



**SIFAT RHEOLOGI MOCAF (*Modified Cassava Flour*)
DAN TAPIOKA DENGAN VARIASI pH**

SKRIPSI

Oleh
Nia Ariani Putri
NIM 111710101050

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

2015



**SIFAT RHEOLOGI MOCAF (*Modified Cassava Flour*)
DAN TAPIOKA DENGAN VARIASI pH**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknologi Hasil Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Pertanian

Oleh
Nia Ariani Putri
NIM 111710101050

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

2015

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Sri Yuni Utami dan Ayahanda Mahmud Hanafi tercinta yang tidak pernah berhenti berdoa dan memberi kasih sayangnya sejak Nia dilahirkan;
2. Adik-adik tersayang M. Dimas Rizki Ramadhan dan Nayla Khairunnisa;
3. Mbah Sudarmo, Mbah Hartatik, Mbah Marki (Alm.) dan Mbah Tuha;
4. Om Triyono Effendi (Alm.) dan keluarga besar di Surabaya;
5. Bapak dan ibu guru sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi;
6. Almamater TK Al-kautsar, Pasuruan; SD Al-kautsar, Pasuruan; SMPN 1 Pasuruan; SMAN 2 Pasuruan; dan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember;
7. Teman-teman Nia sejak TK hingga SMA di Pasuruan;
8. Marindika Baruna Adiluhung yang telah menemani, memberi semangat dan motivasi serta selalu mendukung apa yang Nia kerjakan dan cita-citakan hingga saat ini;
9. Jajaran Dekanat Fakultas Teknologi Pertanian dan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian beserta perangkat administrasinya;
10. Keluarga besar Laboratorium KBHP (Bu Wiwik, Bu Dini, Mbak Ketut, Mbak Sari, dan lain-lain);
11. Keluarga besar CDAST (Prof. Tri Agus Siswoyo, SP., M.Agr., Ph.D. ; Mbak Frida, Mbak NH, Mas Aryo, Mbak Melati dan rekan-rekan penelitian tercinta);
12. Rekan-rekan penelitian Nia, Akita Ayu Nadifah dan Pradiska Gita yang selalu memberi semangat, dukungan dan saran yang membangun;
13. Teman Nia kuliah, khususnya angkatan 2011, kakak angkatan, adik angkatan dan lain-lain.
14. Rekan KKN Nia (Adit, Kukuh, Aan, Hanif, Mala, Ulfa, Emi, Reddy dan Mas Latif) yang telah memberikan pembelajaran dan pengalaman baru dalam menjalani kehidupan yang sebenarnya serta mengajarkan pentingnya kebersamaan dan tali silaturahmi;

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nia Ariani Putri

NIM : 111710101050

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Sifat Rheologi MOCAF (*Modified Cassava Flour*) dan Tapioka Dengan Variasi pH" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 18 Juni 2015

Yang menyatakan,

Nia Ariani Putri

NIM 111710101050

SKRIPSI

**SIFAT RHEOLOGI MOCAF (*Modified Cassava Flour*)
DAN TAPIOKA DENGAN VARIASI pH**

Oleh

Nia Ariani Putri

NIM 111710101050

Pembimbing:

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

Dosen Pembimbing Anggota : Nurud Diniyah S.TP., M.P.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Sifat Rheologi MOCAF (*Modified Cassava Flour*) dan Tapioka Dengan Variasi pH” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 29 Juli 2015

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Tim Penguji:

Penguji Utama,

Penguji Anggota,

Dr. Ir. Iwan Taruna M.Eng.

NIP 196910051994021001

Dr. Ir. Triana Lindriati S.T., M.P.

NIP 196808141998032001

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Yuli Witono S.TP., M.P.

NIP 196912121998021001

RINGKASAN

Sifat Rheologi MOCAF (*Modified Cassava Flour*) dan Tapioka dengan Variasi pH; Nia Ariani Putri; 2015; 49 halaman; Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Rheologi merupakan ilmu yang mempelajari suatu deformasi dan aliran materi. Data rheologi sangat penting untuk diperhatikan pada industri pangan. Data tersebut dibutuhkan untuk mendesain alat produksi, mengembangkan produk serta untuk mengontrol kualitas dan umur simpan produk. MOCAF (*Modified Cassava Flour*) merupakan tepung ubi kayu terfermentasi. Proses fermentasi tersebut mengakibatkan perubahan karakteristik MOCAF dan menjadi kelebihan dari MOCAF. Dewasa ini MOCAF digunakan sebagai bahan pensubstitusi pada produk mie, *bakery*, *cookies*, dan makanan semi basah.

Dalam industri pangan, pati juga mempunyai peranan penting. Salah satu contohnya yaitu tapioka yang merupakan pati alami dari ubi kayu. Dalam penggunaannya, pati alami memiliki beberapa kendala, salah satunya yaitu tidak tahan terhadap perlakuan asam. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh pH terhadap sifat rheologi MOCAF dan tapioka pada beberapa tingkat perubahan suhu dan mengetahui di antara keduanya yang mempunyai kestabilan viskositas yang baik pada kondisi asam dan suhu tinggi.

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap perubahan-perubahan yang terjadi dengan adanya pengaruh asam pada beberapa tingkat perubahan suhu yang diberikan pada sampel. Perubahan tersebut dapat diketahui dari nilai *peak viscosity*, *minimum viscosity*, *breakdown*, *final viscosity*, *setback*, *peak time* dan *pasting temperature*-nya. Pengolahan data yang diperoleh menggunakan metode deskriptif. Data hasil pengamatan ditampilkan dalam bentuk tabel dan histogram.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH mempengaruhi sifat rheologi pada kedua sampel, yang ditunjukkan pada nilai *peak viscosity*, *minimum viscosity*, *breakdown*, *final viscosity*, *setback*, *peak time* dan *pasting temperature*-nya. Pada perlakuan dengan pH 3, kedua sampel mempunyai nilai *peak viscosity*

dan *breakdown* paling tinggi sedangkan nilai *minimum viscosity*, *final viscosity*, *setback*, *peak time* dan *pasting temperature*-nya paling rendah. Pada perlakuan dengan pH 7, kedua sampel nilai *peak viscosity* dan *breakdown* paling rendah sedangkan nilai *minimum viscosity*, *final viscosity*, *setback*, *peak time* dan *pasting temperature*-nya paling tinggi. Dari kedua sampel, tapioka mempunyai nilai *breakdown* dan *setback* yang lebih tinggi dibanding MOCAF. Hal tersebut menunjukkan bahwa MOCAF lebih mempunyai kestabilan viskositas yang baik dibanding tapioka.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Sifat Rheologi MOCAF (*Modified Cassava Flour*) dan Tapioka Dengan Variasi pH". Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad saw, karena dengan perjuangan beliau kami berada dalam tuntunan yang benar. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Ir. Achmad Subagio M.Agr., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Akademik, Nurud Diniyah S.TP., M.P., selaku Dosen Pembimbing Anggota, Dr. Ir. Iwan Taruna M.Eng., selaku Dosen Penguji I dan Dr. Ir. Triana Lindriati selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini;
2. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP), selaku pemberi dana penelitian dengan nomor PRJ 1964/LPDP/2014.
3. Ayah, ibu dan adik-adikku yang telah memberikan kasih sayang, perhatian serta doa demi terselesaikannya skripsi ini;
4. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat.

Jember, 18 Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PEMBIMBINGAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
RINGKASAN	vi
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Ubi Kayu (<i>Manihot esculenta Crantz</i>)	4
2.2 MOCAF (<i>Modified Cassava Flour</i>)	4
2.3 Tapioka	7
2.4 Larutan Buffer	7
2.4.1 Asam Sitrat	8
2.4.2 Natrium Sitrat	9
2.5 Pati	10
2.5.1 Granula Pati	11
2.5.2 Amilosa	11
2.5.3 Amilopektin	12
2.6 Sifat Fungsional Pati	13

2.6.1 <i>Swelling Power</i>	13
2.6.2 Gelatinisasi.....	13
2.6.3 Retrogradasi	16
2.6.4 Pemastaaan	17
2.7 Sifat Rheologi Bahan Pangan	19
2.8 Faktor Yang Mempengaruhi Viskositas Bahan Pangan	22
2.9 <i>Rapid Visco Analyzer (RVA)</i>	21
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	25
3.3 Metode Penelitian	25
3.3.1 Skema Kerja.....	26
3.3.1.1 Pembuatan Larutan Buffer	26
3.3.1.2 Analisis Sifat Rheologi.....	26
3.3.1.3 Analisis Sampel Awal	28
3.3.1.4 Analisis Kandungan Amilosa dan Amilopektin....	30
3.4 Parameter Pengamatan	30
3.5 Prosedur Analisis	31
3.5.1 Analisis Rheologi Menggunakan RVA	31
3.6 Analisis Data	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Analisis Sampel Awal	32
4.2 Analisis Kandungan Amilosa dan Amilopektin	32
4.3 Karakteristik Amilografi MOCAF dan Tapioka	33
BAB 5. PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Komposisi kimia MOCAF dan tepung singkong	5
2.2 Perbedaan sifat fisik MOCAF dan tepung singkong.....	6
2.3 Perbedaan sifat organoleptik MOCAF dan tepung singkong	6
2.4 Karakteristik gelatinisasi beberapa jenis pasti	15
3.1 Kombinasi variabel A dan variabel B	25
4.1 Kadar air dan kadar pati MOCAF dan tapioka	32
4.2 Kandungan amilosa dan amilopektin MOCAF dan tapioka	33
4.3 Pengaruh asam terhadap karakteristik amilografi MOCAF dan tapioka .	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Ubi kayu	4
2.2 MOCAF (<i>modified Cassava Flour</i>)	5
2.3 Struktur molekul asam sitrat	9
2.4 Struktur Na-sitrat.....	9
2.5 Struktur rantai amilosa	12
2.6 Struktur molekul amilopektin	12
2.7 Proses gelatinisasi	15
2.8 Kurva pada RVA.....	18
2.9 Granula pati selama pemasakan	19
2.10 Mekanisme Kerja <i>Rapid Visco Analyzer</i> (RVA)	23
2.11 Proses <i>inserting</i> sampel pada <i>padlle coupling</i>	23
3.1 Proses pembuatan larutan buffer	26
3.2 Pengaturan suhu pada RVA	27
3.3 Analisis sifat rheologi	28
4.1 Kurva amilograf MOCAF pada beberapa variasi pH perlakuan.....	36
4.2 Kurva amilograf tapioka pada beberapa variasi pH perlakuan	36
4.3 Kurva amilograf tapioka pada beberapa varietas	37
4.4 Grafik pengaruh pH terhadap nilai PV MOCAF dan tapioka.....	38
4.5 Grafik pengaruh pH terhadap nilai MV MOCAF dan tapioka	40
4.6 Grafik korelasi nilai PV dan MV MOCAF	41
4.7 Grafik korelasi nilai PV dan MV tapioka	41
4.8 Grafik pengaruh pH terhadap nilai <i>breakdown</i> MOCAF dan tapioka	42
4.9 Grafik pengaruh pH terhadap nilai FV MOCAF dan tapioka.....	43
4.10 Grafik pengaruh pH terhadap nilai <i>setback</i> MOCAF dan tapioka.....	45
4.11 Grafik pengaruh pH terhadap nilai <i>peak time</i> MOCAF dan tapioka	46
4.12 Grafik pengaruh pH terhadap nilai <i>pasting temperature</i> MOCAF dan tapioka.....	47
4.13 Grafik korelasi nilai <i>peak time</i> dan <i>pasting temperature</i> MOCAF.....	48

4.14 Grafik korelasi nilai *peak time* dan *pasting temperature* tapioka 48



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A.1 Syarat mutu MOCAF menurut SNI No 7622 Tahun 2011	50
A.2 Syarat mutu tapioka menurut SNI 01-3451-1994	51
B.1 Karakteristik Amilografi	52
B.1.a Karakteristik Amilografi MOCAF	52
B.1.b Karakteristik Amilografi Tapioka	54
C.1 Granula Pati	57
C.1.a Granula Pati MOCAF Pada Suhu 50 ⁰ C(perbesaran 400x)	57
C.1.b Granula Pati Tapioka Pada Suhu 50 ⁰ C(perbesaran 400x).....	58
C.1.c Granula Pati MOCAF Pada Suhu 75 ⁰ C(perbesaran 400x)	59
C.1.d Granula Pati Tapioka Pada Suhu 75 ⁰ C(perbesaran 400x).....	60
D.1 Kadar Air Ulangan 1	61
D.2 Kadar Air Ulangan 2	61
D.3 Rata-rata Kadar Air Ulangan 1 dan 2	61
E.1 Penentuan Kurva Standar Glukosa	62
E.2 Kadar Pati Ulangan 1	62
E.3 Kadar Pati Ulangan 2	62
E.4 Rata-rata Kadar Pati Ulangan 1 dan 2	63
F.1 Penentuan Kurva Standar Amilosa	64
F.2 Kandungan Amilosa dan Amilopektin Ulangan 1	64
F.3 Kandungan Amilosa dan Amilopektin Ulangan 1	65
F.4 Rata-rata Kandungan Amilosa dan Amilopektin Ulangan 1 dan 2	65

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rheologi merupakan suatu ilmu deformasi dan aliran materi. Studi ini mempelajari tentang bagaimana cara bahan merespon tegangan atau regangan. Data rheologi dibutuhkan pada industri pangan untuk perhitungan rekayasa proses yang melibatkan berbagai peralatan, menentukan fungsi bahan dalam pengembangan produk, kontrol kualitas produk intermediet atau produk akhir, pengujian umur simpan dan evaluasi tekstur makanan dengan korelasi data sensorik (Steffe, 1996). Menurut Ratna (2013), sifat rheologi mencakup pembahasan tentang aliran fluida, yang merupakan segmen penting dari industri pengolahan pangan. Keutamaan dari sifat rheologi yaitu dapat menjelaskan banyak konsep yang dihubungkan dengan aliran fluida yang biasa digunakan pada penjelasan dari aliran suspensi, aliran dari produk granular atau tepung dan produk pangan solid. Hal tersebut sangat dibutuhkan ketika membahas tekstur produk pangan.

Menurut Koswara (2013), pati memegang peranan penting dalam industri pangan dan industri non pangan seperti industri kertas, lem, tekstil, dan lain-lain. Dalam perdagangan dikenal dua macam pati yaitu pati yang belum dimodifikasi dan pati yang telah dimodifikasi. Pati yang belum dimodifikasi atau pati alami salah satunya yaitu tapioka. Dalam industri pangan, tapioka banyak digunakan sebagai bahan pengental, bahan pengisi dan bahan pengikat dalam industri makanan, seperti pembuatan puding, sup, makanan bayi, es krim, pengolahan sosis daging, industri farmasi, dan lain-lain.

Dalam penggunaannya, pati alami seperti tapioka memiliki beberapa kendala sehingga terbatas dalam pengaplikasiannya. Apabila dimasak, pati alami membutuhkan waktu yang lama sehingga membutuhkan energi yang tinggi, sifatnya lengket dan tidak tahan terhadap perlakuan asam. Di lain pihak, 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). Oleh karena itu, pati alami dilakukan modifikasi untuk menghasilkan sifat-sifat yang dikehendaki dan sesuai dengan yang dibutuhkan.

Salah satu contoh produk *modified starch* yaitu MOCAF (*Modified Cassava Flour*). Menurut Subagio (2006), MOCAF (*Modified Cassava Flour*) merupakan produk turunan dari tepung ubi kayu yang menggunakan prinsip memodifikasi sel singkong secara fermentasi. Proses modifikasi sel singkong pada pembuatan MOCAF secara fermentasi tersebut mengakibatkan perubahan karakteristik tepung yang berbeda dengan karakteristik tepung singkong biasa. Perubahan karakteristik tersebut yang menjadi kelebihan dari MOCAF. Perubahan yang terjadi pada MOCAF yaitu naiknya viskositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi, WHC (*Water Holding Capacity*), dan kemudahannya larut (Subagio dkk, 2008).

Dewasa ini, MOCAF digunakan sebagai bahan substitusi pada produk mie, *bakery*, *cookies*, dan makanan semi basah (Subagio, dkk., 2008). Dalam perkembangannya, MOCAF diharapkan tidak hanya sebatas sebagai bahan substitusi, namun juga diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada produk pangan seperti saus. Proses pengolahan saus dilakukan dalam kondisi asam dikarenakan pada proses pembuatannya ditambahkan bahan pengasam untuk menurunkan pH saus menjadi 3,8-4,4 dan suhu yang cukup tinggi yaitu dengan suhu pemanasan pada suhu 80-100°C (Koswara, 2013). pH rendah dan suhu yang cukup tinggi akan mempengaruhi sifat rheologi bahan salah satunya dapat dilihat dari karakteristik amilografinya.

Menurut Syamsir, dkk (2012) menyatakan bahwa tapioka memiliki karakteristik *pasting* tipe A yang dicirikan dengan viskositas puncak yang tinggi dan diikuti dengan pengenceran yang cepat selama pemanasan. Hal tersebut menunjukkan bahwa tapioka cenderung tidak tahan terhadap proses pemanasan dan pengadukan, sehingga apabila diaplikasikan pada produk yang diolah menggunakan panas dan pengadukan serta perlakuan asam karakteristiknya tidak sesuai dengan yang diharapkan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk

mengetahui pengaruh pH pada beberapa tingkat perubahan suhu terhadap sifat rheologi MOCAF dan tapioka.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam pengaplikasiannya, tapioka mempunyai beberapa kelemahan salah satunya yaitu tidak tahan terhadap perlakuan asam sehingga terbatas dalam penggunaannya. Dalam perkembangannya, MOCAF diharapkan tidak hanya dapat sebagai bahan pensubstitusi namun juga dapat digunakan sebagai bahan pengisi pada produk pangan, salah satunya yaitu produk saus dimana pada proses pengolahannya dilakukan pada kondisi asam dan suhu tinggi.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh pH terhadap sifat rheologi MOCAF dan tapioka pada beberapa tingkat perubahan suhu, dan
2. Untuk mengetahui kestabilan viskositas terbaik di antara MOCAF dan tapioka dengan perlakuan pH pada beberapa tingkat perubahan suhu.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat dijadikan sumber informasi dan referensi pada desain proses pengolahan bahan pangan, pengembangan produk, desain alat produksi, serta kontrol kualitas pada penggunaan MOCAF dan tapioka menjadi produk pangan tertentu terutama yang menggunakan perlakuan asam dan suhu tinggi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ubi Kayu (*Manihot esculenta Crantz*)

Di Indonesia, ubi kayu atau singkong (*Manihot esculenta Crantz*) mempunyai nilai ekonomi yang paling penting apabila dibandingkan dengan jenis umbi-umbian yang lain. Selain dapat dikonsumsi dalam bentuk singkong rebus atau goreng, tape dan lain-lain, ubi kayu juga sering diolah menjadi gaplek, tepung gaplek, dan tepung tapioka yang merupakan bahan setengah jadi. Ubi kayu berbentuk seperti silinder yang ujungnya mengecil dengan diameter rata-rata sekitar 2-5 cm dan panjang sekitar 20-30 cm, dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Ubi kayu biasanya diperdagangkan dalam bentuk masih berkulit. Umbinya mempunyai kulit yang terdiri dari dua lapis yaitu kulit luar dan kulit dalam. Daging umbi biasanya berwarna putih atau kuning. Pada bagian tengah daging umbi terdapat suatu jaringan yang tersusun dari serat dan di antara kulit dalam dan daging umbi terdapat lapisan kambium. Ubi kayu segar banyak mengandung air dan pati (Muchtadi, dkk., 2011).



Gambar 2.1 Ubi kayu (Anonim, 2012)

2.2 MOCAF (*Modified Cassava Flour*)

MOCAF (*Modified Cassava Flour*) merupakan tepung ubi kayu yang dimodifikasi. Secara definitif, MOCAF (Gambar 2.2) adalah produk tepung dari ubi kayu (*Manihot esculenta Crantz*) yang diproses menggunakan prinsip memodifikasi sel ubi kayu secara fermentasi, dimana mikroba BAL (Bakteri Asam Laktat) mendominasi selama proses fermentasi tepung ubi kayu. Mikroba yang tumbuh menghasilkan enzim pektinolitik dan selulolitik yang dapat

menghancurkan dinding sel ubi kayu sedemikian rupa sehingga terjadi liberalisasi granula pati. Mikroba tersebut juga menghasilkan enzim-enzim yang menghidrolisis pati menjadi gula dan selanjutnya diubah menjadi asam-asam organik, terutama asam laktat. Hal tersebut akan menyebabkan perubahan karakteristik pada tepung yang dihasilkan berupa naiknya viskositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi dan kemudahan melarut (Subagio, dkk., 2008).



Gambar 2.2 MOCAF (*Modified Cassava Flour*) (Anonim, 2015)

MOCAF dapat digolongkan sebagai produk *edible cassava flour* berdasarkan Codex Standard, Codex Stan 176-1989 (Rev. 1-1995). Walaupun dari komposisi kimia MOCAF tidak jauh berbeda, dapat dilihat pada Tabel 2.1. Menurut Subagio (2006), pada saat proses fermentasi juga terjadi penghilangan komponen penimbul warna seperti pigmen (khususnya pada ketela kuning), dan protein yang dapat menyebabkan warna coklat ketika proses pemanasan. Dengan adanya hal tersebut mengakibatkan warna MOCAF yang dihasilkan lebih putih jika dibandingkan dengan warna tepung ubi kayu yang biasa dapat dilihat pada Tabel 2.2. MOCAF memiliki karakteristik yang hampir sama dengan tepung terigu, yaitu putih, lembut dan tidak berbau singkong (Kurniati, dkk. 2012).

