



**MODIFIKASI MOCAF (*Modified Cassava Flour*) SECARA ENZIMATIS
MENGUNAKAN ENZIM α -AMILASE**

SKRIPSI

Oleh
Faridatul Meikhusna
151710101034

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2020



**MODIFIKASI MOCAF (*Modified Cassava Flour*) SECARA ENZIMATIS
MENGUNAKAN ENZIM α -AMILASE**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknologi Hasil Pertanian (S-1) dan melengkapi gelar sarjana Teknologi Hasil Pertanian

Oleh
Faridatul Meikhusna
151710101034

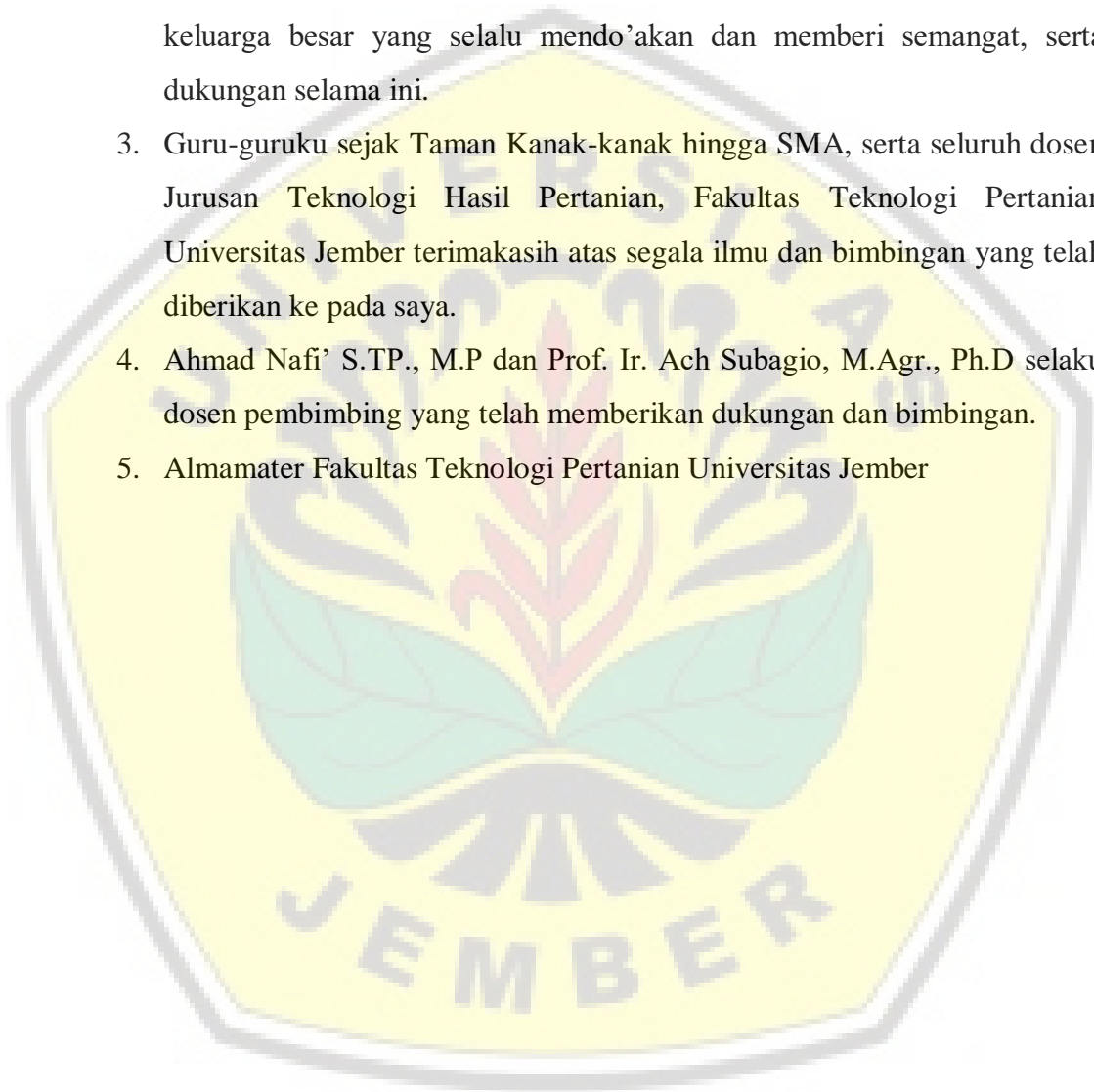
**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2020

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT, puji syukur segala rahmat, hidayat serta inayah-Nya
2. Ibunda Ismiatin, Ayahanda Samsuri dan Adik Evinda Juniatika, serta keluarga besar yang selalu mendo'akan dan memberi semangat, serta dukungan selama ini.
3. Guru-guruku sejak Taman Kanak-kanak hingga SMA, serta seluruh dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember terimakasih atas segala ilmu dan bimbingan yang telah diberikan ke pada saya.
4. Ahmad Nafi' S.TP., M.P dan Prof. Ir. Ach Subagio, M.Agr., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan dan bimbingan.
5. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember



MOTTO

“Dan janganlah kamu memalingkan wajahmu dari manusia karena sombong, dan janganlah kamu berjalan di muka bumi dengan keangkuhan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang sombong lagi membanggakan diri”.

(Q.S Luqman: 18)

“Barang siapa yang menapaki suatu jalan dalam rangka menuntut ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.”

(HR Ibnu Majah & Abu Dawud).

“Ketika seorang anak Adam meninggal, semua amalannya terputus kecuali tiga hal; sedekah jariyah, ilmu yang bermanfaat, serta anak saleh yang selalu mendoakannya.”

(HR Muslim).

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Faridatul Meikhusna

NIM : 151710101034

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Modifikasi MOCAF (*Modified Cassava Flour*) Secara Enzimatis Menggunakan Enzim α -Amilase”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 4 Agustus 2020
Yang menyatakan

(Faridatul Meikhusna)
NIM. 151710101034

SKRIPSI

**MODIFIKASI MOCAF (*Modified Cassava Flour*) SECARA ENZIMATIS
MENGUNAKAN ENZIM α -AMILASE**



Oleh:

Faridatul Meikhusna

NIM 151710101034

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Ahmad Nafi', S.TP., M.P

Dosen Pembimbing Anggota : Prof. Ir. Achmad Subagio M.Agr., Ph.D

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Modifikasi MOCAF (*Modified Cassava Flour*) Secara Enzimatis Menggunakan Enzim α -Amilase**” karya Faridatul Meikhusna NIM 151710101034. Telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, pada :

Hari, tanggal : Rabu, 24 Juni 2020

Tempat : Ruang Sidang I Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama

Ahmad Nafi, S. TP., M.P
NIP. 197804032003121003

Dosen Pembimbing Anggota

Prof. Ir. Achmad Subagio, M.Agr., Ph.D.
NIP. 196905171992011001

Tim Penguji

Ketua

Prof. Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P
NIP. 196912121998021001

Anggota

Ardiyan Dwi Masahid, S.TP., M.P
NIP. 198503292019031011

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember



Dr. Siswono Soekarno, S.TP., M.Eng.
NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

“Modifikasi MOCAF (*Modified Cassava Flour*) Secara Enzimatis Menggunakan Enzim α -Amilase”, Faridatul Meikhusna, 151710101034; 2020; 75 halaman; Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

MOCAF merupakan tepung singkong termodifikasi menggunakan prinsip memodifikasi sel singkong dengan fermentasi menggunakan bakteri asam laktat untuk menghasilkan karakteristik fisik dan kimia yang lebih baik dari tepung alami. MOCAF dapat dijadikan sebagai bahan pengental dan *filler* pada produk seperti saus dan selai karena memiliki daya larut dan gelasi yang lebih tinggi dibandingkan pati alami. Namun penggunaan MOCAF sebagai bahan pengental selai masih terbatas karena masih memiliki sebagian pati alami (yang tidak termodifikasi) sehingga gel yang terbentuk kurang stabil, terlalu padat dan keras. Sehingga perlu adanya penelitian untuk memperbaiki karakteristik MOCAF agar menghasilkan gel yang lebih stabil dan tidak keras yaitu dengan modifikasi secara enzimatis menggunakan enzim α -amilase. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisik, fungsional dan amilograf MOCAF termodifikasi enzimatis menggunakan enzim α -amilase dengan lama hidrolisis.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 1 faktor yang diulang sebanyak 4 kali ulangan. Faktor yang digunakan yaitu lama hidrolisis 0, 30, 60, 90, dan 120 menit dengan 0 menit sebagai kontrol. Parameter pengamatan yang dilakukan meliputi derajat putih, *Water Holding Capacity* (WHC), *Swelling Power*, kelarutan, sineresis, dan sifat amilograf menggunakan *Rapid Visco Analyzer*.

Sifat fisik dan sifat fungsional MOCAF termodifikasi menggunakan enzim α -amilase dengan lama hidrolisis menghasilkan derajat putih yang menurun, WHC dan kelarutan meningkat, nilai *swelling power* dan sineresis menurun seiring dengan semakin lama hidrolisis. Derajat putih berkisar 91,3 – 91,6 ; WHC berkisar 135,15–143,09% ; nilai *swelling power* berkisar 3,1-4,6 g/g ; dan nilai kelarutan berkisar 5-58%. Sifat amilograf MOCAF termodifikasi menunjukkan

nilai PV (*Peak Viscosity*), MV (*Minimum Viscosity*), BD (*Breakdown*), FV (*Final Viscosity*), SB (*Setback Viscosity*), Ptime (*Peak Time*), dan PT (*Pasting Temperature*) mengalami penurunan. MOCAF termodifikasi memiliki nilai SB (*Setback*) yang rendah yang mengindikasikan kemampuan untuk mempertahankan tekstur selama penyimpanan. Sehingga dapat digunakan pada produk-produk yang memiliki masalah mengenai sineresis atau staling sehingga dapat memperpanjang umur simpan dari produk.



SUMMARY

"Enzymatic Modification of MOCAF (Modified Cassava Flour) Using the α -Amylase", Faridatul Meikhusna, 151710101034; 2020; 75 pages; Department of Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

MOCAF is a modified cassava flour using the principle of modifying cassava cells by fermentation using lactic acid bacteria to produce better physical and chemical characteristics than natural flour. MOCAF can be used as a thickening agent and filler in products such as sauces and jams because it has higher solubility and gelation than natural starches. However, the use of MOCAF as a jam thickener is still limited because it still has a natural starch (not modified) starch so that the gel formed is less stable, too dense, and hard. So there is a need for research to improve the characteristics of MOCAF to produce a gel that is more stable and not hard, namely by enzymatic modification using the α -amylase enzyme. The aim of this research was to know the physical, functional, and amylograph properties of MOCAF enzymatically modified using α -amylase with different times of hydrolysis.

This study used a Completely Randomized Design (CRD) with 1 factor and four repetitions. The factors used are hydrolysis time 0, 30, 60, 90, and 120 minutes with 0 minutes as a control. The parameters of observations made include the degree of white, Water Holding Capacity (WHC), Swelling Power, solubility, syneresis, and the nature of the amylograph using a Rapid Visco Analyzer.

Physical and functional properties of MOCAF modified using the α -amylase enzyme with hydrolysis time resulted in a decreased white degree, WHC and solubility increased, swelling power and syneresis values decreased along with the longer hydrolysis. White degrees range from 91.3 to 91.6; WHC ranges from 135.15–143.09%; swelling power values range from 3.1 to 4.6 g / g; and solubility values range from 5-58%. Modified MOCAF amylograph shows the value of PV (Peak Viscosity), MV (Minimum Viscosity), BD (Breakdown), FV (Final Viscosity), SB (Setback Viscosity), Ptime (Peak Time), and PT (Pasting Temperature) has decreased. Modified MOCAF has a low SB (Setback) value

which indicates the ability to maintain texture during storage. So that it can be used on products that have problems regarding syneresis or staling so that it can extend the shelf life of the product.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Modifikasi MOCAF (*Modified Cassava Flour*) Secara Enzimatis Menggunakan Enzim A-Amilase”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata 1 (S1) Pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Siswoyo Soekarno. S.TP., M.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
2. Ahmad Nafi' S.TP., M.P selaku Dosen Pembimbing Utama dan Prof. Ir. Ach Subagio, M.Agr., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Ahmad Nafi' S.TP., M.P selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Teknisi Laboratorium Rekayasa Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
5. Ibunda Ismiatin, Ayahanda Samsuri dan Adik Evinda Juniatika, serta keluarga besar yang selalu mendo'akan dan memberi semangat, serta dukungan selama ini.
6. Mas Dani Setiawan yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penyelesaian skripsi ini;
7. Researcher Team (Dewi Lestari, Diamanda A.R., Irna Novianti, Defi Maulida dan Faqih A) yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi;
8. Sahabat-sahabat penulis DIM-SUM Team (Desi Wulandari, Sumini Ayu S., Nur Intan Aulia A.M.P., Yashinta Puspitasari, Neza Annisa P., Dimitri

Prahesti) yang telah menjadi teman dikala suka dan duka serta terimakasih telah memberikan dukungan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini;

9. Teman-teman seperjuangan THP 2015 yang telah memberikan kenangan, dan banyak cerita kepada penulis selama menempuh pendidikan di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
10. Teman-teman HIMAGIHASTA yang telah banyak memberikan pengalaman dan pembelajaran kepada penulis;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu terselesaikannya skripsi penulis.

Jember, 4 Agustus 2020

Penulis

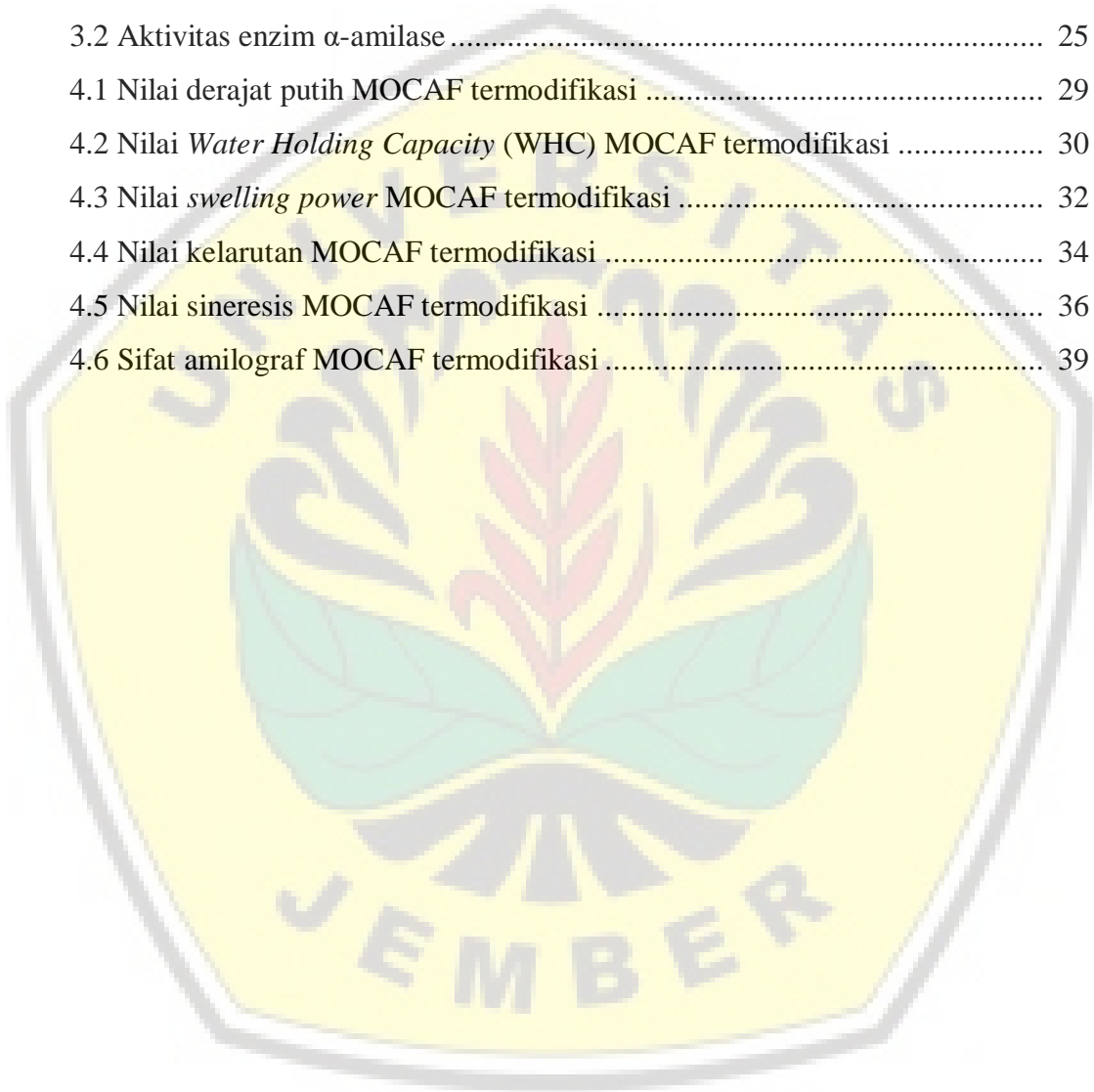
DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|-------------|
| HALAMAN JUDUL | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iii |
| HALAMAN MOTTO | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN | v |
| HALAMAN PEMBIMBING | vi |
| HALAMAN PENGESAHAN | vii |
| RINGKASAN..... | viii |
| SUMARRY..... | x |
| PRAKATA | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvii |
| BAB 1. PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan..... | 3 |
| 1.4 Manfaat..... | 3 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 MOCAF (<i>Modified Cassava Flour</i>) | 4 |
| 2.2 Enzim α-Amilase..... | 5 |
| 2.3 Hidrolisis Pati | 8 |
| 2.4 Faktor yang Mempengaruhi Modifikasi Pati | 10 |
| 2.4.1 Ukuran Partikel..... | 10 |
| 2.4.2 Suhu | 10 |
| 2.4.3 Waktu Reaksi..... | 11 |
| 2.4.4 Konsentrasi Substrat | 11 |
| 2.5 Sifat Fungsional Pati..... | 11 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5.1 Swelling Power..... | 11 |
| 2.5.2 Gelatinisasi | 12 |
| 2.5.3 Kelarutan | 14 |
| 2.5.4 Retrogradasi dan Sineresis | 14 |
| 2.5.5 Pemastaaan (<i>Pasting Properties</i>) | 16 |
| 2.6 Rapid Visco Analyzer (RVA)..... | 19 |
| BAB 3. METODE PENELITIAN..... | 22 |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian | 22 |
| 3.2 Bahan dan Alat Penelitian..... | 22 |
| 3.2.1 Bahan Penelitian | 22 |
| 3.2.2 Alat Penelitian | 22 |
| 3.3 Pelaksanaan Penelitian..... | 22 |
| 3.3.1 Rancangan Percobaan | 22 |
| 3.3.2 Modifikasi MOCAF dengan Enzim α -Amilase..... | 23 |
| 3.3.3 Enzim α -Amilase | 25 |
| 3.4 Paramater Pengamatan..... | 25 |
| 3.5 Prosedur Analisis..... | 25 |
| 3.5.1 Sifat Fungsional..... | 25 |
| 3.5.2 Analisis Sifat Amilograf dengan <i>Rapid Visco Analyzer</i> | 27 |
| 3.6 Analisis Data..... | 28 |
| BAB 4 PEMBAHASAN | 29 |
| 4.1 Derajat Putih | 29 |
| 4.2 Water Holding Capacity (WHC) | 30 |
| 4.3 Swelling Power | 31 |
| 4.4 Kelarutan | 33 |
| 4.5 Sineresis | 33 |
| 4.6 Sifat Amilograf | 37 |
| BAB 5 PENUTUP | 41 |
| 5.1 Kesimpulan | 41 |
| 5.2 Saran..... | 41 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 42 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Syarat mutu tepung MOCAF..... | 5 |
| 3.1 Rancangan Penelitian | 23 |
| 3.2 Aktivitas enzim α -amilase | 25 |
| 4.1 Nilai derajat putih MOCAF termodifikasi | 29 |
| 4.2 Nilai <i>Water Holding Capacity</i> (WHC) MOCAF termodifikasi | 30 |
| 4.3 Nilai <i>swelling power</i> MOCAF termodifikasi | 32 |
| 4.4 Nilai kelarutan MOCAF termodifikasi | 34 |
| 4.5 Nilai sineresis MOCAF termodifikasi | 36 |
| 4.6 Sifat amilograf MOCAF termodifikasi | 39 |



DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Mekanisme kerja enzim..... | 6 |
| 2.2 Mekanisme kerja α -amilase pada amilase | 7 |
| 2.3 Mekanisme kerja α -amilase pada amilopektin | 8 |
| 2.4 Proses hidrolisis molekul pati secara enzimatis..... | 9 |
| 2.5 Proses gelatinisasi | 13 |
| 2.6 Perubahan granula pati selama pemanasan dan pendinginan | 15 |
| 2.7 Pengaturan suhu RVA..... | 17 |
| 2.8 Granula pati selama pemasakan..... | 19 |
| 2.9 Mekanisme kerja <i>Rapid Visco Analyzer</i> (RVA) | 20 |
| 2.10 Proses <i>inserting</i> sampel pada <i>paddle coupling</i> | 21 |
| 3.1 Skema kerja MOCAF termodifikasi | 24 |
| 3.2 Pengaturan suhu dan pengadukan RVA..... | 28 |
| 5.1 Kurva RVA MOCAF termodifikasi..... | 38 |

LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|-----------|
| Lampiran A. Data Hasil Analisis | 50 |
| A.1 Nilai derajat putih MOCAF termodifikasi | 50 |
| A.2 Nilai <i>swelling power</i> MOCAF termodifikasi | 50 |
| A.3 Nilai <i>Water Holding Capacity</i> (WHC) MOCAF termodifikasi | 51 |
| A.4 Nilai kelarutan MOCAF termodifikasi | 51 |
| A.5 Nilai sineresis MOCAF termodifikasi | 52 |
| Lampiran B. Sifat Amilograf..... | 53 |
| B.1 Kurva lama hidrolisis 0 menit | 53 |
| B.2 Kurva lama hidrolisis 30 menit | 53 |
| B.3 Kurva lama hidrolisis 60 menit | 53 |
| B.4 Kurva lama hidrolisis 90 menit | 54 |
| B.5 Kurva lama hidrolisis 120 menit..... | 54 |
| Lampiran C. Dokumentasi | 55 |
| C.1 Pembuatan sampel | 55 |
| C.2 Uji derajat putih | 55 |
| C.3 Uji <i>Water Holding Capacity</i> (WHC) | 56 |
| C.4 Uji <i>swelling power</i> | 56 |
| C.5 Uji kelarutan | 57 |
| C.6 Uji sineresis | 57 |

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Penggunaan pati termodifikasi dalam industri pangan sudah banyak diketahui, karena produk pati termodifikasi dapat dimanfaatkan baik sebagai komponen utama maupun bahan tambahan makanan dalam koridor *food ingredient*. Berbagai produk seperti produk derivatif, matrik enkapsulasi, *texturizer*, *stabilizer*, *emulsifier*, *sweetener*, *fat replacer*, *thickening agent*, dan *filler* merupakan bagian dari *food ingredient* yang dapat dikembangkan dengan basis pati termodifikasi. MOCAF adalah tepung singkong termodifikasi menggunakan prinsip memodifikasi sel singkong dengan fermentasi menggunakan bakteri asam laktat untuk menghasilkan karakteristik fisik dan kimia yang lebih baik dari tepung alami (Subagio, 2006). Perubahan yang terjadi pada MOCAF yaitu naiknya viskositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi, dan kemudahannya larut (Subagio, 2008).

Dilihat dari kemampuan gelasi dan daya larut MOCAF yang meningkat dapat menjadi pertimbangan dalam penggunaan MOCAF sebagai pensubstitusi bahan pengental pada produk pangan seperti selai dan saus. Penggunaan MOCAF sebagai bahan pengental selai yang disubstitusikan dengan pektin masih terbatas hal ini karena MOCAF masih memiliki sebagian pati alami (yang tidak termodifikasi) sehingga gel yang terbentuk kurang stabil, terlalu padat dan keras (Dipowaseso *et al.*, 2018). Bahan yang biasa digunakan sebagai bahan pengental dalam selai adalah pektin, karena kemampuan kelarutan pektin dalam air dan kemampuan gelasinya yang baik membuat gel yang terbentuk dalam selai menjadi stabil, namun pektin memiliki harga mahal (Fahrizal dan Fadhil, 2014). Industri pengguna pati menginginkan pati yang stabil baik pada suhu tinggi maupun rendah, mempunyai ketahanan yang baik terhadap perlakuan mekanis dan daya pengentalnya tahan pada kondisi asam dan suhu tinggi (Koswara, 2013). Industri menginginkan produk yang baik dengan meminimalisir biaya produksi, dalam produksi selai menggunakan pektin sebagai bahan pengental memiliki harga yang mahal, sedangkan dalam produksi saus penggunaan pati (tapioka) sebagai bahan

pengisi memerlukan konsentrasi yang besar dibandingkan menggunakan MOCAF.

Hasil modifikasi tepung diharapkan dapat meningkatkan kecerahan (pati lebih putih), kekentalan lebih tinggi, gel yang terbentuk lebih jernih, tekstur gel yang dibentuk lebih lembek, kekuatan regang rendah, granula pati lebih mudah pecah, waktu dan suhu gelatinisasi yang lebih rendah, serta waktu dan suhu granula pati untuk pecah lebih rendah (Subagio, 2006). Salah satu modifikasi pati yang dapat meningkatkan kelarutan dan meningkatkan kestabilan terhadap pemanasan dan pengadukan adalah modifikasi enzimatis menggunakan α -amilase. Hal ini karena hidrolisis pati dengan enzim menyebabkan ukuran molekul semakin kecil sehingga kelarutan meningkat (Utumphorn *et.al.*, 2010). Menurut Koswara (2009) bahwa modifikasi dengan enzim α -amilase, tepung yang dihasilkan memiliki viskositas yang stabil pada suhu tinggi dan rendah, berat molekul yang rendah, dan sifat pembekuan gel yang baik.

Modifikasi secara enzimatis yang melibatkan sejumlah enzim terutama enzim hidrolisis yang cenderung menghasilkan senyawa turunan yang sangat fungsional. Enzim α -amilase merupakan enzim yang menghidrolisis secara acak melalui bagian dalam dengan memproduksi oligosakarida dari konfigurasi alfa yang memutus ikatan α -(1,4)-D-glikosidik pada amilosa dan amilopektin, sering disebut endo-amilase. Perbedaan waktu hidrolisis akan menyebabkan jumlah pati yang termodifikasi juga berbeda (Griffin dan Brooks, 1989). Masih belum banyak diketahui tentang landasan ilmiah mengenai modifikasi tepung dari tepung yang sudah termodifikasi. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui sifat fisik, fungsional dan amilograf MOCAF termodifikasi enzimatis menggunakan α -amilase dengan perbedaan lama hidrolisis.

1.2 Rumusan Masalah

MOCAF merupakan tepung singkong termodifikasi menggunakan prinsip memodifikasi sel singkong secara fermentasi dengan BAL (Bakteri Asam Laktat) sehingga menyebabkan perubahan karakteristik yaitu naiknya viskositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi, dan kemudahan larut. Oleh karena itu

penggunaannya sebagai *food ingredient* cukup luas diantaranya ialah sebagai bahan pengental pada produk selai. Namun penggunaan MOCAF sebagai bahan pengental selai masih terbatas karena masih memiliki sebagian pati alami (yang tidak termodifikasi) sehingga gel yang terbentuk kurang stabil, terlalu padat dan keras. Sehingga perlu adanya penelitian untuk memperbaiki karakteristik MOCAF agar menghasilkan gel yang lebih stabil dan tidak keras yaitu dengan modifikasi secara enzimatis menggunakan α -amilase.

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik, sifat fungsional dan sifat amilograf MOCAF termodifikasi enzimatis menggunakan α -amilase dengan perbedaan lama hidrolisis.

1.4 Manfaat

Diharapkan penelitian ini memberikan manfaat sebagai berikut menambah nilai manfaat dan aplikasi MOCAF dalam industri pangan baik sebagai bahan utama atau sebagai bahan pembantu dalam pengolahan produk.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 MOCAF (*Modified Cassava Flour*)

MOCAF adalah tepung ubi kayu yang dibuat dengan menggunakan prinsip modifikasi sel ubi kayu secara fermentasi. Maksud dari modifikasi sel yaitu, proses modifikasi karena pada pembuatan MOCAF dilakukan proses fermentasi atau pemeraman dengan menggunakan mikroba atau enzim tertentu, sehingga selama proses fermentasi berlangsung terjadi perubahan pada masa ubi kayu baik dari aspek perubahan fisik, kimia dan mikrobiologis serta inderawi (Subagio, 2006). MOCAF adalah produk tepung dari singkong (*Manihot esculenta* Crantz) yang diproses menggunakan prinsip memodifikasi sel singkong secara fermentasi, dimana mikroba BAL (Bakteri Asam Laktat) mendominasi selama fermentasi tepung singkong ini. Mikroba yang tumbuh menghasilkan enzim pektinolitik dan sellulolitik yang dapat menghancurkan dinding sel singkong sedemikian rupa sehingga terjadi liberasi granula pati. Mikroba tersebut juga menghasilkan enzim-enzim yang menghidrolisis pati menjadi gula dan selanjutnya mengubahnya menjadi asam-asam organik, terutama asam laktat. Hal ini akan menyebabkan perubahan karakteristik dari tepung yang dihasilkan berupa naiknya viskositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi, dan kemudahan melarut. Demikian pula, cita rasa MOCAF menjadi netral dengan menutupi cita rasa singkong sampai 70% (Subagio, 2008).

Selain itu, MOCAF memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan jenis tepung lainnya, diantaranya : (1) Kandungan serat terlarut lebih tinggi daripada tepung galek, (2) Kandungan kalsium lebih tinggi dibanding padi /gandum, (3) Mempunyai daya kembang setara dengan gandum tipe II (kadar protein menengah), (4) Daya cerna lebih tinggi dibandingkan dengan tapioka galek (BKP3 Bantul, 2012). Adapun syarat mutu tepung MOCAF menurut SNI 7622-2011 dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Syarat mutu tepung MOCAF (SNI 7622-2011)

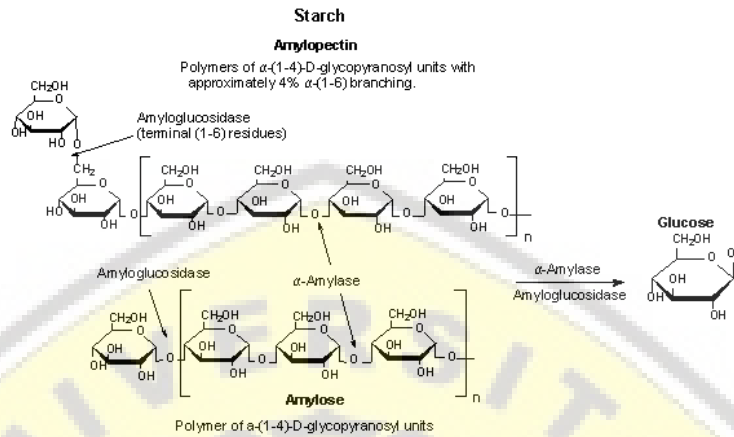
| Kriteria Uji | Satuan | Persyaratan |
|---|-----------------|---------------------------|
| Keadaan | | |
| a. Bentuk | - | Serbuk halus |
| b. Bau | - | Netral |
| c. Warna | - | Putih |
| Benda asing | - | Tidak ada |
| Serangga dalam semua bentuk stadia dan potongan-potongannya yang tampak | - | Tidak ada |
| Kehalusan | | |
| - Lolos 100 mesh | % (b/b) | Min. 90 |
| - Lolos 80 mesh | % (b/b) | 100 |
| Kadar Air | % (b/b) | Maks. 13 |
| Abu | % (b/b) | Maks. 1,5 |
| Serat kasar | % (b/b) | Maks. 2,0 |
| Derajat putih (MgO = 100) | - | Min. 87 |
| Belerang dioksida (SO ₂) | % (b/b) | Negatif |
| Derajat asam | ml N NaOH/100 g | Maks. 4,0 |
| HCN | mg/kg | Maks. 10 |
| Cemaran Logam | | |
| Cadmium (Cd) | mg/kg | Maks. 0,2 |
| Timbal (Pb) | mg/kg | Maks. 0,3 |
| Timah (Sn) | mg/kg | Maks. 40,0 |
| Merkuri (Hg) | mg/kg | Maks. 0,05 |
| Cemaran Arsen (As) | mg/kg | Maks. 0,5 |
| Cemaran mikroba | | |
| Angka lempeng total (35 C, 48 jam) | Koloni/g | Maks. 1 x 10 ⁰ |
| <i>E.coli</i> | APM/g | Maks. 10 |
| <i>Bacillus cereus</i> | Koloni/g | < 1 x 10 ⁴ |
| Kapang | Koloni/g | Maks. 1 x 10 ⁴ |

(Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 2011)

2.2 Enzim α -Amilase

Enzim amilase memiliki nama asli diastase dan pertama kali diisolasi oleh Anselme Payen pada tahun 1833. Amilase adalah salah satu enzim yang memiliki kemampuan untuk mengkatalisis proses hidrolisis ikatan (α 1,4) glikosida yang terdapat pada senyawa polimer karbohidrat. Hasil hidrolisis senyawa polimer karbohidrat ini berupa monomer-monomer yang lebih kecil seperti maltosa, dekstrin dan terutama molekul glukosa sebagai unit terkecil (Nurhalija, 2008). Amilase bekerja pada pati, glikogen dan turunan polisakarida dengan

menghidrolisa ikatan α -1,4- dan atau α -1,6-glikosidik. Mekanisme kerja amilase disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Mekanisme kerja amilase

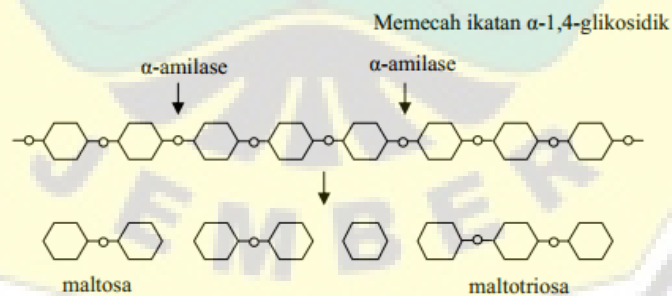
Enzim amilase dapat diisolasi dari jaringan tanaman, hewan dan sel mikrobia. Enzim amilase diklasifikasikan sesuai dengan memotong ikatan *glycosidic*. α -amilase menghidrolisis alpha 1,4-glikosidik, secara acak menghasilkan dekstrin, oligosakarida dan monosakarida. α -amilase adalah endoamilase. *Exoamylase* menghidrolisis alpha 1,4-glikosidik hanya dari non-pereduksi ujung rantai polisakarida luar. *Exoamylases* termasuk β -*amylase* dan *glucoamylases* (*gamma-amilase*, *amyloglu-cosidases*) (Aiyer, 2005). Winarno (2010), menyatakan bahwa amilase dapat dikelompokkan menjadi tiga golongan enzim, yaitu :

- a. α -amilase, enzim yang memecah pati secara acak dari tengah atau dari bagian dalam molekul, sering disebut endoamilase.
- b. β -amilase, enzim yang menghidrolisis unit-unit gula dari ujung molekul pati, sering disebut eksoamilase.
- c. Glukoamilase, enzim yang dapat memisahkan glukosa dari terminal gula non-pereduksi substrat pati.

