



**KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN FUNGSIONAL
MOCAF HASIL PREGELATINISASI DENGAN
PERBEDAAN SUHU DAN WAKTU
PEMANASAN**

SKRIPSI

Oleh:

**Saskia Fitriana
NIM. 18171010111**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2023**



**KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN FUNGSIONAL
MOCAF HASIL PREGELATINISASI DENGAN
PERBEDAAN SUHU DAN WAKTU
PEMANASAN**

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi tugas akhir dan melengkapi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh:

**Saskia Fitriana
NIM. 18171010111**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2023**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada mereka sebagai rasa terima kasih karena selalu menemani dan mendukung saya untuk berproses menjadi lebih baik.

1. Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini;
2. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Sutikno, Ibunda Sri Lestari, kakak tersayang Sasmita Febriani, serta adik tersayang Sastri Putro Utomo, atas segala doa, dukungan, dan perhatian yang tiada henti;
3. Prof. Ir. Achmad Subagio, M.Agr., M.P., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah sabar membimbing, dan memberikan motivasi;
4. Ibu Nurud Diniyah, S.TP., M.P., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir saya dan segenap dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang telah memberikan ilmu dan bimbingan;
5. Teman-teman jurusan Teknologi Hasil Pertanian 2018, khususnya THP B 2018 yang telah memberikan semangat;
6. Almamater tercinta Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

MOTTO

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya”

(QS. Al-Baqarah: 286)

“Jangan merasa kamu lemah dan jangan bersedih, sebab kamu paling tinggi derajatnya jika kamu beriman”

(QS. Ali Imran: 139)

“Today, I am who I am with all of my faults and my mistakes. Tomorrow, I might be a tiny bit wiser and that would be me too. These faults and mistakes are what I am. Making up the brightest stars in the constellation of my life. I have come to myself for who I am, for who I was and for who I hope to become”

(Kim Namjoon)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Saskia Fitriana

NIM : 181710101011

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Karakteristik Fisikokimia dan Fungsional MOCAF Hasil Pregelatinisasi dengan Perbedaan Suhu dan Waktu Pemanasan” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan yang telah saya cantumkan sumbernya. Karya tulis ilmiah ini belum pernah diajukan kepada institusi manapun dan bukan merupakan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isi karya tulis ilmiah ini, sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 23 Juni 2023

Yang menyatakan,



Saskia Fitriana

NIM 181710101011

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN FUNGSIONAL
MOCAF HASIL PREGELATINISASI DENGAN
PERBEDAAN SUHU DAN WAKTU
PEMANASAN**

Oleh :

**Saskia Fitriana
NIM. 18171010111**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Tunggal : Nurud Diniyah, S.TP., M.P., Ph.D

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Karakteristik Fisikokimia dan Fungsional MOCAF Hasil Pregelatinisasi dengan Perbedaan Suhu dan Waktu Pemanasan” karya Saskia Fitriana (1817101011) telah diuji dan disahkan pada :

Hari, Tanggal : Senin, 3 Juli 2023

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Pembimbing
Dosen Pembimbing Tunggal



Nurud Diniyah, S.TP., M.P., Ph.D.
NIP. 198202192008122002

Tim Penguji

Dosen Penguji Utama,



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

Dosen Penguji Anggota,



Dr. Ir. Jayus
NIP. 196805161992031004

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember



Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.
NIP. 196312121990031002

RINGKASAN

Karakteristik Fisikokimia dan Fungsional MOCAF Hasil Pregelatinisasi dengan Perbedaan Suhu dan Waktu Pemanasan; Saskia Fitriana; 181710101011; 98 Halaman; Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

MOCAF (*Modified Cassava Flour*) merupakan produk berbahan dasar ubi kayu yang diproses menggunakan prinsip modifikasi sel pada ubi kayu yang difermentasi menggunakan bakteri asam laktat untuk menghasilkan karakteristik fisik dan kimia yang lebih baik dari tepung alami. MOCAF memiliki berbagai kelebihan yang dapat menjadi alternatif sebagai bahan pengganti tepung terigu untuk bahan utama pembuatan produk pada industri pangan namun, pati MOCAF memiliki beberapa kelemahan yaitu tidak tahan terhadap suhu yang tinggi, pH rendah, dan perlakuan kimia. Kendala lain dalam aplikasi MOCAF pada produk pangan yaitu rendahnya kelarutan dan daya kembang MOCAF dalam pembentukan adonan. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi pati MOCAF untuk meningkatkan sifat fisikokimia dan fungsionalnya. Modifikasi pati dapat dilakukan secara fisik dengan menggunakan metode pregelatinisasi. Modifikasi pati secara pregelatinisasi biaya yang diperlukan relatif sedikit, ramah lingkungan dan tidak memberikan efek yang akan berdampak bagi produk dan kesehatan. Modifikasi pati secara pregelatinisasi dengan penggunaan suhu dan waktu akan mempengaruhi karakteristik dari MOCAF. Oleh karena itu, diperlukannya modifikasi secara pregelatinisasi dengan mempertimbangkan suhu dan waktu yang tepat untuk meningkatkan karakteristik MOCAF sesuai dengan standar yang diharapkan.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu pregelatinisasi terhadap sifat fisikokimia dan fungsional MOCAF serta menentukan kombinasi perlakuan terbaik. Metode penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor. Faktor pertama yaitu waktu pemanasan pregelatinisasi (A), terdiri atas: 10 menit (A1), 15 menit (A2), dan 20 menit (A3). Faktor kedua yaitu suhu pemanasan pregelatinisasi (B) terdiri atas: 90°C (B1), 100°C (B2), dan 110°C (B3). Parameter yang dianalisis meliputi

derajat putih, kadar air, kadar pati, kadar amilosa, kadar amilopektin, sineresis, *swelling power*, kelarutan, *Water Holding Capacity* (WHC), dan *Oil Holding Capacity* (OHC).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi MOCAF menggunakan metode pregelatinisasi dengan perlakuan suhu dan waktu pemanasan berpengaruh signifikan terhadap sifat fisikokimia dan fungsional. Perlakuan waktu pemanasan selama 20 menit dan suhu 110°C memiliki nilai tertinggi untuk kadar air 9,92±0,08 (%), kadar amilopektin 57,75±0,21 (%), sineresis 0,45±0,02 (%), *swelling power* 19,64±0,41(%), kelarutan 10,30±0,40 (%), *Water Holding Capacity* (WHC) 235,52±0,43 (%), dan *Oil Holding Capacity* (OHC) 159,13±0,37 (%). Pada perlakuan waktu pemanasan selama 10 menit dan suhu 90°C memiliki nilai tertinggi untuk parameter derajat putih 90,94±0,01, kadar pati 88,94±0,01 (%), dan kadar amilosa 35,34±0,03 (%). MOCAF pregelatinisasi dengan perlakuan suhu 110°C selama 20 menit (A3B3) memiliki nilai efektivitas paling tinggi yaitu sebesar 0,70.

SUMMARY

Physicochemical and Functional Characteristics of Pregelatinized Modified MOCAF with Differences in Temperature and Heating Time; Saskia Fitriana; 181710101011; 98 pages; Agricultural Product Technology Study Program, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

MOCAF (Modified Cassava Flour) is a cassava based product which is processed using the principle of modification cells in cassava fermented with lactic acid bacteria to produce better physical and chemical characteristics than native flour. MOCAF has various advantages that can serve as an alternative to wheat flour as the main ingredient in food industry products. However, MOCAF starch has some weaknesses, such as being not resistant to high temperatures, low pH, and chemical treatment. Other constraints in the application of MOCAF in food products was its low solubility and swelling power of MOCAF in dough formation. Therefore, it was necessary to modify MOCAF starch to improve its physicochemical and functional properties. Starch modification can be done physically using the pregelatinization method. Pregelatinization modification of starch requires relatively low costs, affable environmentally, and less negative effects on products and health. Pregelatinization modification with the use of temperature and time will affect the characteristics of MOCAF. Thus, it was necessary to modify it through pregelatinization, considering the appropriate temperature and time to improve the characteristics of MOCAF according to the expected standards.

The aim of this study was to determine the influence of pregelatinization temperature and time on the physicochemical and functional properties of MOCAF and to determine the best treatment combination. The research method applied a randomized block design (RBD) with two factors. The first factor was the pregelatinization heating time (A), consisting of: 10 minutes (A1), 15 minutes (A2), and 20 minutes (A3). The second factor is the pregelatinization heating temperature (B) consisting of: 90°C (B1), 100°C (B2), dan 110°C (B3). Parameters analyzed included whiteness degree, moisture content, starch content,

amylose content, amylopectin content, syneresis, swelling power, solubility, Water Holding Capacity (WHC), and Oil Holding Capacity (OHC).

The results showed that the modification of MOCAF using the pregelatinization method with temperature and heating time treatments significantly affects to the physicochemical and functional properties. The treatment of 20 minutes heating time and 110⁰C temperature has the highest value for moisture content $9,92 \pm 0,08$ (%), amylopectin content $57,75 \pm 0,21$ (%), syneresis $0,45 \pm 0,02$ (%), swelling power $19,64 \pm 0,41$ (%), solubility $10,30 \pm 0,40$ (%), Water Holding Capacity (WHC) $235,52 \pm 0,43$ (%), and Oil Holding Capacity (OHC) $159,13 \pm 0,37$ (%). The treatment of 10 minutes heating time and 90⁰C temperature has the highest value for whiteness degree $90,94 \pm 0,01$, starch content $88,94 \pm 0,01$ (%), and amylose content $35,34 \pm 0,03$ (%). MOCAF pregelatinization with the treatment of 20 minutes at 110⁰C (A3B3) has the highest effectiveness value, which was 0,70.

PRAKATA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakteristik Fisikokimia, dan Fungsional MOCAF Hasil Pregelatinisasi dengan Perbedaan Suhu dan Waktu Pemanasan”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
2. Dr. Triana Lindriati, S.T., M.P., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Jember;
3. Prof. Ir. Achmad Subagio, M.Agr., M.P., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah sabar membimbing, dan memberikan motivasi;
4. Ibu Nurud Diniyah, S.TP., M.P., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, ilmu, pikiran, perhatian, dan kesabaran dalam memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis dari awal hinggaselesaiannya skripsi ini;
5. Bapak Ahmad Nafi', S.TP., M.P. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Dr. Ir. Jayus selaku Dosen Penguji Anggota atas segala ilmu, waktu, saran, dan masukan yang telah diberikan untuk perbaikan skripsi;
6. Seluruh dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember atas segala ilmu, waktu, pengalaman, dan pengetahuan yang telah diberikan selama masa studi;
Seluruh teknisi laboratorium Fakultas Teknologi Pertanian (Mbak Selvi, Mbak Ketut, Mas Nugraha, Mbak Qoim, Mbak Sari, dan Mas Viko) yang telah memberikan bantuan dan arahan selama penelitian;

7. Program Kompetisi Kampus Merdeka (PKKM) Proyek Independen tahun 2022, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah memberikan dana pada penelitian ini;
8. Kedua orang tua saya tercinta, Ayahanda Sutikno, Ibunda Sri Lestari, dan kakak tersayang Sasmita Febriani serta adik tersayang Sastri Putro Utomo yang telah memberikan doa, dukungan, dan perhatian yang tiada henti;
9. Teman-teman seperjuangan yang selalu menemani, mendukung, mendoakan, membantu, dan berjuang bersama penulis selama menempuh masa studi, Nila, Lailya, Puyu, Nelfi, Finda, Acun, Winda, dan Desy;
10. Teman-teman penelitian yang selalu membantu penulis selama di laboratorium Nelfi, Nuriska, Fia, Kiki, Dila, dan Armedhio;
11. Keluarga besar THP B 2018, HIMAGIHASTA, UKM-O SAHARA, dan angkatan 2018 yang telah menjadi wadah berproses dan keluarga baru bagi penulis;
12. Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jung Hoseok, Park Jimin, Kim Taehyung, dan Jeon Jungkook selaku orang teristimewa yang selalu memberikan motivasi, dan semangat terus berjuang selama masa perkuliahan sampai dalam penyusunan skripsi ini;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi;
14. Terakhir untuk diri penulis sendiri terima kasih sudah berjuang, telah sabar dan selalu bertahan dalam kondisi apapun.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Kritik dan saran yang bersifat membangun akan diterima dengan baik oleh penulis. Atas perhatiannya, penulis ucapkan terima kasih.

