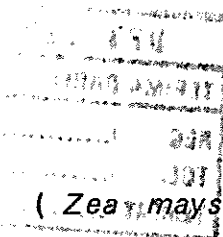
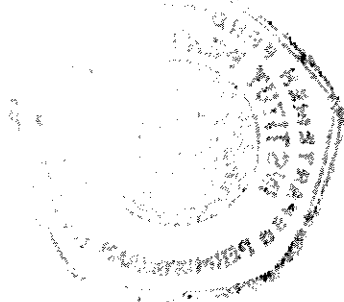


FITPG/1992/072



✓#

**MODIFIKASI PATI JAGUNG (Zea mays L.)
DENGAN HIDROLISIS ASAM (HCI)
DAN ENZIM α -AMILASE**



Oleh
ZAINURITA SARI
F 24. 0827



1 9 9 2
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
B O G O R





Zainurita Sari. F 24. 0827. Modifikasi Pati Jagung (*Zea mays L*). Di bawah bimbingan Dedi Fardiaz dan Nuri Andarwulan.

RINGKASAN

Modifikasi pati bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat pati, agar dapat diaplikasikan dalam bidang yang lebih luas dan untuk memperoleh sifat-sifat pati tertentu seperti yang diinginkan. Pengaruh modifikasi HCl terlihat dari viskositas panas yang lebih rendah daripada kontrol. Semakin lama waktu hidrolisa semakin rendah viskositas panas pati termodifikasi HCl dan pati termodifikasi varietas H-6 memberikan viskositas terendah.

Gel yang dihasilkan dari pati termodifikasi HCl memiliki kekuatan dan rigiditas gel yang lebih besar daripada kontrol. Semakin lama waktu hidrolisa kekuatan dan rigiditas gel semakin meningkat, kecuali pada varietas Pandu, waktu hidrolisa 3 jam menghasilkan gel dengan kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah. Kekuatan gel tertinggi sebesar 536 gram terdapat pada pati termodifikasi HCl dari varietas Arjuna dengan waktu hidrolisis 3 jam dan dengan nilai rigiditas gel sebesar 83.75 g/mm. Pati termodifikasi HCl dari varietas Pandu pada waktu hidrolisis 3 jam menghasilkan kekuatan gel paling rendah yaitu sebesar 64 gram dan rigiditas sebesar 10 g/mm.

Jika dibandingkan dengan standar, maka suhu gelatinisasi pati termodifikasi HCl mengalami kenaikan. Makin lama proses modifikasi berlangsung makin tinggi pula ting-

kat kenaikan suhu gelatinisasinya. Pati termodifikasi HCl dari varietas Pandu menunjukkan suhu gelatinisasi tertinggi, yaitu sebesar 69 °C.

Dengan modifikasi α - amilase, viskositas panas pati menjadi lebih rendah daripada kontrol. Viskositas akan semakin menurun dengan semakin bertambahnya waktu hidrolisis. Dari beberapa varietas jagung yang digunakan diperoleh hasil bahwa dari keseluruhan pati termodifikasi asam dan pati termodifikasi enzim, pati termodifikasi HCl dari varietas Harapan-6 mempunyai viskositas panas yang paling rendah yaitu masing-masing sebesar 300 dan 490 BU.

Gel yang dihasilkan pati termodifikasi α - amilase memiliki kekuatan dan rigiditas gel yang lebih rendah dibanding kontrol. Semakin lama waktu hidrolisis semakin rendah kekuatan dan rigiditas gel. Pati termodifikasi α - amilase varietas Pandu memiliki kekuatan dan rigiditas gel paling rendah dan varietas Arjuna paling tinggi. Pati termodifikasi α - amilase menghasilkan gel dengan sifat kekuatan dan rigiditas gel yang lebih rendah dibanding kontrol (gel yang lunak). Kekuatan gel dan rigiditas pati tertinggi terdapat pada pati termodifikasi α - amilase varietas Arjuna pada waktu hidrolisis 1 jam, yaitu masing-masing sebesar 296 gram dan 38.95 g/mm.

Pengaruh perlakuan varietas sumber pati dan lama hidrolisis terhadap suhu awal gelatinisasi mempunyai kecenderungan yang sama dengan pati termodifikasi HCl. Dengan semakin meningkatnya waktu hidrolisis maka suhu awal gelatinisasi semakin tinggi dan varietas Pandu memiliki suhu

awal gelatinisasi tertinggi. Suhu gelatinisasi pati termodifikasi α - amilase relatif sama berkisar antara 71.5 - 72.25 °C pada semua varietas dan nilai tertinggi terdapat pada pati dengan waktu hidrolisis 3 jam, yaitu sebesar 72.25 °C.

Retrogradasi (viskositas balik) pati termodifikasi HCl berlangsung cepat, sebaliknya pati termodifikasi α - amilase mengalami retrogradasi lebih lama dengan semakin bertambahnya waktu hidrolisis. Viskositas balik tertinggi pati-pati termodifikasi HCl terdapat pada pati varietas H-6 dengan waktu hidrolisis 3 jam, yaitu sebesar 740, sedang dari pati termodifikasi α - amilase viskositas balik tertinggi terdapat pada pati varietas Arjuna dengan waktu hidrolisis 1 jam, yaitu sebesar (-70) dan yang paling kecil dimiliki pati varietas Pandu dengan waktu hidrolisis 3 jam, yaitu sebesar (-620). Ke empat varietas yang digunakan menunjukkan viskositas balik yang berbeda-beda, berkisar antara 290 - 740 untuk pati termodifikasi HCl, dan (-70) - (-620) untuk pati termodifikasi α - amilase.

Perbedaan sifat gel menyebabkan perbedaan dalam pemanfaatannya. Pati termodifikasi HCl lebih cocok digunakan untuk industri permen dan jelly. Sedangkan pati termodifikasi α - amilase dapat digunakan sebagai bahan pengental makanan bayi, bahan pengisi sup, *pie fillings*, dan *candy fillings*.

MODIFIKASI PATI JAGUNG (*Zea mays L.*)
DENGAN HIDROLISIS ASAM (HCl) DAN ENZIM α - AMILASE

oleh :
ZAINURITA SARI
F. 24. 0827

S K R I P S I
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada jurusan TEKNOLOGI PANGAN DAN GIZI
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

1991
JURUSAN TEKNOLOGI PANGAN DAN GIZI
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR



INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

MODIFIKASI PATI JAGUNG (*Zea mays L.*)
DENGAN HIDROLISIS ASAM (HCl) DAN ENZIM α - AMILASE

S K R I P S I

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada jurusan **TEKNOLOGI PANGAN DAN GIZI**

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

oleh :

ZAINURITA SARI

F. 24. 0827

Dilahirkan pada tanggal 15 April 1968

di Kisaran

Tanggal lulus : 12 Februari 1992

Disetujui

Bogor, 16 Maret 1992

Ir. Nuri Andarwulan

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Dedi Fardiaz, MSc.

Dosen Pembimbing I

Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh Institut Pertanian Bogor. Untuk informasi lebih lanjut, silakan kunjungi website resmi Institut Pertanian Bogor di www.ipb.ac.id.
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi dokumen ini tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
Dilarang memperjualbelikan dan menyalahgunakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
Dilarang menyebarkan isi dokumen ini kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT dengan terselesainya penulisan skripsi ini. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

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

1. Bapak Dr. Ir. Dedi Fardiaz, MSc dan Ibu Ir. Nuri Andarwulan selaku dosen pembimbing penulis, yang telah banyak memberikan petunjuk dan bimbingan selama penelitian dan penulisan skripsi ini,
2. Ayah, ibu , adik-adik serta mas Eko yang telah banyak membantu dalam do'a, semangat, kasih sayang selama ini,
3. Para laboran di Jurusan TPG dan PAU yang telah banyak membantu penulis,
4. Rekan-rekan dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan banyak kekurangannya, maka untuk itu penulis mengharapkan ada yang melanjutkan penelitian ini sehingga akan diperoleh informasi yang lengkap yang dapat mengisi kekurangan-kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bagi kemajuan teknologi pangan di Indonesia.

Bogor, Januari 1992

Penulis



DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	1
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. BOTANI JAGUNG	4
B. KOMPOSISI KIMIA	6
C. SIFAT FISIKO KIMIA PATI JAGUNG	7
1. Struktur molekul	7
a. Amilosa	9
b. Amilopektin	11
2. Granula Pati	13
3. Gelatinisasi Pati	15
4. Retrogradasi	17
D. PATI TERMODIFIKASI	18
1. Modifikasi Dengan Hidrolisis Asam	19
2. Modifikasi Dengan Hidrolisis enzim α - amilase	21
III. BAHAN DAN METODA PENELITIAN	26
A. BAHAN	26
B. METODA	26

1.	Penelitian Pendahuluan	26
a.	Ekstraksi Pati Jagung	26
b.	Pengukuran aktivitas α -amilase	29
2.	Penelitian Utama	29
a.	Modifikasi Dengan Asam Khlorida	30
b.	Modifikasi dengan α - amilase	30
3.	Analisa Sifat Fisik	33
a.	Sifat Mikroskopik	33
b.	Derajat Putih Pati	33
c.	Densitas Kamba	34
d.	Sudut Repos	34
4.	Analisa Sifat Kimia	35
a.	Kadar Air	35
b.	Kadar Abu	36
c.	Kadar Maltosa	36
d.	Kadar Total Gula	37
e.	Kadar Amilosa	38
5.	Analisa Sifat Fungsional	39
a.	Daya Serap Air/Minyak	39
b.	Kekuatan Gel dan Rigiditas	40
c.	Pola Gelatinisasi	41
C.	RANCANGAN PERCOBAAN	43
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	44
A.	PATI TERMODIFIKASI HCl	44
1.	Sifat Fisik	44
a.	Sifat Mikroskopik	44

Halaman ini adalah hak cipta milik IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi IPB University.

b.	Derajat Putih	45
c.	Densitas Kamba	47
d.	Sudut Repos	48
2.	Sifat Kimia	50
a.	Kadar Air	50
b.	Kadar Abu	51
c.	Kadar Total Gula	52
d.	Kadar Maltosa	53
e.	Kadar Amilosa	54
3.	Sifat Fungsional	57
a.	Daya Serap Air/Minyak	57
b.	Kekuatan Gel	60
c.	Rigiditas	63
d.	Pola Gelatinisasi	64
B.	PATI TERMODIFIKASI α - amilase	73
1.	Sifat Fisik	73
a.	Sifat Mikroskopik	73
b.	Derajat Putih	74
c.	Densitas Kamba	75
d.	Sudut Repos	78
2.	Sifat Kimia	77
a.	Kadar Air	77
b.	Kadar Abu	78
c.	Kadar Total Gula	79
d.	Kadar Maltosa	80
e.	Kadar Amilosa	81
3.	Sifat Fungsional	83

Halaman ini adalah hak cipta milik IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau diperjualbelikan kembali.
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya ini untuk dipublikasikan atau disebarluaskan kembali.
 2. Diperbolehkan untuk mengutip sebagian atau seluruh karya ini untuk keperluan akademik atau IPB University.
 3. Diperbolehkan untuk mengutip sebagian atau seluruh karya ini untuk keperluan penelitian dan pengembangan.
 4. Diperbolehkan untuk mengutip sebagian atau seluruh karya ini untuk keperluan pendidikan, penelitian, dan pengabdian masyarakat.
 5. Diperbolehkan untuk mengutip sebagian atau seluruh karya ini untuk keperluan publikasi ilmiah.

a.	Daya Serap Air/Minyak.....	83
b.	Kekuatan Gel	85
c.	Rigiditas	87
d.	Pola Gelatinisasi	88
C.	PERBANDINGAN PATI TERMODIFIKASI HCL DAN PATI TERMODIFIKASI α - AMILASE	92
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	94
A.	KESIMPULAN	94
B.	SARAN	97
	DAFTAR PUSTAKA	98
	LAMPIRAN	102

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Bentuk Granula Pati Jagung.....	7
Gambar 2. Sifat Amilosa dalam Larutan.....	11
Gambar 3. Struktur Molekul Amilosa.....	11
Gambar 4. Sifat Amilopektin dalam Larutan.....	13
Gambar 5. Struktur Molekul Amilopektin.....	13
Gambar 6. Retrogradasi Pati.....	18
Gambar 7. Mekanisme Pemotongan Granula Pati dengan Asam (HCl).....	21
Gambar 8. Mekanisme Pemotongan Amilosa dengan enzim α - amilase.....	24
Gambar 9. Mekanisme Pemotongan Amilopektin dengan enzim α - amilase.....	25
Gambar 10. Bagan Isolasi Pati Jagung.....	27
Gambar 11. Bagan pengukuran aktivitas enzim α -amilase.....	29
Gambar 12. Bagan Modifikasi Pati Jagung dengan HCl.....	31
Gambar 13. Bagan Modifikasi Pati Jagung dengan α - amilase.....	32
Gambar 14. Bentuk Umum Kurva Gel Pati Jagung.....	42
Gambar 15. Derajat Putih Pati Termodifikasi HCl.....	48
Gambar 16. Densitas Kamba Pati Termodifikasi HCl.....	47
Gambar 17. Sudut Repos Pati Termodifikasi HCl.....	49
Gambar 18. Kadar Air Pati Termodifikasi HCl.....	51
Gambar 19. Kadar Abu Pati Termodifikasi HCl.....	52

Gambar 20.	Kadar Total Gula Pati Termodifikasi HCl.....	53
Gambar 21.	Kadar Maltosa Pati Termodifikasi HCl.....	54
Gambar 22.	Kadar Amilosa Pati Termodifikasi HCl.....	56
Gambar 23.	Daya Serap Air Pati Termodifikasi HCl.....	58
Gambar 24.	Daya Serap Minyak Pati Termodifikasi HCl.....	59
Gambar 25.	Kekuatan Gel Pati Termodifikasi HCl.....	62
Gambar 26.	Rigiditas Pati Termodifikasi HCl.....	63
Gambar 27.	Analisis amilograf pati varitas Arjuna....	69
Gambar 28.	Analisis amilograf pati varitas C-1 dan Varitas H-6	70
Gambar 29.	Analisis amilograf pati varitas Pandu.....	71
Gambar 30.	Derajat Putih Pati Termodifikasi α - amilase.....	75
Gambar 31.	Densitas Kamba Pati Termodifikasi α - amilase.....	76
Gambar 32.	Sudut Repos Pati Termodifikasi α - amilase.....	77
Gambar 33.	Kadar Air Pati Termodifikasi α - amilase.....	78
Gambar 34.	Kadar Abu Pati Termodifikasi α - amilase.....	79
Gambar 35.	Kadar Total Gula Pati Termodifikasi α - amilase.....	80
Gambar 36.	Kadar Maltosa Pati Termodifikasi α - amilase.....	81
Gambar 37.	Kadar Amilosa Pati Termodifikasi α - amilase.....	82
Gambar 38.	Daya Serap Air Pati Termodifikasi α - amilase.....	84

Gambar 39.	Daya Serap Minyak Pati Termodifikasi	
	α - amilase.....	85
Gambar 40.	Kekuatan Gel Pati Termodifikasi	
	α - amilase.....	86
Gambar 41.	Rigiditas Pati Termodifikasi	
	α - amilase.....	88

Halaman ini merupakan bagian dari IPB University
1. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruhnya karya ini untuk keperluan pendidikan dan penelitian
2. Diperoleh dengan izin dari IPB University
3. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan nama penulis asli
4. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan nama penulis asli
5. Pengutipan tidak boleh merugikan kepentingan yang wajar IPB University
6. Dilarang memperjualbelikan dan menyalahgunakan sebagian atau seluruh karya ini di luar lingkup akademik IPB University

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Komposisi Kimia Jagung.....	7
2. Perbandingan Antara Sifat Amilosa dan Amilopektin.....	12
3. Sifat Fisik Pati Termodifikasi HCl.....	71
4. Sifat Kimia Pati Termodifikasi HCl.....	72
5. Sifat Fungsional Pati Termodifikasi HCl.....	72
6. Pola Gelatinisasi Pati Termodifikasi HCl.....	72
7. Sifat Fisik Pati Termodifikasi α - amilase.....	91
8. Sifat Kimia Pati Termodifikasi α - amilase.....	91
9. Sifat Fungsional Pati Termodifikasi α - amilase.....	91
10. Pola Gelatinisasi Pati Termodifikasi α - amilase.....	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Bentuk Mikroskopik Pati Jagung Kontrol dan Termodifikasi varitas Arjuna.....	102
2. Bentuk Mikroskopik Pati Jagung Kontrol dan Termodifikasi varitas C-1.....	103
3. Bentuk Mikroskopik Pati Jagung Kontrol dan Termodifikasi varitas H-6.....	104
4. Bentuk Mikroskopik Pati Jagung Kontrol dan Termodifikasi varitas Pandu.....	105
5a. Derajat Putih Pati Termodifikasi HCl.....	106
5b. Densitas Kamba Pati Termodifikasi HCl.....	106
6a. Sudut Repos Pati Termodifikasi HCl.....	107
6b. Kadar Air Pati Termodifikasi HCl.....	107
7a. Kadar Abu Pati Termodifikasi HCl.....	108
7b. Kadar Total Gula Pati Termodifikasi HCl.....	108
8a. Kadar Maltosa Pati Termodifikasi HCl.....	109
8b. Kadar Amilosa Pati Termodifikasi HCl.....	109
9a. Daya Serap Air Pati Termodifikasi HCl.....	110
9b. Daya Serap Minyak Pati Termodifikasi HCl.....	110
10a. Kekuatan Gel Pati Termodifikasi HCl.....	111

Hal. Cipta: Penerbit: Universitas Indonesia
 1. Dituliskan sebagai bagian dari publikasi resmi dan merupakan hak cipta dari Universitas Indonesia
 2. Diperoleh dengan izin dari penerbit Universitas Indonesia
 3. Diperoleh dengan izin dari penerbit Universitas Indonesia
 4. Diperoleh dengan izin dari penerbit Universitas Indonesia
 5. Diperoleh dengan izin dari penerbit Universitas Indonesia
 6. Diperoleh dengan izin dari penerbit Universitas Indonesia
 7. Diperoleh dengan izin dari penerbit Universitas Indonesia
 8. Diperoleh dengan izin dari penerbit Universitas Indonesia
 9. Diperoleh dengan izin dari penerbit Universitas Indonesia
 10. Diperoleh dengan izin dari penerbit Universitas Indonesia

10b.	Rigiditas Pati Termodifikasi HCl.....	111
11a.	Derajat Putih Pati Termodifikasi α - amilase.....	112
11b.	Densitas Kamba Pati Termodifikasi α - amilase.....	112
12a.	Sudut Repos Pati Termodifikasi α - amilase.....	113
12b.	Kadar Air Pati Termodifikasi α - amilase.....	113
13a.	Kadar Abu Pati Termodifikasi α - amilase.....	114
13b.	Kadar Total Gula Pati Termodifikasi α - amilase.....	114
14a.	Kadar Maltosa Pati Termodifikasi α - amilase.....	115
14b.	Kadar Amilosa Pati Termodifikasi α - amilase.....	115
15a.	Daya Serap Air Pati Termodifikasi α - amilase.....	116
15b.	Daya Serap Minyak Pati Termodifikasi α - amilase.....	116
16a.	Kekuatan Gel Pati Termodifikasi α - amilase.....	117
16b.	Rigiditas Pati Termodifikasi α - amilase.....	117
17a.	Analisa Sidik Ragan Derajat Putih Pati Termodifikasi HCl.....	118
17b.	Analisa Sidik Ragan Derajat Putih Pati Termodifikasi α - amilase.....	118
17c.	Pengaruh Varitas Sumber Pati Terhadap Derajat Putih Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	118
18a.	Pengaruh Waktu Hidrolisa Terhadap Derajat Putih Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	118

Hal Guru, Pustakawan, dan Staf lainnya
 1. Dilindungi sebagai hak cipta dan tidak boleh disalin atau diperjualbelikan tanpa izin tertulis dari penulis.
 2. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk keperluan pribadi, pendidikan, penelitian, dan pengembangan.
 3. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk keperluan pribadi, pendidikan, penelitian, dan pengembangan.
 4. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk keperluan pribadi, pendidikan, penelitian, dan pengembangan.
 5. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk keperluan pribadi, pendidikan, penelitian, dan pengembangan.
 6. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk keperluan pribadi, pendidikan, penelitian, dan pengembangan.
 7. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk keperluan pribadi, pendidikan, penelitian, dan pengembangan.
 8. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk keperluan pribadi, pendidikan, penelitian, dan pengembangan.
 9. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk keperluan pribadi, pendidikan, penelitian, dan pengembangan.
 10. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk keperluan pribadi, pendidikan, penelitian, dan pengembangan.

24b.	Pengaruh Kombinasi Varitas dengan Waktu Hidrolisa Terhadap Derajat Kadar Air Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	125
25a.	Analisa Sidik Ragam Kadar Abu Pati Termodifikasi HCl.....	126
25b.	Analisa Sidik Ragam Kadar Abu Pati Termodifikasi α - amilase.....	126
25c.	Pengaruh Varitas Sumber Pati Terhadap Kadar Abu Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	126
26a.	Pengaruh Waktu Hidrolisa Terhadap Kadar Abu Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	127
26b.	Pengaruh Kombinasi Varitas dengan Waktu Hidrolisa Terhadap Kadar Abu Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	127
27a.	Analisa Sidik Ragam Kadar Total Gula Pati Termodifikasi HCl.....	128
27b.	Analisa Sidik Ragam Kadar Total Gula Pati Termodifikasi α - amilase.....	128
27c.	Pengaruh Varitas Sumber Pati Terhadap Kadar Total Gula Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	128
28a.	Pengaruh Waktu Hidrolisa Terhadap Kadar Total Gula Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	129
28b.	Pengaruh Kombinasi Varitas dengan Waktu Hidrolisa Terhadap Kadar Total Gula Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	129
29a.	Analisa Sidik Ragam Kadar Maltosa Pati Termodifikasi HCl.....	130
29b.	Analisa Sidik Ragam Kadar Maltosa Pati Termodifikasi α - amilase.....	130
29c.	Pengaruh Varitas Sumber Pati Terhadap Kadar Maltosa Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	130
30a.	Pengaruh Waktu Hidrolisa Terhadap Kadar Maltosa Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	131

Hal Gula Cipta milik IPB University
 1. Dilindungi sebagai hak kekayaan intelektual
 2. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk
 3. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk
 4. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk
 5. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk
 6. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk
 7. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk
 8. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk
 9. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk
 10. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk

30b.	Pengaruh Kombinasi Varitas dengan Waktu Hidrolisa Terhadap Kadar Maltosa Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	131
31a.	Analisa Sidik Ragam Kadar Amilosa Pati Termodifikasi HCl.....	132
31b.	Analisa Sidik Ragam Kadar Amilosa Pati Termodifikasi α - amilase.....	132
31c.	Pengaruh Varitas Sumber Pati Terhadap Kadar Amilosa Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	132
32a.	Pengaruh Waktu Hidrolisa Terhadap Kadar Amilosa Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	133
32b.	Pengaruh Kombinasi Varitas dengan Waktu Hidrolisa Terhadap Kadar Amilosa Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	133
33a.	Analisa Sidik Ragam Daya Serap Air Pati Termodifikasi HCl.....	134
33b.	Analisa Sidik Ragam Daya Serap Air Pati Termodifikasi α - amilase.....	134
33c.	Pengaruh Varitas Sumber Pati Terhadap Daya Serap Air Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	134
34a.	Pengaruh Waktu Hidrolisa Terhadap Daya Serap Air Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	135
34b.	Pengaruh Kombinasi Varitas dengan Waktu Hidrolisa Terhadap Daya Serap Air Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	135
35a.	Analisa Sidik Ragam Daya Serap Minyak Pati Termodifikasi HCl.....	136
35b.	Analisa Sidik Ragam Daya Serap Minyak Pati Termodifikasi α - amilase.....	136
35c.	Pengaruh Varitas Sumber Pati Terhadap Daya Serap Minyak Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	136
36a.	Pengaruh Waktu Hidrolisa Terhadap Daya Serap Minyak Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.....	137

Hal Cipta: Penelitian, Pengembangan, dan Diseminasi Hasil Penelitian, Pengabdian Masyarakat, dan Inovasi Teknologi
 1. Dilindungi Undang-Undang
 2. Pengutipan harus mencantumkan sumber
 3. Pengutipan harus mencantumkan sumber
 4. Pengutipan harus mencantumkan sumber
 5. Pengutipan harus mencantumkan sumber
 6. Pengutipan harus mencantumkan sumber
 7. Pengutipan harus mencantumkan sumber
 8. Pengutipan harus mencantumkan sumber
 9. Pengutipan harus mencantumkan sumber
 10. Pengutipan harus mencantumkan sumber

36b. Pengaruh Kombinasi Varitas dengan Waktu Hidrolisa Terhadap Daya Serap Minyak Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan..... 137

37a. Analisa Sidik Ragam Kekuatan Gel Pati Termodifikasi HCl..... 138

37b. Analisa Sidik Ragam Kekuatan Gel Pati Termodifikasi α - amilase..... 138

37c. Pengaruh Varitas Sumber Pati Terhadap Kekuatan Gel Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan..... 138

38a. Pengaruh Waktu Hidrolisa Terhadap Kekuatan Gel Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan..... 139

38b. Pengaruh Kombinasi Varitas dengan Waktu Hidrolisa Terhadap Kekuatan Gel Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan..... 139

39a. Analisa Sidik Ragam Rigiditas Pati Termodifikasi HCl..... 140

39b. Analisa Sidik Ragam Rigiditas Pati Termodifikasi α - amilase..... 140

39c. Pengaruh Varitas Sumber Pati Terhadap Rigiditas Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan..... 140

40a. Pengaruh Waktu Hidrolisa Terhadap Rigiditas Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan..... 141

40b. Pengaruh Kombinasi Varitas dengan Waktu Hidrolisa Terhadap Rigiditas Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan..... 141

41a. Analisa Sidik Ragam Suhu Gelatinisasi Pati Termodifikasi HCl..... 142

41b. Analisa Sidik Ragam Suhu Gelatinisasi Pati Termodifikasi α - amilase..... 142

41c. Pengaruh Varitas Sumber Pati Terhadap Suhu Gelatinisasi Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan..... 142

42a. Pengaruh Waktu Hidrolisa Terhadap Suhu Gelatinisasi Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan..... 143

Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh Institut Pertanian Bogor (IPB) dan merupakan hak milik IPB. Seluruh isi dan gambar yang terdapat di dalamnya adalah hak cipta IPB dan tidak boleh diperjualbelikan atau digunakan untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari IPB. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi IPB University.

42b. Pengaruh Kombinasi Varitas dengan Waktu Hidrolisa Terhadap Suhu Gelatinisasi Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan.... 143

43a. Analisa Sidik Ragam Viskositas Panas Pati Termodifikasi HCl..... 144

43b. Analisa Sidik Ragam Viskositas Panas Pati Termodifikasi α - amilase..... 144

43c. Pengaruh Varitas Sumber Pati Terhadap Viskositas Panas Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan..... 144

44a. Pengaruh Waktu Hidrolisa Terhadap Viskositas Panas Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan..... 145

44b. Pengaruh Kombinasi Varitas dengan Waktu Hidrolisa Terhadap Viskositas Panas Pati Termodifikasi dengan Uji Duncan..... 145

I. PENDAHULUAN

Dalam rangka usaha menuju swasembada pangan, jagung merupakan salah satu komoditi yang ikut diprogramkan. Produksi jagung di Indonesia berfluktuasi dari tahun ke tahun dengan rata-rata produksi 1.7 ton per hektar (1982 - 1986) dan produksi total rata-rata mencapai 4.6 juta kg per hektar (BPS, 1987). Biji jagung mempunyai potensi yang tinggi sebagai bahan baku industri, dengan komposisi utama pati sebesar 71.5 %, protein 10.3 % dan lemak 4.8 %.

Sebagai bagian komponen terbesar dari jagung, pemanfaatan pati untuk bahan baku industri menjadi sangat penting artinya khususnya dalam meningkatkan nilai tambah komoditas jagung. Baik dalam bentuk belum termodifikasi maupun sudah termodifikasi, pati merupakan bahan baku yang sering digunakan dalam industri pangan. Penggunaan pati dalam berbagai industri pangan, serat dan industri lainnya dilakukan dalam bentuk koloid atau suspensi sehingga selalu berhubungan dengan sifatnya yang dapat membentuk gel.

Pati dapat digunakan pada pembuatan pudding, makanan bayi, kue, pembuat dekstrin, pati terlarut, maltosa, sebagai bahan pengental susu, pembuatan permen jelly, baking powder, serta pudding dalam industri tekstil dan kertas. Ukurannya yang kecil menyebabkan pati mempunyai permukaan yang luas. Ditambah dengan daya cernanya yang tinggi sifat ukurannya adalah faktor utama penggunaan pati dalam industri-industri tersebut.

Kesulitan dalam penggunaan pati jagung selain pemasakannya memakan waktu yang cukup lama, pasta yang terbentuk juga bersifat keras dan *opaque* (Radley, 1978). Bila pati dimasak dalam air, viskositas awal dari pasta naik dengan tajam tetapi setelah beberapa menit kemudian dengan cepat menurun. Jika pemanasan dilanjutkan selama beberapa jam terbentuk sol encer.

