhkan oleh industri pangan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakterisasi pati termomodifikasi dengan menggunakan enzim Termamyl dan untuk mengetahui variasi suhu dan lama pemeraman terhadap karakteristik pati termomodifikasi.

Penelitian ini diawali dengan penelitian pendahuluan untuk mencari waktu yang dibutuhkan dalam pembuatan dekstrin dari pati aren. Selanjutnya dilakukan



penelitian utama dengan variasi perlakuan pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  dan  $90^{\circ}\text{C}$  dan pada waktu 2 jam, 2,5 jam dan 3 jam. Untuk masing perlakuan diberi kode P1, P2, P3, P4, P5, dan P6. Kemudian dilakukan analisa sifat fisik, fungsional dan kimia. Analisa sifat fisik meliputi warna (derajat keputihan), rendemen dan densitas kamba. Analisa fungsional meliputi suhu gelatinisasi, viskotas pasta, nilai kelarutan dan penyerapan air, konsistensi gel, daya pemekaran dan daya cerna. Sedangkan anilisa kimia meliputi kadar air dan kadar pati.

Dari hasil analisa yang dilakukan pada pati aren termodifikasi dengan variasi suhu dan waktu pemeraman diperoleh hasil: Rendemen dekstrin berkisar antara 78,13% - 81,38%, densitas kamba dekstrin berkisar antara 57,40% - 84,01%, dan derajat putih dekstrin berkisar antara 87% - 85,74%. Suhu getinisasi dekstrin berkisar antara  $46,6^{\circ}\text{C}$  -  $55,97^{\circ}\text{C}$ ; viskositas pasta panas dekstrin berkisar antara 5,1 mPa.s - 10,33 mPa.s; viskositas pasta dingin dekstrin berkisar antara 5,73 mPa.s - 8,83 mPa.s; daya kelarutan air dekstrin berkisar antara 41,91% - 69,09%; daya penyerapan air dekstrin berkisar antara 1,93% - 30,54%; konsistensi gel dekstrin berkisar antara 19,11 mm - 24,11 mm; daya pemekaran dekstrin berkisar antara 13,53% - 29,60%; dan daya cerna dekstrin berkisar antara 65,43% - 85,51%. Karakteristik kimia pati aren termodifikasi dengan menggunakan enzim *termamyl* untuk kadar pati dekstrin berkisar antara 1,98% - 5,92% dan kadar air dekstrin berkisar antara 6,14% - 8,78%.





## L. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tepung aren merupakan salah satu sumber karbohidrat yang cukup potensial untuk dikembangkan menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi. Tepung aren sebagai bahan makanan telah lama dikenal oleh masyarakat Indonesia. Tepung aren dapat digunakan untuk bermacam-macam produk olahan antara lain: sohun, cendol (dawet), mie dan hun kwe (Sunanto, 1993).

Sunanto (1993) menyatakan bahwa pada prinsipnya pengembangan aren di Indonesia sangat prospektif. Disamping dapat memenuhi kebutuhan konsumen juga dapat meningkatkan pendapatan petani dari usaha tani tanaman aren dan dapat pula melestarikan sumber daya alam serta lingkungan hidup.

Di Indonesia, tanaman aren (*Arenga pinnata*) terdapat dan tersebar hampir di seluruh wilayah Nusantara. Khususnya di daerah-daerah perbukitan yang lembab. Luasnya mencapai sekitar 850.000 ha dan sampai sekarang belum dibudidayakan secara intensif. Berdasarkan laporan tentang luas areal dan produktivitas per pohon dari daerah-daerah produsen aren, potensi aren di Indonesia diperkirakan sekitar 5 juta ton pertahun. Sedangkan untuk pemanfaatan pati aren baik untuk keperluan sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri dalam negeri maupun keperluan ekspor baru mencapai  $\pm$  210.000 ton per tahun atau sekitar 4 – 5% dari sagu yang dihasilkan pertahunnya (Haryanto dan Pangloli, 1997).

Untuk lebih meningkatkannya perlu dilakukan usaha pengolahan lebih lanjut terhadap pati aren antara lain dengan memodifikasi pati aren menggunakan enzim atau asam.

Pada proses pengolahan makanan pada umumnya membutuhkan sifat-sifat bahan pangan yang memiliki pH stabil, viskositas yang konsisten, tahan terhadap berbagai jenis pengolahan, memiliki sifat-sifat tekstur yang baik, memiliki umur simpan yang panjang, stabil dalam pembentukan emulsi dan mempunyai kenampakan yang baik. Pada umumnya sifat-sifat tersebut sulit dicapai pada pengolahan dengan menggunakan pati alami. Hal ini disebabkan pati alami



alami memiliki viskositas yang tidak konsisten karena adanya pengaruh iklim dan kondisi tanaman penghasil pati. Selain itu kelemahan pati alami adalah peka terhadap keasaman, peka terhadap gesekan dan tidak mudah larut (Windrati, dkk., 2000).

Salah satu sifat pati adalah tidak mudah larut dalam air dingin dikarenakan struktur molekul yang berantai lurus atau bercabang tidak berpasangan, sehingga membentuk jaringan yang mempersatukan molekul pati. Selain itu, kesulitan dalam penggunaan pati adalah waktu pemasakan yang cukup lama dan pasta yang terbentuk keras (Afrianti, 2002). Oleh karena itu perlu dilakukan modifikasi terhadap pati agar diperoleh sifat-sifat pati yang cocok untuk aplikasi yang dibutuhkan oleh industri pangan.

Salah satu modifikasi yang dapat dilakukan pada pati adalah hidrolisa pati dengan menggunakan asam dan atau enzim. Hidrolisis dengan menggunakan enzim pada umumnya lebih menguntungkan karena mutu hasil akhir yang diperoleh akan lebih baik. Wenten (2004) menyatakan bahwa sekarang ini kebanyakan industri menggunakan proses enzimatik karena lebih menguntungkan baik dari segi teknis, biaya operasi maupun dampak lingkungan. Hidrolisa terhadap pati akan menghasilkan maltodekstrin, maltotriosa, maltosa dan partikel-partikel glukosa yang mengandung asam organik antara lain hidroklorik dan asam sulfurik (Uhlig, 1998).

Tujuan modifikasi pati untuk mengubah sifat-sifat fisik dan kimia dari pati, dan untuk memperbaiki sifat-sifat fungsionalnya. Pati termodifikasi dapat berfungsi sebagai bahan pengisi, pengental, pengemulsi dan pemantap bagi makanan. Dengan penambahan pati termodifikasi pada makanan akan memiliki keunggulan kualitas baik dari segi penampakan secara fisik, rasa, konsistensi, warna, atau pun proses pengolahan yang lebih mudah dan cepat.

## 1.2 Permasalahan

Keberhasilan proses modifikasi pati aren dengan menggunakan enzim  $\alpha$ -amilase sangat ditentukan oleh suhu dan lama pemeraman yang tepat guna memperoleh pati termodifikasi yang diinginkan. Sampai saat ini belum diketahui

pengaturan terhadap suhu dan lama pemeraman yang baik untuk pembuatan modifikasi pati secara enzimatik dengan menggunakan enzim Termamyl ( $\alpha$ -amilase) dan bagaimana perubahan sifat fisik, kimia dan sifat fungsionalnya sehingga perlu dilakukan penelitian.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik pati aren yang terhidrolisa dengan menggunakan enzim Termamyl
2. Untuk mengetahui variasi suhu dan lama pemeraman terhadap karakteristik pati termodifikasi.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang sifat-sifat pati aren termodifikasi dengan menggunakan enzim Termamyl





## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Aren

#### 2.1.1 Tanaman Aren

Aren (*Arenga pinnata*) termasuk suku *Arecaceae* (pinang-pinangan), merupakan tumbuhan berbiji tertutup (*Angiospermae*) yaitu biji buahnya tertutup/terbungkus daging buah. Tanaman aren banyak terdapat mulai dari pantai timur India sampai ke Asia Tenggara. Di Indonesia tanaman ini banyak terdapat hampir diseluruh wilayah nusantara (Sunanto, 1993).

Menurut Sunanto (1993), tanaman hampir mirip dengan pohon kelapa. Perbedaanya, jika pohon kelapa batang pohonnya bersih, maka batang pohon aren sangat kotor karena batangnya terbalut ijuk yang berwarna hitam dan sangat kuat sehingga pelepah daun yang sudah tuapun sulit diambil dari batangnya. Tanaman aren dapat tumbuh pada berbagai kondisi tanah baik tanah liat, berkapur maupun berpasir. Menurut Soeseno (2000), tanah yang dipilih untuk menanam aren harus jenis-jenis tanah yang cukup sarang (mudah meneruskan kelebihan air) seperti tanah vulkanis, tanah liat berpasir dan tanah gembur. Tetapi tanaman ini tidak tahan pada tanah yang kadar asamnya terlalu tinggi (pH tanah terlalu asam).

Di Indonesia, tanaman aren dapat tumbuh baik pada daerah-daerah yang tanahnya subur dan berada pada ketinggian 500-800 m di atas permukaan laut. Pada daerah-daerah yang ketinggiannya lebih rendah tanaman aren dapat tumbuh tetapi produktivitasnya rendah. Daerah-daerah perbukitan yang lembab, dimana di sekelilingnya banyak terdapat tanaman keras, tanaman aren dapat tumbuh dengan subur. Dengan demikian tanaman ini tidak membutuhkan sinar matahari yang terlalu terik.

Tanaman aren dapat tumbuh baik didaerah yang memiliki curah hujan  $\pm$  1200 mm setahun, dan terbagi rata sepanjang tahun. Tempat-tempat yang curah hujannya hanya 100 mm setahun atau kurang tidak cocok untuk tanaman ini (Soeseno, 2000).



### 2.1.2 Pembuatan Pati Aren

Pembuatan pati aren dilakukan melalui penebangan batang pohon terlebih dahulu, kemudian batang yang sudah ditebang dipotong-potong dengan ukuran 1,25-2 meter untuk mempermudah pengangkutan. Pohon yang ditebang merupakan batang pohon yang memiliki umur antara 15-25 tahun dan memiliki kandungan tepung yang banyak (Sunanto,1993).

Potongan batang aren yang akan diambil tepungnya (disebut gilang), kemudian dipecah membujur dengan menggunakan kapak menjadi empat bagian yang sama besar sehingga tampak bagian dalamnya. Bagian-bagian yang tampak adalah kulit luar, kulit dalam dan empulur. Empulur inilah yang mengandung sel-sel *parenchym* penyimpan tepung. Kemudian empulur batang diambil dan dipisahkan dari kulit dalamnya dengan menggunakan kapak. Empulur yang diperoleh selanjutnya dipotong-potong menjadi 6-8 bagian (tengkalan).

