



# KARAKTERISASI SIFAT FISIKO KIMIA DAN FUNGSIONAL PATI AREN (*Arenga pinnata*)

## KARYA ILMIAH TERTULIS (SKRIPSI)



**Pembimbing**

Ir. Noer Novijanto, M. App. Sc (DPU)

Ir. Herlina, MP (DPA)

Oleh :

Ade Galuh Rakhmadevi

NIM. 9615101103

Asal	: Hadiah	Klass 633.65 RAK R
	: Pembelian	
Terima Tgl:	16 AUG 2000	
No. Induk :	102.008	

SRS

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

2000

**MOTTO**

"Dia memberikan hikmah (ilmu yang berguna) kepada siapa yang dikehendaki-Nya. Barang siapa mendapat hikmah itu, sesungguhnya ia telah mendapat kebajikan yang banyak; dan tiadalah yang menerima peringatan, melainkan orang-orang yang berakal"

(Q.S AL - BAQARAH - 269)

" ..... Dan apabila dikatakan : Bangunlah (berdirilah ) kamu, maka hendaklah kamu berdiri, niscaya Allah meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang berilmu beberapa derajat. Allah Maha Mengetahui apa-apa yang kamu kerjakan. "

(Q.S AL -MUJADALAH - 11)

Kebahagiaan itu adalah yang dapat memenuhi kehendak yang dicintai. Bahagialah orang yang mengetahui dan dapat menyintai siapa yang harus dicintai.

(KH. ACHYAT HALIMY)

*Karya sederhana ini ku persembahkan untuk :*

- ◆ Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya
- ◆ (Alm) Ibundaku "*Rr. Nunuk Sri Haryati*". Hanya Allah yang akan membalas semua pengorbanan yang bunda berikan untuk ananda.
- ◆ Papa "*R.S. Basthaman, SH*" dan Mama "*Yoyoh Rokayah*" yang tidak pernah berhenti mendoakan dan merestui ananda untuk selalu maju dan berprestasi. Semoga nanda sempat membalasnya.
- ◆ *Mbak Tika, Deny, dan Aty* , Kakak dan Adik-adikku tersayang.
- ◆ *AA "Totok"* yang selalu setia dan sabar mendampingi dengan penuh pengertian dan kasih sayang
- ◆ Sahabat-sahabatku "*Amarilin, Sofie, Lian*" yang selalu mendorongku untuk terus berkarya.
- ◆ Sahabat-sahabatku *TP'96* . ("*Popay, Parasit Family, Henny, Shanti*") dan semuanya, terima kasih atas persaudaraan dan persahabatannya yang indah. Semoga tidak akan pernah terputus sampai di sini.
- ◆ Almamaterku tercinta

**DOSEN PEMBIMBING**

**Ir. Noer Novijanto, M.App.Sc (DPU)**

**Ir. Herlina, MP (DPA)**

Diterima oleh :

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER

Sebagai Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi)

---

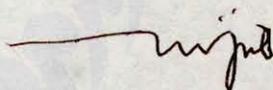
Dipertanggung jawabkan pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 29 Juni 2000

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian

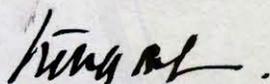
Tim Penguji  
Ketua



Ir. Noer Novijanto, M.App.Sc

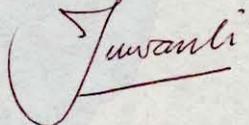
NIP : 131 475 864

Anggota I



Ir. Herlina, MP  
NIP : 132 046 360

Anggota II



Ir. Sih Yuwanti, MP  
NIP : 132 086 416

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember



Ir. Wagito  
NIP : 130 516 538

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWt yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan Skripsi yang berjudul "**Karakterisasi Sifat Fisiko Kimia dan Fungsional Pati Aren (*Arenga pinnata*)**" dengan baik.

Penulisan Karya Tulis Ilmiah dimaksudkan sebagai salah satu syarat terakhir bagi penulis untuk menyelesaikan Pendidikan Sarjana Strata Satu pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Pada kesempatan yang baik ini, tak lupa penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada yang terhormat :

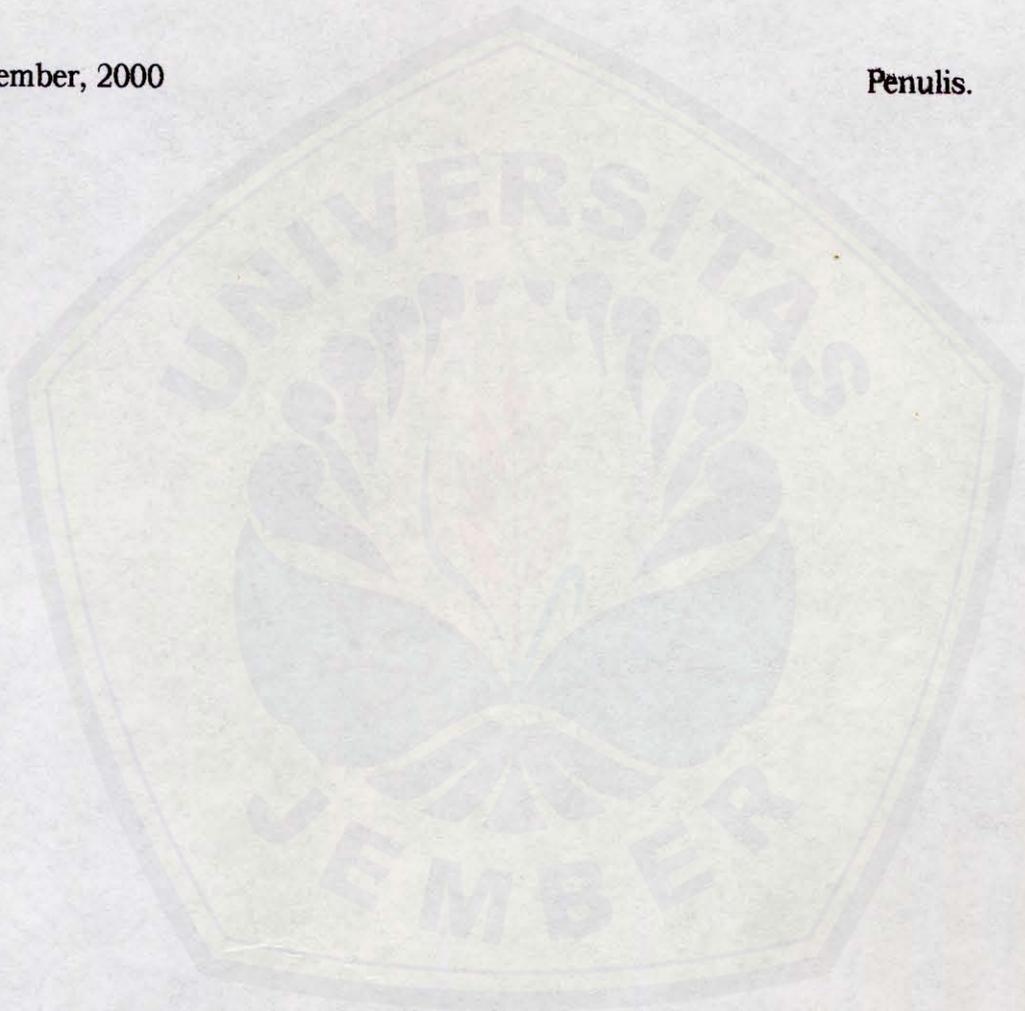
1. Bapak Ir. Wagito, selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.
2. Bapak Ir. Susijahadi, MS selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
3. Bapak Ir. Noer Novijanto, M.App.Sc, selaku Dosen Pembimbing Utama atas dukungan, bimbingan, dan dorongan kepada penulis untuk segera menyelesaikan penulisan ini.
4. Ibu Ir. Herlina, MP, selaku Dosen Pembimbing Anggota I atas bimbingan, arahan dan semangat kepada penulis sejak awal hingga akhir penulisan.
5. Ibu Ir. Sih Yuwanti, MP selaku Dosen Pembimbing Anggota II atas bimbingan dan arahan kepada penulis.
6. Seluruh teknisi Laboratorium pada jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Mbak Wim, Mas Mistar, Mbak Ketut, Mbak Sari, Mas Adrianto, Mbak Widi, dan Pak Min atas bantuannya selama penulis melakukan penelitian sejak awal hingga akhir.
7. Seluruh Staf dan Karyawan di Fakultas Teknologi Pertanian yang banyak membantu penulis.
8. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu kelancaran penulisan Karya Ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan.

Akhirnya penulis berharap, semoga Karya Tulis Ilmiah ini dapat memberi manfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya kepada mahasiswa Teknologi Pertanian.

Jember, 2000

Penulis.



**DAFTAR ISI**

	Halaman
Halaman Judul .....	i
Halaman Motto .....	ii
Halaman Persembahan .....	iii
Halaman Dosen Pembimbing .....	iv
Halaman Pengesahan .....	v
Kata Pengantar .....	vi
Daftar Isi .....	viii
Daftar Tabel .....	xi
Daftar Gambar .....	xiii
Daftar Lampiran .....	xiv
Ringkasan .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Permasalahan .....	1
1.2 Permasalahan .....	3
1.3 Batasan Permasalahan .....	3
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Kegunaan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tanaman Aren .....	5
2.2 Pembuatan Tepung Aren .....	6
2.3 Komponen Tepung Aren .....	9
2.3.1 Air .....	9
2.3.2 Karbohidrat .....	9
2.3.3 Lemak .....	10
2.3.4 Protein .....	10

2.4 Senyawa Fenol .....	11
2.5 Pati .....	11
2.6 Sifat Fisik Pati .....	12
2.6.1 Granula pati .....	12
2.6.2 Warna .....	15
2.6.3 Sudut curah .....	16
2.6.4 Densitas kamba .....	16
2.7 Sifat Kimia pati .....	17
2.7.1 Amilosa .....	17
2.7.2 Amilopektin .....	18
2.8 Sifat Fungsional Pati .....	18
2.8.1 Gelatinisasi dan retrogradasi .....	18
2.8.2 Pasta pati .....	21
2.8.3 Sifat film pati .....	24
2.9 Senyawa Klorin .....	24
2.10 Hipotesa .....	26