Tabel 2.1 Komposisi kimia MOCAF dan tepung singkong

Parameter	MOCAF	Tepung Singkong
Kadar air (%)	Max. 13	Max. 13
Kadar protein (%)	Max. 1,0	Max. 1,0
Kadar abu (%)	Max. 0,2	Max. 0,2
Kadar pati (%)	85 - 87	82 - 85
Kadar serat (%)	1,9 - 3,4	1,0 - 4,2
Kadar lemak (%)	0,4 - 0,8	0,4 - 0,8
Kadar HCN (mg/kg)	tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi

Sumber: Subagio, dkk., 2008

Tabel 2.2 Perbedaan sifat fisik MOCAF dan tepung singkong

Parameter	MOCAF	Tepung Singkong
Besar butiran (mesh)	Max. 80	Max. 80
Derajat keputihan (%)	88 – 91	85 – 87
Kekentalan (mPas)	52 - 55 (2% pasta panas) 75 - 77 (2% pasta dingin)	20 - 40 (2% pasta panas) 30 - 77 (2% pasta dingin)

Sumber: Subagio, dkk., 2008

Sifat organoleptik MOCAF berbeda dengan tepung singkong dapat dilihat pada Tabel 2.3. MOCAF menghasilkan aroma dan citarasa yang khas yang dapat menutupi aroma dan citarasa singkong yang cenderung tidak menyenangkan konsumen apabila bahan tersebut diolah. Hal tersebut terjadi dikarenakan adanya hidrolisis granula pati yang menghasilkan monosakarida sebagai bahan baku penghasil asam-asam organik, terutama asam laktat yang akan terimbibisi dalam bahan (Subagio, dkk., 2008).

Tabel 2.3 Perbedaan Sifat Organoleptik MOCAF dan Tepung Singkong

Parameter	MOCAF	Tepung Singkong
Warna	Putih	Putih kecoklatan
Aroma	Netral	Kesan singkong
Rasa	Netral	Kesan singkong

Sumber: Subagio, dkk., 2008

Apabila dilihat dari proses pembuatannya, pembuatan MOCAF sangat sederhana, hampir sama dengan pembuatan tepung ubi kayu seperti biasa namun perbedaannya terletak pada proses fermentasi yang tidak dilakukan pada pembuatan tepung ubi kayu biasa. Langkah awal yang dilakukan pada pembuatan MOCAF yaitu ubi kayu dikupas kulitnya, dikerok lendirnya dan dilakukan pencucian sampai bersih. Setelah itu ubi kayu dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil dan seragam dan kemudian dilakukan proses fermentasi selama kurang lebih 12-72 jam bergantung pada jenis ubi kayu yang digunakan. Ubi kayu yang telah melalui proses fermentasi kemudian dilakukan proses pengeringan yang dapat dilakukan dengan pengeringan menggunakan sinar matahari ataupun pengeringan artificial. Namun mutu yang baik akan dihasilkan dengan menggunakan pengeringan sinar matahari. Bahan yang telah kering kemudian digiling dan diayak dengan ayakan 80-120 mesh (Subagio, 2006). Syarat mutu MOCAF menurut SNI No 7622 tahun 2011 dapat dilihat pada Lampiran A.1.

2.3 Tapioka

Menurut Astawan (2010), tapioka merupakan pati yang diekstrak dengan air dari umbi singkong (ketela pohon). Tapioka merupakan salah satu sumber karbohidrat yang biasanya digunakan untuk bahan baku makanan. Tapioka digunakan sebagai bahan pengental, bahan pengisi, dan bahan pengikat dalam industri pangan, seperti dalam pembuatan puding, sup, pengolahan sosis dan kerupuk (Ratnawati, 2013). Jika dibandingkan dengan tepung jagung, kentang, dan gandum atau terigu, komposisi zat gizi tapioka cukup baik, sehingga memungkinkan untuk penggunaannya yang lebih luas (Koswara, 2013).

Proses pembuatan tapioka meliputi proses pengupasan, pencucian, ekstraksi, penyimpanan (pengendapan), pemanasan dan penghalusan. Awalnya ubi kayu dikupas kulitnya, kemudian dicuci hingga bersih. Ubi kayu yang telah bersih dari kotoran diparut. Hasil parutan ditambah dengan air, diperas kemudian disaring menggunakan kain saring. Hasil saringan disimpan selama satu malam untuk mendapatkan patinya. Selanjutnya memisahkan air yang berada di atas endapan dan meniriskan hasil pengendapan dilanjutkan dengan penjemuran di bawah sinar matahari hingga kering. Langkah terakhir yaitu penghalusan dan pengayakan. Untuk mempercepat pengendapan, dapat ditambahkan tawas atau aluminium sulfat $[Al_2(SO_4)_3]$ sebanyak 1 g/L dan kaporit sebanyak 1 mg/L, sedangkan untuk memperbaiki warna dapat ditambahkan natrium bisulfat (Na_2SO_4) sebanyak 0,1% (Koswara, 2013). Syarat mutu tapioka menurut SNI 01-3451-1994 dapat dilihat pada Lampiran A.2.

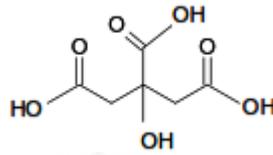
Menurut Syamsir, dkk (2012) memiliki karakteristik *pasting* tipe A yang dicirikan dengan viskositas puncak yang tinggi dan diikuti dengan pengenceran yang cepat selama pemanasan. Pati dengan karakteristik tersebut cenderung tidak tahan terhadap proses pemanasan dan pengadukan sehingga kurang aplikatif untuk diterapkan pada produk yang diolah menggunakan panas dan pengadukan. Pada penelitian sebelumnya, menunjukkan bahwa kelima tapioka dari berbagai varietas memiliki suhu puncak yang relatif mirip dan dipengaruhi oleh kadar amilopektin dan protein pati.

2.4 Larutan Buffer

Menurut Respati (1992), larutan penyangga (buffer) merupakan campuran antara asam lemah dengan garamnya atau basa lemah dengan garamnya, dan digunakan untuk menahan perubahan pH. Suatu larutan apabila ditambah asam maka pH-nya akan turun karena konsentrasi H^+ meningkat, sedangkan apabila ditambah basa maka pH-nya akan naik karena konsentrasi OH^- meningkat. Seterusnya akan terjadi seperti itu, suatu larutan asam atau basa apabila ditambah air pH-nya akan berubah karena konsentrasi asam atau basanya akan menurun. Larutan yang ditambah sedikit asam, basa atau air tidak akan merubah pH-nya secara berarti yang biasa disebut larutan penyangga (buffer) (Syukri, 1999).

2.4.1 Asam Sitrat

Asam sitrat (asam 2-hidroksipropana-1,2,3-trikarboksilat) dengan struktur molekul yang ditunjukkan pada Gambar 2.3, yang sering disingkat CA (*citric acid*) merupakan asam polikarboksilat alami yang banyak terdapat dalam buah-buahan seperti jeruk dan lemon. Asam sitrat pertama kali diisolasi dan mengkristal dari jus lemon pada tahun 1784 oleh kimiawan Swedia yaitu Karl Wilhelm Scheele. Awalnya asam sitrat diproduksi dari lemon, namun pada tahun 1893 seorang ahli botani Jerman, Whemer, menemukan bahwa asam sitrat adalah metabolit dalam fermentasi oleh kapang tertentu dan pada tahun 1917, kimiawan Amerika, Currie menemukan bahwa *Aspergillus Niger* adalah mikroorganisme yang sangat berguna dalam produksi asam sitrat. Produksi komersial asam sitrat fermentasi dimulai pada tahun 1919 oleh Societe des Produits Organique di Belgia dan fermentasi oleh *Aspergillus Niger* masih menjadi jalan utama untuk memproduksi asam sitrat. Asam sitrat pada umumnya diakui aman oleh GRAS, *American Food and Drug Administration*, FDA, dan digunakan secara luas dalam industri makanan (Grewal dan Kalra, 1995). Produksi asam sitrat dunia pada tahun 2004 sebesar 1,4 juta ton dan harganya yang relatif murah yaitu berkisar antara 0,7 – 2 \$ / kg (Socol, dkk., 2006).



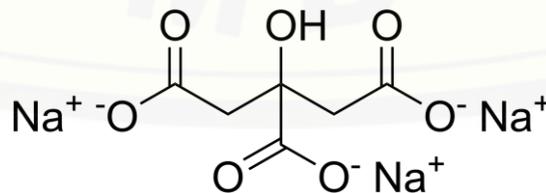
Gambar 2.3 Struktur molekul asam sitrat (Olsson, 2013)

Menurut Dwiyanana (2011), asam sitrat berwarna putih, tidak berbau, berupa padatan (bubuk kristal) pada suhu kamar. Fungsinya sebagai pengasam, sinergis untuk antioksidan, pengawet dan agensia citarasa buatan (*flavouring agents*) makanan dan minuman terutama untuk minuman ringan. Asam sitrat sangat mudah larut air, larut sempurna dalam etanol, larut perlahan dalam pelarut eter. Asam sitrat sebaiknya disimpan pada tempat yang kering atau dingin dan tertutup rapat karena sifatnya yang higroskopis (bentuk monohidrat) yang mengandung satu molekul air pada setiap molekul asam sitrat.

Keasaman asam sitrat dihasilkan dari tiga gugus karboksil COOH yang dapat melepas proton dalam larutan. Apabila hal tersebut terjadi, maka ion yang dihasilkan adalah ion sitrat. Sitrat sangat baik digunakan dalam larutan penyangga untuk mengendalikan pH larutan. Ion sitrat dapat bereaksi dengan banyak ion logam membentuk garam sitrat (Dwiyanana, 2011).

2.4.2 Na-sitrat

Na-sitrat (trinitrium 2-hidroksipropanan-1,2,3-trikarboksilat) mempunyai berat molekul 258,1 dengan rumus molekul $C_6H_5Na_3O_7$ (Gambar 2.4). Natrium sitrat berupa serbuk kristal putih, tidak berbau, atau tidak berwarna. Natrium sitrat larut dalam 1:1,5 air, 1:0,6 air panas, dan sukar larut dalam etanol 95% (Rowe, dkk., 2006). Natrium sitrat ini merupakan suatu agen sambung silang anion dengan mekanisme interaksi elektrostatik antara kitosan dengan natrium sitrat (Shu, dkk., 2001).



Gambar 2.4 Struktur Na-sitrat (Anonim, 2015)

2.5 Pati

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Sifat pati bergantung pada panjang rantai karbon serta lurus tidaknya rantai molekulnya. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas, fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak terlarut disebut amilopektin (Winarno, 2004). Menurut Greenwood, dkk (1979), pada bentuk aslinya secara alami pati merupakan butiran-butiran kecil yang sering disebut dengan granula. Bentuk dan ukuran granula merupakan karakteristik setia jenis pati. Pati paling sedikit tersusun oleh tiga komponen utama, yaitu: amilosa, amilopektin dan material antara seperti protein dan lemak. Pada umumnya pati mengandung 15-30% amilosa, 70-85% amilopektin, dan 5-10% material antara. Struktur dan jenis material antara setiap sumber pati berbeda bergantung pada sifat-sifat botani sumber pati tersebut.

Beberapa sifat pati yang lain yaitu rasanya tidak manis, tidak larut dalam air dingin namun larut dalam air panas, dapat membentuk sol atau gel yang bersifat kental. Menurut Gaman dan Sherrington (1992), pemeriksaan mikroskopik menunjukkan bahwa pati pada tanaman terdapat sebagai granula-granula kecil. Lapisan luar pada setiap ganula terdiri dari molekul-molekul pati yang tersusun amat rapat sehingga tidak tertembus air dingin. Hal itulah yang menyebabkan pati tidak larut dalam air dingin. Sifat kekentalannya tersebut dapat digunakan untuk mengatur tekstur makanan, dan sifat gelnya dapat diubah oleh gula atau asam (Winarno, 2004). Pati merupakan bagian karbohidrat yang paling banyak ditemukan. Penambahan pati dalam makanan bertujuan untuk menjadi sumber karbohidrat, peneras, pengisi dan pengental makanan.

Pati dari ubi kayu digunakan sebagai bahan pengisi, pengental, pembuatan gel pembentuk *film* dan sebagai agen penstabil makanan. Namun pati alami yang berasal dari ubi kayu memiliki keterbatasan fungsi karena sifat pati yang tidak tahan terhadap panas, kondisi asam dan tidak tahan terhadap pengadukan, sehingga fungsinya sebagai bahan pengental atau pengisi tidak maksimal. Pada pati alami, amilopektin dan amilosa yang terdapat pada granula pati dihubungkan oleh ikatan hidrogen yang sangat rentan mengalami pemutusan selama proses

gelatinisasi. Hal inilah yang menyebabkan pati tidak tahan terhadap pemanasan, pH rendah dan pengadukan (Amin, 2013).

Dalam bentuk alaminya, satu jenis pati tidak dapat diaplikasikan untuk semua tipe pengolahan. Penyebab ketebatasan aplikasi pati di industri adalah hilangnya viskositas pada pH rendah, suhu tinggi atau perlakuan mekanis, tekstur yang panjang dan terjadinya retrogradasi yang menyebabkan sineresis (Syamsir, dkk., 2012). Menurut Widyastuti (2012), sineresis merupakan proses pemisahan air dari struktur gelnya yang diakibatkan oleh penyimpanan dingin. Sineresis akan menjadi masalah apabila pati alami digunakan pada produk pangan yang harus disimpan pada suhu rendah (pendinginan atau pembekuan).

2.5.1 Granula Pati

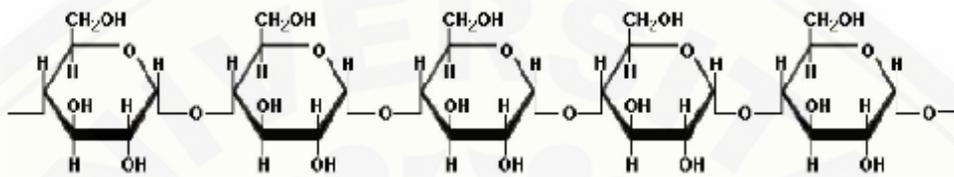
Pati dalam jaringan tanaman mempunyai bentuk granula (butiran) yang berbeda-beda. Penampakan mikroskopik dari granula pati seperti bentuk, ukuran, keseragaman, letak hilum bersifat khas untuk setiap jenis pati (Koswara, 2013). Bentuk granula pati secara fisik berupa semikristalin yang terdiri dari unit kristal dan unit amorf (Banks dan Greenwood, 1975). Unit kristal lebih tahan terhadap perlakuan asam kuat dan enzim. Bagian amorf dapat menyerap air dingin hingga 30% tanpa merusak struktur pati secara keseluruhan (Hodge dan Osman, 1976). Hingga saat ini diduga bahwa amilopektin merupakan komponen yang bertanggungjawab terhadap sifat-sifat kristal dari granula pati.

Menurut Hustiany (2006), pada struktur granula pati, amilosa dan amilopektin tersusun dalam suatu cincin-cincin. Jumlah cincin dalam suatu granula kurang lebih berjumlah 16, ada yang merupakan cincin lapisan amorf dan cincin yang merupakan lapisan semikristal. Amilosa merupakan fraksi gerak yang artinya dalam granula pati letaknya tidak pada satu tempat, bergantung dari jenis pati. Secara umum amilosa terletak di antara molekul-molekul amilopektin dan secara acak berada berselang-seling di antara daerah amorf dan kristal (Oates, 1997).

2.5.2 Amilosa

Menurut An (2005), amilosa merupakan bagian polimer dengan ikatan α -(1,4) dari unit glukosa dan pada setiap rantai terdapat 500-2000 unit D-glukosa,

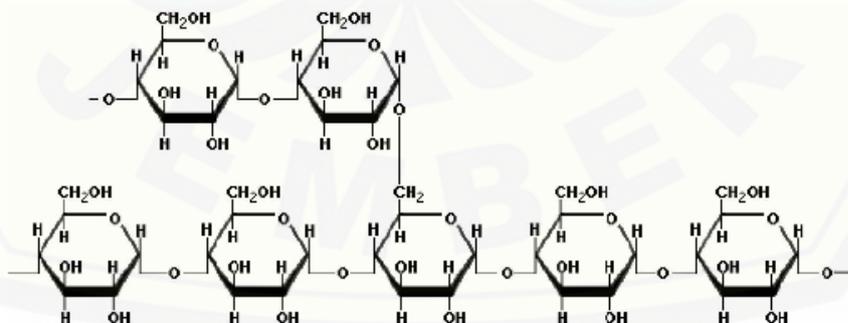
membentuk rantai lurus yang umumnya dikatakan sebagai linier dari pati. Karakteristik dari amilosa dalam suatu larutan adalah memiliki kecenderungan membentuk koil yang sangat panjang dan fleksibel yang selalu bergerak melingkar. Struktur tersebut yang mendasari terjadinya interaksi iodamilosa membentuk warna biru. Dalam masakan, amilosa memberikan efek keras bagi pati. Struktur rantai amilosa cenderung membentuk rantai yang linier (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Struktur rantai amilosa (Zulaidah, 2011)

2.5.3 Amilopektin

Amilopektin adalah polimer berantai cabang dengan ikatan α -(1,4)-glikosidik dan ikatan α -(1,6)-glikosidik di tempat percabangannya. Pada setiap cabang terdiri dari 25-30 unit D-glukosa (An, 2005). Struktur rantai amilopektin cenderung membentuk cabang (Gambar 2.6) yang berjumlah 4-5% dari seluruh ikatan yang ada pada amilopektin (Eliasson, 2004). Menurut Koswara (2013), biasanya amilopektin mengandung 1000 atau lebih unit molekul glukosa untuk setiap rantai. Berat molekul amilopektin glukosa untuk setiap rantai bervariasi bergantung pada sumbernya. Amilopektin pada pati umbi-umbian mengandung sejumlah kecil ester fosfat yang terikat pada atom karbon ke-6 dari cincin glukosa.



Gambar 2.6 Struktur molekul amilopektin (Zulaidah, 2011)

Menurut An (2005), dalam produk makanan, amilopektin bersifat merangsang terjadinya proses mekar (*puffing*) dimana produk makanan yang

berasal dari pati dengan kandungan amilopektin tinggi akan bersifat ringan, porus, garing dan renyah, sedangkan pati dengan kandungan amilosa tinggi cenderung menghasilkan produk yang keras, pejal, karena proses mekarnya terjadi secara terbatas.

2.6 Sifat Fungsional Pati

2.6.1 *Swelling Power*

Kekuatan bengkak (*swelling power*) adalah rasio berat basah gel mengendap ke berat kering pati (Crosbie, 1991). Pembengkakan faktor (*swelling factor*) adalah rasio volume gel mengendap dengan volume granula pati kering dengan kepadatan 1,4 g / ml (Tester dan Morisson, 1990). Pembengkakan adalah milik amilopektin. Proporsi tinggi rantai panjang (derajat polimerisasi > 35) molekul dalam amilopektin memberikan kontribusi terhadap peningkatan pembengkakan (Sasaki dan Matsuki, 1998). Ketika butiran bengkak adalah fitur struktural dominan dalam air sistem pati, dan konsentrasi pati merupakan faktor penting. Dalam rezim encer, viskositas diatur oleh fraksi volume butiran bengkak (Steenken, 1999). Dalam rezim terkonsentrasi, viskositas diatur oleh kekakuan partikel. Kekuatan pembengkakan dan kelarutan memberikan bukti besarnya interaksi antara rantai pati dalam amorf dan kristal domain. Tingkat interaksi ini dipengaruhi oleh amilosa, rasio amilopektin, dan dengan karakteristik amilosa dan amilopektin dalam hal dari molekul berat / distribusi, derajat dan panjang bercabang dan konformasi.

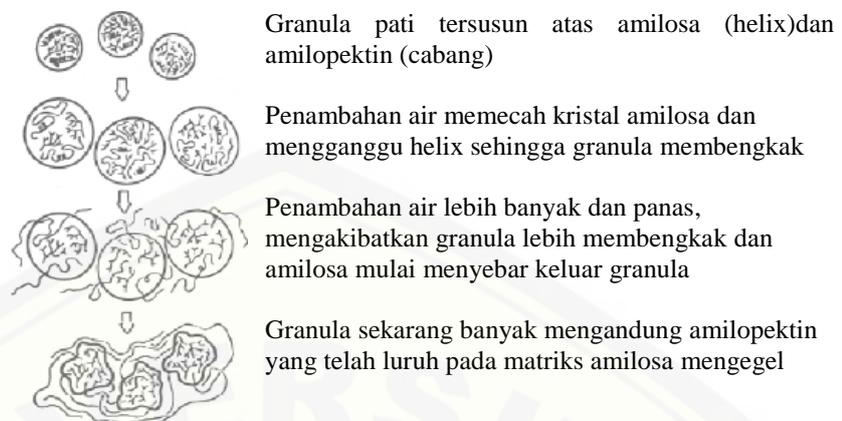
2.6.2 *Gelatinisasi (gelatinization properties)*

Pati dalam jaringan tanaman mempunyai bentuk granula pati yang berbeda-beda. Apabila pati dimasukkan ke dalam air dingin, granula pati akan menyerap air sehingga granula pati menjadi membengkak, namun jumlah air yang terserap dan pembengkakannya terbatas. Jumlah air yang diserap mencapai 30%. Peningkatan volume granula pati pada air suhu 55-65°C merupakan pembengkakan yang sesungguhnya, dan setelah pembengkakan ini granula pati dapat kembali pada kondisi semula (Yaningtyas, 2013).