Tengkalan-tengkalan tersebut diparut dengan parut bermesin diesel. Hasil parutan berupa serbuk-serbuk yang keluar dari mesin dikumpulkan, kemudian diayak untuk memisahkan serbuk-serbuk dari serat kasar. Proses selanjutnya adalah mengambil tepung (pati) dari serbuk-serbuk halus.

Proses pengambilan pati aren dilakukan dalam bak air dengan ukuran garis tengah 1,25-1,50 meter dan kedalaman sekitar 1,25 m. Bak yang telah berisi air bersih, pada bagian atas di beri strimin (anyaman kawat berlubang-lubang kecil). Kemudian serbuk-serbuk tengkalan ditaruh diatas saringan strimin bagian tengah sehingga serbuk-serbuk terendam air dalam bak. Serbuk-serbuk kemudian diremas-remas sampai tepungnya keluar dari serbuk dan larut dalam air dan kemudian mengendap.

Setelah tepung mengendap, kemudian air yang berada diatas endapan dibuang dengan menggunakan slang plastik sampai batas permukaan endapan tepung. Untuk memperoleh tepung aren yang putih dan bersih, maka perlu dilakukan pencucian dengan menggunakan kaporit ( $C_2OCL_2$ ) sampai diperoleh pati aren yang bersih dan putih. Selanjutnya tepung yang sudah dicuci ini dijemur atau dikeringkan dengan bantuan sinar matahari sampai kering. Langkah yang



terakhir adalah pengayakan dengan ukuran 80, 100 atau 1200 mesh disesuaikan dengan kebutuhan dan dikemas dalam karung plastik.

### 2.1.3 Sifat-sifat Pati Aren

Pati aren mengandung sekitar 29% amilosa dan 73% amilopektin. ganula pati berbentuk elips agak terpotong dengan ukuran 16,0 – 25,4  $\mu$  (Windrati, dkk, 2000). Sifat-sifat pati aren dibandingkan dengan jenis pati yang lain terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Sifat Beberapa Jenis Pati Lainnya.**

Jenis Pati	Kadar Air (%)	Kadar Amilosa (%)	Daya Ikat Iodium (12 mg/100mg)	Suhu Gelatinisasi
Sagu	16,63	21,7	4,23	60 – 72° C
Tapioka	9,20	18,0	3,52	52 – 64° C
Kentang	17,02	23,3	4,54	56 – 69° C

Sumber: Haryanto dan Pangloli, 1997

Adanya amilosa dan amilopektin akan mempengaruhi daya larut pati dan suhu gelatinisasi. Bila kadar amilosa tinggi, maka pati akan bersifat kurang lekat, dan kecenderungan higroskopis lebih kuat.

Seperti jenis – jenis pati yang lain, pati aren juga mengandung bahan anorganik (mineral). Kandungan bahan anorganik pada pati dipengaruhi oleh tempat pati tersebut berasal/tumbuh. Kandungan bahan anorganik dari beberapa pati disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Kandungan Bahan Anorganik Beberapa jenis Pati**

Komponen (mg/100 g bhn kering)	Jenis Pati			
	Tapioka	Garut	Aren	Kentang
Abu	44,4	170,5	157,0	150,5
Phospor	11,5	23,0	12,7	42,0
Natrium	-	3,0	43,0	4,0
Kalium	23,5	58,0	12,0	39,0
Kalsium	6,0	9,0	6,0	10,0
Magnesium	1,6	4,0	1,5	5,0

Sumber: Haryanto dan Pangloli, 1997



## 2.2 Karakteristik Enzim

Enzim adalah protein yang khusus disintesa oleh sel hidup untuk mengkatalisis reaksi yang berlangsung didalamnya. Enzim memungkinkan suatu selektivitas pereaksi-pereaksi dan suatu pengendalian laju reaksi yang tidak mungkin dilakukan oleh katalis. Enzim bersifat spesifik, artinya enzim hanya dapat mengkatalisa reaksi tertentu dan hanya substrat tertentu (Martoharsono, 1997).

Enzim merupakan unit fungsional dari metabolisme sel dan bekerja dengan urutan-urutan yang teratur. Enzim mengkatalisis ratusan reaksi secara bertahap dalam menguraikan molekul nutrien, dan dapat membuat makromolekul sel dari prekursor sederhana (Lehninger, 1993). Enzim mempunyai energi katalitik amat besar yang bisa mencapai  $10^{20}$  kali dibandingkan reaksi tanpa katalisator pada pH dan suhu baku (Martoharsono, 1997).

Speisifitas enzim sangat tinggi terhadap substratnya. Enzim mempercepat reaksi kimiawi spesifik tanpa pembentukan produk samping (Lehninger, 1993). Tiap-tiap enzim mengkatalis hanya satu reaksi (reaksi spesifik) (Hartanti, 1993). Poedjadi (1994) menyatakan bahwa untuk dapat bekerja pada suatu substrat harus ada kontak antara enzim dengan substrat. Suatu enzim memiliki ukuran yang lebih besar daripada substrat. Hubungan antara substrat dengan enzim hanya terjadi pada bagian tertentu saja yang disebut *active site*. Kompleks enzim substrat terjadi bagian aktif mempunyai bagian yang tepat dapat menampung substrat. Apabila substrat memiliki bentuk tidak sama maka kompleks enzim substrat tidak akan terjadi.

## 2.3 Faktor yang Mempengaruhi Kerja Enzim

### 2.3.1 Konsentrasi Substrat

Pada konsentrasi yang sangat rendah, kecepatan reaksi enzim sangat rendah. Akan tetapi kecepatan ini akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi substrat sampai titik batas (Lehninger, 1993).

Menurut Poedjadi (1994), pada konsentrasi substrat yang rendah bagian aktif enzim akan menampung substrat yang sedikit. Bila konsentrasi substrat di



diperbesar substrat yang dapat dihubungkan dengan enzim pada bagian aktif tersebut, sehingga konsentrasi kompleks enzim substrat semakin besar, dan reaksi akan semakin cepat pula. Bila jumlah enzim tetap sedangkan jumlah substrat bervariasi dari nol sampai nilai cukup besar, maka laju reaksi pun naik sesuai dengan kenaikan konsentrasi substrat. Kenaikan laju reaksi terus terjadi sampai enzim tadi jenuh akan substrat. Pada saat itu enzim mencapai kecepatan maksimum ( $V_{max}$ ). Bila keadaan ini dicapai, penambahan substrat tidak lagi akan meningkatkan laju reaksi, kecuali bila ditambahkan lagi enzim yang baru (Schumm, 2000).

### 2.3.2 Suhu

Secara umum kenaikan suhu  $10^{\circ}\text{C}$  kecepatan reaksi cenderung meningkat dua kali, karena pada suhu yang lebih tinggi berbagai reaktan bertumbukan satu dengan yang lain lebih sering dan dengan energi yang lebih besar. Sehingga lebih banyak lagi molekul yang mempunyai energi yang cukup untuk mengatasi energi aktivasi dari reaksi. Akan tetapi, pada reaksi-reaksi enzimatik penambahan suhu juga cenderung menyebabkan denaturasi protein enzim sehingga merusak kemampuannya untuk mengkatalisis (Schumm, 2000).

### 2.3.3 Pengaruh pH

Enzim memiliki pH optimum yang khas, yaitu pH yang menyebabkan aktivitas maksimal. Aktivitas pH enzim menggambarkan pH pada saat gugus pemberi proton yang penting bagi sisi katalitik enzim berada pada tingkat ionisasi yang diinginkan (Lehninger, 1993).

### 2.3.4 Pengaruh Inhibitor

Menurut Poedjadi (1994), hambatan reversibel pada umumnya disebabkan oleh terjadinya proses dekstruksi atau modifikasi gugus fungsi yang terdapat pada molekul enzim. Lehninger (1993) menyatakan bahwa hambatan reversibel dibedakan menjadi dua jenis yaitu penghambat yang terikat pada sisi aktif enzim yang disebut penghambat kompetitif dan penghambat yang terikat pada enzim dibagian lain dari tempat substrat berikatan, disebut penghambat non kompetitif.



## 2.4 Enzym $\alpha$ -Amilase

$\alpha$ -amilase adalah endo enzim yang kerjanya memutus ikatan  $\alpha(1-4)$  secara acak dibagian dalam molekul baik amilosa maupun amilopektin sehingga pati terputus-putus menjadi dekstrin dengan rantai sepanjang 6 – 10 unit glukosa. Menurut Uhlig (1998) enzim  $\alpha$ -amilase dapat bekerja optimal pada pH 6,0-6,5 dan pada suhu  $90^{\circ}$ - $95^{\circ}$ C.

Menurut Judoamidjojo (1988) enzim amilase adalah suatu enzim yang memiliki aktifitas memecah molekul karbohidrat dan glikogen. salah satu golongan enzim amilase yang banyak digunakan dalam kegiatan industri adalah alpha amilase. Golongan enzim  $\alpha$  amilase termasuk enzim pemecah dari dalam molekul, bekerja menghidrolisis dengan cepat ikatan  $\alpha(1-4)$  glukosida pati yang telah mengalami gelatinisasi. enzim ini mempunyai nama lain  $\alpha(1-4)$  glukon-4-glukanhidrolase.

Termamyl merupakan salah satu enzim  $\alpha$  amilase yang diperoleh dari hasil seleksi strain *Bacillus licheniformis*. Enzim ini dapat aktif pada suhu  $70^{\circ}$ C –  $92^{\circ}$ C. Termamyl mengalami kondisi yang optimum pada suhu  $105^{\circ}$ C –  $110^{\circ}$  C, pH 6,0 - 6,5 dan pada konsentrasi substrat 30% - 40%. Pada suhu  $60^{\circ}$ C enzim termamyl optimum pada kondisi lingkungan yang memiliki pH 5. Pada hidrolisis enzimatis yang menggunakan enzim  $\alpha$ -amilase yang dihasilkan oleh *Bacillus licheniformis* menghasilkan maltosa, maltotriosa dan maltopentosa. Glukosa yang dihasilkan juga lebih tinggi yaitu 8 – 10% (Norman dalam Blakerbrough dan Parker, 1980).

## 2.5 Hidrolisis Enzimatis

Hidrolisis enzimatis merupakan reaksi kimia yang melibatkan enzim sebagai katalisator. Dalam proses hidrolisis pati dikenal tiga jenis dekstrin yang dihasilkan yaitu amilodekstrin, eritrodekstrin dan akrodekstrin (Garard, 1976 dalam Susanty, dkk., 2001).