### **BAB III BAHAN DAN METODE PENELITIAN**

3.1 Bahan dan Alat Penelitian .....	27
3.1.1 Bahan .....	27
3.1.2 Alat .....	27
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	27
3.2.1 Waktu penelitian .....	27
3.2.2 Tempat penelitian .....	27
3.3 Metode Penelitian .....	28
3.4 Rancangan Penelitian .....	28
3.5 Uji Lanjutan .....	28
3.6 Parameter Yang Diamati .....	29
3.7 Prasedur Analisis .....	30

3.7.1 Sifat kimia .....	30
3.7.2 Sifat fisik .....	34
3.7.3 Sifat fungsional .....	35

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Sifat Kimia Pati Aren .....	39
4.1.1 Kadar lemak dan protein .....	39
4.1.2 Kadar abu .....	40
4.1.3 Kadar air .....	40
4.1.4 Kadar amilosa .....	41
4.2 Sifat Fisik Pati Aren .....	41
4.2.1 Derajat keputihan .....	42
4.2.2 Sudut curah .....	44
4.2.3 Densitas kamba .....	46
4.3 Bentuk Granula Pati Aren .....	48
4.4 Sifat Fungsional Pati Aren .....	49
4.4.1 Karakteristik gelatinisasi .....	49
4.4.2 Sifat-sifat pasta pati aren .....	55
4.4.3 Sifat film .....	58

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	61
5.2 Saran .....	61

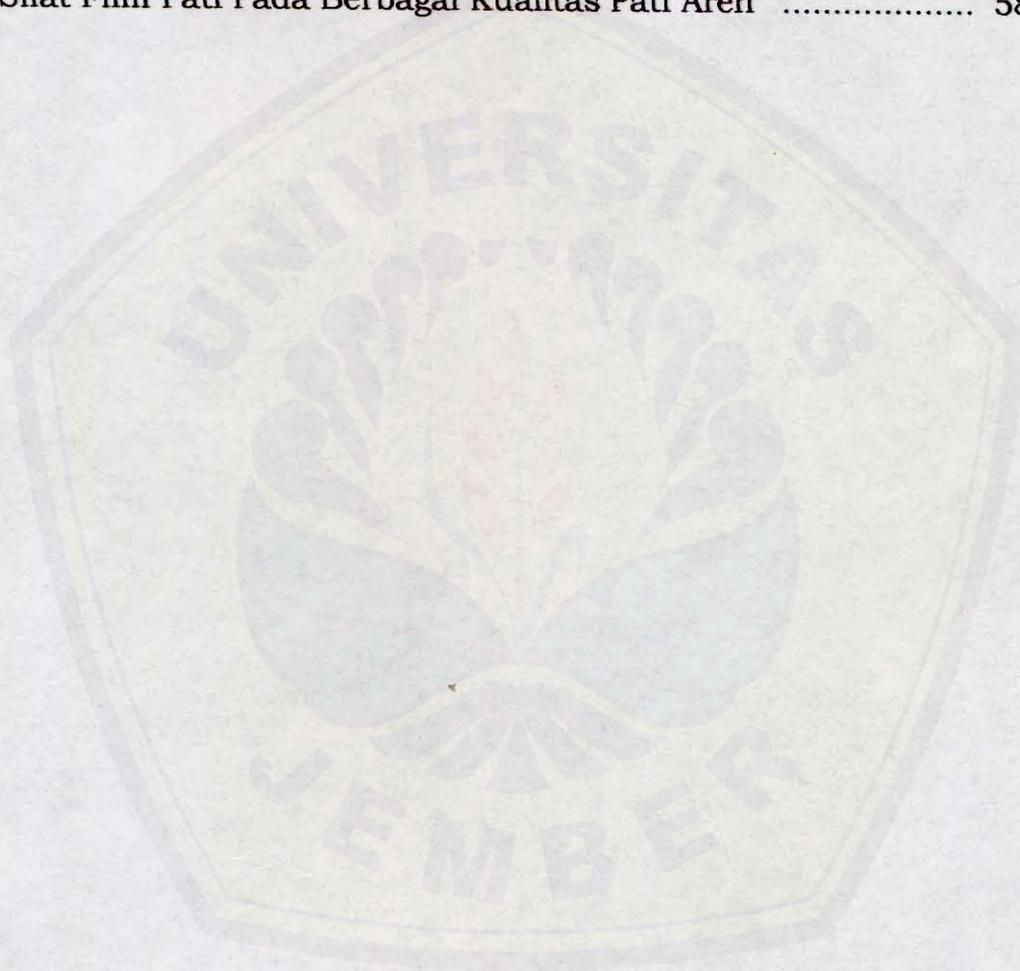
**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Ukuran dan Bentuk Granula Pati berbagai Tumbuhan .....	14
2. Sifa-Sifat Pasta Pati .....	22
3. Sifat-Sifat Film Pati .....	24
4. Sifat Kimia Pada Tiga Kualitas Pati Aren .....	39
5. Nilai Rata-Rata Berbagai Sifat Fisik pada Tiga Kualitas Pati Aren .....	41
6. Sidik Ragam Derajat Keputihan pada Berbagai Kualitas Pati Aren .....	42
7. Uji Beda Nyata Jujur Derajat Keputihan .....	42
8. Sidik Ragam Sudut Curah Pada Berbagai Kualitas Pati Aren ...	44
9. Uji Beda Nyata Jujur Sudut Curah .....	44
10. Sidik Ragam Densitas Kamba Pada Berbagai Kualitas Pati Aren .....	46
11. Uji Beda Nyata Jujur Densitas Kamba .....	46
12. Nilai Rata-Rata Sifat Fungsional Pada Karakteristik Gelatinisasi .....	49
13. Sidik Ragam Suhu Gelatinisasi Pada Berbagai Kualitas Pati Aren .....	49
14. Sidik Ragam Viskositas Pasta Pada Berbagai Kualitas Pati Aren .....	51
15. Sidik ragam Kekuatan Pemekaran Pada Berbagai Kualitas Pati Aren .....	53
16 Nilai Rata-Rata Kapasitas Pengikatan Air Pada Berbagai Kualitas Pati Aren .....	55

17. Sidik Ragam Kapasitas Pengikatan Air Pada Berbagai Kualitas Pati Aren .....	55
18. Nilai Rata-Rata Sifat Pasta Pati Aren Pada Berbagai Kualitas Pati Aren .....	57
19. Sifat Film Pati Pada Berbagai Kualitas Pati Aren .....	58





## DAFTAR GAMBAR

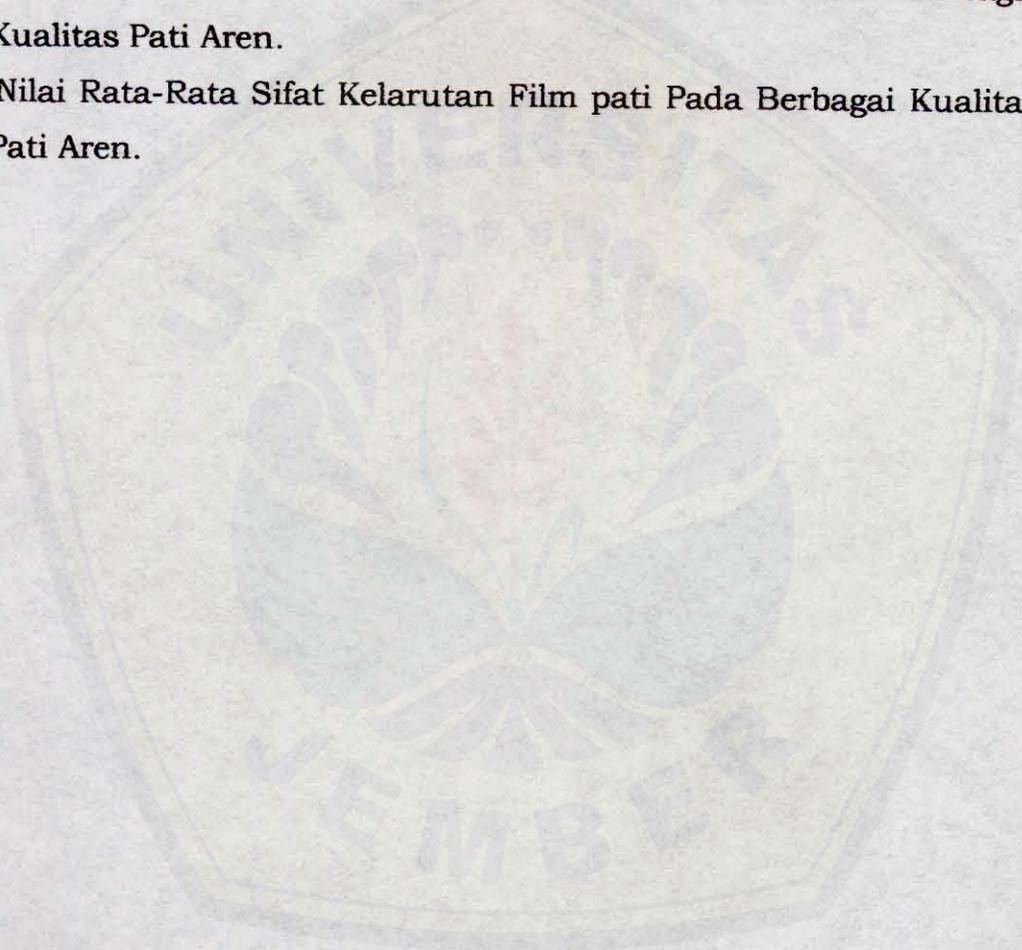
Gambar	Halaman
1. Satuan Anhidroglukosa Pati .....	12
2. Struktur Amilosa .....	17
3. Struktur Amilopektin .....	18
4. Grafik Derajat Keputihan Tiga Kualitas Pati Aren .....	43
5. Grafik Sudut Curah Tiga Kualitas Pati Aren .....	45
6. Grafik Densitas Kamba Tiga Kualitas Pati Aren .....	47
7. Bentuk Granula .....	48
8. Grafik Suhu Gelatinisasi Tiga Kualitas Pati Aren .....	50
9. Grafik Viskositas Pasta Tiga Kualitas Pati Aren .....	51
10. Grafik Kekuatan Pemekaran Tiga Kualitas Pati Aren .....	54
11. Grafik Kapasitas Pengikatan Tiga Kualitas Pati Aren .....	56

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran

1. Nilai Rata-Rata Sudut Respose Pada Berbagai Kualita Pati Aren.
2. Nilai Rata-Rata Densitas Kamba (gr/ml) Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.
3. Nilai Rata-Rata Derajat Keputihan Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.
4. Nilai Rata-Rata Suhu Gelatinisasi ( $^{\circ}\text{C}$ ) Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.
5. Nilai Rata-Rata Viskositas Pasta (m.pa.s) Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.
6. Nilai Rata-Rata Kekuatan Pemekaran Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.
7. Nilai rata-Rata Kapasitas Pengikatan (ml/gr) Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.
8. Nilai Rata-Rata Tekstur Pasta Pati Aren Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.
9. Nilai Rata-Rata Kejernihan Pasta Pati Aren Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.
10. Nilai Rata-Rata Sifat Kejernihan Film Pati Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.