Menurut Winarno (2004), gelatinisasi yaitu suatu kejadian dimana granula pati mengalami pembengkakan yang luar biasa dan bersifat tidak mampu kembali pada kondisi semula. Suhu pada saat pati pecah disebut suhu gelatinisasi, yang dapat dilakukan dengan penambahan air panas. Suhu gelatinisasi bergantung pada konsentrasi pati, semakin kental larutan, maka semakin lambat pula suhu gelatinisasi tersebut tercapai, sampai suhu tertentu kekentalan tidak bertambah, bahkan kadang-kadang turun.

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).

Gelatinisasi merupakan suatu proses dimana granula pati ireversibel 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 meluluh dari butiran dan meningkatkan viskositas (Gambar 2.7) (Manaois, 2009).



Gambar 2.7 Proses gelatinisasi (Harper, 1981)

Suhu gelatinisasi bergantung pada tipe atau jenis pati, metode pengukuran, rasio antara pati dan air, pH, ada atau tidaknya pembengkakan oleh garam, konsentrasi garam, dan adanya konsentrasi zat terlarut seperti sukrosa (BeMiller, 2007) yang dapat dilihat pada tabel 2.4. Gula dan komponen polihidroksi lain dapat meningkatkan suhu gelatinisasi, sementara untuk garam sederhana mempunyai efek yang lebih kecil (Evans dan Hasiman, 1982).

Menurut Gaman dan Sherrington (1992), gelatinisasi pati sangat penting dalam proses pengolahan. Contohnya yaitu: gelatinisasi pada pengentalan macam-macam saus, sup dan kuah daging dengan penambahan tepung dan tepung jagung. Gelatinisasi juga penting pada saat pemanggangan roti atau makanan yang dibuat dari tepung lainnya karena berperan dalam menimbulkan sifat remah yang diinginkan dan pada tekstur produknya.

Tabel 2.4 Karakteristik gelatinisasi beberapa jenis pati

Pati	Suhu Gelatinisasi Koffer (°C)	Suhu Pemastan Brabender (°C)	“Peak” Viskositas Brabender (BU)	Daya Pembengkakan pada 95°C (BU)
Jagung	62-67-72	75-80	700	24
Kentang	58-63-68	60-65	3000	1153
Gandum	58-61-64	80-85	200	21
Tapioka	59-64-69	65-70	1200	71

Sumber: Beynum dan Roels, 1985

Menurut Maulani, dkk (2013), pada pH asam umumnya seluruh pati yang diuji memiliki suhu gelatinisasi yang lebih rendah dibandingkan pada pH 6,5. Suhu gelatinisasi yang paling rendah ditunjukkan oleh pati yang dimodifikasi

dengan konsentrasi propilena oksida 10% ($<68^{\circ}\text{C}$). Hal tersebut disebabkan karena lemahnya ikatan hidrogen akibat terjadinya hidrolisis asam, sehingga menyebabkan pasta mengembang dengan lebih cepat, sehingga suhu untuk mencapai gelatinisasi lebih rendah. Hal senada juga diungkapkan oleh Wattanachant, dkk (2002).

Budijanto dan Yuliani (2012) menyatakan bahwa kadar amilosa dan amilopektin pada tepung sorgum berpengaruh pada viskositas puncak dan suhu gelatinisasi patinya. Kandungan amilosa yang tinggi menyebabkan tepung sorgum B100 memiliki viskositas puncak yang rendah (1437,50 cP). Sementara Genjah yang memiliki kandungan tinggi (78,82%) menghasilkan viskositas puncak yang tinggi (3670,50 cP). Amilosa dapat menghambat pengembangan granula pati dengan membentuk kompleks bersama lemak yang berakibat pada rendahnya viskositas puncak pada suhu *pasting* yang lebih tinggi (Sang, dkk., 2008). Selain itu, amilopektin merupakan komponen pati yang bertanggungjawab terhadap proses pengembangan granula (Ratnayake, dkk., 2002).

2.6.3 Retrogradasi (*retrogradation*)

Beberapa molekul pati khususnya amilosa terdispersi dalam air panas dan meningkatkan granula-granula yang membengkak. 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. Proses kristalisasi kembali pati yang telah mengalami gelatinisasi disebut retrogradasi (Winarno, 2004).

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, dkk.,

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, dkk., 2006).

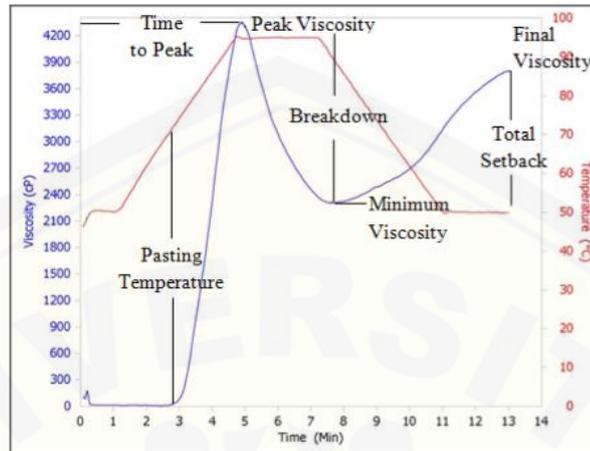
Retrogradasi yang diakibatkan oleh amilosa terjadi pada konsentrasi pati yang rendah (Orford, dkk., 1987) dan menghasilkan bahan yang sangat tahan terhadap hidrolisis enzimatis. Rekristalisasi dan retrogradasi dari amilopektin dominan pada konsentrasi yang lebih tinggi dari padatan (Orford, dkk., 1987) dan polimer yang terbentuk lebih longgar dibanding retrogradasi amilosa (Englyst, 1989) dan karenanya sangat rentan terhadap amilolisis. Secara umum, nilai viskositas balik (*setback*) menunjukkan kecenderungan retrogradasi (Medikasari, dkk., 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, dkk., 2001 disitasi oleh Copeland, dkk., 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, dkk., 2009).

2.6.4 Pemastaan (*pasting properties*)

Pemanasan secara terus-menerus pada air yang berlebih dengan adanya pengadukan menyebabkan granula membengkak, amilosa meluruh 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). Kurva yang dihasilkan pada RVA menunjukkan proses terjadinya pemastaan (Gambar 2.8).



Gambar 2.8 Kurva pada RVA (Manaois, 2001)

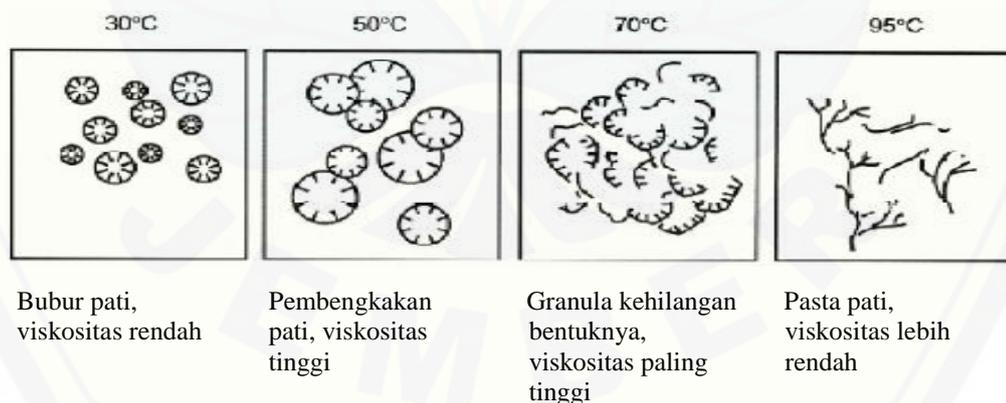
Menurut Adebowale dan Lawal (2003), pada awalnya, pemanasan suspensi pati mengakibatkan pembengkakan granula pati. Dengan berlanjutnya pemanasan, peningkatan viskositas dapat diamati yang mencerminkan proses pemastaan. Viskositas tersebut terus meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pemanasan hingga 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 (PV) terjadi ketika jumlah pati yang membengkak seimbang dengan jumlah pati yang rusak (lisis). Tidak ditemukan korelasi antara viskositas puncak dengan beberapa parameter kimia pati. 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, dkk., 2003).

Setelah PV tercapai, penurunan viskositas atau kerusakan dapat diamati sebagai disintegrasi granula. *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). 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.

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. 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 (Gambar 2.9)



Gambar 2.9 Granula pati selama pemasakan (BeMiller, 2007)

2.7 Sifat Rheologi Bahan Pangan

Menurut BeMiller, dkk (1996), rheologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang perubahan bentuk dan aliran bahan yang biasanya digunakan pada bahan makanan. Data rheologi yang biasa dibutuhkan dalam industri

makanan antara lain: *quality control* dari produk akhir, mengevaluasi tekstur makanan, secara fungsional menentukan komposisi dalam meningkatkan produk. Rheologi adalah studi mengenai aliran dan deformasi bahan dan mengasosiasikan perilaku aliran fisik dengan struktur internal material yang berbeda yaitu bahan cair, padat dan viskoelastatik (Barnes, dkk., 1989). Sifat rheologi pati yang pada umumnya digunakan dalam industri makanan yaitu dilihat dari pasta pati yang meliputi viskositas, kekuatan gel, kejernihan dan kestabilan rheologi (Zulaidah, 2011).

Rheologi adalah ilmu yang mempelajari sifat aliran dan perubahan bentuk (deformasi) suatu bahan akibat adanya pengaruh gaya mekanis yang mengenainya. Sifat rheologi bahan pangan perlu dipelajari untuk mengetahui desain atau pemilihan peralatan seperti pompa, *line* pipa, ekstruder, *mixer*, *heat exchanger*, dan lain-lain. Sifat rheologi berhubungan erat dengan tekstur dan data sensoris, menentukan fungsionalitas *ingredients* dalam pengembangan produk dan untuk pengujian umur simpan (Anonim, 2010).

Produk pangan ada yang berbentuk cair, padat maupun semi-padat, dimana pada tiap-tiap bentuk bahan tersebut memiliki sifat rheologi yang berbeda-beda. Produk pangan cair bervariasi tingkat kekentalan dan sifat atau daya alirnya, contohnya seperti: cair encer dan mudah mengalir atau cair yang kental dan lebih sulit mengalir. Produk semi padat memiliki sifat di antara sifat yang dimiliki oleh bahan pada bahan padat dan bahan cair, contohnya: mentega, margarin, dodol dan agar-agar (Anonim, 2010).

Produk pangan padat tidak memiliki kekentalan dan aliran seperti pada produk pangan cair maupun semi-padat, contohnya: biskuit, *potato chips*, kerupuk, dan lain-lain. Produk pangan padat apabila diberikan gaya mekanis tertentu baik ditekan maupun ditarik akan patah. Untuk bahan padat, sifat rheologi yang diukur adalah kekerasan (*hardness*), kemudahan patah (*fracturability*), *elasticity*, dan lain sebagainya (Anonim, 2010).

Berdasarkan sifat alirannya, produk dibedakan menjadi dua yaitu fluida newtonian dan fluida non newtonian. Fluida newtonian merupakan produk kental atau cair yang kekentalannya tidak dipengaruhi oleh besarnya atau meningkatnya

gaya untuk mengalirkan atau menggerakkannya. Contohnya seperti susu, jus buah encer, larutan gula, madu dan sirup jagung. Fluida non newtonian yaitu produk kental yang kekentalannya berubah dengan meningkatnya gaya pengaliran. Contohnya yaitu produk pangan plastis, produk pangan pseudoplastis (susu segar, santan, krim cair), dan produk dilatan (mentega kacang, dispersi tepung atau pati dan gula kental) (Julianti, 2013).

2.8 Faktor yang Mempengaruhi Viskositas Bahan Pangan

Data viskositas sering digunakan sebagai acuan untuk mengetahui karakteristik lainnya dari bahan yang akan diamati. Menurut Adebowale dan Lawal (2003), beberapa faktor yang mempengaruhi viskositas antara lain:

a. Suhu

Salah satu faktor yang paling mempengaruhi sifat rheologi suatu bahan yaitu suhu. Beberapa bahan sangat sensitif terhadap suhu dan variasinya yang menghasilkan perubahan yang signifikan terhadap viskositas. Pertimbangan pengaruh suhu terhadap viskositas sangat penting dalam evaluasi bahan yang akan dikenakan variasi suhu yang digunakan atau proses pengolahannya seperti pasta pati, minyak sayur, dll.

b. Homogenitas

Homogenitas sampel yang akan diuji harus baik sehingga hasil yang lebih konsisten dapat diperoleh. Kecenderungan bahan untuk memisahkan ke dalam lapisan non-homogen adalah karakteristik yang paling menarik.

c. Waktu

Perubahan viskositas dapat terjadi dari waktu ke waktu. Banyak bahan yang mengalami perubahan viskositas selama proses reaksi kimia, sehingga pengukuran viskositas yang dilakukan pada satu waktu dalam reaksi mungkin berbeda secara signifikan dari yang dilakukan pada lain waktu (waktu yang berbeda).

d. Tekanan

Variasi tekanan dapat menyebabkan gas untuk membentuk gelembung terlarut. Tekanan fluida dapat meningkatkan ketahanan antar molekul. Cairan

yang kompersibel di bawah pengaruh tekanan yang mirip yang sangat tinggi dalam tingkat yang jauh lebih rendah. Peningkatan tekanan cenderung meningkatkan viskositas.

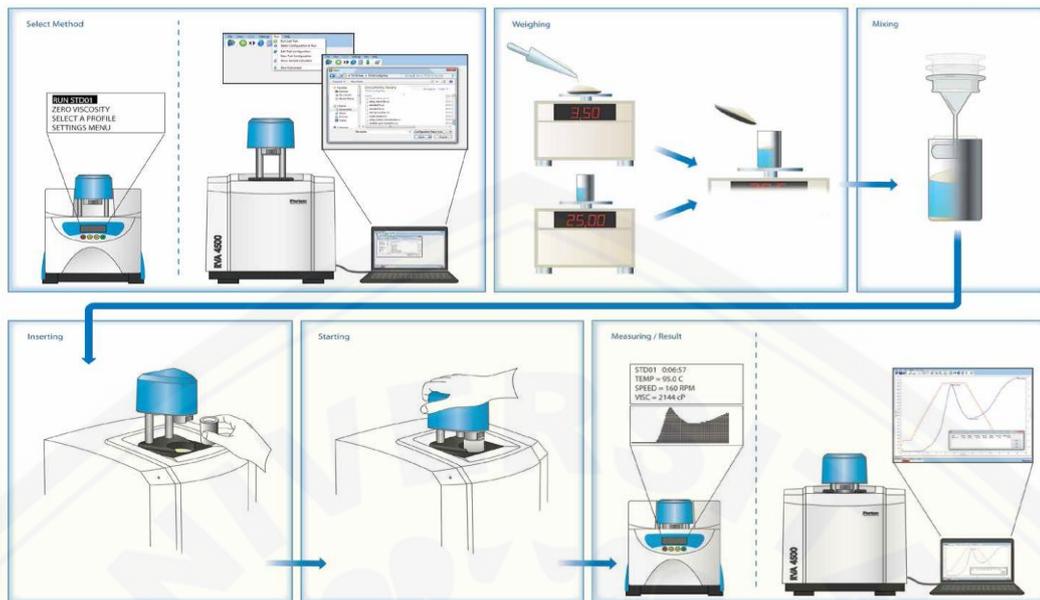
e. Komposisi Zat Aditif

Komposisi material adalah faktor yang mempengaruhi viskositasnya. Ketika komposisinya diubah, baik mengubah proporsi zat komponen atau dengan penambahan bahan lain, perubahan viskositas sangat dimungkinkan.

2.9 *Rapid Visco Analyser (RVA)*

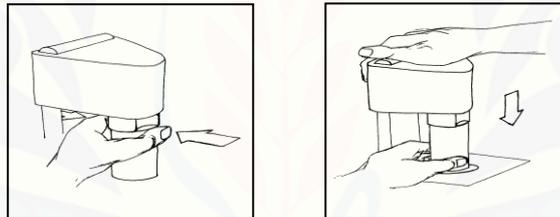
Salah satu alat untuk mengukur viskositas yaitu *Rapid Visco Analyser* (RVA). RVA adalah viskometer rotasi yang menggabungkan pemanasan variabel, pendinginan dan kemampuan geser. Alat ini sangat cocok untuk berbagai aplikasi yang memerlukan informasi yang akurat viskositas, seperti pengujian berbasis produk pati untuk kontrol kualitas (Anonim, 2014).

Mekanisme kerja RVA yaitu: pemilihan metode, penimbangan, pencampuran, penyisipan sampel, penekanan tower, proses pengadukan dan munculnya data (Gambar 2.10). 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 (Anonim, 2014).



Gambar 2.10 Mekanisme kerja *Rapid Visco Analyzer* (RVA) (Anonim, 2014)

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



Gambar 2.11 Proses *inserting* sampel pada *paddle coupling* (Anonim, 2014)

Sifat pemasakan dari beberapa macam tepung diamati dan dibandingkan dengan menggunakan *Rapid Visco Analyzer* (RVA) untuk mengevaluasi sifat-sifat gelatinisasi pati selama proses pemasakan. Tepung ditimbang sebanyak 3 gram kemudian ditambahkan air sebanyak 25 gram dan dipanaskan dalam tabung aluminium yang dilengkapi dengan kayu (*impeller*) plastik. Sampel diperlakukan sesuai program suhu dan waktu yang telah diatur, yakni pemanasan, sampai diperoleh viskositas puncak, penahanan selama lima menit, dan pendinginan. Program ini ditujukan untuk meniru kondisi pemasakan yang banyak dijumpai pada proses sehari-hari (Immaningsih, 2012).

Ketika tes mulai dilakukan, kaleng tempat sampel pada RVA berputar dengan kecepatan 960 rpm selama 10 detik untuk menghomogenkan sampel kemudian melambat menjadi 160 rpm. Setiap sampel dipanaskan dan

tergelatinisasi selama 12,5 menit dari suhu 50°C. Suhu pada RVA diatur dengan suhu 50°C selama 1 menit, kemudian dinaikkan suhunya yaitu sebesar 12°C/ menit menjadi suhu 95°C, dan dipertahankan selama 2,5 menit, diturunkan kembali menjadi suhu 50°C, dan dipertahankan selama 1 menit. 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).

Menurut Immaningsih (2012), RVA mengukur *apparent viscosity* berdasarkan rasio antara *shear stress* dan *shear rate*. *Apparent viscosity* berubah seiring dengan fungsi temperatur, gesekan, waktu dan jenis sampel. Data tersebut diperoleh pada tingkat gesekan yang berbeda, berupa jumlah putaran per menit (rpm) yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi sifat dari larutan pati. Kurva yang dihasilkan oleh RVA memiliki karakteristik yang sangat khas. Sumbu x pada kurva adalah waktu, sedangkan sumbu y adalah viskositas (mPas). Selama pengukuran, cairan dipanaskan sambil diaduk. Gaya tahan cairan terhadap baling-baling pemutar diukur sebagai viskositas.

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. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2015 di CDAST (*Center for Development Advanced Sciences and Technology*) Universitas Jember dan Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan dan Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini bahan yang dibutuhkan antara lain MOCAF (*Modified Cassava Flour*) yang diperoleh dari Mr. Te, Jember, tapioka merk 99, larutan buffer sitrat (asam sitrat dan Na-sitrat) dan aquades. Alat yang digunakan antara lain: RVA (*Rapid Visco Analyzer*) merk Techmaster, pH meter merk Horiba, neraca analitik merk Precisa, termometer merk Troac, alat gelas merk pyrex, pipet dan pengaduk merk pyrex.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengamati perubahan karakteristik amilografi sampel dengan dipengaruhi dua faktor, yaitu faktor A (jenis sampel: MOCAF dan tapioka) dan faktor B (pH: 3; 4; 5; 6; 7 dan aquades) dengan tiga kali ulangan yang akan menghasilkan 36 satuan percobaan. Kombinasi antara variabel A (jenis sampel) dan B (pH) dapat dilihat pada Tabel 3.1.

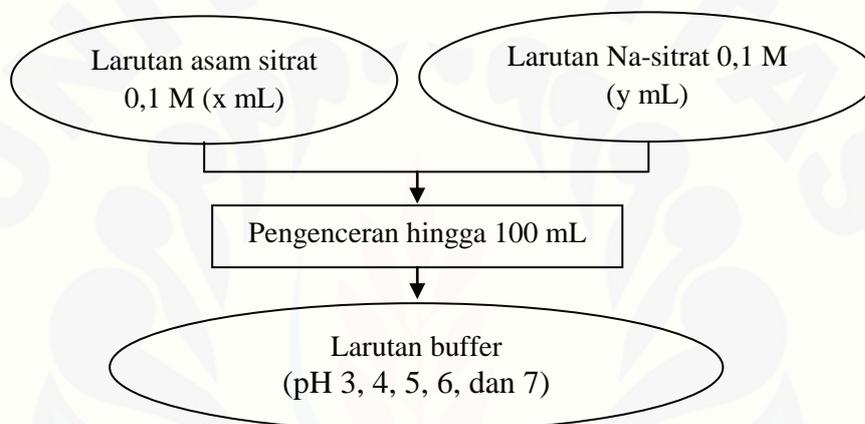
Tabel 3.1 Kombinasi variabel A dan B

Faktor A	Faktor B					
	B1 (aquades)	B2 (pH 3)	B3 (pH 4)	B4 (pH 5)	B5 (pH 6)	B6 (pH 7)
MOCAF (M)	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5	MB6
	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5	MB6
	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5	MB6
Tapioka (T)	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6
	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6
	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6

3.3.1 Skema Kerja

3.3.1.1 Pembuatan Larutan Buffer

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu membuat larutan buffer dari 0,1 M larutan asam sitrat (21,1 gram asam sitrat dalam 1000 mL aquades) dan 0,1 M larutan Na-sitrat (29,41 gram $C_6H_5O_7Na_3 \cdot 2H_2O$ dalam 1000 mL aquades) dengan pH yang telah ditentukan, yaitu pH 3, 4, 5, 6, dan 7. Awalnya x mL larutan asam sitrat ditambahkan dengan y mL larutan Na-sitrat, kemudian diencerkan hingga 100 mL (Gambar 3.1). Setelah itu mengukur pH larutannya masing-masing (Sudarmadji dan Haryono 1997).

