

**MEMPELAJARI POLA AMYLOGRAFI DAN PEMBENTUKAN GEL  
DARI TAPIOKA TERMODIFIKASI DENGAN ENZIM  $\alpha$ -AMILASE**

**(THE STUDIES ON AMYLOGRAPHI AND GEL FORMATION PATTERN  
FROM MODIFICATION TAPIOCA STARCH WITH  $\alpha$ -AMYLASE ENZYME)**

Armami

Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia FMIPA  
Universitas Andalas Padang

**RINGKASAN**

Modifikasi tapioka dengan enzim  $\alpha$ -amilase menghasilkan tapioka termodifikasi dengan sifat yang berbeda dengan tapioka yang belum dimodifikasi dan berbeda dengan tapioka teroksidasi. Perubahan ini dapat dilihat pada pola amilografi dan pola pembentukan gelnya. Tapioka termodifikasi mempunyai penampakan fisik dan bentuk gel dengan warna yang buram sama dengan tapioka yang belum dimodifikasi sedangkan gel tapioka teroksidasi gelnya transparan.

Dari amilografi terlihat bahwa suhu gelatinisasi dan suhu granula pecah tapioka termodifikasi lebih tinggi dari tapioka yang belum dimodifikasi, sedangkan viskositas optimumnya (1200 - 1780 BU) lebih rendah dari tapioka yang belum dimodifikasi (2460 BU) tapi lebih tinggi dibandingkan dengan tapioka teroksidasi (10 - 1140 BU).

Pola pembentukan gel tapioka termodifikasi memperlihatkan bahwa kekuatan gel dan rigiditas gel lebih rendah dari tapioka yang belum dimodifikasi. Pada konsentrasi gel 15% tapioka termodifikasi mempunyai kekuatan gel (40,32 - 93,02 g) dan rigiditas gel (10 - 1140 g/mm), sedangkan tapioka yang belum dimodifikasi mempunyai kekuatan gel 224,50 g dan rigiditas gel 9,35 g/mm.

**ABSTRACT**

The modification of tapioca starch by enzyme  $\alpha$ -amylase showed different properties compared with unmodified one. Its caused of the amylography and gel formation pattern was changes. The modified tapioca starch had physics performance and untransparent gel formation same with unmodified starch, but different with oxidized tapioca starch had transparent gel formation.

Amylography pattern of modified tapioca starch showed higer gelatinization temperature and breaking granule temperature and lower optimum viscosity. The range of optimum viscosity modified tapioca starch was showed at 1200-1780 BU and unmodified tapioca starch (2460 BU).

Pattern of gel formation from modified tapioca starch was showed lower hardness and gel breaking strength to compared with unmodified tapioca starch. The modified tapioca starch had gel hardness in the range 40.32 - 93.02 g and gel breaking strength in the range 1.75 - 4.45 g/mm to compared unmodified starch had gel hardness is 224.50 g and gel breaking strength is 9.35 g/mm, at gel concentration 15%.

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan tapioka dalam industri makanan sangat terbatas karena tapioka mempunyai sifat-sifat antara lain viskositas tinggi, sangat kohesif, stabil pada suhu rendah dan tidak tahan bila terdapat dalam makanan pada pH rendah. Untuk memperoleh sifat tapioka yang diinginkan dapat dilakukan modifikasi baik secara kimia, fisika ataupun secara mekanik. Modifikasi dirancang untuk mengubah karakteristik gelatinisasi, hubungan kepadatan dan kekentalan kecenderungan membentuk gel pada dispersi pati dan kekuatan menahan air pada dispersi pati pada suhu rendah, ketahanan dispersi terhadap penurunan kekentalan oleh asam ataupun kerusakan secara fisik.