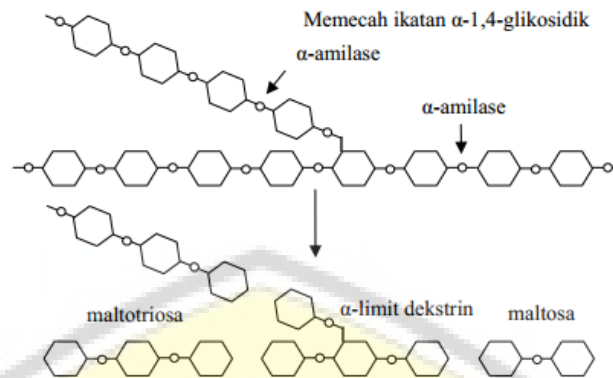
α -amilase disebut juga dengan 1,4- α -D-glukan glukanohidrolase atau glukogenase. α -amilase EC 3.2.1.1 adalah enzim yang mengkatalisis reaksi hidrolisis ikatan α - 1,4 glikosida pada amilosa secara acak menghasilkan campuran dekstrin, maltosa dan glukosa. Karena sifatnya yang dapat memutus ikatan glikosida secara acak, enzim ini bekerja lebih cepat dibanding amilase

lainnya terutama β -amilase Enzim α -amilase (α -1,4 glukon-4-glukanhidrolase) terdapat pada tanaman, jaringan mamalia, dan mikroba. α -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*.

Mekanisme kerja enzim α -amilase terdiri dari dua tahap, yaitu : tahap pertama degradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi sangat cepat dan diikuti dengan menurunnya viskositas dengan cepat. Tahap kedua terjadi pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir dan tidak acak. Keduanya merupakan kerja enzim α -amilase pada molekul amilosa. Pada molekul amilopektin kerja α -amilase akan menghasilkan glukosa, maltosa dan satu seri α -limit dekstrin, serta oligosakarida yang terdiri dari empat atau lebih glukosa yang mengandung ikatan α -1,6-glikosidik (Winarno, 2010). Pemecahan oleh α -amilase terhadap amilopektin akan menghasilkan dekstrin BM (berat molekul) rendah, maltosa dan oligosakarida yang lebih besar. Setiap molekul α -amilase mengandung satu ion Ca^{++} yang perannya tidak langsung untuk pembentukan enzim substrat, tetapi mendukung molekul enzim membentuk keadaan optimum guna aktivitas dan stabilitasnya. Mekanisme kerja enzim α -amilase dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan 2.3.



Gambar 2.2. Mekanisme kerja α -amilase pada amilosa



Gambar 2.3. Mekanisme kerja α -amilase pada amilopektin

Daya tahan enzim terhadap suhu berbeda-beda tergantung dari jenis enzimnya, α -amilase (*bacterial*) lebih tahan panas dibandingkan α -amilase yang berasal dari sumber lainnya, sehingga lebih efektif penggunaannya dalam hidrolisis pati. Ketahanan panas ini menjadi faktor penting, sejak hidrolisis enzimatis dilakukan setelah pati tergelatinisasi dimana keseluruhan substrat akan terhidrolisis oleh enzim (Nagodawithana dan Reed 1993). α -amilase dari *Bacillus licheniformis* optimum pada suhu tinggi bahkan dapat melebihi 90°C (Fullbrook 1984). Enzim ini memiliki kisaran pH optimum pada 5,5-7, dan suhu optimum antara 90 - 105°C (Naz 2002)

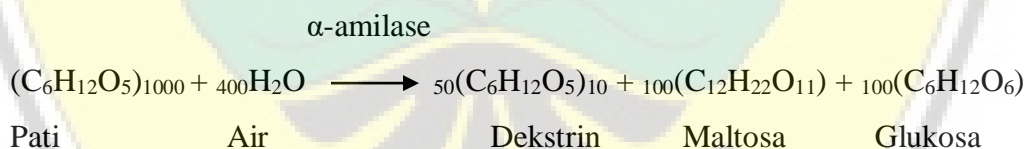
2.3 Hidrolisis Pati

Hidrolisis yaitu proses pemecahan suatu ikatan senyawa menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan molekul air. Hidrolisis pati terdiri atas liquifikasi dan sakarifikasi. Liquifikasi merupakan proses pencairan gel pati untuk memperoleh viskositas yang lebih rendah dengan cara menghidrolisis pati menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana yaitu oligosakarida atau dekstrin melalui bantuan enzim α -amilase. Proses ini diawali dengan gelatinisasi pati atau pemanasan granula pati dengan air hingga mengembang dan rusak. Suhu pada gelatinisasi diatur pada kisaran 66°C , sehingga pati dapat terlarut yang ditandai dengan menurunnya viskositas larutan. Sakarifikasi adalah ketika dekstrin hasil liquifikasi akan dihidrolisis lebih lanjut oleh enzim tunggal (glukoamilase)

maupun enzim campuran (glukoamilase dan pullulanase) yang biasa disebut *dextrozyme* untuk dikonversi menjadi glukosa (Ruiz, 2011).

Hidrolisis secara enzimatik memiliki perbedaan mendasar dengan hidrolisis secara asam. Hidrolisis secara asam memutus rantai pati secara acak, sedangkan hidrolisis secara enzimatik memutus rantai pati secara spesifik pada percabangan tertentu (Mardawati *et al.*, 2019)). Pada tahap likuifikasi terjadi pemecahan ikatan α -1,4 *glycosidic* oleh enzim α -*amylase* pada bagian dalam rantai polisakarida sehingga dihasilkan glukosa, maltosa, maltodekstrin dan α -limit dekstrin. Enzim α -amilase merupakan enzim yang menghidrolisis secara khas melalui bagian dalam dengan memproduksi oligosakarida dari konfigurasi alfa yang memutus ikatan α -(1,4) *glycosidic* pada amilosa, amilopektin, dan glikogen. Ikatan α -(1,6) *glycosidic* tidak dapat diputus oleh α -*amylase*, tetapi dapat dibuat menjadi cabang-cabang yang lebih pendek (Griffin dan Brooks, 1989).

Menurut Robi'a (2015), menyatakan bahwa likuifikasi merupakan proses hidrolisis pati menjadi molekul-molekul yang lebih kecil seperti maltosa, glukosa dan dekstrin dengan menggunakan enzim α -amilase. Proses hidrolisis molekul pati secara enzimatik dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Proses hidrolisis molekul pati secara enzimatik

konsentrasi substrat, suhu dan waktu hidrolisis serta konsentrasi katalis adalah beberapa variabel yang berpengaruh dalam reaksi hidrolisis. Makin tinggi suhu makin cepat jalannya reaksi makin tinggi harga DEnya (Griffin dan Brooks, 1989). Namun harus diperhatikan jika katalisator yang dipakai adalah enzim, karena enzim sensitif terhadap suhu tinggi. Jika suhu terlalu tinggi aktifitas enzim akan menurun bahkan enzim dapat rusak. Perbedaan waktu hidrolisis akan menyebabkan jumlah pati yang termodifikasi juga berbeda. Makin lama waktu hidrolisis makin besar persentase pati yang berubah menjadi gula pereduksi. Hal

ini dapat dilihat dari harga DE yang semakin tinggi (Griffin dan Brooks, 1989). Konsentrasi katalis juga dapat berpengaruh pada harga DE dari produk yang dihasilkan. Makin tinggi konsentrasi katalis, dalam hal ini adalah enzim, makin banyak gula pereduksi yang terbentuk. Hal ini berarti harga DE akan semakin tinggi. Meskipun demikian, penentuan konsentrasi katalis memiliki batas optimum. Jika melebihi batas tersebut, hidrolisis akan terhambat. Menurut (Vasanthan & Bhatti, 1996) substrat dengan konsentrasi rendah menyebabkan enzim tidak semuanya berikatan dengan substrat, sehingga kecepatan maksimum tidak dapat tercapai. Sebaliknya pada substrat konsentrasi tinggi, semua molekul enzim dapat membentuk ikatan kompleks dengan substrat, sehingga kecepatan reaksi katalitik menjadi lebih lama kecepatan maksimum tidak dapat tercapai.

2.4 Faktor yang Mempengaruhi Modifikasi Pati

Menurut Herawati (2012) menyatakan bahwa, proses modifikasi pati dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter, di antaranya ukuran partikel, suhu, waktu reaksi, dan konsentrasi substrat.

2.4.1 Ukuran Partikel

Ukuran partikel sangat erat kaitannya dengan laju reaksi. Menurut Saraswati (1982), semakin kecil ukuran pati maka semakin cepat reaksi berlangsung karena ukuran partikel yang kecil akan meningkatkan luas permukaan serta kelarutannya dalam air.

2.4.2 Suhu

Suhu berhubungan langsung dengan laju reaksi. Berdasarkan persamaan Arrhenius, semakin tinggi suhu maka reaksi akan berlangsung makin cepat. Hal ini terkait dengan konstanta laju reaksi yang akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu operasi. Namun demikian, proses reaksi harus memperhitungkan pula karakteristik titik gelatinisasi pati. Pada saat titik gelatinisasi tercapai, pati akan berubah bentuk menjadi gel dan mengeras (Nwokocha *et al.*, 2009) sehingga untuk proses modifikasi dengan menggunakan bahan kimia, seperti substitusi, sebaiknya suhu dipertahankan di bawah titik gelatinisasinya. Namun harus diperhatikan jika katalisator yang dipakai adalah

enzim, karena enzim sensitif terhadap suhu tinggi. Jika suhu terlalu tinggi aktifitas enzim akan menurun bahkan enzim dapat rusak.

2.4.3 Waktu Reaksi

Waktu reaksi berpengaruh terhadap optimasi proses dan produk. Waktu proses yang kurang dapat mengakibatkan belum tercapainya kondisi optimal produk sesuai karakteristik yang diharapkan. Namun demikian, semakin lama waktu proses reaksi akan semakin banyak dinding sel granula pati yang pecah sehingga terjadi perlubangan pada granula pati termodifikasi. Hal ini menyebabkan permukaan granula pati menjadi tidak rata sehingga tekstur yang dihasilkan menjadi kasar (Subagio *et al.*, 2008). Waktu reaksi sangat terkait pula dengan perubahan warna. Warna coklat akibat reaksi pencoklatan perlu dihindarkan untuk memenuhi standar produk pati termodifikasi yang dihasilkan.

2.4.4 Konsentrasi Substrat

Konsentrasi substrat atau perbandingan berat air terhadap pati menjadi penting terkait dengan kelarutan pati dan efisiensi penggunaan pelarut dalam proses reaksi modifikasi. Tingkat perbandingan yang terlalu besar akan menimbulkan pemborosan penggunaan pelarut (air), sedangkan perbandingan yang terlalu kecil dapat menyebabkan pengendapan pati.

2.5 Sifat Fungsional Pati

2.5.1 *Swelling Power*

Swelling power (daya kembang) merupakan kenaikan volume dan berat maksimum pati selama mengalami pengembangan di dalam air. *Swelling power* menunjukkan kemampuan pati untuk mengembang, semakin tinggi *Swelling power* berarti semakin tinggi pula kemampuan pati mengembang didalam air. Nilai *swelling power* perlu diketahui untuk memperkirakan ukuran atau volume wadah yang digunakan dalam proses produksi sehingga jika pati mengalami *swelling*, wadah yang digunakan masih bisa menampung pati tersebut (Suriani, 2008). *Swelling* terjadi pada daerah amorf granula pati. Ikatan hidrogen yang lemah antar molekul pati pada daerah amorf akan terputus saat pemanasan, sehingga terjadi hidrasi air oleh granula pati. Granula pati akan terus

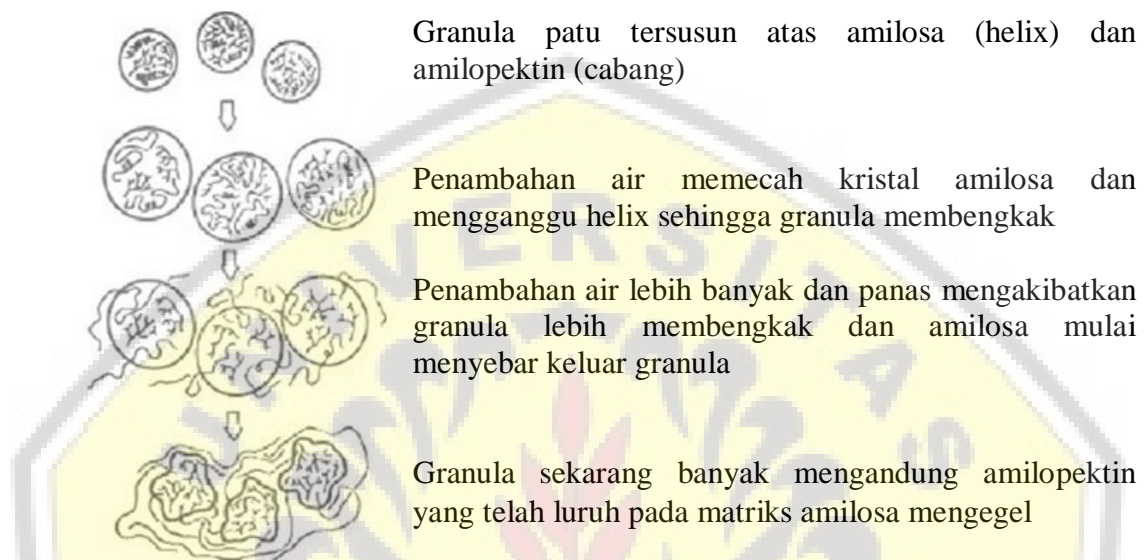
mengembang, sehingga viskositas meningkat hingga volume hidrasi maksimum yang dapat dicapai oleh granula pati (Swinkels, 1985). Penelitian yang dilakukan Purnamasari *et al.* (2010) menyatakan bahwa terkait dengan kemudahan molekul air untuk berinteraksi dengan molekul dalam granula pati dan menggantikan interaksi hidrogen antar molekul sehingga granula akan lebih mudah menyerap air dan mempunyai pengembangan yang tinggi. Adanya pengembangan tersebut akan menekan granula dari dalam sehingga granula akan pecah dan molekul pati terutama amilosa akan keluar.

Menurut Kaur, *et al.* (2014), *swelling power* atau pembengkakan granula pati menunjukkan kapasitas menahan air yang umumnya digunakan untuk menunjukkan perbedaan antara berbagai jenis pati. Pada penelitiannya, nilai *swelling power* pati termodifikasi secara asam lebih rendah jika dibandingkan dengan pati alami. Hal tersebut dikarenakan adanya peningkatan proporsi dekstrin terlarut yang tinggi, pada granula pati yang panjang rantainya kecil dan medium. Pati dengan *swelling power* tinggi memiliki daya cerna yang tinggi dan menunjukkan kemampuan pati untuk memperbaiki sifat-sifat makanan dan penggunaan pati dalam berbagai aplikasi makanan. Pati yang memiliki *swelling power* tinggi akan baik digunakan untuk produk *bakery* yang membutuhkan pengembangan besar, sedangkan tepung dengan *swelling power* rendah cocok digunakan sebagai bahan baku produk yang tidak membutuhkan pengembangan terlalu besar, contohnya mie (D'apolonia *et al.*, 1971).