11. Nilai Rata-Rata Sifat Kelembutan Film Pati Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.
12. Nilai Rata-Rata Sifat Kontinuitas Film Pati Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.
13. Nilai Rata-Rata Sifat Fleksibilitas Film Pati Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.
14. Nilai Rata-Rata Sifat Kelarutan Film pati Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.



**ADE GALUH RAKHMADEVI (961710101103), Karakterisasi Sifat Fisiko Kimia Dan Fungsional Pati Aren (*Arenga pinnata*), Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Dosen Pembimbing : Ir. Noer Novijanto, M.App.Sc (DPU), dan Ir. Herlina, MP (DPA).**

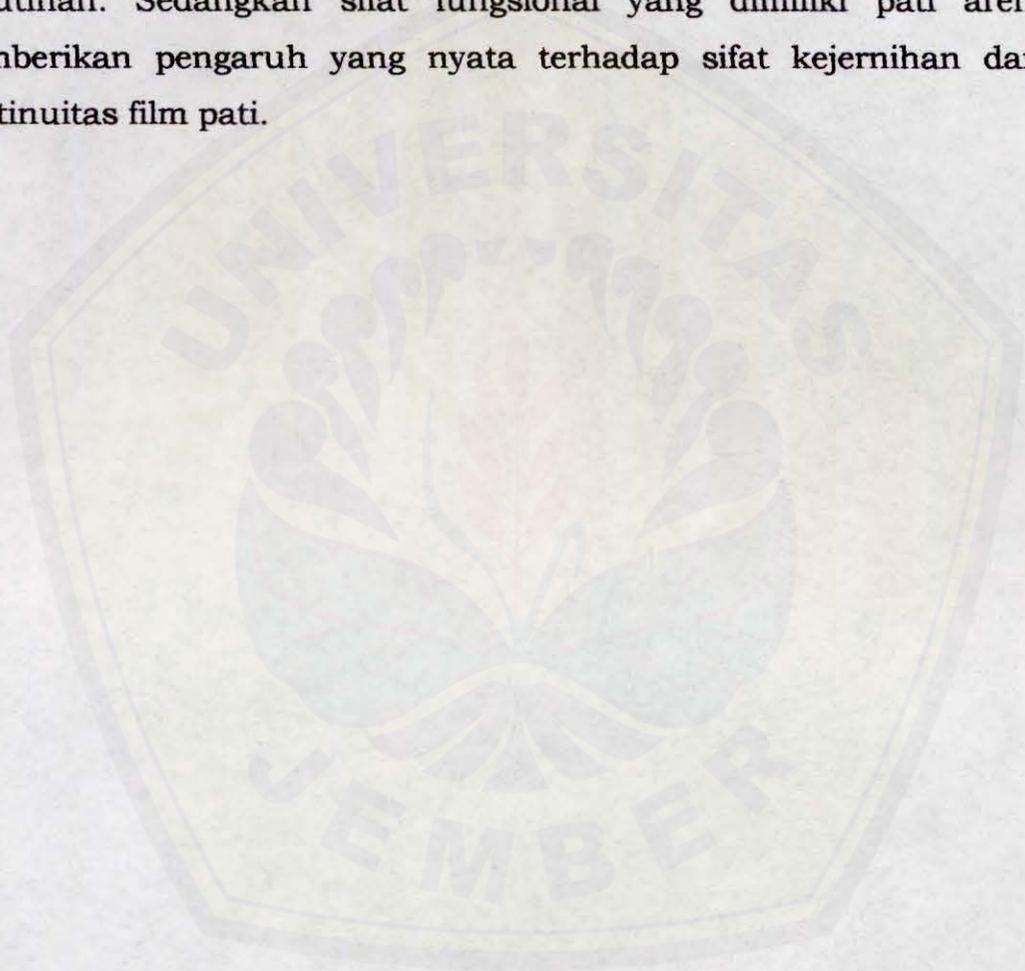
## **RINGKASAN**

Pohon Aren (*Arenga pinnata*) merupakan pohon yang banyak menghasilkan bahan-bahan industri. Namun pemanfaatannya secara keseluruhan belum dilakukan secara optimal, dimana hanya bagian-bagian tertentu saja yang telah dimanfaatkan, seperti nira aren untuk pembuatan gula aren dan buah aren yaitu kolang kaling sebagai pelengkap minuman segar.

Pati Aren yang dihasilkan dari batang aren, merupakan salah satu bagian dari pohon aren yang pemanfaatannya belum optimal dan bahkan kurang dikenal oleh masyarakat luas. Untuk mengetahui lebih lanjut dalam hal pemanfaatan pati aren, perlu diketahui terlebih dahulu karakteristik dari sifat fisiko kimia dan fungsionalnya, sehingga dapat menentukan produk olahan secara tepat.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok, dimana pati diambil dari tiga kualitas pati yang berbeda, dan diulang sebanyak tiga kali. Data-data yang dihasilkan selanjutnya dianalisis menggunakan uji sidik ragam.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pati aren dengan kualitas yang berbeda mempunyai sifat kimia yang berbeda. Secara fisik, tiga kualitas pati aren yang berbeda menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap sudut curah, densitas kamba, dan derajat keputihan. Sedangkan sifat fungsional yang dimiliki pati aren, memberikan pengaruh yang nyata terhadap sifat kejernihan dan kontinuitas film pati.



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Permasalahan.**

Pohon Aren atau Enau (*Arenga pinnata*) merupakan pohon yang menghasilkan bahan-bahan industri yang sudah sejak lama dikenal. Hampir semua bagian atau produk tanaman ini dapat dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomi. Namun sayang, tanaman ini kurang mendapat perhatian untuk dikembangkan atau dibudidayakan secara sungguh-sungguh oleh berbagai pihak (Sunanto, 1993).

Saat ini tercatat sekitar 2800 jenis tanaman anggota keluarga Palmae yang terdiri dari 215 genus. Sebanyak 460 jenis dari 35 genus di antaranya terdapat di Indonesia dan tersebar di berbagai pulau, baik di pulau besar maupun pulau kecil. Dari sekian ratus jenis tanaman keluarga Palmae di Indonesia, maka tanaman Aren termasuk jenis tanaman unggulan jika dilihat dari potensi dan kegunaannya (Lutony, 1993).

Lutony (1993), menyebutkan bahwa data pasti tentang jumlah populasi tanaman Aren di Indonesia hingga tahun 1993 memang belum ada. Yang jelas tanaman ini tumbuh tersebar di berbagai pulau dan hampir seluruh populasinya masih merupakan tanaman liar yang tumbuh subur tanpa sentuhan tangan manusia. Saat ini populasi tanaman aren terus dikuras untuk berbagai keperluan, tetapi usaha peremajaan dan pelestariannya kurang bahkan tidak diperhatikan.

Selama ini hanya bagian-bagian tertentu dari pohon aren yang telah dimanfaatkan oleh masyarakat secara luas, seperti kolang-kaling yang merupakan buah aren muda yang banyak digunakan sebagai bahan pelengkap minuman segar, dan air dari aren yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan gula merah sehingga produknya disebut sebagai gula Aren atau gula Kawung, sedangkan untuk pati Aren yang diperoleh dari batang pohon aren belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat.

Di berbagai daerah, tanaman aren yang tumbuh liar banyak ditebang penduduk karena desakan ekonomi. Hasil tebang tersebut dijual ke pabrik tepung aren dengan imbalan harga yang lumayan. Pada awal tahun 1993, harga setiap batang aren rata-rata Rp 15000 hingga Rp 30000, bahkan ada yang lebih. Perbedaan harga batang aren ini tergantung pada beberapa faktor seperti tinggi / rendah kandungan pati sesuai hasil pemeriksaan pihak pembeli, kondisi pertumbuhan dan harga yang berlaku di setiap daerah ( Lutony, 1993).

Sunanto (1993) menyatakan bahwa pada prinsipnya pengembangan tanaman aren di negara kita sangat prospektif. Disamping dapat memenuhi kebutuhan konsumsi di dalam negeri atas produk-produk yang berasal dari tanaman aren, juga dapat meningkatkan pendapatan petani dari usaha tani tanaman aren, dan dapat pula melestarikan sumber daya alam serta lingkungan hidup.

Kabupaten Jember mempunyai potensi yang cukup besar bagi pengembangan tanaman aren dan berbagai produk olahannya, terutama tepung aren. Hanya saja selama ini pembuatan tepung aren masih dilakukan secara tradisional di

sebuah rumah industri kecil, dimana dihasilkan tiga kualitas yang berbeda yang belum diketahui karakteristik sifat fisiko kimia dan fungsionalnya, sehingga memerlukan sedikit perbaikan di dalam cara pembuatannya. Perbaikan-perbaikan yang dilakukan akan dapat meningkatkan nilai jual dari tepung aren itu sendiri yang selama ini cukup rendah yaitu sekitar Rp 1000 – Rp 2000.

Mengingat bahwa tanaman aren ini sangat prospektif di masa yang akan datang, sehingga perlu pemikiran lebih lanjut untuk memanfaatkan dan mengoptimalkan seluruh bagian tanaman tersebut, di antaranya yaitu pati aren agar dapat digunakan sebagai salah satu alternatif pengganti tepung terigu dalam berbagai proses pembuatan produk makanan. Sebelum pemanfaatan pati aren dalam proses pembuatan produk makanan dilakukan, maka dirasa sangat perlu sekali untuk terlebih dahulu dilakukan penelitian untuk mempelajari karakteristik sifat fisiko kimia dan fungsional dari pati aren tersebut.

## **1.2 Permasalahan**

Di dalam produksi pati aren dihasilkan tiga jenis kualitas yaitu kualitas 1 (hasil pengendapan ke 1), kualitas 2 (hasil pengendapan ke 2), dan kualitas 3 (hasil terakhir / yang tidak terendapkan).

## **1.3 Batasan Permasalahan.**

Sifat fisik, kimia dan fungsional pati aren belum diteliti secara laboratorium terutama untuk pati aren produksi wilayah Jember dan sekitarnya.