Enzim  $\alpha$  amilase dapat bekerja pada amilosa dan amilopektin dari pati. Kinerja  $\alpha$  amilase pada amilosa terjadi dengan dua tahap. Pertama, degradasi



amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi sangat cepat dan diikuti penurunan viskositas yang cepat pula. Kedua, pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir yang terjadi sangat lambat. Sedangkan pada molekul amilopektin, kerja  $\alpha$  amilase akan menghasilkan glukos, maltosa dan berbagai jenis  $\alpha$ -limitdekstrin, yaitu oligosakarida yang terdiri dari 4 atau lebih residu gula yang semuanya mengandung ikatan  $\alpha(1-6)$  (Winarno, 1995).

Winarno (1995) menyatakan bahwa hidrolisis enzimatis pada amilosa oleh enzim amilase terjadi pada ikatan  $\alpha(1-4)$  secara random hasilnya berupa campuran glukosa dan maltosa bebas.  $\alpha$  dan  $\beta$  amilase juga menyerang amilopektin, tetapi tidak dapat menghidrolisis ikatan  $\alpha(1-6)$  pada titik cabang amilopektin. Kombinasi  $\alpha$  amilase dan glukoamilase akan mendeградasi amilopektin menjadi maltosa dan glukosa.

Tahap awal hidrolisis pada pati oleh enzim  $\alpha$  amilase akan dihasilkan amilodekstrin yang memiliki sifat larut dalam air. Amilodekstrin akan memberikan warna biru apabila direaksikan dengan larutan iodium. Selanjutnya akan dihasilkan eritrodekstrin yang akan memberikan warna merah kecoklatan apabila direaksikan dengan larutan iodium. Pada tahap akhir hidrolisis dihasilkan akrodekstrin yang tidak memberikan warna apabila bereaksi dengan iodium. Jenis dekstrin yang terakhir ini dikenal dengan sebutan maltodekstrin. (Susanty, dkk., 2001).

## 2.6 Dekstrin

Dekstrin adalah golongan karbohidrat dengan berat molekul tinggi yang dibuat dengan modifikasi pati (Hui, 1992). Menurut Winarno (1980) dekstrin merupakan penguraian tidak sempurna dari pati yang dapat digunakan sebagai bahan pengental. Sukamihardja dan Hawab (1978) menyatakan dekstrin dapat diperoleh jika polisakarida dihidrolisis tidak sempurna. Jadi dekstrin dapat memiliki atom C yang jumlahnya tidak selalu sama tergantung dari molekul polisakaridanya.



Dekstrin mempunyai viskositas yang cenderung lebih rendah, oleh karena itu pemakaian dalam jumlah banyak masih diijinkan (Fennama, 1995). Menurut Smith (1982) dekstrin digunakan sebagai pembentukan lapisan film dan sebagai bahan pengikat yang menggantikan gum arabik pada pembuatan permen. Dekstrin juga baik untuk bahan pengisi, pembawa aroma, memperbaiki tekstur koloid pelindung dan zat pengemulsi pada minuman.

Penggunaan dekstrin telah dilakukan diberbagai industri. Di industri pangan dekstrin digunakan sebagai bahan enkapsulasi untuk beberapa bahan vitamin C dan pewarna alami. Di industri kosmetik digunakan untuk meningkatkan stabilitas minyak parfum terhadap oksidasi dan bau. Sedangkan di industri farmasi dekstrin digunakan sebagai bahan pengkompleks dengan vitamin A, E dan K agar stabil terhadap oksidasi. Selain itu dekstrin juga digunakan sebagai penstabil emulsi, menutup bau dan rasa dari bahan makanan serta dapat mengurangi kadar kolesterol dan efek toksisitas dari suatu senyawa (Yunianto, dkk, 2000). Adapun standart mutu dekstrin untuk industri pangan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Standart Mutu Dekstrin Industri Pangan**

Variabel Mutu	Syarat Dekstrin Industri Pangan
- Warna	Putih sampai kekuningan
- Warna dalam larutan Lugol	Ungu sampai kecoklatan
- Kadar air (% b/b)	Maks. 11
- Kadar abu (% b/b)	Maks. 0.5
- Serat kasar (%b/b)	Maks. 0.6
- Bagian yang larut dalam air dingin (%)	Min. 97
- Kekentalan ( <sup>0</sup> E)	3 – 4
- Dekstrosa (%)	Maks. 5
- Derajat asam (ml NaOH/100 gram)	Maks. 5
- Kehalusan mesh 80 (%b/b)	Min. 90 (lolos)

Sumber: Susanty dkk, 2001



## 2.7 Mekanisme Reaksi Antara Pati dengan Iodium

Warna biru khas pati yang dihasilkan dengan iodium berkaitan khusus dengan fraksi rantai lurus. Rantai polimer berbentuk pilinan atau heliks yang dapat membentuk senyawa inklusi dengan berbagi bahan seperti iodium. Inklusi iodium disebabkan oleh efek dipol imbas dan resonansi yang ditimbulkan sepanjang pilinan. Setiap putaran pilinan terdiri atas enam satuan glukosa dan mengurung satu molekul iodium. Panjang rantai menentukan warna yang terbentuk sebagai mana terlihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Warna yang Dibentuk oleh Reaksi Iodium dengan Amilosa yang Berlainan Panjang Rantainya.**

Panjang Rantai	Jumlah Putaran Heliks	Warna yang Terbentuk
12	2	Tidak ada
12 – 15	2	Coklat
20 – 30	3 – 5	Merah
35 – 40	6 – 7	Ungu
>45	9	Biru

Sumber: de Man, 1989

## 2.8 Sifat Fisik Pati

### 2.8.1 Warna

Kenampakan pati merupakan salah satu faktor penting didalam menentukan daya tarik pati. Salah satu kenampakan yang perlu diperhatikan adalah warna pati. Salah satu faktor yang mempengaruhi warna pati adalah kandungan senyawa fenol, karena lendir yang mengandung senyawa fenol akan menyebabkan warna coklat (Makfoeld, 1982).

### 2.8.2 Densitas Kamba

Densitas kamba merupakan sifat fisik pati yang menunjukkan perbandingan antara bobot bahan dengan volume yang ditempati termasuk ruang kosong yang diantara butiran bahan. Volume yang ditempati untuk butir pati juga dipengaruhi oleh kandungan air bahan. Semakin tinggi kandungan air bahan, semakin besar pula volume ruang yang ditempati (Hall, 1970). Pada industri pangan, densitas kamba suatu bahan pangan semakin besar berarti semakin mudah



bahan pangan tersebut memberikan rasa kenyang pada konsumen. Dekstrin yang dibuat dari pati garut memiliki densitas kamba 0.72 gr/ml, sesuai untuk bahan makanan pengganti (MP) ASI (Susanty, dkk., 2001).

## 2.9 Sifat Fungsional Pati

### 2.9.1 Viskositas Pasta

Viskositas pasta adalah kekentalan pati yang telah dibuat pasta. Kekentalan (Vividitas) adalah sifat dari suatu zat alir yang disebabkan oleh adanya gesekan antar molekul-molekul zat cair serta adanya gaya kohesif pada zat cair. Gesekan inilah yang menghambat aliran zat cair (Anonymous, 1984 dalam Wulansari, 2002). Setiap jenis pati mempunyai viskositas yang berbeda. Tepung kentang memiliki viskositas paling tinggi, karena kemungkinan adanya kandungan negatif kelompok fosfat yang membantu dalam pengembangan butir tepung kentang. Sedangkan tepung jagung dan gandum mempunyai tingkat viskositas yang rendah karena granula-granula hanya mengembang dalam ukuran terbatas (Swinkles dan Veerdamas, 1985).

Pada **Tabel 5**. Ditunjukkan sifat-sifat pasta pati yang diperoleh dari pati-pati alami komersial. Menurut Furia dalam Tejasari (2001) tingkat viskositas pasta dipengaruhi oleh:

- a. Kemampuan hidrasi granula secara umum
- b. Ukuran granula. Semakin besar ukuran granula, daya hidrasi semakin besar dan "gelatinisasi" semakin lama terbentuk
- c. Sifat mekanis/fisik: suhu, warna dan daya adukan. Faktor ini berpengaruh terhadap "pelekatan gaya-gaya hidrogen" yang terdapat dalam ikatan molekul sehingga menyebabkan gugus OH lebih mampu berikatan dengan air, dan mempertinggi daya hidrasi.





**Tabel 5. Sifat-sifat beberapa pasta pati komersial**

Sifat pasta	Pati kentang	Pati jagung	Pati gandum	Pati tapioka
Viskositas	Sangat tinggi	Sedang	Sedang-rendah	Tinggi
Kapasitas pengikatan air	24 %	15 %	20 %	20 %
Tekstur	lemah	keras	keras	lemah
Kejernihan	sangat jernih	keruh	agak jernih	agak jernih
Laju retrogradasi	sedang-rendah	tinggi	tinggi	rendah

Sumber: Swinkels dan Veerdams, 1985

- d. Kandungan amilosa dan amilopektin granula. Semakin tinggi amilosa berarti "gugus OH" yang bebas semakin besar, karena amilosa merupakan polimer glukosa berantai lurus. Semakin tinggi amilosa proses hidrasi lebih cepat dan cenderung meningkatkan viskositas. Amilopektin memiliki ciri khusus yaitu: kemampuan penahanan air yang cukup tinggi akibat struktur network yang diciptakan oleh kombinasi rantai cabang  $\alpha(1-6)$  glikosida. Walaupun kemampuan penyerapan air lebih rendah dari amilosa, namun amilopektin mempunyai sifat stabil karena dapat membentuk jaringan yang berpengaruh terhadap kestabilan viskositas pasta maupun viskositas gel
- e. pH: pH yang dibutuhkan untuk membentuk viskositas dan gel berkisar 4 - 7. pH ekstrim dapat mempengaruhi kecepatan atau penghambatannya. pH berperan dalam melabilkan ikatan hidrogen antara gugus OH sehingga berpengaruh terhadap proses hidrasi
- f. Penambahan konstituen lain yang bisa mengikat air seperti gula atau garam

### 2.9.2 Gelatinisasi Pati

Granula pati dapat dibuat membengkak luar biasa, tetapi bersifat tidak dapat kembali lagi pada kondisi semula. Perubahan tersebut disebut gelatinisasi. Suhu pada saat granula pati pecah disebut suhu gelatinisasi (Winarno, 1992). Gelatinisasi adalah suatu peristiwa yang ditunjukkan dengan beberapa perubahan sifat, termasuk pengembangan granula sampai kehilangan sifat birefringensi dan



kristalinisasi, meningkatnya permeabilitas terhadap air, meningkatnya viskositas suspensi dan meningkatnya kemudahan diserang enzim (Winarno, 1992).