2.5.2 Gelatinisasi

Gelatinisasi pati adalah *phenomen* yang kompleks yang terjadi didalam struktur kristalin dari granula pati yang hilang karena pemanasan dan kehadiran air (Batey and Curtin, 2000). Gelatinisasi merupakan suatu proses dimana granula pati *irreversibel* kehilangan molekulnya yang disebut *birefringence*, sebagai hasil dari serangkaian peristiwa ketika granula pati yang dipanaskan pada air yang berlebihan. Proses gelatinisasi diawali dengan membengkaknya butiran sebagai akibat dari ikatan hidrogen pada bagian amorf terganggu. Selanjutnya, air yang bertindak sebagai *plasticizer* diserap dan hidrasi yang berlebih serta pembengkakan terjadi di daerah amorf seiring dengan meningkatnya suhu yang

menyebabkan kristal pecah dan kemudian mengalami hidrasi dan mencair. Terakhir, molekul primer terutama amilosa meluruh dari butiran dan meningkatkan viskositas (Manaois, 2009). Berikut merupakan proses gelatinisasi yang dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Proses gelatinisasi (Harper, 1981)

Apabila suspensi pati dalam air dipanaskan, air akan menembus lapisan luar granula dan granula ini mulai menggelembung. Hal tersebut terjadi saat temperatur meningkat dari 60-85°C. Granula-granula dapat menggelembung hingga volumenya lima kali lipat volume semula. Ketika ukuran granula pati membesar, campurannya menjadi kental. Pada suhu kira-kira 85°C granula pati pecah dan isinya terdispersi merata ke seluruh air di sekelilingnya. Molekul berantai panjang mulai membuka atau terurai dan campuran pati atau air menjadi semakin kental dan membentuk sol. Pada pendinginan, jika perbandingan pati dan air cukup besar, molekul pati membentuk jaringan dengan molekul air terkurung di dalamnya sehingga membentuk gel. Keseluruhan proses tersebut yang dinamakan gelatinisasi (Gaman dan Sherrington, 1992).

Suhu gelatinisasi pati adalah suhu di mana pati membentuk gel benar-benar transparan. suhu dan waktu gelatinisasi dipengaruhi oleh struktur amilopektin, komposisi pati dan arsitektur granula. Suhu gelatinisasi disamping tergantung ukuran granula juga berkaitan erat dengan kandungan amilosa

(Murtiningrum *et al.*, 2012). Selain granula pati, kandungan amilosa, dan komponen protein juga mempengaruhi suhu gelatinisasi. Kisaran gelatinisasi tergantung pada perbedaan tingkat heterogenitas kristal dan granula pati (Gunaratne dan Hoover, 2002).

2.5.3 Kelarutan

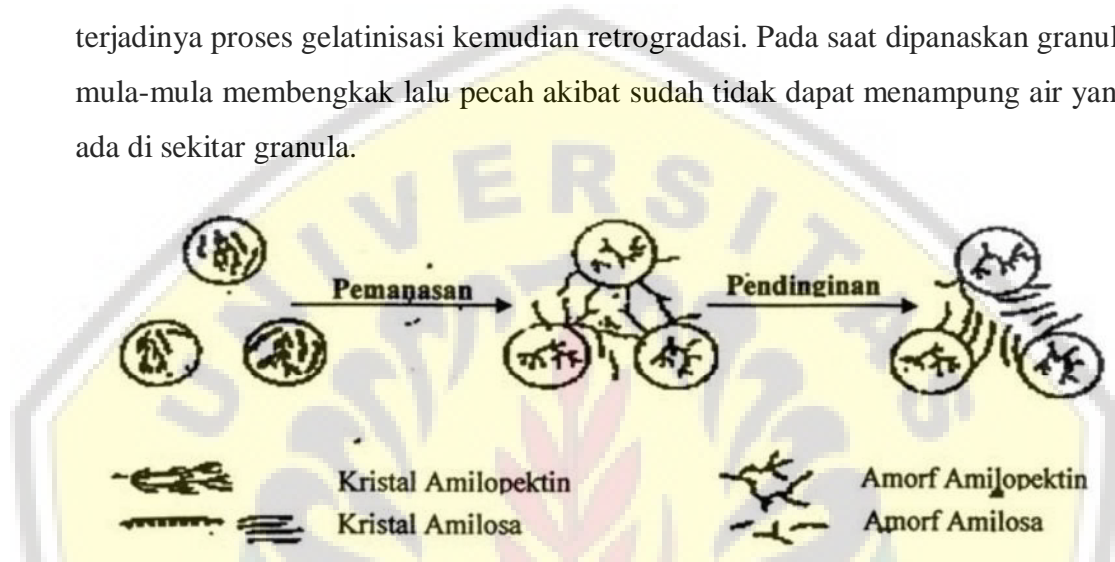
Kelarutan pada pati terjadi disebabkan adanya ikatan non-kovalen antara molekul-molekul pati. Saat pemanasan pati terjadi hidrasi air oleh granula pati, ketika molekul pati sudah benar-benar terhidrasi, molekul-molekulnya mulai menyebar ke media yang ada di luarnya dan yang pertama keluar adalah molekul-molekul amilosa yang memiliki rantai pendek. Semakin tinggi suhu maka semakin banyak molekul pati yang akan keluar dari granula pati. Selain itu, Mulyandari (1992) juga melaporkan selama pemanasan akan terjadi pemecahan granula pati, sehingga pati dengan kadar amilosa lebih tinggi, granulanya akan lebih banyak mengeluarkan amilosa.

Menurut Pomeranz (1991) menyatakan bahwa, Kelarutan pati semakin tinggi dengan meningkatnya suhu, serta kecepatan peningkatan kelarutan adalah khas untuk tiap pati. Semakin tinggi suhu pemanasan menyebabkan terjadinya degradasi dari pati sehingga rantai pati tereduksi dan cenderung lebih pendek akan meningkatkan sifat hidrofilik pati. Peningkatan kelarutan selalu diikuti oleh peningkatan viskositas pati. Hal ini disebabkan karena peningkatan jumlah gugus hidroksil yang menyebabkan kelarutan dalam air meningkat dan mengakibatkan air yang sebelumnya bebas bergerak diluar granula menjadi terperangkap dan tidak dapat bergerak bebas lagi.

2.5.4 Retrogradasi dan Sineresis Pati

Retrogradasi adalah proses kristalisasi kembali pati yang telah mengalami gelatinisasi (Winarno, 2004). Gel pati yang didiamkan lama, maka akan terjadi perluasan kristal sehingga mengakibatkan pengkerutan struktur gel, yang biasanya diikuti dengan keluarnya air dari gel. Pembentukan kembali struktur kristal itu disebut retrogradasi. Sedangkan keluarnya air dari gel disebut sineresis (Winarno, 1997). Pati yang mengalami gelatinisasi terdiri dari granula-granula yang membengkak tersuspensi dalam air panas dan molekul-molekul amilosa yang

terdispersi pada keadaan panas. Apabila dalam keadaan dingin, energi kinetik tidak cukup tinggi untuk melawan molekul-molekul amilosa untuk bersatu kembali dan berikatan dengan cabang amilopektin pada sisi bagian granula. Granula-granula pati dapat digabungkan menjadi semacam jaring-jaring membentuk mikrokristal dan mengendap. Berikut adalah gambaran (Gambar 2.6) terjadinya proses gelatinisasi kemudian retrogradasi. Pada saat dipanaskan granula mula-mula membengkak lalu pecah akibat sudah tidak dapat menampung air yang ada di sekitar granula.



Gambar 2.6. Perubahan granula pati selama pemanasan dan pendinginan (Whistler *et al.*, 1984).

Menurut BeMiller dan Whistler (1996), retrogradasi mengacu pada proses yang menyebabkan gel pati menjadi kurang larut selama pendinginan akibat dari rekristalisasi molekul pati. Retrogradasi terjadi ketika amilosa yang luluh dari granula pati selama gelatinisasi berinteraksi dengan rantai amilopektin dari granula pati yang membengkak membentuk struktur yang kaku (Kurakake *et al.*, 2001). Amilosa mengalami kristalisasi yang cepat secepat pendinginan yang terjadi sehingga proses retrogradasi bergantung pada kandungan amilosa, jumlah dalam bentuk bebas dan terkomplekskan dengan lipid yang ada pada sampel. Di sisi lain, rekristalisasi amilopektin bergantung pada panjang rantai amilopektin (Philpot *et al.*, 2006).

Beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya retrogradasi, yaitu jenis dan konsentrasi pati, suhu dan waktu penyimpanan, pH, prosedur pemasakan dan pendinginan, serta adanya komponen lain di sekitar gel. Pada umumnya, retrogradasi dapat dipicu dengan konsentrasi pati yang tinggi, pH antara 5-7,

adanya garam anion dan kation monovalen, dan suhu penyimpanan yang rendah. Retrogradasi ini dapat dipercepat dengan adanya pembekuan. Setelah mengalami pembekuan, pasta pati akan membentuk massa yang menyerupai spons dan mudah melepaskan sebagian besar airnya dengan sedikit tekanan saja. Namun pati dengan kandungan amilopektin tinggi tidak akan mengalami retrogradasi meskipun bahan dibekukan (deMan, 1997).

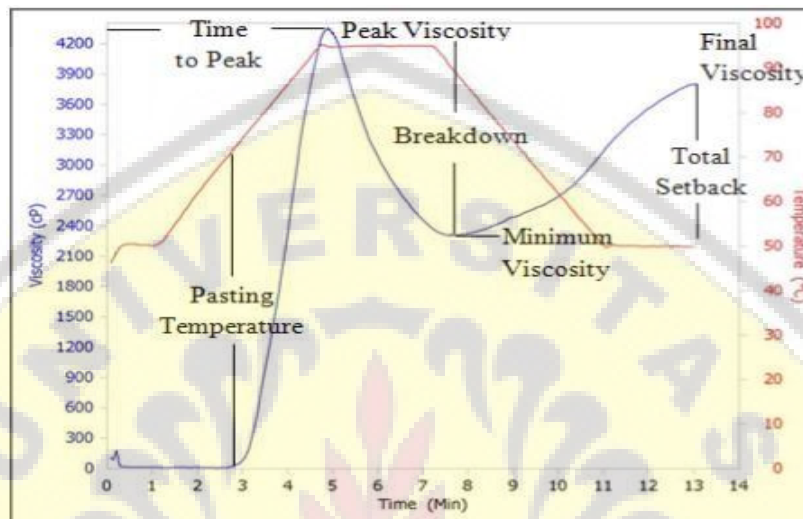
Menurut Yuliasih *et al.*, (2007), amilosa yang dominan memiliki sebaran bobot molekul tinggi menghasilkan persen sineresis yang rendah. Hal ini karena selama proses retrogradasi, amilosa-amilosa yang kembali berikatan satu sama lain ikatannya tidak terlalu kuat, sehingga ketika gel pati diletakkan di suhu ruang, air yang terpisah dari gel pati tidak terlalu banyak dan menyebabkan sineresis yang rendah. Secara umum, nilai viskositas balik (*setback*) menunjukkan kecenderungan retrogradasi (Medikasari *et al.*, 2009). Menurut Be miller dan Huber (2007), selama proses pemanasan terjadi pemecahan granula sehingga jumlah amilosa yang keluar dari granula semakin banyak sehingga kecenderungan untuk terjadinya retrogradasi meningkat selama pendinginan.

Pati dengan kecenderungan retrogradasi rendah mengindikasikan kemampuan untuk mempertahankan tekstur selama penyimpanan (Tan *et al.*, 2001 disitasi oleh Copeland *et al.*, 2009). Peningkatan viskositas balik selama pendinginan mengindikasikan kecenderungan berbagai komponen di dalam pasta panas (granula yang membengkak dalam bentuk utuh atau fragmen, dispersi koloid ataupun molekul-molekul terlarut) untuk berhubungan atau mengalami retrogradasi (Adebowale *et al.*, 2009).

2.5.5 Pemastaan (*Pasting Properties*)

Sifat amilograf berkaitan dengan pengukuran viskositas pati dengan konsentrasi tertentu selama pemanasan dan pengadukan (Singh *et al.*, 2006). Pemanasan secara terus-menerus pada air yang berlebih dengan adanya pengadukan menyebabkan granula membengkak, amilosa meluluh lebih banyak, dan granula pecah yang mengakibatkan bahan menjadi kental yang disebut pemastaan. Pemastaan terjadi serentak setelah gelatinisasi. Sifat ini penting untuk menjadi indikator bagaimana perilaku pati (perubahan pada pati) selama

pengolahan dan pengukuran menggunakan *Rapid Visco Analyzer* (RVA) (BeMiller, 2007). Kriteria yang dapat diamati adalah suhu awal gelatinisasi, viskositas puncak, viskositas pasta panas, viskositas *breakdown*, viskositas pasta dingin dan viskositas *setback*. Pengaturan suhu RVA dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pengaturan suhu RVA (Manois , 2001)

Suhu awal gelatinisasi atau *pasting temperature* (PT) adalah suhu pada saat mulai terbentuknya viskositas dan menandakan pati mulai menyerap air (Takahashi *et al.*, 2005). Menurut Adebowale dan Lawal (2003), pada awalnya, pemanasan suspensi pati mengakibatkan pembengkakan granula pati. Dengan berlanjutnya pemanasan, peningkatan viskositas dapat diamati yang mencerminkan proses pemastaan. Viskositas tersebut terus meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pemanasan hingga tingkat pembengkakan granula sama dengan tingkat hancurnya granula yang disebut dengan viskositas puncak (PV). PV mencerminkan tingkat bengkak atau kapasitas pati untuk mengikat air dan korelasi dengan kualitas akhir produk sejak granula membengkak dan runtuh yang berhubungan dengan tekstur pemasakan pati.

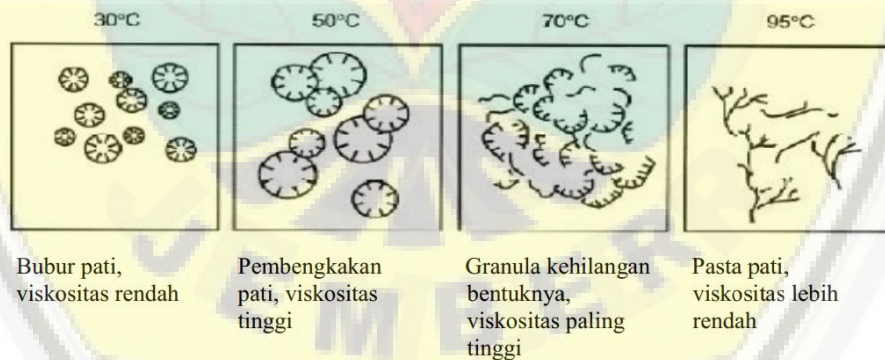
Viskositas puncak menunjukkan kondisi awal granula pati tergelatinisasi atau mencapai pengembangan maksimum hingga selanjutnya akan pecah. Viskositas puncak mengindikasikan kapasitas pengikatan air dan memiliki korelasi positif dengan kualitas produk akhir yaitu pengembangan dan jumlah polimer yang lepas (Newport Scientifi 1998 dalam Beta Corke, 2011). Beberapa

faktor yang mempengaruhi adalah kadar dan rasio amilosa dan amilopektin, berat molekul, konformasi inolekuler, derajat polimerisasi amilosa dan amilopektin, serta jumlah percabangan amilopektin maupun keberadaan komponen miror, juga ukuran granula (Melo *et al.*, 2003). Pati yang memiliki kemampuan penyerapan air yang tinggi akan mengalami pembengkakan yang tinggi pula yang berakibat padat tingginya viskositas puncak pasta. Pembengkakan granula pati yang berlebihan akan diikuti dengan peluruhan molekul amilosa dari dalam granula sebagai akibat ketidakmampuannya menahan tekanan (Wulansari, 2010).

Breakdown adalah pengukuran kondisi dimana granula pati yang membengkak mulai mereda dan menjadikannya stabil selama proses pemasakan (Adebowale dan Lawal, 2003). Peningkatan nilai viskositas *breakdown* menunjukkan bahwa pati tidak tahan terhadap pemanasan dan pengadukan (Budijanto dan Yuliyanti, 2012). *Breakdown* atau penurunan viskositas selama pemanasan menunjukkan kestabilan pasta selama pemanasan, dimana semakin rendah *breakdown* maka pasta yang terbentuk akan semakin stabil terhadap panas (Widaningrum dan Purwani 2006). *Viskositas minimum* (MV) disebut juga viskositas pasta panas yang memegang kekuatan, dan menjadi tanda berakhirnya tahap holding pada suhu maksimum pada RVA. *Minimum viscosity* disebut juga dengan viskositas panas, yaitu viskositas bahan setelah pemanasan selama 95°C selama 5 menit. Parameter viskositas pasta panas dan *breakdown* terkait satu sama lain karena *breakdown* merupakan selisih antara viskositas puncak dengan viskositas pasta panas. Penurunan viskositas pasta panas umumnya diikuti dengan peningkatan *breakdown*. Namun demikian, pada kondisi tertentu penurunan viskositas pasta panas tidak selalu diiringi dengan peningkatan *breakdown*. Apabila viskositas pasta panas dan viskositas puncak menurun secara proporsional maka *breakdown* akan cenderung tetap (Marta, 2011).