#### **1.4 Tujuan**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan

1. Untuk mengetahui karakteristik sifat fisiko kimia dan fungsional pati aren.
2. Untuk mengetahui pemanfaatan lebih lanjut dari pati aren.

#### **1.5 Kegunaan**

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi kepada produsen mengenai karakteristik sifat fisiko kimia dan fungsional pati aren.
2. Sebagai bahan referensi bagi produsen dan industri pembuatan pati aren dalam pemanfaatannya lebih lanjut baik sebagai bahan baku utama maupun pati substitusi pada pengembangan produk olahan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tanaman Aren

Aren (*Arenga pinnata*) termasuk suku *Arecaceae* (pinang-pinangan), merupakan tumbuhan berbiji tertutup (*Angiospremae*) yaitu biji buahnya terbungkus daging buah. Tanaman aren banyak terdapat mulai dari pantai timur India sampai ke Asia Tenggara. Di Indonesia tanaman ini banyak terdapat hampir di seluruh wilayah nusantara. Tanaman atau pohon aren hampir mirip dengan pohon kelapa (*Cocos nucifera*). Perbedaannya, jika pohon kelapa itu batang pohonnya bersih, maka batang pohon aren itu sangat kotor karena batangnya berbalut ijuk yang warnanya hitam dan sangat kuat sehingga pelepah daun yang sudah tua pun sulit diambil atau dilepas dari batangnya (Sunanto, 1993).

Menurut Sunanto (1993), tanaman aren sesungguhnya tidak membutuhkan kondisi tanah yang khusus, sehingga dapat tumbuh pada tanah-tanah liat (berlempung), berkapur, dan berpasir. Tetapi tanaman ini tidak tahan pada tanah yang kadar asamnya tinggi (pH tanah terlalu asam). Tanaman aren menghendaki curah hujan yang merata sepanjang tahun, yaitu minimum 1200 mm setahun. Daerah-daerah perbukitan yang lembab, di mana disekelilingnya banyak tumbuh berbagai tanaman keras, tanaman aren dapat tumbuh dengan subur.

Tanaman aren mempunyai tinggi sampai 15 meter atau lebih. Daunnya berbentuk sirip, anak daunnya berbentuk garis yang bagian ujungnya bergerigi. Perbungaannya berupa tandan

dengan rangkaian bunga yang menggantung. Perbungaan ini tumbuh pada ruas-ruas batangnya. Tunas perbungaan tersebut muncul mula-mula dari pucuk disusul oleh tunas-tunas berikutnya ke arah bawah. Perbungaan di bagian atas terdiri dari beberapa perbungaan betina dan perbungaan di bagian bawah terdiri atas perbungaan jantan dan betina secara berselingan (Salmon, dkk, 1996).

## **2.2 Pembuatan Tepung Aren.**

Menurut Sunanto (1993), secara garis besar proses pembuatan pati aren adalah sebagai berikut :

### **1. Pemotongan batang Aren.**

Batang aren yang sudah siap panen dan yang akan diambil patinya, dipotong-potong sepanjang 1,25 - 2,0 meter untuk memudahkan pengangkutan. Potongan-potongan batang aren (disebut sebagai galang) dipecah membujur dengan menggunakan wadung (kampak besar) menjadi empat bagian yang sama besarnya sehingga tampak bagian dalamnya. Dari luar ke dalam tampak bagian-bagian : kulit luar, kulit dalam, dan empulur. Empulur inilah yang mengandung sel-sel parenkim penyimpan tepung. Empulur batang kemudian diambil untuk dipisahkan dari kulit dalamnya dengan menggunakan kampak, selanjutnya dipotong-potong menjadi 6 - 8 bagian yang disebut tengkalan untuk memudahkan proses lebih lanjut.

## 2. Pamarutan / Penggilingan / Perajangan.

Tengkalan-tengkalan tersebut kemudian diparut atau dirajang menggunakan mesin parut bermesin diesel. Hasilnya berupa serbuk-serbuk yang selanjutnya diayak untuk mendapatkan serbuk yang halus dan sekaligus untuk memisahkannya dari serat yang kasar dan kotoran.

## 3. Penyaringan.

Proses selanjutnya adalah proses pengambilan tepung yang dilakukan dengan cara penyaringan. Proses pengambilan tepung aren dilakukan dalam bak air dengan ukuran diameter 1,25 – 1,50 meter dan kedalaman sekitar 1,25 meter atau dapat pula dengan bak berbentuk persegi. Bak yang berisi air bersih pada bagian atasnya (mulut bak) diletakkan satu lembar strimin yang ukurannya lebih besar daripada mulut bak. Serbuk-serbuk tengkalan ditaruh diatas strimin bagian tengah, sehingga serbuk-serbuk terendam air di dalam bak. Serbuk-serbuk tersebut kemudian diremas-remas dengan tangan sehingga tepungnya keluar dari serbuk dan larut dalam air dan kemudian mengendap dalam bak air.

## 4. Pengendapan.

Hasil saringan / filtrat tepung aren tersebut kemudian diendapkan dengan dilakukan penambahan kaporit secukupnya sampai pati tersebut mengendap secara sempurna. Setelah selang waktu tertentu, akan terbentuk 2 lapisan yaitu lapisan atas yang merupakan lapisan kotor yang sebenarnya masih mengandung tepung kotor, dan lapisan bawah merupakan lapisan yang diambil karena sudah merupakan pati aren yang

bersih dan putih. Lapisan atas segera diambil dan diberi kaporit lagi untuk memutihkan lapisan tepung yang masih kotor, demikian seterusnya sampai tidak didapat tepung yang putih, dan umumnya dilakukan 2 kali pengendapan sehingga akan dihasilkan pati aren dengan tiga kualitas.

#### 5. Pengayakan I.

Tepung yang mengendap dan berwarna putih segera diambil dari bak dan ditiriskan agar air yang terkandung dalam pati berkurang. Biasanya pati yang dibiarkan ini masih dalam bentuk gumpalan-gumpalan sehingga perlu segera diayak untuk menghasilkan pati aren yang lebih halus.

#### 6. Pengeringan.

Pengeringan dilakukan dengan cara penjemuran, yaitu pati aren yang sudah cukup halus dijemur dengan sinar matahari sampai kering benar. Penjemuran ini dapat menggunakan wadah berupa tampah dan juga bisa dilakukan penjemuran di atas lantai jemur.

#### 7. Pengayakan II.

Setelah pengeringan ini selesai, pati aren kembali diayak dengan saringan monel (strimin lembut) dengan ukuran 150 mesh sehingga diperoleh pati aren yang sangat halus dengan ukuran yang sama.

#### 8. Penyimpanan.

Pati aren yang telah diayak kemudian disimpan dalam karung yang terbuat plastik dan siap untuk dipasarkan.

## **2.3 Komponen Tepung Aren**

### **2.3.1 Air.**

Air terbentuk dari sejumlah molekul-molekul kecil yang melekat bersama oleh suatu daya tarik antara atom-atom bermuatan positif dan negatif. Molekul air itu sendiri tidak bermuatan. Kedua elektron hidrogen lebih kuat tertarik oleh atom oksigen sehingga mereka cenderung berlokasi dekat atom oksigen (Raven, 1970).

Pola ikatan yang terjadi adalah ikatan hidrogen. Kecenderungan untuk membentuk ikatan hidrogen terdapat juga antara tiap atom yang bermuatan negatif (misalnya oksigen, nitrogen, atau fluor) dengan hidrogen yang terikat kovalen pada atom bermuatan negatif lainnya. Jika di dalam air hanya terdapat 1 ikatan hidrogen antara 2 molekul zat yang larut, ikatan ini akan kalah bersaing dengan air sekelilingnya. Tetapi apabila antara dua struktur dalam air terdapat banyak ikatan hidrogen maka diperlukan energi yang tinggi untuk melepaskannya. Karena itu struktur tersebut sangat stabil dalam air. Contohnya ialah molekul protein atau asam nukleat di mana di dalam molekulnya terdapat beratus-ratus bahkan beribu-ribu ikatan hidrogen. (Girindra, 1990)

### **2.3.2 Karbohidrat.**

Karbohidrat – gula, pati, dan substansi yang berhubungan adalah campuran yang mengandung karbon yang berkombinasi dengan hidrogen dan oksigen pada proporsi satu atom karbon, dua atom hidrogen, dan satu atom oksigen ( $\text{CH}_2\text{O}$ ). Karbohidrat yang paling sederhana adalah monosakarida (*gula single*) yang terbuat

dari suatu rantai atom karbon yang atom-atom H dan O saling berhubungan.

Suatu kombinasi dua unit glukosa membentuk disakarida maltosa (*malt sugar*). Suatu kombinasi dari glukosa dan fruktosa membentuk sukrosa (*cane sugar*) yang bentuknya paling banyak ada dalam tanaman (Raven, 1970).

### **2.3.3 Lemak.**

Asam lemak merupakan senyawa pembangun berbagai lipida, termasuk lipida sederhana, fosfoliserida, glikolipida, ester kolesterol, lilin, dll. Telah diisolasi lebih dari 70 macam asam lemak dari berbagai sel dan jaringan. Senyawanya berupa rantai hidrokarbon dengan ujungnya berupa gugus hidroksil. Rantai ini bisa jenuh atau bisa juga mempunyai ikatan rangkap. Struktur asam lemak jenuh dan lemak tak jenuh sangat berbeda sekali. Apabila ada ikatan rangkap pada rantai hidrokarbon asam lemak, maka akan didapat isomer geometrik. Pada asam lemak jenuh, ujung rantai hidrokarbon berkonformasi tak terbatas karena setiap ikatan tulang karbonnya dapat dengan bebas berotasi kaku karena adanya rantai ikatan rangkap (Girindra, 1990).

### **2.3.4 Protein.**

Girindra (1990) menyatakan bahwa protein adalah makromolekul polipeptida yang tersusun dari sejumlah L-Asam Amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida, berbobot molekul tinggi dari 5000 sampai berjuta-juta. Suatu molekul protein

disusun oleh sejumlah asam amino tertentu dengan susunan yang tertentu pula dan bersifat turunan.