Suhu gelatinisasi adalah suhu pada saat pati pecah dan setelah pembengkakan ini granula pati tidak dapat kembali pada kondisi semula (Tejasari, 2002).

Dalam air yang bersuhu kurang dari  $60^{\circ}\text{C}$ , granula pati tidak mengalami perubahan yang dapat diamati. Sedikit air mungkin masuk kedalam granula melalui daerah-daerah amorf, tetapi tidak demikian dengan daerah kristalin yang kompak, sehingga daerah tersebut terhindar dari penggelembungan (Osman dalam Haryadi, 1985). Campuran granula pati dengan air dingin mengakibatkan hidrasi pati, yaitu pati menyerap air kira-kira 25 - 30%. Peristiwa ini dapat balik (reversible).

Jika suspensi granula pati dipanaskan dalam air hingga suhu airnya mencapai antara  $60^{\circ}\text{C}$  -  $70^{\circ}\text{C}$ , sedikit bagian granula pati yang besar menggelembung dengan cepat. Penggelembungan berakibat kehilangan sifat birefringensi. Gelatinisasi mula-mula terjadi pada daerah yang ikatannya paling longgar. Jika dilihat dengan mikroskop, penggelembungan berawal dari daerah hitam, selanjutnya menyebar ke bagian tepi granula. Jika suhu terus ditingkatkan, granula pati yang lebih kecil menggelembung hingga kisaran suhu antara  $100^{\circ}\text{C}$  -  $150^{\circ}\text{C}$  di atasnya semua menggelembung. Perubahan melalui tahap di atas adalah bersifat tidak dapat balik (irreversible) (Osman dalam Haryadi, 1995).

Suhu gelatinisasi tergantung juga pada konsentrasi pati. Makin kental larutan suhu tersebut makin lambat tercapai, sampai suhu tertentu tidak bertambah bahkan kadang-kadang turun. Suhu gelatinisasi berbeda-beda bagi tiap jenis pati dan merupakan suatu kisaran. Dengan viskosimeter, suhu gelatinisasi dapat ditentukan, misalnya pada jagung  $62-70^{\circ}\text{C}$ , beras  $68-78^{\circ}\text{C}$ , gandum  $54,5-64^{\circ}\text{C}$ , kentang  $58-66^{\circ}\text{C}$  dan tapioka  $52-64^{\circ}\text{C}$ . Suhu gelatinisasi juga dapat ditentukan dengan *polarized microscop* (Winarno, 1995).

Selain konsentrasi, pembentukan gel ini akan dipengaruhi oleh pH larutan. Pembentukan gel optimum pada pH 4-7. Bila pH terlalu tinggi, pembentukan gel akan makin cepat tercapai tapi cepat turun lagi. Sedangkan bila pH terlalu rendah



terbentuknya gel lambat dan bila pemanasan diteruskan, viskositas akan turun lagi. Pada pH 4 - 7 kecepatan gel lebih lambat daripada pH 10, tapi bila pemanasan diteruskan viskositas tidak berubah (Winarno, 1992).

### 2.9.3 Daya Penyerapan dan Kelarutan Air serta Konsistensi Gel

Nilai kelarutan air (NKA) dan nilai penyerapan air (NPA) secara umum dinilai menggambarkan kemampuan pati dalam membentuk viskositas pasta. Semakin tinggi NPA, viskositas pasta meningkat juga nilai NPA berbanding terbalik dengan nilai NKA.

Konsistensi gel merupakan panjang gel dari pati setelah dilakukan penambahan larutan alkohol dan KOH. Konsistensi gel di kategorikan dalam batasan: keras (27-40 mm), sedang (41-60 mm) dan lunak (61-100 mm). Menurut Swinkels dan Veendams (1985) menyatakan bahwa kerasnya konsistensi gel pada pati dipengaruhi oleh adanya kandungan negatif dari kelompok fosfat yang membantu dalam pemekaran pati.

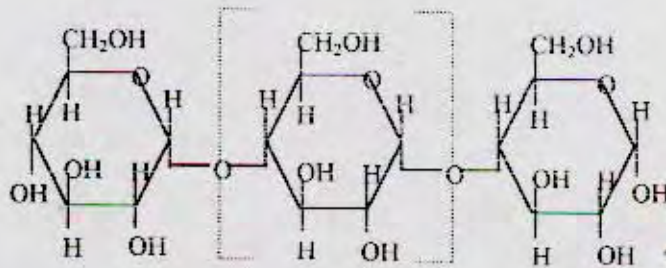
## 2.10 Sifat Kimia Pati

### 2.10.1 Amilosa

Amilosa merupakan senyawa rantai linier yang terdiri dari 70-350 unit glukosa dengan ikatan  $\alpha(1-4)$  glikosida. Rantai lurus amilosa cenderung membentuk susunan paralel satu sama lain dan saling berikatan hidrogen (Gaman dan Sherrington, 1994). Bila dilarutkan dalam air, amilosa membentuk micelles. Amilosa dalam micelles ada dalam konformasi hesikal yang dapat menangkap iodium dan memberikan warna biru yang khas (Fessenden, 1997).

Menurut Haryadi (1995), amilosa mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

Reaksi dengan iodin	: warna biru kelam
Berat molekul	: 250.000
Analisis sinar X	: kristalinitas tinggi
Kelarutan dalam air	: larut



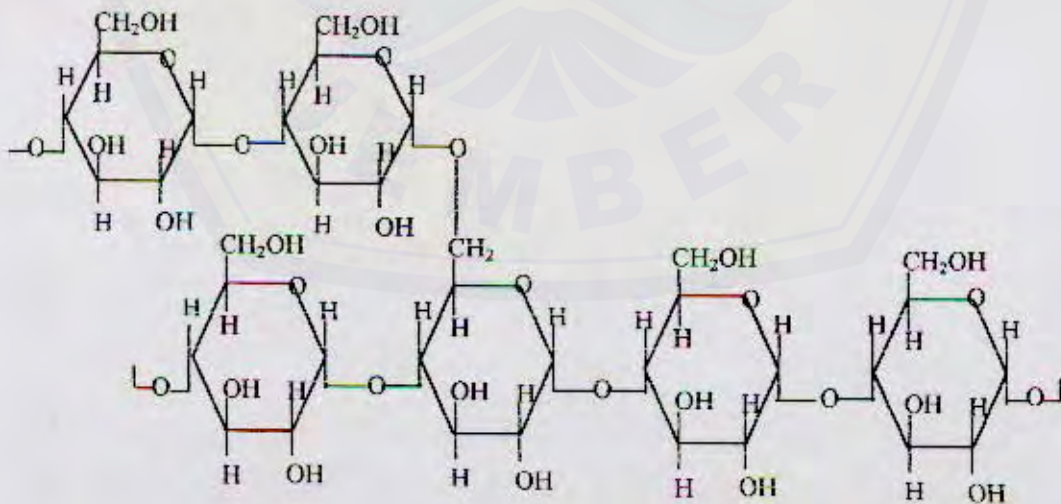
Gambar 1. Struktur Amilosa

### 2.10.2 Amilopektin

Molekul amilopektin terdiri dari 400.000 unit glukosa yang berikatan membentuk struktur bercabang dengan ikatan  $\alpha(1-6)$  glikosida (Gaman, 1994). Bila dilarutkan dalam air, amilopektin berinteraksi dengan iodium memberikan warna merah ungu (Fessenden, 1997).

Menurut Haryadi (1995), sifat-sifat molekul amilopektin adalah sebagai berikut:

- Reaksi dengan iodin : Merah ungu
- Berat molekul : 1.000.000
- Analisa sinar X : amorf
- Kelarutan dalam air : tidak larut



Gambar 2. Struktur Amilopektin





### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Bahan dan Alat

##### 3.1.1 Bahan

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini meliputi: tepung pati aren yang diperoleh dari Pasar Tanjung Jember, NaOH, Enzim Termamyl ( $\alpha$ -Amilase), aquades, Alkohol 95%, KOH 0,2 N, gliserol, larutan glukosa murni, larutan iod.

##### 3.1.2 Alat

Peralatan yang akan digunakan pada penelitian ini meliputi: pemanas, *stopwatch*, *colorider* Merk MINOLTA, timbangan OHAUS, viskometer Oswald, pengaduk, evaporator, spektrofotometer merk SEECOMAN, dan peralatan gelas (gelas ukur, pipet tetes, labu ukur).

#### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

##### 3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Pengendalian Mutu Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

##### 3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada tanggal 1 Maret sampai dengan 30 Juni 2005.

#### 3.3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif dengan parameter yang akan dianalisa meliputi karakteristik sifat fisik, kimia, dan fisiologi pati aren termodifikasi dengan menggunakan enzim Termamyl ( $\alpha$ -amilase). Adapun karakteristik sifat fisik yang akan diamati meliputi: derajat keputihan dan densitas kamba. Karakteristik kimia meliputi: kadar air dan kadar pati. Karakteristik sifat fungsional meliputi: viskositas pasta, suhu gelatinisasi, kekuatan pemekaran modifikasi, daya penyerapan dan kelarutan air, daya cerna, dan analisa konsistensi gel.