Pati alamiah sangat terbatas penggunaannya dalam industri pangan karena tersebut memiliki sifat viskositas yang tinggi, sangat kohesif, stabil pada temperatur yang rendah dan tidak tahan pada makanan dengan pH rendah (Smith di dalam Lineback dan Inglett, 1982). Untuk itu pati mentah perlu dimodifikasi agar diperoleh kombinasi sifat-sifat yang cocok untuk aplikasi tertentu dan juga agar membuat pati mempunyai kegunaan yang lebih banyak dalam aplikasinya serta bersifat stabil selama pengolahan. Sebagai contoh, dalam suatu proses pengolahan yang menggunakan peralatan dengan suhu tinggi, tekanan serta *shear* yang kuat, maka dibutuhkan sifat-sifat pati yang spesifik seperti viskositas yang stabil baik pada suhu tinggi maupun rendah, tahan terhadap *shear*, mampu tetap mengental walaupun berada dalam kondisi pH ekstrim (asam) dan memiliki daya kationik (Fleche, 1985 di dalam Van Beynum, et al., 1985).

Pati dapat dimodifikasi secara kimia, fisik atau secara mekanik untuk memperoleh sifat-sifat pati yang diinginkan. Dalam penelitian ini dicoba menghasilkan pati jagung termodifikasi dengan metoda hidrolisis menggunakan

asam klorida dan enzim α - amilase, dan dipelajari perubahan sifat fisik, kimia dan fungsionalnya. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan efektifitas optimum asam klorida dan enzim α - amilase dalam memodifikasi jagung serta diharapkan setelah mengalami modifikasi, penggunaan pati jagung dalam pengolahan pangan dapat dipermudah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. BOTANI JAGUNG

Tanaman jagung termasuk dalam ordo *Tripsaceae*, famili *Poaceae*, sub famili *Panicoideae*, genus *Zea* dan spesies *Zea mays L.* (Muhadjir, 1988). Jagung lengkap terdiri dari kelobot, biji jagung dan tongkol jagung. Biji jagung melekat pada tongkol dan berbentuk bulat. Dalam satu tongkol biji jagung biasanya terdapat 300 - 1000 biji jagung (Effendi, 1977).

Menurut Winarno (1988), jagung dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan warna bijinya, yaitu jagung kuning dan jagung putih. Secara struktural, biji jagung yang telah matang terdiri atas empat bagian utama yaitu perikarp (82%), lembaga (12%), endosperm (5%) dan tip kap (1%). Hughes dan Metclave (1972) membagi jagung menjadi enam sub spesies, yaitu :

1. Jagung gigi kuda (*Zea mays indentata*)

Jagung gigi kuda ini dicirikan dari bijinya yang mengalami depresi di tengah atau *dent* pada bagian biji sebelah atasnya. Lekukan pada bagian atas timbul karena pengkerutan lapisan tepung pada waktu mengering. Zat tepung yang terletak di biji bagian sampingnya adalah keras, sedangkan zat tepung yang menuju ke ujung apeks lunak. Jagung ini ukurannya besar, putih, kuning dan merah, kurang tahan terhadap serangan hama bubuk.

2. Jagung mutiara (*Zea mays indurata*)

Ukuran biji sedang, bentuk bulat, tidak berlekuk dan warna biji ada yang merah, putih dan kuning. Biji jagung mengandung zat tepung yang lunak hanya di bagian dalamnya, dalam jumlah sedikit saja, sedangkan di sebelah luarnya keras. Bagian biji yang keras ini tidak mengalami depresi waktu masaknyanya atau sewaktu mengering.

3. Jagung manis (*Zea mays saccharata*)

Sweet corn atau jagung manis dicirikan oleh biji yang banyak mengandung gula dan sedikit pati. Bila biji kering maka akan berkeriput.

4. Jagung tepung (*Zea mays amylase*)

Soft corn atau *flour corn* mempunyai biji yang mengandung hampir seluruhnya zat pati yang lunak. Jagung tepung ini agak bersamaan sifat-sifat tanaman dan tongkolnya. Jenis ini banyak ditanam di Amerika Serikat, Columbia, Peru, Bolivia dan Afrika Selatan.

5. Jagung berondong (*Zea mays everta*)

Jagung berondong disebut juga *pop corn*. Biji jagung ini mempunyai bentuk bermacam-macam. Apabila sedikit dipanaskan akan segera mengembang. Biasanya biji kecil mengandung zat pati yang keras.



6. Jagung pod (*Zea mays tunicata*)

Jagung ini mempunyai bentuk yang lain. Tiap biji pada janggol diselubungi oleh kelobot kecil dan juga tongkolnya sendiri diselubungi kelobot. Pod corn ini dianggap jagung yang paling dulu ditemukan.

Di Indonesia jagung yang banyak ditanam hanya empat spesies yaitu jagung berondong, jagung mutiara, jagung manis dan jagung gigi kuda.

Walaupun jagung berasal dari daerah-daerah tropis, tetapi karena banyak sekali tipe-tipe jagung dengan variasi sifat-sifat yang dimiliki, maka jagung dapat tersebar luas dan hidup baik di berbagai iklim.

B. KOMPOSISI KIMIA

Komponen utama pada jagung adalah karbohidrat, protein dan lemak, sedang komponen lain terdapat dalam jumlah yang rendah (Munarso, 1988). Ukuran granula pati jagung adalah sekitar 20 milimikron dan berbentuk bulat poligonal seperti yang terlihat pada Gambar 1. (Smith, 1982, di dalam Lineback et al., 1982). Bentuk granula ini tidak mengalami perubahan yang berarti walaupun telah mengalami berbagai proses ekstraksi dan pemurnian (Hodge et al., 1976, di dalam Fennema, 1978).

serta apakah lurus atau bercabang rantai molekulnya (Winarno, 1988).

Proporsi pati relatif dari amilosa dan amilopektin berbeda-beda dari satu pati dengan pati lainnya. Biasanya pati lebih banyak mengandung amilopektin daripada amilosa. Menurut Charley (1982), butiran pati terdiri dari kira-kira 1/4 bagian amilosa dan 3/4 bagian amilopektin. Perbandingan antara amilosa dan amilopektin ini akan mempengaruhi sifat kelarutan dan derajat gelatinisasi pati (Siahaan, 1988). Pati dapat difraksinasi menjadi amilosa dan amilopektin melalui gelatinisasi pada temperatur dan tekanan tertentu (Pomeranz, 1980).

Bentuk mikroskopik dari butir-butir pati adalah khas untuk setiap sumber pati. Dua unsur utama adalah amilosa (15 -20%) yang berbentuk heliks tanpa cabang, yang bertanggung jawab dalam pembentukan warna dengan iodium dan amilopektin (80 -85%), yang mengandung rantai-rantai yang sangat bercabang yang hanya memberi warna merah dengan iodium sebab mereka tidak membelit dengan baik. Masing-masing rantai terdiri atas glukosida dengan 20 - 30 residu glukosa. Residu glukosa dihubungkan oleh ikatan $\alpha - 1,4$ dalam rantai dan oleh ikatan $\alpha - 1,6$ pada tempat percabangan (Martin et al., 1984). Molekul pati mempunyai dua ujung yang berbeda : akhiran tak pereduksi dengan gugus OH nomor 4 yang bebas dan

akhiran pereduksi dengan gugus OH-bebas anomerik. Percabangan dalam amilopektin berlangsung kira-kira sekali setiap 25 satuan glukosa di dalam rantai polisakarida (Soendoro, 1985).

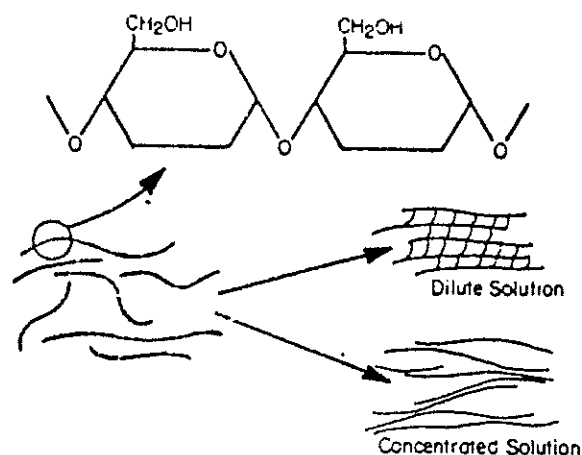
a. Amilosa

Amilosa memiliki struktur linier yang terdiri dari 250 - 2000 unit D-glukosa yang dihubungkan dengan berat molekul sekitar 40 000 dan 340 000. Dalam larutan encer, amilosa memiliki bentuk lilitan. Lilitan ini cenderung menghilang jika pati melarut. Bila ditambahkan senyawa seperti lemak, iodin, atau alifatik alkohol primer, sebuah struktur kompleks atau heliks dengan enam atau tujuh unit glukosa per siklus terbentuk dengan molekul pengkompleks yang menempati pusat rongga heliks.

Kemampuan amilosa untuk berinteraksi dengan iodin, dengan membentuk kompleks berwarna biru merupakan cara untuk mendeteksi adanya pati (Glicksman, 1969; Banks et al., 1973, di dalam Birch et al., 1973; Winarno, 1984). Amilosa bersifat sangat hidrofilik karena banyak mengandung gugus hidroksil, oleh karena itu molekul amilosa cenderung membentuk susunan paralel satu sama lain melalui ikatan hidrogen dan dengan gaya Van der Waals.

Keadaan ini menyebabkan afinitas amilosa terhadap air berkurang. Selanjutnya menurut Wuzburg (1968), kumpulan amilosa dalam air akan meningkat sampai terbentuk endapan bila konsentrasinya rendah dan membentuk gel bila konsentrasinya tinggi (Gambar 2).

Amilosa mampu membentuk struktur kristal karena adanya interaksi molekular yang kuat. Kristalisasi muncul dengan adanya pembentukan *spherulite*. Hal ini terjadi bila larutan pekat amilosa didinginkan perlahan-lahan. Kristalisasi sering pula dilihat sebagai retrogradasi, proses yang menyebabkan molekul pati menjadi tidak larut dalam air secara tidak dapat balik sehubungan dengan pembentukan ikatan intermolekuler yang kuat (Banks et al., 1973 di dalam Birch et al., 1973). Struktur molekul amilosa dapat dilihat pada Gambar 3.



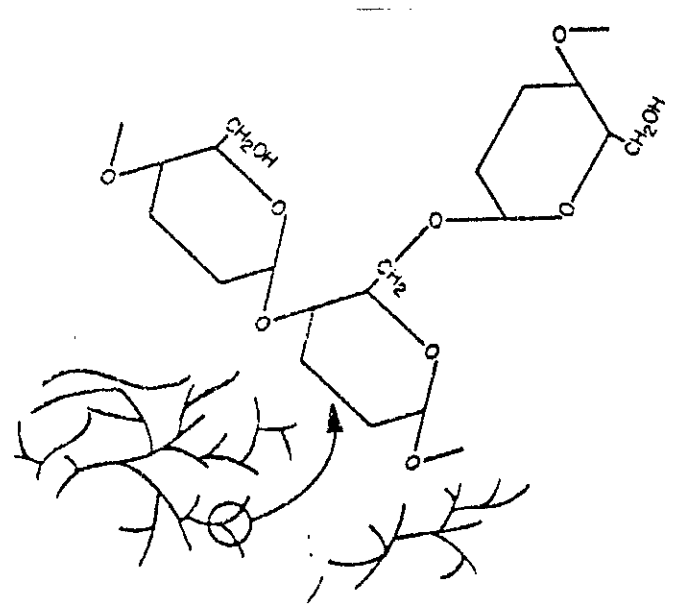
Gambar 2. Sifat Amilosa dalam larutan (Furia, 1968)

lisasi dipengaruhi oleh keteraturan bentuk dari rantai polimer (Banks et al., 1973 di dalam Birch et al., 1973; Glicksman, 1968; Swinkels, 1985 di dalam Van Beynum et al., 1985). Struktur molekul amilopektin dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 2. Perbandingan antara Sifat Amilosa dan Amilopektin*

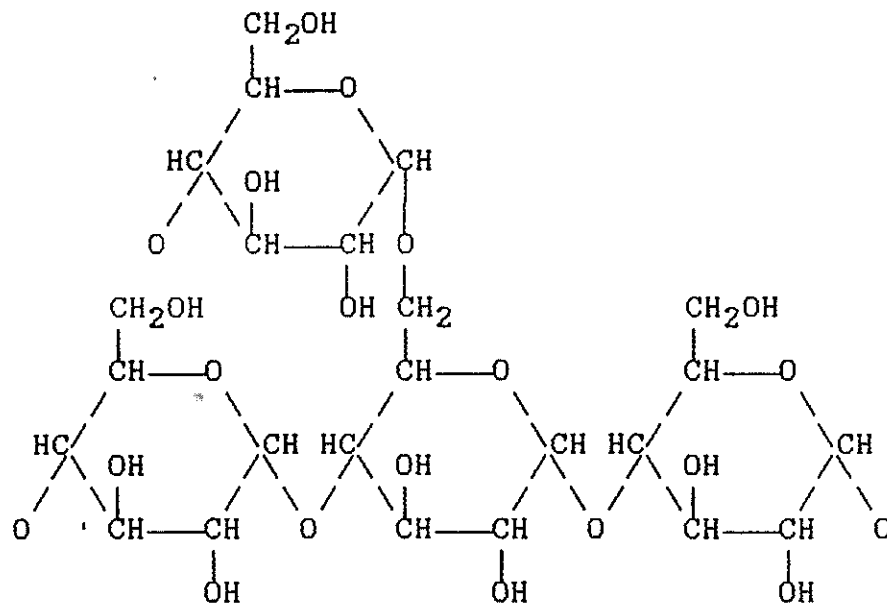
	Amilosa	Amilopektin
Reaksi dengan iodin	Warna biru	Merah violet
Berat molekul	250,000	1,000,000
Jumlah residu glukosa	> 2,000	20 - 30
Analisa X-ray	Kristalin	Amorpous
Kelarutan dalam air	Larut	Tidak larut
Stabilitas dalam larutan	Retrogradasi	Stabil

* Radley (1968)



Gambar 4. Sifat amilopektin dalam larutan (Furia, 1968)

Hal ini disebabkan karena...
1. Dilihat dari segi...
2. Pergerakan...
3. Pergerakan...
4. Pergerakan...
5. Pergerakan...
6. Pergerakan...
7. Pergerakan...
8. Pergerakan...
9. Pergerakan...
10. Pergerakan...



Gambar 5. Struktur molekul amilopektin

2. Granula Pati

Pati terdapat dalam sel tanaman dalam bentuk partikel-partikel yang tidak larut yang disebut granula. Ukuran dan bentuk granula pati ini berbeda-beda dari satu tanaman dengan tanaman yang lain (Smith 1982 di dalam Lineback dan Inglet, 1982). Secara mikroskopik granula pati terbentuk dari molekul-molekul yang membentuk lapisan tipis yang tersusun secara konsentris. Bentuk granula berbagai jenis pati sangat bervariasi, misalnya berbentuk oval, elips, bulat, poligonal dan bulat telur. Perbedaan bentuk dari granula pati ini, dapat dijadikan parameter untuk identifikasi pati (Hill dan Kelly, 1942).

Pati jagung memiliki ukuran diameter 15 μm dengan bentuk melingkar dan poligonal (Wirakartakusumah, 1989). Dalam keadaan murni granula pati berwarna putih mengkilat, tidak berbau dan tidak berasa (Brautlecht, 1953). Granula pati terdiri dari lapisan tipis yang merupakan susunan melingkar dari molekul-molekul pati dengan membentuk kristal kecil yang disebut *miscel* (Meyer, 1961).

Granula pati merupakan susunan dari molekul yang berstruktur linier dan bercabang membentuk radial dalam sel yang konsentrik dan membentuk cincin atau lamela. Penampakan lamela pada granula pati tersebut diperkirakan sebagai akibat dari adanya proses pelapisan molekul pada granula pati (Banks, 1973).

Menurut Arpah (1984), granula pati bersifat semi kristal yang terdiri dari bagian amorf dan bagian kristal. Bagian kristal dari granula pati tahan terhadap enzim maupun asam, sedangkan bagian amorf sangat labil terhadap serangan faktor tersebut.

Di dalam granula, campuran molekul linier dan bercabang tersusun secara melingkar dalam kerangka konsentrik. Ikatan paralel terbentuk antara molekul linier yang berdekatan atau dengan cabang yang terluar dari molekul cabang. Ikatan ini dihubungkan dengan ikatan hidrogen, menghasilkan daerah kristalisasi atau misela. Daerah yang kurang padat,



amorf, mudah dimasuki air. Daerah ini terdapat di antara misela dalam setiap kerangka konsentrik dan di antara kerangka konsentrik itu sendiri (Hodge et al., 1976 di dalam Fennema, 1976). Misela menyebabkan granula pati memiliki sifat *birefringence* yaitu suatu sifat yang dapat merefleksikan atau memantulkan cahaya terpolarisasi sehingga akan tampak seperti susunan kristal hitam putih di bawah mikroskop (Setiawan, 1988).

3. Gelatinisasi Pati

Menurut Winarno (1984), gelatinisasi adalah peristiwa pembengkakan granula pati sedemikian rupa sehingga granula tersebut tidak dapat kembali ke keadaan semula. Pati dalam bentuk granular alamiah, mempunyai kerapatan yang tinggi, menunjukkan kemasan yang rapat di dalam granular. Karena itu pati dapat bertahan terhadap kerja mekanik dan praktis tidak larut dalam air dingin (Knutson, 1982). Granula pati tidak larut dalam air dingin dan beberapa pelarut organik, namun granula pati dengan menyerap air dapat mengembang sampai mencapai maksimum 28% volume asalnya. Air akan berpenetrasi ke daerah amorf dan membentuk ikatan hidrogen yang akan memberikan gugus hidroksil bebas pada molekul pati (Tegge, 1984 di dalam Dziedzic, 1984).

Ikatan hidrogen terbentuk langsung melalui gugus OH dari setiap molekul pati atau secara tidak langsung, lewat jembatan air. Ikatan hidrogen merupakan ikatan lemah, namun dalam granula pati terdapat begitu banyak ikatan hidrogen, sehingga granula tidak dapat larut dalam air dingin (Swinkles, 1985 di dalam Van Beynum et al., 1985).

Jika temperatur dinaikkan, granula akan mengabsorpsi air dan mengembang. Tahap awal dari pengembangan adalah reversibel dan granula pati dapat dikeringkan kembali ke keadaan semula. Bila temperatur dinaikkan lebih lanjut, pembengkakan berlanjut terus sehingga sifat bias gandanya (*birefringence*) akhirnya hilang. Pada titik ini pati dikatakan mengalami gelatinisasi (Knutson, 1982).

Pembengkakan diawali pada bagian amorf atau bagian yang kurang rapat, merusak ikatan antara molekul yang lemah dan menghidrasinya. Dengan meningkatnya suhu air mulai memasuki daerah kristalin, sehingga misela mulai rusak. Granula terus mengembang menjadi jaringan yang membengkak, namun masih terikat oleh misela yang belum rusak. Sebagian amilosa akan keluar dari granula dan melarut dalam larutan. Viskositas meningkat mencapai maksimum yang berkorelasi dengan jumlah volume yang membengkak dan menunjukkan hidrasi maksimum (Winarno, 1984).

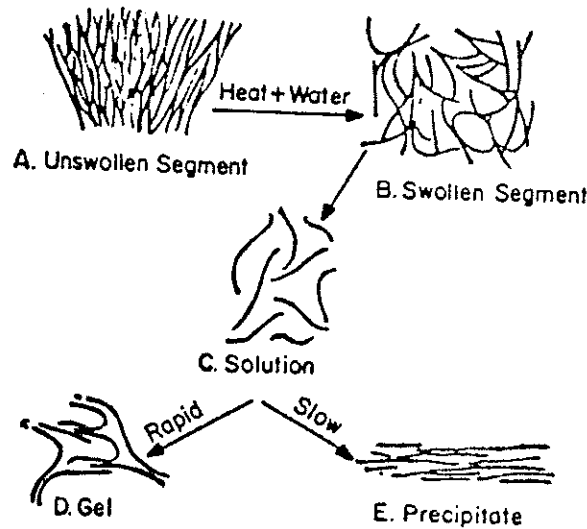
Selanjutnya molekul pati mulai runtuh menghasilkan dispersi fragmen granula, agregat pati dan molekul. Bila hal ini terjadi viskositas menurun dan kemudian cenderung stabil (Wurzburg, 1968 di dalam Furia, 1968; Charley, 1982; Swinkles 1985 di dalam Van Beynum et al., 1985).

4. Retrogradasi

Istilah retrogradasi berarti perubahan dari keadaan terlarut, terdispersi, amorf, menjadi tidak larut, agregasi dan mengkristal (Swinkels, 1985, di dalam Van Beynum et al., 1985). Bila larutan pati encer, maka larutan pati akan berubah menjadi *opaque*, keruh dan meninggalkan endapan putih bila didinginkan. Namun jika larutan pati cukup pekat, pada pendinginan akan terbentuk gel (Gambar 6). Fenomena ini disebut sebagai *setback* atau *retrogradasi* (Inglett dan Lineback, 1982). Glicksman (1969), melaporkan bahwa retrogradasi merupakan fenomena penggabungan polimer-polimer berantai lurus (amilosa) membentuk kristal yang tidak larut pada saat pendinginan pasta pati .

Bila pasta pati didinginkan, energi kinetik tidak lagi cukup tinggi untuk menahan molekul-molekul amilosa berikatan kembali satu sama lain serta berikatan dengan cabang amilopektin pada pinggir-pinggir luar granula, sehingga terjadi semacam

jaring-jaring yang membentuk mikrokristal dan mengendap (Winarno, 1984).



Gambar 6. Retrogradasi pati

D. PATI TERMODIFIKASI

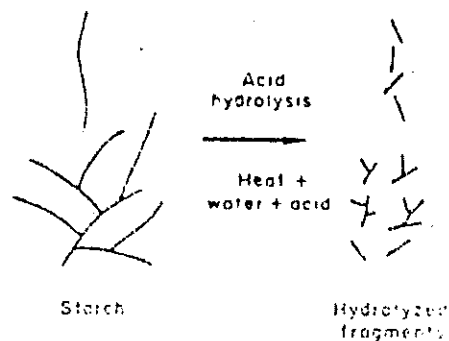
Pati termodifikasi adalah pati yang gugus hidrosilnya telah diubah lewat suatu reaksi kimia (esterifikasi, sterifikasi atau oksidasi) atau dengan mengganggu struktur asalnya (Fleche, 1985). Sedangkan menurut Glicksman (1969), pati diberi perlakuan tertentu dengan tujuan untuk menghasilkan sifat yang lebih baik untuk memperbaiki sifat sebelumnya atau untuk merubah beberapa sifat lainnya. Perlakuan ini dapat mencakup penggunaan panas, asam, alkali, zat pengoksidasi atau bahan kimia lainnya yang akan menghasilkan gugus kimia baru dan atau perubahan bentuk, ukuran serta struktur molekul pati.

Beberapa metoda yang dapat memodifikasi pati antara lain modifikasi dengan pemuliaan tanaman, konversi dengan hidrolisis, *cross linking*, derivatisasi secara kimia, merubah menjadi *syirup* dan gula dan perubahan sifat-sifat fisik (Furia, 1968). Modifikasi dengan konversi dimaksudkan untuk mengurangi viskositas dari pati mentah hingga dapat dimasak dan digunakan pada konsentrasi yang lebih tinggi, pati akan lebih mudah larut dalam air dingin dan memperbaiki sifat kecenderungan pati untuk membentuk gel atau pasta (Furia, 1968).

1. Modifikasi pati dengan hidrolisis asam

Pati termodifikasi asam dibuat dengan mengontrol hidrolisis pati dengan asam dalam suspensi. Konversi berlangsung pada suhu sekitar 125°F (52°C), di bawah suhu gelatinisasi. Asam sulfat dan klorida sering digunakan sebagai penghidrolisis. Reaksi dasar meliputi pemotongan ikatan α - 1,4-D-glukosidik dari amilosa dan α -1,6-D-Glukosidik dari amilopektin, sehingga ukuran molekul pati mengecil dan meningkatkan kecenderungan pasta untuk membuat gel. Pada saat hidrolisis struktur granula melemah, namun tidak sampai membuat pati melarut (Furia, 1968).

Selama proses modifikasi, asam akan menghidrolisis ikatan glikosida menjadi rantai yang lebih pendek (Gambar 7). Menurut Wurzburg (1986), hidro-



Gambar 7. Mekanisme pemotongan granula pati dengan asam (HCl)

Konsentrasi asam, temperatur, konsentrasi pati dan waktu reaksi dapat bervariasi tergantung dari sifat pati yang diinginkan.

2. Modifikasi pati dengan hidrolisis enzim α - amilase

Pati dapat dipecah menjadi unit-unit yang lebih kecil yaitu dengan memotong ikatan-ikatan glikosidiknya. Salah satu enzim yang dapat memotong ikatan tersebut adalah enzim α - amilase. Enzim α - amilase (α - 1,4 glukanhidrolase atau EC 3.2.1.1.) terdapat pada tanaman, jaringan mamalia, jaringan mikroba. Alfa amilase murni dapat diperoleh dari berbagai sumber, misalnya dari malt (barley), air liur manusia dan pankreas. Dapat juga diisolasi dari *Aspergillus oryzae* dan *Bacillus subtilis* (Reilly, 1985).

α - amilase adalah endo enzim yang kerjanya memutus ikatan α - 1,4 secara acak di bagian dalam molekul baik pada amilosa maupun pada amilopektin. Sifat dan mekanisme kerja enzim α - amilase tergant-

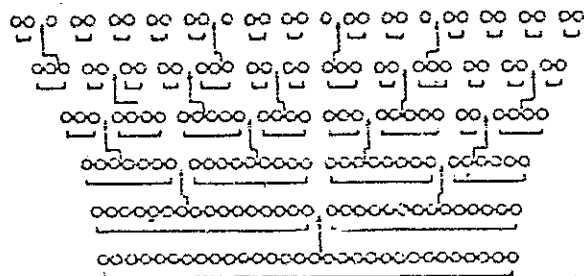
tung pada sumbernya. Umumnya α - amilase memotong ikatan di bagian tengah rantai sehingga menurunkan kemampuan pati mengikat zat warna iodium. Hidrolisis dengan α - amilase menyebabkan amilosa terurai menjadi maltosa dan maltotriosa. Pada tahap selanjutnya maltotriosa terurai kembali menjadi maltosa dan glukosa (Walker dan Whelan dalam Fogarty, 1983).

Cara kerja enzim α - amilase terjadi melalui dua tahap, yaitu : pertama, degradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi sangat cepat dan diikuti dengan menurunnya viskositas yang cepat pula. Kedua, relatif sangat lambat yaitu pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir dan caranya tidak acak. Keduanya merupakan kerja enzim α - amilase pada molekul amilosa (Winarno, 1983).

Kerja α - amilase pada amilopektin akan menghasilkan glukosa, maltosa dan berbagai jenis α - limit dekstrin, yaitu oligosakarida yang terdiri dari empat atau lebih residu gula yang semuanya mengandung ikatan α -1,6 (Winarno, 1983). Aktivitas optimal dari enzim dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor-faktor penting yang berpengaruh di antaranya adalah pH dan suhu. Kisaran pH optimum untuk enzim α - amilase berkisar antara 4.5-6.5 dan dengan kisaran suhu optimum 40-60°C (Fogarty, 1983). Enzim yang dihasilkan oleh kapang *Aspergillus oryzae*

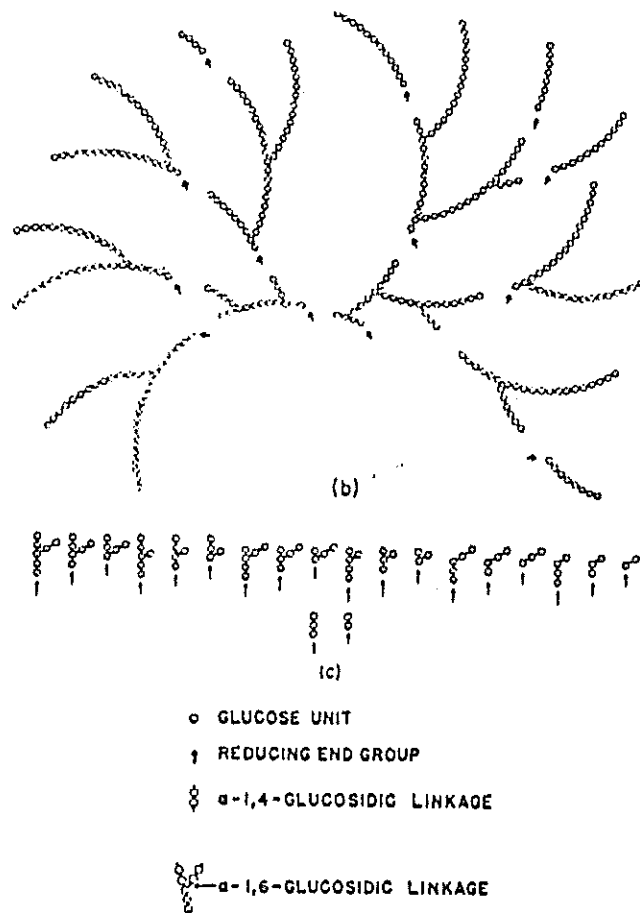
mempunyai aktivitas optimum pada pH 5.5 dan suhu 37 - 40°C (Hartanto, 1987).