Final viscosity atau viskositas akhir adalah viskositas setelah dilakukan pendinginan pada suhu 50°C selama 2 menit. Menurut Budijanto dan Yuliyanti (2012), viskositas akhir merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan pati untuk membentuk pasta kental atau gel setelah proses pemanasan dan pendinginan serta ketahanan pasta terhadap gaya geser yang terjadi selama

pengadukan. *Setback* atau perubahan viskositas selama pendinginan merupakan pengukuran rekristalisasi dari pati tergelatinisasi selama pendinginan (Beta dan Corke, 2011). Tingginya nilai *setback* menandakan tingginya kecenderungan untuk terjadinya retrogradasi. *Setback* atau perubahan viskositas selama pendinginan diperoleh dari selisih antara viskositas pasta dingin dengan viskositas pasta panas. Semakin tinggi nilai *setback* maka menunjukkan semakin tinggi pula kecenderungan untuk membentuk gel (meningkatkan viskositas) selama pendinginan. Tingginya nilai *setback* menandakan tingginya kecenderungan untuk terjadinya retrogradasi (Marta, 2011). Tahap pendinginan dan naiknya viskositas kembali (*setback*) disebabkan oleh retrogradasi pati terutama amilosa. *Setback* merupakan indikator tekstur produk akhir dan terkait dengan sineresis selama siklus beku-cair (Batey, 2007). *Setback* merupakan parameter yang dipakai untuk melihat kecenderungan retrogradasi maupun sineresis dari suatu pasta (Budijanto dan Yuliyanti, 2012). Oleh karena itu, bentuk dan ukuran pati selama pemasakan berbeda-beda dipengaruhi oleh konsentrasi, suhu, pH dan pengadukan. Berikut merupakan gambar bentuk dan ukuran pati selama pemasakan yang berbeda-beda dipengaruhi oleh konsentrasi, suhu, pH dan pengadukan (gambar 2.8).



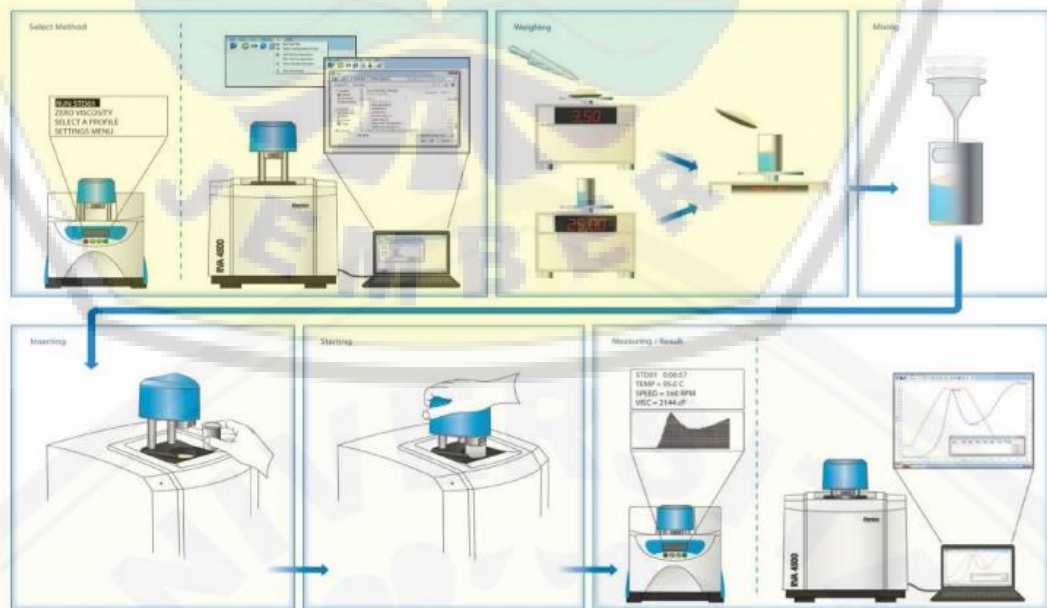
Gambar 2.8. Granula pati selama pemasakan (BeMiller, 2007)

2.6 Rapid Visco Analyzer (RVA)

Rapid Visco Analyzer (RVA) adalah alat untuk menentukan viskositas, suhu dan waktu puncak terjadinya gelatinisasi. RVA adalah viskometer rotasi yang menggabungkan pemanasan variabel, pendinginan dan kemampuan geser. Alat ini sangat cocok untuk berbagai aplikasi yang memerlukan informasi yang

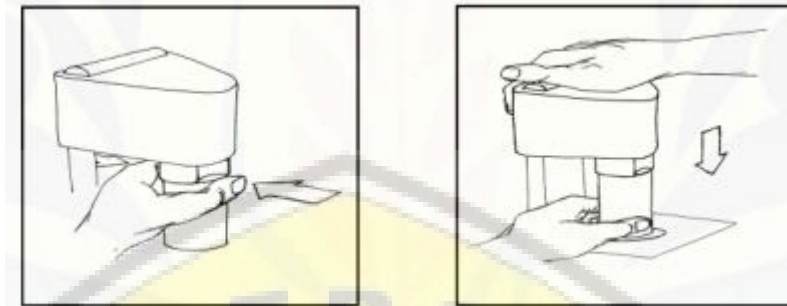
akurat viskositas, seperti pengujian berbasis produk pati untuk kontrol kualitas (Putri, 2015). Pada RVA yang dapat diukur antara lain: *pasting temperature* (PT), *peak viscosity* (PV), *minimum viscosity* (MV), *final viscosity* (FV), dan *time to peak* (PTime). *Total setback* (TSB), *breakdown* (BD) dan *setback* dihitung dari perbedaan FV dan MV, PV dan MV, dan antara FV dan PV masing-masing (An, 2005).

Mekanisme kerja RVA yaitu: pemilihan metode, penimbangan, pencampuran, penyisipan sampel, penekanan *tower*, proses pengadukan dan munculnya data (Gambar 2.9). Langkah awal yaitu memilih metode yang akan digunakan sesuai dengan yang diinginkan. Selain itu RVA juga diatur nilai kadar air, kecepatan putar, suhu dan lain sebagainya sesuai dengan yang akan dilakukan. Setelah itu dilakukan penimbangan sampel dan pelarut yang akan dilakukan pengujian kemudian dicampurkan hingga homogen. Selanjutnya memasang *canister* dengan *paddle* kemudian mengaitkannya pada *paddle coupling* yang ada pada *tower*. Setelah itu menekan *tower* ke bawah yang menandakan proses dimulai yang ditandai dengan berputarnya *canister* (Gambar 2.11). Setelah proses pengukuran selesai, *tower* akan kembali ke posisi semula dan data dalam bentuk grafik akan muncul pada layar monitor (Putri, 2015).



Gambar 2.9. Mekanisme kerja *Rapid Visco Analyzer* (RVA) (Putri, 2015)

Berikut merupakan gambar *tower* beserta *paddle coupling* yang terdapat pada RVA:



Gambar 2.10. Proses *inserting* sampel pada *paddle coupling* (Putri, 2015)

Pada pengukuran menggunakan RVA, terdapat beberapa fase yang dapat dibaca yang dapat dilihat pada kurva di atas. Fase pertama yaitu dimana suhu masih berada di bawah suhu gelatinisasi pati, sehingga viskositas yang terukur rendah. Pada fase kedua, suhu meningkat secara perlahan sampai menuju suhu gelatinisasi pati, yaitu suhu dimana granula pati mulai membengkak dan viskositas meningkat. Peningkatan suhu dan viskositas tersebut dikenal dengan istilah suhu puncak dan viskositas puncak (*peak viscosity*). Ketika sebagian granula pati membengkak, terjadi peningkatan yang cepat pada viskositas. Fase ketiga, saat temperatur tetap meningkat dan pengadukan terus dilakukan (*holding*), granula pati akan pecah dan amilosa keluar dari granula ke cairan, yang menyebabkan viskositas menurun. Pada fase keempat, campuran kemudian didinginkan, yang menyebabkan asosiasi kembali antara molekul-molekul pati (*setback*), sehingga terbentuklah gel dan viskositas kembali meningkat hingga mencapai viskositas akhir (Immaningsih, 2012).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Pengolahan Hasil Pertanian, Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, dan Laboratorium *Center for Development Advance Science and Technology* (CDAST) Universitas Jember. Waktu Penelitian dimulai pada bulan Juli 2019 – Januari 2020.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah MOCAF (*Modified Cassava Flour*) yang didapatkan dari Solo dan enzim α -amilase (EC. 3.1.2.1) Liquozyme Supra 2.2x yang memiliki aktivitas 245,8 U/ml. Bahan- bahan kimia yang digunakan adalah 3,5-*Dinitrosalicylic acid* (Sigma Aldrich), Natrium Hidroksida 2N (NaOH) Merck, Kalium Natrium Tartrat ($C_4H_4KNaO_6 \cdot 4H_2O$) Merck, Natrium Hidroksida 0,1N (NaOH) Merck, Asam Klorida 0,1N (HCl) Merck, aquadest, label, buffer pH 4, dan buffer pH 7.

3.2.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi, *glassware*, oven, neraca analitik (Ohaus), *waterbath*, batang *strirer*, *hot plate* (Merk Ika Tipe Hs-7), *thermometer*, pH meter (HANNA), mikro pipet, kain saring, *blue tip*, *yellow tip*, *white tip*, *cabinet dryer*, blender (Philips), ayakan 100 mesh, centrifuge (HERMLE Z 206 A), spektrofotometer (UV-VIS GENESYS 10S), vorteks (Maxi Max 1 Type 16700 Mixer), *colour reader* (MINOLTA CR-10), *refrigerator*, *freezer*, tabung sentrifugasi, dan *Rapid Visco Analyze* (Merk Techmaster).

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Rancangan percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan menggunakan satu faktor yaitu lama

waktu hidrolisis. Percobaan ini dilakukan dengan empat kali ulangan, sehingga didapatkan variasi perlakuan sebagai berikut: waktu hidrolisis (0; 30; 60; 90; dan 120 menit). Berdasarkan faktor tersebut diperoleh kombinasi perlakuan sebagai berikut pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rancangan penelitian

| Substrat | Lama Hidrolisis | | | | |
|--------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | 0 menit (A1) | 30 menit (A2) | 60 menit (A3) | 90 menit (A4) | 120 menit (A5) |
| MOCAF 30% | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |

Keterangan :

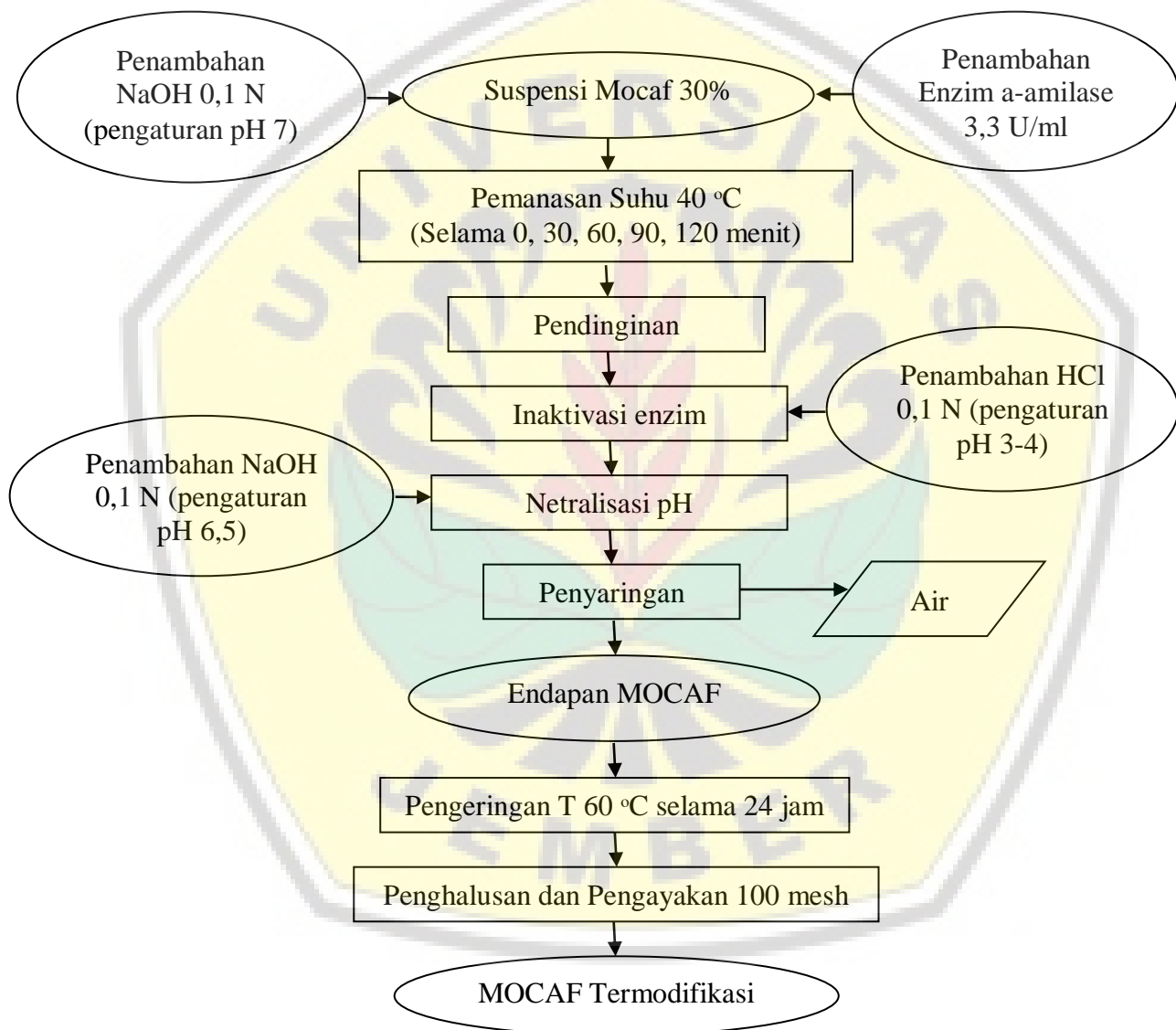
- (A1) : modifikasi dengan substrat 30% dan waktu hidrolisis 0 menit
- (A2) : modifikasi dengan substrat 30% dan waktu hidrolisis 30 menit
- (A3) : modifikasi dengan substrat 30% dan waktu hidrolisis 60 menit
- (A4) : modifikasi dengan substrat 30% dan waktu hidrolisis 90 menit
- (A5) : modifikasi dengan substrat 30% dan waktu hidrolisis 120 menit

3.3.2 Modifikasi MOCAF dengan Enzim α -Amilase

Pembuatan MOCAF termodifikasi mengacu pada penelitian Sadeghi *et al.* (2008) dan Chafid dan Kusumawardhani (2010) yang telah dimodifikasi, dengan tahapan proses yaitu suspensi MOCAF 30%, dilakukan pengaturan pH larutan dengan penambahan NaOH 0,1 N hingga pH suspensi menjadi 7. Pengaturan pH larutan hingga pH 7 bertujuan untuk membentuk kondisi optimum bagi enzim α -amilase dalam menghidrolisis pati. Setelah itu dilakukan penambahan enzim α -amilase, dilanjutkan dengan pemanasan dan pengadukan pada 40 °C selama (0, 30, 60, 90 dan 120 menit). Penggunaan perbedaan waktu hidrolisis bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan enzim α -amilase mampu bekerja optimal dalam menghidrolisis MOCAF 30%.

Setelah itu dilakukan pendinginan suspensi MOCAF termodifikasi dengan air mengalir dan dilanjutkan dengan penambahan HCl 0,1N untuk mengatur pH suspensi menjadi 3-4. Pengaturan pH dengan HCl bertujuan untuk menghentikan proses hidrolisis pati atau menginaktivasi enzim. Kemudian didiamkan selama 30

menit dan pH larutan diatur kembali dengan penambahan NaOH 0,1 N agar pH larutan menjadi 4,5-6,5. Kemudian larutan disaring untuk memisahkan endapan. Lalu endapan dikeringkan pada suhu 60 °C selama 24 jam. Hasil pengeringan tersebut dihancurkan sehingga menjadi bubuk. Skema kerja pembuatan MOCAF termodifikasi secara enzimatik dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Skema kerja MOCAF termodifikasi

3.3.3 Enzim α -Amilase

Enzim α -amilase yang digunakan adalah α -amilase enzim *Liquozyme Supra* 2.2x. yang memiliki aktivitas 245,8 U/ml. Hasil uji aktivitas enzim α -amilase menggunakan metode DNS dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Aktivitas enzim α -amilase

| Konsentrasi Pati (g) | Aktivitas Enzim (U/ml) |
|----------------------|------------------------|
| 1 | 157,8585 |
| 1,2 | 189,3444 |
| 1,4 | 245,7815 |
| 1,6 | 245,7815 |

3.4 Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati pada MOCAF termodifikasi secara enzimatik adalah derajat putih (Gaurav, 2003); WHC (*Water Holding Capacity*) (Subagio, 2006); *swelling power* (Kaur *et al.*, 2011); kelarutan (Kaur *et al.*, 2011); sineresis *freeze thaw stability* (Chen, 2003) dan sifat amilografi menggunakan alat *Rapid Visco Analyzer* (RVA) (RVA manual book, 1994).