Adapun perlakuan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

P1 = suhu 80°C dan lama hidrolisa 2 jam

P2 = suhu 80°C dan lama hidrolisa 2,5 jam

P3 = suhu 80°C dan lama hidrolisa 3 jam

P4 = suhu 90°C dan lama hidrolisa 2 jam

P5 = suhu 90°C dan lama hidrolisa 2,5 jam

P6 = suhu 90°C dan lama hidrolisa 3 jam

Perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Data yang diperoleh ditabulasi, kemudian dihitung simpangan baku (SD) dari tiap-tiap perlakuan. Selanjutnya data disajikan dalam bentuk histogram.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan didahului penelitian pendahuluan yang bertujuan untuk mengetahui waktu inkubasi dan konsentrasi enzim Termamyl yang dibutuhkan. Adapun langkah – langkah sebagai berikut: pertama menimbang pati aren 25 gram kemudian dilarutkan dengan aquades sampai volume 100 ml sehingga diperoleh suspensi pati dengan konsentrasi 25% (b/v). Tahap berikutnya adalah pemanasan yang disertai dengan pengadukan. Pemanasan dilakukan bertujuan untuk membuat gel dari pati aren. Sedangkan pengadukan dilakukan untuk menghindari terbentuknya kerak dibagian bawah dari gel pati yang terbentuk serta agar transfer panas yang diberikan merata diseluruh permukaan suspensi. Pemanasan ini dilakukan sampai suhu pati mencapai 95°C dan pati sudah tergelatinisasi sempurna. Berikutnya adalah penambahan enzim Termamyl ( $\alpha$ -amilase) sebanyak 0,25 dan 0,3% (b/b). Selanjutnya dilakukan pemeraman gel pati yang dihasilkan pada *waterbath* dengan suhu 90°C sampai pati sudah termodifikasi. Pembentukan pati termodifikasi ditandai dengan terbentuknya warna merah kecoklatan setelah ditetesi dengan larutan iod 0,2 N. Modifikasi pati tercapai setelah inkubasi selama 2,5 jam pada konsentrasi enzim 0,3% (b/b). Adapun urutan penentuan waktu pembuatan pati aren termodifikasi dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Setelah diketahui waktu dan konsentrasi enzim Termamyl yang dibutuhkan untuk modifikasi pati aren, selanjutnya dilakukan penelitian utama. Adapun

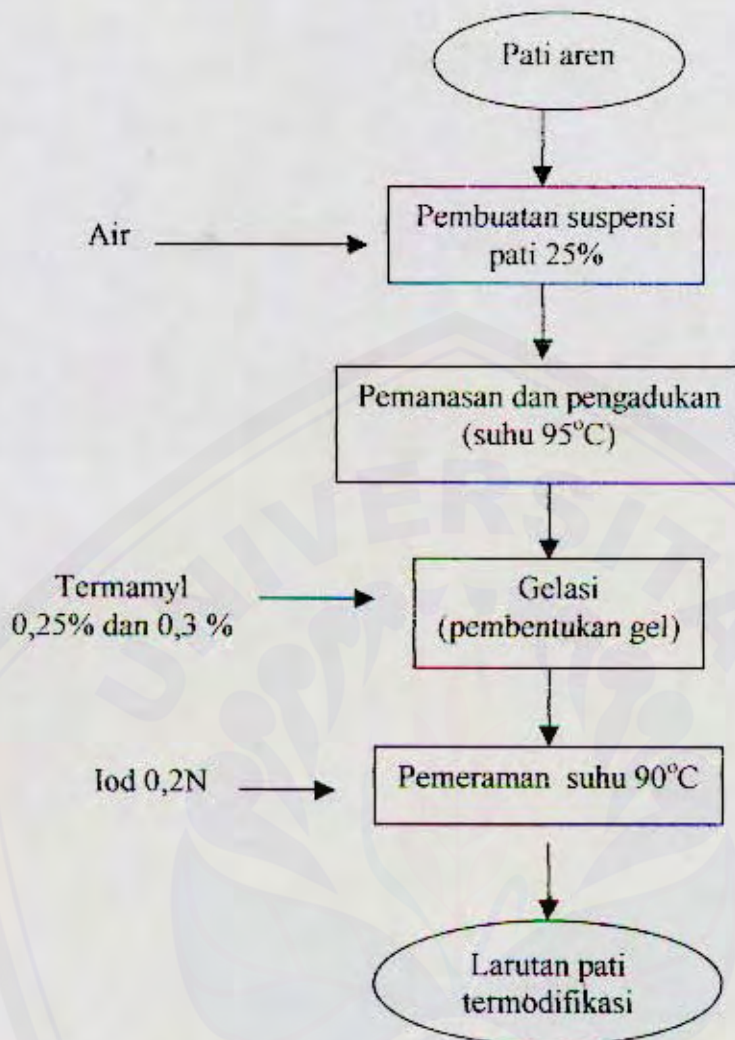


langkah – langkah sebagai berikut: pertama menimbang pati aren 25 gram kemudian dilarutkan dengan aquades sampai volume 100 ml sehingga diperoleh suspensi pati dengan konsentrasi 25% (b/v). Tahap berikutnya adalah pemanasan yang disertai dengan pengadukan. Pemanasan dilakukan bertujuan untuk membuat gel dari pati aren. Sedangkan pengadukan dilakukan untuk menghindari terbentuknya kerak dibagian bawah dari gel pati yang terbentuk serta agar transfer panas yang diberikan merata diseluruh permukaan suspensi. Pemanasan ini dilakukan sampai suhu pati mencapai 95°C dan pati sudah tergelatinisasi sempurna. Berikutnya adalah penambahan enzim Termamyl ( $\alpha$ -amilase) sebanyak 0,3% (b/b). Selanjutnya dilakukan pemeraman gel pati yang dihasilkan pada *waterbath* dengan suhu 80°C dan 90°C dan lama pemeraman 2 jam; 2,5 jam dan 3 jam. Pada proses pemeraman enzim  $\alpha$ -amilase akan menghidrolisa pati menjadi gugus yang memiliki rantai lebih pendek (6-7 gugus glukosa) atau disebut dekstrin. Larutan pati termodifikasi yang terbentuk selanjutnya dipanaskan pada suhu 100°C selama 5 menit untuk menginaktifkan enzim Termamyl. Kemudian dibekukan dalam freezer selama 24 jam dan dikeringkan dengan menggunakan *freezedryer* sampai kering (selama 72 jam). Pati termodifikasi yang sudah kering kemudian dihaluskan dan diayak dengan ukuran 80 mesh. Bubuk pati termodifikasi ini selanjutnya dianalisa karakteristik fisik, kimia, dan fungsionalnya. Diagram pembuatan pati termodifikasi dengan menggunakan enzim Termamyl ( $\alpha$ -amilase) disajikan pada **Gambar 4**.

Adapun analisa yang akan dilakukan adalah:

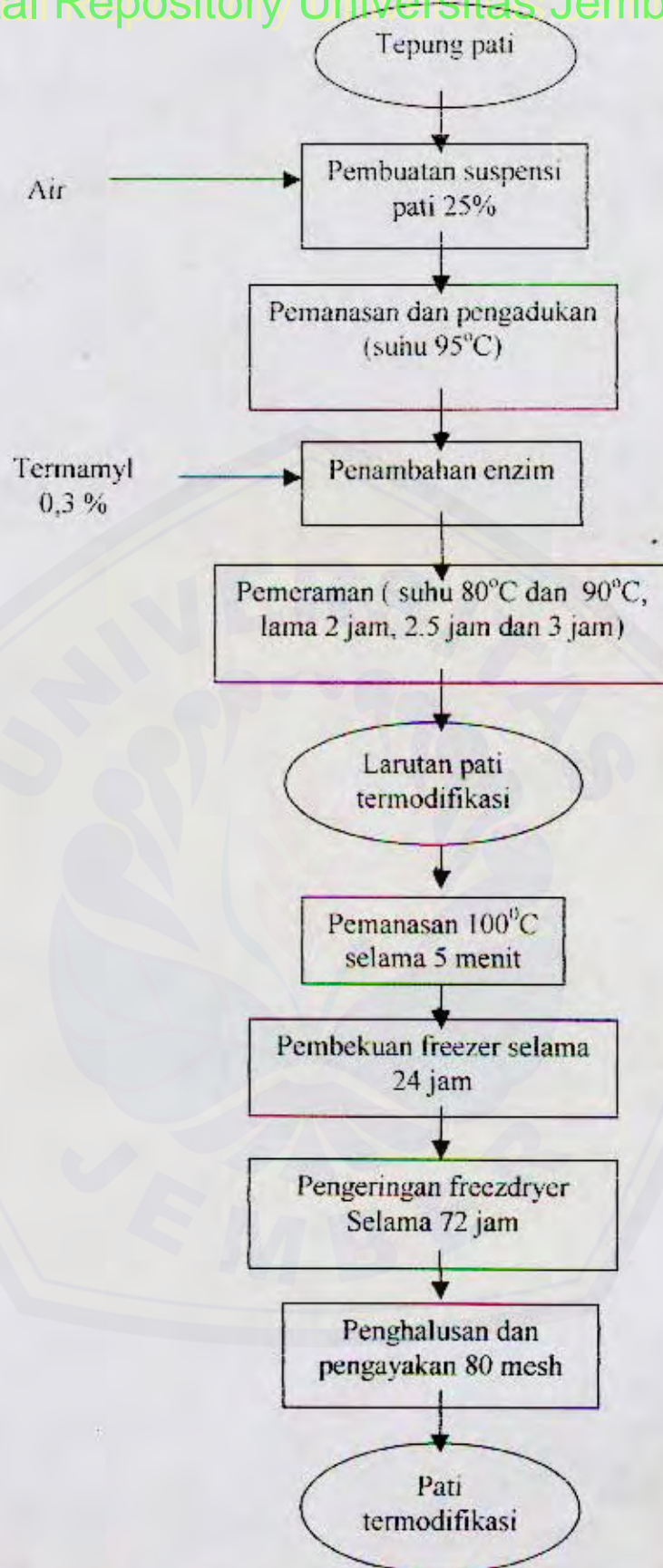
1. Karakteristik fisik meliputi: derajat putih, densitas kamba dan rendemen pati termodifikasi
2. Karakteristik kimia meliputi: kadar air dan kadar pati
3. Karakteristik sifat fungsional meliputi: viskositas pasta, suhu gelatinisasi, kekuatan pemekaran modifikasi, daya penyerapan dan kelarutan air, daya cerna, dan analisa konsistensi gel.





**Gambar 3. Urutan Penentuan Waktu Modifikasi Pati**





Gambar 4. Pembuatan Pati Termodifikasi dengan Menggunakan Enzim Termamyl ( $\alpha$ -Amilase)



### 3.5 Prosedur Analisa

#### 3.5.1 Prosedur Analisa Karakteristik Fisik Pati Aren Termodifikasi

##### 3.5.1.1 Derajat Putih (Metode Colorider, Fardiaz, dkk, 1992)

Derajat putih ditentukan dengan cara sampel pati ditempatkan dalam wadah, kemudian diukur pada 5 titik dengan menggunakan Colorider yang telah distandarkan dengan porselen putih, baca nilai a dan b. derajat putih dihitung dengan rumus:

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

Keterangan:

W = Derajat keputihan semakin mendekati 100 semakin putih

L = Keccerahan warna nilai berkisar antara 0 – 100 (hitam – putih)

a\* = Warna hijau sampai kuning

b\* = Warna biru sampa kuning

H = Sudut warna (0 = netral, 90 = kuning, 180 = hijau, 270 = biru)

c\* = Intensitas warna

##### 3.5.1.2 Densitas Kamba (Tejasari, 2002)

Densitas kamba ditentukan dengan memasukkan dekstrin kedalam beaker glass 40 ml yang telah diketahui beratnya, kemudian ditimbang. Densitas kamba diperoleh dari selisih berat beaker glass dan pati dengan berat beaker glass.