Enzim α - amilase merupakan enzim yang digolongkan sebagai enzim hidrolase. Jenis ikatan polimer pada amilosa lebih mudah dipotong oleh enzim α - amilase daripada jenis ikatan polimer pada amilopektin. Kerja enzim α - amilase dalam menghidrolisis pati adalah dengan memotong ikatan α - 1,4, tapi tidak memotong α - 1,6 (Fogarty, 1983). Laju hidrolisis akan meningkat bila tingkat polimerisasi menurun, dan laju hidrolisis akan lebih cepat pada rantai lurus. Hidrolisis amilosa lebih cepat dibanding hidrolisis terhadap amilopektin (Girindra, 1983)



- (o) : unit glukosa
 (-o-) : ikatan α -1,4-glikosida
 () : pemotongan oleh α -amilase

Gambar 8. Mekanisme pemotongan amilosa oleh enzim α - amilase



Gambar 9. Mekanisme pemotongan amilopektin oleh enzim α - amilase

Enzim α - amilase tidak mengandung koenzim, tapi merupakan kalsium metalo enzim dengan sekurang-kurangnya mengandung satu atom Ca per molekul enzim (Fischer dan Stein, 1960 di dalam Forgarty, 1983). Kulp (1975) menyatakan adanya ion Ca^{++} sangat mempengaruhi aktivitas α - amilase. Ion Ca yang terikat dalam enzim dapat dilepaskan hanya pada pH rendah dengan menggunakan zat pengkelat. Ion logam kalsium berfungsi mengkatalis aktifitas α - amilase, sehingga tahan terhadap perubahan suhu, pH, perlakuan urea atau adanya protease seperti pepsin,

tripsin, substilin dan papain. Menurut Whitaker (1972), ion Ca tidak bekerja langsung dalam pembentukan kompleks enzim-substrat, tetapi mempertahankan molekul enzim tetap dalam aktifitas dan stabilitas maksimum.

III. BAHAN DAN METODA PENELITIAN

A. BAHAN

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah jagung dari varietas Arjuna, C-1, Pandu dan Harapan - 6. Sedang bahan untuk modifikasi adalah asam khlorida (HCl) dan enzim α - amilase yang berasal dari *Aspergillus oryzae* (SIGMA Chemical Company, USA). Bahan kimia yang dipakai adalah bahan untuk proses ekstraksi pati, untuk analisa proksimat, untuk analisa amilosa, maltosa, dan total gula.

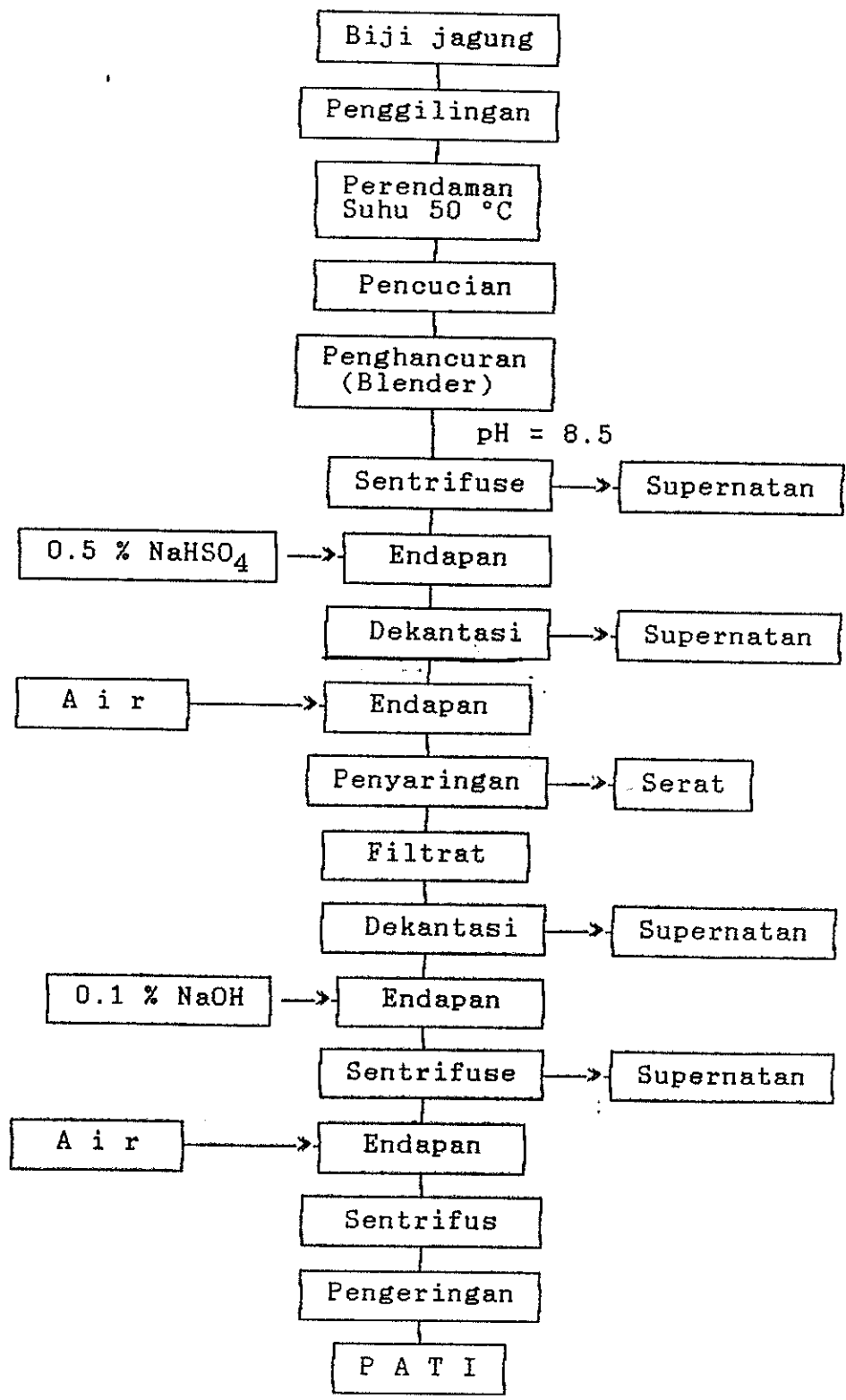
Alat-alat yang digunakan adalah *Brabender amilograph* (tipe D-400, Duisburg, Jerman Barat), *Whiteness Tester* (model C-100, Jepang), *Texture Analyser* (Steven-LFRA, Inggris), mikroskop (model C-35AD-4 BH-2, Olympus, Japan), oven vakum, spektrofotometer (Spectronic 21D-Milton Roy), ph meter, desikator, *water bath*, pompa vakum, sentrifuse, timbangan, serta alat-alat gelas untuk analisa.

B. METODA

1. Penelitian Pendahuluan

a. Ekstraksi Pati Jagung

Ekstraksi dilakukan dengan tahap sebagai berikut: pertama-tama, biji jagung yang kering digiling sehingga diperoleh partikel-partikel yang berukuran seperti beras, seperti yang terlihat pada Gambar 10. Hasil penggilingan ini direndam dalam air panas pada suhu 50 °C selama empat jam.



Gambar 10. Bagan isolasi pati jagung

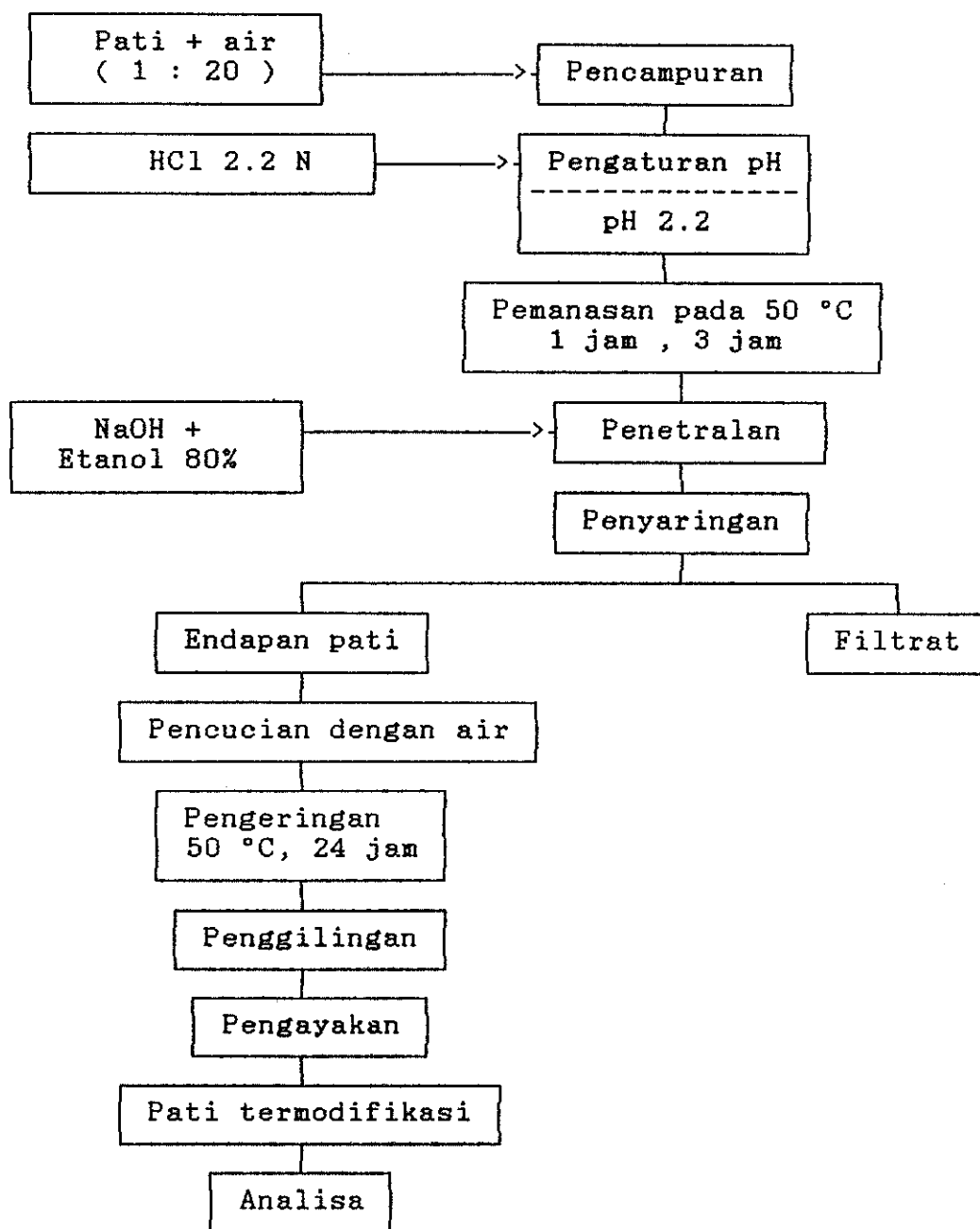
2. Penelitian Utama

a. Modifikasi Pati dengan Asam Khlorida

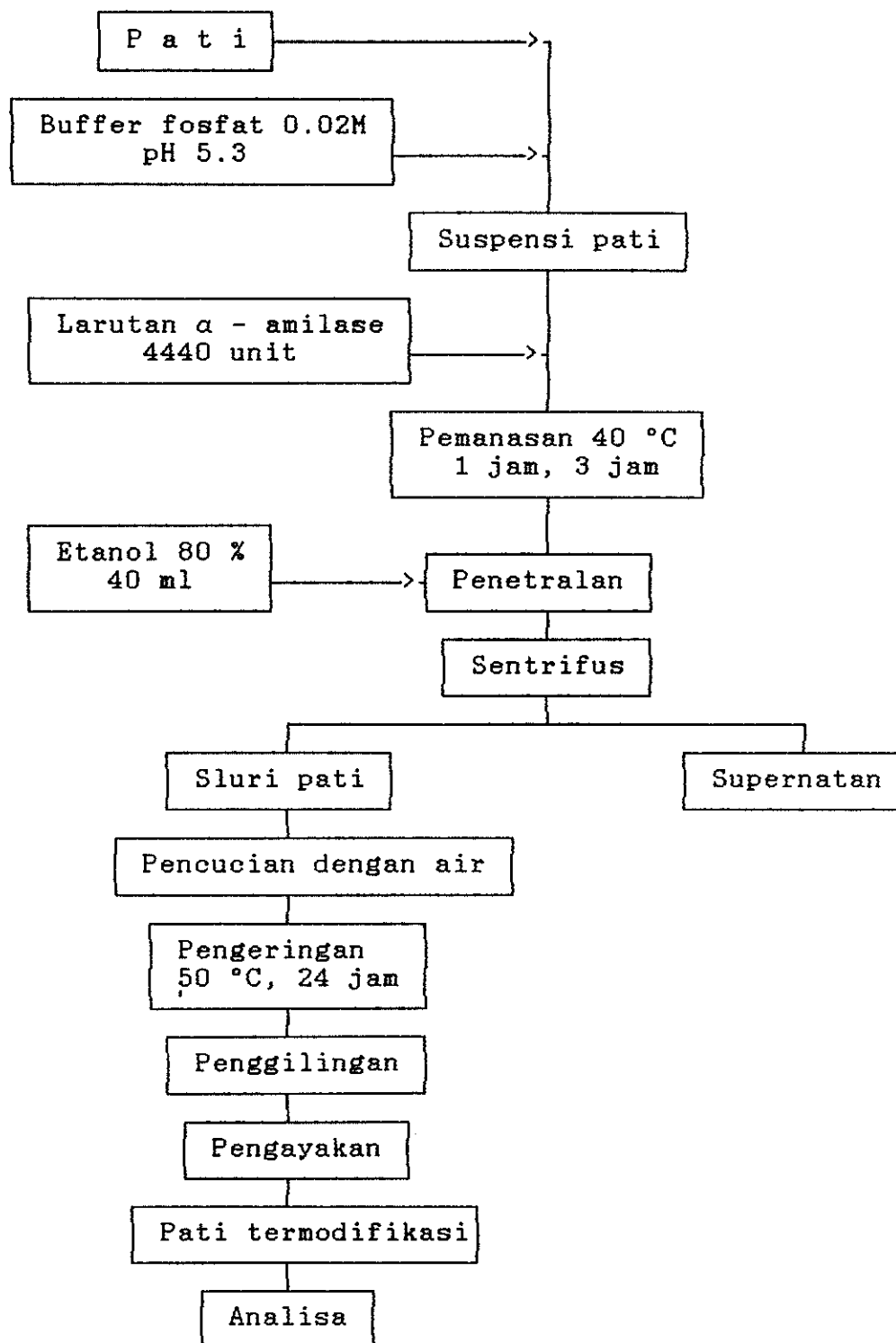
Modifikasi pati dengan HCl dilakukan dengan menggunakan metoda yang dikembangkan dari metoda Billiaderis, et al. (1981), seperti yang terlihat pada Gambar 12. Caranya adalah : suspensi pati dibuat dengan perbandingan pati dan air 1:20 kemudian ditambahkan HCl 2.2N sampai pH 2 tercapai. Campuran ini selanjutnya dipanaskan pada suhu 55 °C selama 1 dan 3 jam. Setelah itu pati dinetralkan dengan NaOH dan etanol 80% dengan perbandingan 1:2 dan disaring dengan bantuan pompa vakum. Residu yang tidak tersaring kemudian dikeringkan dalam oven vakum pada suhu 50 °C, kemudian digiling sampai halus.

b. Modifikasi dengan α - amilase

Modifikasi pati dengan enzim α - amilase menggunakan metoda Knutson, et al. (1982) dan Gallant, et al. (1972), seperti yang terlihat pada Gambar 13. Pati disuspensikan ke dalam larutan bufer fosfat 0.02M, pH 5.3 dengan perbandingan pati dan larutan bufer 1:20. Enzim α - amilase dilarutkan ke dalam larutan CaCl_2 0.1%, kemudian ditambahkan pada larutan tersebut. Konsentrasi enzim α - amilase yang ditambahkan sebesar 4440 unit.



Gambar 12. Bagan modifikasi pati jagung dengan hidrolisis HCl



Gambar 13. Bagan modifikasi pati jagung dengan α - amilase

Satu unit enzim didefinisikan sebagai aktifitasnya untuk membebaskan 2.3 mg maltosa selama 3 menit pada pH 5.3 dan suhu 40 °C.

Campuran pati dan enzim α - amilase kemudian dipanaskan pada suhu 40 °C selama 1 dan 3 jam. Setelah waktu tersebut dicapai ditambahkan etanol 80% dan disaring dengan pompa vakum. Residu yang tidak tersaring dikeringkan pada oven vakum pada suhu 50 °C, selanjutnya digiling sampai halus.

3. Analisa Sifat Fisik

a. Sifat Mikroskopik

Bentuk dan ukuran granula pati dilihat dengan menggunakan *Polarized Light Microscop* (model C-35AD-4 BH-2, Olympus, Japan). Suspensi pati dibuat dengan mencampur pati dengan air suling kemudian diteteskan pada kaca obyek dan ditutup dengan gelas penutup. Pengamatan dilakukan dengan meneruskan cahaya terpolarisasi dengan perbesaran 40 kali.

b. Derajat Putih Pati

Pengukuran derajat putih pati menggunakan *Whiteness meter* (model C-100, Jepang). Pengukuran didasarkan atas jumlah sinar yang dipantulkan oleh permukaan bahan yang diperiksa dan diban-

an diukur sudut alasnya. Sudut alas ini dinyatakan sebagai sudut repos dan besarnya sudut repos dihitung sebagai berikut :

$$\text{arc tg } A = \frac{B}{\frac{1}{2} C}$$

dimana :

- A = sudut repos (°)
- B = tinggi (cm)
- C = panjang alas (cm)

4. Analisa Sifat Kimia

a. Kadar Air (Fardiaz et al., 1986)

Kadar air ditentukan dengan metoda pengeringan dalam oven pada suhu 100 - 102 °C. Cawan kosong dan tutupnya dikeringkan dalam oven selama 15 menit dan didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang. Sebanyak 5 gram bahan dimasukkan dalam cawan di atas kemudian dimasukkan ke dalam oven sampai beratnya tetap. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan setelah dingin ditimbang kembali.

Perhitungan dilakukan berdasarkan berat kering :

$$\% \text{ kadar air (db)} = \frac{a - b}{b} \times 100\%$$

dimana :

- a = berat sampel sebelum dikeringkan (gram)
- b = berat sampel setelah dikeringkan (gram)



bansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 630 nm.

Kurva standar dibuat dengan menggunakan larutan glukosa standar 0.2 - 1 ml. Ke dalam masing-masing glukosa standar ditambah air sampai volumenya 1 ml. Langkah selanjutnya sama seperti penetapan kadar maltosa sampel.

e. Kadar amilosa (IRRI, 1979)

Prinsip pengukurannya adalah amilosa akan berwarna biru tua bila bereaksi dengan senyawa yod. Intensitas warna biru akan berbeda tergantung dari kadar amilosa pada bahan.

Kurva standar dibuat dengan menggunakan 40 mg amilosa murni kemudian ditambahkan 1 ml etanol 95 % dan 9 ml NaOH 1 N dalam tabung reaksi. Campuran dipanaskan dalam air mendidih selama 10 menit, didinginkan kemudian dipindahkan ke dalam labu takar 100 ml. Ke dalam labu takar tersebut ditambahkan aquadest sampai tanda tera.

Sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 ml larutan diatas dipipet, dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml dan diasamkan dengan asam asetat 1 N sebanyak 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 dan 1 ml. Ke dalam masing-masing labu takar tersebut ditambahkan 2 ml larutan yod dan aquadest sampai tanda tera. Larutan digoyang dan dibiarkan selam 20 menit, kemudian diukur

absorbansinya pada 620 nm, dan dibuat kurva hubungan antara kadar amilosa dan absorbansinya.

Selanjutnya dilakukan pengukuran kadar amilosa contoh. Sejumlah 100 mg contoh dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambah 1 ml etanol 95 % dan 9 ml NaOH 1 N dan dipanaskan dalam air mendidih selama 10 menit. Seluruh gel dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu takar 100 ml.

Dari larutan di atas dipipet sebanyak 5 ml kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml, ditambah 1 ml asetat 1 N dan 2 ml larutan Yod serta aquades sampai tanda tera. Pengukuran kadar amilosa contoh sama seperti pembuatan kurva standar. Kadar amilosa dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{Kadar amilosa (bk)} = \frac{a \times f.p \times v}{b} \times \frac{100}{100 - ka} \times 100$$

dimana :

- a = konsentrasi amilosa dari kurva standar
- b = berat contoh
- f.p = faktor pengenceran
- v = volume mula-mula
- ka = kadar air

5. Analisa Sifat Fungsional

a. Absorpsi Air dan Minyak

Absorpsi air dan minyak ditentukan dengan cara sentrifugasi (Sathe dan Salunkhe, 1981). Satu gram contoh dicampur dengan 10 ml aqua-



des/minyak dan diaduk 30 detik. Kemudian didiamkan selama 30 menit pada suhu kamar, selanjutnya campuran tersebut disentrifuse dengan kecepatan 5000 rpm selama 30 menit. Absorpsi air/minyaknya dinyatakan dalam g/g (berat kering) dan dihitung dengan rumus :

$$\text{Absorpsi air/minyak} = \frac{a - b}{c}$$

dimana :

- a = Bobot air/minyak mula-mula (g)
- b = Bobot supernatan (g)
- c = Bobot sampel (g)

b. Kekuatan Gel

Kekuatan gel diukur dengan menggunakan alat *Texture Analyser* (Steven-LFRA, Inggris). Pati dengan konsentrasi 14% dipanaskan pada air mendidih selama 1 jam sambil diaduk. Pasta panas yang terbentuk dituangkan ke dalam tabung yang berdiameter 3 cm dengan tinggi 4 cm, kemudian didinginkan pada air mengalir dan dimasukkan ke dalam *refrigerator* selama 2 jam. Setelah itu kekuatan gel sampel diukur dengan alat *Texture Analyser*. Data yang diperoleh dari grafik yang terbentuk diinterpretasikan sebagai kekuatan dan rigiditas gel (Gambar 14).

Kekuatan gel merupakan besarnya beban (gram) yang diperlukan untuk memecah gel. Pengukuran dilakukan pada 500mV dengan kecepatan penetrasi

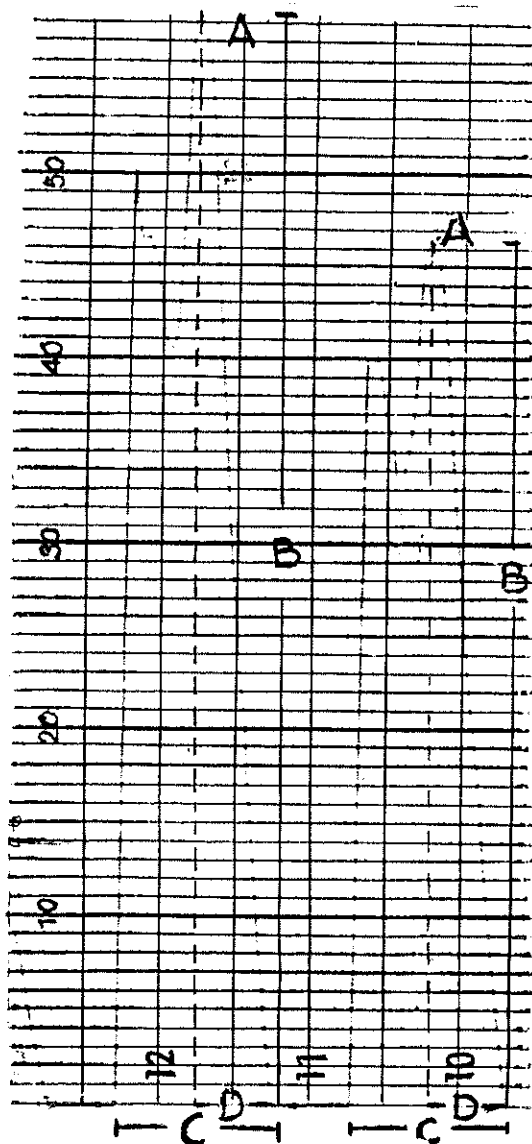
0.5 mm/detik. 32 skala setara dengan 100 gram. Sedangkan untuk rigiditas diperoleh melalui persamaan :

$$\text{Rigiditas} = \frac{\text{Beban pada saat gel pecah (gram)}}{\text{Penetrasi pada saat gel pecah (mm)}}$$

b. Pola Gelatinisasi

Pengukuran sifat-sifat amilograf dilakukan dengan menggunakan *Brabender Amilograph*. Caranya adalah : sebanyak 30 mg sampel dimasukkan ke dalam gelas pencampur 500 ml, kemudian ditambahkan 400 ml air ke dalamnya dan diaduk dengan pengaduk elektrik selama 5 menit. Suspensi dipindahkan ke dalam mangkuk amilograf (*bowl*) dan dipanaskan pada pemanas selama \pm 3 menit sampai suhu mencapai 30 °C. Pada saat ini pena *recorder* harus menunjukkan angka 0.

Pemanasan dilanjutkan selama 43.5 menit sehingga suhu akan menjadi 95 °C dengan laju kenaikan 1.5 °C per menit, pemanasan dipertahankan pada suhu 95 °C selama 20 menit. Batang pendingin diturunkan dan pengatur suhu dirubah pada posisi bawah, dan pendinginan dilanjutkan selama 30 menit sehingga suhu mencapai 50 °C. Suhu gelatinisasi, suhu granula pati pecah, viskositas pati maksimum dan viskositas pada suhu 50 °C dicatat secara kontinu pada kertas grafik dalam bentuk amilogram.



Keterangan :

- A = Titik pada saat gel pecah
- B = Beban pada saat gel pecah (gram)
- C = Jarak Penetrasi
- D = Penetrasi pada saat gel pecah (mm)

Gambar 14. Bentuk umum kurva gel pati jagung diperoleh dari Steven-LFRA Texture Analyser

C. RANCANGAN PERCOBAAN

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan percobaan faktorial dan ulangan dilakukan sebanyak dua kali dengan model sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

dimana :

- Y_{ijk} = angka pengamatan untuk perlakuan varitas sumber pati (A) ke i ($i = 1, 2, 3, 4$), lama hidrolisis (B) ke j ($j = 1, 2$) dan ulangan ke k ($k = 1, 2$)
- μ = nilai tengah pengamatan
- A_i = pengaruh perbedaan varitas sumber pati ($i = 1, 2, 3, 4$)
- B_j = pengaruh lama hidrolisa ($j = 1, 2$)
- $(AB)_{ij}$ = pengaruh interaksi varitas sumber pati taraf ke i dan perlakuan lama hidrolisa taraf ke j
- E_{ijk} = kesalahan perlakuan pada perlakuan A taraf ke i, perlakuan B taraf ke j dan ulangan ke k

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PATI TERMODIFIKASI HCl

1. SIFAT FISIK

a. Sifat Mikroskopik

Granula pati jagung berbentuk bulat poligonal. Ukuran granula berkisar 20 milimikron. Granula pati menunjukkan sifat *birefringence* di bawah mikroskop polarisasi dengan warna hitam putih. Warna hitam putih tersebut disebabkan adanya perbedaan indeks bias dalam granula pati.

Granula pati yang terhidrolisa dengan HCl mengalami kerusakan di bagian tengah, yaitu pada daerah hilum. Pada daerah tersebut terjadi lubang dan kemudian granula tersebut akan pecah sesuai dengan bentuk hilum (Lampiran 1-2). Setelah pecah granula tersebut masih menunjukkan sifat *birefringence*-nya di bawah mikroskop polarisasi dengan warna hitam putih. Warna hitam putih ini disebabkan adanya perbedaan indeks bias dalam granula pati yang dipengaruhi oleh struktur amilosa.

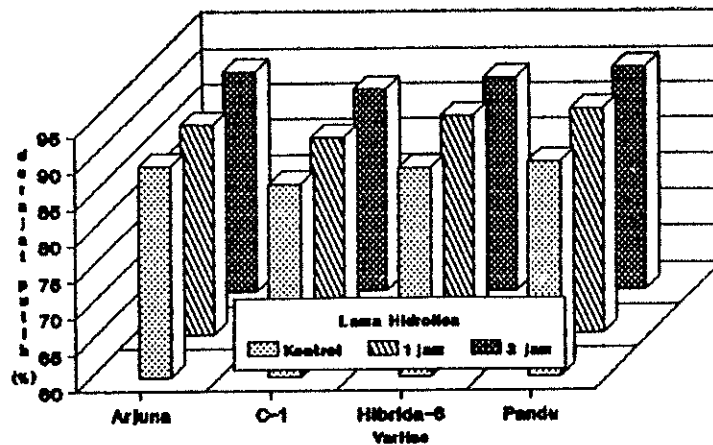
Bentuk heliks dari amilosa dapat menyerap sebagian cahaya yang melewati granula pati. Jika arah getar gelombang cahaya paralel terhadap sumbu heliks amilosa, terjadi penyerapan cahaya secara intensif (French, 1984).