Modifikasi yang telah dilakukan terhadap tapioka adalah mengoksidasi tapioka menggunakan natrium hipoklorit diperoleh tapioka teroksidasi, dimana proses oksidasi mengakibatkan terjadi perubahan gugus fungsi dari alkohol sekunder menjadi aldehid atau asam karboksilat pada unit glukosa dari rantai pati tidak terjadi pemutusan rantai dan tapioka teroksidasi mempunyai pola pembentukan gel dan pola amylografi yang berbeda dengan tapioka aslinya (Armaini, 1994) dan telah pula dilakukan modifikasi dengan menggunakan enzim  $\alpha$ -amilase diperoleh pati termodifikasi dan juga dihasilkan glukosa, maltosa dan  $\alpha$ -dekstrin akibat terjadinya pemutusan rantai dari amilosa (Armaini, 1992).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana bentuk atau pola amylografi dari tapioka yang dimodifikasi menggunakan enzim  $\alpha$ -amilase dalam hal ini mencakup suhu gelatinisasi, suhu granula pecah dan viskositas optimum dan juga untuk mengetahui pola pembentukan gel yang mencakup kekuatan gel dan rigiditas gel.

Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh manfaat sebagai berikut: Dapat memberikan informasi untuk industri pangan, bahwa tapioka termodifikasi dengan  $\alpha$ -amilase dapat digunakan sebagai bahan pengisi pudding bahan pengental ice cream dan bahan produk sejenis mie, atau dapat juga digunakan untuk bahan pengental atau pengisi untuk produk pangan yang tidak memerlukan gel yang transparan karena tapioka termodifikasi ini membentuk gel yang tidak begitu transparan mempunyai viskositas, kekuatan gel dan rigiditas yang rendah dibandingkan

tapioka yang tidak dimodifikasi tetapi lebih tinggi dibandingkan dengan tapioka yang dimodifikasi dengan natrium hipoklorit.

## TINJAUAN PUSTAKA

### *Pati Termodifikasi*

Pati termodifikasi adalah pati yang diberi perlakuan tertentu dengan tujuan untuk menghasilkan sifat yang lebih baik untuk memperbaiki sifat lainnya (Glicksman, 1969). Perlakuan ini dapat mencakup penggunaan panas, asam, alkali, zat pengoksidasi atau bahan kimia lainnya yang menghasilkan gugus kimia baru atau perubahan bentuk, ukuran serta struktur molekul pati.

Pati dapat dimodifikasi dengan beberapa cara diantaranya dengan hidrolisis menggunakan asam dan enzim, Cross linking atau cross-bonding, thin-boiling starch, pregelatinized, oksidasi dan substitusi.

### *Pati Termodifikasi $\alpha$ -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  $\alpha$ -amilase.  $\alpha$ -amilase adalah endo-enzim yang bekerja memutus ikatan  $\alpha$ -1,4 secara acak dibagian dalam molekul amilosa dan amilopektin. Sifat dan mekanisme kerjanya tergantung pada sumbernya. Umumnya  $\alpha$ -amilase memotong ikatan dibagian tengah rantai sehingga menurunkan kemampuan pati mengikat zat warna iodium dan kekentalan larutan dengan cepat. Hidrolisis dengan  $\alpha$ -amilase menyebabkan amilosa terurai menjadi maltosa dan maltotriosa. Maltotriosa kemudian terurai lagi pada tahap berikutnya menjadi maltosa dan glukosa (Forgerty, 1983).

Kerja  $\alpha$ -amilase pada amilosa berlangsung dalam dua tahap: pertama,

degradasi sempurna dan cepat menjadi maltosa dan maltotriosa. Tahap amilolisis ini adalah hasil serangan enzim secara acak, ciri penguraiannya adalah penurunan kekentalan dan kemampuan mengikat iodium dengan sangat cepat. Tahap kedua jauh lebih lambat dari yang pertama dan meliputi hidrolisis oligosakarida dengan pembentukan glukosa dan maltosa (Forgerty, 1983).

$\alpha$ -amilase atau  $\alpha$ -1,4-glukan hidrolase (EC. 3.2.1.1) terdapat pada jaringan tanaman, mamalia dan mikroba. Sumber enzim  $\alpha$ -amilase yang diekstrak dari mikroba antara lain dijumpai pada *Bacillus subtilis*, *Bacillus mecerans*, *Bacillus stearotherophilus*, *Bacillus polymixa*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger* dan *Aspergillus candidas* (Reilly, 1985).