Jember, 23 Juni 2023



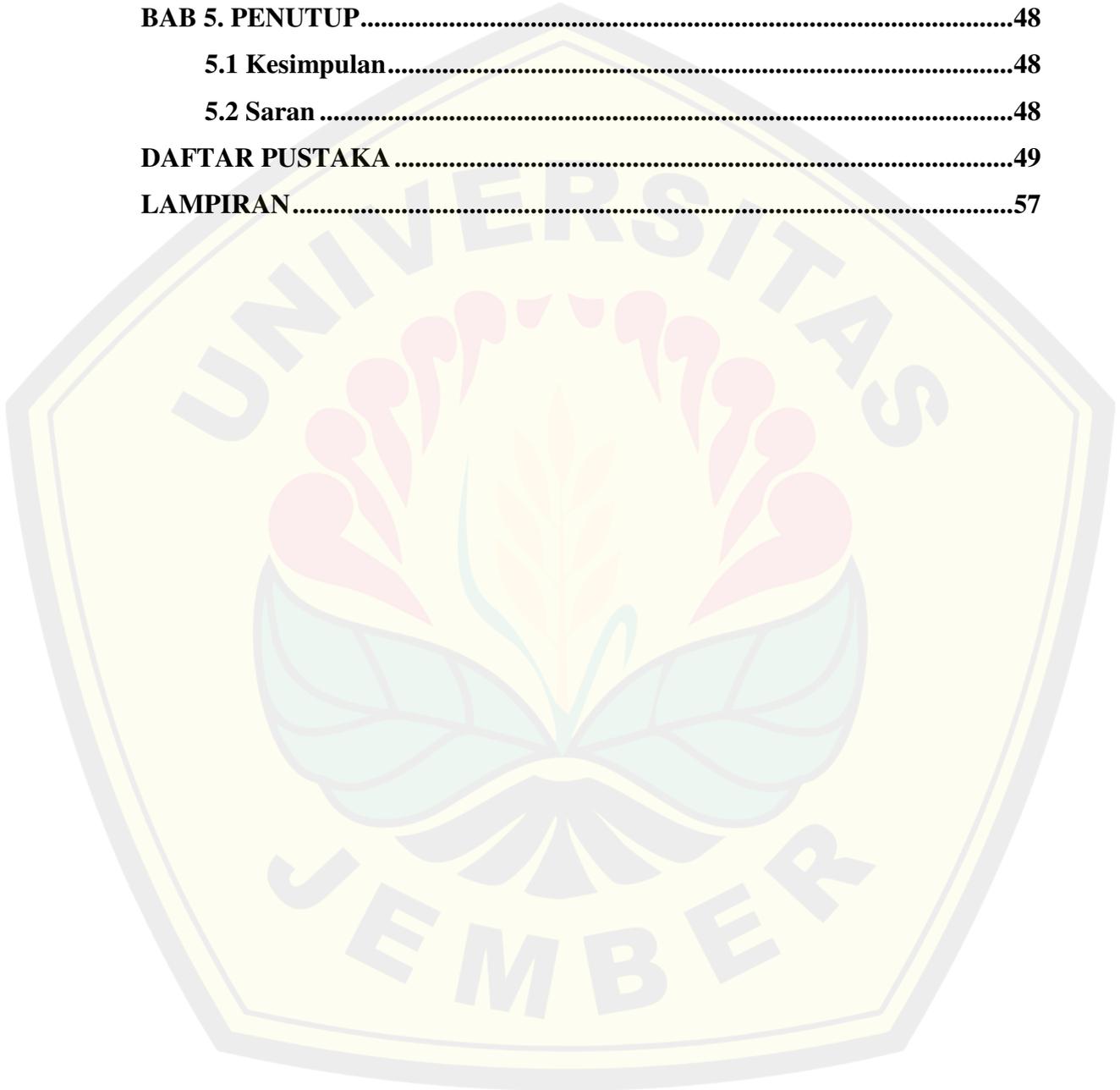
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING.....	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Karakteristik MOCAF (<i>Modified Cassava Flour</i>)	4
2.2 Syarat Mutu MOCAF (<i>Modified Cassava Flour</i>).....	6
2.3 Faktor yang Mempengaruhi Modifikasi MOCAF	7
2.3.1 Ukuran partikel	7
2.3.2 Suhu	8
2.3.3 Waktu Reaksi	8
2.3.4 Konsentrasi Substrat	8
2.4 Karakteristik Tepung Pregelatinisasi	9
2.5 Sifat Fungsional Pati.....	10

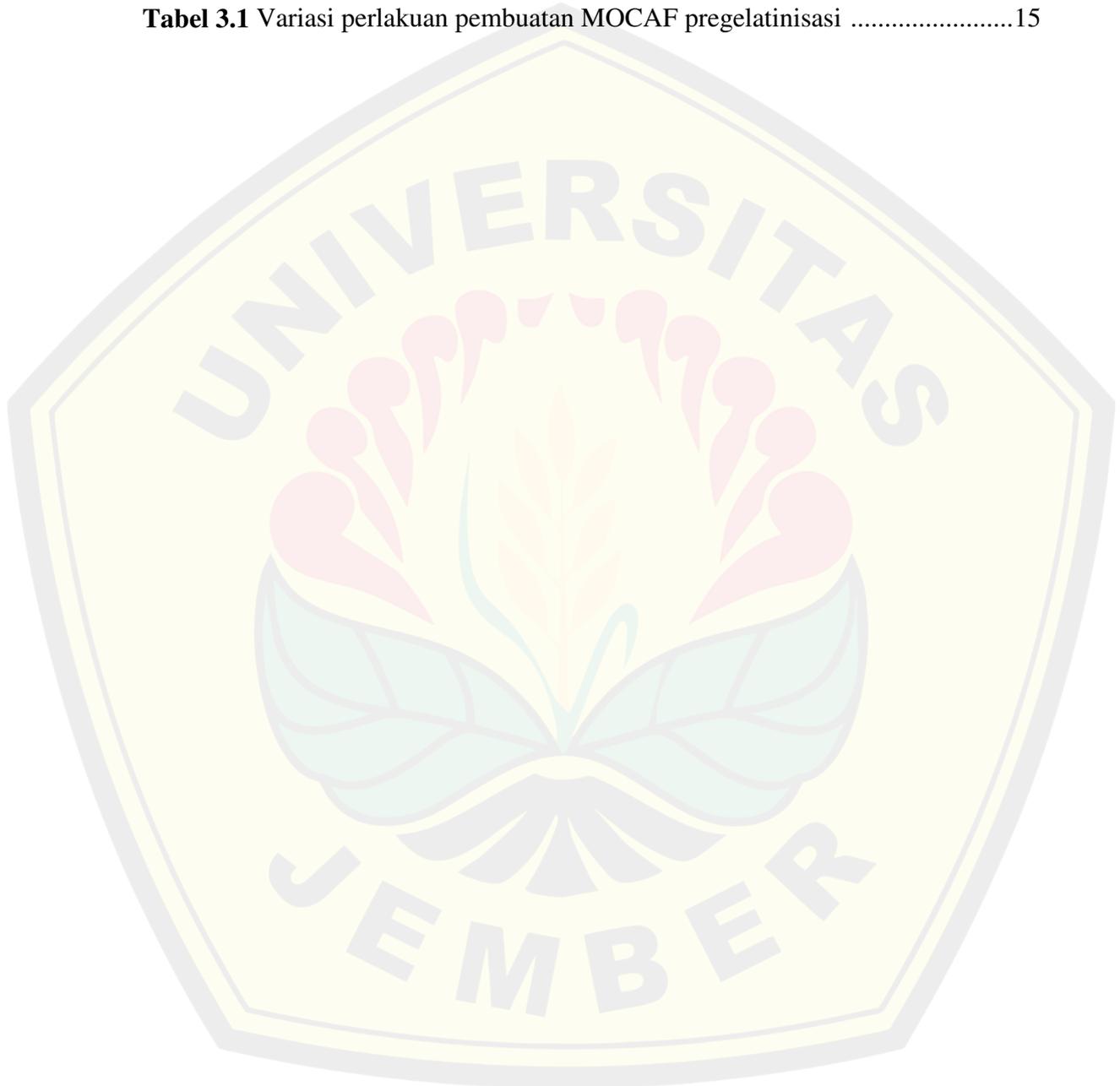
2.5.1 Daya Kembang (<i>Swelling Power</i>).....	10
2.5.2 Kelarutan	11
2.5.3 Gelatinisasi.....	12
2.5.4 Retrogradasi dan Sineresis Pati	13
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	14
3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.3.1 Rancangan Percobaan	15
3.3.2 Rancangan Penelitian.....	15
3.4 Parameter Penelitian	20
3.5 Prosedur Analisis	20
3.5.1 Pengujian Derajat Putih	20
3.5.2 Uji Kadar Air	20
3.5.3 Uji Kadar Pati	21
3.5.4 Uji Kadar Amilosa	22
3.5.5 Uji Kadar Amilopektin	23
3.5.6 Uji Sineresis	23
3.5.7 Uji <i>Swelling Power</i>	24
3.5.8 Uji Kelarutan.....	24
3.5.9 Uji <i>Water Holding Capacity</i> (WHC)	24
3.5.10 Uji <i>Oil Holding Capacity</i> (OHC)	25
3.5.11 Uji Nilai Efektivitas	25
3.6 Analisis Data.....	26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Derajat Putih MOCAF Pregelatinisasi.....	27
4.2 Kadar Air MOCAF Pregelatinisasi	29
4.3 Kadar Pati MOCAF Pregelatinisasi	31
4.4 Kadar Amilosa MOCAF Pregelatinisasi	32
4.5 Kadar Amilopektin MOCAF Pregelatinisasi.....	34
4.6 Sineresis MOCAF Pregelatinisasi	36

4.7 Swelling Power MOCAF Pregelatinisasi.....	38
4.8 Kelarutan MOCAF Pregelatinisasi.....	40
4.9 Water Holding Capacity (WHC) MOCAF Pregelatinisasi.....	42
4.10 Oil Holding Capacity (OHC) MOCAF Pregelatinisasi	44
4.11 Nilai Efektivitas MOCAF Pregelatinisasi.....	46
BAB 5. PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	57



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan komposisi kimia MOCAF dan tepung ubi kayu5
Tabel 2.2 Perbedaan sifat organoleptik MOCAF dan tepung ubi kayu6
Tabel 2.3 Syarat mutu tepung MOCAF6
Tabel 3.1 Variasi perlakuan pembuatan MOCAF pregelatinisasi15