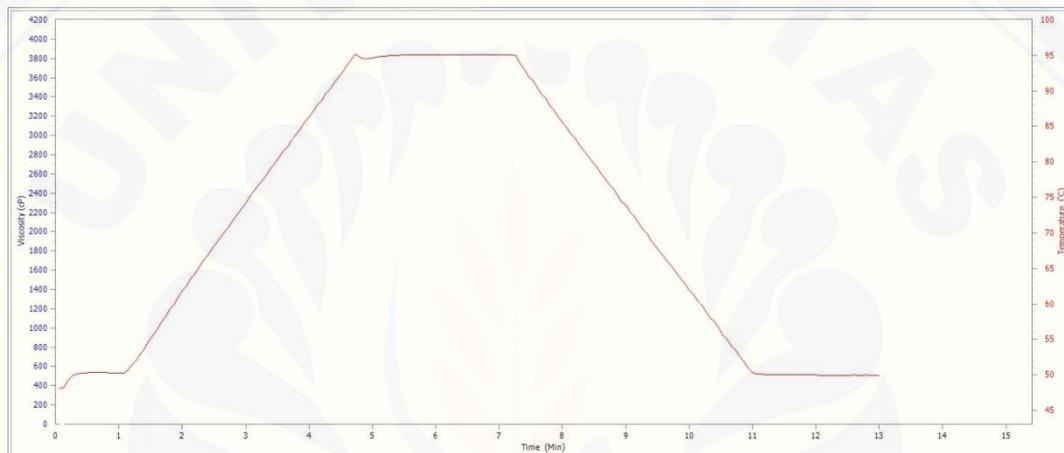


Gambar 3.1 Proses pembuatan larutan buffer

3.3.1.2 Analisis Sifat Rheologi

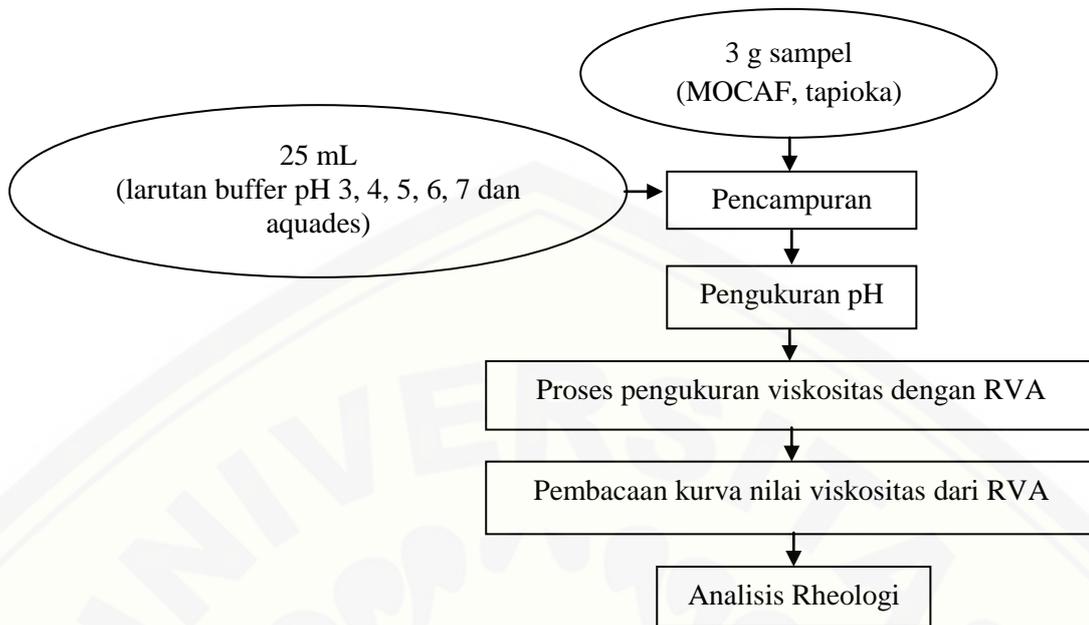
Analisis sifat rheologi suatu bahan dilakukan dengan menggunakan RVA (*Rapid Visco Analyzer*). Pada penelitian ini, pH merupakan faktor yang diharapkan dapat mempengaruhi karakteristik amilografi sampel pada beberapa tingkatan perubahan suhu pemanasan. Pengaturan pada RVA yaitu sampel yang digunakan 3 gram, 25 mL aquades dan atau larutan buffer, kadar air 12% (Immaningsih, 2012), kecepatan pengadukan yaitu 160 rpm (An, 2005) sama pada tiap-tiap sampel sehingga tidak akan mempengaruhi hasil penelitian. Tidak hanya itu, tingkat dan rentang perubahan suhu juga disamakan yaitu 50-95⁰ C. yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Adapun rincian kerja proses analisis yang dilakukan dengan menggunakan RVA pada sampel yang ditunjukkan pada gambar di bawah adalah sebagai berikut: Pada menit ke-0 suhu yang diberikan

yaitu 50°C dan dipertahankan selama satu menit, kecepatan putar yang diberikan yaitu 960 rpm selama 10 detik, selanjutnya kecepatan putar diturunkan menjadi 160 rpm hingga akhir proses. Pada menit selanjutnya suhu dinaikkan hingga pada waktu 4 menit 42 detik suhu tepat mencapai 95°C dan dipertahankan selama 180 detik yaitu hingga waktu 7 menit 12 detik. Setelah dilakukan pemanasan pada suhu tersebut, suhu diturunkan hingga mencapai tepat pada suhu 50°C pada menit ke-11 dan dipertahankan selama 2 menit hingga menit ke-13. Pengaturan suhu, kecepatan putar di atas ditetapkan dan disamakan pada semua variasi perlakuan pH.



Gambar 3.2 Pengaturan suhu pada RVA

Langkah awal untuk memulai penelitian ini yaitu masing-masing sampel yaitu MOCAF dan tapioka disiapkan sebesar 3 gram dan dilarutkan pada 25 mL pelarut (larutan buffer atau aquades) dengan pH yang telah ditentukan yaitu pH 3, 4, 5, 6, 7 dan menggunakan aquades, kemudian mengaduknya hingga homogen. Setelah itu pH sampel diukur sebelum dimasukkan ke dalam RVA. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam RVA. Setelah proses pada RVA selesai, kurva amilografi dari sampel akan muncul di layar monitor. Skema analisis sifat rheologi menggunakan RVA ditunjukkan pada Gambar 3.3. Pada kurva amilografi yang muncul di layar monitor, dapat diketahui nilai *pasting temperature* (PT), *peak viscosity* (PV), *minimum viscosity* (MV), *final viscosity* (FV), dan *time to peak* (Ptime) (An, 2005).



Gambar 3.3 Analisis sifat rheologi

3.3.1.3 Analisis Sampel Awal

a. Kadar Air (Metode Gravimetri)

Botol timbang atau cawan kosong dikeringkan dalam oven selama 15 menit dan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang (a gram). Sampel dihitung seberat 2 gram dalam botol timbang atau cawan yang sudah dihaluskan atau dihomogenkan (b gram). Cawan atau botol timbang dimasukkan ke dalam oven selama 4-6 jam dan hindarkan kontak dengan dinding oven. Cawan atau botol timbang dipindahkan ke dalam desikator dan setelah dingin ditimbang (setelah 30 menit dalam desikator). Cawan atau botol timbang kemudian dikeringkan kembali ke dalam oven selama 30 menit dan setelah didinginkan dalam desikator ditimbang kembali dan pekerjaan ini dilakukan berulang kali sampai diperoleh berat yang konstan (c gram). Kadar air ditentukan berdasarkan rumus:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

W_0 adalah bobot cawan kosong dan tutupnya, dinyatakan dalam gram (g)

W_1 adalah bobot cawan, tutupnya dan contoh sebelum dikeringkan, dinyatakan dalam gram, dan

W_2 adalah bobot cawan, tutupnya dan contoh setelah dikeringkan, dinyatakan dalam gram (g)

b. Kadar Pati (Nelson-Somogyi)

Langkah awal yang dilakukan yaitu menimbang 3 gram contoh yang berupa bahan padat yang telah dihaluskan atau bahan cair dalam gelas piala 250 mL, kemudian ditambahkan 50 mL aquades dan diaduk selama 1 jam. Suspensi disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan aquades hingga volume filtrat 250 mL. Filtrat tersebut mengandung karbohidrat yang larut dan dibuang. Residu pada kertas saring dicuci 5 kali dengan 10 mL eter, kemudian dibiarkan eter menguap dari residu. Selanjutnya mencuci residu kembali dengan 150 mL alkohol 10% untuk membebaskan lebih lanjut karbohidrat yang terlarut. Residu dipindahkan secara kuantitatif dari kertas saring ke dalam erlenmeyer dengan pencucian 200 mL aquades dan ditambahkan 20 mL HCl \pm 25% (berat jenis 1,125), tutup dengan pendingin balik dan panaskan di atas penangas air mendidih hingga 2,5 jam.

Setelah dingin, netralkan dengan larutan NaOH 45% dan diencerkan sampai volume 500 mL, kemudian disaring. Menentukan kadar gula yang dinyatakan sebagai glukosa dari filtrat yang diperoleh. Penentuan glukosa seperti pada penentuan gula reduksi yaitu mengambil 5 mL filtrat kemudian ditambahkan aquades hingga tanda batas labu ukur 100 mL. Selanjutnya diaduk dan diambil 1 mL ditambahkan dengan 1 mL larutan nelson kemudian dipanaskan pada air mendidih selama 20 menit. Setelah itu sampel didinginkan dan ditambahkan larutan arsenomolybdat sebanyak 1 mL dan ditera dengan aquades hingga volumenya 10 mL, kemudian dihomogenkan dan diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm. Kandungan gula reduksi dihitung dengan menggunakan kurva standar glukosa, sedangkan berat pati diperoleh dengan cara mengalikan berat gula reduksi dengan 0,9.

3.3.1.4 Analisis Kandungan Amilosa dan Amilopektin

(Metode Spektrofotometri)

Kadar amilosa ditentukan dengan menggunakan metode spektrofotometri dengan prinsip pewarnaan menggunakan *iodine* dan dihitung dengan *blue value*. Sampel sebanyak 100 mg ditempatkan dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan dengan 1 mL etanol 95% dan 9 mL NaOH 1N. Campuran dipanaskan dalam air mendidih hingga terbentuk gel dan selanjutnya seluruh gel dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL. Gel ditambahkan dengan aquades dan dikocok, kemudian ditepatkan hingga 100 mL dengan aquades. Sebanyak 5 mL larutan dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditambahkan dengan 1 mL asam asetat 1 N dan 2 mL larutan iod. Larutan ditepatkan hingga 100 mL, kemudian dikocok dan dibiarkan selama 20 menit. Intensitas warna biru diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm. Kadar amilosa dihitung berdasarkan persamaan kurva standard amilosa. Nilai absorbansi yang diperoleh nilainya dimasukkan pada kurva standar amilosa tersebut sehingga akan diperoleh nilai % amilosa. Kadar amilopektin dihitung berdasarkan selisih antara kadar pati dan amilosa.

3.4 Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan yang diamati antara lain:

- a. *peak viscosity* (viskositas puncak yang dapat dicapai oleh produk)
- b. *breakdown* (kekuatan viskositas suatu produk selama pemanasan pada suhu maksimal $\pm 95^{\circ}\text{C}$),
- c. *minimum viscosity* (nilai viskositas terendah setelah suatu produk mengalami puncak viskositas),
- d. *final viscosity* (nilai viskositas akhir suatu produk setelah mengalami pendinginan $\pm 50^{\circ}\text{C}$),
- e. *setback* (selisih antara *final viscosity* dan *minimum viscosity*)
- f. *peak time* (waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *peak viscosity*)
- g. *pasting temperature* (suhu gelatinisasi pati) (An, 2005)

Ketujuh parameter pengamatan tersebut dapat diketahui dari kurva amilograf yang diperoleh setelah pemrosesan sampel pada RVA.

3.5 Prosedur Analisis

3.5.1 Analisis Rheologi menggunakan RVA

Alat RVA digunakan untuk menganalisis sifat tepung yang bertujuan untuk mengetahui sifat tepung selama siklus gelatinisasi dan retrogradasi pati (Pongsawatmanit, dkk., 2001). Alat ini menganalisis pati dengan parameter pengukuran yaitu *peak viscosity* (viskositas puncak yang dapat dicapai oleh produk), *minimum viscosity* (nilai viskositas terendah setelah suatu produk mengalami puncak viskositas), *breakdown* (kekuatan viskositas suatu produk selama pemanasan pada suhu maksimal $\pm 95^{\circ}\text{C}$), *final viscosity* (nilai viskositas akhir suatu produk setelah mengalami pendinginan $\pm 50^{\circ}\text{C}$), *setback* (selisih antara *final viscosity* dan *peak viscosity*) dan *peak time* (Ann, 2005). Dari siklus gelatinisasi dan retrogradasi yang diperoleh dari pengukuran viskositas menggunakan RVA dapat diketahui sifat rheologinya dengan adanya gaya mekanis yang diberikan pada sampel yaitu pengadukan sebesar 160 rpm.

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan metode deskriptif dengan menghitung rata-rata data dan standar deviasinya. Penyajian data dalam bentuk tabel dan histogram untuk mempermudah dalam pembahasan data.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Sampel Awal

Analisis kadar air dan kadar pati sampel dilakukan sebelum sampel diberi perlakuan asam dan suhu tinggi ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kadar air dan pati MOCAF dan tapioka

Komponen	MOCAF (%)	Tapioka (%)
Air	12,15 ± 0,07	11,37 ± 0,07
Pati	83,63 ± 3,60	85,92 ± 2,47

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa kadar air MOCAF lebih besar dibanding tapioka, kadar air MOCAF sebesar 12,15% dan tapioka sebesar 11,37%. Kadar air kedua sampel tersebut telah sesuai dengan standar masing-masing sampel yang dapat dilihat pada Lampiran A.1 dan A.2. Menurut SNI No. 7622 Tahun 2011, MOCAF memiliki kadar air maksimal sebesar 13%, sedangkan menurut SNI No. 01-3451-1994, tapioka memiliki kadar air maksimal 15%.

Kadar pati tapioka lebih besar dibandingkan MOCAF yaitu sebesar 85,92%. Hal tersebut dikarenakan pada proses pembuatan tapioka dilakukan ekstraksi dan pengendapan untuk memperoleh patinya, sedangkan pada proses pembuatan MOCAF langsung dilakukan penepungan tanpa dilakukan proses ekstraksi dan pengendapan sehingga kandungan non pati masih dalam jumlah cukup besar. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Subagio, dkk (2008) yang menyatakan bahwa kandungan pati pada tapioka mencakup hampir semua bahan kering, sedangkan pada MOCAF komponen selain pati masih dalam jumlah yang signifikan.

4.2 Analisis Kandungan Amilosa dan Amilopektin

Analisis kandungan amilosa dan amilopektin dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri dengan pewarnaan menggunakan iodin. Kandungan amilosa dan amilopektin MOCAF dan tapioka ditunjukkan pada Tabel 4.2. Kandungan amilosa dan amilopektin inilah yang mempengaruhi karakteristik amilografi sampel, sehingga kemampuan sampel untuk mengalami

gelatinisasi dan kecenderungan terjadinya retrogradasi bergantung pada nilai kedua kandungan tersebut.

Tabel 4.2 Kandungan amilosa dan amilopektin MOCAF dan tapioka dalam (%) pati

Komponen	MOCAF (%)	Tapioka (%)
Amilosa	16,22 ± 1,29	15,32 ± 0,68
Amilopektin	83,78 ± 1,29	84,68 ± 0,68

Dari Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kandungan amilosa MOCAF lebih besar jika dibandingkan dengan tapioka, sehingga kandungan amilopektin MOCAF menjadi lebih rendah. Menurut Yuwono, dkk., 2013, pada proses pembuatan MOCAF diduga saat proses fermentasi berlangsung terjadi proses degradasi amilopektin dengan adanya enzim amilolitik yang dihasilkan BAL dan dihasilkan amilosa dan oligosakarida. Hal tersebut yang mengakibatkan kandungan amilosa pada MOCAF meningkat dan lebih besar daripada tapioka.

4.3 Karakteristik Amilografi MOCAF dan Tapioka

Sifat rheologi bahan pangan merupakan suatu sifat aliran dan perubahan bentuk suatu bahan pangan yang diakibatkan adanya gaya mekanis yang dikenakan pada bahan (Anonim, 2010). Sifat rheologi MOCAF dan tapioka dipengaruhi oleh asam dengan adanya penambahan larutan buffer sitrat pada sampel dengan variasi pH buffer (3, 4, 5, 6 dan 7) dan menggunakan aquades. Hal tersebut dapat diketahui dari karakteristik amilografinya yang diperoleh dari pengukuran menggunakan RVA dengan rentang suhu 50-95⁰ C, kecepatan pengadukan 160 rpm selama 13 menit. Penggunaan larutan buffer sitrat pada beberapa variasi pH dilakukan untuk mengetahui perubahan viskositas yang dihasilkan untuk mengetahui sifat rheologi kedua sampel pada beberapa tingkat perubahan suhu dengan adanya pengadukan. Penggunaan aquades digunakan sebagai kontrol, sebab pada industri pangan tidak menambahkan larutan buffer ke dalam campuran bahan, melainkan menggunakan air. Pengaruh asam terhadap karakteristik amilografi MOCAF dan tapioka ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengaruh asam terhadap karakteristik amilografi MOCAF dan tapioka

pH buffer	PV (cP)	MV (cP)	BD (cP)	FV (cP)	SB (cP)	PT (menit)	Past. Temp. (°C)
M.Aquades	3983,4 ± 129,16	1959,0 ± 84,90	2024,4 ± 76,75	2644,6 ± 125,62	685,6 ± 44,85	4,28 ± 0,03	73,65 ± 0,34
M.7	3741,0 ± 90,63	2248,6 ± 11,72	1492,4 ± 83,36	2924,0 ± 16,11	675,4 ± 12,66	4,60 ± 0,07	77,32 ± 0,38
M.6	3861,6 ± 33,95	2184,8 ± 9,65	1674,4 ± 27,84	2878,6 ± 7,83	674,6 ± 19,55	4,45 ± 0,04	75,65 ± 0,38
M.5	4106,8 ± 74,31	2038,4 ± 33,81	2068,4 ± 64,98	2706,4 ± 26,48	671,5 ± 9,14	4,40 ± 0,00	74,86 ± 0,34
M.4	4138,4 ± 95,66	1816,8 ± 22,47	2270,0 ± 59,46	2235,2 ± 13,41	631,8 ± 8,29	4,39 ± 0,11	74,74 ± 0,79
M.3	4206,4 ± 133,97	1158,6 ± 45,77	3047,6 ± 95,62	1604,0 ± 54,69	445,2 ± 11,17	4,31 ± 0,03	74,28 ± 0,06
T.Aquades	4611,1 ± 65,23	1818,2 ± 29,74	2793,0 ± 54,95	2781,8 ± 61,25	1024,8 ± 25,47	4,06 ± 0,03	72,00 ± 0,34
T.7	4530,2 ± 45,75	1923,0 ± 68,85	2607,2 ± 27,91	2930,8 ± 16,47	1043,0 ± 55,40	4,33 ± 0,05	75,92 ± 0,03
T.6	4538,6 ± 81,22	1906,6 ± 25,37	2638,0 ± 54,07	2926,4 ± 57,44	1009,2 ± 32,07	4,28 ± 0,05	74,95 ± 0,31
T.5	4570,4 ± 25,61	1806,2 ± 20,24	2836,2 ± 25,16	2782,6 ± 42,90	976,2 ± 47,86	4,27 ± 0,05	74,24 ± 0,37
T.4	4610,2 ± 67,89	1444,6 ± 13,94	3090,2 ± 30,34	2250,0 ± 24,36	804,2 ± 31,05	4,18 ± 0,10	74,22 ± 0,54
T.3	4619,8 ± 39,49	397,20 ± 22,70	3802,6 ± 98,26	649,80 ± 35,69	254,6 ± 12,84	3,99 ± 0,03	72,72 ± 0,03

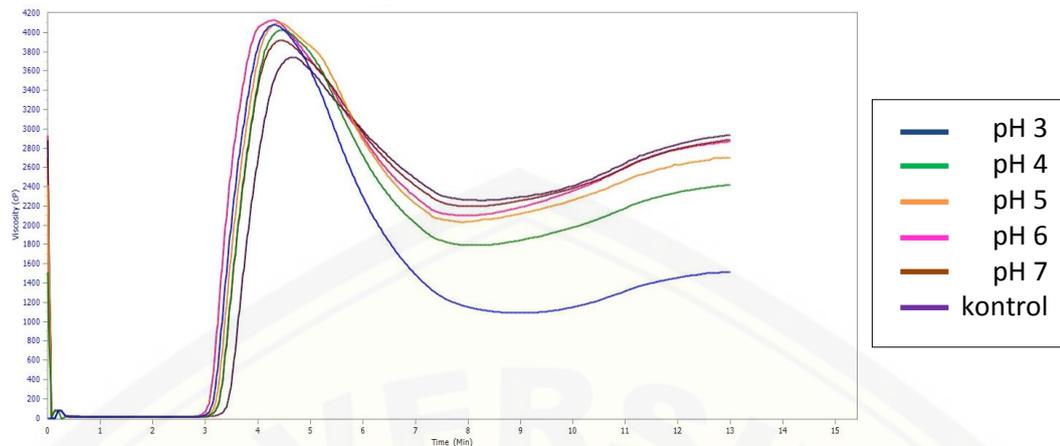
^{1.} PV = peak viscosity; MV = minimum viscosity; BD = breakdown; FV = final viscosity; SB = setback; PT = peak time; Past. Temp. = pasting temperature

^{2.} M = MOCAF; T = tapioka

Pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa pH dapat mempengaruhi sifat rheologi MOCAF dan tapioka. Hal tersebut ditunjukkan dari adanya perubahan karakteristik amilografinya, yaitu nilai *peak viscosity*, *minimum viscosity*, *breakdown*, *final viscosity*, *setback*, *peak time* dan *pasting temperature*-nya. Nilai ketujuh parameter tersebut juga berbeda antara MOCAF dan tapioka. Perbedaan tersebut disebabkan perbedaan kandungan amilosa dan amilopektin pada masing-masing sampel. Menurut An (2005), dalam produk makanan, amilopektin bersifat merangsang terjadinya proses mekar (*puffing*). Oleh karena itu, apabila suatu bahan mempunyai kandungan amilopektin yang tinggi dapat diduga mempunyai kemampuan membengkak yang lebih besar dibanding dengan bahan yang mempunyai kandungan amilopektin yang lebih rendah.