## BAHAN DAN METODA

### Bahan

Bahan baku utama yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah tepung tapioka yang berkualitas baik yang dibeli langsung di pabrik tapioka di Padang, bahan kimia yang digunakan untuk modifikasi adalah enzim  $\alpha$ -amilase yang berasal dari *Bacillus subtilis* yang diproduksi oleh NOVO Chemical Company Denmark, buffer fosfat, NaCl, asam asetat dan etanol.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tahap pengerjaan sebagai berikut :

1. Persiapan sampel tapioka
2. Modifikasi dengan enzim  $\alpha$ -amilase (Armaini, 1992).
3. Pengukuran kekuatan dan rigiditas gel dengan alat texture analyzer (Steven-LFRA, Inggris)
4. Penentuan pola amilografi dengan alat brabender viscoamylograph Duisberg Type D-4100 meliputi; suhu awal gelatinisasi, suhu granula pecah, viskositas optimum.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses modifikasi dengan enzim  $\alpha$ -amilase diperoleh pati tapioka termodifikasi dengan penampakan yang sama dengan tapioka yang belum dimodifikasi yaitu berupa tepung yang

berwarna putih. Hasil pengamatan dengan mikroskop polarisasi ternyata tapioka termodifikasi dengan enzim  $\alpha$ -amilase mengalami kehilangan sifat pembiasan gandanya (Birefringence). Kerusakan terjadi pada daerah hilum dan sekelilingnya serta pinggirannya dan juga terlihatnya saluran-saluran pada permukaan granula. Hal ini disebabkan oleh terjadinya penetrasi enzim kedalam granula yang mengakibatkan terjadinya kerusakan dari struktur granula pati (Gallant, et. al., 1972). Menurut Knutson, et. al. (1982), terjadi penyerapan  $\alpha$ -amilase oleh granular pati hal ini menyebabkan terjadi hidrolisis pada pati.

### Suhu Gelatinisasi Tapioka Termodifikasi

Suhu gelatinisasi (SG) adalah suhu pada saat pertama kali viskositas naik tajam. Suhu gelatinisasi menunjukkan suhu dimulainya proses gelatinisasi. Peningkatan viskositas terjadi disebabkan karena terjadinya pembengkakan granula pati yang irreversible di dalam air.

Suhu gelatinisasi tapioka termodifikasi berkisar antara 64,5 - 66,0 °C, ini lebih tinggi dibandingkan dengan suhu gelatinisasi tapioka yang belum dimodifikasi yaitu 60,75 °C (Lampiran 1). Suhu gelatinisasi tapioka termodifikasi pada taraf  $\alpha$ -amilase 1500 unit berturut-turut dengan waktu inkubasi 2,5; 5,0 dan 7,5 jam adalah 64,5; 65,25 dan 65,25 °C, peningkatan suhu gelatinisasi tertinggi terjadi pada taraf  $\alpha$ -amilase 3000 unit yaitu 66,0 °C dimana peningkatan waktu inkubasi tidak mempengaruhi. Pada taraf  $\alpha$ -amilase 4500 unit terjadi kembali penurunan suhu gelatinisasi menjadi 65,25 dengan waktu inkubasi 2,5 jam dan 65,0 pada waktu inkubasi 5 dan 7,5 jam.

Suhu gelatinisasi tapioka termodifikasi lebih tinggi dibandingkan terhadap tapioka yang belum dimodifikasi, hal ini disebabkan oleh pemutusan ikatan  $\alpha$ -1,4 secara acak

oleh enzim dibagian dalam molekul baik pada amilosa maupun amilopektin menghasilkan glukosa, maltosa dan  $\alpha$ -dekstrin yang mengakibatkan terjadi penurunan kadar amilosa dan amilopektin pada tapioka termodifikasi, sedangkan keduanya sangat berperan pada proses gelatinisasi.

Taraf  $\alpha$ -amilase mempengaruhi suhu gelatinisasi dimana dengan meningkatnya taraf  $\alpha$ -amilase dari 1500 unit menjadi 3000 unit, suhu gelatinisasi juga meningkat. Sedangkan dengan taraf  $\alpha$ -amilase 4500 unit terjadi penurunan kembali suhu gelatinisasi pada setiap variasi waktu inkubasi (Lampiran 1).

### *Suhu Granula Pecah*

Suhu granula pecah atau suhu akhir gelatinisasi saat dimana tercapai viskositas optimum. Pada titik ini granula pati yang telah membengkak mulai pecah dan diikuti dengan penurunan viskositas. Pada suhu ini granula pati telah kehilangan sifat bias gandanya dan sudah tidak mempunyai sifat kristal lagi.