Hidrolisa pati dengan HCl cenderung merusak amilopektin di daerah amorf, sehingga pati termodifikasi HCl masih mengandung amilosa yang cukup banyak untuk mempertahankan sifat *birefringence*-nya. Pada gambar Lampiran 1 - 2 terlihat bahwa pati dari varietas yang berbeda mempunyai penampakan yang sama, namun semakin lama waktu hidrolisa semakin rusak granula pati.

b. Derajat Putih Pati

Warna merupakan salah satu parameter yang penting dalam menentukan mutu suatu bahan pangan. Walaupun tidak begitu penting bila dilihat dari nilai gizi bahan pangan, warna akan mempengaruhi keinginan konsumen terhadap penampilan suatu produk. Pada penelitian ini, derajat putih pati diukur dengan membandingkan cahaya yang dipantulkan bahan dengan cahaya yang dipantulkan oleh bahan berwarna putih MgO dengan derajat putih 80%.

Hasil analisa sidik ragam terhadap derajat putih pati terlihat perlakuan waktu hidrolisa dan perbedaan sumber pati termodifikasi HCl menyebabkan perubahan yang berbeda nyata, tapi tidak berpengaruh pada interaksinya (Lampiran 17a - 18b). Setelah modifikasi, pati sedikit lebih putih warnanya karena proses pencucian yang berulang-ulang pada akhir proses akan mengurangi pigmen yang menimbulkan warna kuning pada pati.



Gambar 15. Derajat putih pati termodifikasi HCl

Pati jagung yang dianalisa memiliki derajat putih sekitar 88.5 -91.5%. Derajat putih dari pati jagung tersebut tidak mencapai 100%, hal ini disebabkan jagung mempunyai pigmen karotenoid yang cukup tinggi. Pada proses ekstraksi tidak semua pigmen karotenoid ini dapat dihilangkan.

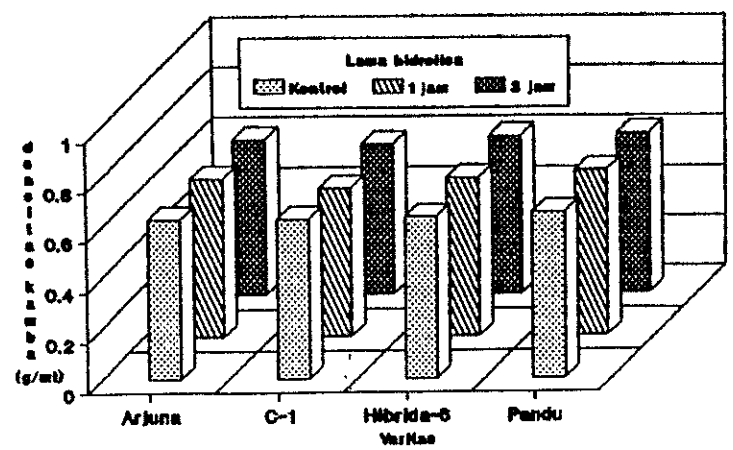
Hasil percobaan menunjukkan bahwa pati dari varitas Pandu mempunyai derajat putih yang lebih tinggi dibanding varitas lainnya (Gambar 15). Biji jagung varitas Pandu yang berwarna putih keabu-abuan, kemungkinan mengandung pigmen kriptoxantin yang lebih sedikit. Kadar abu dari pati juga dapat mempengaruhi derajat putih pati. Kadar abu yang tinggi menyebabkan berkurangnya derajat putih pati. Hasil analisa diperoleh bahwa kadar abu pati termodifikasi HCl yang dihasilkan tidak berbeda nyata, jadi perbedaan

derajat putih pati termodifikasi yang dihasilkan bukan disebabkan oleh kadar abu pati.

c. Densitas Kamba

Densitas kamba merupakan sifat fisik bahan pangan berupa biji-bijian dan tepung. Densitas kamba ini sangat penting, terutama dalam hal pengemasan dan penyimpanan.

Menurut Gati (1984), faktor yang mempengaruhi densitas kamba adalah faktor-faktor yang berpengaruh terhadap berat dan volume; diantaranya adalah ukuran partikel dan kadar air bahan pangan tersebut. Dimana semakin besar ukuran partikel semakin kecil densitas kambanya dan kandungan air yang tinggi akan menambah berat partikel-partikel tepung, sehingga untuk volume yang sama akan diperoleh berat tepung yang lebih besar.



Gambar 16. Densitas kamba pati termodifikasi HCl

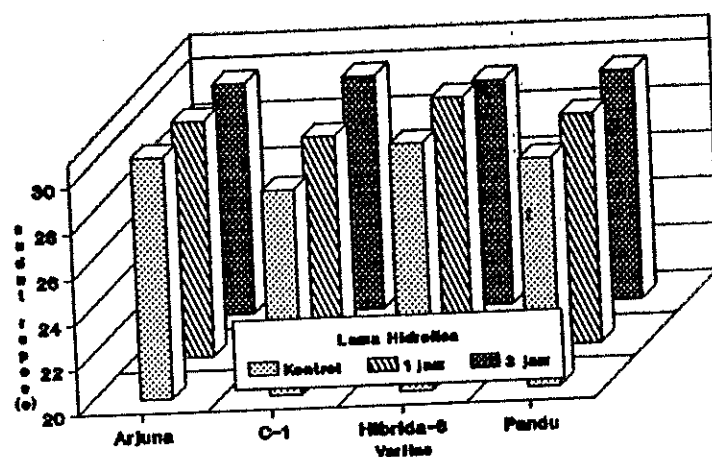
Analisa sidik ragam menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata dari semua varietas dan perbedaan yang sangat nyata pada perlakuan waktu modifikasi pada hidrolisa dengan HCl terhadap densitas kamba pati yang dihasilkan namun tidak terdapat perbedaan pada interaksi keduanya (Lampiran 19a - 20b). Hal ini dikarenakan ukuran butiran pati yang dihasilkan relatif berbeda begitu juga dengan kadar airnya. Densitas kamba pati termodifikasi HCl berkisar antara 0.62 - 0.66 g/ml

d. Sudut Repos

Analisa sidik ragam menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang nyata dari semua perlakuan terhadap sudut repos pati termodifikasi HCl (Lampiran 21a - 22b). Pati termodifikasi HCl hasil analisa mempunyai nilai sudut repos berkisar antara 29.00 - 30.90°. Seperti densitas kamba, sudut repos merupakan sifat fisik bahan yang banyak dipengaruhi oleh ukuran bahan dan kadar airnya bila bahannya sama. Analisa sudut repos terutama digunakan untuk menentukan luas dan bentuk ruang yang digunakan dalam penyimpanan bahan. Pati yang mempunyai sudut repos kaki yang kecil atau sudut kerucut yang besar relatif akan lebih curai (mudah mengalir) dari pada yang bersudut kaki besar atau bersudut kerucut kecil.

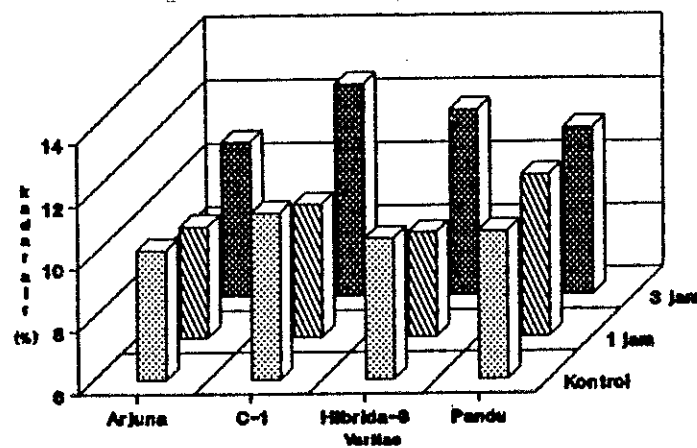
Makin besar sudut kerucut suatu komoditas, maka makin curai komoditas tersebut. Sifat ini perlu diketahui misalnya untuk mendesain corong pemasukan (hopper) ataupun corong pengeluaran, misal pada silo atau pada mesin pengolahan.

Agar komoditas dapat mengalir secara bebas atas dasar gravitasi dengan asumsi gesekan dengan dinding kecil, maka sudut corong pemasukan ataupun corong pengeluaran harus sama atau lebih kecil dari $29.00 - 30.90^\circ$. Makin sulit komoditi untuk mengalir karena kurang curai atau karena gesekan dengan dinding agak besar, maka diperlukan sudut kerucut yang makin kecil pula. Kesalahan desain corong karena kurang pengetahuan tentang sudut repos komoditas dapat mengakibatkan kemacetan karena corong tersumbat oleh komoditas yang tidak lewat dengan lancar.



Gambar 17. Sudut repos padi termodifikasi HCl

renggang, sehingga air lebih mudah menguap pada waktu pengeringan. Struktur pati yang agak rapat akan lebih tinggi daya ikat airnya, sedang pada pati termodifikasi, terjadi pemutusan ikatan hidrogen pada rantai linier dan berkurangnya daerah amorf yang mudah dimasuki air.



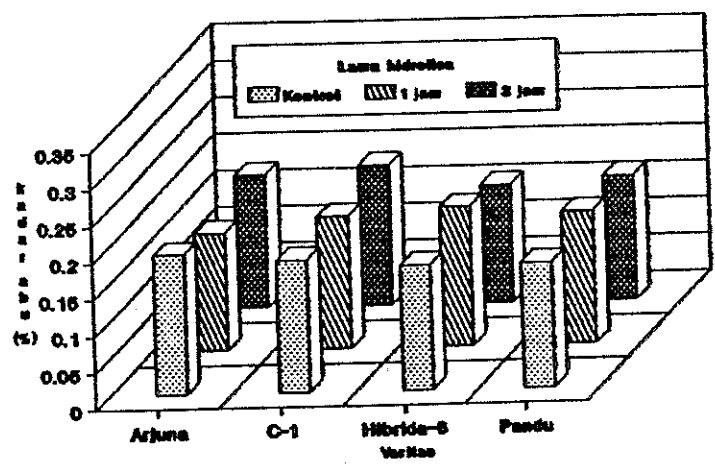
Gambar 18. Kadar air pati termodifikasi HCl

b. Kadar Abu

Abu merupakan residu anorganik dari pembakaran bahan organik. Komponen utama yang umum terdapat pada senyawa organik alami adalah kalium, natrium, kalsium, magnesium, mangan dan besi.

Dari analisa sidik ragam kadar abu terlihat bahwa kadar abu dari semua varitas dan perlakuan lama hidrolisa serta interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh nyata (Lampiran 25a - 26b). Kadar abu pati termodifikasi HCl telah memenuhi standar yang ditetapkan SII, yaitu maksimum 0.2%.

Pati - pati termodifikasi HCl yang dianalisa mempunyai kisaran kadar abu sebesar 0.16 - 0.19%. Rendahnya kadar abu ini disebabkan penambahan larutan etanol pada tahap akhir modifikasi. Menurut Schoch (1945) larutan etanol dapat digunakan untuk melarutkan ion logam dalam pemurnian pati.



Gambar 19. Kadar abu pati termodifikasi HCl

c. Kadar total gula

Hidrolisa pati menghasilkan molekul yang ber-BM rendah. French (1984) di dalam Whistler et al. (1984) menyatakan bahwa degradasi polimer oleh asam akan merubah pati menjadi gula. Dengan semakin meningkatnya waktu hidrolisa, maka jumlah gula yang dihasilkan semakin meningkat dibanding kontrol (Gambar 20). Hasil analisa sidik ragam menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap

2. SIFAT KIMIA

a. Kadar Air

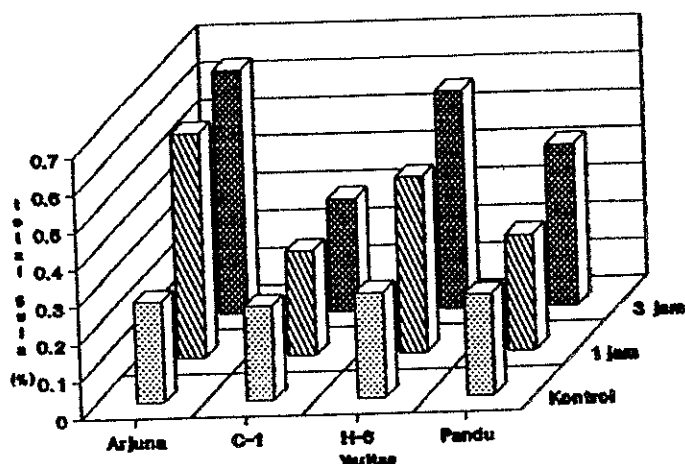
Kadar air merupakan salah satu hal yang penting diperhatikan dalam pengolahan dan pengujian makanan. Kadar air yang tinggi dapat mempengaruhi stabilitas dan mutu makanan. Pati dengan kandungan air yang terlalu tinggi akan lebih cepat rusak oleh karena tumbuhnya jamur, serangga dan pemanasan.

Kadar air pati tergantung pada kelembaban udara dimana pati tersebut disimpan. Jika kelembaban menurun, pati akan mengeluarkan air (menguap), sebaliknya jika kelembaban meningkat, pati akan menyerap air (Swinkels, 1985 di dalam Van Beynum, 1985).

Berdasarkan hasil analisa sidik ragam terhadap kadar air pati termodifikasi HCl terlihat berbeda nyata (Lampiran 23a - 24b). Variasi ini disebabkan kondisi pengeringan kurang seragam. Namun kadar air pati termodifikasi HCl telah memenuhi kadar air maksimum 15% yang ditetapkan SII. Kadar air pati termodifikasi HCl berkisar antara 9.33 - 12.68%.

Sifat fisik tepung yang berbeda-beda terutama daya serap airnya dapat mempengaruhi kadar air tepung (Rumalatu, 1981). Hidrolisa pati dengan HCl menghasilkan pati yang strukturnya lebih

kadar gula pati termodifikasi asam pada perlakuan waktu hidrolisa dan varietas jagung sumber pati serta interaksi keduanya (Lampiran 27a - 28b).



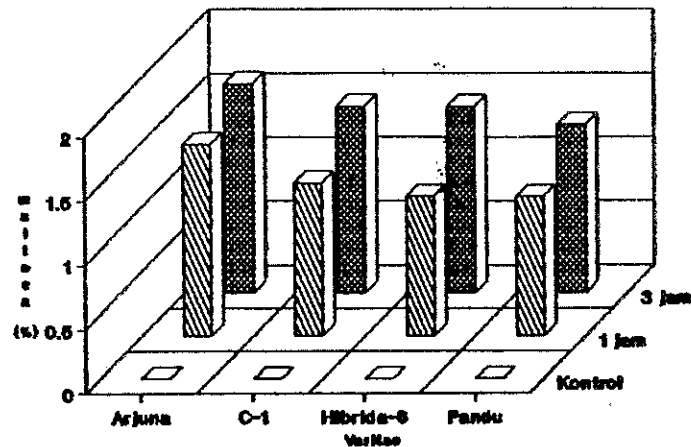
Gambar 20. Kadar total gula pati termodifikasi HCl

Pati-pati termodifikasi HCl memiliki kadar total gula sebesar 0.22 - 0.65%. Pati dari varietas Arjuna dengan waktu hidrolisa 3 jam memiliki kadar total gula tertinggi, yaitu sebesar 0.65%, sedang kadar total gula terendah terdapat pada pati dari varietas C-1 dengan waktu hidrolisa 1 jam, yaitu sebesar 0.22%.

d. Kadar Maltosa

Selain gula, maltosa merupakan produk hasil hidrolisa pati dengan HCl. Kandungan maltosa dari pati termodifikasi HCl memiliki pola peningkatan yang sama seperti peningkatan kandungan gula, yaitu semakin lama waktu hidrolisa semakin

tinggi kandungan gulanya. Berdasarkan hasil analisa sidik ragam terhadap kadar maltosa menunjukkan perbedaan yang nyata pada ke empat varietas yang dianalisa (Lampiran 29a - 30b).



Gambar 21. Kadar maltosa pati termodifikasi HCl

Kadar maltosa tertinggi dari pati-pati termodifikasi HCl yang dianalisa terdapat pada pati dari varietas Arjuna dengan waktu hidrolisa 3 jam, yaitu sebesar 1.63%. Pati-pati termodifikasi HCl memiliki kadar maltosa berkisar antara 1.08 - 1.63%. Pati termodifikasi HCl dari varietas Pandu dengan waktu hidrolisa 1 jam memiliki kadar maltosa terendah, yaitu 1.08%.

e. Kadar Amilosa

Hidrolisa pati oleh HCl menyebabkan putusnya ikatan α -1,4-D dan α -1,6-D glukosa (Wurzburg, 1986). Reaksi ini merupakan dekomposisi uninole-

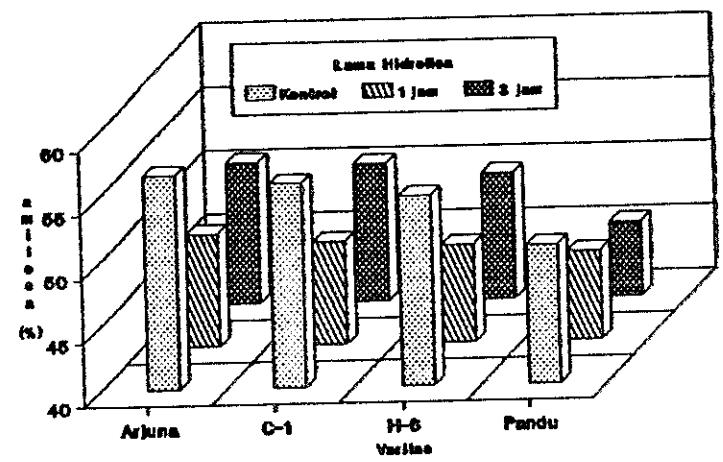
kul dari asam konjugasi dengan pemotongan antara C-1 dan oksigen pada ikatan glukosidik. Mekanisme pemotongan meliputi pembentukan asam konjugasi dengan protonisasi atom oksigen yang diikuti dengan disosiasi ikatan asiklik O - C1 untuk menghasilkan ion karbonium siklik yang distabilisasi oleh ion oksonium (Tegge, 1980 di dalam Dziedzic et al., 1980).

Pada Gambar 22 terlihat bahwa kadar amilosa pati termodifikasi HCl menurun dibanding kontrol. Namun tingkat penurunannya tidak begitu jauh dan pada waktu hidrolisa 3 jam akan naik kembali. Hal ini disebabkan karena asam akan lebih mudah masuk pada bagian amorf dibanding daerah kristal pada tahap awal hidrolisa. Bagian amorf ini terdiri dari molekul amilopektin, sedang amilosa banyak terdapat di bagian kristal. Oleh karena itu, pada tahap awal modifikasi kadar amilosa relatif tidak berubah bahkan dapat meningkat.

Menurut Biliaderis (1981), selama proses hidrolisa berlangsung, asam akan lebih cepat merusak daerah amorf dibanding daerah kristalin. Menurut Kerr (1952) di dalam Wurzburg, (1986) pada tahap awal modifikasi asam, jumlah fraksi linier amilosa pati meningkat. Hal ini menunjukkan asam lebih cenderung menghidrolisa amilopektin. Amilopektin banyak terdapat di bagian amorf, yaitu bagian yang kurang padat dan lebih



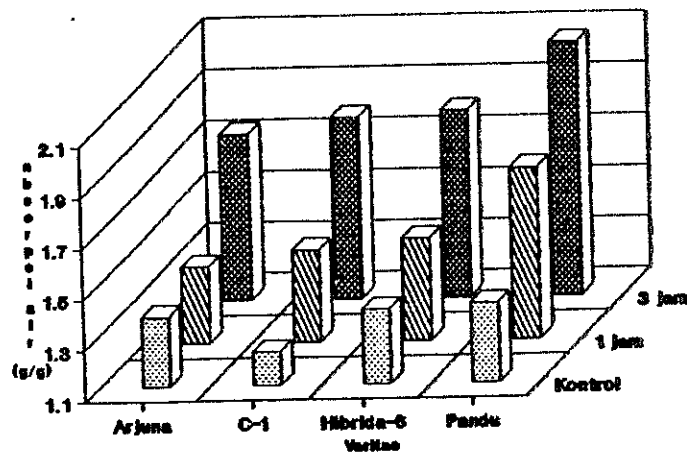
mudah dicapai air dan senyawa yang terlarut di dalamnya. Dari ke empat varitas yang digunakan, Varitas Arjuna mengandung kadar amilosa yang lebih tinggi, yaitu sebesar 50.99% pada waktu inkubasi 3 jam, sedang yang terendah dari varitas Pandu pada waktu hidrolisa 3 jam yaitu sebesar 45.82% (Tabel 4). Kadar amilosa pati-pati termodifikasi HCl yang dianalisa berkisar 45.82 - 50.99%.



Gambar 22. Kadar amilosa pati termodifikasi HCl

Asam klorida memiliki sifat asam yang kuat. Kekuatan asam ditunjukkan ukuran dari kecenderungan asam untuk menyumbangkan proton. Semakin kuat asamnya makin mudah proton dilepaskan (Keenan et al., 1986). Pada pH rendah, jumlah proton jauh lebih besar daripada pH yang lebih tinggi. Peningkatan waktu hidrolisa juga meng-

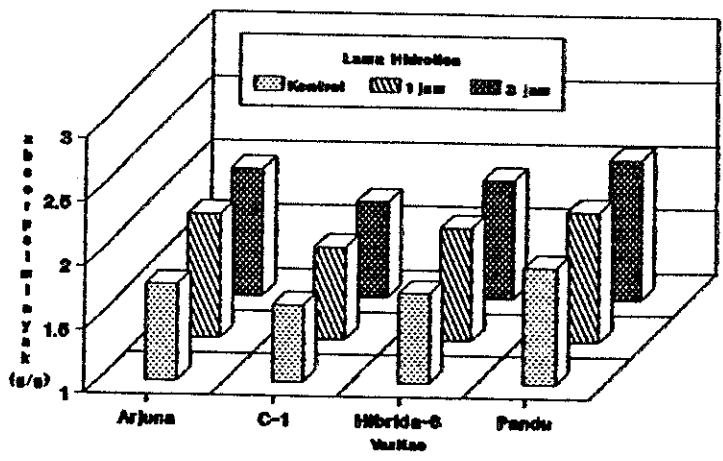
terhadap pengaruh kelembaban lingkungan. Peranan gugus hidrofilik yang terdapat pada susunan molekul produk dalam hal ini sangat menentukan tingkat afinitas produk terhadap molekul air.



Gambar 23. Daya serap air pati termodifikasi HCl

Collison (1986) menuliskan bahwa kemungkinan air akan memasuki daerah amorf dari granula dan membentuk ikatan hidrogen dan group hidroksil bebas pada molekul pati. Menurut Meyer (1973) penyerapan tersebut sebanyak 20 - 25% dari beratnya. Pada keadaan ini granula mengembang tanpa mengalami perubahan struktur. Menurut Osman (1972), kerusakan tersebut menyebabkan pecahnya ikatan intermolekul yang ber-BM rendah seperti gula. Adanya komponen yang bersifat hidrofilik seperti gula dan lainnya, menyebabkan pati lebih banyak menyerap air. Pati termodifikasi HCl dari varietas Arjuna mengandung banyak gugus hidrofilik, namun memiliki daya serap air lebih rendah

dibanding pati termodifikasi dari varitas Pandu. Hal ini disebabkan kandungan amilosa yang tinggi pada pati termodifikasi akan membentuk jaringan yang mempersatukan granula pati, sehingga daya serap airnya berkurang.



Gambar 24. Daya serap minyak pati termodifikasi HCl

Perbedaan yang nyata terhadap daya serap minyak dari hasil analisa sidik ragam pada keempat varitas dapat disebabkan akibat perbedaan kandungan lemak yang berbeda dari setiap pati pada waktu ekstraksi (Lampiran 35a-36b). Pati dengan kandungan lemak yang cukup banyak akan lebih mudah dimasuki minyak. Daya serap minyak pati-pati termodifikasi HCl hasil analisa adalah 1.72 - 2.10 g/g. Pati termodifikasi HCl varitas

Pandu dengan waktu hidrolisa 3 jam memiliki daya serap minyak tertinggi sebesar 2.10 g/g.

b. Kekuatan Gel

Pembentukan gel merupakan fenomena yang melibatkan penggabungan atau interaksi ikatan silang antar rantai polimer, sehingga membentuk jaringan 3 dimensi kontinyu yang menjerat cairan di dalamnya sehingga terbentuk struktur kaku dan kokoh serta tidak mengalir pada tekanan tertentu (Glicksman, 1982). Pengukuran kekuatan gel dikelompokkan dalam 2 jenis, yaitu pengukuran *hardness* atau kekerasan gel dan pengukuran *breaking force* atau daya pecah gel (Malz, 1961). Kekerasan gel merupakan besarnya beban untuk melakukan deformasi gel sebelum terjadi pemecahan gel atau kerusakan gel. Semakin besar kekerasan gel semakin sulit gel tersebut untuk melakukan deformasi. Sedangkan daya pecah suatu gel merupakan nilai limit elastisitas dari gel yang bersangkutan (Elliason, 1986; Malz, 1961).

Hasil analisa sidik ragam pati termodifikasi HCl terhadap sifat kekuatan gelnya menunjukkan perbedaan yang sangat nyata dari perlakuan lama hidrolisa dan perbedaan varitas sumber pati (Lampiran 37a-38b). Pada Gambar 25 terlihat bahwa semakin lama waktu hidrolisa semakin tinggi kekuatan gel pati termodifikasi yang dihasilkan.

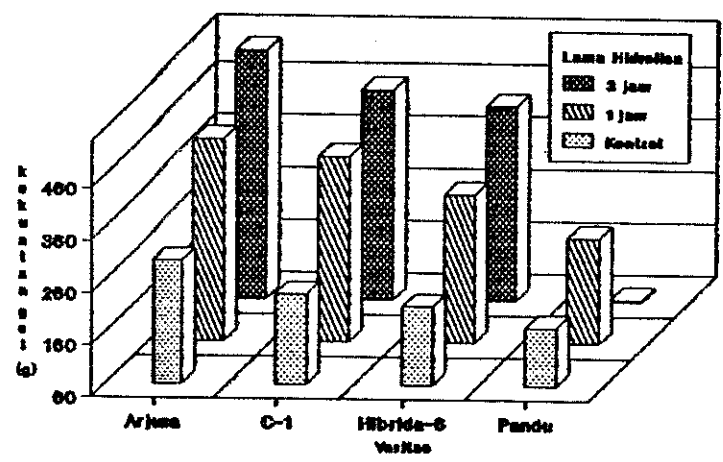
Hal ini dikarenakan hidrolisa pati dengan asam menyebabkan terjadinya pemotongan rantai sehingga diperoleh rantai-rantai yang lebih pendek dengan berat molekul yang lebih rendah. Pada Tabel 5, terlihat bahwa perlakuan waktu hidrolisa 3 jam pada varietas Arjuna akan menunjukkan kekuatan gel tertinggi, yaitu sebesar 536 gram, sedang kekuatan gel terendah sebesar 64 gram terdapat pada pati dari varietas Pandu dengan waktu inkubasi 3 jam.

Menurut Cornell (1913), kekuatan gel berhubungan dengan sifat retrogradasi pati. Retrogradasi merupakan penggabungan polimer-polimer berantai lurus membentuk kristal yang tidak larut pada saat pendinginan pasta pati. French (1964) di dalam Whistler et al. (1984) mengemukakan bahwa potongan yang memiliki berat molekul rendah memudahkan penggabungan dari rantai molekul linier.

Namun, menurut Greenwood (1956) laju retrogradasi memiliki ukuran kritis. Pada ukuran tertentu retrogradasi sudah maksimum dan molekul yang lebih besar maupun yang lebih kecil dari ukuran tersebut akan mengalami retrogradasi yang lambat. Whistler et al. (1948) juga menyatakan bahwa molekul dengan ukuran yang lebih kecil mengalami retrogradasi yang lambat dikarenakan

peningkatan kelarutan dari molekul yang berBM rendah.

Dengan pernyataan tersebut, jelaslah mengapa pati termodifikasi HCl dari varietas Pandu dengan waktu hidrolisa 3 jam tidak membentuk gel dengan kekuatan yang tinggi, mengalami penurunan menjadi 64 gram. Tingkat hidrolisa pada perlakuan ini sudah sedemikian tinggi sehingga menyebabkan terbentuknya molekul yang ber-BM rendah yang melewati batas kritis ukuran berat molekul yang memiliki laju retrogradasi dengan laju yang cukup tinggi.

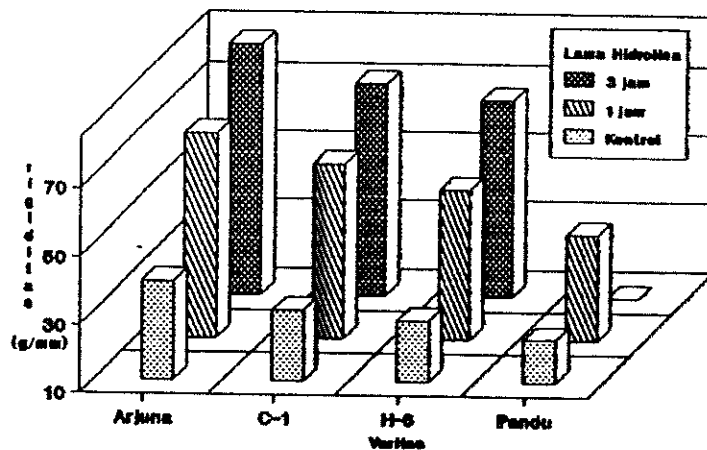


Gambar 25. Kekuatan gel pati termodifikasi HCl

Makin tinggi daya pecah suatu gel berarti makin kaku dan makin kuat ikatan yang terjadi antar molekul-molekul yang membentuk jaringan gel tersebut. Kekuatan dan tipe gel ditentukan oleh kekuatan dan tipe ikatan yang terjadi di dalam jaringan gel yang bersangkutan (Meyer, 1978).

c. Rigiditas

Rigiditas gel pati termodifikasi HCl sama seperti pola kekuatan gelnya (Gambar 26). Nilai rigiditas dari suatu gel merupakan kriteria tingkat kekakuan dari gel bersangkutan. Makin tinggi nilai rigiditas suatu gel berarti makin kaku gel tersebut. Meyer (1978), dalam teori pembentukan jaringan 3 dimensi menyatakan bahwa kekakuan dari gel tergantung dari kemampuan jaringan pembentuk gel untuk mengembang dan mengerut. Hal ini dapat terjadi karena fiber dari gel dapat diperlebar atau diperpanjang tanpa merusak jaringan gel. Jaringan gel dapat diperpanjang atau diperbesar dengan jalan meluruskan rantai dari atom-atom pembentuknya.