##### 3.5.1.3 Penentuan Rendemen Pati Termodifikasi (Tejasari, 2002)

Rendemen pati diperoleh dengan cara menimbang dekstrin yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan berat bahan baku total yang digunakan.

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{berat pati termodifikasi yang dihasilkan}}{\text{berat pati}} \times 100\%$$

#### 3.5.2 Prosedur Analisa Karakteristik Sifat Fungsional Pati Aren Termodifikasi

##### 3.5.2.1 Viskositas Pasta (Tejasari, 2002)

Untuk mengukur viskositas pasta dilakukan dengan menimbang pati sebesar 8 gram, kemudian dilarutkan dalam aquadest 400 ml. Larutan tersebut dipanaskan dalam air mendidih selama 30 menit, ukur viskositas panas dengan



alat viskosimeter selama 5 menit. Kemudian dinginkan selama 45 menit dan diukur viskositasnya selama 5 menit.

### 3.5.2.2 Suhu Gelatinisasi (Metode Pemanasan, Tejasari, 2002)

1. Masukkan 2,5 gram sampel kedalam beaker glass dan tambahkan 100 ml aquades
2. Panaskan sampai terbentuk gel
3. Ukur suhu dengan menggunakan termometer
4. Suhu awal pembentukan gel sama dengan suhu gelatinisasi atau suhu pada saat terjadi perubahan dari larutan keruh menjadi larutan bening.

### 3.5.2.3 Kekuatan Pemekaran Modifikasi (Swinkels, 1985 dalam Da Costa, 1999)

Pengukuran kekuatan pemekaran dilakukan dengan cara modifikasi dari cara swinkels. Adapun pengukuran kekuatan pemekaran dilakukan dengan melarutkan tepung/pati 1 gram dalam 100 ml air, kemudian dipanaskan sampai suhu 95°C. Pasta disaring dengan menggunakan kertas saring dan endapan ditimbang. Kekuatan pemekaran didefinisikan sebagai berat endapan (gram) per gram pati kering kali 100 persen.

### 3.5.2.4 Daya Penyerapan dan Kelarutan air (Tejasari, 2002)

1. Sampel ditimbang 3 gram, dimasukkan dalam tabung sentrifuge 50 ml yang sudah diketahui beratnya
2. Ditambah 30 ml aquades, divortek 30 menit
3. Disentrifuge dengan kecepatan 3000 rpm selama 5 menit
4. Supernatan ditampung dalam cawan yang diketahui beratnya
5. Diuapkan pada suhu 105°C sampai air menguap
6. Didinginkan pada desikator, timbang sampai berat tetap
7. Nilai yang diperoleh digunakan untuk menghitung daya larut air (NKA)
8. Endapan ditimbang untuk menghitung daya serap air (NPA)

$$NKA = \frac{A}{B} \times 100\%$$

A = Berat padatan larut air

B = Berat total

$$NPA = \frac{C}{B - C} \times 100\%$$

C = Berat air yang diserap



### 3.5.2.5 Analisa Konsistensi Gel (Tejasari, 2002)

1. Sampel 10 mg dimasukkan dalam tabung reaksi
2. Ditambahkan 0,2 ml larutan alkohol 95% (mengandung Thymol blue) dan 2 ml KOH 0,2 N
3. Kocok hingga homogen
4. Dipanaskan pada penangas air selama 8 menit dan didinginkan dengan "ice bath"
5. Diletakkan pada tempat yang datar diatas kertas milimeter
6. Panjang gel diukur setelah 1 jam
7. Diklasifikasikan
  - Keras = 27 – 40 mm
  - Sedang = 41 – 60 mm
  - Lemah = 61 – 100 mm

### 3.5.2.6 Daya Cerna Pati Secara *In vitro* (Deddy Muchtadi, 1989)

1. Suspensi pati (1 persen dalam air destilat) dipanaskan dalam penangas air selama 15 menit sampai mencapai suhu 90°C, kemudian didinginkan.
2. Diambil sebanyak 2 ml larutan pati dan dimasukkan dalam tabung reaksi ditambah 1 ml air destilat dan 5 ml laruta buffer Na-fosfat 0,1 M pH 7,0. Kemudian diinkubasi dalam penangas air 37 °C selama 15 menit.
3. Kedalam larutan tersebut ditambahkan larutan 1 ml enzim  $\alpha$ -amilase dan diinkubasi lagi dalam penangas air 37°C selama 30 menit
4. Dari campuran tersebut diambil 1 ml dan ditempatkan pada tabung reaksi lain. Kemudian ditambahkan 2 ml pereaksi dinitrosalisilat dan selanjutnya dipanaskan dalam penangas air 100°C selama 10 menit.
5. Setelah didinginkan, campuran reaksi diencerkan dengan menambahkan 1 ml air destilat
6. Warna orange merah yang terbentuk dari campuran reaksi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm

$$Dc = \frac{\text{Kadar maltosa sampel setelah reaksi enzim}}{\text{Maltosa pati murni setelah reaksi enzim}} \times 100$$



Penyiapan kurva standart maltosa

1. Buat larutan maltosa dengan konsentrasi 0.2 mg/ml, 0.4 mg/ml, 0.6 mg/ml, 0.8 mg/ml dan 1mg/ml.
2. Dari larutan tersebut diambil 1 ml dan ditempatkan pada tabung reaksi lain. Kemudian ditambahkan 2 ml pereaksi dinitrosalisilat dan selanjutnya dipanaskan dalam penangas air 100°C selama 10 menit.
3. Setelah didinginkan, campuran reaksi diencerkan dengan menambahkan 1 ml air destilat
4. Warna orange merah yang terbentuk dari campuran reaksi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm.
5. Buatlah kurva standart yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi maltosa dan OD.

### **3.5.3 Prosedur Analisa Karakteristik Kimia Pati Termodifikasi**

#### **3.5.3.1 Penentuan Kadar Air Cara Pemanasan (Thermogravimetri, Sudarmadji, dkk, 1992)**

1. Timbang sampel yang telah berupa serbuk/bahan halus (1-2 gram) dalam botol timbang yang telah bersih dan kering sampai diketahui beratnya
2. Keringkan dalam oven pada suhu 100 - 105° C selama 1 - 5 jam tergantung bahan, dimana semakin besar kandungan air dalam bahan makin lama. Panaskan lagi dalam oven 30 menit, masukkan dalam eksikator dan ditimbang. Ulangi sampai berat konstan (selisih penimbangan kurang dari 0,2 gram)
3. Pengurangan berat merupakan banyaknya air dalam bahan

#### **3.5.3.2 Penentuan Kadar Pati (Sudarmadji, 1994)**

Kadar pati ditentukan dengan cara:

1. timbang 2- 5 gram contoh yang berupa bahan padat yang telah dihaluskan dalam gelas piala 250 ml, tambahkan 50 ml aquadest dan aduk selama 1 jam. Suspensi disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan aquadest sampai



volume filtrat 250 ml. Filtrat ini mengandung karbohidrat terlarut dan dibuang.

2. Residu dipindahkan secara kuantitatif dari kertas saring ke dalam erlenmeyer dengan pencucian 200 ml aquadest dan tambahkan 20 ml HCL + 25% (Bj = 1.125), tutup dengan pendingin balik dan panaskan diatas penangas air mendidih selama 2,5 jam.
3. Setelah dingin netralkan dengan larutan NaOH 45% dan encerkan sampai volume 500 ml, kemudian saring. Tentukan kadar gula yang dinyatakan sebagai glukosa dari filtrat yang diperoleh. Penentuan glukosa seperti pada penentuan gula reduksi.

$$\text{Berat pati} = \text{Berat glukosa} \times 0.9$$

Penyiapan kurva standart (Cara Spektrofotometri Metode Nelson-Somogy)

1. Buat larutan glukosa standart (10 mg glukose anhidrat/100 ml).
2. Dari larutan glukosa standart tersebut dilakukan 6 pengenceran sehingga diperoleh larutan glukosa dengan konsentrasi 1 mg/100 ml; 2 mg/100 ml; 4 mg/100 ml; 6 mg/100 ml dan 10 mg/ 100 ml.
3. Siapkan 7 tabung reaksi yang bersih, 6 tabung diisi dengan 1 ml larutan glukosa standart dan diisi dengan 1 ml air suling sebagai blanko.
4. Tambahkan ke dalam masing-masing tabung 1 ml reagensia Nelson dan kemudian panaskan semua tabung dalam penangas air mendidih selama 20 menit.
5. Ambil semua tabung dan segera dinginkan bersama-sama dalam gelas piala yang berisi air dingin sehingga suhu tabun mencapai 25<sup>0</sup> C.
6. Setelah dingin tambahkan 1 ml reagenia Arsenomolybdat, gojok sampai semua endapan Cu<sub>2</sub>O yang ada larut kembali.
7. Setelah semua endapan Cu<sup>2</sup>O larut sempurna, tambahkan 7 ml air suling, gojoklah sampai homogen.
8. Teralah "optical density" (OD) masing-masing larutan tersebut pada panjang gelombang 540 nm.



9. Buatlah kurva standart yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi glukosa dan OD.







## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut:

- a. Modifikasai pati aren menggunakan enzim Termamyl mengubah sifat fisik, sifat fungsional dan sifat kimia pati aren murni.
- b. Modifikasi pati aren menggunakan enzim Termamyl meningkatkan daya kelarutan air, daya penyerapan air dan daya cerna. NPA, NKA dan daya cerna yang dihasilkan secara berurutan adalah 41,91% - 69,09%; 1,93% - 30,54%; 65,43% - 85,51%.
- c. Modifikasi pati aren menggunakan enzim Termamyl menurunkan beberapa sifat pati aren antara lain: rendemen, densitas kamba, derajat putih, suhu getinisasi, viskositas pasta panas dan dingin, konsistensi gel, kadar pati, dan kadar air.
- d. Rendemen pati termodifikasi yang dihasilkan berkisar antara 78,13% - 81,38%; densitas kamba yang dihasilkan berkisar antara 57,40% - 84,01%; derajat putih pati termodifikasi yang dihasilkan berkisar antara 87 - 85,74; suhu getinisasi berkisar antara  $46,6^{\circ}\text{C}$  -  $55,97^{\circ}\text{C}$ ; viskositas pasta panas dan dingin berkisar antara 5,1 mPa.s - 10,33 mPa.s dan 5,73 mPa.s - 8,83 mPa.s; konsistensi gel berkisar antara 19,11 mm - 24,11; kadar pati berkisar antara 1,98% - 5,92% ; dan kadar air berkisar antara 6,14% - 8,78%.