Suhu granula pecah dari tapioka termodifikasi lebih tinggi dibandingkan dengan tapioka yang belum dimodifikasi, dimana suhu granula pecah tapioka termodifikasi berkisar antara 72,00 - 73,50 °C dan tapioka yang belum dimodifikasi 69,00 °C (Lampiran 1). Tapioka termodifikasi mempunyai suhu granula pecah lebih tinggi, berarti viskositas optimum lebih lama tercapai. Hal ini disebabkan karena kadar amilosa dan amilopektinnya lebih rendah dibandingkan dengan tapioka yang belum dimodifikasi. Penurunan kadar amilosa dan amilopektin terjadi karena terjadi pemutusan pada ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosida pada rantai pati atau pada amilosa dan amilopektin yang disebabkan oleh perlakuan enzim  $\alpha$ -amilase yang menghasilkan glukosa, maltosa dan limit dekstrin. Menurunkan kadar amilosa dan amilopektin menyebabkan pembengkakan menjadi rendah karena asosiasi molekular menjadi lemah, sehingga dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai viskositas optimum, maka suhu yang dibutuhkan untuk sampai granula pecah menjadi lebih tinggi.

Taraf  $\alpha$ -amilase 3000 unit mempunyai suhu granula pecah lebih tinggi dari semua perlakuan yaitu 73,50 °C, disini peningkatan waktu inkubasi atau lamanya waktu kontak

antara enzim dan substrat pati tidak mempengaruhi terhadap suhu granula pecah (Lampiran 1).

### *Viskositas Optimum*

Viskositas optimum tapioka termodifikasi lebih rendah dibandingkan dengan tapioka yang belum dimodifikasi, tetapi berada di atas viskositas tapioka teroksidasi. Viskositas tapioka termodifikasi berada antara 1200-1780 BU (Brabender Unit), tapioka yang belum dimodifikasi 2460 BU dan tapioka teroksidasi berada antara 10-1140 BU. Penurunan viskositas disebabkan perlakuan dengan enzim  $\alpha$ -amilase akan mengakibatkan terjadi pemutusan ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosida secara acak pada pati tapioka mengakibatkan kadar amilosa dan amilopektin akan menurun. Penurunan kadar amilosa mengakibatkan terjadi penurunan pembentukan ikatan hidrogen antar gugus OH terutama pada rantai amilosa dengan amilosa lain dalam pembentukan struktur tiga dimensi pada mekanisme pembentukan pasta (Hodge dan Osman, 1976).

Perlakuan dengan enzim  $\alpha$ -amilase pada taraf yang berbeda memberi pengaruh terhadap viskositas. Pada taraf 3000 unit  $\alpha$ -amilase menurunkan viskositas yang lebih besar dibandingkan perlakuan taraf  $\alpha$ -amilase 1500 dan 4500 unit. Hal ini dapat dinyatakan bahwa perlakuan  $\alpha$ -amilase pada taraf 3000 unit merupakan taraf  $\alpha$ -amilase (konsentrasi enzim) yang optimum untuk menurunkan viskositas tapioka (Lampiran 1 dan 2).

Pengaruh waktu inkubasi terhadap penurunan viskositas tapioka dapat dilihat pada beberapa variasi taraf  $\alpha$ -amilase dengan waktu inkubasi 2,5; 5,0 dan 7,5 jam viskositasnya dapat diamati pada Lampiran 2a. Untuk taraf  $\alpha$ -amilase 1500 unit, Lampiran 2b untuk taraf  $\alpha$ -amilase 3000 unit dan Lampiran 2c untuk taraf  $\alpha$ -amilase 4500 unit. Dari variasi taraf

$\alpha$ -amilase terlihat bahwa waktu inkubasi optimumnya untuk menurunkan viskositas adalah 5,0 jam.

#### *Pola Pembentukan Gel Tapioka Termodifikasi*

Sifat gel tapioka termodifikasi berbeda dengan tapioka yang belum dimodifikasi, tetapi warna gelnya sama tidak transparan (buram), sedangkan tapioka teroksidasi mempunyai gel yang transparan. Tapioka termodifikasi mempunyai kekuatan gel dan rigiditas gel yang rendah atau lebih elastis dibandingkan dengan tapioka yang belum dimodifikasi.