Gambar 26. Rigiditas pati termodifikasi HCl

Pati termodifikasi HCl menunjukkan gel yang bersifat rigid. Analisa sidik ragam menunjukkan

dengan ukuran granula, kandungan amilosa dan protein dari suatu sumber pati, tetapi terdapat korelasi negatif yang nyata antara suhu awal gelatinisasi dengan jumlah granula yang dibebaskan ke dalam media. Dengan demikian suhu gelatinisasi berhubungan dengan kekompakan granula dan ukuran dari molekul amilosa dan amilopektin (derajat polimerisasi).

Dalam suatu larutan pati, suhu gelatinisasi berupa suatu kisaran. Hal ini disebabkan karena populasi granula yang bervariasi baik dalam ukuran, bentuk, maupun energi yang diperlukan untuk mengembang. Disamping itu, suhu gelatinisasi juga sangat dipengaruhi oleh ukuran molekul amilosa dan amilopektin serta keadaan media pemanasan.

Dari hasil analisa amilograf diperoleh bahwa suhu awal gelatinisasi pati murni dari varietas Arjuna, C-1, H-6 dan Pandu tidak berbeda nyata, yaitu sebesar 68.25°C , namun varietas Pandu nilai suhu awal gelatinisasinya jauh lebih tinggi sebesar 69°C . Hasil pengamatan kadar amilosa menunjukkan bahwa kadar amilosa pati varietas Pandu lebih rendah dibanding varietas-varietas lainnya.

Kandungan amilosa yang rendah menyebabkan granula pati lebih sedikit menyerap air dan struktur granula patinya lebih kompak, sehingga



dengan waktu hidrolisa 3 jam. Pati-pati termodifikasi HCl memiliki suhu awal gelatinisasi sebesar 68.25 - 69 °C.

Baik viskositas panas maupun viskositas dingin pati termodifikasi HCl lebih rendah dari viskositas pati kontrol dengan konsentrasi yang sama pada saat pengukuran. Yang dimaksud dengan viskositas panas menurut Osman (1972) di dalam Paul et al. (1972) adalah viskositas pada saat pemanasan, sedangkan menurut Radley (1976), viskositas dingin adalah viskositas pada saat larutan mencapai suhu kamar.

Berdasarkan hasil analisa sidik ragam, jenis varietas sumber pati dan lamanya modifikasi serta interaksi kedua perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap viskositas panas pati; semakin lama waktu hidrolisa semakin rendah viskositas panas pati termodifikasi HCl dibanding kontrol (Lampiran 43a - 44b). Viskositas panas terkecil terdapat pada varietas H-6 dengan waktu inkubasi 3 jam, sebesar 300 BU. Viskositas panas pati-pati termodifikasi HCl hasil analisa berkisar antara 1080 - 300 BU.

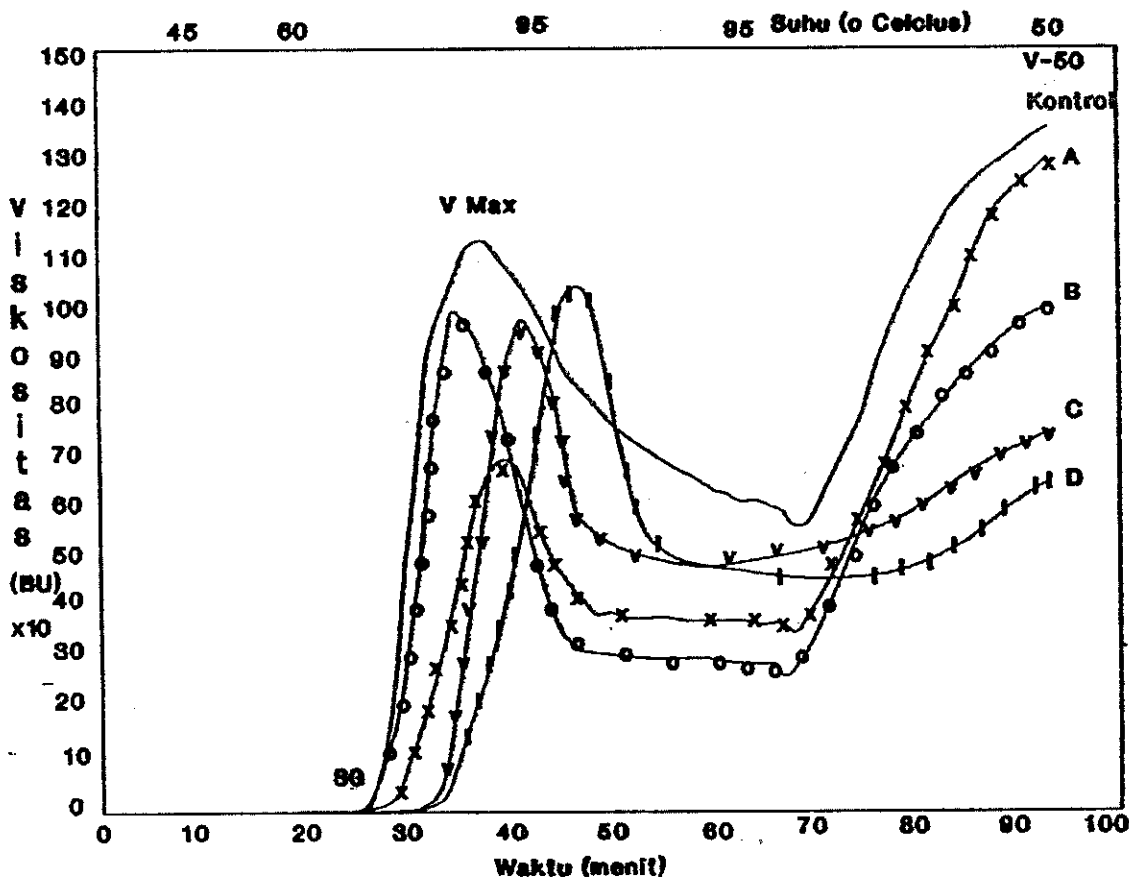
Selama pemanasan, derajat pengembangan pati termodifikasi HCl lebih rendah dengan semakin lamanya waktu hidrolisa dan juga bila dibandingkan dengan kontrol. Hal ini disebabkan akibat berkurangnya kapasitas pembengkakan sehingga konsis-

rangnya kapasitas pembengkakan sehingga konsistensi pasta juga lebih rendah (Doublie, et al., 1987). Turunnya derajat pembengkakan dari pati termodifikasi HCl terutama disebabkan kurangnya molekul besar yang masih utuh untuk mempertahankan daerah misela agar tetap bersatu saat pembengkakan (Medcalf, 1973 didalam Pomeranz, 1973).

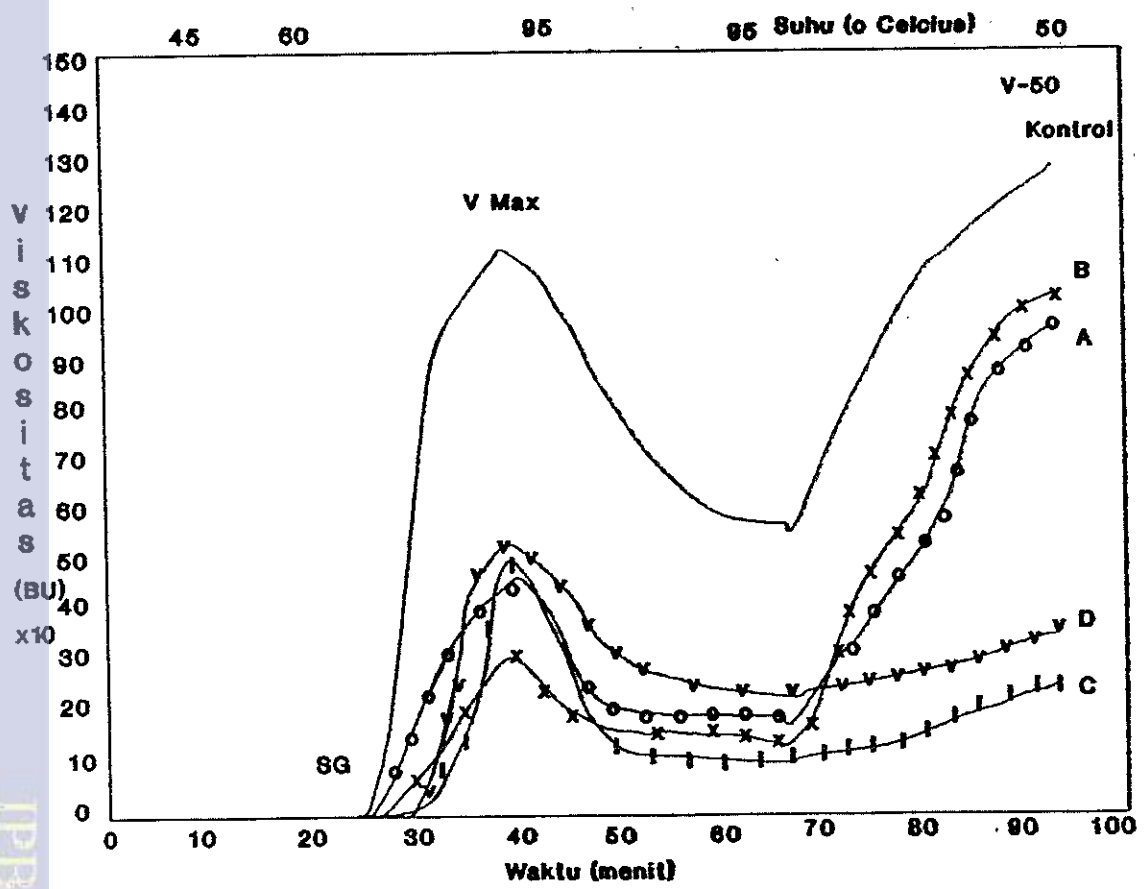
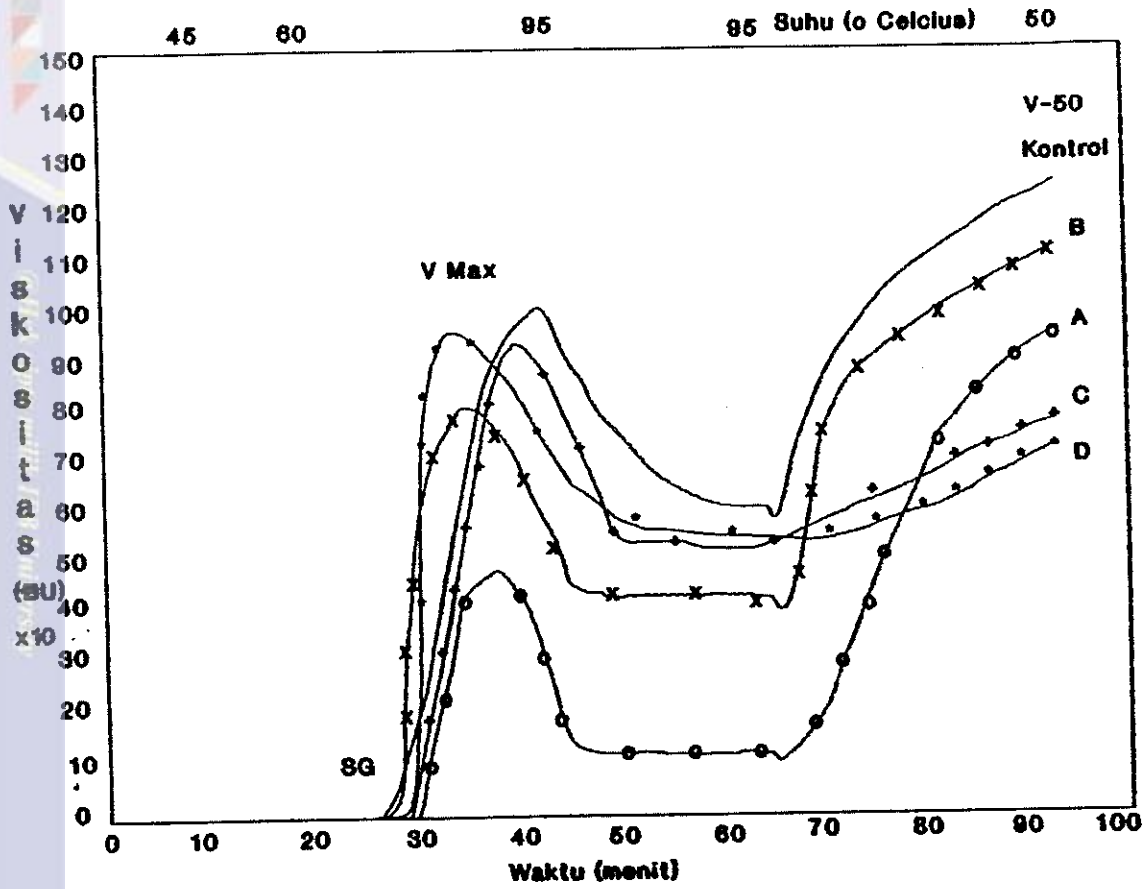
Daerah amorf atau daerah yang kurang padat merupakan daerah yang mudah dimasuki air dan senyawa-senyawa yang larut dalam air. Hidrolisa pati dengan HCl merusak daerah amorf ini, pada waktu pemanasan air langsung ke bagian kristal. Daerah kristal tersusun sangat rapat sehingga air susah masuk dan pembengkakan granula berkurang. Greenwood et al (1973) menerangkan bahwa jika suspensi pati dipanaskan, maka granulanya akan mengembang. Semakin meningkat suhu pemanasan, pengembangan granula semakin besar. Pada proses pengembangan granula akan terjadi penekanan antar granula, sehingga viskositas pasta pati akan naik. Granula pati termodifikasi HCl telah mengalami kerusakan sedemikian rupa sehingga pada waktu pemanasan molekul pati termodifikasi HCl akan lebih cenderung menghasilkan dispersi fragmen granula dan agregat daripada pengembangan (pembengkakan). Akibatnya, viskositas panas pati termodifikasi HCl lebih rendah dibanding viskositas pati kontrol.



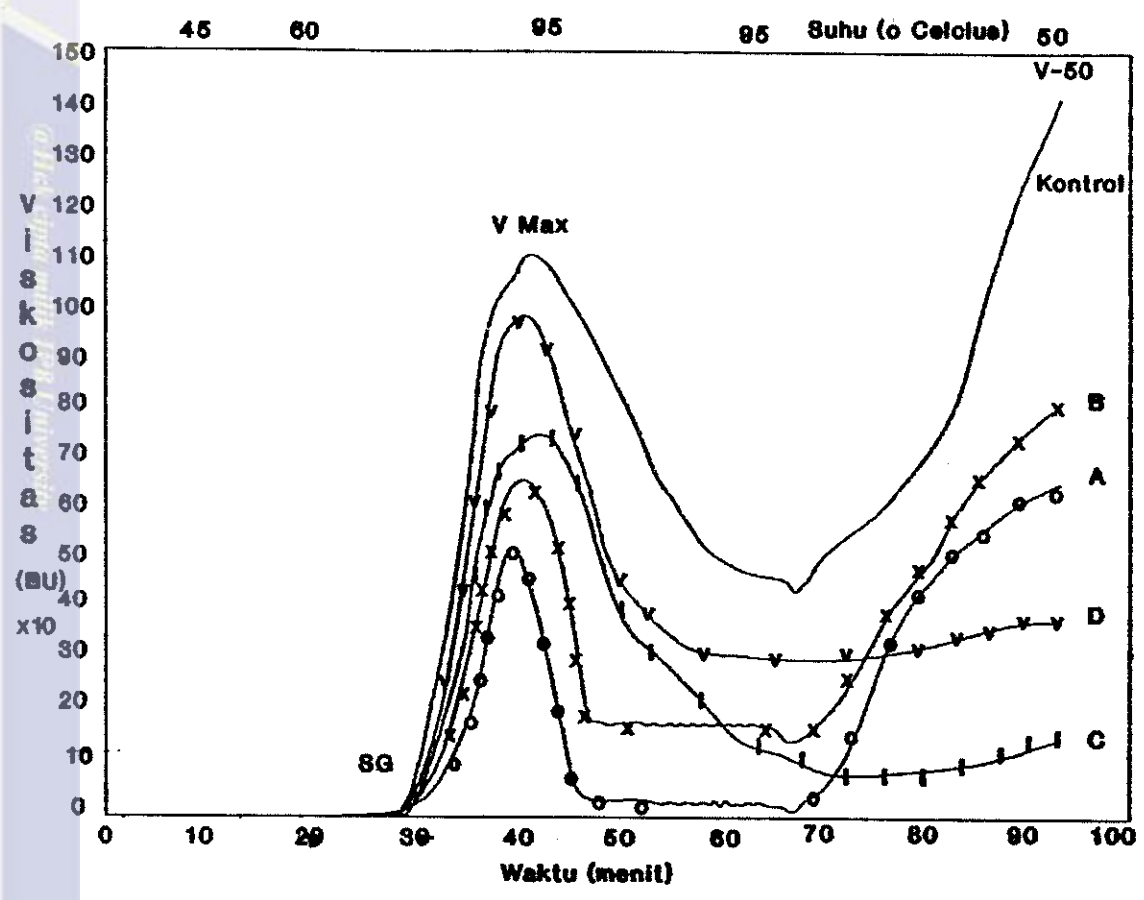
Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu hidrolisa semakin tinggi nilai viskositas baliknya. Viskositas balik tertinggi dimiliki pati termodifikasi HCl varitas H-6 pada waktu inkubasi 3 jam, yaitu sebesar 740, sedang yang paling kecil terdapat pada varitas Pandu dengan waktu inkubasi 1 jam. Pati termodifikasi HCl mengandung amilosa dengan derajat polimerisasi tinggi. Menurut Bhattacharya (1979), sifat retrogradasi berkorelasi erat dengan kandungan amilosa yang tidak larut dalam air panas. Jika amilosa yang tidak larut meningkat, maka konsistensi amilografi dan viskositas balik akan meningkat.



Gambar 27. Analisa amilograf pati varitas Arjuna
 a). 3 jam HCl c). 3 jam α - amilase
 b). 1 jam HCl d). 1 jam α - amilase



Gambar 28. Analisa amilograf pati varitas C-1 dan H-6
A. Varitas C-1 B. Varitas H-6
a). 3 jam HCl c). 3 jam α - amilase
b). 1 jam HCl d). 1 jam α - amilase



Gambar 29. Analisa amilograf pati varitas Pandu
 a). 3 jam HCl c). 3 jam α - amilase
 b). 1 jam HCl d). 1 jam α - amilase

Tabel 3. Sifat fisik pati termodifikasi HCl

Sifat Fisik	Arjuna			C-1			H-6			Pandur		
	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam
Derajat Putih [†] , %	89	90	90.5	86.5	88.5	88.5	88.5	90	90	89.5	91	91.5
Sudut Repos, derajat	30.58	30.29	29.99	29.00	29.40	30.14	30.79	30.90	29.76	29.95	29.96	29.96
Densitas Kamba, g/ml	0.63	0.63	0.62	0.63	0.59	0.60	0.64	0.63	0.63	0.66	0.66	0.64

[†]MgO 80%

Halo Guru, Mahasiswa, dan Staf IPB
 1. Diambil sebagai bahan studi tentang...
 2. Penelitian ini bertujuan untuk...
 3. Penelitian ini dilakukan di...
 4. Penelitian ini dilaksanakan pada...
 5. Penelitian ini dilaksanakan pada...
 6. Penelitian ini dilaksanakan pada...
 7. Penelitian ini dilaksanakan pada...
 8. Penelitian ini dilaksanakan pada...
 9. Penelitian ini dilaksanakan pada...
 10. Penelitian ini dilaksanakan pada...

Tabel 4. Sifat kimia pati termodifikasi HCl

Sifat Kimia	Arjuna			C-1			H-6			Pandu		
	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam
Kadar Air, %	10.13	9.57	10.88	11.31	10.24	12.68	10.49	9.33	11.85	10.70	11.41	11.27
Kadar Abu, %	0.19	0.16	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.19	0.19	0.17	0.18	0.19
Kadar Total Gula, %	0.27	0.59	0.65	0.25	0.22	0.30	0.28	0.47	0.58	0.27	0.31	0.43
Kadar Maltosa, %	0.00	1.49	1.63	0.00	1.91	1.45	0.00	1.08	1.45	0.00	1.08	1.31
Kadar Amilosa, %	56.80	48.83	50.99	55.98	48.06	50.71	54.85	47.65	49.82	50.83	46.95	45.82

Tabel 5. Sifat fungsional pati termodifikasi HCl

Sifat Fisik	Arjuna			C-1			H-6			Pandu		
	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam
Daya Serap Air, g/g	1.37	1.40	1.75	1.23	1.46	1.81	1.39	1.50	1.83	1.41	1.77	2.09
Daya Serap Minyak, g/g	1.75	1.97	2.00	1.60	1.72	1.75	1.7	1.88	1.93	1.91	2.02	2.10
Kekuatan Gel, g	296	447	536	293	390	462	211	344	432	171	262	64
Rigiditas, g/mm	38.95	69.84	83.75	30.65	60.94	72.19	27.76	53.75	67.50	22.5	40.94	10.00

Tabel 6. Pola gelatinisasi pati termodifikasi HCl

	Arjuna			C-1			H-6			Pandu		
	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam
Suhu Gelatinisasi, (°C)	68.25	68.25	69.00	68.25	68.50	69.00	68.25	68.25	69.00	69.00	69.00	69.00
Suhu Granula Pecah, (°C)	81.00	78.60	84.75	91.50	79.50	87.00	87.00	81.00	81.00	90.00	88.50	87.00
Viskositas Maksimum, (Brabender Unit)	1120	950	1080	1010	830	500	1110	460	300	1120	680	530
Viskositas Dingin/50° (Brabender Unit)	1350	1320	1080	1250	1120	990	1300	970	1040	1480	840	700
Set Back/Viskositas Balik	130	370	390	240	290	490	190	510	740	130	160	220

Halaman ini adalah dokumen resmi dari Institut Pertanian Bogor (IPB) dan merupakan bagian dari koleksi digital. Semua hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang keras untuk menyalin, mendistribusikan, atau melakukan tindakan lain yang melanggar hukum tanpa izin tertulis dari IPB. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi bagian pustaka IPB.

B. PATI TERMODIFIKASI α - AMILASE

1. SIFAT FISIK

a. Sifat Mikroskopik

Berbeda dengan modifikasi HCl, modifikasi pati dengan α - amilase menyebabkan pati kehilangan sifat *birefringent*-nya. Hal ini disebabkan ukuran granula yang begitu kecil dan semakin rendahnya kandungan amilosa atau rusaknya daerah kristal yang bertanggung jawab terhadap sifat *birefringent* ini.

Hidrolisa pati oleh α - amilase dapat terjadi melalui penetrasi enzim ke granula, yaitu melalui pembentukan lubang atau celah pada permukaan pati selama proses hidrolisa. Proses hidrolisa ini menyebabkan struktur granula pati menjadi rusak dan terbentuk saluran-saluran pada permukaan granula. Pati yang dihidrolisa dengan α - amilase mengalami kerusakan pada daerah hilum dan sekelilingnya serta pinggirannya, sedangkan bagian yang lain lebih tahan (Gallant et al., 1972).

Disamping pengaruh pH, suhu, konsentrasi substrat/enzim serta adanya inhibitor, ukuran granula merupakan faktor penting dalam proses hidrolisa pati dengan α - amilase. Kecepatan hidrolisa berhubungan dengan ukuran butir pati

karena adanya interaksi antara luas permukaan dan adsorpsi enzim (Knutson et al., 1982).

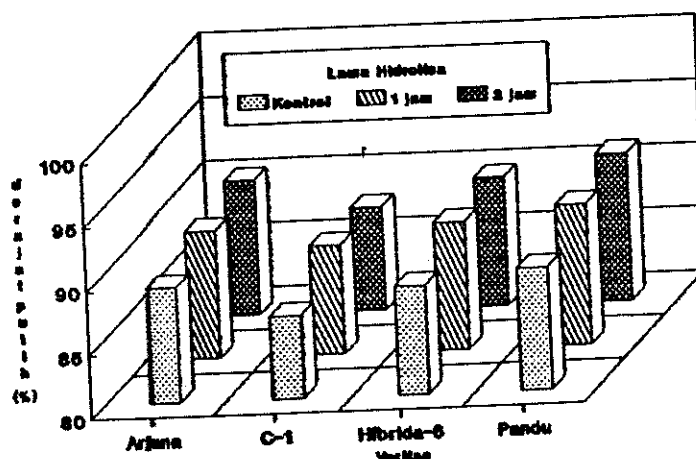
Menurut Knutson (1982), hidrolisa pati dengan α - amilase akan memberikan efek yang sama pada pati dengan kandungan amilosa tinggi, namun pati dengan amilosa rendah menunjukkan kecepatan hidrolisa lebih tinggi. Pada gambar lampiran 3 - 4, terlihat bahwa perubahan-perubahan bentuk granula antar varietas tidak begitu nyata perbedaannya, karena varietas jagung Arjuna, C-1, H-6 dan Pandu tergolong pati beramilosa tinggi dan hampir sama kandungan amilosanya.

Perlakuan waktu hidrolisa mempengaruhi tingkat kerusakan dari granula pati. Bila dibandingkan dengan modifikasi HCl, derajat kerusakan granula oleh α - amilase lebih tinggi. Disamping itu pati termodifikasi α - amilase memiliki ukuran granula yang relatif lebih besar dibandingkan dengan granula pati termodifikasi HCl. Produk utama hasil hidrolisa α - amilase adalah maltosa yang berukuran lebih besar dari glukosa sebagai produk hasil degradasi pati dengan HCl.

b. Derajat Putih

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan waktu hidrolisa dan perbedaan varietas sumber pati memberikan pengaruh nyata terhadap

derajat putih pati termodifikasi α - amilase (Lampiran 17a-18b). Semakin lama waktu hidrolisa semakin tinggi derajat putih pati dan pati dari varitas Pandu memiliki derajat putih lebih tinggi dibanding varitas lainnya. Derajat putih tertinggi terdapat pada pati termodifikasi α - amilase dari varitas Pandu dengan waktu hidrolisa 3 jam, yaitu sebesar 91% (Gambar 29). Pati-pati termodifikasi α - amilase yang dianalisa memiliki derajat putih berkisar antara 86.5 - 91% (Tabel 7).

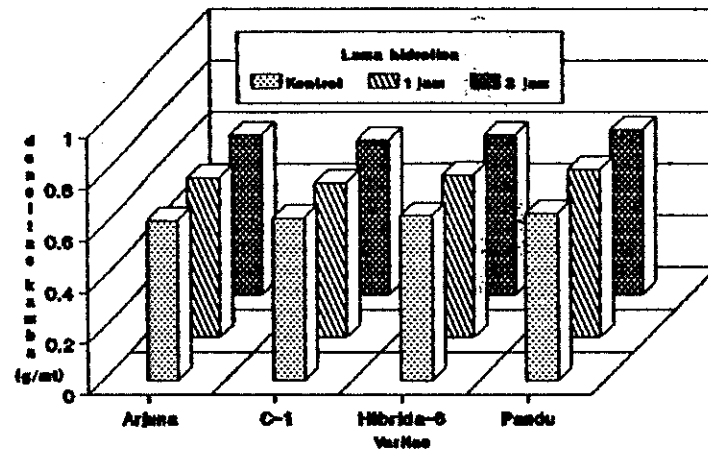


Gambar 30. Derajat putih pati termodifikasi α - amilase

c. Densitas Kamba

Perlakuan lama hidrolisa dan perbedaan varitas sumber pati menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap densitas kamba pati termodifikasi α - amilase (Lampiran 19a-20b). Densitas kamba

pati-pati termodifikasi α - amilase yang dianalisa berkisar antara 0.62 - 0.65 g/ml. Variasi ini dikarenakan perbedaan ukuran butiran pati dan perbedaan kadar air pati termodifikasi α - amilase.