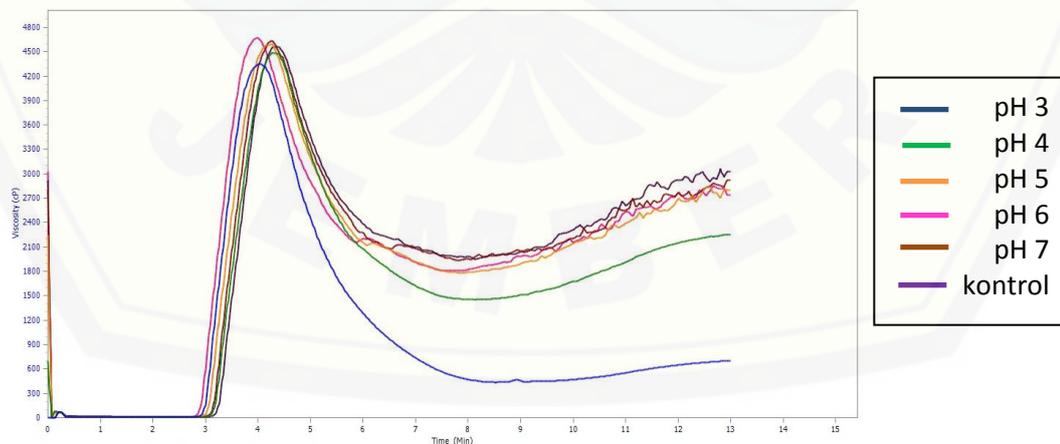
Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, MOCAF merupakan produk turunan dari tepung ubi kayu yang menggunakan prinsip memodifikasi sel secara fermentasi (Subagio dkk, 2008). MOCAF merupakan salah satu produk pati termodifikasi (*modified starch*) secara mikrobiologis, dimana bakteri yang berperan dalam proses fermentasi adalah bakteri asam laktat. Proses fermentasi pada pembuatan MOCAF menjadikan MOCAF mempunyai kelebihan dibandingkan dengan tepung ubi kayu biasa. Salah satunya yaitu naiknya nilai viskositas MOCAF. Selain itu, bakteri asam laktat memproduksi sejumlah besar asam laktat sehingga dapat menurunkan pH dengan cepat, hingga sekitar pH 4,5 (Loebis, dkk., 2012). Hal tersebut yang menyebabkan pH MOCAF lebih rendah dibanding dengan tapioka.

Sifat rheologi MOCAF dan tapioka yang dipengaruhi oleh asam pada beberapa tingkat perubahan suhu dapat dilihat pada kurva amilografi hasil pengukuran menggunakan RVA. Kurva amilograf MOCAF dan tapioka pada beberapa perlakuan pH ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Kurva amilograf MOCAF pada beberapa variasi pH perlakuan

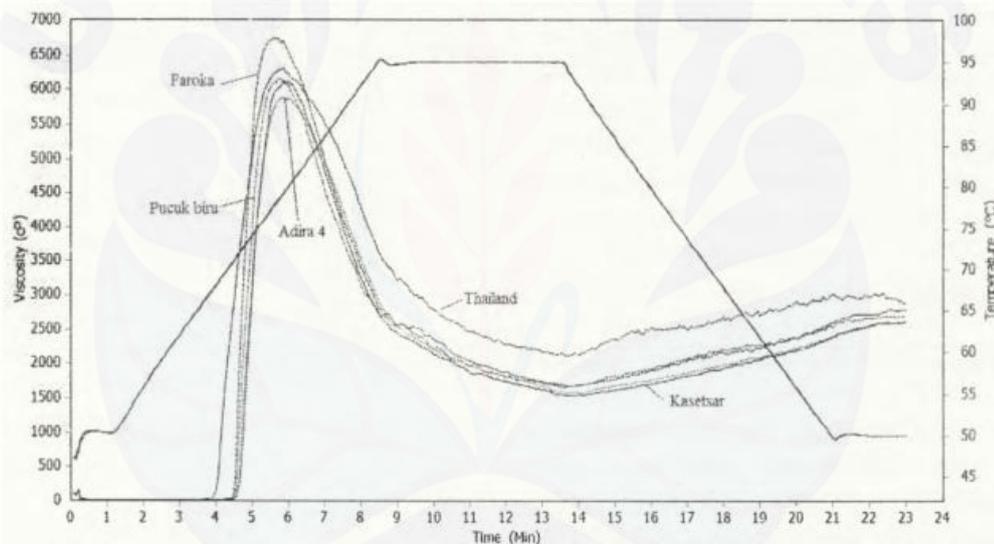
Pada Gambar 4.1 menunjukkan adanya perubahan nilai viskositas akibat perbedaan pH larutan buffer pada beberapa tingkat perubahan suhu. Kurva tersebut menunjukkan bahwa keenam sampel tersebut mempunyai pola yang sama, namun mempunyai nilai yang berbeda. Hal tersebut menunjukkan bahwa asam dapat mempengaruhi sifat rheologi MOCAF yang dapat diketahui dari karakteristik amilografinya. Puncak kurva menunjukkan nilai PV, lembah menunjukkan nilai MV, dan garis terakhir atau yang paling ujung sebelah kanan menunjukkan nilai FV, seperti yang telah dijelaskan pada Gambar 2.10. Tidak hanya itu, dari kurva tersebut dapat diketahui pula nilai *breakdown* dan *setback*. Nilai *breakdown* (BD) merupakan selisih antara PV dengan MV, sedangkan nilai *setback* (SB) merupakan selisih antara FV dengan MV.



Gambar 4.2 Kurva amilograf tapioka pada beberapa variasi pH perlakuan

Pada Gambar 4.2 mempunyai pola yang sama dengan kurva amilograf MOCAF, namun terdapat perbedaan yaitu lebih bergerigi (garis naik turun) walaupun tidak terdapat pada semua sampel. Hal tersebut dapat dimungkinkan jika tapioka lebih tidak stabil jika dibandingkan dengan MOCAF. Gambar tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang juga melakukan analisis sifat rheologi menggunakan RVA pada pati alami yaitu tapioka dengan beberapa varietas yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.3. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa pola kurva tapioka mempunyai pola yang sama dengan kurva amilograf yang diperoleh pada penelitian ini.

Pengaruh pH pada beberapa tingkat perubahan suhu juga dapat diketahui dari bentuk dan struktur granula pati MOCAF dan tapioka yang ditunjukkan pada Lampiran C.1 dan Lampiran C.2.

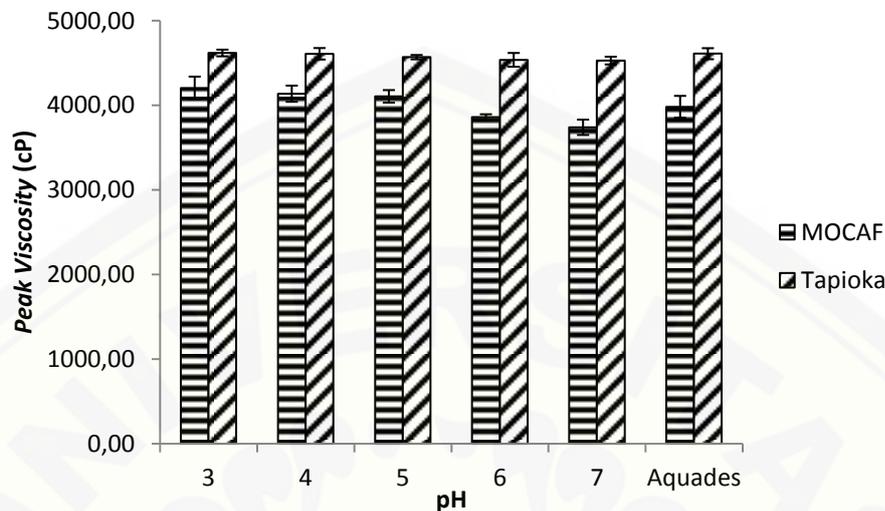


Gambar 4.3 Kurva amilograf tapioka pada beberapa varietas

a. *Peak Viscosity (PV)* MOCAF dan Tapioka

Nilai PV atau viskositas puncak merupakan nilai viskositas yang diperoleh ketika jumlah pati yang membengkak seimbang dengan jumlah pati yang rusak (Melo,dkk., 2003). Jadi, dapat dikatakan bahwa nilai PV diperoleh ketika pati yang terdapat dalam bahan terjadi pembengkakan sempurna dan rusak, sehingga tidak ada pati yang tidak terpecah. Perlakuan asam dilakukan dengan menggunakan buffer sitrat pH 3, 4, 5, 6, dan 7 dan menggunakan aquades sebagai

kontrol. Pengaruh pH terhadap nilai PV MOCAF dan tapioka dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh pH terhadap nilai PV MOCAF dan tapioka

Dari grafik pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa pada perlakuan yang sama yaitu perlakuan asam dengan beberapa tingkat perubahan suhu dan pengadukan diperoleh nilai PV yang berbeda pada tiap-tiap perlakuan pH pada sampel MOCAF dan tapioka. Secara keseluruhan, pada masing-masing perlakuan pH nilai PV tapioka lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai PV MOCAF. Selain itu, pada pH rendah yaitu pH 3 mempunyai nilai PV tertinggi dan nilai PV terendah terdapat pada perlakuan pH 7 pada kedua sampel yaitu MOCAF dan tapioka.

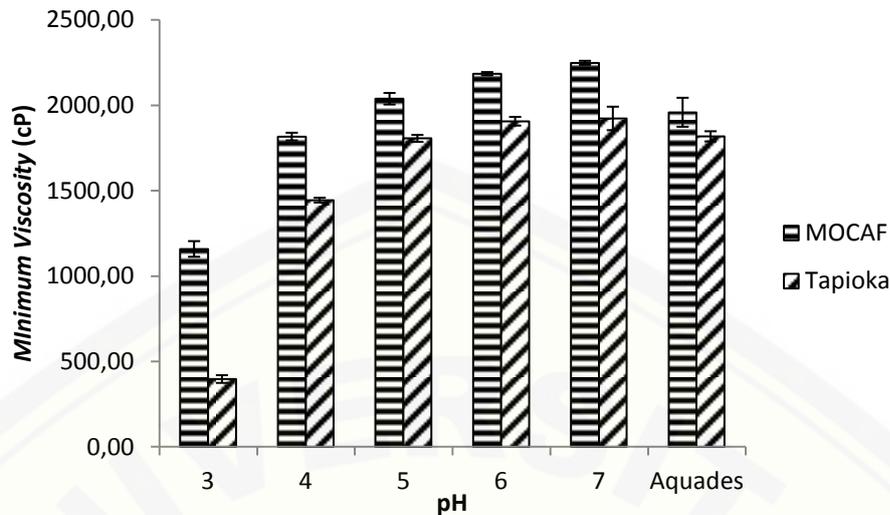
Nilai PV tapioka lebih tinggi dibandingkan MOCAF dikarenakan kandungan amilosa pada MOCAF lebih tinggi yaitu sebesar 16,22% daripada tapioka yang kandungan amilosanya sebesar 15,32%. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Loebis, dkk (2012) yang menyatakan bahwa proses fermentasi mengakibatkan terbukanya struktur amilopektin pada pati, sehingga terjadi peningkatan kandungan amilosa yang berperan dalam pembentukan gel yang stabil. Dengan semakin tingginya kandungan amilosa pada MOCAF, maka semakin besar pula kemampuannya dalam menghambat pembengkakan granula pati sehingga diperoleh nilai PV yang lebih rendah dibanding tapioka.

Nilai PV tapioka lebih tinggi dikarenakan kandungan amilopektinnya yang tinggi yaitu sebesar 84,68% lebih besar jika dibandingkan kandungan amilopektin pada MOCAF sebesar 83,78%. Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, bahwa amilopektin bertanggungjawab terhadap proses pengembangan granula (Ratnayake, dkk., 2002). Oleh karena itu, tapioka mempunyai kemampuan untuk membengkak lebih besar dibanding MOCAF, sehingga nilai PV yang diperoleh juga semakin tinggi. Hal tersebut juga didukung oleh pendapat Syamsir, dkk (2012) yang menyatakan tapioka memiliki karakteristik *pasting* tipe A yang dicirikan dengan viskositas puncak yang tinggi dan diikuti dengan pengenceran yang cepat selama pemanasan.

Pada pH rendah nilai PV-nya tertinggi pada kedua sampel dibanding pada pH netral. Data tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya, yaitu pati garut yang dimodifikasi dengan propilena oksida 10% mempunyai nilai viskositas puncak yang lebih tinggi pada pH 3,5 dibandingkan pada pH 6,5 (Maulani, dkk., 2013). Maulani, dkk (2013) menyatakan bahwa lemahnya ikatan hidrogen akibat hidrolisis asam mengakibatkan pasta mengembang lebih cepat. Hal tersebut yang menjadi alasan mengapa pada pH 3 mempunyai nilai PV tertinggi.

b. *Minimum Viscosity* (MV) MOCAF dan Tapioka

Nilai MV atau viskositas pasta panas, merupakan viskositas yang diperoleh ketika tahap *holding* pada suhu maksimum pada RVA telah berakhir. Jadi dapat dikatakan bahwa pada titik ini terjadi pemanasan maksimum pada RVA yaitu pada suhu 95°C dikatakan berakhir, sehingga nilai MV merupakan nilai viskositas yang diperoleh setelah sampel dilakukan pemanasan pada suhu 95°C selama 180 detik. Pengaruh pH terhadap nilai MV MOCAF dan tapioka ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik pengaruh pH terhadap nilai MV MOCAF dan tapioka

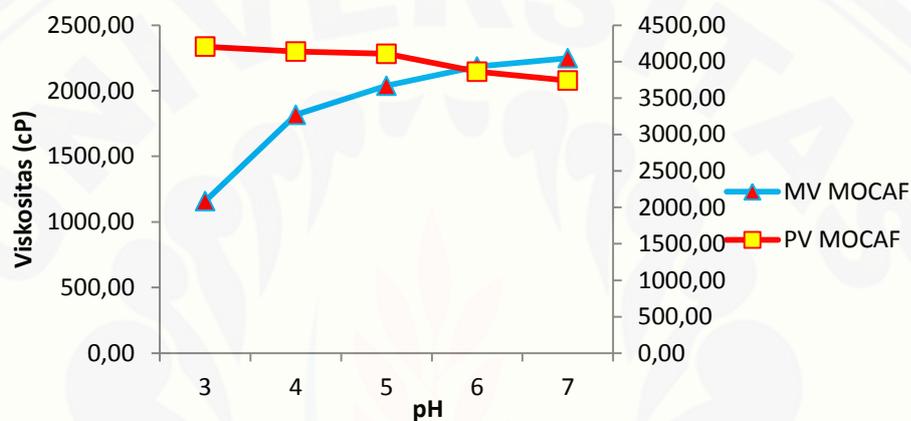
Pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa asam mempengaruhi nilai MV MOCAF dan tapioka. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai MV MOCAF lebih tinggi daripada nilai MV tapioka. Hal tersebut menunjukkan bahwa tapioka mengalami perubahan viskositas yang signifikan setelah proses pemanasan. Pada pH 3 MOCAF dan tapioka mempunyai nilai MV terendah dan pada pH 7 kedua sampel tersebut mempunyai nilai MV tertinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa kedua sampel paling tidak tahan terhadap proses pemanasan dengan perlakuan asam.

Seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya bahwa tapioka mempunyai karakteristik *pasting* tipe A, dimana tapioka mempunyai nilai PV yang tinggi dan pengenceran yang cepat setelah pemanasan. Pernyataan tersebut sesuai dengan data yang dihasilkan yang ditunjukkan dengan rendahnya nilai MV setelah dilakukan pemanasan. Dengan semakin rendahnya nilai MV tapioka tersebut maka menunjukkan bahwa tapioka tidak tahan terhadap pemanasan jika dibandingkan dengan MOCAF yang mempunyai nilai MV lebih besar. Selain itu, nilai MV MOCAF lebih kecil dibanding tapioka dapat diduga dikarenakan adanya selulosa yang menyelimuti dinding sel granula pati MOCAF yang menghambat keluarnya amilosa ke luar granula pati.

Pada kedua sampel, nilai MV terendah yaitu pada sampel dengan perlakuan pH 3. Hal tersebut dikarenakan lemahnya ikatan hidrogen yang

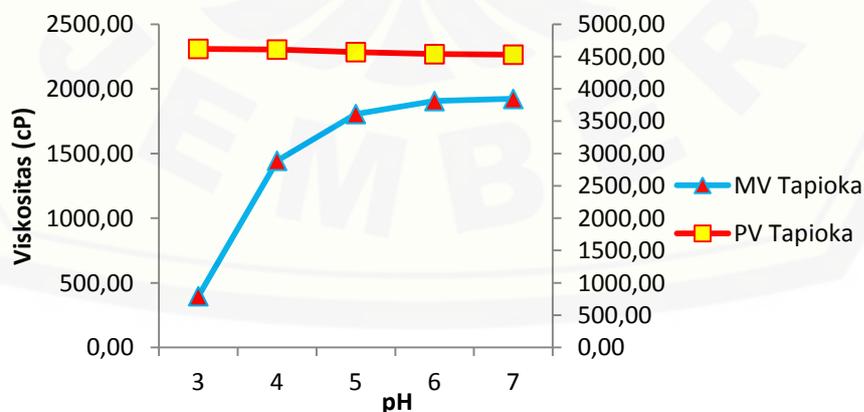
mengikat antar molekul amilosa pada granula pati akibat hidrolisis asam. Ikatan hidrogen yang lemah akan mengakibatkan terputusnya ikatan tersebut sehingga mengakibatkan amilosa keluar dari granula pati dan menyebar di sekeliling granula pati. Hal tersebut yang mengakibatkan menurunnya viskositas sehingga nilai MV-nya menjadi rendah.

Apabila dibandingkan dengan nilai PV, nilai MV berbanding terbalik dengan nilai PV dari kedua sampel. Hubungan antara nilai PV dan MV kedua sampel ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Grafik korelasi nilai PV dan MV MOCAF

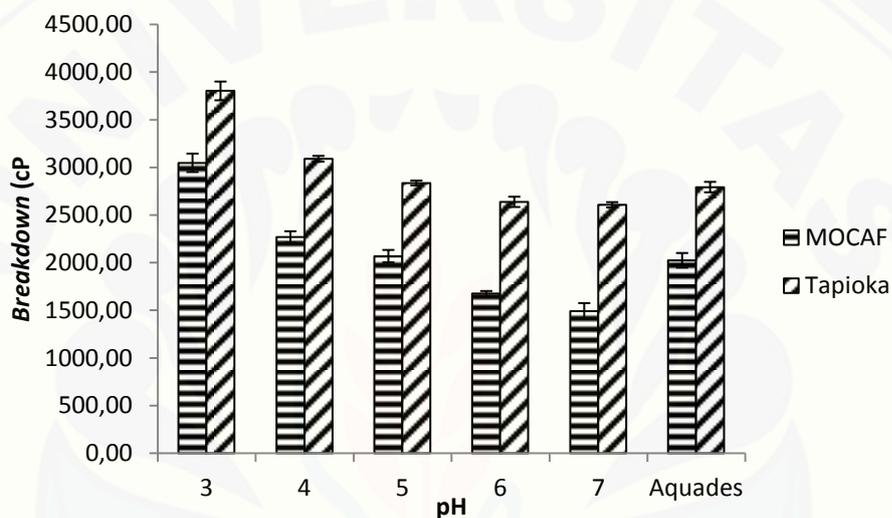
Pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai PV MOCAF dan MV MOCAF berkorelasi negatif. Pada pH rendah, nilai PV tinggi namun terus mengalami penurunan seiring dengan naiknya pH hingga pada pH netral, sedangkan nilai MV rendah kemudian terus meningkat seiring dengan naiknya pH hingga pada pH netral. Hal tersebut juga serupa pada sampel tapioka.