#### *Kekuatan Gel*

Tapioka termodifikasi dan tapioka yang belum dimodifikasi kekuatan gelnya berbanding lurus dengan konsentrasi. Kekuatan gel mengalami peningkatan sesuai dengan peningkatan konsentrasi gel, hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi pati maka gel yang terbentuk semakin kaku dan ikatan yang terjadi antara polimer-polimer yang menyusun gel semakin kuat sehingga gel semakin sulit untuk mengalami deformasi (Ellison, 1986).

Kekuatan gel tapioka termodifikasi lebih rendah dibandingkan dengan tapioka yang belum dimodifikasi, pada setiap taraf perlakuan  $\alpha$ -amilase dan variasi waktu inkubasi.

Kekuatan gel pada taraf  $\alpha$ -amilase 1500 unit dengan variasi konsentrasi gel 12,5; 15,0 dan 17,5% dengan waktu inkubasi berturut-turut 2,5; 5,0 dan 7,5 jam dapat dilihat pada lampiran 3a, sedangkan untuk taraf  $\alpha$ -amilase 3000 unit dan 4500 unit dengan variasi konsentrasi gel variasi waktu inkubasi yang sama dengan taraf 1500 unit dapat dilihat pada Lampiran 3b dan 3c. Dalam hal ini dapat dinyatakan bahwa waktu inkubasi yang optimum untuk menurunkan kekuatan gel adalah 2,5 jam.

Kekuatan gel tapioka termodifikasi juga dipengaruhi oleh taraf  $\alpha$ -amilase, terjadi penurunan kekuatan gel dari taraf 1500 unit menjadi 3000 unit yaitu dari 60,23 g menjadi 42,58 g dan bila taraf  $\alpha$ -amilase ditingkatkan lagi menjadi 4500 unit kembali terjadi peningkatan kekuatan gel menjadi 62,15 g pada waktu inkubasi 2,5 jam dan demikian

juga halnya pada waktu inkubasi 5,0 jam dan 7,5 jam. Penurunan kekuatan gel tapioka termodifikasi terlihat bahwa taraf  $\alpha$ -amilase yang optimum adalah 3000 unit.

#### *Rigiditas Gel*

Tapioka termodifikasi dan tapioka yang belum dimodifikasi rigiditas gelnya berbanding lurus dengan konsentrasi gel. Rigiditas gel tapioka termodifikasi dengan variasi konsentrasi gel 12,5; 15,0 dan 17,5% berturut-turut 1,15; 3,49 dan 5,84 g/mm, pada taraf  $\alpha$ -amilase 1500 dan waktu inkubasi 2,5 jam. Rigiditas gel tapioka yang belum dimodifikasi pada variasi konsentrasi gel 12,5; 15,0 dan 17,5% berturut-turut 3,69; 9,35 dan 12,58 g/mm.

Peningkatan rigiditas gel sebanding dengan konsentrasi pati tapioka berarti sebanding dengan meningkatkan kadar amilosa yang terdapat dalam pati. Rigiditas gel tapioka termodifikasi lebih rendah dibandingkan dengan tapioka yang belum dimodifikasi, pada setiap taraf perlakuan  $\alpha$ -amilase dan variasi waktu inkubasi. Pada taraf perlakuan  $\alpha$ -amilase 1500 unit dengan variasi waktu inkubasi 2,5; 5,0 dan inkubasi 7,5 jam dapat dilihat pada Lampiran 4a, sedangkan untuk taraf  $\alpha$ -amilase 3000 unit dan 4500 unit dengan variasi waktu inkubasi dan konsentrasi gel yang sama pada taraf 1500 unit dapat dilihat pada Lampiran 4b dan 4c.

tapioka termodifikasi dengan perlakuan  $\alpha$ -amilase dengan taraf yang berbeda terlihat bahwa variasi waktu inkubasi mempengaruhi rigiditas gel. Rigiditas gel tapioka termodifikasi juga dipengaruhi oleh taraf  $\alpha$ -amilase terjadi penurunan rigiditas gel dari taraf 1500 unit menjadi 3000 unit dan terjadi peningkatan pada taraf 4500 unit.