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur nano Kristal granula pati	8
Gambar 3.1 Diagram alir tahapan pembuatan MOCAF	17
Gambar 3.2 Diagram alir tahapan pembuatan MOCAF pregelatinisasi	19
Gambar 4.1 Nilai rata-rata derajat putih MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu	27
Gambar 4.2 Nilai rata-rata kadar air MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu	29
Gambar 4.3 Nilai rata-rata kadar pati MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu	31
Gambar 4.4 Nilai rata-rata kadar amilosa MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu	33
Gambar 4.5 Nilai rata-rata kadar amilopektin MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu	35
Gambar 4.6 Nilai rata-rata sineresis MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu	37
Gambar 4.7 Nilai rata-rata <i>swelling power</i> MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu	39
Gambar 4.8 Nilai rata-rata kelarutan MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu	41
Gambar 4.9 Nilai rata-rata WHC MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu	43
Gambar 4.10. Nilai rata-rata OHC MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu	45
Gambar 4.11. Nilai Efektivitas MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 4.1 Data derajat putih MOCAF pregelatinisasi	57
Lampiran 4.2 Data kadar air MOCAF pregelatinisasi	58
Lampiran 4.3 Data kadar pati MOCAF pregelatinisasi.....	60
Lampiran 4.4 Data kadar amilosa MOCAF pregelatinisasi	62
Lampiran 4.5 Data kadar amilopektin MOCAF pregelatinisasi.....	65
Lampiran 4.6 Data sineresis MOCAF pregelatinisasi.....	67
Lampiran 4.7 Data <i>swelling power</i> MOCAF pregelatinisasi	69
Lampiran 4.8 Data kelarutan MOCAF pregelatinisasi.....	70
Lampiran 4.9 Data WHC MOCAF pregelatinisasi	72
Lampiran 4.10 Data OHC MOCAF pregelatinisasi	74
Lampiran 4.11 Nilai Efektivitas MOCAF pregelatinisasi.....	76
Lampiran 4.12 Dokumentasi Penelitian	77

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

MOCAF (*Modified Cassava Flour*) merupakan pengolahan tepung ubi kayu yang dimodifikasi dengan prinsip sel pada ubi kayu yang difermentasi menggunakan bakteri asam laktat untuk menghasilkan karakteristik fisik dan kimia yang lebih baik dari tepung alami (Subagio, 2006). MOCAF memiliki prospek pengembangan yang bagus untuk dikembangkan di Indonesia. Produksi ubi kayu di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 18,48 juta ton dan mengalami kenaikan 13,07% dibandingkan pada tahun 2019 yaitu sebesar 16,35 juta ton (BKP, 2021). MOCAF memiliki kandungan kalsium, dan serat yang relatif lebih tinggi daripada tepung terigu serta kandungan lemak yang lebih rendah dibandingkan tepung terigu. MOCAF juga memiliki kandungan vitamin C, fitoestrogen, rendah gula, aman dikonsumsi oleh semua orang, cocok bagi penderita diabetes, autisme dan *celiac disease* (Resthi dan Zukryandry, 2021). MOCAF memiliki berbagai kelebihan yang dapat menjadi alternatif sebagai bahan pengganti tepung terigu untuk bahan utama pembuatan produk pada industri pangan.

Pada industri pangan, pati yang digunakan memiliki standar karakteristik tertentu misalnya pati yang stabil pada suhu tinggi dan rendah, daya pengentalnya tahan pada kondisi suhu tinggi dan asam, serta memiliki daya tahan yang baik terhadap perlakuan kimia (Koswara, 2013). Menurut Aini *et al.*, (2016), pati memiliki beberapa kelemahan yaitu tidak tahan pada kondisi pH, suhu, dan tekanan tertentu. Kendala lain dalam aplikasi MOCAF pada produk pangan yaitu rendahnya kelarutan dan daya kembang MOCAF dalam pembentukan adonan. Modifikasi pati dapat memperbaiki karakteristik yang dihasilkan sehingga dapat memperluas penggunaannya pada industri pangan. Karakteristik tepung sangat menentukan penggunaannya pada produk pangan yang erat hubungannya dengan kualitas produk tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi pati untuk memperbaiki dan meningkatkan karakteristiknya.

Modifikasi pati dapat dilakukan secara fisik dengan metode pregelatinisasi karena biaya yang diperlukan relatif sedikit, ramah lingkungan dan tidak memberikan efek yang berdampak bagi produk dan kesehatan. Pregelatinisasi adalah proses modifikasi pati secara fisik atau hidrotermal dengan cara pemanasan pada suhu diatas suhu gelatinisasi. Suhu gelatinisasi MOCAF yaitu 52–65°C (Wanita dan Wisnu, 2013). Menurut Faridah dan Widjanarko (2014), pregelatinisasi dapat mempengaruhi granula pati sehingga terjadi peningkatan daya kembang, kelarutan, suhu gelatinisasi dan stabilitas pasta pati. Menurut Gbenga *et al.*, (2014), pregelatinisasi dapat meningkatkan sifat fisikokimia dan fungsional dari pati. Hal ini diperkuat oleh Padmaja *et al.*, (2002), dengan menggunakan metode pregelatinisasi dapat meningkatkan sifat fungsional dan fisikokimia tepung ubi kayu. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kalsum dan Surfiana (2013), penggunaan suhu pregelatinisasi 100-110°C akan mempengaruhi karakteristik pati ubi kayu seperti warna, kelarutan, dan daya serap air. Selain penggunaan suhu, waktu pregelatinisasi juga dapat mempengaruhi karakteristik dari MOCAF. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Putra *et al.*, (2020), waktu pregelatinisasi selama 10-20 menit akan mempengaruhi karakteristik *Tannia flour* seperti daya kembang, keputihan, dan kelarutan. Oleh karena itu, diperlukannya modifikasi secara pregelatinisasi dengan mempertimbangkan suhu dan waktu yang tepat untuk meningkatkan karakteristik MOCAF sesuai dengan standar yang diharapkan.

1.2 Rumusan Masalah

MOCAF merupakan pengolahan tepung ubi kayu yang dimodifikasi dengan prinsip sel pada ubi kayu yang difermentasi menggunakan bakteri asam laktat. MOCAF memiliki beberapa kelemahan yaitu tidak tahan terhadap kondisi pH, suhu, dan tekanan tertentu. Kelemahan lainnya yaitu MOCAF memiliki nilai kelarutan dan daya kembang yang rendah dalam pembentukan adonan. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan modifikasi secara fisik menggunakan metode pregelatinisasi. Metode pregelatinisasi diolah dengan menggunakan pemanasan diatas suhu gelatinisasi. Suhu gelatinisasi pati

MOCAF yaitu berkisar antara 52–65°C. Suhu dan lama waktu pregelatinisasi mempengaruhi peningkatan warna, daya kembang dan kelarutan pati. Oleh karena itu, perlu dikaji lebih lanjut untuk menentukan penggunaan suhu dan waktu pregelatinisasi yang tepat untuk meningkatkan karakteristik MOCAF sesuai dengan standar yang diharapkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penggunaan suhu dan waktu pregelatinisasi terhadap karakteristik fisikokimia, dan fungsional MOCAF;
2. Menentukan kombinasi perlakuan yang memiliki nilai efektivitas tertinggi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat setelah melakukan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Meningkatkan karakteristik fisikokimia, dan fungsional MOCAF sesuai dengan standar yang ada pada industri pangan sehingga dapat dijadikan sebagai bahan utama dalam pembuatan produk industri pangan;
2. Memperluas aplikasi MOCAF pada industri pangan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik MOCAF (*Modified Cassava Flour*)

MOCAF adalah pengolahan tepung ubi kayu yang dimodifikasi dengan prinsip sel pada ubi kayu yang difermentasi menggunakan bakteri asam laktat untuk menghasilkan karakteristik fisik dan kimia yang lebih baik dari tepung alami (Subagio, 2006). Mikroba yang digunakan dalam pembuatan MOCAF menghasilkan enzim-enzim yang menghidrolisis pati menjadi monosakarida sebagai bahan baku untuk menghasilkan asam-asam organik. Senyawa asam ini akan menghasilkan aroma dan cita rasa khas yang dapat menutupi aroma dan citarasa khas ubi kayu yang cenderung tidak menyenangkan. Berdasarkan hal tersebut cita rasa MOCAF menjadi netral dengan menutupi cita rasa ubi kayu sampai 70% (Subagio *et al.*, 2008).

Selama proses fermentasi terdapat proses penghilangan terhadap komponen penimbul warna (pigmen) dan protein yang menyebabkan warna coklat dalam pengeringan juga terjadi, sehingga warna tepung MOCAF yang dihasilkan menjadi lebih putih dibandingkan tepung ubi kayu biasa. MOCAF memiliki keunggulan dari beberapa tepung lainnya yaitu tidak mengandung zat gluten (zat yang hanya ada pada tepung terigu, yang menentukan kekenyalan makanan), MOCAF memiliki pati 87,3% lebih tinggi dari tepung terigu 60-68%. MOCAF kaya akan karbohidrat dan memiliki gelasi yang lebih rendah dibandingkan dengan tepung terigu (Pratiwi, 2013).

Mikroba yang tumbuh selama proses fermentasi menyebabkan terjadinya perubahan karakteristik dari tepung yang dihasilkan seperti naiknya viskositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi, dan kemudahan larut. Hal ini terjadi karena, selama fermentasi mikroba yang tumbuh menghasilkan enzim *pektinolitik* dan *selulolitik* yang dapat menghancurkan dinding sel ubi kayu sehingga terjadi liberasi granula pati. Naiknya viskositas MOCAF terjadi saat proses fermentasi pada tepung ubi kayu mengakibatkan granula pati MOCAF mengalami patahan atau retakan. Patahan tersebut terjadi karena adanya proses enzimatik selama

fermentasi berlangsung. Hal ini akan mengakibatkan naiknya viskositas MOCAF (Putri *et al.*, 2018). Tepung ubi kayu memiliki kandungan amilopektin sebesar 87%. Fraksi amilopektin inilah yang sebenarnya menyebabkan adonan menjadi kental. Dibandingkan amilosa, amilopektin memiliki viskositas dan kekentalan yang tinggi, sehingga adonan berbahan baku pati ubi kayu umumnya bersifat lengket. Amilosa memberi efek keras atau pera, sedangkan amilopektin memberikan efek lunak bagi adonan (Abidin, 2009). Fermentasi pada saat modifikasi tepung ubi kayu mengakibatkan naiknya viskositas dari MOCAF. Peningkatan viskositas disebabkan selama fermentasi mikroba tumbuh menghasilkan enzim *pektinolitik* dan *selulolitik* yang dapat menghancurkan dinding sel ubi kayu akibatnya pati yang terdiri atas fraksi amilosa dan amilopektin mudah keluar dari granula. Bakteri asam laktat juga memodifikasi granula pati yang halus menjadi berlubang-lubang. Lubang-lubang itu memperkuat ikatan antarbutiran sehingga adonan tidak gampang terputus dan bersifat lengket (Subagio *et al.*, 2008).

MOCAF memiliki daya serap air yang meningkat dibandingkan tepung ubi kayu. Fermentasi pada modifikasi tepung ubi kayu menyebabkan granula pati menjadi pecah sehingga ketika dikeringkan tepung bersifat porous dan mudah menyerap air. Struktur pati yang porous setelah pengeringan memudahkan air untuk meresap ke dalam bahan pada waktu rehidrasi (Tandrianto *et al.*, 2014). Adapun perbedaan komposisi kimia MOCAF dan tepung ubi kayu dapat dilihat ditabel 2.1 dan perbedaan sifat organoleptik MOCAF dan tepung ubi kayu dapat dilihat di tabel 2.2.