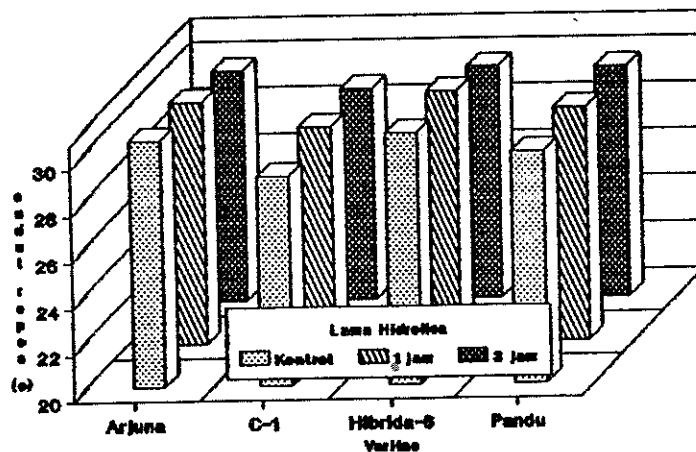
Gambar 31. Densitas kamba pati termodifikasi α - amilase

Pengetahuan tentang densitas kamba diperlukan terutama dalam kebutuhan ruang baik dalam bidang penyimpanan atau pengangkutan. Semakin besar densitas kamba, biaya transportasi akan semakin murah karena memerlukan ruang yang lebih kecil dalam pengangkutan.

d. Sudut Repos

Pada Gambar 31 dapat dilihat pengaruh lama hidrolisa dan jenis varitas jagung sumber pati terhadap sudut repos pati termodifikasi α - amilase, terlihat bahwa tidak terdapat perbedaan

nyata dari perlakuan lama hidrolisa dan perbedaan varitas sumber pati terhadap sudut repos pati termodifikasi α - amilase (Lampiran 21a-22b). Perlakuan waktu hidrolisa terhadap pati dari keempat varitas yang dianalisa menghasilkan pati-pati termodifikasi α - amilase dengan nilai sudut repos berkisar antara $29.04 - 30.75^\circ$. Perbedaan kandungan air dan ukuran butiran pati termodifikasi α - amilase yang dihasilkan akan mempengaruhi sudut reposnya.



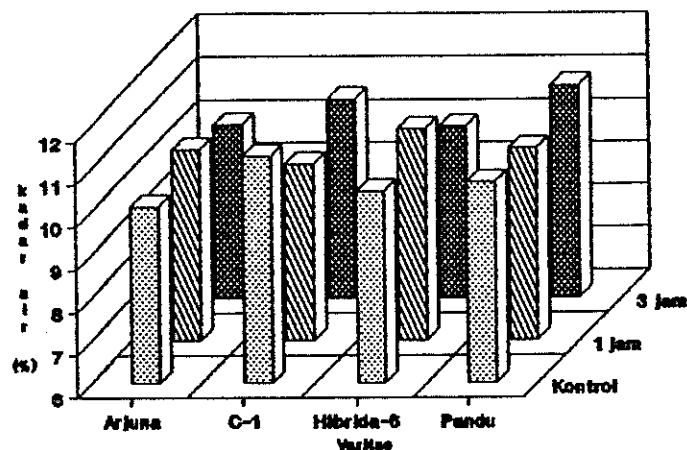
Gambar 32. Sudut repos pati termodifikasi α - amilase

2. SIFAT KIMIA

a. Kadar Air

Analisa sidik ragam terhadap kadar air pati termodifikasi α - amilase pada perbedaan waktu hidrolisa dan perbedaan varitas sumber pati

menunjukkan perbedaan nyata (Lampiran 23a -24b). Kadar air pati-pati termodifikasi α - amilase yang dianalisa berkisar antara 10.01 - 10.95 %. Faktor-faktor yang menyebabkan adanya perbedaan kadar air ini, sama halnya seperti pada pati termodifikasi HCl yang telah diuraikan sebelumnya.

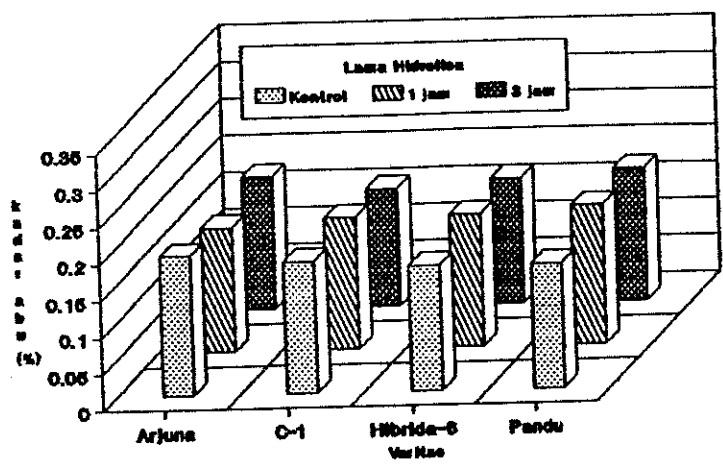


Gambar 33. Kadar air pati termodifikasi α - amilase

b. Kadar Abu

Kadar abu pati termodifikasi HCl cukup rendah dan telah memenuhi standard SII. Hasil analisa sidik ragam menunjukkan perbedaan yang tidak nyata terhadap kadar abu pati termodifikasi α - amilase pada perlakuan lama hidrolisa dan perbedaan varitas sumber pati (Lampiran 25a - 26b). Perlakuan waktu hidrolisa dari ke empat varitas sumber pati yang dianalisa menghasilkan

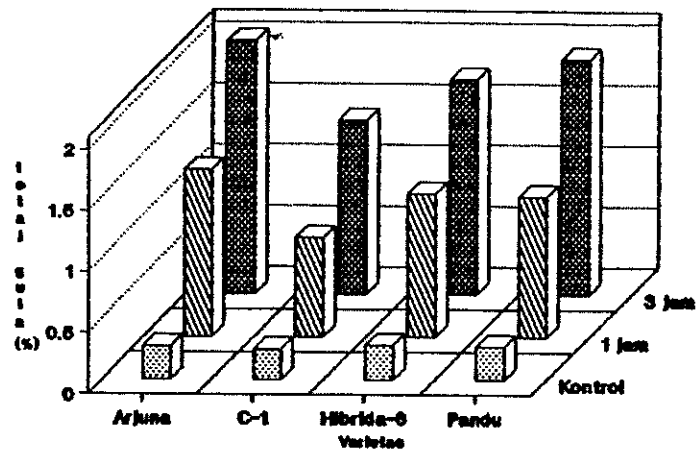
pati termodifikasi α - amilase dengan kisaran kadar abu antara 0.16 - 0.18%.



Gambar 34. Kadar abu pati termodifikasi α - amilase

c. Kadar Total Gula

Perlakuan pati dengan enzim α - amilase menghasilkan gula sebagai produk hasil degradasi polimer pati. Pola peningkatan kadar gula pati termodifikasi α - amilase dapat dilihat pada Gambar 34. Dari hasil analisa sidik ragam terdapat perbedaan yang nyata dari perlakuan waktu hidrolisa dan varitas jagung sumber pati serta interaksi kedua perlakuan tersebut (Lampiran 27a - 28b). Kadar total gula tertinggi terdapat pada pati termodifikasi α - amilase dari varitas Arjuna pada perlakuan 3 jam, yaitu sebesar 2.07%, sedang pati termodifikasi α - amilase varitas C-1 dengan perlakuan waktu inkubasi 1 jam memiliki kadar total gula paling kecil sebesar 0.81%.



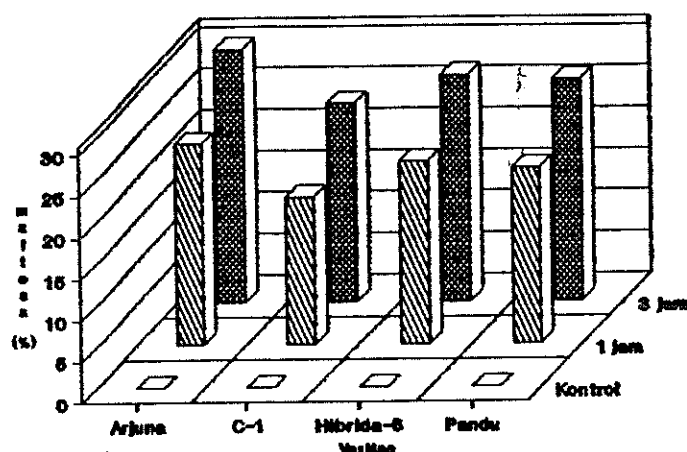
Gambar 35. Kadar total gula pati termodifikasi α - amilase

d. Kadar Maltosa

Banyaknya maltosa yang terbentuk setelah hidrolisa menunjukkan banyaknya pati yang terhidrolisa. Produk utama dari hidrolisa amilosa yang dikatalisis oleh α - amilase adalah suatu campuran dari amilosa pendek. Jika hidrolisa berlangsung lama, sebagian besar amilosa ditransformasi menjadi maltosa dan gula. Suatu bagian kecil tetap tinggal sebagai campuran polisakarida pendek tidak terhidrolisa yang disebut α - limit dekstrin dari amilosa.

Kadar maltosa hasil hidrolisa α - amilase dapat dilihat pada Gambar 35, dimana terlihat makin lama waktu hidrolisa semakin banyak jumlah maltosa yang dihasilkan. Hasil analisa sidik

ragam terhadap kadar maltosa (Lampiran 29a-30b), menunjukkan perbedaan nyata dari semua varietas yang dianalisa pada setiap perlakuan waktu dan interaksi kedua perlakuan juga berbeda nyata. Seperti halnya pada kadungan total gula, pati termodifikasi α - amilase dari varietas Arjuna juga memiliki kadar maltosa paling tinggi yaitu 30.52%. Pati-pati termodifikasi α - amilase yang dianalisa memiliki kadar maltosa berkisar antara 17.78 - 30.52%.

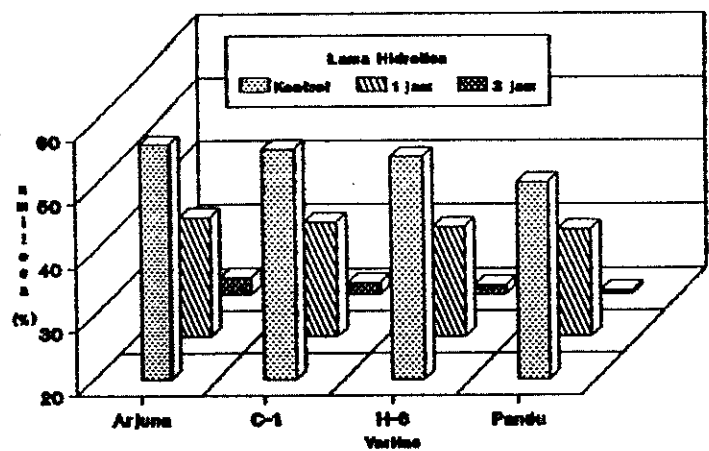


Gambar 36. Kadar maltosa pati termodifikasi α - amilase

e. Kadar Amilosa

Seperti halnya kadar amilosa pati termodifikasi HCl, kadar amilosa pati termodifikasi α - amilase juga mengalami penurunan. Hasil analisa sidik ragam menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap kadar amilosa pati termodi-

fikasi α - amilase dari ke empat sumber pati dan pada perlakuan waktu hidrolisa (Lampiran 31a-32b). Semakin lama waktu hidrolisa, semakin rendah kadar amilosa pati termodifikasi α - amilase, seperti yang terlihat pada Gambar 36. Kadar amilosa tertinggi terdapat pada pati termodifikasi α - amilase dari varitas Arjuna dengan waktu hidrolisa 1 jam sebesar 38.7%, sedang perlakuan waktu hidrolisa 3 jam pada varitas Pandu menghasilkan kadar amilosa paling rendah dari pati-pati termodifikasi α - amilase yang dianalisa yaitu sebesar 20.59%. Pati-pati termodifikasi α - amilase yang dianalisa memiliki kadar amilosa berkisar antara 20.59 - 38.7%



Gambar 37. Kadar amilosa pati termodifikasi α - amilase

Cara kerja α - amilase memecah amilosa terjadi melalui 2 tahap. Pertama, degradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa yang

terjadi secara acak dan cepat, sedang pada tahap kedua reaksi terjadi relatif sangat lambat, yaitu pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir dan caranya tidak acak. Disamping molekul amilosa, α - amilase dapat juga memecah molekul amilopektin menjadi rantai yang lebih pendek.

Enzim α - amilase merupakan enzim yang digolongkan sebagai enzim hidrolase. Jenis ikatan polimer pada amilosa lebih mudah dipotong oleh enzim α - amilase daripada jenis ikatan polimer pada amilopektin. Kerja enzim α - amilase dalam menghidrolisa pati adalah dengan memotong ikatan α - 1,4, tapi tidak memotong α - 1,6 (Fogarty, 1983). Hal inilah yang menyebabkan substrat amilosa lebih mudah dihidrolisa oleh enzim α - amilase daripada amilopektin.

3. SIFAT FUNGSIONAL

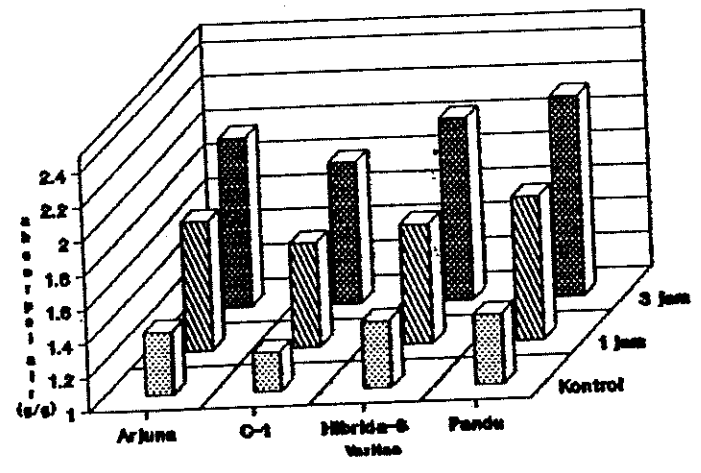
a. Daya Serap Air/Minyak

Hidrolisa pati dengan α - amilase menghasilkan gula yang bersifat hidrofilik, sehingga setelah dimodifikasi terjadi peningkatan penyerapan air. Makin lama waktu hidrolisa, makin tinggi daya serap air (Gambar 37). Daya serap air tertinggi pati-pati termodifikasi α - amilase yang dianalisa terdapat pada pati dari varitas Pandu dengan perlakuan waktu inkubasi 3 jam,



yaitu sebesar 2.17 g/g. Pati-pati termodifikasi α - amilase yang dianalisa memiliki daya serap air berkisar antara 1.61 - 2.17 g/g.

Dengan terputusnya ikatan hidrogen, minyak dan air akan lebih mudah berpenetrasi ke dalam pati. Semakin lama waktu hidrolisa makin banyak ikatan yang terputus, sehingga makin besar daya serap minyak pati. Dengan pernyataan ini, jelaslah mengapa semakin lama waktu hidrolisa semakin tinggi daya serapnya. Daya serap minyak tertinggi juga dimiliki oleh pati termodifikasi α - amilase dari varietas Pandu pada perlakuan waktu hidrolisa 3 jam, sebesar 2.15 g/g. Daya serap minyak pati-pati termodifikasi α - amilase berkisar antara 1.72 - 2.15 g/g.

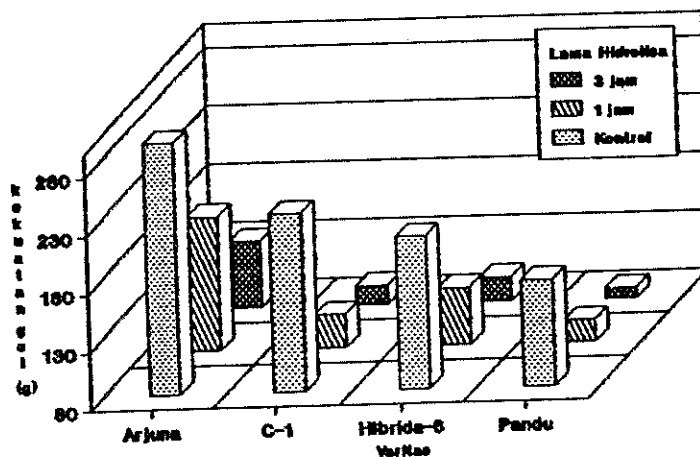


Gambar 38. Daya serap air pati termodifikasi α - amilase

Hal ini menunjukkan bahwa...
 1. Dilihat dari...
 2. Penelitian...
 3. Penelitian...
 4. Penelitian...
 5. Penelitian...
 6. Penelitian...
 7. Penelitian...
 8. Penelitian...
 9. Penelitian...
 10. Penelitian...

a. Hal ini menunjukkan...

tu retrogradasi sudah maksimum dan molekul yang lebih besar maupun yang lebih kecil dari ukuran tersebut akan mengalami retrogradasi yang lambat. Whistler et al. (1948) juga menyatakan bahwa molekul dengan ukuran yang lebih kecil mengalami retrogradasi yang lambat dikarenakan peningkatan kelarutan dari molekul yang ber-BM rendah.



Gambar 40. Kekuatan gel pati termodifikasi α - amilase

Dengan pernyataan tersebut, jelaslah mengapa pati termodifikasi α - amilase tidak membentuk gel dengan kekuatan yang tinggi. Tingkat hidrolisa pada perlakuan ini sudah sedemikian tinggi sehingga menyebabkan terbentuknya molekul yang ber-BM rendah yang melewati batas kritis ukuran berat molekul yang memiliki laju retrogradasi dengan laju yang cukup tinggi.

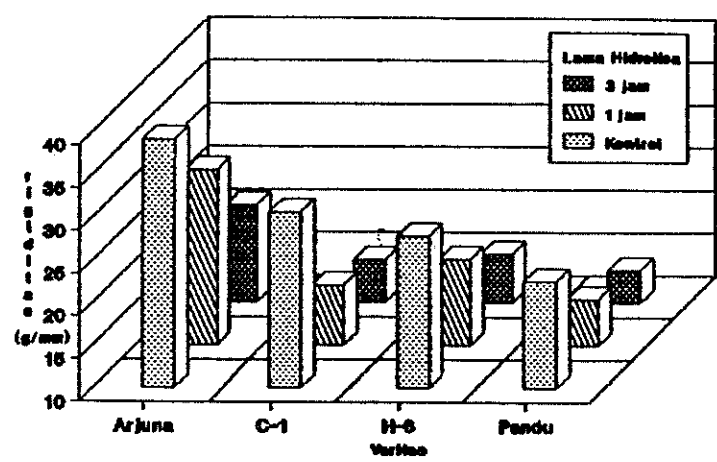
c. Rigiditas

Menurut Matz (1962), pati yang mempunyai kandungan amilosa rendah atau kandungan amilopektin yang tinggi biasanya tidak membentuk gel yang kaku, tetapi akan membentuk pasta yang lunak. Pati termodifikasi α - amilase mengalami penurunan amilosa yang cukup tinggi pada saat hidrolisa.

Rigiditas gel yang dihasilkan tidak saja tergantung dari perbandingan kadar amilosa dan amilopektin tetapi juga ditentukan oleh sifat fisiko kimia lainnya. Kandungan gula yang tinggi dari pati termodifikasi α - amilase menyebabkan pati menyerap air lebih banyak, sehingga menghasilkan pasta yang lunak bila dipanaskan.

Dengan semakin meningkatnya waktu hidrolisa maka semakin rendah rigiditas pati termodifikasi α - amilase (Gambar 40) dan perlakuan lama hidrolisa dan perbedaan varitas sumber pati serta interaksi keduanya menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap nilai rigiditas pati termodifikasi α - amilase (Lampiran 39a-40b). Pati termodifikasi α - amilase dari varitas C-1 dengan waktu hidrolisa 1 jam memiliki rigiditas paling tinggi, yaitu sebesar 30.65 g/mm. Rigiditas paling rendah dimiliki pati termodifikasi α - amilase varitas Pandu dengan perlakuan waktu hidrolisa 3 jam, sebesar 13.91 g/mm.





Gambar 41. Rigidity pati termodifikasi α - amilase

d. Pola Gelatinisasi

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa lamanya modifikasi dan perbedaan varitas sumber pati serta interaksi keduanya memberikan pengaruh yang nyata terhadap suhu gelatinisasi pati termodifikasi α - amilase (Lampiran 41a - 42b). Fennema (1976) menyatakan bahwa adanya komponen pati yang mengandung gugus hidrofilik akan menghambat pengembangan pati. Gugus hidrofilik mempunyai kemampuan menyerap air lebih besar. Keadaan ini menyebabkan granula pati bersaing dengan gugus hidrofilik dalam mendapatkan air, sehingga proses gelatinisasi akan terhambat karena mobilitas air ke dalam granula pati yang belum termodifikasi terhambat. Hidrolisa pati

dengan α - amilase banyak menghasilkan gugus hidrofilik, seperti gula. Makin lama waktu hidrolisa makin banyak gula yang dihasilkan yang diikuti dengan semakin naiknya suhu gelatinisasi.

Pada Tabel 10 terlihat bahwa pati termodifikasi dari varitas Arjuna, Pandu dan H-6 dengan waktu hidrolisa 3 jam menghasilkan suhu gelatinisasi tertinggi, yaitu sebesar 72.25 °C, sedang suhu gelatinisasi terendah dari pati termodifikasi α - amilase terdapat pada varitas C-1 dengan waktu hidrolisa 1 jam, sebesar 71.50 °C. Pengetahuan tentang suhu gelatinisasi ini penting artinya dalam hal menentukan kondisi suhu yang tepat pada saat pengolahan berbagai produk yang memerlukan pati.

Seperti halnya hidrolisa asam, perlakuan α - amilase pada pati jagung menyebabkan viskositasnya mengalami penurunan (Tabel 10). Dari hasil analisa sidik ragam terlihat bahwa perlakuan lama hidrolisa dan perbedaan varitas sumber pati serta interaksi keduanya sangat mempengaruhi viskositas panas pati termodifikasi α - amilase. Viskositas panas terkecil dimiliki pati varitas H-6 dengan perlakuan waktu hidrolisa 3 jam, yaitu sebesar 490 BU. Pati-pati termodifikasi α - amilase yang dianalisa memiliki viskositas panas berkisar antara 1020 - 490 BU.



Perlakuan pati jagung dengan α - amilase menyebabkan terjadinya kerusakan pada granula pati. Kerusakan ini mempengaruhi absorpsi air oleh pati dan akan menurunkan viskositasnya.

Proses kristalisasi kembali pati yang telah mengalami gelatinisasi disebut retrogradasi. Retrogradasi ini dipengaruhi oleh konsentrasi amilosa, panjang molekul amilosa dan keadaan dispersi rantai amilosa. Biasanya retrogradasi ini diikuti dengan kenaikan viskositas. Kenaikan viskositas ini menjadi ukuran besar kecenderungan retrogradasi pati.

Amilosa yang berperan dalam retrogradasi pati telah didegradasi menjadi fragmen yang lebih kecil serta lebih dapat larut pada pati termodifikasi α - amilase. Hal inilah yang menyebabkan viskositas balik pati termodifikasi α - amilase sangat rendah dan bernilai negatif. Nilai negatif ini berarti viskositas pasta pati termodifikasi α - amilase setelah pendinginan lebih rendah dari viskositas maksimumnya. Viskositas balik tertinggi terdapat pada pati termodifikasi α - amilase varietas Arjuna dengan waktu hidrolisa 1 jam sebesar -70, sedang yang paling rendah terdapat pada pati varietas Pandu dengan waktu hidrolisa 3 jam, yaitu sebesar -620.

Tabel 7. Sifat Fisik Pati Termodifikasi α -amilase

Sifat Fisik	Arjuna			E-1			H-6			Pandu		
	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam
Derajat Putih [†] , %	89	90	90.5	86.5	87	88	88.5	90	89.5	89.5	91	91
Sudut Repos, derajat	30.58	30.29	29.99	30.58	30.39	29.04	30.79	30.75	29.93	29.95	29.96	29.90
Densitas Kamba, g/ml	0.63	0.63	0.62	0.63	0.63	0.63	0.64	0.63	0.62	0.66	0.65	0.64

[†]MgO 80%Tabel 8. Sifat Kimia Pati Termodifikasi α -amilase

Sifat Kimia	Arjuna			E-1			H-6			Pandu		
	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam
Kadar Air, %	10.13	10.47	10.03	11.31	10.13	10.64	10.49	10.95	10.01	10.70	10.49	10.95
Kadar Abu, %	0.19	0.17	0.18	0.18	0.18	0.16	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18
Kadar Total Gula, %	0.27	1.37	2.07	0.25	0.81	1.42	0.28	1.17	1.77	0.27	1.14	1.93
Kadar Maltosa, %	0.00	24.27	30.52	0.00	17.78	23.91	0.00	22.00	27.28	0.00	21.15	26.68
Kadar Amilosa, %	56.80	38.70	22.70	55.98	37.91	21.87	54.85	37.26	21.48	50.83	36.74	20.59

Tabel 9. Sifat Fungsional Pati Termodifikasi α -amilase

Sifat Fisik	Arjuna			E-1			H-6			Pandu		
	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam
Daya Serap Air, g/g	1.37	1.76	1.99	1.23	1.61	1.82	1.39	1.70	2.06	1.41	1.84	2.17
Daya Serap Minyak, g/g	1.75	2.01	2.06	1.60	1.72	1.75	1.7	1.98	2.00	1.91	2.11	2.15
Kekuatan Gel, g	296	195	137	293	109	96	211	129	101	171	99	89
Rigiditas, g/mm	38.95	30.47	21.41	30.65	17.03	15.00	27.76	20.16	15.78	22.5	15.47	13.91

Tabel 10. Pola Gelatinisasi Pati Termodifikasi α -amilase

	Arjuna			E-1			H-6			Pandu		
	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam	Kontrol	1 jam	3 jam
Suhu Gelatinisasi, (°C)	68.25	72.00	72.75	68.25	71.50	71.75	68.25	71.75	72.35	69.00	72.25	72.25
Suhu Granula Pecah, (°C)	81.00	97.75	90.00	91.50	79.50	87.50	87.00	90.00	90.00	90.00	90.00	91.50
Viskositas Maksimum, (Brabender Unit)	1120	980	950	1010	980	960	1110	520	490	1120	1020	780
Viskositas Dingin/50* (Brabender Unit)	1350	640	760	1250	780	790	1300	390	260	1480	440	160
Set Back/Viskositas Balik	130	-70	-190	240	-200	-270	190	-130	-230	130	-580	-620

C. PERBANDINGAN PATI TERMODIFIKASI HCl DAN PATI TERMODIFIKASI α - AMILASE

1. Viskositas

Dengan modifikasi asam, viskositas panas yang lebih rendah lebih cepat diperoleh dibanding modifikasi dengan enzim α - amilase. Misalnya pada tingkat modifikasi 3 jam dari varietas Pandu, modifikasi asam menghasilkan viskositas panas sebesar 780 BU, sedang dengan modifikasi α - amilase menghasilkan viskositas yang lebih rendah, yaitu sebesar 530 BU.

2. Sifat Gel

Gel yang dihasilkan pati termodifikasi asam berbeda dengan gel yang dihasilkan pati termodifikasi α - amilase. Pati termodifikasi asam menghasilkan gel yang kuat dan rigid, sedang gel pati termodifikasi α - amilase bersifat lunak.

Menurut Greenwood (1956) laju retrogradasi memiliki ukuran kritis, dimana pada ukuran tertentu retrogradasi sudah maksimum dan molekul yang lebih besar maupun yang lebih kecil dari ukuran tersebut akan mengalami retrogradasi yang lambat. Whistler et al. (1948) juga menyatakan bahwa molekul dengan ukuran yang lebih kecil mengalami retrogradasi yang lambat dikarenakan peningkatan kelarutan dari molekul yang ber-BM rendah. Tingkat hidrolisa pada

modifikasi α - amilase ini sudah sedemikian tinggi sehingga menyebabkan terbentuknya molekul yang ber-BM rendah yang melewati batas kritis ukuran berat molekul yang memiliki laju retrogradasi dengan laju yang cukup tinggi, sehingga menghasilkan gel yang lunak.

Pati termodifikasi asam dapat digunakan untuk pudding dan permen jelly, karena keduanya membutuhkan gel yang kuat. Pati termodifikasi asam dari varietas Pandu dengan waktu hidrolisa 3 jam dan pati termodifikasi α - amilase dapat digunakan untuk bahan pengental makanan bayi karena sifat gelnya yang lunak. Selain itu dapat pula digunakan untuk bahan pengisi sup dalam bentuk bubuk, *pie fillings*, dan *candy fillings*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berbagai varietas jagung dapat dimodifikasi untuk menghasilkan pati termodifikasi asam dan pati termodifikasi enzim dengan sifat fisik, kimia dan sifat fungsional yang berbeda-beda. Adanya perbedaan sifat-sifat ini akan berpengaruh pada saat penggunaan pati.

Modifikasi HCl dan modifikasi α - amilase dapat menurunkan viskositas pati akibat terdegradasinya rantai molekul pati menjadi fragmen yang berBM rendah. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan kadar amilosanya (yang dapat dianggap mewakili molekul pati) dan peningkatan kadar total gula dan maltosa (yang dianggap mewakili fragmen yang berBM rendah). Kadar amilosa pati termodifikasi HCl berkisar antara 45.82 - 50.99% dan kadar total gula dan maltosa masing-masing berkisar antara 0.22 - 0.65% dan 1.08 - 1.91%. Pati-pati termodifikasi α - amilase memiliki kadar amilosa antara 20.59 - 38.70% dan dengan kadar total gula dan maltosa masing-masing sebesar 0.81 - 2.07% dan 17.78 - 30.52%.