Gambar 4.7 Grafik korelasi nilai PV dan MV tapioka

c. *Breakdown* (BD) MOCAF dan Tapioka

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, Adebowale dan Lawal (2003) menyatakan bahwa *breakdown* merupakan nilai viskositas dimana pembengkakan granula pati mulai mereda sehingga menjadikannya stabil pada saat pemanasan. Seperti yang telah dijelaskan di atas, bahwa nilai *breakdown* diperoleh dari selisih antara nilai PV dan MV. Menurut Faridah, dkk (2014), nilai *breakdown* menunjukkan kestabilan viskositas terhadap pemanasan. Pengaruh pH terhadap nilai BD MOCAF dan tapioka ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik pengaruh pH terhadap nilai *breakdown* MOCAF dan tapioka

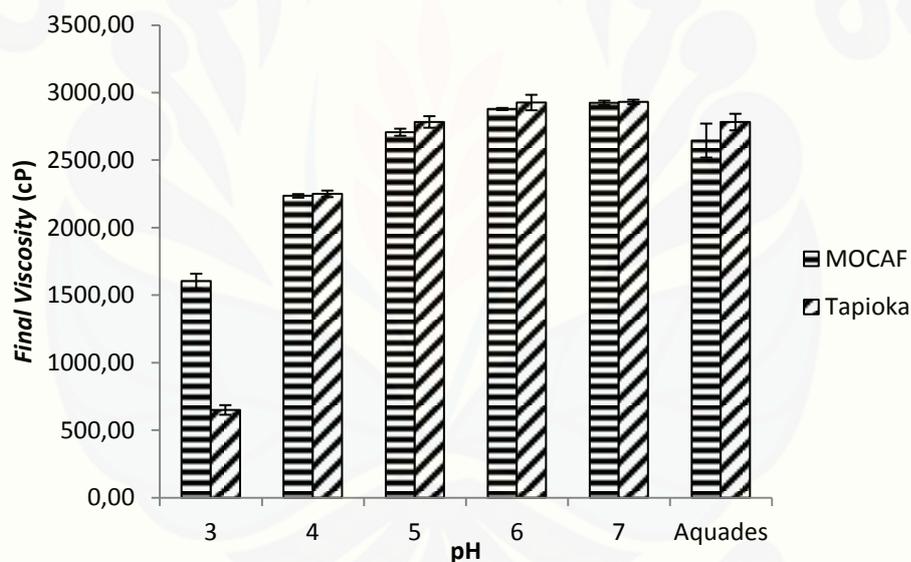
Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai *breakdown* dipengaruhi oleh pH. Nilai *breakdown* tapioka pada beberapa variasi perlakuan pH lebih besar dibandingkan MOCAF. Hal tersebut menunjukkan bahwa MOCAF lebih stabil terhadap proses pemanasan dibandingkan dengan tapioka. Dari beberapa variasi perlakuan pH yang dilakukan yang mempunyai nilai *breakdown* tertinggi yaitu pada perlakuan pH 3 pada kedua sampel. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada pH rendah terjadi perubahan atau penurunan viskositas yang cukup tinggi sehingga menyebabkan viskositas menjadi encer.

Tapioka mempunyai nilai *breakdown* yang tinggi dibandingkan dengan MOCAF. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Srichuwong (2006) yang menyatakan bahwa profil gelatinisasi pati alami yaitu dicirikan dengan tingginya nilai PV dan diikuti dengan penurunan viskositas yang sangat tajam selama

pemanasan. Hal tersebut menunjukkan bahwa pati alami yaitu tapioka kurang tahan atau kurang stabil pada proses pemanasan dibanding MOCAF. Semakin stabil pasta yang terbentuk maka kelengketan gelnya semakin berkurang (Srichuwong, 2014). Kestabilan terhadap panas juga dipengaruhi oleh pH, pada pH rendah ikatan hidrogen melemah karena adanya hidrolisis asam yang mengakibatkan amilosa yang keluar dari granula pati semakin banyak dan viskositas pasta pati menjadi encer.

d. *Final Viscosity (FV)*

Menurut Budijanto dan Yuliyanti (2012), FV merupakan viskositas akhir yang diperoleh ketika telah dilakukan pendinginan pada suhu 50°C selama 2 menit. Pengaruh pH terhadap nilai FV pada MOCAF dan tapioka ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik pengaruh pH terhadap nilai FV MOCAF dan tapioka

Pada Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa nilai FV kedua sampel lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai MV-nya. Hal tersebut dikarenakan pada proses pendinginan, viskositas pati bertambah atau berangsur naik kembali. Pernyataan tersebut didukung oleh pernyataan Lehmann, dkk (2003), yaitu pada fase pendinginan viskositas pasta pati kembali berangsur meningkat yang disebabkan oleh terjadinya penggabungan kembali (*re-association*) molekul-molekul amilosa dan amilopektin melalui ikatan hidrogen.

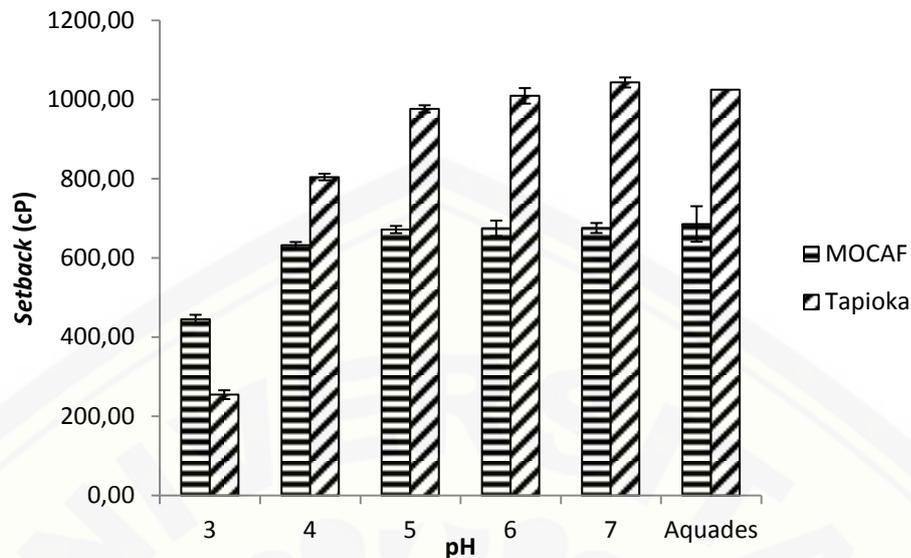
MOCAF mempunyai nilai FV yang lebih rendah daripada tapioka. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada saat pendinginan, tidak terjadi perubahan viskositas yang signifikan pada MOCAF. Tidak jauh berbeda dengan nilai MV, nilai FV pada MOCAF juga dipengaruhi adanya kandungan selulosa yang terdapat pada dinding sel granula pati MOCAF. Selulosa tersebut yang menekan atau menghambat perubahan viskositas saat proses pendinginan.

Nilai FV tertinggi pada kedua sampel terdapat pada sampel dengan perlakuan pH 7 dan nilai FV terendah terdapat pada sampel dengan perlakuan pH 3. Menurut Koswara (2013) menyatakan bahwa apabila suspensi pati pada pH tertentu dan dipanaskan pada suhu tertentu akan menyebabkan pati terhidrolisis menjadi dekstrin sehingga dihasilkan pati dengan viskositas yang rendah. Oleh karena itu, dengan adanya asam maka pati akan terhidrolisis, semakin rendah pH suatu bahan yang dipanaskan pada suhu tertentu maka akan diperoleh pati dengan viskositas yang rendah.

Tidak hanya itu, pada pH 7 nilai FV tinggi dikarenakan ikatan hidrogen yang digunakan untuk penggabungan kembali molekul-molekul amilosa dan amilopektin tidak terhidrolisis oleh asam. Oleh karena itu, pada pH 7 molekul amilosa dan amilopektin yang mengalami *re-association* lebih banyak dibanding pada pH 3, sehingga kerapatannya meningkat dan viskositasnya berangsur naik kembali.

e. *Setback* (SB)

Nilai *setback* diperoleh dari selisih nilai FV dengan nilai MV yang ditunjukkan pada Gambar 2.7. Menurut Batey (2007), *setback* merupakan proses yang terjadi pada tahap pendinginan yang ditandai dengan naiknya viskositas kembali yang disebabkan oleh retrogradasi pati terutama amilosa. Menurut Lehmann, dkk (2003), kandungan amilosa yang cukup tinggi memiliki kontribusi yang cukup besar terhadap kecenderungan terjadinya retrogradasi pasta pati selama fase pendinginan. Pengaruh pH terhadap nilai *setback* MOCAF dan tapioka ditunjukkan pada Gambar 4.10.



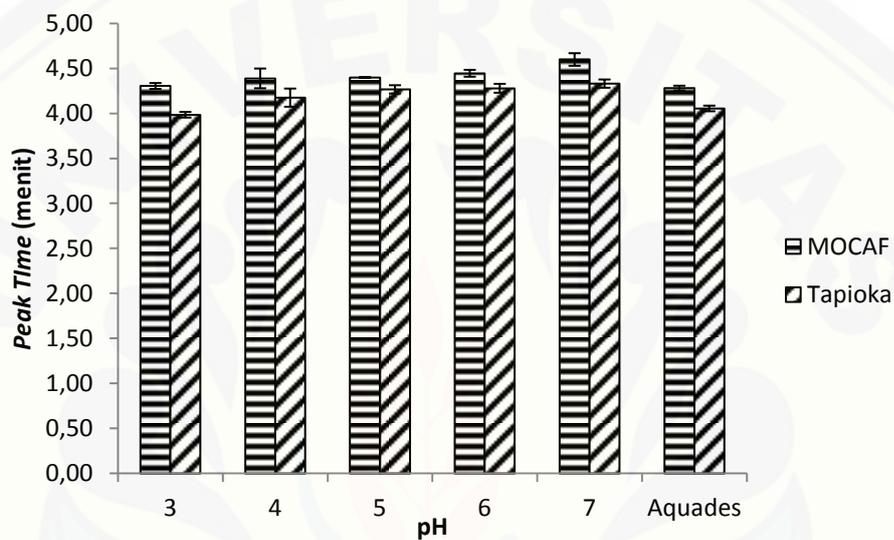
Gambar 4.10 Grafik pengaruh pH terhadap nilai *setback* MOCAF dan tapioka

Pada Gambar 4.10 menunjukkan bahwa pH mempengaruhi nilai *setback* kedua sampel. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai *setback* tapioka lebih besar daripada MOCAF. Hal tersebut menunjukkan bahwa kecenderungan tapioka untuk mengalami retrogradasi lebih besar dibandingkan MOCAF. Selain itu, pada pH 7 nilai *setback* kedua sampel tertinggi dan yang terendah yaitu pada perlakuan pH 3. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada pH 7 kecenderungan mengalami retrogradasi lebih besar daripada pada pH asam.

MOCAF mempunyai nilai *setback* yang lebih rendah dibanding tapioka. Hal ini serupa dengan FV, sebab adanya selulosa yang menyelimuti granula pati akan menghambat terjadinya perubahan viskositas pada saat proses pendinginan. Selain itu kandungan amilosa juga berperan dalam pembentukan gel yang stabil seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya. Dengan kandungan amilosa yang lebih tinggi dibanding tapioka, MOCAF mempunyai gel yang lebih stabil jika dibandingkan dengan gel yang terbentuk pada tapioka. Oleh karena itu, MOCAF mempunyai kecenderungan mengalami retrogradasi yang lebih kecil dibanding tapioka. Pada pH rendah nilai *setback* kedua sampel paling rendah dibanding pada pH netral. Hal ini juga dikarenakan lemahnya ikatan hidrogen untuk menggabungkan atau mengikat kembali molekul amilosa dan amilopektin akibat adanya hidrolisis oleh asam.

f. *Peak Time* dan *Pasting Temperature*

Peak time merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai PV, sedangkan *pasting temperature* yaitu suhu yang dibutuhkan sampel untuk mengalami gelatinisasi. Waktu dan suhu gelatinisasi pada setiap pati berbeda bergantung pada jenis pati, rasio amilosa dan amilopektin, dan pH. Pengaruh pH terhadap nilai *peak time* dan *pasting temperature* MOCAF dan tapioka ditunjukkan pada Gambar 4.11 dan 4.12.



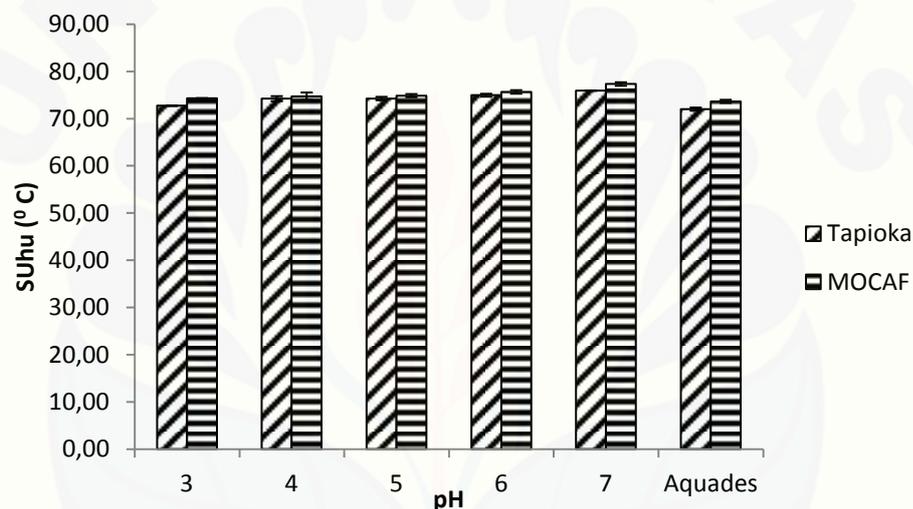
Gambar 4.11 Grafik pengaruh pH terhadap nilai *peak time* MOCAF dan tapioka

Pada Gambar 4.11 menunjukkan bahwa nilai *peak time* dipengaruhi oleh pH. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai *peak time* MOCAF lebih besar dibanding tapioka. Hal tersebut menunjukkan bahwa tapioka membutuhkan waktu yang lebih cepat untuk mencapai PV dibanding MOCAF. Selain itu, pada pH 3 kedua sampel mempunyai nilai *peak time* yang paling rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya asam mengakibatkan granula pati lebih cepat mencapai PV dibanding pada pH 7.

Tapioka membutuhkan waktu yang lebih singkat untuk mencapai PV dibanding MOCAF dikarenakan kandungan yang dimiliki oleh tapioka yang lebih tinggi dibanding MOCAF. Tingginya kandungan amilopektin pada tapioka mengakibatkan granula pati mengembang lebih cepat sehingga tidak dibutuhkan waktu yang lama untuk mencapai PV. Pada MOCAF, kandungan amilosa yang lebih tinggi akibat adanya proses fermentasi pada proses pembuatannya

mengakibatkan pengembangan granula patinya terbatas sehingga waktu untuk mencapai PV lebih lama dibanding tapioka.

Selain kandungan amilosa dan amilopektin yang terdapat pada bahan, pH juga mempengaruhi nilai *peak time* kedua sampel. Pada pH 3 waktu yang dibutuhkan untuk mencapai PV paling cepat, sedangkan pada pH 7 membutuhkan waktu yang paling lama untuk mencapai PV. Hal ini berhubungan dengan nilai PV, pada pH 3 kedua sampel mempunyai nilai PV tertinggi sebab dengan adanya hidrolisis asam mengakibatkan granula mengembang lebih cepat. Oleh karena itu, maka dengan adanya hidrolisis asam mengakibatkan waktu untuk mencapai PV juga semakin singkat karena granula pati mengembang lebih cepat.



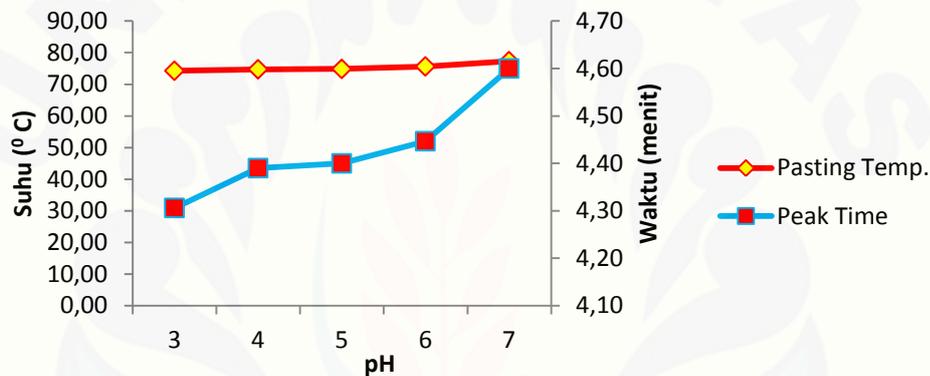
Gambar 4.12 Grafik pengaruh pH terhadap nilai *pasting temperature* MOCAF dan tapioka

Pada grafik pengaruh pH terhadap nilai *pasting temperature* MOCAF dan tapioka yang ditunjukkan pada Gambar 4.12 menunjukkan bahwa nilai *pasting temperature* MOCAF lebih tinggi daripada tapioka. Hal tersebut menunjukkan bahwa untuk mencapai gelatinisasi MOCAF membutuhkan suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan tapioka. Selain itu, pada kedua sampel pada pH 3 nilai *pasting temperature* lebih rendah dibanding pada pH 7. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada pH rendah tidak membutuhkan suhu yang tinggi untuk mencapai gelatinisasi.

Nilai *pasting temperature* berhubungan dengan nilai *peak time*-nya. Tapioka mempunyai nilai *peak time* yang lebih rendah dibanding MOCAF,

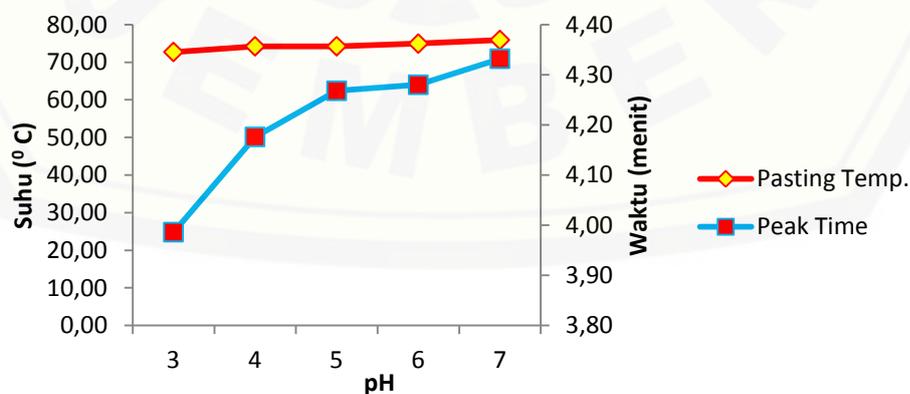
sehingga nilai *pasting temperature*-nya pun lebih rendah. Hal tersebut dikarenakan kandungan amilopektin yang tinggi menyebabkan granula pati mengembang lebih cepat sehingga waktu untuk mencapai PV lebih singkat dan suhu yang dibutuhkan untuk mencapai gelatinisasi lebih singkat. Kandungan amilosa pada MOCAF yang lebih tinggi dibanding tapioka menyebabkan granula pati mengembang lebih lambat sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai PV lebih lama dan suhu yang dibutuhkan untuk mencapai gelatinisasi juga lebih tinggi.

Hubungan antara nilai *peak time* dan *pasting temperature* MOCAF dan tapioka pada beberapa variasi pH ditunjukkan pada Gambar 4.13 dan 4.14.



Gambar 4.13 Grafik korelasi nilai *peak time* dan *pasting temperature* MOCAF

Pada Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa pada pH 3 nilai *peak time* MOCAF paling rendah kemudian berangsur meningkat seiring dengan naiknya pH perlakuan, begitu pula dengan nilai *pasting temperature* MOCAF. Nilai *peak time* dan *pasting temperature* berkorelasi positif. Hal tersebut juga serupa pada Gambar 4.14 yaitu grafik korelasi *peak time* dan *pasting temperature* tapioka.



Gambar 4.14 Grafik korelasi nilai *peak time* dan *pasting temperature* tapioka

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

1. Perlakuan pH pada beberapa tingkat perubahan suhu yang diberikan pada sampel MOCAF dan tapioka mempengaruhi sifat rheologinya. Pada perlakuan pH 3 nilai *peak viscosity* dan *breakdown* tertinggi, sedangkan nilai *minimum viscosity*, *final viscosity*, *setback*, *peak time* dan *pasting temperature* terendah. Pada perlakuan pH 7, mempunyai nilai yang berbanding terbalik dengan perlakuan pH 3.
2. MOCAF mempunyai kestabilan viskositas yang lebih baik pada berbagai variasi pH dengan beberapa tingkat perubahan suhu jika dibandingkan dengan tapioka yang dapat dilihat dari rendahnya nilai *breakdown* dan *setback*-nya.