Tabel 2.1 Perbedaan komposisi kimia MOCAF dan tepung ubi kayu

Parameter	MOCAF	Tepung Ubi Kayu
Kadar air (%)	Max. 13	Max. 13
Kadar Protein(%)	Max. 1,2	Max. 1,2
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 *et al.*, (2008)

Tabel 2.2 Perbedaan sifat organoleptik MOCAF dan tepung ubi kayu

Parameter	MOCAF	Tepung Ubi Kayu
Warna	Putih	Putih agak kecoklatan
Aroma	Netral	Kesan ubi kayu
Rasa	Netral	Kesan ubi kayu

Sumber : Subagio *et al.*, (2008)

2.2 Syarat Mutu MOCAF (*Modified Cassava Flour*)

Syarat mutu MOCAF berdasarkan BSN (2011), kriteria kadar air MOCAF memiliki nilai maksimal 13 %. Semakin rendah nilai kadar air maka semakin bagus kualitas dari tepung hal ini dapat terjadi karena, akan memperpanjang masa simpan produk (Deyana *et al.*, 2019). Syarat mutu aroma, dan rasa MOCAF harus netral atau tidak beraroma ubi kayu atau memiliki aroma yang asam. Aroma mocaf yang dihasilkan harus segar dan netral. Warna MOCAF yang dihasilkan juga harus berwarna putih, tidak boleh berwarna agak abu-abu hingga abu-abu. Pada kriteria bentuk atau kehalusan butiran MOCAF sebesar 80 *mesh* (Sidqi dan Kumalasari, 2022). Mutu dari MOCAF dibagi dua *grade* yaitu *grade* A dan B. MOCAF dengan *grade* A memiliki nilai sempurna pada pemeriksaan kriteria aroma, warna, dan kadar air atau dapat dikatakan ketiga kriteria tersebut sesuai dengan (BSN, 2011). Sedangkan, untuk MOCAF dengan *grade* B adalah tepung yang memiliki nilai tidak sempurna pada minimal satu hingga tiga kriteria yang diperiksa. Tepung tersebut adalah MOCAF cacat yang memerlukan perbaikan. MOCAF dengan *grade* B akan dikembalikan kepada pengrajin MOCAF lalu akan diperbaiki apabila dimungkinkan (Sidqi dan Kumalasari, 2022). Adapun syarat mutu tepung MOCAF menurut SNI 7622-2011 dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Syarat mutu tepung MOCAF (BSN, 2011)

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Keadaan		
a. Bentuk	-	Serbuk halus
b. Bau	-	Netral
c. Warna	-	Putih
Benda asing	-	Tidak ada
Serangga dalam semua bentuk stadia dan potongan-potongannya yang tampak	-	Tidak ada

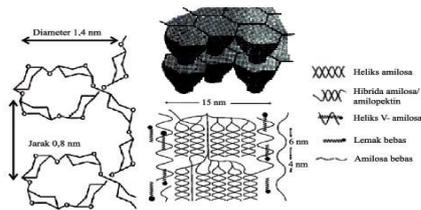
Kehalusan		
- Lolos 100 <i>mesh</i>	%(b/b)	Min.90
- Lolos 80 <i>mesh</i>	%(b/b)	100
Kadar air	%(b/b)	Maks.13
Abu	%(b/b)	Maks. 1,5
Serat kasar	%(b/b)	Maks. 2,0
Derajat putih (MgO = 100)	-	Min. 87
Belerang dioksida (SO ₂)	%(b/b)	Negatif
Derajat asam	MI N NaOH/100g	Maks. 4,0
HCN	mg/kg	Maks. 10
Cemaran Logam		
Cadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,2
Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,3
Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40,0
Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks. 0,05
Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,5
Cemara Mikroba		
Angka lempeng total (35°C, 48 jam)	Koloni/g	Maks. 1 x 10 ⁰
<i>E.coli</i>	APM/g	Maks. 10
<i>Bacillus cereus</i>	Koloni/g	<1 x 10 ⁴
Kapang	Koloni/g	Maks. 1 x 10 ⁴

2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Modifikasi MOCAF

Menurut Herawati (2012), proses modifikasi pati dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sebagai berikut :

2.3.1 Ukuran Partikel

Ukuran partikel sangat erat kaitannya dengan laju reaksi. Pati yang memiliki ukuran kecil akan mengalami reaksi yang berlangsung cepat karena, dengan memiliki ukuran partikel yang kecil akan meningkatkan luas permukaan dan kelarutannya dalam air. Struktur granula pati disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur nano kristal granula pati
Sumber : Fen (2007)

Struktur nano kristal banyak dimanfaatkan oleh berbagai kalangan untuk mengoptimalkan kemudahan daya serap, kemampuan sebagai bahan pelapis (*nano encapsulation*), *nano emulsifier* maupun *nano stabilizer*.

2.3.2 Suhu

Suhu berhubungan dengan laju reaksi. Berdasarkan persamaan Arrhenius, semakin tinggi suhu maka reaksi akan cepat. Meningkatnya suhu operasi akan mengakibatkan peningkatan konstanta laju reaksi. Namun, proses reaksi harus memperhatikan titik gelatinisasi pati. Pati akan berubah bentuk menjadi gel dan mengeras pada saat titik gelatinisasi tercapai sehingga, untuk proses modifikasi dengan menggunakan bahan kimia sebaiknya suhu dipertahankan di bawah titik gelatinisasinya (Nwokocha dan Williams, 2009).

2.3.3 Waktu Reaksi

Waktu reaksi berdampak pada optimasi proses dan produk. Sehingga diperlukan ketepatan waktu selama proses. Waktu proses reaksi yang lama akan menyebabkan dinding sel granula pati yang pecah sehingga terjadi perlubangan pada granula pati termodifikasi. Hal ini menyebabkan permukaan granula pati menjadi tidak rata sehingga tekstur yang dihasilkan menjadi kasar (Subagio *et al.*, 2008). Waktu proses reaksi yang kurang dapat mengakibatkan kondisi belum optimal pada produk sesuai dengan karakteristik yang diinginkan. Perubahan warna juga dipengaruhi oleh waktu reaksi. Warna coklat pada pati akibat reaksi pencoklatan selama pemanasan perlu diperhitungkan waktu reaksi yang tepat supaya memenuhi standar produk pati termodifikasi yang dihasilkan.

2.3.4 Konsentrasi Substrat

Konsentrasi substrat akan mempengaruhi kelarutan pati dan efisiensi penggunaan pelarut dalam proses reaksi modifikasi. Menurut Herawati (2010),

semakin tinggi konsentrasi substrat yang digunakan maka, semakin tinggi pula nilai pati yang dihasilkan. Konsentrasi substrat yang digunakan dalam jumlah besar akan menimbulkan pemborosan penggunaan pelarut (air), sedangkan penggunaan konsentrasi substrat yang kecil dapat menyebabkan pengendapan pati sehingga, diperlukan pertimbangan penggunaan konsentrasi substrat pada modifikasi pati supaya menghasilkan karakteristik pati yang diharapkan.

2.4 Karakteristik Tepung Pregelatinisasi

Tepung pregelatinisasi adalah tepung yang dalam proses pembuatannya telah mengalami proses gelatinisasi terlebih dahulu sebelum dikeringkan. Tepung ini akan mengalami perubahan sifat fisik dan sifat tepung alami. Pati pregelatinisasi tidak memiliki penampakan granula pati karena, pati telah tergelatinisasi. Pati pregelatinisasi bersifat larut dalam air, instan, dan memiliki viskositas lebih rendah dibandingkan pati yang tidak pregelatinisasi. Suhu pregelatinisasi granula pati MOCAF yaitu 80- 110°C (Kusnandar, 2019).

Tepung ubi kayu pregelatinisasi memiliki karakteristik berbeda dengan tepung ubi kayu tanpa pregelatinisasi. Tepung ubi kayu pregelatinisasi memiliki suhu gelatinisasi, viskositas maksimum, derajat putih, daya serap air, dan kelarutan, lebih tinggi dibandingkan dengan tepung tanpa pregelatinisasi. Peningkatan kandungan amilosa berkaitan dengan peningkatan daya serap air tepung. Pati pregelatinisasi bersifat instan artinya dapat larut dalam air dingin (*cold water soluble*) (Hidayat *et al.*, 2009). Suhu gelatinasi merupakan suhu pada granula pati tersebut mengalami gelatinasi sangat cepat, sehingga tidak semua granula dalam sampel pati mengalami gelatinasi pada suhu yang sama, hal ini mencerminkan adanya perbedaan gaya ikat internal dalam tiap-tiap granula. Maka dari itu dengan adanya perbedaan suhu pembuatan pregelatinasi dapat mengetahui kemampuan amilosa dan amilopektin dalam amilum tersebut (Juheini *et al.*, 2004).

2.5 Sifat Fungsional Pati

2.5.1 Daya Kembang (*Swelling Power*)

Swelling power merupakan kekuatan pati untuk mengembang saat dipanaskan. *Swelling power* pati MOCAF berkisar antara 4,15–7,45. *Swelling* terjadi pada daerah amorf granula pati. Ikatan hidrogen yang lemah antar molekul pati pada daerah amorf akan terputus saat panas, sehingga terjadi hidrasi air oleh granula pati. Granula pati akan terus mengembang, sehingga viskositas meningkat hingga volume hidrasi maksimum yang dapat dicapai oleh granula pati. *Swelling power* sangat dipengaruhi oleh ikatan antarmolekul penyusun pati. Dengan masuknya air ke dalam molekul pati, ikatan antarmolekul pati akan melemah sehingga nilai *swelling power* pati lebih tinggi daripada pati alami (Kalsum dan Surfiana, 2013).

Modifikasi tepung ubi kayu dengan fermentasi terjadi liberasi sel yang mengakibatkan amilosa dan amilopektin keluar sehingga, bagian yang dapat mengikat air akan bertambah dan saling mengikat saat terjadi gelatinisasi (Subagio *et al.*, 2008). Nilai *swelling power* tinggi karena memiliki kandungan pati yang tinggi pula. Hal ini karena, pada saat pemanasan bahan yang mengikat air yaitu amilosa dan amilopektin. Amilopektin yang tinggi berpengaruh terhadap *swelling power* dan struktur granula (Akbar dan Yuniarta, 2014). Nilai *swelling power* pati yang tinggi dapat digunakan untuk alternatif sumber pati yang memiliki kemampuan untuk mengembang sehingga dapat diaplikasikan pada produk pangan dengan mudah dan waktu yang diperlukan untuk mengembang cepat sehingga, biaya proses pemasakan lebih sedikit (Diniyah *et al.*, 2018).

Swelling power menunjukkan kapasitas menahan air yang umumnya digunakan untuk menunjukkan perbedaan antara berbagai jenis pati. Nilai *swelling power* pati termodifikasi lebih tinggi jika dibandingkan dengan pati alami. Hal tersebut dikarenakan adanya penggunaan suhu tinggi dalam waktu lama yang mengakibatkan granula pati mudah menyerap air. Pati dengan *swelling power* tinggi memiliki daya cerna yang tinggi dan menunjukkan kemampuan pati untuk memperbaiki sifat-sifat makanan dan penggunaan pati dalam berbagai aplikasi makanan. Pati yang memiliki *swelling power* tinggi akan baik digunakan

untuk produk *bakery* yang membutuhkan pengembangan besar, sedangkan tepung dengan *swelling power* rendah cocok digunakan sebagai bahan baku produk yang tidak membutuhkan pengembangan terlalu besar misalnya yaitu mie (Kaur *et al.*, 2011).

2.5.2 Kelarutan

Kelarutan pati dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu pemasakan maka, semakin banyak molekul pati yang keluar dari granula pati. Hal ini karena, saat pemanasan pati terjadi hidrasi air oleh granula pati, ketika molekul pati sudah benar-benar terhidrasi, molekul-molekulnya mulai menyebar ke media yang ada di luarnya dan yang pertama keluar adalah molekul-molekul amilosa yang memiliki rantai pendek. Selain itu, pati dengan kadar amilosa yang tinggi selama pemanasan akan terjadi pemecahan granula pati sehingga, granulanya akan lebih banyak mengeluarkan amilosa (Haryanti *et al.*, 2014).

Kelarutan pati yang semakin meningkat akibat pemanasan suspensi pati yang semakin tinggi disebabkan amilosa telah mengalami depolimerisasi. Hal tersebut menyebabkan molekul amilosa yang dihasilkan lebih sederhana, yaitu terdapat rantai lurus yang pendek sehingga sangat mudah larut dalam air. Amilosa merupakan komponen pati yang mempunyai rantai lurus dan larut dalam air (Ben *et al.*, 2007). Semakin lama pemanasan, kelarutan pati meningkat. Peningkatan lama pemanasan suspensi pati menghasilkan pati tinggi amilosa dengan berat molekul yang rendah (Yuliasih *et al.*, 2007).