Kadar air pati termodifikasi HCl dan pati termodifikasi α - amilase, berkisar antara 9.33 - 12.68% dan 10.01 - 11.31%. Kadar abu pati termodifikasi HCl dan pati termodifikasi α - amilase berkisar antara 0.16 - 0.19%.

Hal Cipta: Penelitian, Pengembangan, dan Inovasi
1. Dilindungi sebagai hak cipta sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan dan/atau ketentuan lain yang berlaku.
2. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
3. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
4. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
5. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
6. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
7. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
8. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
9. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
10. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
11. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
12. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
13. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
14. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
15. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
16. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
17. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
18. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
19. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
20. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
21. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
22. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
23. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
24. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
25. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
26. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
27. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
28. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
29. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
30. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
31. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
32. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
33. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
34. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
35. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
36. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
37. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
38. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
39. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
40. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
41. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
42. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
43. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
44. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
45. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
46. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
47. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
48. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.
49. Tidak dapat ditiru, diperjualbelikan, atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor.
50. Berkekuatan hukum sejak terbitnya di media cetak, elektronik, dan/atau media lain.

Daya serap air dan minyak tertinggi dari pati termodifikasi HCl terdapat pada pati dari varietas Pandu pada waktu hidrolisis 3 jam, yaitu masing-masing sebesar 2.09% dan 2.1%. Untuk pati termodifikasi α - amilase daya serap air dan minyak tertinggi juga dimiliki pati varietas Pandu dengan waktu hidrolisis 3 jam yaitu masing-masing sebesar 2.17% dan 2.15%.

Makin lama proses modifikasi berlangsung, maka viskositas pati tersebut makin rendah. Penurunan viskositas ini disebabkan oleh rapuhnya granula pati sehingga tidak dapat menyerap air secara maksimum, sehingga pengembangan lebih rendah daripada pati tanpa modifikasi. Dari beberapa varietas jagung yang digunakan diperoleh hasil bahwa dari keseluruhan pati termodifikasi asam dan pati termodifikasi enzim, pati termodifikasi HCl dari varietas Harapan-6 mempunyai viskositas panas yang paling rendah yaitu masing-masing sebesar 300 dan 490 BU.

Hidrolisis granula pati juga akan mempengaruhi suhu gelatinisasi pati, dimana semakin lama proses hidrolisis berlangsung maka suhu gelatinisasi pati semakin tinggi. Pati termodifikasi HCl dari varietas Pandu menunjukkan suhu gelatinisasi tertinggi, yaitu sebesar 69 °C. Sedangkan suhu gelatinisasi pati termodifikasi α - amilase relatif sama berkisar antara 71.5 - 72.25 °C pada semua varietas dan nilai tertinggi terdapat pada pati dengan waktu hidrolisis 3 jam, yaitu sebesar 72.25 °C.

Untuk pati termodifikasi HCl, semakin lama waktu hidrolisis, kekuatan dan rigiditas gel pati semakin meningkat, kecuali pada varitas Pandu yang menunjukkan penurunan kekuatan dan rigiditas gelnya pada waktu hidrolisis 3 jam, Kekuatan gel tertinggi sebesar 536 gram terdapat pada pati termodifikasi HCl dari varitas Arjuna dengan waktu hidrolisis 3 jam dan dengan nilai rigiditas gel sebesar 83.75 g/mm. Pati termodifikasi HCl dari varitas Pandu pada waktu hidrolisis 3 jam menghasilkan kekuatan gel paling rendah yaitu sebesar 64 gram dan rigiditas sebesar 10 g/mm.

Pati termodifikasi α - amilase menghasilkan gel dengan sifat kekuatan dan rigiditas gel yang lebih rendah dibanding kontrol (gel yang lunak). Kekuatan gel dan rigiditas pati tertinggi terdapat pada pati termodifikasi α - amilase varitas Arjuna pada waktu hidrolisis 1 jam, yaitu masing-masing sebesar 296 gram dan 38.95 g/mm.

Pati termodifikasi asam dapat digunakan untuk pudding dan permen jelly, karena keduanya membutuhkan gel yang kuat. Pati termodifikasi asam dari varitas Pandu dengan waktu hidrolisis 3 jam dan pati termodifikasi α - amilase dapat digunakan untuk bahan pengental makanan bayi karena sifat gelnya yang lunak. Selain itu dapat pula digunakan untuk bahan pengisi sup dalam bentuk bubuk, *pie fillings*, dan *candy fillings*.

B. SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan hasil penelitian ini adalah perlunya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui sifat-sifat fisik, kimia dan fungsional pati jagung yang belum diteliti, seperti pola *difraksi sinar-x*, enthalpi gelatinisasi dan derajat pengembangan granula pati.

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melihat pengaruh konsentrasi HCl dan enzim α - amilase, suhu serta kombinasi suhu, waktu dan konsentrasi terhadap sifat fisik, kimia dan fungsional pati termodifikasi HCl dan pati termodifikasi α - amilase yang dihasilkan. Selain itu perlu dilakukan juga penelitian tentang penerapan pati termodifikasi, sehingga fungsi pati termodifikasi menjadi semakin jelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Arpah, M. 1984. Mempelajari Hubungan Ratio Air-Pati dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Gelatinisasi Pati Sagu (*Metroxylon sp.*). Fateta, IPB, Bogor.
- Baker, F. and Whelan, W.J. 1950. Birefringence of Amylose and Amylopectin in Whole Structure of Starch. *Nature* 166:34.
- Banks, W., and Greenwood, C.T. and Muir, D.D. 1973. The structure of starch. *di dalam* Biech, G.G. and Green, L.F. *Molecular Structure and Function of Food Carbohydrate*. Applied Science, Publ. Ltd., London.
- Bernfeld, P. 1951. Enzyme of starch degradation and synthesis. *di dalam* Nord, F.F. *Advances in Enzymology and Related of Biochemistry*. vol XII. Interscience Publ. Inc., New York.
- Beynum Van, G.M.A. and Roles, J.A. 1985. *Starch Conversion Technology*. Marcell Dekker, Inc., New York and Basel.
- Bhattacharya, K. 1979. Production, isolation and economic of extracellular enzim. *di dalam* E.K. Kartiz dan L. Goldstein (eds). *Applied Biochemistry and Bioengineering-Enzyme Technology*. Acad. Press, New York.
- Billiaderis, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R. 1981. Structural characterisation of legume starch. II. Studies on acid treated starches. *J. Cereal Chem.* 58 (6) 502-507.
- Brautlecht, C.A. 1953. *Starch, Its Sources Production and Uses*. Devision Reinhold. Publishing Corporation, New York.
- Charley, H. 1982. *Food Science*. John Wiley & Sons., New York.
- Direktorat Gizi Dep. Kes. RI. 1972. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Bhatara, Jakarta.
- Elliason, A.C.L. 1980. Effect of Water Content on The Gelatinisation of Wheat Starch. *Starke* 32. 270-272.
- Fardiaz, et al. 1986. *Penuntun Praktikum Analisa Pangan*. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fateta, IPB, Bogor.
- Fennema, O.R. 1976. *Principles of Food Science. Part I. Food Chemistry*. Marcell Dekker, Inc., New York.

- Fleche, G. 1985. Chemical modification and degradation of starch. di dalam Beinum van, G.M.A. and Rolles, J.A. Starch Convection Technology. Marcell Dekker, Inc. New York and Basel.
- Forgarty, D. 1984. Microbial Enzyme and Biotechnology. Applied Science, Publ., London and New York.
- French, D. 1984. Organisation of starch granule. di dalam Whistler, R.L., Bemiller, J.N., and Paschall (ed.). Starch Chemistry and Technology. Academic Press. Inc., New York.
- Gallant, D., Mercier, M., and Guilbot. 1972. Electron microscopy of starch granules modified by bacterial α - amilase. J. Cereal Chem. vol 49 (3). 347-365.
- Girindra, A. 1983. Biokomia. Departemen Biokimia. IPB, Bogor.
- Glicksman, M. 1969. Gum Technology in The Food Industry. Academic Press, New York.
- Greenwood, C.T. 1946. Aspect of physichal chemistry of starch. di dalam Advance of Carbohydrate Chemistry, vol XI : 336-385. Academic Press, New York.
- _____ . 1979. Observation on the structure of the starch granule. di dalam Blanshard and Mitchel. Polysaccharides in Food. Butterworths, London.
- Hodge, J.E. and Osman, E.M. 1976. Carbohydrate. di dalam Fennema, O.R. Principles of Food Science. Marcell Dekker Inc., New York.
- Hood, L.F. 1981. Advances in maize carbohydrate. di dalam Inglett, G.E. and Munck, L. Cereal for Food and Beverage. Recent Progress in Cereal Chemistry. Acad. Press., New York.
- Jacobs, M.B. 1951. The Chemical Analysis of Food and Food Product. D. Van Nostrand Company, Inc., New York.
- Keenan, C.W., Kleinfelter, D.C. and Wood, J.H. 1986. Ilmu Kimia Analitik untuk Universitas I. diterjemahkan oleh A.H. Pudjatnaka. Erlangga, Jakarta.
- Knutson, C.A. Khoo, U., Cluskey, J.E. and Inglett, G.E. 1982. Variation in enzyme digestibility and gelatinisation behavior of corn starch granule fraction. J. Cereal Chem. 59(6). 512-515.
- Kulp, K. 1975. Carbohydrates. di dalam G. Reed (ed.). Enzyme in Food Processing. Acad. Press, New York.

- Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J. 1959. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starch. *J. Cereal Chem.* 36:543
- Lineback, D.R. and Inglett, G.E. 1982. *Food Carbohydrates*. AVI Publ. Company Inc., Westport, Connecticut.
- Malt, S.A. 1961. *Food Texture*. The AVI Publ. Co. Inc., Westport Con.
- Medcalf, D.G. 1973. Starch, Structure and composition of cereal components as related to their potential industrial utilisation. di dalam Pomeranz, Y. (ed.) *Industrial Uses of Cereal American Association of Cereal Chemistry*. St. Louis, Missouri.
- Muwarni. 1988. *Sifat Fisiko Kimia Pati Jagung Termodifikasi*. Fateta, IPB, Bogor.
- Osman, E.M. 1972. Starch and other polysacharides. di dalam Paul, P.J. and Palmer (ed.). *Food Theory and Application*. John Wiley & Sons. Inc., New York.
- Radley, J.A. 1976. *Starch Production Technology*. Applied Science Publ. Ltd., London.
- Railly, P.J. 1985. Enzymic degradation of starch. di dalam Beynum Van, G.M.A., and Roles J.A. *Starch Conversion Technology*. Marcell Dekker, Inc., New York and Basel.
- Rohwer, G.R. and Klem, E.R. 1984. Acid-modification starch : production and uses. di dalam Whistler, R.L., Bemiller, J.N., Paschall, E.F. *Starch : Chemistry and Technology* (ed.). Acad. Press, New York.
- Sathe, S.K. and Salunkhe, D.K. 1981. Isolation, partial characterisation and modification of the great northern bean (*phaseolus vulgaris, L*) starch. *J. of Food Sci.* 46(2):617.
- Siahaan, D. 1988. *Mengkaji Pengaruh Suplementasi Protein Terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik Kerupuk Sagu*. Fateta, IPB, Bogor.
- Smith, P.S. 1982. Starch derivatives and their uses in foods. di dalam D.R. Lineback dan G.E. Inglett (eds). *Food Carbohydrate*. AVI Publ. Co. Inc., Westport, Connecticut.
- Steven, D.J. and Elton, G.A.H. 1971. Thermal Properties of Starch-Water System. *Starke*. 23:8-11.

- Swinkels, J.J. 1985. Source of starch. Its chemistry and physics. di dalam Van Beynum, G.M.A. and Roles, J.A. (ed.). Starch Conversion Technology. Marcell Dekker, New York.
- Tegge, D. 1984. Glucose syrups : raw material. di dalam Dziedzic, S.Z. and Kearsley (ed). Glucose Syrups; Science and Technology. Elsevier Applied Science Publ., New York.
- Whitaker, J.R. 1972. Principles of Enzymology for The Food Science. Marcell Dekker. Inc., New York.
- Whistler, R.L. and Johnson, R.L. 1948. Effect of the acid hidrolisis on the retrogradation of amylose. J. Cereal Chem. 25 (11):418-424.
- Winarno, FG. 1983. Enzim Pangan. Gramedia, Jakarta.
- Winarno, FG. 1984. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia, Jakarta.
- Wurzburg, O.B. 1968. Starch in food industri. di dalam Furia, F.E. (eds). Hand Book of Food Additives. The Chemical Rubber co., Cleve, Ohio.
- Wurzburg, O.B. 1986. Modified Starch : Properties and Uses. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.



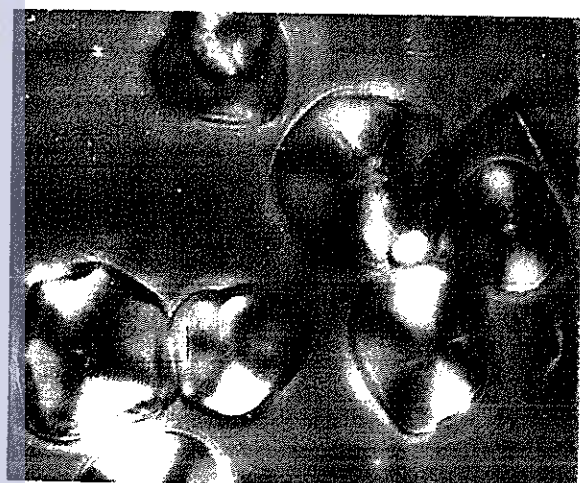
Hak Cipta Hibridasi/ Unsur-unsur

1. Diambil sebagai bagian atau seluruh karya seni, sastra, persampulakan dan dipersekolahkan kembali
2. Dipersekolahkan kembali untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerbitan karya ilmiah, persampulakan laporan, penerbitan karya atau tujuan untuk masalah
3. Dipersekolahkan kembali untuk kepentingan yang wajar IPB University
4. Dipersekolahkan kembali untuk kepentingan persampulakan dan penerbitan karya ilmiah atau persampulakan laporan IPB University

L A M P I R A N



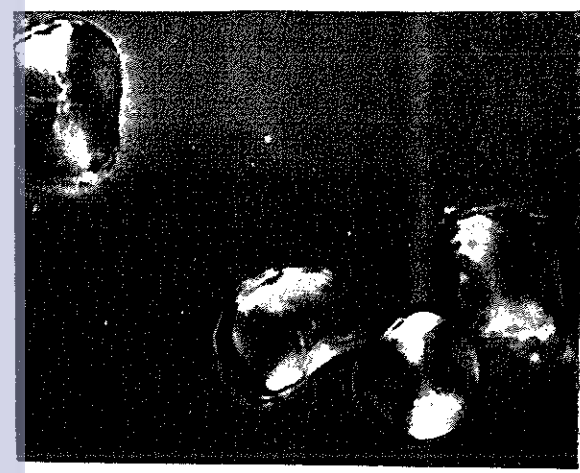
a). Kontrol



b). HCl , 1 jam



c). HCl 3 jam

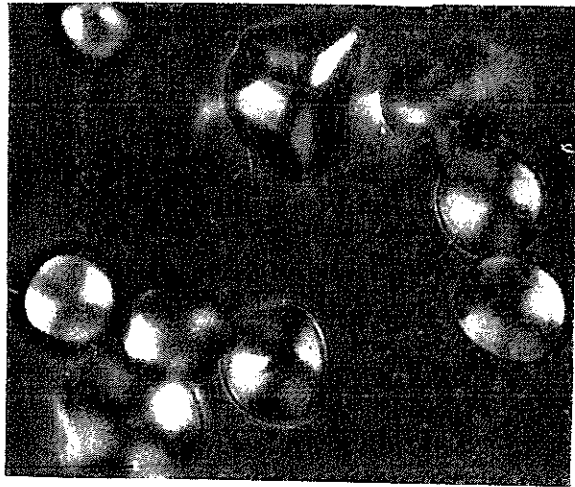


c). α - amilase, 1 jam



d). α - amilase, 3 jam

Lampiran 1. Bentuk Mikroskopik Pati Jagung Varitas Arjuna



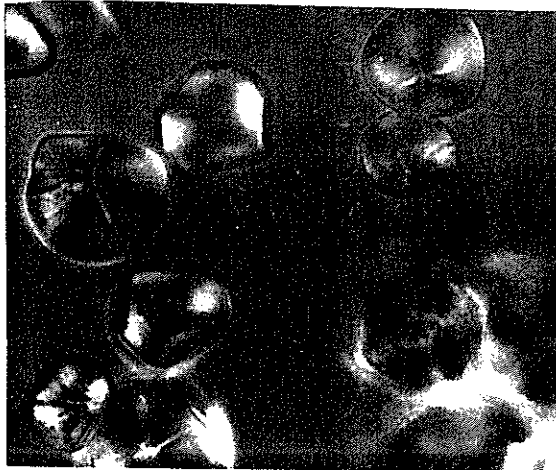
a). Kontrol



b). HCl , 1 jam



c). HCl 3 jam

c). α - amilase, 1 jamd). α - amilase, 3 jam

Lampiran 2. Bentuk Mikroskopik Pati Jagung
Varitas C-1

Lampiran 5a. Derajat putih pati termodifikasi HCl (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	89.50	88.50	89.00
	1	91.00	89.00	90.00
	3	90.50	90.50	90.50
C-1	Kontrol	86.00	87.00	86.50
	1	89.00	88.00	88.50
	3	89.00	88.00	88.50
H-6	Kontrol	88.50	88.50	88.50
	1	90.00	90.00	90.00
	3	90.00	90.00	90.00
Pandu	Kontrol	89.50	89.50	89.50
	1	90.50	90.50	90.50
	3	92.00	91.00	91.50

Lampiran 5b. Densitas kamba pati termodifikasi HCl (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	0.64	0.62	0.63
	1	0.63	0.63	0.63
	3	0.61	0.63	0.62
C-1	Kontrol	0.65	0.61	0.63
	1	0.58	0.61	0.595
	3	0.59	0.61	0.60
H-6	Kontrol	0.64	0.64	0.64
	1	0.64	0.62	0.63
	3	0.65	0.61	0.63
Pandu	Kontrol	0.69	0.67	0.68
	1	0.66	0.66	0.66
	3	0.65	0.63	0.64

Lampiran 6a. Sudut repos pati termodifikasi HCl (°)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	30.54	30.62	30.58
	1	30.36	30.22	30.29
	3	30.02	29.96	29.99
C-1	Kontrol	30.15	27.85	29.00
	1	28.97	29.83	29.40
	3	30.21	30.07	15.035
H-6	Kontrol	30.90	30.68	30.79
	1	30.82	30.98	30.90
	3	29.74	29.78	29.76
Pandu	Kontrol	31.06	28.84	29.95
	1	29.72	30.07	29.895
	3	29.94	29.98	29.96

Lampiran 6b. Kadar air pati termodifikasi HCl (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	10.06	10.20	10.13
	1	9.56	9.58	9.57
	3	10.79	10.97	10.88
C-1	Kontrol	11.38	11.24	11.31
	1	10.25	10.23	10.24
	3	12.61	12.75	12.68
H-6	Kontrol	10.48	10.51	10.495
	1	9.40	9.26	10.33
	3	11.75	11.95	11.85
Pandu	Kontrol	10.75	10.65	10.70
	1	11.10	11.18	11.14
	3	11.30	11.24	11.27

Lampiran 7a. Kadar abu pati termodifikasi HCl (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	0.18	0.18	0.18
	1	0.16	0.16	0.16
	3	0.19	0.17	0.18
C-1	Kontrol	0.17	0.19	0.18
	1	0.19	0.17	0.18
	3	0.18	0.20	0.19
H-6	Kontrol	0.19	0.15	0.17
	1	0.19	0.19	0.19
	3	0.18	0.20	0.19
Pandu	Kontrol	0.18	0.16	0.17
	1	0.18	0.18	0.18
	3	0.19	0.19	0.19

Lampiran 7b. Kadar total gula pati termodifikasi HCl (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	0.25	0.29	0.27
	1	0.57	0.60	0.605
	3	0.64	0.66	0.65
C-1	Kontrol	0.24	0.26	0.25
	1	0.28	0.27	0.275
	3	0.30	0.30	0.30
H-6	Kontrol	0.28	0.28	0.28
	1	0.45	0.49	0.47
	3	0.58	0.58	0.58
Pandu	Kontrol	0.26	0.28	0.27
	1	0.32	0.31	0.315
	3	0.43	0.44	0.435

Lampiran 8a. Kadar Maltosa Pati Termodifikasi HCl (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	0.00	0.00	0.00
	1	1.459	1.527	1.493
	3	1.613	1.643	1.628
C-1	Kontrol	0.00	0.00	0.00
	1	0.498	0.482	0.49
	3	0.625	0.623	0.624
H-6	Kontrol	0.00	0.00	0.00
	1	1.187	1.195	1.191
	3	1.448	1.456	1.452
Pandu	Kontrol	0.00	0.00	0.00
	1	1.079	1.075	1.077
	3	1.299	1.321	1.310

Lampiran 8b. Kadar Amilosa Pati Termodifikasi HCl (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	56.10	57.50	56.80
	1	49.00	48.66	48.83
	3	50.26	51.72	50.99
C-1	Kontrol	55.79	56.17	55.98
	1	48.23	47.89	48.06
	3	55.07	54.63	50.71
H-6	Kontrol	55.07	54.63	54.85
	1	47.50	47.80	47.65
	3	48.86	50.78	49.82
Pandu	Kontrol	49.98	51.68	50.83
	1	46.84	47.06	46.95
	3	45.59	46.05	45.82

Lampiran 9a. Daya serap air pati termodifikasi HCl (g/g)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	1.29	1.45	1.37
	1	1.42	1.38	1.40
	3	1.68	1.82	1.75
C-1	Kontrol	1.20	1.26	1.23
	1	1.40	1.52	1.46
	3	1.80	1.82	1.81
H-6	Kontrol	1.40	1.38	1.39
	1	1.46	1.54	1.50
	3	1.80	1.86	1.83
Pandu	Kontrol	1.45	1.37	1.41
	1	1.46	1.54	1.50
	3	2.10	2.08	2.09

Lampiran 9b. Daya serap minyak pati termodifikasi HCl (g/g)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	1.72	1.78	1.75
	1	1.99	1.95	1.97
	3	1.96	2.04	2.00
C-1	Kontrol	1.59	1.61	1.60
	1	1.70	1.74	1.72
	3	1.76	1.74	1.75
H-6	Kontrol	1.70	1.70	1.70
	1	1.85	1.91	1.88
	3	1.91	1.95	1.93
Pandu	Kontrol	1.88	1.94	1.91
	1	2.03	2.01	2.02
	3	2.15	2.05	2.10

Lampiran 10a. Kekuatan gel pati termodifikasi HCl (g)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	287	305	296
	1	450	444	447
	3	530	542	536
C-1	Kontrol	230	236	233
	1	380	450	415
	3	468	456	462
H-6	Kontrol	202	220	211
	1	351	337	344
	3	431	433	432
Pandu	Kontrol	180	162	71
	1	254	270	262
	3	70	58	64

Lampiran 10b. Rigiditas pati termodifikasi HCl (g/mm)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	37.76	40.13	38.945
	1	70.31	69.37	69.84
	3	82.81	84.69	83.75
C-1	Kontrol	30.26	31.05	30.655
	1	59.37	62.50	60.395
	3	73.12	71.25	72.185
H-6	Kontrol	26.50	28.95	27.725
	1	54.84	52.26	53.55
	3	67.34	67.66	67.50
Pandu	Kontrol	23.68	21.32	22.50
	1	36.69	42.19	39.44
	3	10.94	9.06	10.00

Lampiran 11a. Derajat putih pati termodifikasi α - amilase (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	89.50	88.50	89.00
	1	89.00	89.00	89.00
	3	90.50	90.50	90.50
C-1	Kontrol	86.00	87.00	86.50
	1	88.00	86.00	87.00
	3	88.00	88.00	88.00
H-6	Kontrol	88.50	88.50	88.50
	1	90.00	90.00	90.00
	3	89.00	90.00	89.50
Pandu	Kontrol	89.50	89.50	89.50
	1	90.50	92.00	91.25
	3	91.00	91.00	91.00

Lampiran 11b. Densitas kamba pati termodifikasi α - amilase (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	0.64	0.62	0.63
	1	0.64	0.62	0.63
	3	0.63	0.63	0.63
C-1	Kontrol	0.65	0.61	0.63
	1	0.61	0.61	0.61
	3	0.60	0.62	0.61
H-6	Kontrol	0.64	0.64	0.64
	1	0.64	0.62	0.63
	3	0.62	0.62	0.62
Pandu	Kontrol	0.69	0.67	0.68
	1	0.65	0.65	0.65
	3	0.64	0.64	0.64

Lampiran 12a. Sudut repos pati termodifikasi α - amilase ($^{\circ}$)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	30.54	30.62	30.58
	1	30.38	30.40	30.39
	3	29.88	29.88	29.88
C-1	Kontrol	30.15	27.85	29.00
	1	29.15	29.33	29.24
	3	29.00	29.08	29.04
H-6	Kontrol	30.90	30.68	30.79
	1	30.68	30.89	30.785
	3	29.87	30.03	29.95
Pandu	Kontrol	31.06	28.84	29.95
	1	29.98	29.94	29.96
	3	29.96	29.84	29.90

Lampiran 12b. Kadar air pati termodifikasi α - amilase (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	10.06	10.20	10.13
	1	10.56	10.38	10.47
	3	9.98	10.12	10.05
C-1	Kontrol	11.38	11.24	11.31
	1	10.04	10.21	10.125
	3	11.01	10.89	10.95
H-6	Kontrol	10.48	10.51	10.495
	1	11.01	10.89	10.95
	3	10.13	9.89	10.01
Pandu	Kontrol	10.75	10.65	10.70
	1	10.32	10.66	10.49
	3	11.10	10.81	10.955

Hal. Tiga (Tiga) dari (Tiga) halaman
 1. Diteliti mengenai berbagai cara untuk meningkatkan produksi pati
 2. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari berbagai faktor terhadap produksi pati
 3. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari berbagai faktor terhadap produksi pati
 4. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari berbagai faktor terhadap produksi pati
 5. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari berbagai faktor terhadap produksi pati
 6. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari berbagai faktor terhadap produksi pati
 7. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari berbagai faktor terhadap produksi pati
 8. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari berbagai faktor terhadap produksi pati
 9. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari berbagai faktor terhadap produksi pati
 10. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari berbagai faktor terhadap produksi pati

Lampiran 13a. Kadar abu pati termodifikasi α - amilase (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	0.18	0.18	0.18
	1	0.17	0.17	0.17
	3	0.20	0.16	0.18
C-1	Kontrol	0.17	0.19	0.18
	1	0.19	0.17	0.18
	3	0.16	0.16	0.16
H-6	Kontrol	0.19	0.15	0.17
	1	0.16	0.18	0.17
	3	0.19	0.15	0.17
Pandu	Kontrol	0.18	0.16	0.17
	1	0.17	0.17	0.17
	3	0.20	0.16	0.18

Lampiran 13b. Kadar total gula pati termodifikasi α - amilase (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	0.25	0.29	0.27
	1	1.35	1.39	1.37
	3	2.08	2.06	2.07
C-1	Kontrol	0.24	0.26	0.25
	1	0.81	0.80	0.805
	3	1.42	1.42	1.42
H-6	Kontrol	0.28	0.28	0.28
	1	1.15	1.19	1.17
	3	1.68	1.85	1.765
Pandu	Kontrol	0.26	0.28	0.27
	1	1.16	1.13	1.145
	3	1.91	1.95	1.93

Lampiran 14a. Kadar Maltosa Pati Termodifikasi α - amilase (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	0.00	0.00	0.00
	1	24.08	24.46	24.27
	3	30.46	30.56	30.51
C-1	Kontrol	0.00	0.00	0.00
	1	17.70	17.86	17.78
	3	23.84	23.98	23.91
H-6	Kontrol	0.00	0.00	0.00
	1	21.50	22.50	22.00
	3	27.20	27.36	27.28
Pandu	Kontrol	0.00	0.00	0.00
	1	22.68	19.62	21.15
	3	26.65	26.70	26.675

Lampiran 14b. Kadar Amilosa Pati Termodifikasi α - amilase (%)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	56.10	57.50	56.80
	1	39.02	38.38	38.70
	3	22.83	25.57	24.20
C-1	Kontrol	55.79	56.17	55.98
	1	37.82	38.00	37.91
	3	21.76	21.98	21.87
H-6	Kontrol	55.07	54.63	54.85
	1	37.18	37.34	37.26
	3	21.24	21.72	21.48
Pandu	Kontrol	49.98	51.68	50.83
	1	36.50	36.98	36.74
	3	20.23	20.95	20.59

Lampiran 15a. Daya serap air pati termodifikasi
 α - amilase (g/g)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	1.29	1.45	1.37
	1	1.73	1.79	1.76
	3	2.00	1.98	1.99
C-1	Kontrol	1.20	1.26	1.23
	1	1.59	1.63	1.61
	3	1.88	1.76	1.82
H-6	Kontrol	1.40	1.38	1.39
	1	1.68	1.72	1.70
	3	2.04	2.08	2.06
Pandu	Kontrol	1.45	1.37	1.41
	1	1.80	1.88	1.84
	3	2.15	2.19	2.17