5.2 Saran

Kajian lebih lanjut mengenai pengaplikasiannya dalam pengembangan produk pangan sangat dibutuhkan sehingga diketahui secara pasti perbedaan karakteristik yang dihasilkan untuk mendukung teori yang telah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, K.O., dan Lawal, O.S. 2003. Microstructure, Physicochemical Properties and Retrogradation Behavior of Mucuna Bean (*Mucuna pruriens*) Starch on Heat Moisture Treatments. *Food Hydrocolloids* 17: 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.
- Aden, T. 2008. *Perubahan Karakteristik Fisikokimia MOCAL (Modified Cassava Flour) Selama Fermentasi*. Skripsi. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.
- Amin, N.A. 2013. *Pengaruh Suhu Fosforilasi Terhadap Sifat Fisikokimia Pati Tapioka Termodifikasi*. Skripsi. Makasar: Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.
- An H.Y. 2005. *Effects of Ozonation and Addition of Amino Acids on Properties of Rice Starches*. Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Anonim. 2010. *Analisa Sifat Fisik*. Materi Kuliah Sensoris.
- Anonim. 2012. *Ubi kayu*. <http://singkomgday.wordpress.com/2012/08/09/awal-mula-indonesia-mengenal-singkong/>. Diakses tanggal 9 Mei 2015.
- Anonim. 2014. *Rapid Visco Analyser*. <http://www.perten.com/Products/Rapid-Visco-Analyser-RVA/> . Diakses tanggal 24 Mei 2014.
- Anonim. 2015. *Tepung MOCAF*. <http://www.tepungmocaf.com/2015/01/mocaf-pertama-di-dunia.html>. Diakses tanggal 9 Mei 2015.
- Anonim. 2015. *Sodium Citrate*. http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_citrate. Diakses tanggal 9 Mei 2015.
- Astawan, M. 2010. *Tepung Tapioka, Manfaatnya, dan Cara Pembuatannya*. <http://aremaipb.wordpress.com/2010/02/11/tepung-tapioka-manfaatnya-dan-cara-pembuatannya/>. Diakses tanggal 10 Mei 2015.
- Banks, W., dan Greenwood, C.T. 1975. *Starch and its Components*. Edinburgh, Great Britain: Edinburgh University Press.

- Barnes, H.A., James, F.H., dan Kay, W. 1989. *An Introduction to Rheology*. New York: Elsevier Science Publishing Company Inc.
- Batey, I.L. 2007. *Interpretation of RVA Curves Dalam The RVA Handbook*. Crosbie, G. B., dan Ross, A. S. AACC International.
- 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, FI. 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.
- Beynum, G.M.A., dan Roels, J.A. 1985. *Starch Conversion Technology*. London: Applied Science Publ.
- BSN. 2011. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- 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).
- Copeland, L., Blazek, J., Salman, H., dan Tang, M.C. 2009. Form and Functionality of Starch. *Food Hydrocolloids*, 23: 1527-1534.
- Crosbie, G.B. 1991. The Relationship Between Starch Swelling Properties, Paste Viscosity And Boiled Noodle Quality in Wheat Flours. *Journal of Cereal Science*.13: 145-150.
- Dwiyana, D.N. 2011. *Perbandingan Konsentrasi Hidroklorid dan Konsentrasi Asam Sitrat Dalam Minuman Jeli Susu Sesuai Mutu Dan Kualitas*. Skripsi. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pakuan.
- Eliasson, A.C. 2004. *Starch in Food*. Woodhead Publishing Limited Cambridge England.
- Englyst, H., 1989. *Classification and Measurement of Plant Polysaccharides*. *Animal Feed Science and Technology* 23: 27-42.
- Evans, I.D., dan Hasiman, D.R. 1982. *The Effect of Solutes on the Gelatinization Temperature Range of Potato Starch*. *Starch/Starke* 34 (7): S224-231.

- Faridah, D.N., Fardia,D., Andarwulan, N., dan Sunarti, T.C. 2014. Karakteristik Sifat Fisikokimia Pati Garut (*Maranta arundinaceae*). *Jurnal Agritech*. Vol. 34, No. 1, (2014).
- Gaman dan Sherrington. 1992. *Pengantar Ilmu Pangan Nutrisi dan Mikrobiologi*. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Pertanian Univesitas Gajah mada.
- Grace, M.R. 1977. *Cassava Processing*. Food and Agriculture Organization of United Nations: Roma.
- Greenwood, C.T., dan Munro, D.N. 1979. *Carbohydrates*. Di dalam R.J. Priestley, ed. *Effects of Heat on Foodstufs*. London: Aplplied Science Publ. Ltd.
- Grewal, H., dan Kalra, K. 1995. *Fungal Production of Citric Acid*. *Biotechnology Advances* 13,209-234.
- Harper, J.M. 1981. *Extruaction of Food*. Vol II. CRC Press Inc. Florida.
- Hodge, J.E, dan Osman, W.M. 1976. *Carbohydrates*. Di dalam Fanema, C.R, Editor. *Principle of Food Science*. Marcel Decker Inc. New York, 41-138.
- Hustiany, R. 2006. *Modifikasi Asilasi dan Suksinilasi Pati Tapioka Sebagai Bahan Enkapsulasi Komponen Flavor*. Disertasi Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Immaningsih, N. 2012. *Profil Gelatinisasi Beberapa Formlasi Tepung-tepungan Untuk Pendugaan Sifat Pemasakan*. Panel Gizi Makan 35(1): 13-22.
- Julianti, E. 2013. *Rheology of Foods*. Materi Presentasi: Universitas Sumatra Utara.
- Koswara. 2013. *Teknologi Modifikasi Pati*. EbookPangan.com
- Kurakake, M., Kisawa, W., Ouchi, K., dan Komaki, T. 2001. *Pretreatment with Ammonia Water for Enzymatic Hydrolysis of Corn Husk, Bagasse, and Switchgrass*. *Applied Viochemistry ad Biotechnology*, 90 (3), pp. 251-259.
- Kurniati, I.L., Aida, N., Gunawan, S., dan Widjaja, T. 2012. *Pembuatan MOCAF (Modified Cassava Flour) dengan Proses Fermentasi Menggunakan Lactobacillus plantarum, Saccharomyces cereviciae, Rhizopus oryzae*. *Teknik POMITS*. Vol.1, No. 1, (2012) 1-6.
- Lehmann, U., Rossler, C., Schmiedl, D., dan Jacobash, G. 2003. Production and Physico-chemical Characterization of Resistant Starch Type 3 Detived From Pea. *Starch/Nahrung/Food*, 43: 60-63.

- Loebis, E.H., dan Meutia, Y.R. 2012. Pembuatan Starter MOCAF Termobilisasi Dari Isolat Bakteri Asam Laktat dan Aplikasinya Pada Proses Produksi MOCAF. *Jurnal Hasil Penelitian Industri*, Vol. 25, No. 1. (April 2012).
- 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.
- Maulani, R.R., Ferdiaz, D., Kusnandar, F., dan Sunarti, T.C. 2013. Sifat Fungsional Pati Garut Hasil Modifikasi Hidroksiprolasi Dan Taut Silang. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. Vol. 24, No.1, (2013).
- 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.
- Muchtadi, T.S., dan Fitriyono, A. 2011. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Oates, C.G. 1997. Towards an Understanding of Starch Granule Structure and Hydrolysis. *Review. Trends in Food Sci. and Tech.* 8: 375-382.
- Olsson, E. 2013. *Effects of Citric Acid on Starch-Based Barrier Coatings*. Sweden : Faculty of Health, Science and Technology, Karlstad University.
- 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.
- Philpot, K., Martin, M., Butardo, V.Jr., Whilloughby, D., dan Fitzgerald, M. 2006. Environmental 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.
- 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.
- Ratna, D.M.S. 2013. *Simulasi Penentuan Kebutuhan Daya Pompa Pada Sistem Transpor Bahan Pangan Cair Dengan Menggunakan Parameter Reologi Susu Kental Manis*. Program Studi Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Unsyiah.

- Ratnawati, Ro. 2013. *Eksperimen Pembuatan Kerupuk Rasa Ikan Banyar Dengan Bahan Dasar Tepung Komposit MOCAF dan Tapioka*. Skripsi. Semarang: Jurusan Teknologi Jasa Dan Produksi Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- Ratnayake, W.S., Hoover, R., dan Tom, W. 2002. Pea Starch: Composition, Structure, and Properties-Review. *Journal Starch*, 54: 217-234.
- Respati. 1992. *Dasar-dasar Ilmu Kimia*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Rowe, R.C., Sheskey, P.J, dan Owen, S.C. 2006. *Handbook of Pharmaceutic Excipients 5th Edition*. London: Pharmaceutical Press and American Pharmacists Assosiation.
- Sang, Y., Bean, S., Seib, P.A., Pedersen, J., dan Shi, Y.C. 2008. Stucture and Functional Properties of Shorgum Starches Differing in Amylase Content. *Journal Agriculture Food Chemystry*. 56: 6680-6685.
- Sasaki, T., dan Matsuki, J. 1998. Effect of Wheat Starch Structure on Swelling Power. *Cereal Chemistry*. 75: 525-529.
- Shu, X.Z., Zhu, K.J dan Song, W. 2001. Novel pH-sensitive Citrate Cross-linked Chitosan Film Or Drug Controlled Release. *International Journal Pharmaceutics*, 212, 19-28.
- Socol, C., Vandenberghe, L., Rodrigues C., dan Pandey A. 2006. *New Perspectives for Citric Acid Production and Application*. Food Technology and Biotechnology 44, 141-149.
- Srichuwong, S., Sunarti, T.C., Mishima, T., Isono, N., dan Hisamatsu, M. 2005. Starches From different Botanical Sources I: Contribution of Amylopectin Fine Structure to Thermal Properties and Enzyme Digestibility. *Carbohydrates Polymers*, 60 (4): 373-378.
- Srichuwong, S. 2006. *Starches From Different Plant Origins: From Structure to Physicochemical Properties*. Disertasi. Japan: Mie University.
- Steenken, S., Jovanovic, S.V., dan Boone, C.W. 1999. H-Atom ransfer Is a Preferred Antioxidant Mechanism of Circumin. *J. Am. Chemistry Soc.* 121, 9677-9681.
- Steffe, J.F. 1996. *Rheological Methods in Food Process Engineering*. 2-nd Edition. USA: Michigan State University.
- Subagio, A. 2006. *Ubi Kayu Substitusi Berbagai Tepung-tepungan*. Vol 1-Edisi 3. Food Review (April, 2006) : hal 18-22.

- Subagio, A., Windrati, W.S., Witono, Y., dan Fahmi, F. 2008. *Produksi Operasi Standar (POS) : Produksi Mocal Berbasis Klaster*. Jember : FTP UNEJ.
- Sudarmadji, S dan Haryono, B. 1997. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty Yogyakarta.
- Syamsir, E., Hariyadi, P., Fardiaz, D., Andarwulan, N., dan Kusnandar, F. 2012. Pengaruh Proses Heat-Moisture Treatment (HMT) Terhadap Karakteristik Fisikokimia Pati. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, Vol. XXIII, No. 1. (2012).
- Syukri, S. 1999. *Kimia Dasar*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Tan, H.Z., Li, Z.G., dan Tan, B. 2009. Starch Noodles: History, Classification, Material, Processing, Structure, Nutrition, Quality, Evaluating and Improving. *Food Research International*, 42: 551-557.
- 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.
- Wattanchant, S., Muhammad, S., Hashim, D.M., dan Rahman, R.A. 2003. *Effect of Crosslinking Reagents And Hydroxypropilation Levels on Dual-modified Sago Starch Properties*. Food Chemistry 80: 463-471.
- Widyastuti, E. *Modifikasi Pati*.<https://endrikawidyastuti.files.wordpress.com/2012/03/modifikasi-pati1.pdf>. Diakses tanggal 8 Mei 2015.
- Winarno, F.G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Yaningtyas, K. 2013. *Karakterisasi Beras Cerdas Berbahan Dasar Tepung Ubi Jalar dan MOCAF*. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.
- Yuwono, S.S., Febrianto, K., dan Dewi, N.S. 2013. Pembuatan Beras Tiruan Berbasis *Modified Cassava Flour* (MOCAF) : Kajian Proporsi MOCAF : Tepung Beras dan Penambahan Tepung Porang. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Vol. 14, No. 3, (2013).
- Zulaidah, A. 2011. *Modifikasi Ubi Kayu Secara Biologi Menggunakan Starter Bimo-CF Menjadi Tepung Termodifikasi Pengganti Gandum*. Semarang: Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.

LAMPIRAN A

A.1 Syarat mutu MOCAF menurut SNI No 7622 Tahun 2011 (BSN, 2011)

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan		
	1.1 Bentuk	-	serbuk halus
	1.2 Bau	-	ormal
	1.3 Warna	-	putih
2.	Benda asing	-	tidak ada
3.	Serangga dalam semua bentuk stadia dan potongan-potongannya yang tampak	-	tidak ada
4.	Kehalusan		
	4.1 Lolos ayakan 100 mesh (b/b)	%	min. 90
	4.2 Lolos ayakan 80 mesh (b/b)	%	100
5.	Kadar air (b/b)	%	maks. 13
6.	Abu (b/b)	%	maks. 1,5
7.	Serat kasar (b/b)	%	maks. 2,0
8.	Derajat putih (MgO = 100)	-	min. 87
9.	Belerang dioksida (SO ₂)	µg/g	negatif
10.	Derajat asam	mL NaOH 1N / 100 g	maks. 4,0
11.	HCN	mg/kg	maks. 10
12.	Cemaran logam		
	12.1 Kadnium (Cd)	mg/kg	maks. 0,2
	12.2 Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 0,3
	12.3 Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40,0
	12.4 Merkuri (Hg)	mg/kg	maks. 0,05
13.	Cemaran arsen (As)	mg/kg	maks. 0,5
14.	Cemaran mikroba		
	14.1 Angka lempeng total (35 ⁰ C, 48 jam)	koloni/g	maks. 1 x 10 ⁶
	14.2 <i>Escherichia coli</i>	APM/g	maks. 10
	14.3 <i>Bacillus cereus</i>	koloni/g	< 1 x 10 ⁴
	14.4 Kapang	koloni/g	maks. 1 x 10 ⁴

A.2 Syarat mutu tapioka menurut SNI 01-3451-1994 (BSN, 1994)

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan		
			Mutu I	Mutu II	Mutu III
1.	Kadar Air	%	maks. 15,0	maks. 15,0	maks. 15,0
2.	Kadar Abu	%	maks. 0,60	maks. 0,60	maks. 0,60
3.	Serat dan benda asing	%	maks. 0,60	maks. 0,60	maks. 0,60
4.	Derajat putih (BaSO ₄ = 100%)	%	min. 94,5	min. 92,0	< 92
5.	Derajat asam	volume NaOH 1N/100g	maks. 3	maks. 3	maks. 3
6.	Cemaran logam				
	6.1 Timbal	mg/kg	maks. 1,0	maks. 1,0	maks. 1,0
	6.2 Tembaga	mg/kg	maks. 10,0	maks. 10,0	maks. 10,0
	6.3 Seng	mg/kg	maks. 40,0	maks. 40,0	maks. 40,0
	6.4 Raksa	mg/kg	maks. 0,05	maks. 0,05	maks. 0,05
	6.5 Arsen	mg/kg	maks. 0,5	maks. 0,5	maks. 0,5
7.	Cemaran mikroba				
	7.1 Angka lempeng total	koloni/g	maks. 1 x 10 ⁶	maks. 1 x 10 ⁶	maks. 1 x 10 ⁶
	7.2 <i>Escherichia coli</i>	koloni/g	-	-	-
	7.3 Kapang	koloni/g	maks. 1 x 10 ⁴	maks. 1 x 10 ⁴	maks. 1 x 10 ⁴

LAMPIRAN B**B.1 Karakteristik Amilografi****B.1.a Karakteristik Amilografi MOCAF**

Perlakuan kontrol (menggunakan aquades)

Ulangan	PV	MV	Breakdown	FV	Setback
1	3866	1883	1983	2565	682
2	4155	1961	2154	2624	663
3	4125	2101	2024	2865	764
4	3947	1942	2005	2604	662
5	3864	1908	1956	2565	657
Rata-rata	3983,40	1959	2024,40	2644,60	685,60

Ulangan	Peak time	Pasting temperature
1	4,27	73,45
2	4,27	73,55
3	4,27	73,50
4	4,33	74,25
5	4,27	73,50
Rata-rata	4,28	73,65

Perlakuan asam (buffer pH 7)

Ulangan	PV	MV	Breakdown	FV	Setback
1	3744	2258	1486	2933	675
2	3639	2232	1407	2908	676
3	3666	2249	1417	2945	696
4	3799	2243	1556	2908	665
5	3857	2261	1596	2926	665
Rata-rata	3741	2248,60	1492,40	2924	675,40

Ulangan	Peak time	Pasting temperature
1	4,67	77,50
2	4,67	77,45
3	4,60	77,45
4	4,53	76,65
5	4,53	77,55
Rata-rata	4,60	77,32

Perlakuan asam (buffer pH 6)

Ulangan	PV	MV	Breakdown	FV	Setback
1	3828	2175	1653	2865	690
2	3918	2195	1723	2884	689
3	3857	2195	1662	2882	687
4	3860	2177	1664	2883	658
5	3845	2182	1670	2879	649
Rata-rata	3861,60	2184,80	1674,40	2878,60	674,60

Ulangan	Peak time	Pasting temperature
1	4,47	75,05
2	4,47	75,90
3	4,40	75,10
4	4,47	75,50
5	4,40	75,90
Rata-rata	4,45	75,65

Perlakuan asam (buffer pH 5)

Ulangan	PV	MV	Breakdown	FV	Setback
1	4167	2098	2069	2752	654
2	4070	2016	2054	2686	670
3	4099	2032	2067	2703	671
4	4007	2022	1985	2701	679
5	4191	2024	2167	2690	666
Rata-rata	4106,80	2038,40	2068,40	2706,40	671,50

Ulangan	Peak time	Pasting temperature
1	4,40	74,95
2	4,40	75,05
3	4,40	75,00
4	4,40	75,05
5	4,40	74,15
Rata-rata	4,40	74,86

Perlakuan asam (buffer pH 4)

Ulangan	PV	MV	Breakdown	FV	Setback
1	4056	1792	2264	2228	624
2	4026	1793	2233	2251	623
3	4212	1838	2374	2228	639
4	4246	1833	2234	2221	641
5	4152	1828	2245	2248	632
Rata-rata	4138,40	1816,80	2270	2235,20	631,80

Ulangan	Peak time	Pasting temperature
1	4,47	75,90
2	4,47	74,90
3	4,47	74,90
4	4,27	74,00
5	4,27	74,00
Rata-rata	4,39	74,74

Perlakuan asam (buffer pH 3)

Ulangan	PV	MV	Breakdown	FV	Setback
1	4146	1150	2996	1602	452
2	4078	1090	2988	1516	426
3	4387	1215	3172	1662	447
4	4113	1160	2953	1607	447
5	4308	11,79	3129	1633	454
Rata-rata	4206,40	1158,80	3047,60	1604	445,20

Ulangan	Peak time	Pasting temperature
1	4,33	74,30
2	4,33	74,35
3	4,27	74,30
4	4,33	74,25
5	4,27	74,20
Rata-rata	4,31	74,28

B.1.b Karakteristik Amilografi Tapioka

Perlakuan kontrol (menggunakan aquades)

Ulangan	PV	MV	Breakdown	FV	Setback
1	4515	1780	2375	2825	1045
2	4674	1806	2868	2743	1034
3	4580	1814	2766	2862	1048
4	4624	1860	2764	2768	1008
5	2663	1831	2832	2711	989
Rata-rata	4611,20	1818,20	2793	2781,80	1024,80

Ulangan	Peak time	Pasting temperature
1	4,07	71,85
2	4,00	71,85
3	4,07	71,90
4	4,07	71,80
5	4,07	72,60
Rata-rata	4,06	72,00

Perlakuan asam (buffer pH 7)

Ulangan	PV	MV	Breakdown	FV	Setback
1	4485	1843	2642	2933	1090
2	4556	1977	2579	2908	1024
3	4564	1946	2618	2945	1082
4	4570	1992	2578	2947	955
5	4476	1857	2619	2921	1064
Rata-rata	4530,20	1923	2607,20	2930,80	1043

Ulangan	Peak time	Pasting temperature
1	4,40	75,95
2	4,33	75,95
3	4,33	75,90
4	4,33	75,95
5	4,27	75,85
Rata-rata	4,33	75,92

Perlakuan asam (buffer pH 6)

Ulangan	PV	MV	Breakdown	FV	Setback
1	4637	1936	2701	2920	984
2	4457	1882	2575	2878	996
3	4581	1920	2661	2980	1060
4	4566	1917	1665	2990	1021
5	4452	1878	2588	2864	985
Rata-rata	4538,60	1906,60	2638	2926,40	1009,20

Ulangan	Peak time	Pasting temperature
1	4,33	75,15
2	4,20	74,40
3	4,27	75,10
4	4,30	75,00
5	4,30	75,10
Rata-rata	4,28	74,95

Perlakuan asam (buffer pH 5)

Ulangan	PV	MV	Breakdown	FV	Setback
1	4596	1784	2812	2801	1017
2	4541	1805	2836	2732	926
3	4589	1819	2870	2845	1026
4	4545	1833	2812	2760	927
5	4581	1790	2851	2775	985
Rata-rata	4570,40	1806,20	2836,20	2782,60	976,20