Nilai kelarutan pada pati dalam air dipengaruhi oleh fermentasi. Nilai kelarutan pati MOCAF cenderung meningkat dengan semakin lama waktu fermentasi. Liberasi sel yang terjadi selama fermentasi akan memotong ikatan pada pati sehingga strukturnya menjadi lebih sederhana dan sebagian juga berubah menjadi struktur dasarnya yaitu glukosa sehingga sifatnya menjadi larut air (Choi dan Kerr, 2004). Didukung oleh Agnes *et al.*, (2017) modifikasi meningkatkan kelarutan pati. Adanya perbedaan kelarutan dan daya kembang menunjukkan perbedaan struktur dan kelarutan pati dan juga dapat dihubungkan dengan perbedaan panjang rantai pada pati. Kelarutan tepung ubi kayu berbagai varietas berkisar 10,98 % (Eriksson *et al.*, 2014).

2.5.3 Gelatinisasi

Gelatinisasi adalah proses pemecahan granula pati dari bentuk kristalin sehingga, lapisan permukaan molekulnya dapat larut dalam air, dan bereaksi dengan bahan lain, serta kondisinya tidak dapat kembali seperti semula. Pada proses gelatinisasi akan menghasilkan cairan kental untuk memberikan kualitas yang diinginkan (Rohaya *et al.*, 2013). Proses gelatinisasi diawali dengan pembengkakan granula pati yang menyerap air dan akan memecah kristal amilosa lalu memutuskan ikatan-ikatan heliks dari molekul. Selanjutnya, air yang bertindak sebagai *plasticizer* diserap dan hidrasi yang berlebih serta pembengkakan terjadi di daerah amorf seiring dengan meningkatnya suhu yang menyebabkan kristal pecah dan kemudian mengalami hidrasi dan mencair. Terakhir, molekul primer terutama amilosa meluruh dari butiran dan meningkatkan viskositas (Florentina *et al.*, 2017).

Ukuran molekul amilosa, amilopektin dan media pemanasan berpengaruh terhadap suhu gelatinisasi. Menurut Sugiyono *et al.*, (2010), media pemanasan yang mempengaruhi proses gelatinisasi yaitu perbandingan antara air dan pati yang digunakan, laju pemanasan, dan komponen - komponen lainnya yang digunakan di media pemanasan. Struktur pasta pati selama proses gelatinisasi akan terbentuk dengan adanya penambahan air. Granula pati yang belum tergelatinisasi akan bercampur dengan pasta pati tersebut. Semakin tinggi suhu gelatinisasi yang digunakan, maka konsentrasi pati tergelatinisasi semakin tinggi sehingga, pasta pati yang terbentuk semakin tebal dan penghambatan panas semakin kuat, akibatnya dibutuhkan energi yang lebih besar untuk digunakan dalam proses gelatinisasi.

2.5.4 Retogradasi dan Sineresis Pati

Retogradasi merupakan proses pembentukan ulang struktur kristal pada pati yang telah mengalami gelatinisasi. Suhu disekitar gel akan menurun selama penyimpanan sehingga molekul amilosa yang berada di luar granula akan berikatan satu sama lain melalui ikatan intermolekuler dan berikatan juga dengan cabang molekul amilopektin yang berada di luar granula. Hal ini menyebabkan butir-butir pati yang mengembang akan bergabung kembali dan membentuk

mikrokristal yang kemudian mengendap. Peristiwa ini disertai dengan keluarnya air dari dalam gel yang disebut dengan sineresis dan menyebabkan pengkerutan struktur gel sehingga gel menjadi semakin keras dan rapuh (Aini, 2013).

Faktor yang mempengaruhi terjadinya retrogradasi yaitu jenis dan konsentrasi pati, pH, suhu dan waktu penyimpanan, prosedur pemasakan dan pendinginan, serta komponen lain yang berada di sekitar gel. Konsentrasi yang tinggi, pH 5-7, dan suhu penyimpanan yang rendah dapat mengakibatkan terjadinya retrogradasi. Selain itu, dengan adanya pembekuan dapat mempercepat proses retrogradasi. Setelah pembekuan, akan terbentuk massa seperti spons dan mudah melepaskan sebagian besar airnya dengan tekanan yang kecil. Hal ini, dibentuk oleh pasta pati setelah proses pembekuan. Molekul amilosa merupakan komponen utama yang menyusun struktur kristal pati yang teretrogradasi. Jumlah amilosa yang tinggi juga menyebabkan kenaikan kecepatan dan jumlah retrogradasi (Aini, 2013). Retrogradasi cepat disebabkan karena banyak molekul amilosa yang tersusun atas rantai paralel, sedangkan retrogradasi lambat ditunjukkan dengan proses rekristalisasi secara lambat oleh molekul amilopektin di bagian luar granula (Philpot *et al.*, 2006).

Retrogradasi mengakibatkan perubahan sifat-sifat gel pati diantaranya meningkatkan ketahanan pati terhadap hidrolisa oleh enzim *amilolitik*, menurunkan kemampuan melakukan transmisi dan kehilangan kemampuan untuk membentuk warna biru dan iodine. Retrogradasi yang diakibatkan oleh amilosa terjadi pada konsentrasi pati dan menghasilkan bahan yang sangat tahan terhadap hidrolisis enzimatik. Pati dengan kecenderungan retrogradasi rendah mengindikasikan kemampuan untuk mempertahankan tekstur selama penyimpanan (Copeland *et al.*, 2009). Peningkatan viskositas baik selama pendinginan mengindikasikan kecenderungan berbagai komponen di dalam pasta panas yang menyebabkan granula membengkak dalam bentuk utuh atau fragmen, dispersi koloid ataupun molekul-molekul terlarut untuk berhubungan atau mengalami retrogradasi (Adebowale *et al.*, 2005).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses Hasil Pertanian, Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan, Laboratorium Analisa Terpadu, dan Laboratorium Manajemen Agroindustri Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli hingga Oktober 2022.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi alat pembuatan MOCAF dan analisis. Alat pembuatan MOCAF termodifikasi pregelatinisasi antara lain neraca analitik (Ohaus), *cabinet dryer* (Memmert), blender (Phillips), *waterbath* (Labtech), pisau, *chips slicer*, bak plastik, loyang, ayakan 100 *mesh*, *beaker glass*, gelas ukur, spatula, dan pH meter. Sedangkan alat-alat yang akan digunakan untuk analisis antara lain *hot plate* (Merk Ika Tipe Hs-7), oven (Memmert), sentrifuse (HERMLE Z 206 A), vorteks (Maxi Max 1 Type 16700 Mixer), *colour reader* (KONICA MINOLTA CR-20), *refrigerator* (Sharp), *freezer* (Sharp), spektrofotometer (UV-Vis Shimadzu 1800), *magnetic stirrer*, *thermometer*, botol timbang, pipet *pump*, ayakan 100 *mesh*, pendingin balik kuvet, erlenmeyer, labu ukur 100 ml, pipet ukur dan pipet tetes, desikator, penjepit, tabung reaksi, dan tabung sentrifugasi.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi pembuatan MOCAF dan analisis. Bahan pembuatan MOCAF termodifikasi pregelatinisasi antara lain ubi kayu varietas Kaspro berusia 8- 12 bulan yang diperoleh dari petani di Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember, enzim MOCAF, skim bubuk, aquades, gula halus, Vitamin B kompleks, asam sitrat, garam dapur, air, dan *aluminium foil*. Bahan- bahan yang akan digunakan untuk analisis antara lain HCl 25%, NaOH 1 N dan NaOH 45%, ethanol 80% dan 95%, asam asetat, minyak, iodin, buffer pH, reagen arsenomolibdat, reagen nelson, amilosa murni, heksana, *tissue*, kapas, dan kertas saring.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor perlakuan. Faktor I yaitu waktu pemanasan pregelatinisasi (A) dengan tiga taraf terdiri atas 10 menit (A1), 15 menit (A2), dan 20 menit (A3). Faktor II yaitu suhu pemanasan pregelatinisasi (B) dengan tiga taraf antara lain 90°C (B1), 100°C (B2), dan 110°C (B3). Percobaan ini dilakukan dengan dua kali ulangan. Kombinasi perlakuan dua faktor dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variasi perlakuan pembuatan MOCAF pregelatinisasi

Waktu Pregelatinisasi (Menit)	Suhu Pregelatinisasi (°C)		
	90 (B1)	100 (B2)	110 (B3)
10 (A1)	A1B1	A1B2	A1B3
15 (A2)	A2B1	A2B2	A2B3
20 (A3)	A3B1	A3B2	A3B3

Keterangan:

Kontrol: Tepung MOCAF tanpa perlakuan

A1B1 : Waktu 10 menit, Suhu Pemanasan 90°C

A1B2 : Waktu 10 menit, Suhu Pemanasan 100°C

A1B3 : Waktu 10 menit, Suhu Pemanasan 110°C

A2B1 : Waktu 15 menit, Suhu Pemanasan 90°C

A2B2 : Waktu 15 menit, Suhu Pemanasan 100°C

A2B3 : Waktu 15 menit, Suhu Pemanasan 110°C

A3B1 : Waktu 20 menit, Suhu Pemanasan 90°C

A3B2 : Waktu 20 menit, Suhu Pemanasan 100°C

A3B3 : Waktu 20 menit, Suhu Pemanasan 110°C

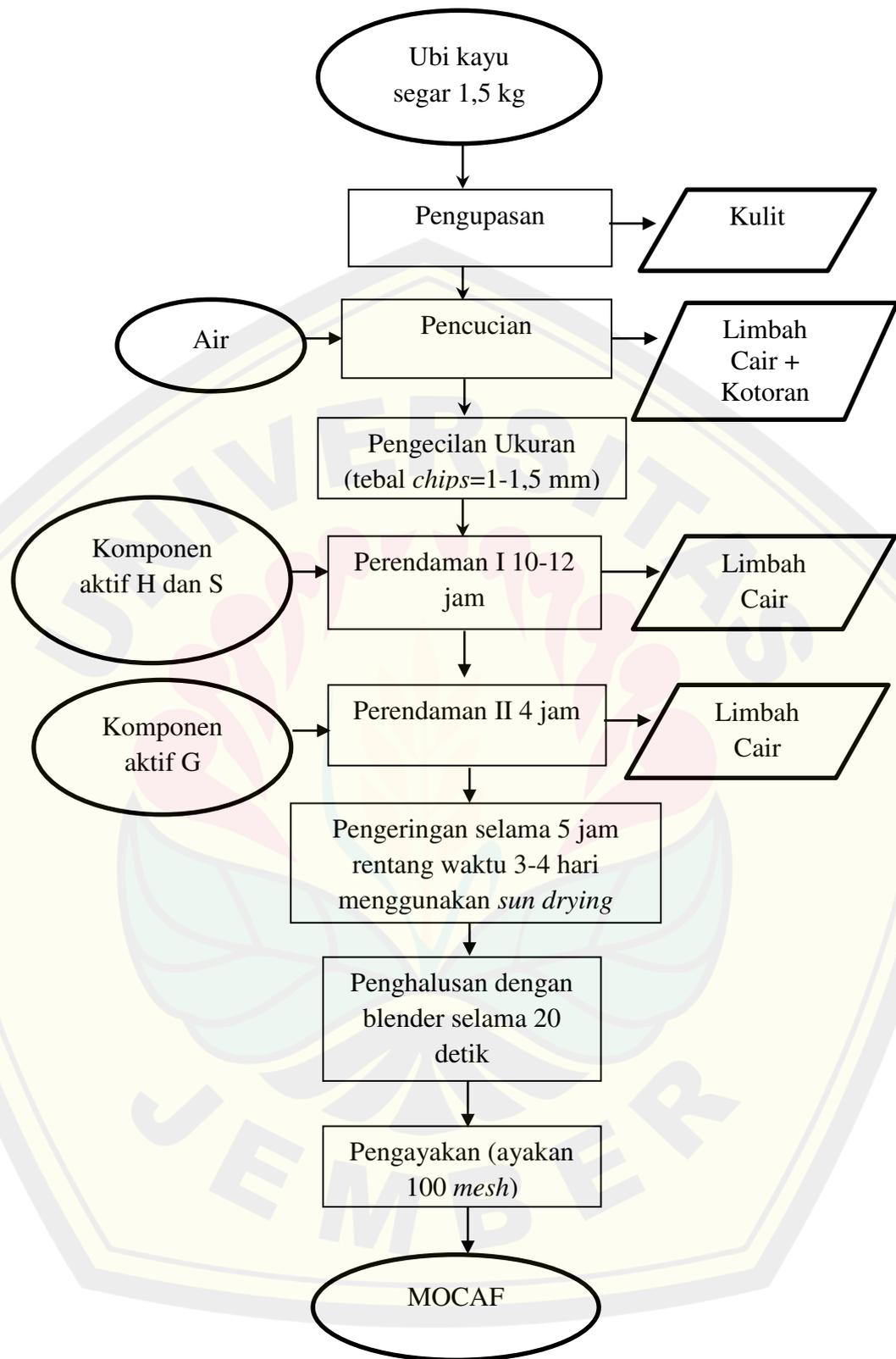
3.3.2 Rancangan penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahapan yaitu pertama, pembuatan MOCAF, dan kedua pembuatan MOCAF modifikasi pregelatinisasi kemudian, dilakukan pengujian sifat fisikokimia, dan fungsional MOCAF termodifikasi pregelatinisasi.