Lampiran 15b. Daya serap minyak pati termodifikasi
 α - amilase (g/g)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	1.72	1.78	1.75
	1	2.02	2.00	2.01
	3	2.10	2.02	2.06
C-1	Kontrol	1.59	1.61	1.60
	1	1.81	1.63	1.72
	3	1.78	1.72	1.75
H-6	Kontrol	1.70	1.70	1.70
	1	1.98	1.98	1.98
	3	1.90	2.10	2.00
Pandu	Kontrol	1.88	1.94	1.91
	1	2.05	2.17	2.11
	3	2.19	2.11	2.15



Lampiran 16a. Kekuatan gel pati termodifikasi α - amilase (g)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	287	305	296
	1	190	200	195
	3	130	144	137
C-1	Kontrol	230	236	233
	1	105	113	109
	3	95	97	96
H-6	Kontrol	202	220	211
	1	120	138	129
	3	97	105	101
Pandu	Kontrol	180	162	171
	1	96	102	99
	3	92	86	89

Lampiran 16b. Rigiditas pati termodifikasi α - amilase (g/mm)

Varitas (%)	Lamanya modifikasi (jam)	U l a n g a n		R a t a a n
		1	2	
Arjuna	Kontrol	37.76	40.13	38.945
	1	29.69	31.25	30.47
	3	20.31	22.50	21.405
C-1	Kontrol	30.26	31.05	30.655
	1	16.41	17.66	17.035
	3	16.41	15.16	15.785
H-6	Kontrol	26.50	28.95	27.725
	1	18.75	21.56	21.155
	3	15.15	16.41	15.78
Pandu	Kontrol	23.68	21.32	22.50
	1	15.00	15.93	15.465
	3	14.38	13.44	13.91

Lampiran 17a. Analisa sidik ragam derajat putih pati termodifikasi HCL

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	37.828	3.439	9.170**	2.72	4.22
A	3	23.172	7.724	20.597**	3.49	5.95
B	2	13.578	6.789	18.104**	3.89	6.93
AB	6	1.078	0.180	0.479	3.0	4.82
Galat	12	4.500	0.375			
Total	23	42.328				

** berbeda sangat nyata

Lampiran 17b. Analisa sidik ragam derajat putih pati termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	48.125	4.375	11.351**	2.72	4.22
A	3	36.891	12.297	31.905**	3.49	5.95
B	2	7.906	3.953	10.257**	3.89	6.93
AB	6	3.328	0.555	1.439	3.00	4.82
Galat	12	4.625	0.385			
Total	23	52.750				

Lampiran 17c. Pengaruh varitas sumber pati terhadap derajat putih pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi*			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Pandu	90.5	90.5833	A	A	A	A
Arjuna	89.8333	89.5	AB	B	A	AB
H-6	89.5	89.3333	B	B	A	B
C-1	87.8333	87.1666	C	C	B	C

Lampiran 18a. Pengaruh waktu hidrolisa terhadap derajat putih pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi*			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
3 jam	90.125	89.75	A	A	A	A
1 jam	89.75	89.3125	A	A	A	AB
Kontrol	88.375	88.375	B	B	B	B

Lampiran 18b. Pengaruh kombinasi varitas dengan waktu hidrolisa terhadap derajat putih pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
a4b2	90.5	91.25	AB	A	AB	A
a4b3	91.5	91	A	AB	A	A
a1b3	90.5	90.5	AB	ABC	AB	AB
a3b2	90	90	AB	ABCD	BC	ABC
a4b1	89.5	89.5	AB	ABCD	BCD	BCD
a3b3	90	89.5	AB	ABCD	BC	BCD
a1b2	90	89	AB	BCDE	BC	CDE
a1b1	89	89	B	BCDE	CD	CDE
a3b1	88.5	88.5	B	CDEF	D	DE
a2b3	88.5	88.5	B	DEF	D	EF
a2b2	88.5	87	B	EF	D	FG
a2b1	86.5	86.5	C	F	E	G

^a Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan pengaruh antar perlakuan

Lampiran 19a. Analisa sidik ragam densitas kamba pati termodifikasi HCl

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	0.012	0.001	3.875*	2.72	4.22
A	3	0.008	0.003	10.148**	3.49	5.95
B	2	0.002	0.001	3.984*	3.89	6.93
AB	6	0.001	0.0002	0.702	3.0	4.82
Galat	12	0.003	0.0003			
Total	23	0.015				

* Berbeda nyata

** Berbeda sangat nyata

Lampiran 19b. Analisa Sidik Ragam Densitas Kamba Pati Termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	0.008	0.001	4.687**	2.72	4.22
A	3	0.005	0.002	11.258**	3.49	5.95
B	2	0.002	0.001	5.771*	3.89	6.93
AB	6	0.001	0.0002	1.040	3.00	4.82
Galat	12	0.002	0.0004			
Total	23	0.010				

Lampiran 19c. Pengaruh varitas sumber pati terhadap densitas kamba pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi*			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Pandu	0.66	0.6566	A	A	A	A
H-6	0.6333	0.6300	AB	B	B	B
Arjuna	0.6266	0.6299	B	B	BC	B
C-1	0.6083	0.6166	B	B	C	B

Lampiran 21a. Analisa sidik ragam sudut repos pati termodifikasi HCL

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	6.543	0.595	1.273	2.72	4.22
A	3	3.271	1.090	2.334	3.49	5.95
B	2	0.107	0.054	0.115	3.89	6.93
AB	6	3.164	0.527	1.129	3.0	4.82
Galat	12	5.605	0.467			
Total	23	12.148				

Lampiran 21b. Analisa sidik ragam sudut repos pati termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	8.467	0.770	1.776	2.72	4.22
A	3	6.938	2.313	5.335*	3.49	5.95
B	2	0.824	0.412	0.951	3.89	6.93
AB	6	0.705	0.118	0.271	3.00	4.82
Galat	12	5.201	0.433			
Total	23	13.668				

Lampiran 21c. Pengaruh varitas sumber pati terhadap sudut repos pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
H-6	30.48334	30.50833	A	A	A	A
Arjuna	30.28667	30.28333	A	AB	AB	A
Pandu	29.935	29.93667	A	AB	AB	A
C-1	29.51334	29.09334	A	B	B	B

*Nilai F hitung lebih besar dari nilai F tabel pada taraf signifikansi 5% dan 1% menunjukkan perlakuan tersebut berpengaruh signifikan terhadap sudut repos pati termodifikasi HCL dan α -amilase.

Lampiran 22a. Pengaruh waktu hidrolisa terhadap sudut repos pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Kontrol	30.08	30.08	A	A	A	A
1 jam	30.1212	30.0937	A	A	A	A
3 jam	29.9625	29.6925	A	A	A	A

Lampiran 22b. Pengaruh kombinasi varitas dengan waktu hidrolisa terhadap sudut repos pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
a3b2	30.9	30.785	A	A	A	A
a3b1	30.79	30.79	A	A	A	A
a1b1	30.58	30.58	A	A	AB	AB
a1b2	30.29	30.39	A	A	AB	AB
a2b3	30.14	29.04	A	A	AB	B
a1b3	29.99	29.88	A	A	AB	AB
a4b3	29.96	29.9	A	A	AB	AB
a4b1	29.95	29.95	A	A	AB	AB
a4b2	29.895	29.96	A	A	AB	AB
a3b3	29.76	29.95	A	A	AB	AB
a2b2	29.4	29.24	A	A	AB	AB
a2b1	29	29	A	A	B	B

Lampiran 23a. Analisa sidik ragam daya serap air pati termodifikasi HCL

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	1.450	0.132	34.243**	2.72	4.22
A	3	0.258	0.086	22.320**	3.49	5.95
B	2	1.114	0.557	144.629**	3.89	6.93
AB	6	0.079	0.013	3.410*	3.0	4.82
Galat	12	0.046	0.004			
Total	23	1.496				

Lampiran 23b. Analisa sidik ragam daya serap air pati termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	1.980	0.180	64.306*	2.72	4.22
A	3	0.199	0.066	23.677*	3.49	5.95
B	2	1.754	0.877	313.364*	3.89	6.93
AB	6	0.027	0.004	1.602	3.00	4.82
Galat	12	0.034	0.003			
Total	23	2.014				

Lampiran 23c. Pengaruh varitas sumber pati terhadap daya serap air pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perlakuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Pandu	1.7566	1.8066	A	A	A	A
H-6	1.5733	1.7166	B	AB	B	B
Arjuna	1.5066	1.7066	B	B	B	B
C-1	1.5	1.5533	B	C	B	C

Lampiran 25b. Analisa sidik ragam daya serap minyak pati termodifikasi HCl

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	0.519	0.047	34.129**	2.72	4.22
A	3	0.325	0.108	78.237**	3.49	5.95
B	2	0.184	0.092	66.582**	3.89	6.93
AB	6	0.010	0.002	1.257	3.0	4.82
Galat	12	0.017	0.001			
Total	23	0.536				

Lampiran 25b. Analisa sidik ragam daya serap minyak pati termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	0.736	0.067	14.438**	2.72	4.22
A	3	0.421	0.140	30.300**	3.49	5.95
B	2	0.293	0.147	31.643**	3.89	6.93
AB	6	0.021	0.004	0.772	3.00	4.82
Galat	12	0.056	0.005			
Total	23	0.791				

Lampiran 25c. Pengaruh varitas sumber pati terhadap daya serap minyak pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perlakuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Pandu	2.01	2.0566	A	A	A	A
Arjuna	1.9066	1.94	B	AB	B	B
H-6	1.8366	1.8933	C	B	C	B
C-1	1.69	1.69	D	C	D	C

Lampiran 26a. Pengaruh waktu hidrolisa terhadap daya serap minyak pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Kontrol	1.74	1.74	B	B	C	B
1 jam	1.8975	1.955	A	A	B	A
3 jam	1.945	1.99	A	A	A	A

Lampiran 26b. Pengaruh kombinasi varitas dengan waktu hidrolisa terhadap daya serap minyak pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
a4b3	2.1	2.15	A	A	A	A
a4b2	2.02	2.11	AB	AB	AB	AB
a1b3	2	2.06	ABC	AB	BC	ABC
a1b2	1.97	2.01	BC	AB	BCD	ABC
a3b3	1.93	2	BC	AB	CDE	ABC
a4b1	1.91	1.91	BC	AB	DE	BC
a3b2	1.88	1.98	C	BC	E	C
a1b1	1.75	1.75	D	CD	F	D
a2b3	1.75	1.75	D	CD	F	D
a2b2	1.72	1.72	D	CD	F	D
a3b1	1.7	1.7	DE	CD	F	D
a2b1	1.6	1.6	E	D	G	D

Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan kunjungi website kami di www.ipb.ac.id.
 1. Dilindungi undang-undang sebagai hak kekayaan intelektual.
 2. Diperoleh dengan izin dari IPB University.
 3. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk diperjualbelikan.
 4. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk diperjualbelikan.
 5. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk diperjualbelikan.
 6. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk diperjualbelikan.
 7. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk diperjualbelikan.
 8. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk diperjualbelikan.
 9. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk diperjualbelikan.
 10. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan tidak diperbolehkan untuk diperjualbelikan.

Lampiran 27a. Analisa sidik ragam kadar air pati termodifikasi HCL

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	19.559	1.778	246.881**	2.72	4.22
A	3	5.128	1.709	237.333**	3.49	5.95
B	2	10.478	5.239	727.441**	3.89	6.93
AB	6	3.953	0.659	91.469**	3.0	4.82
Galat	12	0.086	0.007			
Total	23	19.645				

Lampiran 27b. Analisa sidik ragam kadar air pati termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	3.678	0.334	7.350**	2.72	4.22
A	3	0.967	0.322	7.082**	3.49	5.95
B	2	0.242	0.121	2.662	3.89	6.93
AB	6	2.469	0.412	9.047**	3.00	4.82
Galat	12	0.546	0.045			
Total	23	4.224				

Lampiran 27c. Pengaruh varitas sumber pati terhadap kadar air pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perlakuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
C-1	11.41	10.6933	A	A	A	A
Pandu	11.3066	10.715	B	A	B	A
H-6	10.5583	10.485	C	AB	C	A
Arjuna	10.1933	10.2166	D	B	D	B

Lampiran 29a. Analisa sidik ragam kadar abu pati termodifikasi HCl

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	0.002	0.0002	1.082	2.72	4.22
A	3	0.0003	0.0001	0.333	3.49	5.95
B	2	0.001	0.0005	1.454	3.89	6.93
AB	6	0.001	0.0002	1.334	3.00	4.82
Galat	12	0.002	0.0002			
Total	23	0.0063				

Lampiran 29b. Analisa sidik ragam kadar abu pati termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	0.001	0.001	0.359	2.72	4.22
A	3	0.002	0.0009	0.301	3.49	5.95
B	2	0.001	0.0005	0.190	3.89	6.93
AB	6	0.001	0.0002	0.445	3.00	4.82
Galat	12	0.004	0.003			
Total	23	0.009				

Lampiran 29c. Pengaruh varietas sumber pati terhadap kadar abu pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perlakuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
C-1	0.1833	0.18	A	A	A	A
H-6	0.1833	0.1733	A	A	A	A
Pandu	0.18	0.1733	A	A	A	A
Arjuna	0.1766	0.17	A	A	A	A

Lampiran 30a. Pengaruh waktu hidrolisa terhadap kadar abu pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
3 jam	0.1875	0.1725	A	A	A	A
1 jam	0.1775	0.1725	A	A	A	A
Kontrol	0.1775	0.1725	A	A	A	A

Lampiran 30b. Pengaruh kombinasi varitas dengan waktu hidrolisa terhadap kadar abu pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
a4b3	0.19	0.18	A	A	A	A
a1b1	0.19	0.19	A	A	A	A
a2b3	0.19	0.16	A	A	A	A
a3b3	0.19	0.17	A	A	A	A
a3b2	0.19	0.17	A	A	A	A
a4b2	0.18	0.17	A	A	A	A
a2b1	0.18	0.18	A	A	A	A
a1b3	0.18	0.18	A	A	A	A
a2b2	0.18	0.18	A	A	A	A
a4b1	0.17	0.17	A	A	A	A
a3b1	0.17	0.17	A	A	A	A
a1b2	0.16	0.17	A	A	A	A

Lampiran 31a. Analisa sidik ragam kadar total gula pati termodifikasi HCL

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	0.475	0.043	203.407**	2.75	4.30
A	3	0.187	0.062	293.469**	3.49	5.95
B	2	0.204	0.102	480.273**	3.89	6.93
AB	6	0.084	0.104	66.089**	3.0	4.82
Galat	12	0.003	0.000			
Total	23	0.478				

Lampiran 31b. Analisa sidik ragam kadar total gula pati termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	10.192	0.927	639.884**	2.75	4.30
A	3	0.534	0.178	122.853**	3.49	5.95
B	2	9.397	4.698	3244.673**	3.89	6.93
AB	6	0.262	0.044	30.137**	3.0	4.82
Galat	12	0.017	0.001			
Total	23	10.209				

Lampiran 31c. Pengaruh varitas sumber pati terhadap kadar total gula pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perlakuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Arjuna	4.2033	1.2363	A	A	A	A
H-6	2.59	1.113	C	B	C	B
Pandu	3.59	1.072	B	B	B	B
C-1	1.8133	0.8256	D	C	D	C

Lampiran 32a. Pengaruh waktu hidrolisa terhadap kadar total gula pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
3 jam	0.49025	1.79675	A	A	A	A
1 jam	0.411	1.121	B	B	B	B
Kontrol	0.2675	0.2675	C	C	C	C

Lampiran 32b. Pengaruh kombinasi varitas dengan waktu hidrolisa terhadap kadar total gula pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
a1b3	0.648	2.07	A	A	A	A
a1b2	0.586	1.369	B	D	B	D
a3b3	0.581	1.767	B	C	B	C
a3b2	0.468	1.169	C	E	C	E
a4b3	0.435	1.928	C	B	D	B
a4b2	0.315	1.141	D	E	E	E
a2b3	0.297	1.422	DE	D	EF	D
a2b2	0.28	0.805	DE	F	FG	F
a3b1	0.275	0.28	DE	G	FG	G
a4b1	0.27	0.27	DE	G	FG	G
a1b1	0.27	0.27	DE	G	FG	G
a2b1	0.25	0.25	E	G	G	G

Lampiran 33a. Analisa sidik ragam kadar maltosa pati termodifikasi HCL

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	9.517	0.865	3238.016**	2.75	4.30
A	3	1.470	0.490	1833.748**	3.49	5.95
B	2	7.299	3.649	13658.734**	3.89	6.93
AB	6	0.748	0.125	466.578**	3.0	4.82
Galat	12	0.003	0.000			
Total	23	9.520				

Lampiran 33b. Analisa sidik ragam kadar maltosa pati termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	3511.439	319.222	5760.053**	2.75	4.30
A	3	68.986	22.995	414.928**	3.49	5.95
B	2	3381.403	1690.701	30507.106**	3.89	6.93
AB	6	61.050	10.175	183.599**	3.00	4.82
Galat	12	0.665	0.055			
Total	23	3512.104				

Lampiran 33c. Pengaruh varitas sumber pati terhadap kadar maltosa pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perlakuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Arjuna	1.0403	18.26	A	A	A	A
H-6	0.881	16.4267	B	C	B	C
Pandu	0.7957	17.785	C	B	C	B
C-1	0.3713	13.8967	D	D	D	D

Lampiran 34a. Pengaruh waktu hidrolisa terhadap kadar maltosa pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
3 jam	1.2535	27.09375	A	A	A	A
1 jam	1.0627	22.6825	B	B	B	B
Kontrol	0.0000	0.0000	C	C	C	C

Lampiran 34b. Pengaruh kombinasi varitas dengan waktu hidrolisa terhadap kadar maltosa pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
a1b3	1.628	30.51	A	A	A	A
a1b2	1.493	24.27	B	C	B	D
a3b3	1.452	27.28	B	B	C	B
a4b3	1.31	26.675	C	B	D	C
a3b2	1.91	24.27	D	C	E	D
a4b2	1.077	23.91	E	C	F	D
a2b3	0.624	22.00	F	D	G	E
a2b2	0.49	17.78	G	E	H	F
a4b1	0	0	H	F	I	G
a3b1	0	0	H	F	I	G
a2b1	0	0	H	F	I	G
a1b1	0	0	H	F	I	G

Lampiran 35a. Analisa sidik ragam kadar amilosa pati termodifikasi HCl

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Kuadrat hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	281.457	25.587	46.456**	2.72	4.22
A	3	66.293	22.098	40.121**	3.49	5.95
B	2	201.262	100.631	182.706**	3.89	6.93
AB	6	13.902	2.317	4.207*	3.00	4.82
Galat	12	6.609	0.551			
Total	23	288.066				

Lampiran 35b. Analisa sidik ragam kadar amilosa pati termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Kuadrat hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	4396.336	399.667	1421.038**	2.72	4.22
A	3	36.668	12.223	43.458**	3.49	5.95
B	2	4345.395	2172.697	25.146**	3.89	6.93
AB	6	14.273	2.379	8.458**	3.0	4.82
Galat	12	3.375	0.281			
Total	23	4399.711				

Lampiran 35c. Pengaruh varitas sumber pati terhadap kadar amilosa pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perlakuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Arjuna	52.2066	39.4	A	A	A	A
C-1	51.5833	38.5866	AB	AB	AB	AB
H-6	50.7733	37.8633	B	B	B	B
Pandu	47.8666	36.0533	C	C	C	C

Lampiran 36a. Pengaruh waktu hidrolisa terhadap kadar amilosa pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Kontrol	54.615	54.615	A	A	A	A
3 jam	49.335	21.66	B	C	B	C
1 jam	47.8725	37.6525	B	B	C	B

Lampiran 36b. Pengaruh kombinasi varitas dengan waktu hidrolisa terhadap kadar amilosa pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
a1b1	56.8	56.8	A	A	A	A
a2b1	55.98	55.98	A	AB	AB	AB
a3b1	54.85	54.85	A	B	B	B
a1b3	50.99	22.7	B	F	C	F
a4b1	50.83	50.83	B	C	C	C
a2b3	50.71	21.87	B	FG	C	FG
a3b3	49.82	21.48	BC	FG	CD	GH
a1b2	48.83	38.7	BCD	D	DE	D
a2b2	48.06	37.91	CDE	DE	EF	DE
a3b2	47.65	37.26	CDE	DE	EF	E
a4b2	46.95	36.74	DE	E	FG	E
a4b3	45.82	20.59	E	G	G	H

Lampiran 37a. Analisa sidik ragam kekuatan gel pati termodifikasi HCL

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Kuadrat hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	424181.25	38561.93	375.881**	2.72	4.22
A	3	221645.25	73881.75	720.159**	3.49	5.95
B	2	104252.25	52126.12	508.097**	3.89	6.93
AB	6	98283.75	16380.62	159.669**	3.00	4.82
Galat	12	1128.50	102.59			
Total	23	425347.25				

Lampiran 37b. Analisa sidik ragam kekuatan gel pati termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Kuadrat hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	95918.00	8719.82	114.233**	2.72	4.22
A	3	26067.31	8689.10	113.831**	3.49	5.95
B	2	65611.00	32805.50	429.765**	3.89	6.93
AB	6	4239.69	706.61	9.257**	3.00	4.82
Galat	12	76.33				
Total	23	96834.00				

Lampiran 37c. Pengaruh varitas sumber pati terhadap kekuatan gel pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Arjuna	426.333	209.333	A	A	A	A
H-6	329	147	C	B	C	B
C-1	361.666	146	B	B	B	B
Pandu	165.666	119.666	D	C	D	C

Lampiran 38a. Pengaruh waktu hidrolisa terhadap kekuatan gel pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Kontrol	227.75	227.75	A	C	A	C
1 jam	133	360.75	B	B	B	B
3 jam	105.75	373.5	C	A	C	A

Lampiran 38b. Pengaruh kombinasi varitas dengan waktu hidrolisa terhadap kekuatan gel pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
a1b3	536	137	A	E	A	E
a2b3	462	96	B	G	B	F
a1b2	447	195	B	CD	BC	C
a3b3	432	101	B	FG	C	F
a2b2	390	109	C	EFG	D	F
a3b2	344	129	D	EF	E	E
a1b1	296	296	E	A	F	A
a4b2	262	99	F	G	G	F
a2b1	233	233	FG	B	H	B
a3b1	211	211	G	BC	I	C
a4b1	171	171	H	D	J	D
a4b3	64	89	I	G	K	F

Hasil Cipta Produk/Inovasi...
1. Dilakukan dengan cara...
2. Pengujian...
3. Pengujian...
4. Pengujian...
5. Pengujian...
6. Pengujian...
7. Pengujian...
8. Pengujian...
9. Pengujian...
10. Pengujian...

Lampiran 39a. Analisa sidik ragam rigiditas pati termodifikasi HCl

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	11759.367	1069.033	337.312**	2.72	4.22
A	3	5307.922	1769.307	558.270**	3.49	5.95
B	2	3967.383	1983.691	625.914**	3.89	6.93
AB	6	2484.063	414.010	130.633**	3.0	4.82
Galat	12	38.031	3.169			
Total	23	11797.398				

Lampiran 39b. Analisa sidik ragam rigiditas pati termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	1355.711	123.246	75.081**	2.72	4.22
A	3	545.938	181.979	110.860**	3.49	5.95
B	2	735.662	367.831	224.080**	3.89	6.93
AB	6	74.111	12.352	7.525**	3.00	4.82
Galat	12	19.698	1.642			
Total	23	1375.409				

Lampiran 39c. Pengaruh varitas sumber pati terhadap rigiditas pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Arjuna	64.1783	30.2733	A	A	A	A
C-1	54.5916	21.22	B	B	B	B
H-6	49.5916	21.1583	C	B	C	B
Pandu	23.98	17.2916	D	C	D	C

Lampiran 40a. Pengaruh waktu hidrolisa terhadap rigiditas pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			5%		1%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
3 jam	58.3587	29.9562	A	C	A	C
1 jam	55.9412	20.7812	B	B	B	B
Kontrol	29.9562	16.72	C	A	C	A

Lampiran 40b. Pengaruh kombinasi varitas dengan waktu hidrolisa terhadap rigiditas pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan ,	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
a1b3	83.75	21.405	A	C	A	D
a2b3	72.185	15.785	B	E	B	EF
a1b2	69.84	30.47	B	B	BC	BC
a3b3	67.5	15.78	B	E	C	EF
a2b2	60.935	17.035	C	BE	D	F
a3b2	53.55	20.155	D	CD	E	D
a4b2	39.44	15.465	E	E	F	EF
a1b1	38.945	38.945	E	A	F	A
a2b1	30.655	30.655	F	B	G	B
a3b1	27.725	27.725	FG	B	G	C
a4b1	22.5	22.5	G	C	H	D
a4b3	10	13.91	H	E	I	F

Lampiran 41a. Analisa sidik ragam suhu gelatinisasi pati termodifikasi HCl

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	4.805	0.437	27.955**	2.72	4.22
A	3	2.219	0.740	47.333**	3.49	5.95
B	2	2.289	1.145	73.250**	3.89	6.93
AB	6	0.297	0.049	3.167**	3.0	4.82
Galat	12	0.188	0.016			
Total	23	4.992				

Lampiran 41b. Analisa sidik ragam suhu gelatinisasi pati termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	76.961	6.996	671.659**	2.72	4.22
A	3	2.211	0.737	70.750**	3.49	5.95
B	2	74.320	37.160	3567.375**	3.89	6.93
AB	6	0.430	0.072	6.875**	3.0	4.82
Galat	12	0.125	0.010			
Total	23	77.086				

Lampiran 41c. Pengaruh varitas sumber pati terhadap suhu gelatinisasi pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perlakuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Pandu	69.25	71.375	A	A	A	A
C-1	68.625	70.5416	B	C	B	D
Arjuna	68.541	70.9583	B	B	B	B
H-6	68.5	70.7916	B	B	B	C

Lampiran 42a. Pengaruh waktu hidrolisa terhadap suhu gelatinisasi pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
3 jam	69.15625	72.34375	A	A	A	A
1 jam	68.59375	71.96875	B	B	B	B
Kontrol	68.4375	68.4375	B	C	C	C

Lampiran 42b. Pengaruh kombinasi varitas dengan waktu hidrolisa terhadap kadar suhu gelatinisasi termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
a4b3	69.5	72.75	A	A	A	A
a4b2	69.25	72.375	AB	BC	AB	B
a1b3	69.125	72.625	AB	A	B	A
a4b1	69	69	BC	G	B	F
a3b3	69	72.25	BC	CD	B	B
a2b3	69	71.75	BC	EF	B	DE
a2b2	68.625	71.625	CD	F	C	E
a3b2	68.25	71.875	D	EF	D	CD
a3b1	68.25	68.25	D	H	D	G
a2b1	68.25	68.25	D	H	D	G
a1b2	68.25	72	D	DE	D	C
a1b1	68.25	68.25	D	H	D	G

Halo, saya mahasiswa jurusan pertanian di salah satu perguruan tinggi di Indonesia. Saya ingin bertanya mengenai cara melakukan uji Duncan. Apakah ada cara lain selain menggunakan uji Duncan? Terima kasih.

Lampiran 43a. Analisa sidik ragam viskositas panas pati termodifikasi HCl

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	1716783	156071.18	2046.835**	2.72	4.22
A	3	769085	256361	3362.12**	3.49	5.95
B	2	838057	419028.5	5495.456**	3.89	6.93
AB	6	109641	18273.5	239.652*	3.00	4.82
Galat	12	915	76.25			
Total	23	1717698				

Lampiran 43b. Analisa sidik ragam viskositas panas pati termodifikasi α - amilase

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat tengah	Nilai-F hitung	Nilai-F tabel	
					.05	.01
Perlakuan	11	1153836	104894.18	2239.733**	2.72	4.22
A	3	995370	331790	7084.484**	3.49	5.95
B	2	90776	45388	969.139**	3.89	6.93
AB	6	67690	11281.66	240.890**	3.0	4.82
Galat	12	562	46.73			
Total	23	1154398				

Lampiran 43c. Pengaruh varitas sumber pati terhadap viskositas panas pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Arjuna	924.167	1015.833	A	A	A	A
C-1	774.167	985	B	B	B	B
Pandu	757.5	967.5	C	C	C	C
H-6	433.333	520.833	D	D	D	D

Lampiran 44a. Pengaruh waktu hidrolisa terhadap viskositas panas pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
Kontrol	946.875	946.875	A	A	A	A
1 jam	730.625	873.75	B	B	B	B
3 jam	489.375	796.25	C	C	C	C

Lampiran 44b. Pengaruh kombinasi varitas dengan waktu hidrolisa terhadap kadar viskositas panas pati termodifikasi dengan uji Duncan

Perla- kuan	rata-rata		taraf signifikansi ^a			
			1%		5%	
	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase	HCl	α -amilase
a1b1	1122.5	1122.5	A	A	A	A
a4b1	1115	1115	A	B	A	A
a2b1	1005	1005	B	BC	B	B
a1b2	965	977.5	C	D	C	CD
a2b2	820	985	D	CD	D	C
a1b3	685	947.5	E	E	E	E
a4b2	680	1010	E	B	E	B
a3b1	545	545	F	G	F	G
a2b3	497.5	965	G	DE	G	D
a4b3	477.5	777.5	F	GH	H	F
a3b2	457.5	522.5	H	H	I	H
a3b3	297.5	495	I	I	J	I