#### **KESIMPULAN**

Proses modifikasi pati tapioka dengan enzim  $\alpha$ -amilase menghasilkan tapioka

termodifikasi dengan sifat-sifat sebagai berikut

1. Tapioka termodifikasi mempunyai penampakan yang sama dengan tapioka yang belum dimodifikasi yaitu berupa tepung berwarna putih dan gel yang dihasilkan buran dan dari mikroskopik terlihat bahwa tapioka termodifikasi telah kehilangan sifat bias gandanya.
2. Hasil analisis amilograf tapioka termodifikasi memberikan peningkatan suhu gelatinisasi dan suhu granula pecah dibandingkan terhadap tapioka yang belum dimodifikasi, tetapi di bawah tapioka teroksidasi. Viskositasnya mengalami penurunan dibandingkan terhadap tapioka yang belum dimodifikasi, tetapi di atas viskositas tapioka teroksidasi.
3. Pola pembentukan gel tapioka termodifikasi berbeda dengan tapioka yang belum dimodifikasi. Tapioka termodifikasi mempunyai kekuatan gel dan rfiditas gel yang rendah tetapi lebih elastis dibandingkan dengan tapioka yang belum dimodifikasi.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Billiarderis, C.G., Grant, D.R. and Vose J.R. 1981. Sturctural Characterisation of Legume Starches. II Studies on Acid Treated Starches. *J. Cereal Chem.* 58 (6) 502-507.
2. Elliason, A.C.L. 1980. Effect of water content on the gelatinization of wheat starch. *Stärke* 32, 270-172.
3. Forgerty, W.N. 1983. *Mycrobila enzym and biotechnology.* Applied Science, Publ. London and New York.
4. Callant, D., Mercier, M.J.N. and Guilbot, 1972. Lectron microscopy of starch granula modified by baterial  $\alpha$ -amilase. *J. Creal Chem.* Vol 49 (3) 247-365.
5. Hodge, J.E. and Osman E.M. 1976. Carbohydrate di dalam Fennema, O.R. *Principles of Food Science.* Part I. Marcel Dekke, Inc. New York.
6. Kuntson, C.A., Khoo, U., Cluskey, J.E. and Inglett, G.E. 1982. Variation in enzyme digestibility and gelatization behavior of corn starch granula fraction. *J. Cereal Chem.* 59 (6) 512-515.
7. Leach, H.W. Mc. Cowen, L.D. and Schoch, T.J. 1959. Structure of the starch granule.

1. Swelling and solubility pattern of various starch. *J. Cereal Chem.* 36: 534.

8. 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 Science.*
9. Steven, D.J. and Elton, G.A.H. 1971 Thermal properties of starch-water system. *Stärke*, 23: 8-11.

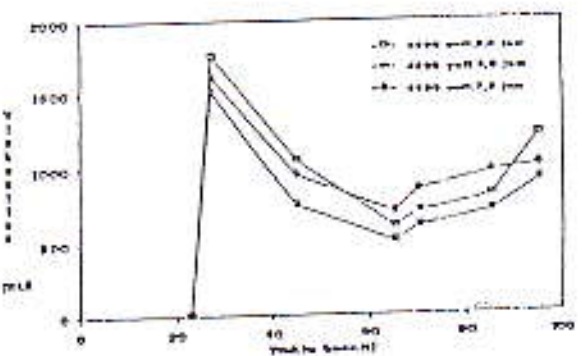
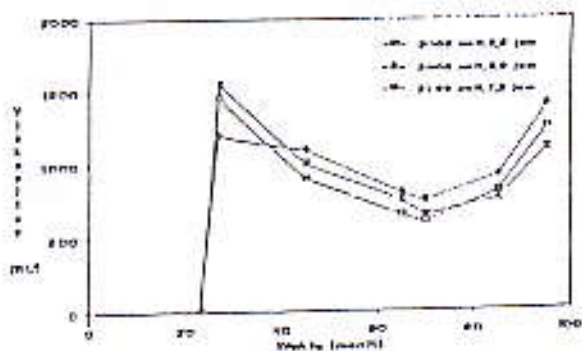
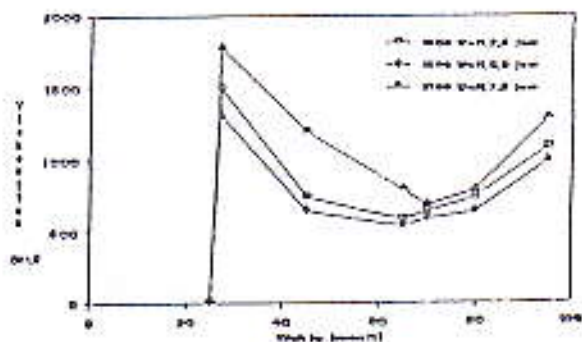
Lampiran 1. Data Amilografi dari tapioka termodifikasi dengan  $\alpha$ -amilase dan tapioka standar.