### 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan lebih lanjut dari pati aren termodifikasi dengan menggunakan enzim *termamyl* untuk berbagai produk pangan dan kesehatan.
2. Sebaiknya dalam hidrolisis enzimatis menggunakan buffer sebagai larutan penyangga agar kinerja enzim tetap konsisten pada pH tertentu.



DAFTAR PUSTAKA

- Afrianti, Leni H. 2002. **Pati Termodifikasi Dibutuhkan Industri Makanan**.  
www.pikiranrakyat.com
- Alistair. M. Stephen. 1995. **Food Polysaccharide and Their Applications**.  
Marcel Dekker. Inc. New York
- De Man, John M. 1986. Food Chemistry. Terjemahan Kosasih Padmawinata.  
**Kimia Makanan**. 1987. Penerbit ITB. Bandung
- Epriliati, I., Purwiyatno H. dan Anton A. 2001. Komposisi kimia Biji dan Sifat  
Fungsional Pati Gayam (*Inocarpus edulis frost*) dalam **Himpunan  
Makalah Seminar Nasional Teknologi Pangan**. PATPI. Malang
- Fennema, R. 1995. **Food Chemistry**. Cleveland. Marcel Dekker Inc. New York
- Fessenden, R. J. 1997. **Dasar – Dasar Kimia Organik**. Binapura Aksara. Jakarta
- Gaman, P. M, dan Sherington, K.B. 1994. **Pengantar Ilmu Pangan, Nutrisi dan  
Mikrobiologi**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Hall, Dw. 1970. **Handly and Sorage of Foor Grains in Tropical and Sub  
Tropical Areas**. Food and Agricultural Organisation of The United.  
Roma
- Hartanti, S. 1993. **Bahan Kuliah Biokimia**. Fakultas Pertanian. Universitas  
Jember
- Haryanto, B dan Pangloli, P. 1997. **Potensi dan Pemanfaatan Sagu**. Penerbit  
Kanisius. Yogyakarta
- Hastuti, S. 2001. Peningkatan Daya Cerna *In Vitro* Kerupuk Benguk dengan  
Fermentasi Biji Koro Benguk dalam **Himpunan Makalah Seminar  
Nasional Teknologi Pangan**. PATPI. Malang
- Hui, Yh. 1992. **Encyclopedia of Food Science and Technology**. New York. John  
and Willey and Son Inc.
- Judoamidjojo, M., E. Gumbira S., dan Liesbetini H. 1988. **Biokonversi**. Pusat  
Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor. Bogor



- Lehninger, A. 1993. *Elementary of Biokimia*. Terjemahan Maggy Thenawijaya. **Dasar – Dasar Biokimia Jilid 1**. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Makfoeld, D. 1982. Deskriptif Pengolahan Hasil Nabati. **Agritech Vol III**. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Martoharsono, S. 1997. **Biokimia Jilid 1**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Muchtadi, D., Nurheni S. P, dan Made A. 1992. **Metode Kimia Biokimia dan Biologi dalam Evaluasi Nilai Gizi Pangan Olahan**. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Norman, Barric E. 1980. New Develoments In Starch Syrup Technology dalam **Enzymes And Food Processing**. Applied Science Publishers Ltd. London
- Poedjiadi, A. 1994. **Dasar –Dasar Biokimia**. UI – Press. Jakarta
- Rakhmadevi, A. G. 2000. **Karakteristik Sifat Fisiko Kimia dan Fungsional Pati Aren (*Arenga pinnata*)**. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jember
- Rosida, Y. Marsono, dan Haryadi. 2001. Tepung Pra-Masak Tinggi Pati Resisten: Pengaruhnya Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Digesta Tikus Wistar dalam **Himpunan Makalah Seminar Nasional Teknologi Pangan**. PATPI. Malang
- Schumm, D. E. 2000. **Intisari Biokimia**. Binarupa Aksara. Jakarta
- Smith, S. 1982. **Starch Derivate and Their Use in Food**. In Basic. Simposium Series. New York. AVI Publishing Company
- Soeseno, S. 2000. **Bertanam Aren**. Penebar Swadaya. Jakarta
- Susanty, R., Soewarno, T. S., dan Made A. 2001. Dekstrinasi Pati Garut dan Gelatinisasi Tepung Terigu untuk Pembuatan Makan Pendamping Air Susu Ibu dalam **Himpunan Makalah Seminar Nasional Teknologi Pangan**. PATPI. Malang
- Sunanto, H. 1993. **Aren : Budidaya dan Multigunanya**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta



- Susanty, R., Soewarno, T. S., dan Made A. 2001. Dekstrinasi Pati Garut dan Gelatinisasi Tepung Terigu untuk Pembuatan Makanan Pendamping Air Susu Ibu dalam **Himpunan Makalah Seminar Nasional Teknologi Pangan**. PATPI. Malang
- Sutamihardja, , dan Hawab M. 1978. **Karbohidrat dan Protein**. Bagian I. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Swinkels dan J.J.M. Veendams. 1985. **Composition and Properties of Commercial Native Starches**.
- Tejasari, 2002, **Laporan Penelitian: Kajian Tepung Umbi-Umbian Lokal sebagai Bahan Pangan Olahan**. Tidak diterbitkan
- Uhlig, H. 1998. **Industrial Enzymes and Their Applications**. John Willey and Sons. Inc. New York
- Wenten, I. G. 2004. **Pengembangan Proses Konversi Enzimatis dalam Industri Berbasis Tapioka**. [www.lp.itb.ac.id](http://www.lp.itb.ac.id)
- Winarno, FG. 1995. **Enzim Pangan**. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- \_\_\_\_\_. 1992. **Kimia Pangan dan Gizi**. P.T. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- \_\_\_\_\_. 1980. **Pengantar Teknologi Pangan**. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Windarti, W. S., Tamtarini dan Djumarti. 2000. **Buku Ajar: Teknologi Pengolahan Sereal dan Komoditi Berkarbohidrat**. Tidak diterbitkan
- Wirakartakusumah, M. A., Kamarudin A, dan Ajeng M. S. 1992. **Sifat Fisik Pangan**. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Yunianto, P., Kapti R. dan Budiasih W. 2000. **Pengaruh pH dan Suhu Terhadap Produksi  $\beta$ -Siklodekstrin Glikosiltransferase ( $\beta$ -CGT-Ase) Oleh *Bacillus Sp. Bk-1***. [www.bppt.co.id](http://www.bppt.co.id)



Lampiran 1

Perhitungan

♦ Karakteristik Sifat Fisik Pati Aren Termodifikasi

• Rendemen dan Densitas Kamba Pati Aren Termodifikasi

Perlakuan	Ulangan	Rendement (%)	Densitas Kamba (%)
P1 (Suhu 80 <sup>0</sup> C; 2 jam)	1	76.30	61.22
	2	85.48	65.86
	3	85.48	64.95
Rata-rata		80.34	64.01
Standart deviasi		0.05	0.02
P2 (Suhu 80 <sup>0</sup> C; 2.5 jam)	1	79.24	74.22
	2	81.83	61.80
	3	77.96	55.90
Rata-rata		79.68	63.70
Standart deviasi		0.02	0,1
P3 (Suhu 80 <sup>0</sup> C; 3 jam)	1	80.13	59.18
	2	77.96	60.25
	3	77.68	68.68
Rata-rata		78.59	62.70
Standart deviasi		0.01	0.05
P4 (Suhu 90 <sup>0</sup> C; 2 jam)	1	82.29	61.53
	2	82.99	62.53
	3	78.87	62.25
Rata-rata		81.38	62.00
Standart deviasi		0.02	0.005
P5 (Suhu 90 <sup>0</sup> C; 2.5 jam)	1	78.98	52.26
	2	78.13	60.32
	3	78.68	62.59



Rata-rata		78.59	58.39
Standart deviasi		0.004	0.05
P6 (Suhu 90 <sup>0</sup> C; 3 jam)	1	78.52	55.42
	2	80.37	67.34
	3	75.61	59.63
Rata-rata		78.17	57.46
Standart deviasi		0.02	0.02

• Warna Pati Aren Termodifikasi

Perlakuan	Ulangan	L	a*	b*	c*	H	W
P1 (Suhu 80 <sup>0</sup> C; 2 jam)	1	91,73	-3,63	9,69	10,35	110,50	86,74
	2	92,47	-4,21	9,89	10,75	113,06	86,88
	3	92,27	-4,13	9,87	10,70	112,70	86,80
Rata-rata		92,16	-3,99	9,82	10,60	112,1	86,81
St. Deviasi		0,38	0,31	0,11	0,22	1,39	0,07
P2 (Suhu 80 <sup>0</sup> C; 2,5 jam)	1	92,13	-4,21	9,99	10,84	112,85	86,60
	2	92,05	-4,19	10,1	10,96	112,47	86,46
	3	92,01	-4,25	10,1	10,97	112,80	86,43
Rata-rata		92,06	-4,22	10,1	10,92	112,7	86,5
St. Deviasi		0,06	0,03	0,08	0,07	0,21	0,09
P3 (Suhu 80 <sup>0</sup> C; 3 jam)	1	91,59	-3,89	10,3	10,96	110,78	86,18
	2	91,81	-4,23	10,1	10,94	112,74	86,33
	3	91,81	-4,37	9,89	10,81	113,84	86,43
Rata-rata		91,737	-4,16	10,1	10,91	112,5	86,32
St. Deviasi		0,13	0,25	0,18	0,08	1,55	0,13
P4 (Suhu 90 <sup>0</sup> C; 2 jam)	1	91,67	-4,25	10,1	10,97	112,80	86,23
	2	89,53	-4,07	11,1	11,80	110,19	84,23
	3	92,37	-4,17	9,97	10,81	112,70	86,77
Rata-rata		91,19	-4,16	10,4	11,19	111,9	85,74
St. Deviasi		1,48	0,09	0,60	0,53	1,44	1,34
P5 (Suhu 90 <sup>0</sup> C; 2,5 jam)	1	92,57	-4,29	9,69	10,60	113,88	87,06
	2	91,93	-4,13	10,3	11,09	111,87	86,29
	3	93,27	-4,35	9,39	10,35	114,86	87,65
Rata-rata		92,59	-4,26	9,79	10,68	113,5	87
St. Deviasi		0,67	0,11	0,46	0,38	1,52	0,69
P6 (Suhu 90 <sup>0</sup> C; 3 jam)	1	91,81	-4,23	9,95	10,81	113,03	86,44
	2	92,77	-4,39	9,69	10,64	114,37	87,14
	3	93,05	-4,41	9,49	10,46	114,93	87,44
Rata-rata		92,54	-4,34	9,71	10,64	114,1	87
St. Deviasi		0,65	0,1	0,23	0,174	0,973	0,513