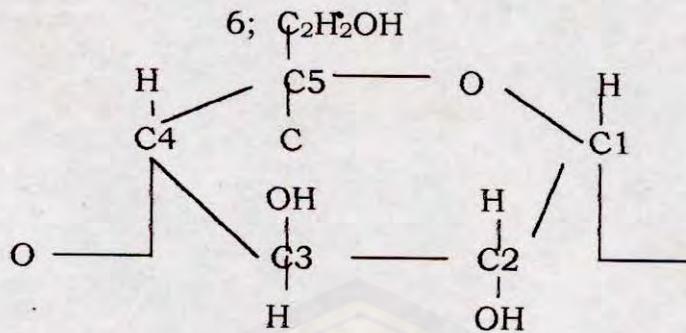
Sifat substansi ditentukan oleh strukturnya, karena struktur protein sangat bervariasi sehingga sifatnya juga akan bervariasi. Protein bentuk serat bersifat tidak larut dan tidak terlalu terpengaruh oleh asam, basa, dan panas yang tidak terlalu tinggi. Protein globular membentuk larutan koloidal dan terpengaruh oleh asam, alkali, dan panas (Gaman, 1994).

#### **2.4 Senyawa Fenol.**

Senyawa fenol dan turunan-turunannya mempunyai daya desinfeksi yang dinyatakan dalam fenol index (koefisien fenol) yaitu bilangan yang menunjukkan berapa kali daya desinfektasi dari turunan-turunan fenol tersebut dibandingkan dengan fenolnya sendiri, dimana semakin besar prosentase gugusan hidroksil dalam fenol, maka daya larutnya dalam air semakin besar (Setiadji, 1996)

#### **2.5 Pati.**

Pati merupakan polimer karbohidrat yang disusun dalam tanaman melalui pengikatan kimiawi dari ratusan hingga ribuan satuan-satuan glukosa, untuk membentuk molekul-molekul yang berantai panjang, dalam bentuk granula. Satuan dasar pati adalah anhidroglukosa atau lebih tepatnya  $\alpha$ -D-anhidroglukopiranos. Adapun rumus empiris pati dapat digambarkan sebagai  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . (Knight dalam Haryadi, 1995).



Gambar 1. Satuan anhidroglukosa pati.

Pati atau tepung banyak diperoleh dari sumber biji-bijian, akar-akaran, umbi-umbian, dan buah tanaman terutama yang belum matang. (Marsetyo dan Kartasapoetra, 1991). Jika dilihat dari kenampakan dan kelarutannya, maka pati berwarna putih, berbentuk serbuk bukan kristal yang tidak larut dalam air dingin. Tidak seperti monosakarida dan disakarida, pati dan polisakarida tidak mempunyai rasa yang manis. (Gaman, 1994).

## 2.6 Sifat Fisik Pati

### 2.6.1 Granula pati.

#### A. Sifat granula pati

Penyusun granula pati terutama adalah karbohidrat, namun sebenarnya juga mengandung penyusun-penyusun yang sedikit, yaitu lipida, fosfor (dalam bentuk ester fosfat) dan protein. Penyusun sedikit tersebut dapat mempengaruhi sifat-sifat yang dimiliki oleh granula-granula pati (Biliaderis dalam Haryadi, 1995).

Kenampakan mikroskopik granula-granula pati dari sumber-sumber spesies tumbuhan yang berbeda, pada umumnya sangat berbeda satu dengan yang lain dan bersifat khas, sehingga

penjati dirian atau penentuân memungkinkan hanya dengan menggunakan mikroskop saja (Schoch dan Snyder dalam Haryadi, 1995).

Macam-macam bentuk granula pati umumnya adalah bulat, lonjong (bulat telur) ataupun persegi banyak (Kerr dan Yoslyn dalam Haryadi, 1995). Ciri-ciri yang lain adalah bentuk dan granula, letak hilum, keberadaan atau ketiadaan striasi yang mungkin sebagian atau seluruhnya melingkari hilum dan kenampakan granula jika diamati dengan sinar terpolar yaitu tampak terdapat bagian gelap berbentuk silang (*birefringensi*).

Ukuran granula pati pada umumnya berkisar antara 1 mikron sampai 100 mikron. Granula pati komersial berukuran terkecil adalah granula pati beras yaitu sekitar 3 – 8  $\mu\text{m}$ . Granula pati beras berbentuk segi banyak dengan kecenderungan membentuk kelompok-kelompokan (Haryadi, 1995). Secara lengkap ukuran dan bentuk granula pati dari berbagai tumbuhan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Ukuran dan bentuk Granula Pati Berbagai Tumbuhan.**

Ukuran dan jenis pati	Bentuk Sumbernya	Ukuran Diameter ( $\mu\text{m}$ )		Bentuk granula
		Kisaran	Rata-rata	
Jagung	padian	3 - 26	15	Bulat segi banyak
Kentang	umbian	5 - 100	33	Bulat telur, bulat
Gandum	padian	2 - 35	33	Bulat
Tapioka	akar	4 - 35	15	Bulat, bulat terpotong
Jagung ketan	padian	3 - 26	20	Bulat, segi banyak
Sorghum	padian	3 - 26	15	Bulat, segi banyak
Beras	padian	3 - 8	5	Segi banyak, menyudut
Sagu	batang	5 - 65	30	Bulat telur, bulat terpotong
Garut	akar	5 - 70	30	Bulat telur, bulat terpotong
Jagung amilo	padian	3 - 20	12	Bulat telur, bulat terpotong
Ubi Jalar	akar	5 - 25	15	Bulat, agak segi banyak

Sumber : Dikutip dalam Haryadi, 1995

### **B. Komposisi granula pati**

Jumlah air yang diabsorpsi oleh granula pati tergantung pada kelembaban relatif dan suhu penyimpanan atmosfer. Beberapa dari pati komersial mengandung kelembaban 10 - 20% dibawah kondisi atmosfer normal. Pada kondisi biasa, pati sereal mengandung prosentase lemak yang lebih tinggi (0,6 - 1%)

dibandingkan dengan pati kentang (0,05%) dan pati tapioka (0,1%) (Swinkels, 1985).

Lebih lanjut Swinkels (1985), menyatakan bahwa pada keadaan biasa, jumlah yang besar dari lemak pada pati sereal mempunyai dampak yang kurang menguntungkan, di antaranya :

1. Lemak mengurangi kapasitas pengikatan air, pembengkakan dan kelarutan pati.
2. Oksidasi lemak mengakibatkan suatu pembentukan rasa yang tidak menyenangkan.

Kadar protein yang tinggi pada pati sereal menimbulkan akibat yang tidak diinginkan yaitu pembentukan aroma tepung, pembentukan busa dan warna pada hidrolisa.

### **2.6.2 Warna.**

Kenampakan merupakan salah satu faktor penting didalam menentukan daya tarik pati dan salah satu kenampakan yang perlu diperhatikan adalah warna pati. Warna pati akan menentukan produk olahannya. Warna pada pati salah satunya dipengaruhi oleh adanya senyawa fenol. Lendir yang mengandung senyawa fenol akan menyebabkan warna semakin coklat (Makfoeld, 1982).

### **2.6.3 Sudut curah.**

Sudut curah merupakan sudut yang terbentuk antara bidang datar dengan sisi miring curahan, bila sejumlah pati dituangkan dengan cepat diatas bidang datar. Sudut curah ini penting untuk desain wadah dan fasilitas penyimpanan. Nilai sudut curah dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, kandungan air, dan kebersihan butir pati. Kadar air berpengaruh pada sifat mengalir dari butir pati. Semakin rendah kadar air bahan, maka sifat mengalirnya semakin tinggi, akibatnya tinggi gundukan semakin rendah dan diameter gundukan akan semakin lebar. Hal inilah yang mempengaruhi nilai sudut curah pati (Hall, 1970).

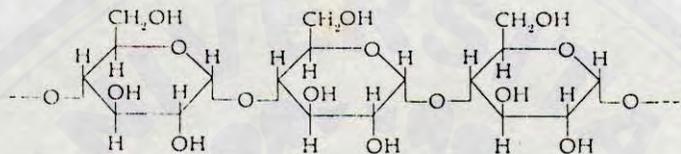
### **2.6.4 Densitas kamba**

Densitas kamba merupakan perbandingan bobot bahan dengan volume yang ditempati termasuk ruang kosong diantara butiran bahan. Densitas Kamba digunakan untuk merencanakan gudang penyimpanan yang meliputi : kapasitas gudang, volume alat pengolahan, sarana transportasi, dan mengkonversikan harga satuan. Volume yang ditempati oleh butir juga dipengaruhi oleh kandungan air bahan. Semakin tinggi kandungan air bahan, semakin besar pula volume ruang yang ditempati (Hall, 1970).

## 2.7 Sifat Kimia Pati.

### 2.7.1 Amilosa

Amilosa merupakan 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 dengan ikatan hidrogen (Gaman, 1994)



Gambar 2. Struktur Amilosa.

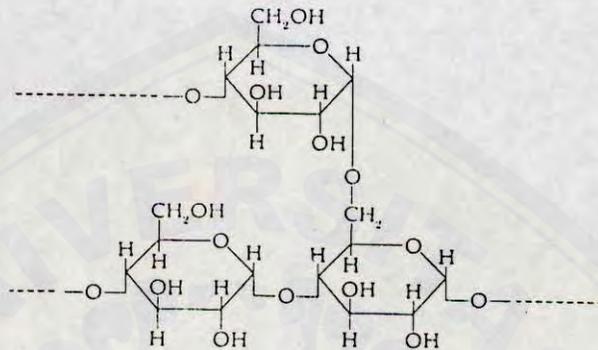
Menurut Haryadi (1995), amilosa mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

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

Dalam makanan, amilosa selalu membentuk kompleks dengan mono dan digliserida dan atau asam lemak bebas atau dengan garamnya. Kompleks yang dibentuk molekul amilosa kurang baik, sebab itu kompleks molekul dengan rantai hidro karbon memberikan stabilitas yang besar untuk makanan (Hui, 1991).

### 2.3.2 Amilopektin

Molekul amilopektin terdiri dari 400.00 unit glukosa yang berikatan membentuk struktur bercabang dengan ikatan  $\alpha$  (1,4) dan (1,6) glikosida (Gaman, 1994).



Gambar 3. Struktur Amilopektin.

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	: tidal larut
Kemantapan dalam larutan dalam air	: mantap

## 2.8 Sifat Fungsional Pati

### 2.8.1 Gelatinisasi dan Retrogradasi

Gelatinisasi pati merupakan peristiwa pembentukan gel, dimulai dengan hidrasi pati, yaitu penyerapan, molekul-molekul air oleh molekul-molekul pati. Gugus hidroksil yang sangat banyak pada molekul pati merupakan penentu utama yang menyebabkan pati bersifat suka air (Haryadi, 1995).