3.5 Prosedur Analisis

3.5.1 Sifat Fungsional

a. Derajat Putih (Gaurav, 2003)

Pengukuran derajat putih menggunakan metode dari Gaurav (2003) memakai *Colour reader*. Sebelum digunakan, *colour reader* dikalibrasi terlebih dahulu dengan standar yaitu keramik putih. Setelah itu, sampel diletakkan pada wadah kemudian menentukan lima titik yang akan diukur untuk mengetahui nilai dL, da, dan db. Nilai L, a, dan b sampel diperoleh dengan menjumlahkan nilai dL, da, dan db sampel dan standar. Nilai derajat putih (*whiteness*) diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

$$L = 94,35 + dL$$

$$a^* = -5,75 + da$$

$$b^* = 6,51 + db$$

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

a* = nilai berkisar antara -80 – (+100) menunjukkan warna biru hingga merah

b* = nilai berkisar antara -50 – (+70) menunjukkan warna biru hingga kuning

W = derajat putih

b. *Water Holding Capacity (WHC)* (Subagio, 2006)

Water Holding Capacity (WHC) menggunakan metode dari Subagio (2006). Sebanyak 1 gram sampel ditambah dengan 5 mL aquades, kemudian dilakukan pengocokan menggunakan *vortex* pada suhu ruang selama 1 menit hingga homogen. Selanjutnya suspensi tersebut disentrifus dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit dan dilakukan pemisahan supernatan. Supernatan tersebut dituang, kemudian endapan yang tertinggal beserta tabung ditimbang (c gram). Perhitungan nilai *water holding capacity* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$WHC (\%) = \frac{(c - a) - b}{b} \times 100$$

Keterangan : a = berat tabung kosong

b = berat sampel

c = berat air yang terakumulasi dalam sampel

c. *Swelling Power* (Kaur *et al.*, 2011)

Swelling power menggunakan metode Kaur *et al.* (2011) yang dimodifikasi. Sampel pati termodifikasi sebanyak 0,1 g dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 10 ml air destilat dan dicampur hingga homogen. Suspensi kemudian dipanaskan dalam *water bath* pada temperatur 60, 70, 80, 90 °C selama 30 menit. Selanjutnya suspensi didinginkan, kemudian supernatan dipisahkan dari larutannya dengan cara disentrifuge dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit, setelah itu didekantasi. Kemudian pastinya diambil dan ditimbang beratnya. *Swelling power* dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini.

$$Swelling Power (g/g) = \frac{\text{berat pasta pati (g)}}{\text{berat sampel kering (g)}}$$

d. Kelarutan (Kaur *et al.*, 2011)

Kelarutan menggunakan metode Kaur *et al.* (2011) yang dimodifikasi. Sampel pati termodifikasi sebanyak 0,1 g dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 10 ml air destilat dan dicampur hingga homogen. Suspensi kemudian dipanaskan dalam water bath pada temperatur 60, 70, 80, 90 °C selama 30 menit. Selanjutnya suspensi didinginkan, kemudian supernatan dipisahkan dari larutannya dengan cara disentrifuge dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit. Kemudian supernatan didekantasi dan dikeringkan pada oven sampai 105°C sampai beratnya konstan. Kelarutan dapat dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini:

$$\text{Kelarutan (\%)} = \frac{\text{berat padatan terlarut disupernatan (g)}}{\text{berat sampel kering (g)}} \times 100$$

e. Sineresis *Freeze thaw stability* (Chen, 2003)

Metode yang digunakan yaitu dengan cara *freeze-thaw*. Diawali dengan membuat suspensi sampel dengan konsentrasi 5%, kemudian dipanaskan pada suhu 90°C selama 30 menit. Setelah itu, sampel didinginkan pada suhu ruang selama 30 menit dan kemudian disimpan pada suhu 4°C selama 16 jam. Selanjutnya dibekukan pada suhu -16°C selama 24 jam dan dicairkan pada suhu 25°C selama 4 jam. Air yang keluar kemudian ditimbang. Setelah itu, sampel dibekukan kembali dengan kondisi yang sama hingga lima kali. Perhitungan nilai sineresis digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Sineresis (g/g)} = \frac{\text{berat air yang keluar (g)}}{\text{berat pasta mula - mula (g)}}$$

3.5.2 Analisis Sifat Amilograf dengan *Rapid Visco Analyzer* (RVA manual book, 1994)

Sampel yang telah diperlakukan sesuai dengan rancangan percobaan kemudian dianalisis dengan menggunakan *Rapid Visco Analyzer* (RVA). Proses persiapan sampel dan analisis akan dijelaskan sebagai berikut: Sampel sebanyak 3 g dilarutkan dalam 25 ml aquades dan diaduk hingga homogen, kemudian dilakukan siklus pemanasan dan pendinginan dengan pengadukkan konstan.

Pengukuran sifat amilograf dengan RVA menggunakan suhu 50-95 °C, kecepatan pengadukan 160 rpm selama 13 menit. Sampel pada menit ke-0 dipanaskan suhu 50 °C dengan kecepatan putaran 960 rpm dan kemudian dipertahankan selama 10 detik. Selanjutnya kecepatan putaran diturunkan menjadi 160 rpm hingga akhir proses. Pada waktu ke 4 menit 42 detik suhu dinaikkan menjadi 95 °C sampai menit ke 11. Kemudian suhu diturunkan kembali menjadi 50 °C dan dipertahankan selama 2 menit. Pengaturan suhu dan kecepatan putar ditetapkan dan disamakan pada semua sampel yang akan dianalisis. Kurva pada RVA dapat dilihat pada gambar 3.2.

| Time (hh:mm:ss) | Function Type | Value |
|-----------------|---------------|-------|
| 00:00:00 | Temp | 50 |
| 00:00:00 | Speed | 960 |
| 00:00:10 | Speed | 160 |
| 00:01:00 | Temp | 50 |
| 00:04:42 | Temp | 95 |
| 00:07:12 | Temp | 95 |
| 00:11:00 | Temp | 50 |
| 00:13:00 | End | |

Gambar 3.2 Pengaturan suhu dan pengadukan RVA

3.6 Analisis Data

Jenis data yang digunakan yaitu data primer yang pengambilan datanya diperoleh dengan melakukan pengamatan terhadap parameter dan data sekunder yang diperoleh dari sumber referensi dan penelitian. Data yang diperoleh akan diolah dengan *Microsoft Excel 2007* dan dianalisis menggunakan metode deskriptif dengan menghitung rata-rata data dan standart deviasinya. Penyajian data dalam bentuk tabel dan histogram untuk mempermudah dalam pembahasan data.

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data dan pembahasan yang dipaparkan, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu, sifat fisik dan sifat fungsional MOCAF termodifikasi menggunakan enzim α -amilase dengan lama hidrolisis yaitu menghasilkan derajat putih yang semakin menurun, WHC dan kelarutan meningkat, nilai *swelling power* dan sineresis menurun seiring dengan lama hidrolisis. Derajat putih berkisar 91,3 – 91,6 ; WHC berkisar 135,15–143,09% ; nilai *swelling power* berkisar 3,1-4,6 g/g ; dan nilai kelarutan berkisar 5-58%. Sifat amilograf MOCAF termodifikasi menunjukkan nilai PV (*Peak Viscosity*), MV (*Minimum Viscosity*), BD (*Breakdown*), FV (*Final Viscosity*), SB (*Setback Viscosity*), Ptime (*Peak Time*), dan PT (*Pasting Temperature*) mengalami penurunan. MOCAF termodifikasi memiliki nilai SB (*Setback*) yang rendah yang mengindikasikan kemampuan untuk mempertahankan tekstur selama penyimpanan. Sehingga dapat digunakan pada produk-produk yang memiliki masalah mengenai sineresis atau *staling* sehingga dapat memperpanjang umur simpan dari produk.

5.2 Saran

Saran untuk kedepannya agar pengembangan teknologi MOCAF dapat dijadikan objek lebih lanjut untuk mendapatkan sifat tepung yang lebih dikehendaki.

DAFTAR PUSTAKA

- Achor, M., Oyi, A.R and Isah, A.B. 2010. Some Physical Characteristics of Microcrystalline Starch Obtained from Maize And Cassava, *Continental J. Pharmaceutical Sci.*, 4: 11-17.
- Adebowale, K.O, Olu-Owolabi BI, Olayinka OO, Lawal OS. 2005. Effect Of Heat Moisture Treatment And Annealing On Physicochemical Properties Of Red Sorghum Starch. *African Journal of Biotechnology* 4(9):928–933
- Adebowale, K.O., Lawal, O.S. 2003. Microstructure, Physicochemical Properties And Retrogradation Behaviour Of Mucuna Bean (*Mucuna Pruriens*) Starch On Heat Moisture Treatments. *Food Hydrocolloids* 17 (3): 265-272
- Adebowale, Y.A., Helen, T., dan Schwarzenboiz, U. 2009. Acetylated and Succinated Derivatoves of African Yam Bean (*Sphenostylis stenocarpa Hochst. Ex A. Rich*) Harms Protein Isolates. *Medweel Journal, Journal of Mobile Communication* 3. 34-46. DOI: 10, 3923/jmcomm. 2009. 34,46.
- Aini, N., Gunawan, W., dan Budi, S. 2016. Sifat Fisik, Kimia, dan Fungsional Tepung Jagung Yang Diproses Melalui Fermentasi. *Agritech*, vol.36, No. 2, Mei 2016.
- Aiyer, V. P. 2005. Amylases And Their Applications. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 4 (13); 1525-1529.
- An. H. Y. 2005. *Effects of Ozonation and Addition of Amino acids on Properties of Rice Starches*. A Dissertation Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Anwar, E. 2004. Studi Kemampuan Niosom Yang Menggunakan Maltodekstrin Pati Garut sebagai Pembawa Klorfeniramin Maleat. *Makara Sains*. 8 (2): 59-64.
- Avanza, Maria, V., Cahves, Maria, G., Belen, A. Acevedo, Maria, C., dan Anon. 2013. Functional Properties and Microstructure of Cowpea Cultivated in North-East Argentina. *Journal of Food Science and Techology* 49:123.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 7622: 2011 Tepung Mocaf.
- Batey, I. L. 2007. *Interpretation of RVA Curves dalam The RVA Handbook*.
- Batey, I. L. dan Curtin, B. M. 2000. Effect On Pasting Viscosity Of Starch And Flour From Different Operating Condition For Rapid Visco Analyser. *Cereal Chemistary*, 77 (6): 754-760.

- BeMiller, J.N, dan Whistler, R.L. 1996. *Carbohydrates*. Di dalam Food Chemistry, O.R. Fennema (Ed.), CRC Press Taylor dan Francis Group: Boca Raton, FL. Pp. 157-223.
- BeMiller, J.N. 2007. *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists, 2nd ed.* AACC International: St. Paul, M.N. pp.389.
- BeMiller, J.N., dan Huber, K.C. 2007. *Carbohydrates*. In Fennemas's Food Chemistry. Fourth Eddition. Edited by Srinivasan, D., K. L., Parkin dan O.R. Fennema. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Ben, E.S., Zulianis dan Halim, A. (2007). Studi awal pemisahan amilosa dan amilopektin pati singkong dengan fraksinasi butanol-air. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi* 12(1): 1-11.
- Beta, T., Corke, H. 2011. Noodle Quality As Related To Sorghum Starch Properties. *Cereal chem* 78: 417-420. DOI: 10.1094/CCHEM.2001.78.4.417.
- Budijanto, S., dan Yuliyanti. 2012. Studi Persiapan Tepung Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Dan Aplikasinya Pada Pembuaan Beras Analog. *Jurnal Teknologi Pertanian*, Vol. 13, No. 3.177-186. (2012).
- Chafid, A. dan Kusumawardhani, G. 2010. Modifikasi Tepung Sagu Menjadi Maltodekstrin Menggunakan Enzim α -Amilase. *Skripsi*. Semarang: Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro Semarang.
- Chen, Z. 2003. Physicochemical Properties Of Sweet Potato Starches And Their Application In Noodle Products. Ph.D. *Thesis*. The Netherlands: University of Wageningen.
- Dewi N. S., Nur H. R. P., A. Ridwan A. 2012. Karakteristik Sifat Fisikokimia Tepung Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) Dimodifikasi Secara Asetilasi Dengan Variasi Konsentrasi Asam Asetat Selama Perendaman. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, Vol. V, No. 2, Agustus 2012.
- Dipowaseso, D.A., Nurwantoro, Antonius, H. 2018. Karakteristik Fisik Dan Daya Oles Selai Kolang-Kaling yang Dibuat Melalui Substitusi Pektin dengan *Modified Cassava Flour* (MOCAF) sebagai Bahan Pengental. *Jurnal Teknologi Pangan* 2(1)1-7.
- Englyst, H., 1989. Classification and Measurement of Plant Polysaccharides. *Animal Feed Science and Technology* 23: 27-42.
- Fullbrook, P. D. 1984. *The Enzymatic Production of Glucose Syrup*. London: Blackie Academic and Profesional.

- Gaman dan Sherrington. 1992. *Pengantar Ilmu Pangan Nutrisi dan Mikrobiologi*. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gajah mada.
- Gaurav, F. 2003. *Digital Color Imaging Handbox*. CRC Press. Isbn 084930900x
- Griffin, V. K. dan J. R. Brooks. 1989. Production and Size Distribution of Rice Maltodextrins Hydrolyzed from Milled Rice Flour using Heat-Stable Alpha- Amylase. *Journal Food Science* vol 54, 190-191.
- Gunaratne, A. & R. Hoover. 2002. *Effect of Heat Moisture Treatment on The Structure and Physicochemical Properties of Tuber and Root Starches*. Carbohydrate Polymers 49: 425- 437.
- Hafnimardiyanti dan M. Ikhlas Armin. 2017. Utilization of Edible Coating and Film from Mocaf Flour to extend Shelf Life of Gelamai. *International Conference on Chemistry and Engineering in Agroindustry*. ISBN : 978-602-50936-0-9.
- Harper, J.M. 1981. *Extruction of Food*. Vol II. CRC Press Inc. Florida.
- Haryani, K., dan Hargono. 2017. Modifikasi Patu Sorgum Menjadi Maltodekstrin Menggunakan Enzim Alfa Amilase, Glukoamilase Dan Pepsin. *Prosiding SNST ke-8*. Semarang : Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim.
- Herawati, H. 2012. Teknologi Proses Food Ingredient dari Tapioka Termodifikasi. *J Litbang Pertanian* 31: 68-76.
- Hidayat, B., N. Kalsum, dan Surfiana. 2009. *Perbaikan Karakteristik Tepung Ubi Kayu Menggunakan Metode Prigelatinisasi Parsial*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun I. Politeknik Negeri Lampung. Bandar Lampung.
- Horvathova. K., A. Vachalkova., L. Novotny. 2001. *Flavonoids As Chemoprotective Agent Civilization Diseases*. Kuwait : Faculty Of Pharmacy, Kuwait University.
- Husniati. 2009. Studi Karakterisasi Sifat Fungsi Maltodekstrin Dari Pati Singkong. *Jurnal Riset Industri*. 3(2):133-138.
- Immaningsih, N. 2012. *Profil Gelatinisasi Beberapa Formlasi Tepung-tepungan Untuk Pendugaan Sifat Pemasakan*. Panel Gizi Makan 35(1): 13-22.
- Indiana, I, B. 2019. Perubahan Karakteristik Fisik Dan Fungsional MOCAF (*Modified Cassava Flour*) Selama Refermentasi Untuk Bahan Baku Mie Lethek. *Skripsi*. Jember : Universitas Jember.
- John, J.K., Raja, K.C.M., Rani, S., Moorthy, S.N., & Eliasson, A. (2002). Properties of arrowroot starch treated with aqueous HCl at ambient temperature. *Journal of Food Science*, 67(1), 10–14.