Taraf $\alpha$ -amilase (unit)	Waktu (jam)	SG ( $^{\circ}$ C)	SGP ( $^{\circ}$ C)	V-OPT (BU)
1500	2,5	64,50	72,00	1500
	5,0	65,25	72,75	1310
	7,5	65,25	73,50	1780
3000	2,5	66,00	73,50	1450
	5,0	66,00	73,50	1200
	7,5	66,00	73,50	1550
4500	2,5	65,25	73,25	1750
	5,0	65,00	72,50	1500
	7,5	65,00	72,50	1600
Standar *	---	60,75	69,00	2460

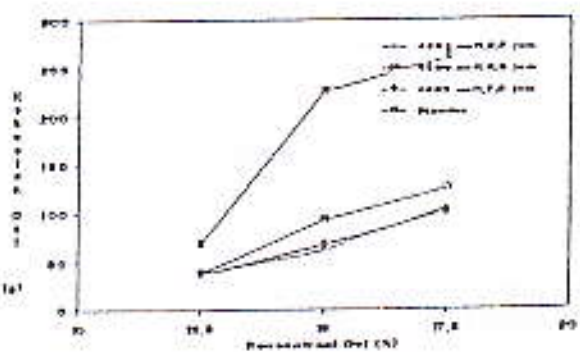
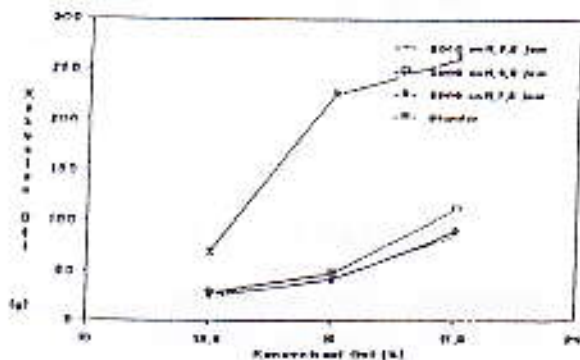
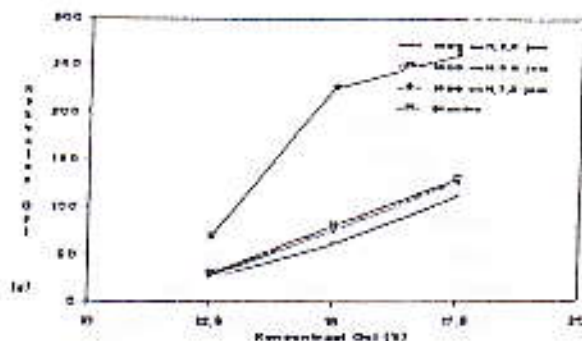
Keterangan : Waktu -  
 Waktu inkubasi  
 SG =  
 Suhu gelatinisasi  
 SGP -  
 Suhu granular pecah  
 V-OPT =  
 Viskositas optimum  
 Standar\* =  
 Tapioka yang belum dimodifikasi

Lampiran 2. Kurva viskositas optimum tapioka termodifikasi dengan  $\alpha$ -amilase pada taraf 1500 unit (a), 3000 unit (b) dan 4500 unit dibandingkan dengan standar.

Lampiran 2. Kurva viskositas optimum tapioka termodifikasi dengan termodifikasi  $\alpha$ -amilase dengan taraf 1500 unit (a), 3000 unit (b) dan 4500 unit (c) dibandingkan terhadap standar



Lampiran 3. Kekuatan gel tapioka termodifikasi  $\alpha$ -amilase dengan taraf 1500 unit (a), 3000 unit (b) dan 4500 unit (c) dibandingkan terhadap standar



Lampiran 4. Rigiditas gel tapioka termodifikasi  $\alpha$ -amilase dengan taraf 1500 unit (a), 3000 unit (b) dan 4500 unit (c) dibandingkan terhadap standar.