Dalam air yang bersuhu kurang dari 60°C, granula pati tidak mengalami perubahan yang dapat diamati. Sedikit air mungkin masuk kedalam granula melalui daerah-daerah amorf, tetapi tidak demikian dengan pada daerah kristalin yang kompak, sehingga daerah tersebut terhindar dari penggelembungan (Osman dalam Haryadi, 1995). Campuran granula pati dengan air dingin mengakibatkan hidrasi pati, yaitu pati menyerap air kira-kira 25 - 30 %. Peristiwa ini dapat balik (*reversible*).

Granula pati tidak larut dalam air, karena jaringan molekulernya terikat melalui ikatan hidrogen. Waktu, suhu, dan pengadukan terhadap suspensi pati menghasilkan tenaga yang melemahkan ikatan hidrogen sehingga air dapat diserap oleh granula pati (Haryadi, 1995).

Jika suspensi granula pati dalam air dipanaskan hingga suhu airnya mencapai antara 60 - 70 °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 hilum, selanjutnya menyebar ke bagian tepi granula. Jika suhu terus ditingkatkan, granula-granula pati yang lebih kecil menggelembung hingga pada kisaran suhu antara 10 - 150°C di atasnya, semua menggelembung. Perubahan melalui tahap tersebut diatas adalah bersifat tidak dapat balik (*irreversible*) (Osman dalam Haryadi, 1995).

Kisaran suhu pada peristiwa penggelembungan semua granula pati yang terjadi tersebut disebut kisaran suhu gelatinisasi. Sifat ini khas untuk beragam pati, sehingga kenyataan ini dapat membantu dalam hal penentuan jenis pati (Osman dalam Haryadi, 1995).

Suhu gelatinisasi tergantung juga pada konsentrasi pati. Makin kental larutan, suhu tersebut makin lambat tercapai, sampai suhu tertentu kekentalan 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°C, beras 68 - 78°C, gandum 54,5 - 64°C, kentang 58 - 66 °C, dan tapioka 52 - 64°C. Suhu gelatinisasi juga dapat ditentukan dengan *polarized microscope* (Winarno, 1995).

Semakin besar ukuran butir pati, semakin tinggi suhu gelatinisasi. Sebagian besar pati menjadi gel pada suhu yang tidak lebih dari 95°C. Sedangkan pati umbi-umbian seperti kentang dan singkong akan menjadi gel pada suhu yang lebih rendah (Mulyohardjo, 1983).

Granula pati mempunyai sifat merefleksikan cahaya terpolarisasi sehingga di bawah mikroskop terlihat kristal hitam putih. Sifat ini disebut sifat *birefringent*. Pada waktu granula pati mulai pecah, sifat birefringent ini akan menghilang.

Selain konsentrasi, pembentukan gel ini akan dipengaruhi oleh pH larutan. Pembentukan gel optimum pada pH 4 - 7. Bila pH terlalu tinggi, pembentukan gel 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 pembentukan gel lebih lambat daripada pH 10, tapi bila pemanasan diteruskan viskositas tidak berubah (Winarno, 1995).

Penambahan gula juga berpengaruh pada kekentalan gel yang terbentuk. Gula akan menurunkan kekentalan, hal ini disebabkan gula akan mengikat air, sehingga pembengkakan butir-butir pati terjadi lebih lambat, akibatnya suhu gelatinisasi lebih tinggi. Adanya gula akan menyebabkan gel lebih tahan terhadap kerusakan mekanik (Winarno, 1995).

### **2.8.2 Pasta pati**

Pembentukan pasta merupakan gejala yang mengikuti gelatinisasi, dimana campuran antara pati dan air dipanaskan secara berlebihan. Hal ini meliputi penggembungan granula, kehilangan komponen terlarut, terutama dengan menggunakan pengadukan, terjadi total kerusakan granula, penerimaan bagian molekul dan agregat molekul dalam dispersi atau larutan. (Hui, 1991).

Pada Tabel 2 ditunjukkan sifat-sifat pasta pati yang diperoleh dari pati-pati alami komersial.

**Tabel 2. Sifat-Sifat Pasta Pati.**

Sifat Pasta	Pati Kentang	Pati Jagung	Pati Gandum	Pati Tapioka
Viskositas	Sangat tinggi	sedang	sedang-rendah	tinggi
Kapasitas pengikatan air	24	15	13	20
Tekstur	panjang	pendek	pendek	panjang
Kejernihan	sangat jernih	keruh	agak keruh	agak jernih
Laju retrogradasi	sedang-rendah	tinggi	tinggi	rendah

Sumber : Swinkels, 1985

Viskositas pasta pati kentang yang sangat tinggi mungkin diterangkan dengan pengaruh dari golongan fosfat. Tepung gandum memiliki viskositas pasta lebih rendah daripada tapioka dan *waxy maize* (pada kondisi sama). Kapasitas pengikatan air ini dari bermacam-macam pati digambarkan dalam bagian air per bagian pati kering pada viskositas yang sama setelah pemasakan (Swinkels, 1985).

Sedangkan untuk tekstur pasta pati kentang dapat digambarkan *stringy, cohesive, long-bodied, visco-elastic*, dan *fluid*. Karakteristik pasta tapioka mirip dengan pasta pati kentang, namun umumnya sedikit lebih *stringy* dan *cohesive*. Untuk kejernihan dari pasta pati tergantung dari jenis pati, pada umumnya bersifat jernih, kilap dan transparan (Swinkels, 1985).

Temperatur pasta adalah suhu dimana viskositas dari suspensi tepung yang bergerak mulai naik. Ketika suhu dinaikkan, granula-granula tepung mengental dan meningkatkan viskositas dari pasta tepung sampai mencapai puncak viskositas. Tepung kentang mempunyai viskositas paling tinggi, karena dimungkinkan adanya kandungan negatif kelompok fosfat yang membantu dalam pengembangan butir tepung kentang. Sedangkan tepung gandum dan jagung mempunyai tingkat viskositas terendah karena granula-granula hanya mengembang dalam ukuran terbatas. Puncak viskositas yang lebih tinggi sejajar dengan daya perubahan tepung yang lebih tinggi pula (Swinkels, 1985).

Kekuatan pengembangan dari bermacam-macam tepung dapat ditentukan dengan mencampurkan contoh berat tepung kering di air, memanaskan campuran tersebut dengan suhu 95°C dan mengaduk endapan yang mengembang dari larutan. Kekuatan pengembangan diartikan sebagai **berat endapan yang mengembang (gr) per gr tepung kering**. Kemurnian dari pasta tepung bergantung pada macam tepung. Pasta dari tepung kentang terlihat jernih, dan transparan. Tepung maizena dan gandum menghasilkan pasta yang datar, tumpul, keruh dan gelap (Swinkels, 1985).

### 2.8.3 Sifat film pati.

Sifat-sifat film pati kering yang diperoleh dari bermacam-macam pemasakan pati alami dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Sifat-sifat film pati**

Sifat Film	Pati Kentang	Pati Jagung	Pati Gandum	Pati Tapioka
Kejernihan	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi
Kelembutan	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi
Fleksibilitas	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi
Kelarutan	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi
Kekuatan	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi

Sumber : Swinkels, 1985

Pada Tabel 3 ditunjukkan bahwa sifat-sifat film pati lebih sesuai diperoleh dari pati kentang, tapioka dibandingkan dengan pati jagung dan pati gandum. Film-film pati jagung dan gandum memiliki kecenderungan untuk menjadi keras dan mudah pecah saat kering.

### 2.9 Senyawa khlorin (ClO<sup>-</sup>).

Khlorin adalah gas berwarna kuning kehijauan, bila ditekan menjadi cair. Khlorin menyebabkan iritasi terhadap paru-paru, membran-membran hidung, dan tenggorokan. Hipoklorit dalam bentuk  $\text{Ca}(\text{OCl}_2)$  atau  $\text{NaOCl}$  "**Available Chlorine**" adalah istilah yang digunakan untuk menunjukkan daya oksidasi total dari hipokhlorine (Jennie, 1988).

Menurut Jenie (1988), dengan adanya ammonia, bahan organik dan senyawa-senyawa lain yang mengkonsumsi khlorin, dosis khlorin yang dibutuhkan untuk menghasilkan residu bebas lebih besar lagi. Airnya dikatakan mempunyai "**Khlorin Demand**"

yang tinggi. Dengan khlorinasi residu bebas, air diputihkan, dan Fe, Mg, serta senyawa organik dikoagulasi oleh khlorin, diendapkan, terutama bila air disimpan dalam reservoir atau bak selama minimal 2 jam.

Penggunaan kaporit dalam pengolahan pangan biasanya digunakan dalam bentuk klorin (Cl) dan klorin dioksida (ClO) yang berlaku sebagai pemucat pengembang. Senyawa klorin ini aktif dalam bentuk gas dan melaksanakan fungsinya pada saat berhubungan dengan tepung. Perlakuan dengan klorin dioksida sedikit memperbaiki warna tepung tetapi penanganannya lebih mudah. Gas klorin kadang-kadang diberi tambahan nitrosil klorida, digunakan untuk memucatkan dan memperbaiki sifat tepung yang dipakai sebagai bahan pembuat kue lunak. Asam hipoklorida yang terbentuk dari reaksi oksidasi klorin menyebabkan sedikit penurunan pH yang dapat memperbaiki mutu pemanggangan tepung (Tranggono, 1990).

Selain sebagai bahan pemutih dan pematang tepung, senyawa klorin juga dapat berfungsi sebagai desinfektan yaitu untuk membunuh bakteri, yang beraksi dengan air membentuk asam hipoklorat.



klorin

asam hipoklorat

Asam hipoklorat membunuh bakteri dengan cara oksidasi dan kemudian menjadi HCl (Gaman, 1992).

**2.10 Hipotesis.**

Pati aren dengan kualitas berbeda diduga akan mempunyai sifat fisik, kimia dan fungsional yang berbeda.



## **BAB III**

### **BAHAN DAN METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Bahan dan Alat Penelitian**

##### **3.1.1 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah pati aren dengan tiga kualitas yaitu kualitas 1, kualitas 2, dan kualitas 3, yang diperoleh dari perusahaan pati aren milik Bapak Hidayat di Desa Kedungsuko, Kecamatan Bangsalsari, Kabupaten Jember.