- Kaur, M., Oberoi, D.P. S., Sogi, D. S., dan Gill, B. S. 2011. Physicochemical, Morphological, Pasting Properties of Acid Treated Starches From Different Botanical Sources. *Journal Food Science Technology*. Vol. 48 (4): 460-465. (Juli-Agustus 2011).
- Koswara. 2009. *Teknologi Modifikasi Pati*. EbookPangan.com.
- Kunarto, B., dan Sani, E.Y. 2017. Pembuatan Matodekstrin dari Pati Biji Duruan (*Durio zibethinus* Murr.) Menggunakan Enzim α -Amilase. *Prosiding SNST ke-8 Tahun 2017*. Semarang : Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Kurakake, M., Kisawa, W., Ouchi, K., dan Komaki, T. 2001. Pretreatment with Ammonia Water for Enzymatic Hydrolysis of Corn Husk, Bagasse, and Switchgrass. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 90 (3), pp. 251 -259.
- Kusumanegara, A.I., Jamhari, dan Erwanto, Y. 2012. Kualitas Fisik, Sensori, dan Kadar Kolesterol *Nugget* Ampela dengan Imbangan Filler Tepung Mocaf yang Berbeda. *Buletin Peternakan* Vol. 36(1): 19-24.
- Kusumayanti, H, Handayani, N, A, Santosa, H. 2015. Swelling Power and Water Solubility of Cassava and Sweet Potatoes Flour. *Procedia Environmental Sciences*. 23:164-167
- Loksuwan, J. 2007. Characteristic of Microencapsulated β -Caroten Formed by Spray Drying with Tapioca Starch, Nativ Tapioca Starch, and Maltodextrin. *Journal Food Hydrocolloids*, 21 : 928-935.
- Manaois, R.V. 2009. *Modification of Rice Starch Properties by Addition of Amino Acids at Various pH Levels*. Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Mandari, L. 2014. Peran Berbagai Jenis Tepunglokal Sebagai Pengganti Lemak Berbasis Karbohidrat Pada Es Krim Nabati Rendah Lemak. *Skripsi*. Semarang : Universitas Katolik Soegijapranata.
- Marchal, L.M., H.H. Beftink, and J. Tramper. 1999. Towards a Rational Design of Commercial Maltodextrins. *Trend in Food Science and Technology*, 10. 345-355.
- Mardawati E., Mardawati1, Budi M. H., Robi A., Nisa W., Devi M. R. 2019. Karakterisasi Produk dan Pemodelan Kinetika Enzimatik Alfa-Amilase pada Produksi Sirup Glukosa dari Pati Jagung (*Zea Mays*). *Jurnal Industri Pertanian – Volume 01 . Nomor 01 . Tahun 2019*. Halaman 11 – 20.
- Margono, D. S. dan S. Hartinah. 1993. *Buku Panduan Teknologi Pangan*. LIPI dengan Swiss Development Cooperation, Jakarta.

- Marta, H. 2011. *Sifat Fungsional dan Reologi Tepung Jagung Nikstamal Serta Contoh Aplikasinya pada Pembuatan Makanan Pendamping ASI*. Bogor : Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Medikasari, Nurdjanah, S., Yuliana, N., dan Lintang, N.C.C. 2009. Sifat Amilografi Pasta Pati Sukun Termodifikasi Menggunakan Sodium Tripolifosfat. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. Vol. 14, No. 2, (2009).
- Melo, E.A., Stamford, T.L.M., Silva, M.P.C., Krieger, N., dan Stamford, N.P. 2003. Functional Properties of Yam Bean (*Pachyrhizus erosus*). *Bioresource Technology*, 89: 103-106.
- Mulyandari, S, H. 1992. Kajian Perbandingan Sifat-Sifat Pati Umbi-Umbian Dan Pati Biji-Bijian. *Skripsi*. Bogor : IPB.
- Murillo, C.E.C., Wang, Y.J., and Perez, L.A.B., 2008, *Morphological, Physicochemical and Structural Characteristics of Oxidized Barley and Corn Starches*. *Starch/Starke* Vol. 60, 634-645.
- Murtiningrum, Lisangan, M. M dan Edoway Y. 2012. Pengaruh Preparasi Ubi Jalar (*Ipomoea batatas*) sebagai Bahan Pengental Terhadap Komposisi Kimia dan Sifat Organoleptik Saus Buah Merah (*Pandanus Conoideus L.*). *Jurnal Agrotek*, 6 (1).
- Nadifah, A.A. (2016). Aplikasi MOCAF (*Modified Cassava Flour*) Sebagai Bahan Pengisi pada Saus Tomat. *Skripsi*. Jember : Universitas Jember.
- Nagodawithana and Reed. 1993. *Enzymes in Food Processing (Food Science and Technology)*. San Diego Manning, F.C. and R.E. Thompson 1995. *Oilfield Processing, Crude Oil*. Tulsa, PennWell Books, p.5.
- Naz, S. 2002. *Enzymes and Food*. New York : Oxford University Press.
- Noitang, S., S.A. Sooksai, T. Foophow, and A. Petsom. 2009. Proximate Analysis And Physico-Chemical Properties of Flour from The Seeds Of The China Chestnut, *Sterculia Monosperma Ventenat*, *Pakistan J. of Bio. Sci.*, 12 (19) : 1314-1319.
- Nurdjanah, N. dan S. Usmiati., 2006. Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Labu Kuning. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. Volume 3(1):13-23
- Nwokocha, L.M., N.A. Aviara, C. Senans, and P.A. Williams. 2009. A Comparative Study Of Some Properties Of Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) and Cocoyam (*Colocasia esculenta, Linn*) Starches. *Carbohydrate Polymers*. 76: 362-367.

- Olayinka, O. O., Adebowale, K. O., & Olu-Owolabi, B. I. (2008). Effect Of Heatmoisture treatment On Physicochemical Properties Of White Sorghum Starch. *Food Hydrocolloids*, 22, 225–230.
- Orford, P.D., Ring, S.G., Carroll, V., Milles, M.J., dan Morris, V.J. 1987. The Effect of Concentration and Botanical Source on the Gelation and Retrogradation of Starch. *Journal of Food and Agriculture* 39: 169-177.
- Palabiyik, I., Yildiz, O., Toker, O.S., Cavus, M., Ceylan, M.M., Yurt, B. 2016. Investigating The Addition Of Enzyme In Gluten-Free Flours- The Effect On Pasting And Textural Properties. *LWT-Food Sci Technol* 69: 633-641.
- Permana, D.N. 2012. Modifikasi MOCAF (*Modified Cassava Flour*) Secara Oksidasi dengan Hidrogen Peroksida dan Katalis Sinar UV. *Skripsi*. Jember : Universitas Jember.
- Philpot, K., Martin, M., Butardo, V.Jr., Whilloughby, D., dan Fitzgerald, M. 2006. Enviromental Factors That Affect the Ability of Amylose to Contribute to Retrogradation in Gels Made From Rice Flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 5182-5190.
- Pomeranz, Y. 1991. *Functional Properties of Food Components*. Academic Press, Inc. New York.
- Pongsawatmanit, R., Thanasukarm, P., dan Ikeda, S. 2001. Effect of Sucrose on RVA Viscosity Parameters, Water Activity and Freezable Water Fraction of Cassava Starch Suspensions. *Science Asia* 28 (2002): 129-134.
- Purnamasari, Indah dan Happy Januarti, 2010. *Pengaruh Hidrolisa Asam-Alkohol dan Waktu Hidrolisa Asam terhadap Sifat Tepung Tapioka*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Putri, N, A. 2018. *Starch Damage Mocaf (Modified Cassava Flour) Berdasarkan Metode Penggilingan Dan Lama Fermentasi*. *Tesis*. Jember : Universitas Jember.
- Putri, N. A. 2015. Sifat Rheologi MOCAF (*Modified Cassava Flour*) Dan Tapioka Dengan Variasi Ph. *Skripsi*. Jember : Universitas Jember.
- Rahman, S., Salengke, Abu B.T., Meta M., 2017. Pasta Pati Biji Palado (*Aglaia* sp) Termodifikasi Metode Pra-gelatinisasi, Ikatan Silang, dan Asetilasi. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 6 (4) 2017.
- Rapid Visco Analyzer (RVA)*, manual. 1994
- Robi'a; Sutrisno, Aji. 2015. Karakteristik Sirup Glukosa dari Tepung Ubi Ungu (Kajian Suhu Likuifikasi dan Konsentrasi α -Amilase): Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* Vol. 3 No 4 p.1531-1537.

- Ross, H.A., J. Sungurtas, L. Ducreux, J.S. Swanston, H.V. Davies, and G.J. Mc Dougal. 2003. Limit Dextrinase In Barley Cultivars Of Differing Malting Quality: Activity, Inhibitors And Limit Dextrin Profiles. *J. Cereal Sci.* 38: 325–334.
- Ruiz, Monica I.; Shancez, Clara I.; Torres, Rodrigo G.; Molina, Daniel R. 2011. Enzymatic Hydrolysis of Cassava Starch for Production of Bioethanol with a Colombian Wild Yeast Strain. Brazil: *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 22, No.12, 2337-2343.
- Sadegh, Shahidi, & Mortazav. 2008. Evaluation of Different Parameters Effect on Maltodextrin Production by α -amylase Termamyl 2-x. *World Applied Sciences Journal*, 1(13), 34–39.
- Saraswati. 1982. *The Problems to be Solved in Starch Processing Technologies in Indonesia*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Shi. 2000. *High Solids, Single Phase Process for Preparing Enzyme Converted Starches*. United State Patent No. 6,054,302.
- Singh S, Raina CS, Bawa AS, and Saxena DC. 2006. Effect of Heat-Moisture Treatment and Acid Modification of Rheological, Textural and Differential Scanning Calorimetry of Sweetpotato Starch. *J of Food Sci* 70 (6) :373-378
- Subagio, A. 2006. Ubi kayu substitusi berbagai tepung-tepungan. *Food Review*, 1 (3): 18-22.
- Subagio, A., Windrati, W. S., Witono, Y., dan Fahmi, F. 2008. *Produksi Operasi Standar (POS): Produksi Mocal Berbasis Klaster*. Jember : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.
- Suriani, A. I. 2008. Mempelajari Pengaruh Pemanasan dan Pendinginan Berulang terhadap Karakteristik Sifat Fisik dan Fungsional Pati Garut (*Marantha Arundinacea*) Termodifi kasi. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Swinkels, J.J.M. 1985. Sources of Starch, its Chemistry and Physics. *Di dalam* Roels, J. A. dan G. M. A. V. Beynum,. (eds). 1985. *Starch Conversion Technology*. Marcel Dekker, Inc., New York dan Basel.
- Takahashi ., Ohisa., Mori and Kobayashi. 2005. Heat Treatment Of Milled Rice and Properties Of The Flour. *Cereal Chemistry*. 82(2):228-232.
- Tester, R.F, dan Morisson, W.R. 1990. Swelling and Gelatinization of Cereal Starches I. Effects of Amylopectin, Amylose, and Lipids. *Cereal chemistry*. 67: 551-557.

- Triyono, A. 2007. Usaha Peningkatan Pati Ubi Kayu dengan Modifikasi Secara Enzimatis Sebagai Bahan untuk Industri Pangan. *Prosiding Seminar Nasional : D-7-1-D-7-8*.
- Urika, B, W. 2018. Pengaruh Substitusi Maltodekstrin Terhadap Sifat Fisik Produk Kerupuk Tapioka. *Skripsi*. Bogor : IPB.
- Uthumporn, U., Zaidul, I. S. M., & Karim, A. A. (2010). *Hydrolysis Of Granular Starch at Sub-Gelatinization Temperature Using A Mixture Of Amylolytic Enzymes*. Food and Bioproducts Processing, 88(C1), 47–54.
- Vasanthan, T., and Bhatta, R.S. 1996. Physicochemical Properties of Small and Large Granula Starches of Waxy, Regular, and High-Amylose Barleys. *Cereal Chemistry*, 73, 199-207.
- Vieira, F. C. and Sarmento, S.B.S. 2008. Heat-Moisture Treatment and Enzymatic Digestibility of Peruvian Carrot, Sweet Potato and Ginger Starches. *Starch/Stärke* 60, 223-232.
- Whistler, R.L. dan E.F. Paschall. 1984. *Starch Chemistry and Technology 2nd edition*. USA: Academic Press, Inc.
- Widaningrum dan Purwani, E.Y. 2006. Karakterisasi Serta Studi Pengaruh Perlakuan Panas Annealing dan *Heat-Moisture Treatment* (HMT) Terhadap Sifat Fisikokimia Pati Jagung. *J Pascapanen* 3(2):109-118.
- Winarno, F.G. 1984. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia.
- Winarno, F.G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F.G., 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, G, F. 2010. *Enzim Pangan*. Cetakan kedua. Jakarta Pusat: Penerbit PT. Gramedia.
- Wulandari, E., Een, S., Efri, M., dan Hanni L. F. 2019. Profil Gelatinisasi Tepung Sorgum Putih Ternodifikasi α -Amilase. *J. Teknol. Dan Industri Pangan* Vol.30(2): 173-179 Th. 2019.
- Wulansari, D. 2010. Karakteristik Fisik Pati Sagu (*Metroxylon sp*) Dimodifikasi Dengan Teknik *Heat Moisture Treatment* (HMT). *Tesis.. Sekolah Pasca Sarjana*. IPB, Bogor.
- Yuliasih, L., Irawadi, T, T., Sailah, L., Pranamuda, H., Setyowati K. Dan Sunarti, T, C. 2007. Pengaruh proses fraksinasi pati sagu terhadap karakteristik fraksi amilosanya. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. Vol 17 (1): 29-36.

LAMPIRAN A. DATA HASIL ANALISIS**A.1 Derajat Putih MOCAF Termodifikasi**

| Sampel | Ulangan | | | | Rata-rata | STDEV |
|-----------|---------|------|------|------|-----------|-------|
| | U1 | U2 | U3 | U4 | | |
| 0 Menit | 91,8 | 91,5 | 91,6 | 92,5 | 91,8 | 0,450 |
| 30 Menit | 91,5 | 91,5 | 91,7 | 91,8 | 91,6 | 0,155 |
| 60 Menit | 91,2 | 91,5 | 91,6 | 91,2 | 91,4 | 0,205 |
| 90 Menit | 91,3 | 91,2 | 91,5 | 91,2 | 91,3 | 0,120 |
| 120 Menit | 91,2 | 91,2 | 91,5 | 91,5 | 91,3 | 0,126 |

A.2 Nilai *Swelling Power* MOCAF Termodifikasi

| Sampel | Suhu | Ulangan | | | | Rata-rata (g/g) | STDEV |
|--------|-------|---------|--------|--------|--------|--------------------|--------|
| | | U1 | U2 | U3 | U4 | | |
| A1 | 60 °C | 3,4279 | 3,3550 | 4,0170 | 4,0733 | 3,7183 | 0,3793 |
| | 70 °C | 4,5877 | 4,2473 | 4,5081 | 5,2532 | 4,6491 | 0,4282 |
| | 80 °C | 3,1111 | 2,7127 | 4,1362 | 3,8662 | 3,4565 | 0,6589 |
| | 90 °C | 3,6715 | 3,5211 | 3,0156 | 3,5632 | 3,4428 | 0,2918 |
| A2 | 60 °C | 3,6548 | 3,1599 | 4,2600 | 3,3936 | 3,6171 | 0,4739 |
| | 70 °C | 4,6345 | 3,7457 | 5,4699 | 4,2729 | 4,5307 | 0,7247 |
| | 80 °C | 3,0926 | 2,6727 | 4,0287 | 3,1195 | 3,2284 | 0,5714 |
| | 90 °C | 3,3139 | 3,1153 | 3,9794 | 2,9303 | 3,3347 | 0,4575 |
| A3 | 60 °C | 3,6373 | 2,8323 | 4,0623 | 3,5015 | 3,5084 | 0,5101 |
| | 70 °C | 4,6085 | 4,7076 | 5,1819 | 3,3874 | 4,4714 | 0,7647 |
| | 80 °C | 3,4559 | 3,1794 | 3,4807 | 3,1862 | 3,3255 | 0,1651 |
| | 90 °C | 3,4358 | 3,2195 | 3,5387 | 3,0164 | 3,3026 | 0,2326 |
| A4 | 60 °C | 3,6052 | 3,1682 | 4,2843 | 3,5244 | 3,6455 | 0,4662 |
| | 70 °C | 4,5082 | 4,2172 | 4,7183 | 4,3859 | 4,4574 | 0,2109 |
| | 80 °C | 3,2727 | 2,7819 | 3,4751 | 3,5391 | 3,2672 | 0,3429 |
| | 90 °C | 2,7502 | 3,3720 | 4,2176 | 2,3147 | 3,1636 | 0,8258 |
| A5 | 60 °C | 3,5143 | 3,1572 | 3,9408 | 3,9447 | 3,6393 | 0,3796 |
| | 70 °C | 4,8973 | 3,8181 | 4,9638 | 4,4103 | 4,4488 | 0,4790 |
| | 80 °C | 3,5134 | 2,8303 | 4,1353 | 3,0774 | 3,3891 | 0,5720 |
| | 90 °C | 3,2522 | 3,5264 | 3,4985 | 3,0781 | 3,3388 | 0,2130 |