1. Pembuatan MOCAF

Pembuatan MOCAF mengacu pada penelitian Diniyah *et al.*, (2018) pembuatan MOCAF diawali dengan pembuatan starter terlebih dahulu. Prosedur pembuatan starter (komponen aktif S) diawali dengan menyiapkan wadah dengan ukuran 300 ml lalu dituangkan air sebanyak 150 ml. Komponen aktif S terdiri dari

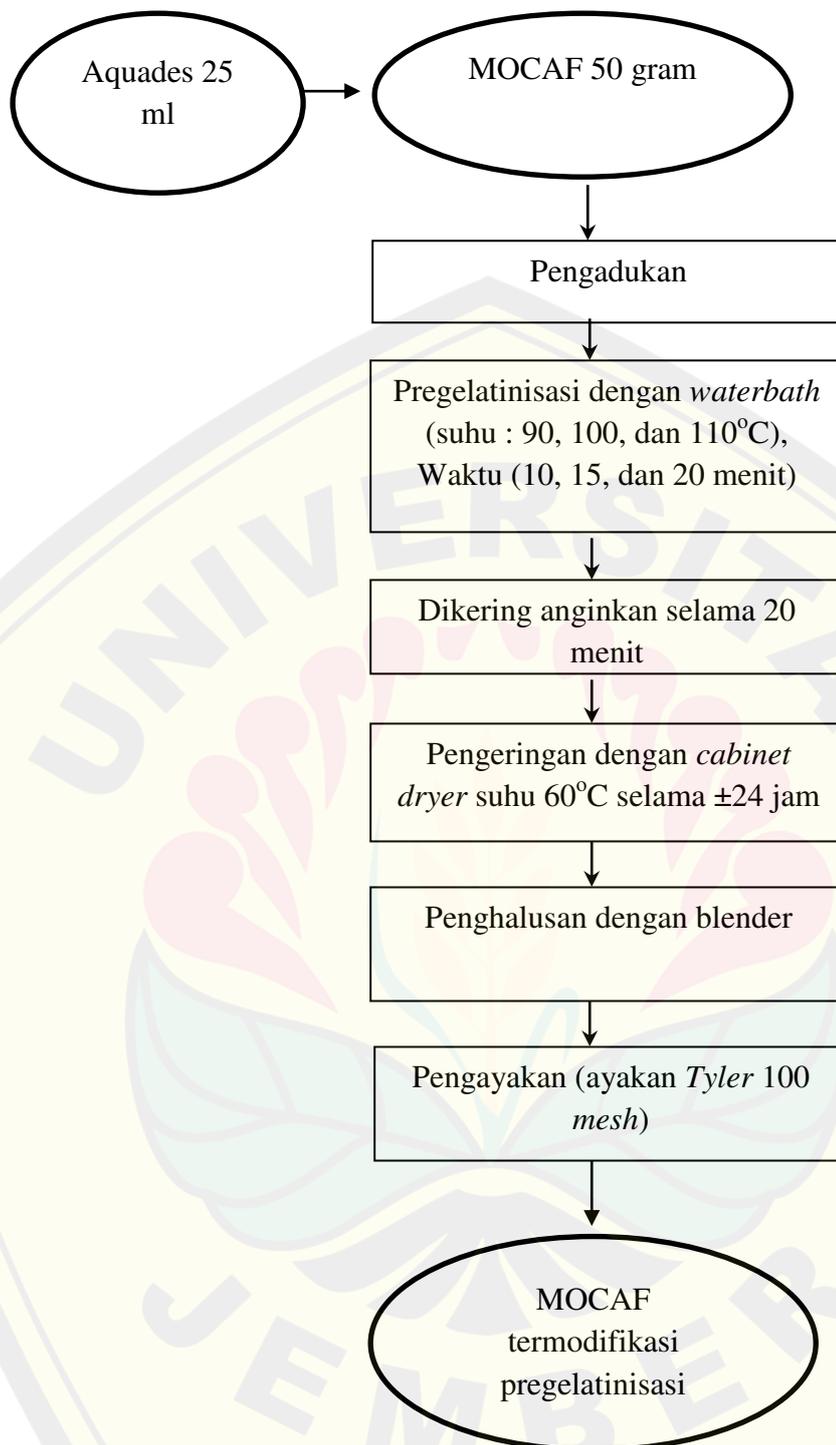
S1 (enzim MOCAF), dan S2 (skim + gula halus + Vitamin B kompleks). Komponen S selanjutnya dituang kedalam wadah yang berisi air selanjutnya diaduk dan didiamkan selama 10 - 12 jam. *Chips* ubi kayu sebanyak 1,5 gram ditambahkan kedalam wadah yang berisi komponen aktif S dan didiamkan selama 24 jam. Tahap selanjutnya yaitu proses pembuatan MOCAF. Pertama, sortasi bahan baku lalu dikupas bersih dan dicuci dengan air mengalir. Ubi kayu yang sudah bersih lalu dipotong menggunakan *chip slicer* dengan ukuran ketebalan sekitar 1-1,5 mm. Ubi kayu yang sudah dipotong kemudian, ditimbang dan dimasukkan dalam bak fermentasi yang sudah berisi komponen aktif S dan komponen aktif H (asam sitrat). Proses perendaman berlangsung selama 10-12 jam. *Chips* yang sudah selesai difermentasi kemudian direndam dalam bak berisi komponen aktif G (garam dapur) untuk menghentikan proses fermentasi. Perendaman ini berlangsung selama 4 jam yang dilanjutkan dengan proses penirisan lalu, dilakukan pengeringan menggunakan matahari (*sun drying*) selama 5 jam dalam rentang waktu 3-4 hari. Hasil *chips* kering kemudian digiling menggunakan blender selama 20 detik dengan kecepatan pada level 2 dan diayak menggunakan ayakan 100 *mesh* dan diperoleh MOCAF. Prosedur pembuatan MOCAF dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir tahapan pembuatan MOCAF (Diniyah *et al.*, 2018)

2. Pembuatan MOCAF Modifikasi Secara Pregelatinisasi

Pembuatan MOCAF modifikasi secara pregelatinisasi mengacu pada penelitian Kalsum dan Surfiana (2013), yang telah dimodifikasi. Pembuatan MOCAF modifikasi secara pregelatinisasi dilakukan dengan cara MOCAF ditimbang sebanyak 50 gram. Aquades sebanyak 25 ml ditambahkan kedalam *beaker glass* yang berisi MOCAF lalu, dilakukan pengadukan supaya homogen antara MOCAF dengan aquades. *Waterbath* kemudian dipanaskan terlebih dahulu sampai dengan suhu 90, 100 dan 110°C. Apabila suhu dari *waterbath* sudah mencapai 90, 100 dan 110°C maka, dilanjutkan dengan pemasukan MOCAF kedalam *waterbath* untuk melakukan proses pregelatinisasi. Suhu yang digunakan untuk pregelatinisasi yaitu pada suhu 90, 100 dan 110°C selama 10, 15, dan 20 menit. Pengukuran suhu pertama dilakukan dengan cara termometer dimasukkan kedalam suspensi pati hingga mencapai suhu yang diinginkan. Lama pregelatinisasi dihitung saat suspensi pati sudah mencapai suhu 90, 100 dan 110°C. MOCAF yang telah dipanaskan dikering anginkan terlebih dahulu pada suhu ruang selama 20 menit. MOCAF tersebut selanjutnya dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* dengan suhu 60°C selama ± 24 jam. MOCAF yang sudah kering kemudian dilakukan penghalusan dengan menggunakan blender selanjutnya, diayak menggunakan ayakan *Tyler 100 mesh*. Prosedur pembuatan MOCAF termodifikasi secara pregelatinisasi dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir tahapan pembuatan MOCAF termodifikasi secara pregelatinisasi dengan perbedaan suhu dan waktu pemanasan (Kalsum dan Surfiana, 2013 dengan modifikasi)

3.4 Parameter Penelitian

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi Derajat putih, Kadar Air, Kadar Pati, Kadar Amilosa, Kadar Amilopektin, Sineresis, *Swelling Power*, Kelarutan, WHC (*Water Holding Capacity*), dan OHC (*Oil Holding Capacity*).

3.5 Prosedur Analisis

3.5.1 Uji Derajat Putih MOCAF Pregelatinisasi

Pengukuran derajat putih mengacu pada Mawarni dan Widjanarko (2015). Penentuan nilai derajat putih diukur dengan menggunakan *colour reader*. Sebelum digunakan, *colour reader* dikalibrasi terlebih dahulu dengan standar yaitu porselen putih. Setelah itu, sensor pada *colour reader* diletakkan pada MOCAF dan dilakukan di lima titik yang akan diukur untuk mengetahui nilai dL, da, dan db. Nilai L, a, dan b MOCAF diperoleh dengan menjumlahkan nilai dL, da, dan db sampel dan standar. Nilai derajat putih (*whiteness*) diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

$$L = 94,35 + dL$$

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

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

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

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

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

W = derajat putih

3.5.2 Uji Kadar Air MOCAF Pregelatinisasi

Prosedur analisis kadar air mengacu pada AOAC (2005) menggunakan metode pemanasan, yaitu dengan mengeringkan terlebih dahulu botol timbang yang akan digunakan selama 60 menit pada suhu 100-105°C, setelah itu didinginkan dalam desikator untuk menurunkan suhu dan menstabilkan kelembaban (RH) selama 15 menit. Kemudian ditimbang sebagai A gram. Tahap selanjutnya, MOCAF kemudian ditimbang sebanyak 2 gram dalam botol timbang dan dicatat sebagai B gram. Bahan kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 100-105°C selama 6 jam lalu didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan

ditimbang sebagai C gram. Kadar air dalam bahan pangan dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{B - (C - A)}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat cawan kosong (gram)

B = berat sampel sebelum dioven (gram)

C = berat cawan berisi sampel setelah dioven (gram)

3.5.3 Uji Kadar Pati Metode MOCAF Pregelatinisasi

Prosedur analisis kadar pati menggunakan metode hidrolisis asam yang mengacu pada AOAC (2005), kemudian dilanjutkan dengan metode Nelson-Somogyi yang mengacu pada Sudarmadji *et al.*, (1997). Pembuatan kurva standar dilakukan dengan cara, larutan glukosa 1% (dibuat dengan Glukosa sebanyak 100 mg dilarutkan dalam 100 ml aquades), dan *distirer*. Larutan glukosa dilakukan pengambilan sebanyak 0, 10, 25, 50, 75, 100, 125, dan 150 µl ke dalam 8 tabung reaksi. Masing-masing tabung tersebut ditambahkan 1 ml reagen Nelson dan dipanaskan dalam air mendidih selama 20 menit. Filtrat yang sudah dingin ditambahkan 1 ml arsenomolibdat kemudian ditera dengan aquades sampai 10 ml. Larutan yang terbentuk kemudian *divortex* dan diukur intensitas warnanya dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm. Konsentrasi glukosa standar ditunjukkan dengan kurva standar.