◆ **Karakteristik Sifat Fungsional Pati Aren Termodifikasi**

• **Suhu Gelatinisasi dan Konsistensi Gel Pati Aren Termodifikasi**

Perlakuan (1)	Ulangan (2)	Suhu Gelatinisasi ( $^{\circ}\text{C}$ ) (3)	Konsistensi Gel (mm) (4)
P1 (Suhu $80^{\circ}\text{C}$ ; 2 jam)	1	54.7	17.67
	2	57.6	16.33
	3	55.6	21.33
Rata-rata		55.97	18.44
Standart deviasi		1.48	2.59
P2 (Suhu $80^{\circ}\text{C}$ ; 2.5 jam)	1	50.3	16.33
	2	55.3	18.00
	3	54.2	23.00
Rata-rata		53.27	19.11
Standart deviasi		2.63	1.47
P3 (Suhu $80^{\circ}\text{C}$ ; 3 jam)	1	51.3	21,33
	2	51.9	23
	3	51.8	22
Rata-rata		51.67	22.11
Standart deviasi		0.32	0.839
P4 (Suhu $90^{\circ}\text{C}$ ; 2 jam)	1	54	21
	2	52.8	19.67
	3	58.3	20.44
Rata-rata		55.03	20.44
Standart deviasi		2.89	0.69
P5 (Suhu $90^{\circ}\text{C}$ ; 2.5 jam)	1	54	19.67
	2	50.5	20.67
	3	52	21.67
Rata-rata		52.17	20,67
Standart deviasi		1.76	1.00



(1)	(2)	(3)	(4)
P6 (Suhu 90 <sup>0</sup> C; 3 jam)	1	45.5	19.33
	2	46.8	19.67
	3	47.5	24.22
Rata-rata		46.6	21.22
Standart deviasi		1.01	2.99

- **Viskositas Pasta Pati Aren Termodifikasi**

Perlakuan	Ulangan	Panas (mPa.S)	Dingin (mPa.S)
P1 (Suhu 80 <sup>0</sup> C; 2 jam)	1	13	9
	2	11	5,2
	3	4	6
Rata-rata		9,33	6,73
St. Deviasi		4,73	2,00
P2 (Suhu 80 <sup>0</sup> C; 2,5 jam)	1	9	8
	2	9	6,5
	3	13	12
Rata-rata		10,33	8,83
St. Deviasi		2,31	2,84
P3 (Suhu 80 <sup>0</sup> C; 3 jam)	1	12	9
	2	12,5	12
	3	5	5,2
Rata-rata		9,83	8,73
St. Deviasi		4,19	3,41
P4 (Suhu 90 <sup>0</sup> C; 2 jam)	1	4,3	4,5
	2	5	5,2
	3	6	7,5
Rata-rata		5,1	5,73
St. Deviasi		0,85	1,57
P5 (Suhu 90 <sup>0</sup> C; 2,5 jam)	1	6	5,7
	2	7	5,5
	3	7	6
Rata-rata		6,67	5,73
St. Deviasi		0,58	0,25
P6 (Suhu 90 <sup>0</sup> C; 3 jam)	1	4	4,5
	2	7	8
	3	7	5,5
Rata-rata		6	6
St. Deviasi		1,73	1,80

- **Nilai Penyerapan dan Kelarutan Air (NPA dan NKA)**

Perlakuan	Ulangan	NKA	NPA
P1 (suhu 80 <sup>o</sup> C; 2 jam)	1	58,37%	21,81%
	2	65,81%	21,01%
	3	61,17%	18,65%
Rata-rata		61,78%	20,49%
Standart deviasi		0,04	0,01
P2 (suhu 80 <sup>o</sup> C; 2,5 jam)	1	61,46%	11,65%
	2	64,10%	13,58%
	3	61,46%	11,08%
Rata-rata		62,34%	12,10%
Standart deviasi		0,02	0,01
P3 (Suhu 80 <sup>o</sup> C; 3 jam)	1	70,52%	6,54%
	2	70,07%	6,74%
	3	66,67%	7,37%
Rata-rata		69,09%	6,88%
Standart deviasi		0,02	0,004
P4 (Suhu 90 <sup>o</sup> C; 2 jam)	1	30,61%	28,06%
	2	47,49%	26,58%
	3	47,63%	29,05%
Rata-rata		41,91%	27,90%
Standart deviasi		0,2	0,01
P5 (Suhu 90 <sup>o</sup> C; 2,5 jam)	1	50,27%	15,25%
	2	63,10%	16,14%
	3	51,50%	13,98%
Rata-rata		54,96%	15,12%
Standart deviasi		0,07	0,01
P6 (Suhu 90 <sup>o</sup> C; 3 jam)	1	74,27%	9,12%
	2	81,81%	12,29%
	3	62,88%	11,45%
Rata-rata		72,99%	10,95%
Standart deviasi		0,1	0,02

- **Daya Pemekaran dan Daya Cerna Pati Aren Termodifikasi**

Perlakuan (1)	Ulangan (2)	Daya Pemekaran(%) (3)	Daya Cerna (%) (4)
P1 (Suhu 80; 2 jam)	1	19,76%	79,450%
	2	18,15%	64,405%
	3	48,80%	52,434%
Rata-rata		28,90%	65,430%
Standart deviasi		0,172525	0,135367



(1)	(2)	(3)	(4)
P2 (Suhu 80; 2,5 jam)	1	8,76%	90,53%
	2	46,31%	79,60%
	3	12,48%	61,65%
Rata-rata		22,52%	77,258%
Standart deviasi		0,21	0,15
P3 (Suhu 80; 3 jam)	1	16,45%	67,94%
	2	11,55%	81,91%
	3	12,59%	65,76%
Rata-rata		13,53%	71,87%
Standart deviasi		0,03	0,09
P4 (Suhu 90; 2 jam)	1	18,68%	89,21%
	2	34,20%	83,36%
	3	35,93%	74,10%
Rata-rata		29,60%	82,23%
Standart deviasi		0,09	0,08
P5 (Suhu 90;2,5 jam)	1	26,57%	90,53%
	2	26,55%	88,28%
	3	23,75%	77,71%
Rata-rata		25,62%	85,51%
Standart deviasi		0,01	0,07
P6 (Suhu 90; 3 jam)	1	16,47%	83,97%
	2	12,46%	93,20%
	3	14,54%	78,58%
Rata-rata		14,49%	85,25%
Standart deviasi		0,02	0,07

♦ **Karakteristik Sifat Kimia Pati Aren Termodifikasi**

• **Kadar Pati dan Kadar Air Pati Aren Termodifikasi**

Perlakuan (1)	Ulangan (2)	Kadar pati (3)	Kadar air (4)
P1 (Suhu 80;2 jam)	1	3,91%	8,94%
	2	4,75%	7,76%
	3	4,51%	8,78%
Rata-rata		4,39%	8,49%
Standart deviasi		0,004	0,01
P2 (suhu 80; 2,5 jam)	1	2,59%	6,37%
	2	4,91%	7,05%
	3	2,76%	6,96%
Rata-rata		3,42%	6,79%
Standart deviasi		0,01	0,004
P3 (Suhu 80; 3 jam)	1	2,95%	6,83%
	2	3,14%	5,33%
	3	3,02%	6,25%

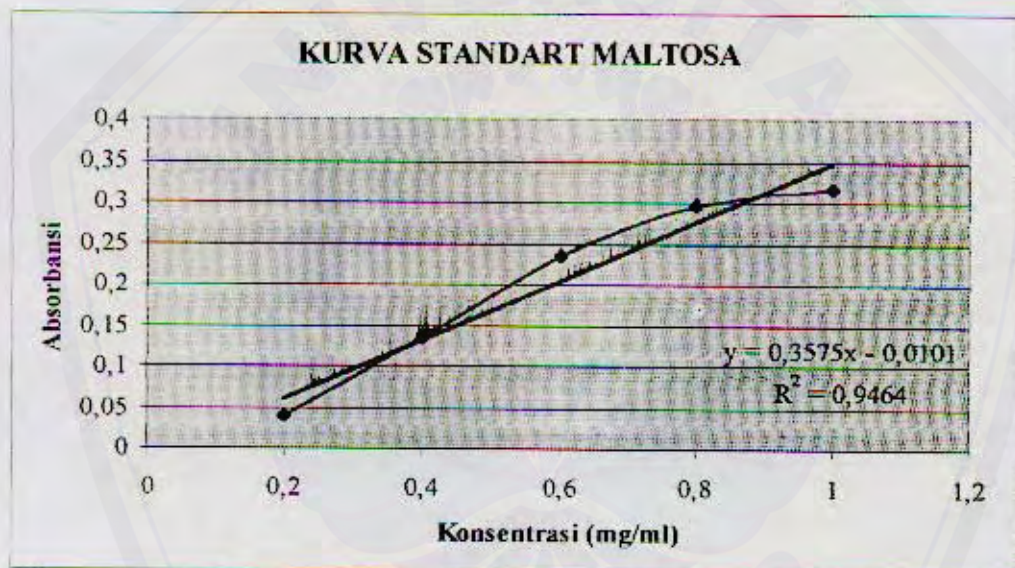
(1)	(2)	(3)	(4)
Rata-rata		3,04%	6,14%
Standart deviasi		0,001	0,01
P4 (Suhu 90;2 jam)	1	3,27%	10,08%
	2	4,74%	8,99%
	3	5,00%	7,28%
Rata-rata		4,33%	8,78%
Standart deviasi		0,01	0,01
P5 (Suhu 90;2,5 jam)	1	5,43%	7,40%
	2	5,84%	7,92%
	3	6,51%	6,60%
Rata-rata		5,92%	7,30%
Standart deviasi		0,005	0,01
P6 (Suhu 90; 3 jam)	1	2,00%	5,98%
	2	2,00%	5,83%
	3	1,95%	8,48%
Rata-rata		1,98%	6,76%
Standart deviasi		0,0002	0,01



## Lampiran 2

## Kurva Standart Maltosa

X	Y
0,2	0,039
0,4	0,135
0,6	0,236
0,8	0,296
1	0,316



## Lampiran 3

## Kurva Standart Glukosa

X	Y
0,052	0,01
0,284	0,03
1,252	0,12
1,377	0,13
1,529	0,15