##### **3.1.2 Alat**

Peralatan yang digunakan selama penelitian adalah mikroskop, neraca analitis, viskosimeter (viscotester VT-03, 6volume), pH meter, alat pengukur kadar air elektrik, stop watch, jangka sorong, colour reader (CR-10), termometer, labu kjedahl, beaker glass, erlenmeyer.

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

##### **3.2.1 Waktu penelitian**

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober hingga Desember 1999.

##### **3.2.2 Tempat penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan mengambil contoh dari masing-masing kualitas pati aren, dan diulang sebanyak tiga kali. Data-data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan uji sidik ragam.

### 3.4 Rancangan Penelitian.

Penelitian yang dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan rumus :

$$Y = \mu + A_i + B_j + E_{ij}$$

Dimana :  $Y$  = nilai pengamatan kualitas pati aren (A) taraf ke  $i$  pada kelompok (B) ke  $j$ .

$\mu$  = efek rata-rata umum.

$A_i$  = efek perlakuan kualitas pati aren ke  $i$ .

$B_j$  = efek kelompok ke  $j$ .

$E_{ij}$  = efek kesalahan percobaan.

### 3.5. Uji Lanjutan.

Pengujian lanjutan digunakan untuk melacak perbedaan antara nilai tengah perlakuan tersebut. (Gasper, 1991). Untuk pengujian lanjutan digunakan pengujian Tukey (Honestly Significant Different) dengan formula uji sebagai berikut :

$$W = Q_{\alpha}(p, fe) S_y$$

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{2} S^2 (1/n_1 + 1/n_2)}$$

Keterangan :

W = Uji Tukey.

S = Kuadrat tengah galat.

n1, n2 = Jumlah ulangan.

Q $\alpha$  = Tabel Tukey sesuai dengan jumlah perlakuan dan db galat.

Sy = Galat baku nilai tengah.

### 3.6 Parameter yang diamati

Parameter yang diamati pada penelitian meliputi :

#### A. Komposisi Kimia :

- Kadar air dengan menggunakan alat pengukur kadar air elektrik.
- Kadar abu dengan metode langsung.
- Kadar lemak dengan metode Sokhlet.
- Kandungan amilosa.
- Kadar protein menggunakan metode Mikro Kjedahl.

#### B. Sifat Fisik, meliputi :

- Bentuk dan ukuran granula pati dengan menggunakan mikroskop.
- Derajat keputihan pati menggunakan colour reader.
- Sudut repose dengan menggunakan jangka sorong.
- Densitas Kamba.

#### C. Sifat Fungsional Pati, meliputi :

- Karakteristik gelatinisasi dari pati alami, yang meliputi suhu pembentukan gel, viskositas (2.5%) kekuatan mekar pada 95°C.

- Sifat-sifat pasta pati, meliputi , kapasitas pengikatan, tekstur pasta (*stringy, cohesive, long-bodied, visco-elastic, dan fluid*). Kejernihan pasta (*transludent, clear, dan transparent*).
- Sifat-sifat film pati, meliputi kejernihan (kilap dan transparansi), kelembutan (kontinuitas), fleksibilitas (plastilitas, keuletan, daya lipat), kelarutan film (kepekaan terhadap pembasahan kembali).

### 3.7 Prosedur Analisis.

#### 3.7.1 Sifat kimia

##### a. Kadar abu (Metode Langsung, Sudarmadji,dkk, 1984)

1. Ditimbang bahan sebesar 2-5 gram dalam wadah krus porselin yang telah diketahui beratnya (A).
2. Kemudian dilakukan pengabuan dalam tanur pengabuan sampai mencapai suhu 700 °C. Tahap selanjutnya krus porselin didinginkan sampai benar-benar dingin ( $\pm 12$  jam). Kemudian dimasukkan ke dalam eksikator untuk kemudian ditimbang beratnya (B). Kadar abu dari bahan ditentukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar Abu} = \frac{B - A}{\text{gram sampel}} \times 100 \%$$

**b. Kadar lemak (Metode Soxhlet, Sudarmadji, dkk 1984)**

1. Ditimbang bahan kering kurang lebih 5 gram dan kemudian dipindahkan ke dalam kertas saring. Bahan dibungkus sedemikian rupa sehingga dapat dimasukkan ke dalam tabung ekstraksi soxhlet.
2. Selanjutnya air pendingin dialirkan melalui kondensor dan kemudian tabung ekstraksi soxhlet dipasang dengan pelarut petroleum ether secukupnya selama 4 jam.
3. Setelah residu dalam tabung ekstraksi diaduk, ekstraksi dilanjutkan lagi selama dua jam dengan pelarut yang sama. Petroleum ether yang telah mengandung ekstrak lemak dan minyak dipindahkan ke dalam botol timbang yang bersih yang diketahui beratnya (A), kemudian diuapkan dengan penangas sampai pekat.
4. Selanjutnya dilakukan pengeringan dalam oven sampai dicapai berat yang konstan (B). Kadar lemak dalam bahan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar lemak} = \frac{B - A}{\text{gram bahan}} \times 100\%$$

**c. Kadar protein (Metode Mikro-Kjedahl, Sudarmadji, dkk, 1984)**

1. Ditimbang 0,01-0,5 gram sampel kemudian dipindahkan ke dalam labu kjedahl 30-50 mL.
2. Ditambahkan  $1,9 \pm 0,1$  gram  $K_2SO_4$ ,  $40 \text{ mg} \pm 10 \text{ mg}$   $HgO$ ,  $2,0 \text{ mL} \pm 0,1 \text{ mL}$   $H_2SO_4$ . Jika sampel lebih dari 15 mg ditambahkan 0,1 mL asam sulfat pekat untuk setiap 10 mg bahan.
3. Ditambahkan beberapa batu didih, kemudian sampel dididihkan selama 1-1,5 jam sampai cairan berwarna jernih.
4. Setelah dingin ditambahkan aquades secara perlahan-lahan (tabung menjadi panas), kemudian didinginkan.
5. Selanjutnya isi dipindahkan ke dalam alat destilasi dan labu dicuci dan dibilas berulang kali dengan 1-2 mL aquades. Air cucian dipindahkan ke dalam alat destilasi .
6. Erlenmeyer 125 mL yang berisi asam borat jenuh dan 2-4 tetes indikator warna (campuran dua bagian etil merah 0,2% dalam alkohol dan 1 bagian metil blue 0,2 % dalam alkohol) diletakkan dibawah kondensor. Ujung kondensor harus tercelup dalam larutan asam borat. Ditambahkan 8-10 mL larutan  $NaOH-Na_2S_2O_3$ .
7. Melakukan destilasi sampai tertampung destilat 15 mL. Tabung kondensor dibilas dengan aquades dan air bilasan ditampung dalam erlenmeyer atau dengan cara menurunkan cairan dari ujung kondensor dan dibiarkan beberapa lama untuk memberikan kesempatan uap air destilator mencuci lubang kondensor bagian dalam.

8. Bila perlu dilakukan pengenceran hasil destilasi dengan aquades, kemudian dititer dengan larutan HCl 0,02 N yang telah distandarisasi sampai terjadi perubahan warna abu-abu.
9. Kemudian dilakukan penetapan blanko, tanpa sampel. Kadar protein dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\%N = \frac{\text{mL NaOH blanko} - \text{mL NaOH sampel} \times 100 \times 14,008}{\text{gram bahan} \times 1000}$$

**d. Penentuan kadar amilosa (Swinkels, 1985).**

Kadar amilosa ditentukan dengan menggunakan daya gelatinisasi pada tepung dengan asumsi tebal lapisan yang terbentuk semakin besar menunjukkan kadar amilosa yang semakin tinggi.

Pengukuran daya gelatinisasi dilakukan melalui cairan tepung 100 mg dalam 22 mL larutan alkali (10% etanol dan dye) dalam gelas reaksi dan dipanaskan selama 8 menit untuk kemudian diukur tebal lapisan yang terbentuk setelah dilakukan pendinginan.

**e. Penentuan kadar air (Sudarmadji, dkk, 1984)**

1. Menimbang bahan sebesar 10 gram dan memasukkannya ke dalam alat ukur kadar air selama 15 menit.
2. Nilai yang tertera pada alat tersebut merupakan kadar air yang ada dalam bahan.

### 3.7.2 Sifat fisik.

#### a. Penentuan sudut curah (Hall, 1970)

1. Menimbang bahan seberat 50 gram dan diletakkan dalam beaker glass.
2. Mencurahkan pati pada ketinggian tertentu. Tinggi gundukan dan diameter gundukan diukur dengan menggunakan jangka sorong.
3. Penentuan besar sudut repose dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Tangen sudut repose } (\theta) = \frac{\text{tinggi gundukan}}{\frac{1}{2} \times \text{diameter}}$$

#### b. Penentuan densitas kamba (Hall, 1970).

1. Ditimbang beaker glass yang telah diketahui volumenya, kemudian bahan ditimbang sesuai dengan volume maksimum dari beker glass tersebut.
2. Untuk pengambilan data yang lebih tepat selama pengisian bahan ke dalam beker glass dilakukan penggoyangan berkali-kali sehingga diperoleh kapasitas yang maksimal.
3. Densitas kamba dari bahan merupakan **hasil pembagian berat bahan per volumenya.**

**c. Penentuan derajat keputihan (Fardiaz, 1992).**

Pengukuran derajat keputihan dengan menggunakan alat colour reader yang akan menunjukkan nilai L, a, dan b. Nilai derajat keputihan menggunakan rumus :

$$W = 100 - \{[100 - L]^2 + [a^2 + b^2]\}^{0,5}$$

Keterangan :

L = 1 - 100 ( Hitam sampai dengan putih)

a = (-80) - 100 ( Hijau sampai dengan merah)

b = (-80) - 70 ( Biru sampai dengan kuning)

**3.7.3 Sifat fungsional**

Pengamatan sifat fungsional pati ini meliputi karakteristik gelatinisasi, sifat-sifat pasta pati dan sifat-sifat film pati.

**1. Karakteristik gelatinisasi meliputi suhu gelatinisasi, viskositas pasta (2,5 %) dan kekuatan mekar pada suhu 95°C.****a) Suhu gelatinisasi (Swinkels, 1985)**

1. Pengukuran suhu gelatinisasi dilakukan dengan melarutkan pati 2,5 gram dalam 100 mL air.
2. Memanaskannya sampai terbentuk gel pati. Suhu awal pembentukan gel merupakan suhu gelatinisasi.