A.3 WHC MOCAF Termodifikasi

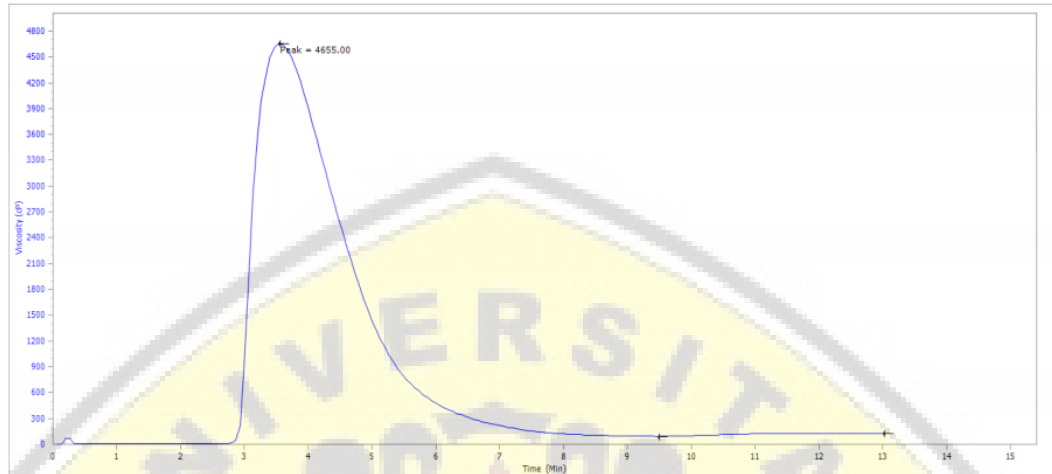
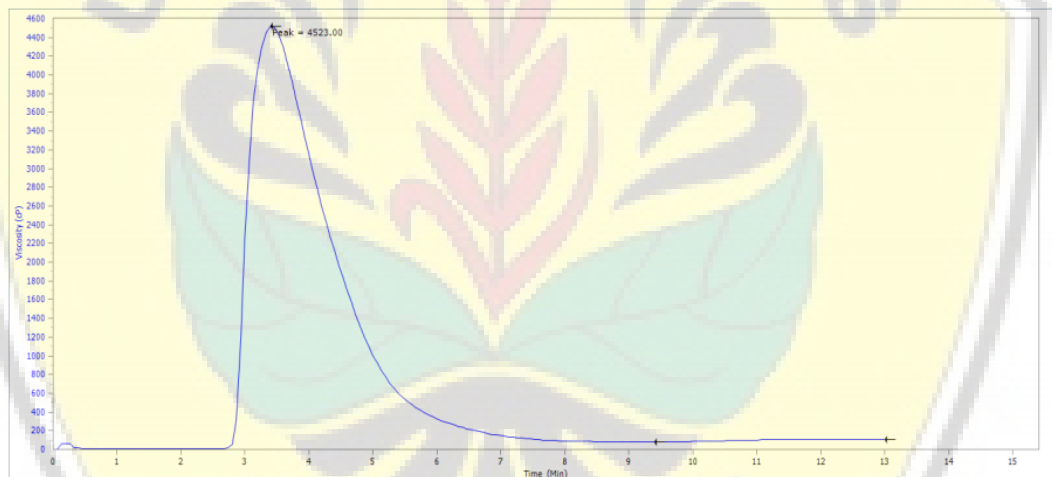
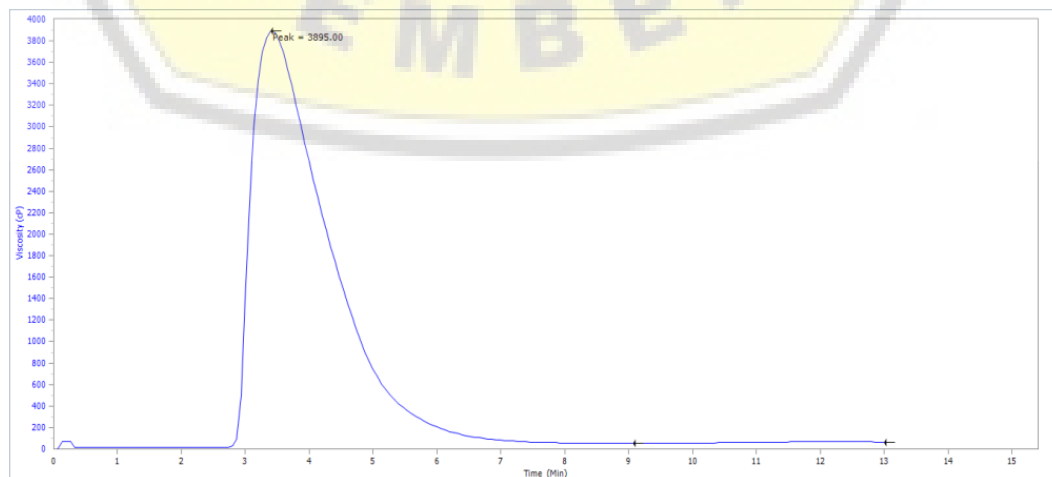
| Sampel | Ulangan | | | | Rata-Rata (%) | STDEV |
|-----------|----------|----------|----------|----------|---------------|--------|
| | U1 | U2 | U3 | U4 | | |
| 0 Menit | 135,3793 | 133,9801 | 134,9869 | 136,2494 | 135,1489 | 0,9410 |
| 30 Menit | 136,6216 | 136,0866 | 137,9093 | 136,1314 | 136,6872 | 0,8500 |
| 60 Menit | 138,4703 | 138,4520 | 139,5965 | 140,2096 | 139,1821 | 0,8693 |
| 90 Menit | 142,0146 | 141,2704 | 143,2762 | 142,1457 | 142,1767 | 0,8282 |
| 120 Menit | 143,5110 | 143,3338 | 143,3266 | 142,2000 | 143,0928 | 0,6013 |

A.4 Nilai Kelarutan MOCAF Termodifikasi

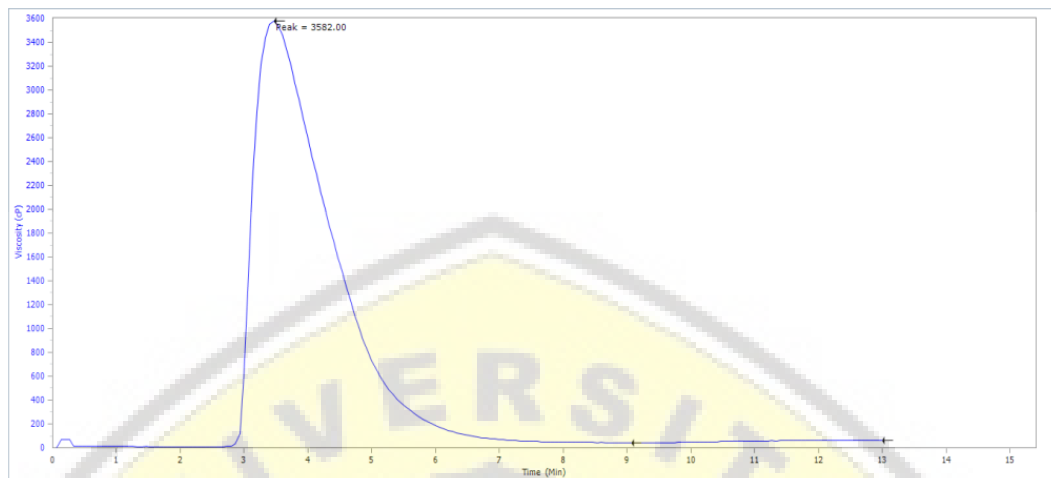
| Sampel | Suhu | Ulangan | | | | Rata-rata | STDEV |
|--------|-------|---------|---------|---------|---------|-----------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| A1 | 60 °C | 5,6354 | 7,3968 | 6,1927 | 6,5610 | 6,4465 | 0,7390 |
| | 70 °C | 29,2348 | 29,8141 | 29,0812 | 31,0856 | 29,8039 | 0,9109 |
| | 80 °C | 35,9890 | 34,5772 | 36,3796 | 34,9605 | 35,4766 | 0,8472 |
| | 90 °C | 50,7747 | 52,4598 | 50,8880 | 50,6886 | 51,2027 | 0,8420 |
| A2 | 60 °C | 5,0992 | 6,8598 | 4,8849 | 5,6394 | 5,6208 | 0,8849 |
| | 70 °C | 30,9012 | 31,9486 | 30,7100 | 30,1941 | 30,9385 | 0,7367 |
| | 80 °C | 36,9248 | 35,5669 | 35,2146 | 35,8218 | 35,8820 | 0,7384 |
| | 90 °C | 54,2028 | 53,2194 | 54,0788 | 55,1678 | 54,1672 | 0,7977 |
| A3 | 60 °C | 6,9065 | 6,1372 | 6,2385 | 7,6535 | 6,7339 | 0,7017 |
| | 70 °C | 33,6638 | 32,3547 | 31,8944 | 32,8105 | 32,6809 | 0,7545 |
| | 80 °C | 49,1139 | 49,1534 | 48,5293 | 47,2436 | 48,5101 | 0,8912 |
| | 90 °C | 56,2965 | 55,2734 | 54,9154 | 56,8568 | 55,8355 | 0,8978 |
| A4 | 60 °C | 5,5858 | 4,3099 | 4,3643 | 6,0151 | 5,0688 | 0,8631 |
| | 70 °C | 33,7866 | 32,6440 | 34,7712 | 33,7875 | 33,7473 | 0,8697 |
| | 80 °C | 49,4767 | 48,2913 | 49,9954 | 48,6107 | 49,0935 | 0,7825 |
| | 90 °C | 57,2283 | 59,1077 | 57,7971 | 57,2298 | 57,8407 | 0,8861 |
| A5 | 60 °C | 7,4664 | 8,1626 | 6,5417 | 6,8192 | 7,2475 | 0,7227 |
| | 70 °C | 39,4890 | 40,2150 | 38,2529 | 40,3370 | 39,5735 | 0,9566 |
| | 80 °C | 52,8702 | 53,3200 | 52,9412 | 52,1488 | 52,8200 | 0,4891 |
| | 90 °C | 58,5042 | 59,3307 | 58,8507 | 58,4531 | 58,7847 | 0,4046 |

A.5 Nilai Sineresis MOCAF Termodifikasi

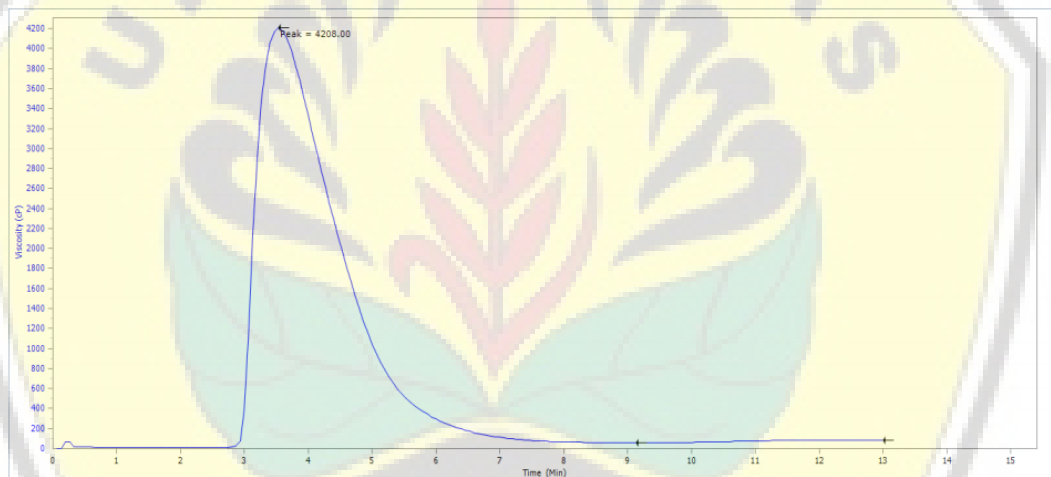
| Sampel | Lama Penyimpanan | Ulangan | | | | Rata-rata | STDEV |
|--------|------------------|---------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| A1 | 24 Jam | 0,8628 | 0,8431 | 0,7810 | 0,7974 | 0,8211 | 0,0383 |
| | 48 Jam | 0,0435 | 0,0422 | 0,0444 | 0,0281 | 0,0396 | 0,0077 |
| | 72 Jam | 0,0159 | 0,0302 | 0,0225 | 0,0197 | 0,0221 | 0,0061 |
| | 96 Jam | 0,0102 | 0,0196 | 0,0181 | 0,0215 | 0,0173 | 0,0050 |
| | 120 Jam | 0,0006 | 0,0010 | 0,0009 | 0,0008 | 0,0008 | 0,0002 |
| A2 | 24 Jam | 0,8657 | 0,8452 | 0,7866 | 0,7608 | 0,8146 | 0,0491 |
| | 48 Jam | 0,0370 | 0,0431 | 0,0412 | 0,0316 | 0,0382 | 0,0051 |
| | 72 Jam | 0,0175 | 0,0280 | 0,0269 | 0,0273 | 0,0249 | 0,0050 |
| | 96 Jam | 0,0115 | 0,0186 | 0,0176 | 0,0235 | 0,0178 | 0,0049 |
| | 120 Jam | 0,0006 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0008 | 0,0007 | 0,0001 |
| A3 | 24 Jam | 0,8364 | 0,7759 | 0,7685 | 0,8071 | 0,7970 | 0,0312 |
| | 48 Jam | 0,0520 | 0,0418 | 0,0439 | 0,0463 | 0,0460 | 0,0044 |
| | 72 Jam | 0,0138 | 0,0304 | 0,0273 | 0,0294 | 0,0252 | 0,0077 |
| | 96 Jam | 0,0123 | 0,0211 | 0,0214 | 0,0210 | 0,0189 | 0,0044 |
| | 120 Jam | 0,0007 | 0,0020 | 0,0011 | 0,0008 | 0,0011 | 0,0006 |
| A4 | 24 Jam | 0,8297 | 0,8196 | 0,7441 | 0,8129 | 0,8016 | 0,0389 |
| | 48 Jam | 0,0401 | 0,0385 | 0,0355 | 0,0469 | 0,0402 | 0,0048 |
| | 72 Jam | 0,0172 | 0,0236 | 0,0217 | 0,0221 | 0,0211 | 0,0027 |
| | 96 Jam | 0,0154 | 0,0210 | 0,0208 | 0,0247 | 0,0205 | 0,0038 |
| | 120 Jam | 0,0008 | 0,0011 | 0,0011 | 0,0007 | 0,0009 | 0,0002 |
| A5 | 24 Jam | 0,8338 | 0,7863 | 0,7518 | 0,7562 | 0,7820 | 0,0378 |
| | 48 Jam | 0,0354 | 0,0523 | 0,0299 | 0,0403 | 0,0395 | 0,0095 |
| | 72 Jam | 0,0219 | 0,0332 | 0,0172 | 0,0222 | 0,0236 | 0,0068 |
| | 96 Jam | 0,0143 | 0,0185 | 0,0254 | 0,0197 | 0,0195 | 0,0046 |
| | 120 Jam | 0,0007 | 0,0019 | 0,0016 | 0,0016 | 0,0014 | 0,0005 |

LAMPIRAN B SIFAT AMILOGRAF**B.1 Kurva Lama Hidrolisis 0 Menit****B.2 Kurva Lama Hidrolisis 30 Menit****B.3 Kurva Lama Hidrolisis 60 Menit**

B.4 Kurva Lama Hidrolisis 90 Menit



B.5 Kurva Lama Hidrolisis 120 Menit



LAMPIRAN C DOKUMENTASI

C.1 Pembuatan Sampel



Penambahan NaOH 0,1 N (pengaturan pH 7)



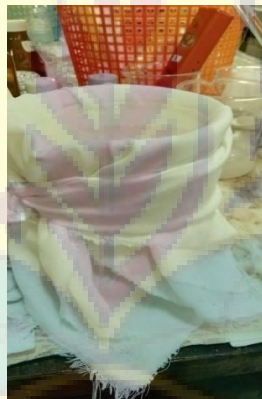
Hidrolisis dengan suhu 40 °C



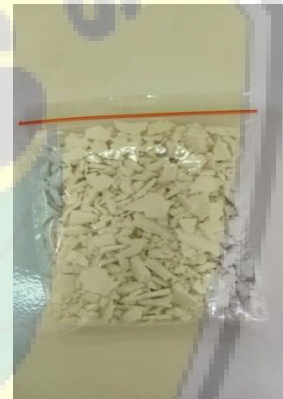
Inaktivasi enzim (penambahan HCL 0,1N)



Penambahan NaOH 0,1 N (Netralisasi pH)



Penyaringan sebelum di oven suhu 60 °C



MOCAF termodifikasi setelah pengeringan

C.2 Uji Derajat Putih



Pengukuran derajat putih menggunakan colour reader



C.3 Uji WHC



Vortex selama 1 menit

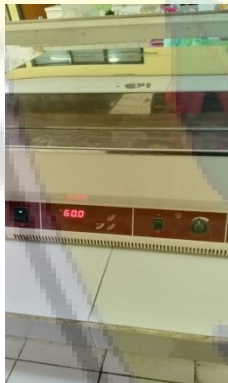


Sentrifus 3000 rpm selama 10 menit



Supernatan dibuang dan filtrat ditimbang

C.4 Uji Swelling Power



Pemanasan suspensi dengan waterbath suhu (60,70,80,90 °C)



Pendinginan setelah di waterbath



Sentrifus 2500 rpm selama 15 menit



Supernatan untuk kelarutan, filtrat ditimbang sebagai berat akhir.

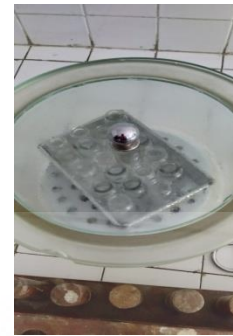
C.5 Uji Kelarutan



Supernatan dimasukkan botol timbang



Di masukkan oven kadar air.



Ditimbang hingga konstan, seperti kadar air.

C.6 Uji Sineresis



Suspensi dipanaskan suhu 90 °C



Pendinginan suspensi sebelum ditimbang



Penyimpanan dalam freezer selama 24,48,72,96,120 jam



Sentrifus 3000 rpm selama 15 menit.



Penimbangan air yang keluar



Pasta sisa setelah air dikeluarkan.