Analisis kadar pati menggunakan metode hidrolisis asam. Hidrolisis dengan menggunakan asam bertujuan untuk mempercepat proses hidrolisis pati dalam menghasilkan glukosa. Hidrolisis asam dalam uji kadar pati menggunakan HCL 25% kemudian dipanaskan. Hidrolisis pati sempurna ditandai dengan adanya endapan berwarna merah bata. Tahap awal analisa kadar pati yaitu sebanyak 2 g MOCAF dihilangkan lemaknya dengan cara *soxhlet* selama 6 jam. MOCAF yang telah di *soxhlet* dimasukkan ke dalam *beaker glass* ditambahkan 50 ml ethanol 80% dan *distirrer* selama 1 jam. MOCAF disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan ethanol 80% sebanyak 150 ml. Residu pada kertas saring dipindahkan

secara kuantitatif ke dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan 20 ml HCl 25% dan 200 ml aquades. Dipanaskan dengan pendingin balik selama 2,5 jam. Setelah dingin, larutan yang terbentuk dinetralkan dengan larutan NaOH 45% sebanyak 12-16 ml. Larutan kemudian diencerkan sampai volume 500 ml.

Penentuan kadar pati dinyatakan sebagai glukosa dengan filtrat yang diperoleh. Tahapan selanjutnya dilakukan dengan metode Nelson - Somogyi. Metode Nelson - Somogyi terjadi karena adanya reaksi oksidasi antara reagen Nelson dan glukosa (filtrat yang diperoleh) kemudian, membentuk senyawa kompleks setelah penambahan reagen arsenomolibdat. Senyawa kompleks yang terbentuk diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer. Analisa kadar pati selanjutnya dilakukan dengan cara mengambil 75 µl filtrat dan dimasukkan dalam tabung reaksi. Filtrat ditambah 1 ml reagen nelson dan dipanaskan dalam air mendidih selama 20 menit. Filtrat yang sudah dingin ditambahkan 1 ml Arsenomolibdat kemudian ditera sampai 10 ml. Larutan yang terbentuk kemudian divortex dan diukur intensitas warnanya dengan alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm.

3.5.4 Uji Kadar Amilosa MOCAF Pregelatinisasi

Prosedur analisis kadar amilosa mengacu pada IRRI (1978). Pembuatan kurva standar dilakukan dengan cara, sebanyak 40 mg amilosa murni dilarutkan dalam 1 ml ethanol 95% dan 9 ml NaOH 1 N di tabung reaksi. Larutan selanjutnya dipanaskan dengan suhu 240-250°C selama 10 menit sampai semua bahan terlarut, lalu didinginkan. Kemudian larutan amilosa dipindahkan ke dalam labu takar 100 ml dan ditambahkan aquadest sampai tanda tera. Setelah itu, dipipet masing-masing 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 ml larutan amilosa ke dalam labu ukur 100 ml. Larutan diasamkan dengan asam asetat 1 N masing-masing sebanyak 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1, 1,2, 1,4, 1,6, 1,8, dan 2 ml. Larutan iodine sebanyak 2 ml ditambahkan kemudian diencerkan dengan aquades sampai tanda tera lalu, dikocok dan dibiarkan selama 20 menit. Larutan dianalisis dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk membuat kurva standar untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi amilosa dengan absorbansi.

Analisis kadar amilosa MOCAF dilakukan dengan cara, sebanyak 100 mg sampel ditimbang dan dimasukkan dalam tabung reaksi, kemudian 1 ml ethanol 95% dan 9 ml NaOH 1 N ditambahkan ke dalam MOCAF, dipanaskan dengan suhu 240-250°C selama 10 menit. Setelah itu, tabung reaksi yang berisi MOCAF didinginkan, setelah dingin maka dapat dipindahkan ke dalam labu ukur dan ditera dengan aquades hingga volume 100 ml, kemudian dikocok. Sebanyak 5 ml larutan MOCAF dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan kemudian ditambahkan sebanyak 1 ml asam asetat 1 N dan 2 ml larutan iod, kemudian ditera dengan aquades sampai tanda tera. Larutan MOCAF dikocok dan dibiarkan selama 20 menit. Larutan MOCAF diambil untuk dianalisa dengan Spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm.

3.5.5 Uji Kadar Amilopektin MOCAF Pregelatinisasi

Pengujian kadar amilopektin menggunakan metode *by difference* yang mengacu pada Apriyanto (1989) yaitu dihitung selisih antara kandungan pati dengan amilosa.

$$\text{Kadar amilopektin (\%)} = \text{kadar pati (\%)} - \text{kadar amilosa (\%)}$$

3.5.6 Uji Sineresis MOCAF Pregelatinisasi

Prosedur analisis sineresis mengacu pada Thitipraphunkul *et al.*, (2003) menggunakan metode *freeze-thaw*. Diawali dengan penimbangan botol sentrifuse kosong. MOCAF sebanyak 0,5 gram ditimbang dan ditambahkan aquades sebanyak 10 ml, kemudian dipanaskan dengan menggunakan *waterbath* suhu 95°C selama 15 menit. MOCAF didinginkan pada suhu ruang selama 30 menit lalu, dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit untuk memisahkan antara endapan dan supernatan kemudian, endapan (pasta) ditimbang untuk mengetahui berat awal. Selanjutnya, dibekukan pada suhu -16°C selama 24 jam dan dicairkan pada suhu 25°C selama 4 jam lalu, dilakukan sentrifugasi kembali untuk memisahkan endapan, dan supernatan. Supernatan yang dihasilkan kemudian ditimbang. Setelah itu, MOCAF dibekukan kembali dengan kondisi yang sama hingga lima hari. Perhitungan nilai sineresis digunakan rumus sebagai berikut:

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

3.5.7 Uji *Swelling power* MOCAF Pregelatinisasi

Swelling power mengacu pada Kaur *et al.*, (2011) yang dimodifikasi. MOCAF sebanyak 0,05 gram dimasukkan kedalam tabung reaksi lalu, ditambah dengan aquades sebanyak 5 mL dan dicampur hingga homogen. Suspensi MOCAF kemudian dipanaskan dalam *waterbath* pada suhu 60°C selama 30 menit. Selanjutnya suspensi didinginkan sesaat sebelum kemudian disentrifuse dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit. Supernatan dipisahkan kemudian pasta ditimbang. Perhitungan nilai *swelling power* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Swelling power (\%)} = \frac{\text{berat pasta (g)}}{\text{berat sampel kering (g)}}$$

3.5.8 Uji Kelarutan MOCAF Pregelatinisasi

Kelarutan mengacu pada Kaur *et al.*, (2011) yang dimodifikasi. MOCAF sebanyak 0,05 g dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 5 ml aquades dan dicampur hingga homogen. Suspensi kemudian dipanaskan dalam *waterbath* pada suhu 60°C selama 30 menit. Selanjutnya suspensi didinginkan, kemudian supernatan dipisahkan dari larutannya dengan cara disentrifugasi dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit. Kemudian supernatan didekantasi dan dikeringkan pada oven suhu 105°C sampai beratnya konstan. Kelarutan dapat dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini:

$$\text{Kelarutan (\%)} = \frac{\text{berat padatan terlarut di supernatan (g)}}{\text{berat sampel kering (g)}}$$

3.5.9 Uji *Water Holding Capacity* (WHC) MOCAF Pregelatinisasi

Water Holding Capacity (WHC) mengacu pada Subagio (2006) yang dimodifikasi. Sebanyak 2 gram MOCAF ditambah dengan 10 mL aquades, kemudian dilakukan pengocokan menggunakan *vortex* pada suhu ruang selama 1 menit hingga homogen. Selanjutnya suspensi MOCAF disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit dan dilakukan pemisahan supernatan. Supernatan tersebut kemudian ditimbang. Perhitungan nilai WHC menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan : a = berat tabung kosong

b = berat sampel

c = berat air yang terakumulasi dalam sampel

3.5.10 Uji *Oil Holding Capacity* (OHC) MOCAF Pregelatinisasi

Oil Holding Capacity (OHC) mengacu pada Subagio (2006) yang dimodifikasi. Sebanyak 1 gram MOCAF ditambah dengan 5 mL minyak, kemudian dilakukan pengocokan menggunakan *vortex* pada suhu ruang selama 1 menit hingga homogen. Selanjutnya suspensi MOCAF disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit dan dilakukan pemisahan supernatan. Supernatan tersebut kemudian ditimbang. Perhitungan nilai OHC menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan : a = berat tabung kosong

b = berat sampel

c = berat minyak yang terakumulasi dalam sampel

3.5.11 Uji Efektivitas

Perlakuan terbaik dari semua parameter ditentukan dengan uji efektivitas berdasarkan metode indeks efektivitas yang mengacu pada De Garmo *et al.*, (1984). Prosedur perhitungan uji efektivitas dilakukan dengan cara menentukan nilai bobot pada masing-masing parameter dengan angka selektif sebesar 0 hingga 1. Pemberian nilai bobot tergantung dengan parameter yang berkontribusi terhadap karakteristik mutu produk. Parameter dengan nilai rerata yang semakin tinggi maka semakin baik, sebaliknya parameter dengan nilai rerata yang semakin rendah maka semakin jelek. Penentuan bobot normal dan nilai efektivitas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Bobot Normal} = \frac{\text{Nilai bobot tiap parameter}}{\text{Bobot total seluruh parameter}}$$

$$\text{Nilai Efektivitas} = \frac{\text{Nilai Perlakuan} - \text{Nilai Terjelek}}{\text{Nilai Terbaik} - \text{Nilai Terjelek}}$$

Tahapan selanjutnya yaitu perhitungan nilai hasil yang diperoleh dari masing- masing parameter. Nilai hasil didapatkan dengan bobot normal dikali dengan nilai efektivitas. Tahapan selanjutnya dilakukan penjumlahan nilai hasil dari semua parameter, langkah berikutnya menentukan perlakuan terbaik dari perlakuan yang memiliki nilai total tertinggi.