**b) Viskositas pasta (Swinkels, 1985).**

1. Menimbang pati sebesar 12,5 gram kemudian dilarutkan dalam 500 mL air.
2. Larutan pati tersebut dipanaskan sampai terbentuk gel dan kemudian diukur viskositasnya menggunakan viskosimeter.

**c) Kekuatan pemekaran (Swinkels, 1985)**

1. Melarutkan pati 1 gram dalam 20 mL air, kemudian dipanaskan sampai terbentuk gel pati.
  2. Gel tersebut disaring dengan menggunakan kertas saring dan filtrat dari penyaringan ditimbang.
  3. Kekuatan pemekaran didefinisikan sebagai **berat endapan pengembangan (gr) per gram pati kering.**
2. **Sifat-sifat pasta pati meliputi kapasitas pengikatan air, tekstur pasta dan kejernihan pasta.**

**a) Kapasitas pengikatan air.**

1. Kapasitas pengikatan pasta diukur dengan melarutkan 1 gram pati dalam 20 mL air.
2. Larutan tersebut dipanaskan sampai terbentuk pasta pati kemudian dilakukan penyaringan. Air hasil saringan diukur dengan gelas ukur.
3. Kapasitas pengikatan dinyatakan sebagai **bagian air yang terikat per gram pati kering.**

**b) Tekstur pasta**

Tingkat skor yang diberikan untuk tekstur pasta adalah sebagai berikut :

Tekstur pasta	skor
<i>stringy</i>	1
<i>cohesive</i>	2
<i>long bodied</i>	3
<i>visco-elastic</i>	4
<i>fluid</i>	5

Keterangan :

- ◆ **Stringy** : struktur pasta yang kedudukannya berkelompok, sehingga jika diambil 1 bagian, akan merubah kondisi pasta sebab bagian yang lain akan ikut terambil.
- ◆ **Cohesive** : struktur pasta yang kedudukannya berkelompok, sehingga jika diambil satu bagian, maka hanya bagian tersebut yang terambil sehingga tidak mempengaruhi kondisi pasta.
- ◆ **Long-bodied** : tekstur pasta yang mempunyai stuktur memanjang dengan kontinuitas tinggi, dan tidak mudah patah.
- ◆ **Visco-elastic** : stukturnya bersifat elastis / dapat merenggang.
- ◆ **Fluid** : pasta berbentuk cair.

**c) Kejernihan pasta**

Tingkat skor yang diberikan untuk kejernihan pasta adalah sebagai berikut:

Kejernihan Pasta	skor
<i>Transludent</i> (kilap)	1
<i>Clear</i> (bersih)	2
<i>Transparant</i> (tembus pandang)	3
<i>Opaque</i> (keruh)	4

**3. Sifat - sifat film pati meliputi kejernihan, kelembutan, kontinuitas, fleksibilitas dan kelarutan.**

Untuk keseluruhan sifat ini ditentukan dengan metode skoring sebagai berikut :

Sifat-sifat film pati	skor
tinggi	1
sedang	2
rendah	3

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pati aren dengan tiga kualitas yang berbeda mempunyai sifat kimia yang berbeda.
2. Proses pembuatan tepung aren yang berbeda akan menghasilkan tepung yang memiliki sifat fisik yang berbeda.
3. Sifat fungsional yang dimiliki pati aren dengan tiga kualitas yang berbeda, menunjukkan persamaan pada sifat suhu gelatinisasi, viskositas pasta, kekuatan pemekaran, dan kapasitas pengikatan air, dan berbeda pada sifat pasta pati yaitu sifat tekstur pasta dan kejernihan. Sedangkan untuk sifat film dari pati aren, mempunyai persamaan sifat kelembutan dan fleksibilitas yang tinggi serta tingkat kelarutan yang rendah. Dan berbeda pada sifat kejernihan dan kontinuitas.

#### 5.2 Saran.

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah :

1. Dengan memperhatikan sifat fisiko kimia dan fungsional dari pati aren dengan kualitas yang berbeda, maka diperlukan penelitian lebih lanjut untuk produk-produk olahan yang tepat dari pati aren.
2. Viskositas yang tidak konsisten antar ulangan pada kualitas yang sama, memerlukan penelitian lebih lanjut.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Alexander J , 1987, **Chemical Oxidising and Reducing Agents in Milling and Baking**, Agricultural Reseach Institute, Wagga.
- Fardiaz, D, 1992, **Teknik Analisa Sifat Kimia dan Fungsional Komponen Pangan**, PAU, IPB, Bogor.
- Gasper Z, 1991, **Metode Perancangan Percobaan**, Armico, Bandung.
- Gaman PM, Sherrington KB, 1994, **Ilmu Pangan, Pengantar Ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi**, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Girindra A, 1990, **Biokimia I**, PT. Gramedia, Jakarta
- Hall, D.W, 1970, **Handly and Sorage of Foods Grains in Tropical and Sub Tropical Areas**, Food and Agricultural Organisation of The United, Roma.
- Sunanto H, 1993, **Aren Budidaya dan Multigunanya**, Kanisius, Yogyakarta
- Haryadi, 1995, **Sifat-Sifat Fungsional Pati Dalam Bahan Pangan**, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hui, YH, 1991, **Starch, Encyclopedia of Food Science and Tecnologi**, Wiley-Interscience Publication- New York.
- Jenie BSL, 1988, **Sanitasi dalam Industri Pangan**, IPB, Bogor.
- Knight JM, 1969, **The Starch and Industry**, Pergamon Press, London
- Lutony TL, 1993, **Tanaman Sumber Pemanis**, Panebar Swadaya, Jakarta.

- Magdalena S, dan Haseran R, 1996, **Pengembangan Pembuatan Tepung Kolang Kaling**, Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Makfoeld D, 1982, **Deskriptif Pengolahan Hasil Nabati**, Agritech Vol II, UGM, Yogyakarta.
- Marsetyo H, Kartasapoetra G, 1991, **Ilmu Gizi ( Korelasi Gizi, Kesehatan Dan Produktivitas Kerja)**, Rineka Cipta, Jakarta
- Mulyohardjo, 1983, **Pengolahan Tapioka**, Jurusan pengolahan Hasil pertanian, Fak. Teknologi Pertanian, UGM, Yogyakarta.
- Sudarmadji S, Haryono B, Suhardi, 1984, **Prosedur Analisa Bahan Makanan dan Pertanian**, Liberty Press, Yogyakarta.
- Tranggono, 1990, **Bahan Tambahan Pangan**, UGM, Yogyakarta.
- Raven Peter H., 1970, **Biology of Plant**, Worth Publisher Inc.
- Schoch T.J, and Snyder E.W, 1967, **Industrial Microscopy of Straches** in Whistler RL and Paschall E.F (Ed), 1967, **Starch Chemistry and Tecnology** Vol II, Industrial Aspects, Academics press New York.
- Swinkels J.J.M, Veendams, 1985, **Composition And Properties of Comercial Native Starches**, Starch 37 : 1 – 5
- Winarno, F.G, 1995, **Kimia Pangan Dan Gizi**, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

**Lampiran 1. Nilai Rata-Rata Sudut Curah pada berbagai kualitas pati Aren.**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	27.92	31.89	29.55	89.36	29.7867
2	25.1	29.92	28.97	83.99	27.9967
3	22.61	26.82	27.22	76.65	25.55

**Lampiran 2. Nilai Rata-rata Densitas Kamba (gr/ml) pada berbagai kualitas pati Aren.**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	0.79	0.66	0.67	2.12	0.70667
2	0.68	0.6	0.63	1.91	0.63667
3	0.65	0.47	0.49	1.61	0.53667

**Lampiran 3. Nilai Rata-Rata Derajat Keputihan pada Berbagai Kualitas Pati Aren.**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	73.286	71.916	71.934	217.136	72.3787
2	69.462	66.534	70.016	206.012	68.6707
3	60.1	55.6	56.472	172.172	57.3907

**Lampiran 4. Nilai Rata-Rata Suhu Gelatinisasi (°C) Pada Berbagai Kualitas Pati Aren**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	70	72	72	214	71.3333
2	68	67	69	204	68
3	70	75	72	217	72.3333

**Lampiran 5. Nilai Rata-Rata Viskositas Pasta (m.pa.s) Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	13	8.5	5	26.5	8.83333
2	20.5	16	45	81.5	27.1667
3	7	5.5	6	18.5	6.16667

**Lampiran 6. Nilai Rata-Rata Kekuatan Pemekaran Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	12.76	13.17	9.15	35.08	11.6933
2	12.03	13.89	11.93	37.85	12.6167
3	13.07	12.51	7.54	33.12	11.04

**Lampiran 7. Nilai Rata-Rata Kapasitas Pengikatan (ml/gr) Pada Berbagai Kualitas Pati Aren**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	0.55	0.775	0.55	1.875	0.625
2	0.55	0.935	0.85	2.335	0.77833
3	0.55	0.6	0.45	1.6	0.53333

**Lampiran 8. Nilai Rata-Rata Tekstur Pasta Pati Aren Pada Berbagai Kualitas Pati Aren**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	2	2	2	6	2
2	3	3	3	9	3
3	2	2	2	6	2

**Lampiran 9. Nilai Rata-Rata Kejernihan Pasta Pati Aren Pada Berbagai Kualitas Pati Aren.**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	3	3	3	9	3
2	4	4	4	12	4
3	2	2	2	6	2

**Lampiran 10. Nilai Rata-Rata Sifat Kejernihan Film Pati Pada Berbagai Kualitas Pati Aren**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	1	1	1	3	1
2	2	2	2	6	2
3	3	3	3	9	3

**Lampiran 11. Nilai Rata-Rata Sifat Kelembutan Film Pati Pada Berbagai Kualitas Pati Aren**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	1	1	1	3	1
2	1	1	1	3	1
3	1	1	1	3	1

**Lampiran 12. Nilai Rata-Rata Sifat Kontinuitas Film Pati Pada Berbagai Kualitas Pati Aren**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	1	1	1	3	1
2	1	1	1	3	1
3	2	2	2	6	2

**Lampiran 13. Nilai Rata-Rata Sifat Fleksibilitas Film Pati Pada Berbagai Kualitas Pati Aren**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	1	1	1	3	1
2	1	1	1	3	1
3	1	1	1	3	1

**Lampiran 14. Nilai Rata-Rata Sifat Kelarutan Film Pati Pada Berbagai Kualitas Pati Aren**

Kualitas Aren	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
1	3	3	3	9	3
2	3	3	3	9	3
3	3	3	3	9	3