Ulangan	Peak time	Pasting temperature
1	4,27	73,60
2	4,27	74,40
3	4,27	74,35
4	4,30	74,30
5	4,20	74,55
Rata-rata	4,27	74,24

Perlakuan asam (buffer pH 4)

Ulangan	PV	MV	Breakdown	FV	Setback
1	4563	1460	3103	2228	768
2	4688	1451	3037	2251	800
3	4521	1427	3094	2228	801
4	4655	1433	3110	2256	854
5	4624	1452	3107	2287	798
Rata-rata	4610,20	1444,60	3090,20	2250	804

Ulangan	Peak time	Pasting temperature
1	4,27	74,35
2	4,27	75,05
3	4,20	74,20
4	4,07	73,75
5	4,07	73,75
Rata-rata	4,18	74,22

Perlakuan asam (buffer pH 3)

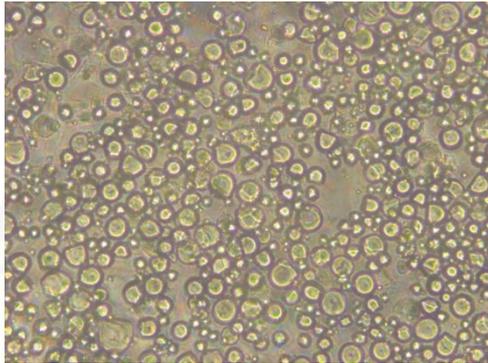
Ulangan	PV	MV	Breakdown	FV	Setback
1	4649	435	3914	701	266
2	4616	388	3828	634	246
3	4596	379	3717	615	246
4	4670	401	3869	672	271
5	4668	383	3685	627	244
Rata-rata	4619,80	397,20	3802,60	649,80	254,60

Ulangan	Peak time	Pasting temperature
1	4,00	72,70
2	4,00	72,75
3	4,00	72,70
4	3,93	72,70
5	4,00	72,75
Rata-rata	3,99	72,72

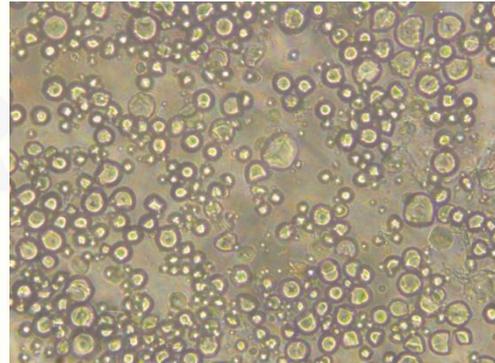
LAMPIRAN C

C.1 Granula Pati

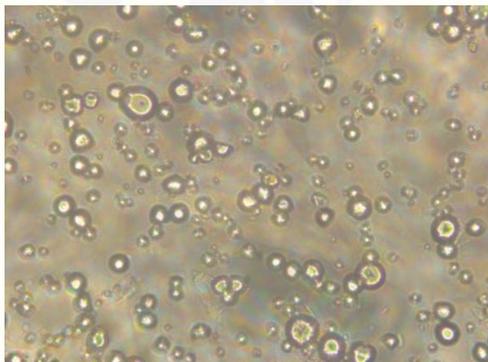
C.1.a Granula Pati MOCAF Pada Suhu 50⁰ C (perbesaran 400x)



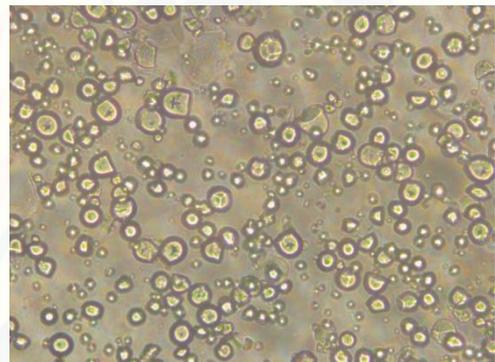
(buffer pH 7)



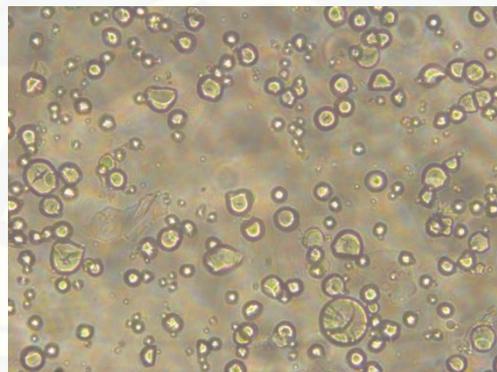
(buffer pH 6)



(buffer pH 5)

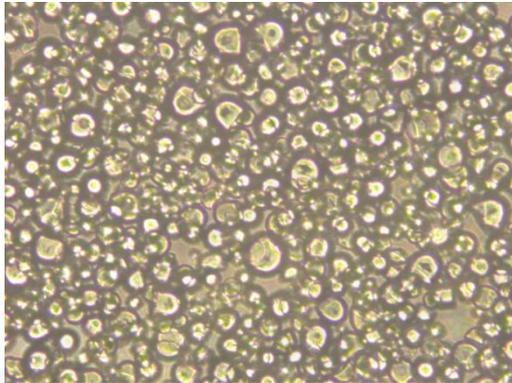


(buffer pH 4)

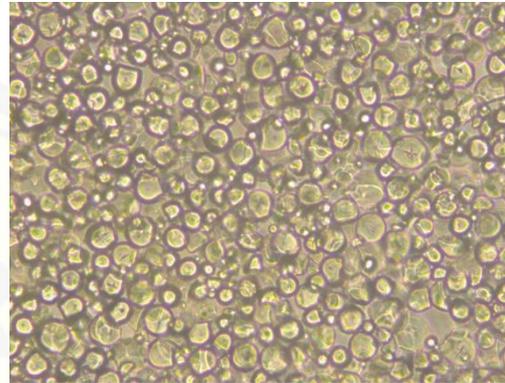


(buffer pH 3)

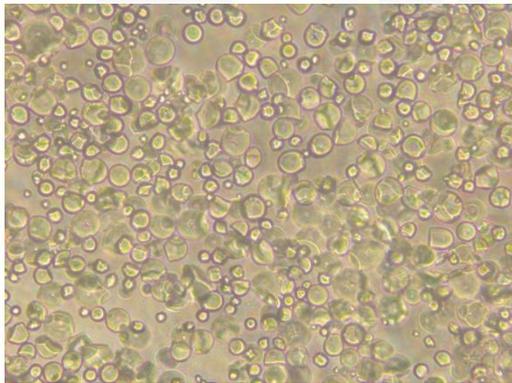
C.1.b Granula Pati Tapioka Pada Suhu 50⁰ C (perbesaran 400x)



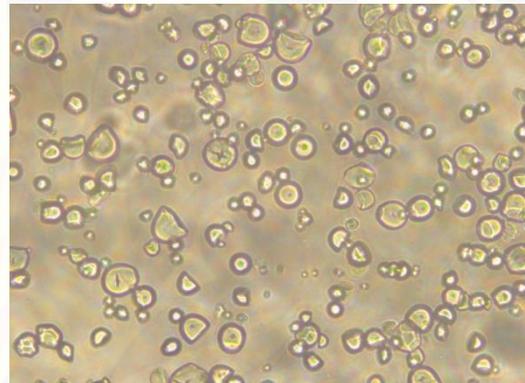
(buffer pH 7)



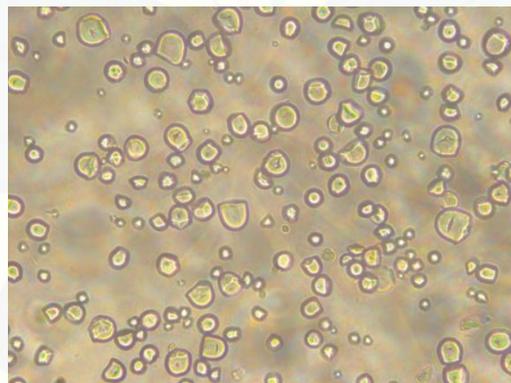
(buffer pH 6)



(buffer pH 5)

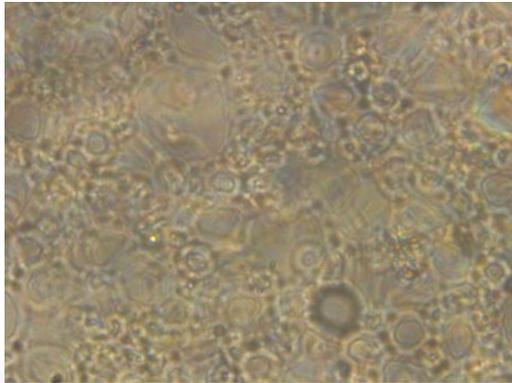


(buffer pH 4)

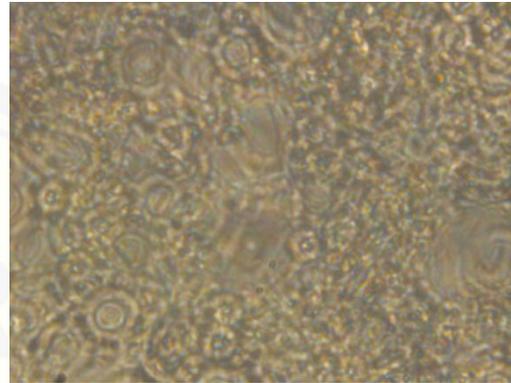


(buffer pH 3)

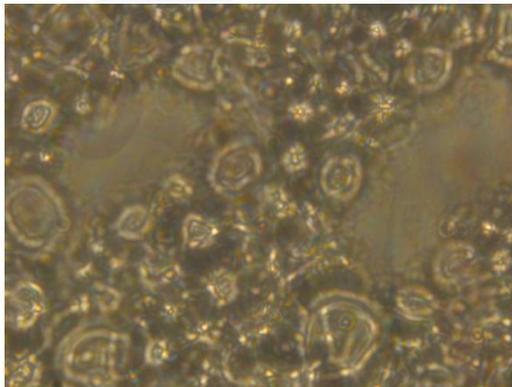
C.1.c Granula Pati MOCAF Pada Suhu 75⁰ C (perbesaran 400x)



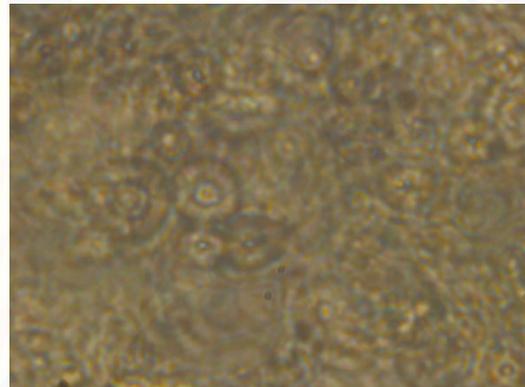
(buffer pH 7)



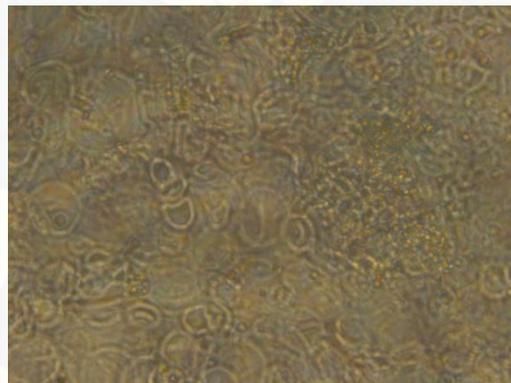
(buffer pH 6)



(buffer pH 5)

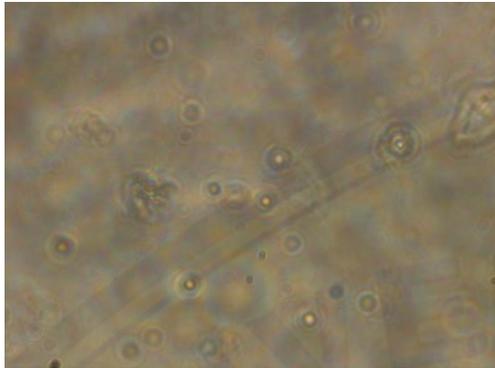


(buffer pH 4)

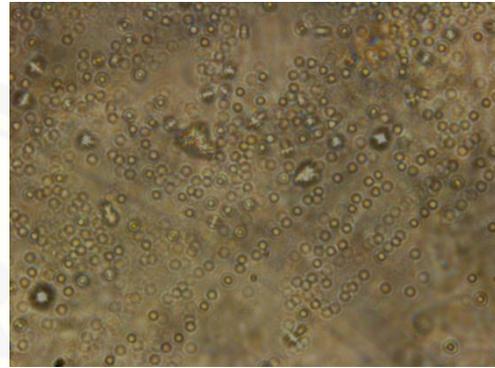


(buffer pH 3)

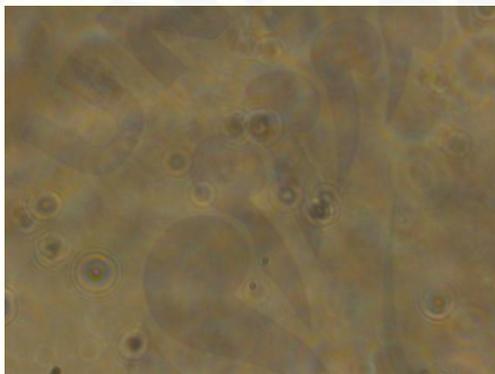
C.1.d Granula Pati Tapioka Pada Suhu 75⁰ C (perbesaran 400x)



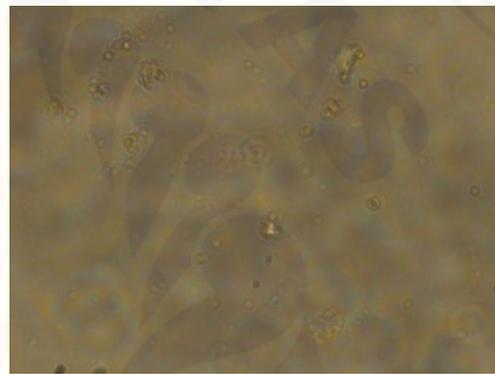
(buffer pH 7)



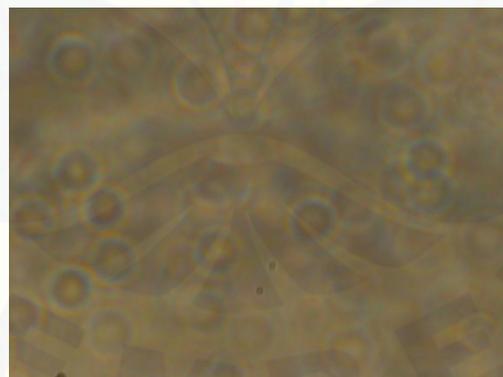
(buffer pH 6)



(buffer pH 5)



(buffer pH 4)



(buffer pH 3)

LAMPIRAN D**D.1 Kadar Air Ulangan 1**

Sampel	W ₀ (gram)	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	Kadar air (%)
MOCAF	11,8134	13,8071	13,5639	12,20
Tapioka	10,2006	12,1972	11,9692	11,42

D.2 Kadar Air Ulangan 2

Sampel	W ₀ (gram)	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	Kadar air (%)
MOCAF	22,5800	24,5305	24,2944	12,10
Tapioka	10,8606	12,8609	12,6345	11,32

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

W₀ adalah bobot cawan kosong dan tutupnya,

W₁ adalah bobot cawan + 2 gram contoh, dan

W₂ adalah bobot cawan, tutupnya dan contoh setelah dikeringkan,

D.3 Rata-rata Kadar Air Ulangan 1 dan 2

Sampel	Kadar air (%)
MOCAF	12,15
Tapioka	11,37

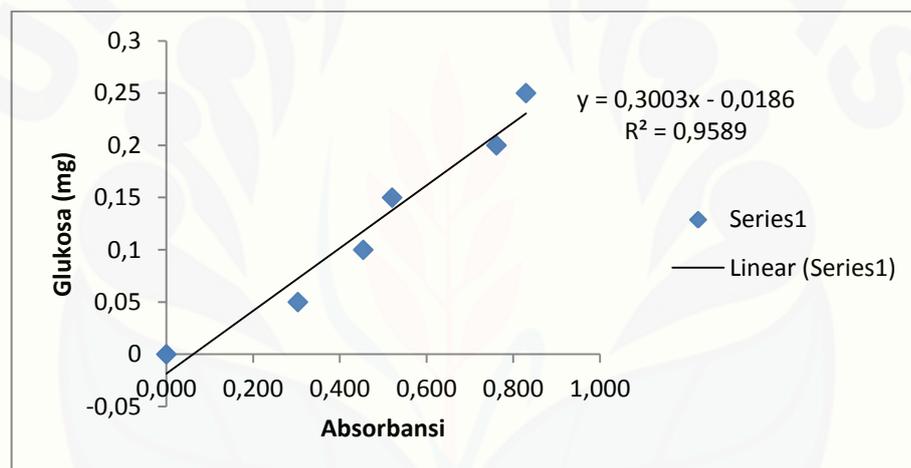
LAMPIRAN E

E.1 Penentuan Kurva Standar Glukosa

Stok = 10 mg glukosa/ 100 mL

Blanko = 0,100

Volume (mL)	Glukosa (mg)	Absorbansi
0	0	0,000
0,5	0,05	0,303
1	0,1	0,454
1,5	0,15	0,521
2	0,2	0,761
2,5	0,25	0,829



E.2 Kadar Pati Ulangan 1

Sampel	Absorbansi			Rata-rata
MOCAF	0,815	0,856	0,861	0,844
Tapioka	0,793	0,839	0,841	0,824

Sampel	Absorbansi	x (mg/ 10 mL)	x (mg/ 100 mL)	Glukosa (%)	Pati (%)
MOCAF	0,844	2,8725	28,7246	95,75	86,17
Tapioka	0,824	2,8059	28,0586	93,53	84,18

E.3 Kadar Pati Ulangan 2

Sampel	Absorbansi			Rata-rata
MOCAF	0,771	0,803	0,804	0,793
Tapioka	0,834	0,870	0,874	0,859

Sampel	Absorbansi	x (mg/ 10 mL)	x (mg/ 100 mL)	Glukosa (%)	Pati (%)
MOCAF	0,793	2,7026	27,0263	90,09	81,08
Tapioka	0,859	2,9224	29,2241	97,41	87,67

E.4 Rata-rata Kadar Pati Ulangan 1 dan 2

Sampel	Kadar pati (%)
MOCAF	83,63
Tapioka	85,92

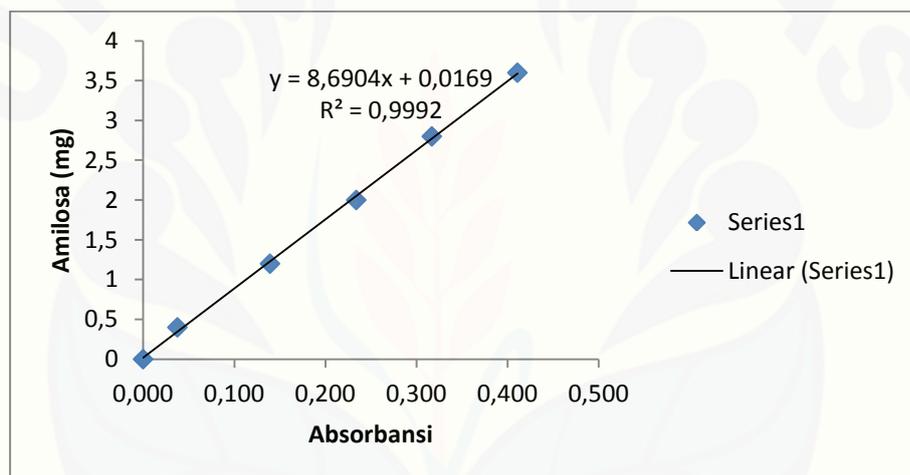
LAMPIRAN F

F.1 Penentuan Kurva Standar Amilosa

Stok = 40 mg glukosa/ 100 mL

Blanko = 0,093

Volume (mL)	Amilosa (mg)	Absorbansi
0	0	0,000
1	0,4	0,038
3	1,2	0,139
5	2	0,234
7	2,8	0,317
9	3,6	0,417



F.2 Kandungan Amilosa dan Amilopektin Ulangan 1

Sampel	Absorbansi			Rata-rata
MOCAF	0,284	0,300	0,300	0,295
Tapioka	0,291	0,294	0,296	0,294

Sampel	Absorbansi	x (mg/ 5 mL)	x (mg/mL)	Amilosa(%)	Amilosa (%Pati)
MOCAF	0,295	0,320	0,0064	12,80	15,31
Tapioka	0,294	0,319	0,0064	12,75	14,84

F.3 Kandungan Amilosa dan Amilopektin Ulangan 2

Sampel	Absorbansi			Rata-rata
MOCAF	0,322	0,327	0,335	0,328
Tapioka	0,311	0,313	0,313	0,312

Sampel	Absorbansi	x (mg/ 5 mL)	x (mg/mL)	Amilosa(%)	Amilosa (%Pati)
MOCAF	0,328	0,0358	0,0072	14,32	17,13
Tapioka	0,312	0,0340	0,0068	13,58	15,80

F.4 Rata-rata Kandungan Amilosa dan Amilopektin Ulangan 1 dan 2

Sampel	Amilosa (% Pati)	Amilopektin (% Pati)
MOCAF	16,22	83,78
Tapioka	15,32	84,68