Nilai Hasil = nilai efektivitas × bobot normal parameter

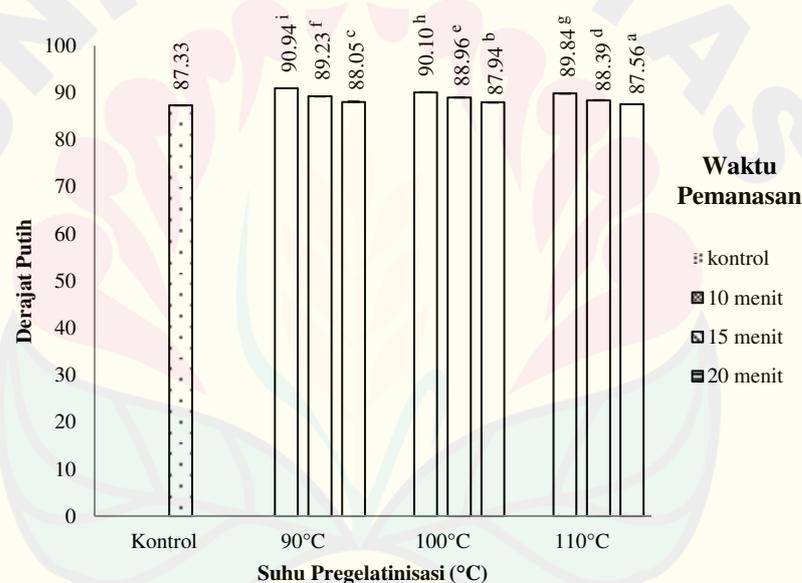
3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan menggunakan metode ANOVA (*Analysis of Variance*) pada taraf uji 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diuji. Jika data yang diperoleh terdapat perbedaan nyata yang signifikan maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji DNMRT (*Duncan's New Multiple Range Test*) pada taraf uji 5% dengan menggunakan aplikasi SPSS 26 (*Statistical Product and Service Solutions*) dan *Microsoft Excel* 2010. Penyajian data disusun dalam bentuk tabel dan disajikan dalam bentuk grafik.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Derajat Putih MOCAF Pregelatinisasi

Hasil analisis ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan taraf signifikan ($\alpha \leq 0,05$) menunjukkan bahwa variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap derajat putih MOCAF yang dihasilkan. Hasil ini diperjelas dengan uji lanjut DNMRT (*Duncan's New Multiple Range Test*) menunjukkan bahwa, pregelatinisasi memberikan pengaruh nyata terhadap nilai derajat putih yang dihasilkan. Nilai rata-rata derajat putih MOCAF dengan variasi suhu dan waktu dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Nilai rata-rata derajat putih MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai rata-rata derajat putih MOCAF dengan variasi suhu dan waktu mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu pregelatinisasi. Derajat putih terendah yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 110°C selama 20 menit yang memiliki nilai sebesar $87,56 \pm 0,01$, sedangkan derajat putih tertinggi yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 90°C selama 10 menit sebesar $90,94 \pm 0,01$. Nilai derajat putih

sampel MOCAF tanpa modifikasi (kontrol) lebih rendah dibandingkan MOCAF dengan modifikasi yaitu sebesar $87,33 \pm 0,02$. Nilai derajat putih MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) lebih rendah dibandingkan MOCAF dengan perlakuan (modifikasi). Hal ini disebabkan oleh, MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) tidak mengalami tahapan pregelatinisasi dan pengeringan lanjutan. Berdasarkan Wang *et al.*, (2018) ketika pati diberi perlakuan suhu tinggi dan dengan keadaan lembab atau diberi penambahan air maka terjadi hidrasi dan degradasi pigmen warna terhadap pati. Hal ini diperkuat oleh penelitian Wulandari dan Mustofa (2014) bahwa peningkatan pada MOCAF modifikasi terjadi karena, selama proses pregelatinisasi terdapat proses penghilangan terhadap komponen penimbul warna (pigmen) yang menyebabkan warna coklat pada MOCAF sehingga warna tepung MOCAF yang dihasilkan menjadi lebih putih dibandingkan MOCAF kontrol.

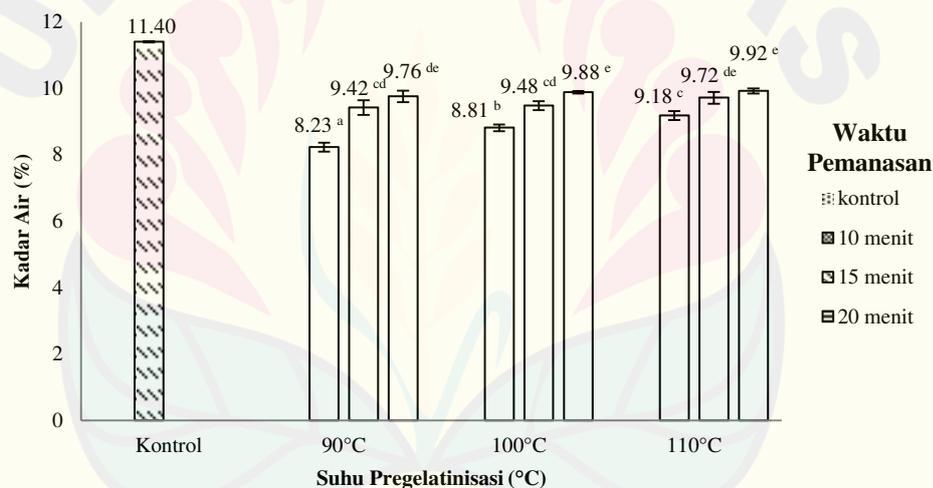
Perlakuan pregelatinisasi dengan suhu berbeda memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap penurunan nilai derajat putih MOCAF pregelatinisasi. Penurunan ini disebabkan oleh suhu tinggi pada proses pregelatinisasi yang menyebabkan senyawa-senyawa terlarut, seperti gula pereduksi dan protein bereaksi menghasilkan pigmen berwarna coklat pada saat pati mengalami gelatinisasi (Hapsari *et al.*, 2011). Hal ini diperkuat oleh penelitian Palupi *et al.*, (2011) bahwa penurunan nilai derajat putih disebabkan oleh proses pemanasan pada pregelatinisasi yang akan melarutkan beberapa komponen kimia dalam tepung dan sel pati seperti gula, amilosa, protein sehingga terjadi reaksi *maillard* yang akan menyebabkan warna MOCAF coklat.

Perusakan sel saat pemasakan diatas suhu gelatinisasi menyebabkan larutan dalam sel akan keluar dan berinteraksi dengan udara sehingga bereaksi dengan oksigen membentuk komponen warna coklat. Pregelatinisasi mengakibatkan terjadinya interaksi antara komponen amino dan monosakarida, yang diikuti dengan pelepasan air, akan membentuk senyawa N glikosida. N glikosida merupakan produk awal yang selanjutnya dapat membentuk senyawa Amadori (*Amadori rearrangement*). Senyawa ini merupakan produk *intermediate*, yang dihasilkan dari reaksi *maillard* yaitu reaksi yang menyebabkan warna coklat

pada bahan makanan (Hapsari *et al.*, 2011). Nilai derajat putih MOCAF terpregelatinisasi memenuhi persyaratan mutu BSN (2011), yaitu minimal sebesar 87% untuk produk MOCAF.

4.2 Kadar Air MOCAF Pregelatinisasi

Hasil analisis ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan taraf signifikan ($\alpha \leq 0,05$) menunjukkan bahwa variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap kadar air MOCAF yang dihasilkan. Hasil ini diperjelas dengan uji lanjut DNMRT (*Duncan's New Multiple Range Test*) menunjukkan bahwa, pregelatinisasi memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kadar air yang dihasilkan. Nilai rata-rata kadar air MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Nilai rata-rata kadar air MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi

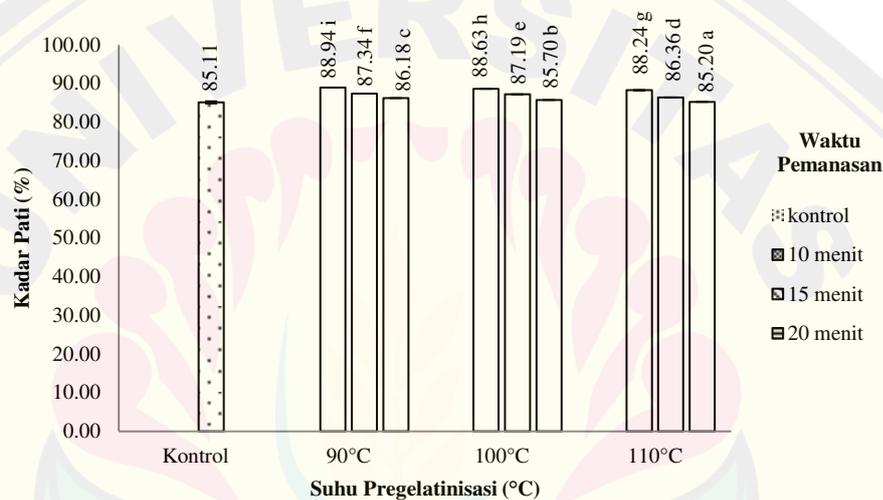
Gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai rata-rata kadar air MOCAF dengan variasi suhu dan waktu mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu pregelatinisasi. Kadar air terendah yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 90°C selama 10 menit yang memiliki kadar air sebesar $8,23 \pm 0,13\%$, sedangkan kadar air tertinggi yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 110°C selama 20 menit sebesar $9,92 \pm 0,08\%$. Nilai kadar air sampel MOCAF tanpa modifikasi (kontrol) lebih tinggi dibandingkan MOCAF

dengan modifikasi yaitu sebesar $11,40 \pm 0,02\%$. Hal ini sejalan dengan penelitian Rao *et al.*, (2014) bahwa, pati MOCAF asli memiliki nilai kadar air lebih tinggi dibandingkan dengan pati MOCAF modifikasi. Tingginya nilai kadar air pada sampel MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) karena tingginya kadar pati pada MOCAF yaitu berkisar antara 85-87% (Agustia *et al.*, 2017). Semakin tinggi nilai kadar pati dalam MOCAF semakin tinggi pula gugus hidroksil dalam pati. Gugus hidroksil berperan dalam mengikat air sehingga semakin tinggi kadar pati MOCAF semakin besar kemampuan gugus hidroksil dalam mengikat air hal inilah menyebabkan nilai kadar air dalam MOCAF kontrol tinggi (Kusumawati dan Rukmi, 2013).

Perbedaan suhu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap kadar air MOCAF. Perlakuan suhu 90°C , 100°C , dan 110°C merupakan suhu telah terjadi proses gelatinisasi dan pembengkakan granula. Peningkatan kadar air pada MOCAF pregelatinisasi terjadi karena pati menyerap air kembali dalam jumlah besar yang disebabkan oleh pregelatinisasi dan pengeringan. Semakin tinggi suhu dan lama waktu yang digunakan selama pregelatinisasi maka kadar airnya juga semakin meningkat (Ariyantoro *et al.*, 2020). Perlakuan pregelatinisasi pada MOCAF memberikan peningkatan kadar air secara nyata. Hal ini sesuai dengan penelitian pada tepung ubi kayu pregelatinisasi oleh Palupi *et al.*, (2011) granula pati akan mengalami pembengkakan dan ikatan hidrogen dalam granula menjadi lemah karena pemanasan pada saat pregelatinisasi sehingga granula yang telah membengkak memiliki ukuran yang lebih besar. Ukuran granula pati yang menjadi lebih besar, akan menyerap air lebih banyak pada MOCAF pregelatinisasi. Hal ini sesuai dengan penelitian Lestari *et al.*, (2019), granula pati pregelatinisasi pada proses pengeringan akan lebih mudah menyerap air karena memiliki rongga dan partikel yang lebih besar disebabkan karena lemahnya ikatan hidrogen antara amilosa dan amilopektin. Hal inilah yang menyebabkan peningkatan nilai kadar air seiring dengan naiknya suhu pregelatinisasi. Nilai kadar air MOCAF terpregelatinisasi memenuhi persyaratan mutu BSN (2011), yaitu maksimal sebesar 11% untuk produk MOCAF.

4.3 Kadar Pati MOCAF Pregelatinisasi

Hasil analisis ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan taraf signifikan ($\alpha \leq 0,05$) menunjukkan bahwa variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap kadar pati MOCAF yang dihasilkan. Hasil ini diperjelas dengan uji lanjut DNMRT (*Duncan's New Multiple Range Test*) menunjukkan bahwa, pregelatinisasi memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kadar pati yang dihasilkan. Nilai rata-rata kadar pati MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi dapat dilihat pada Gambar 4.3.



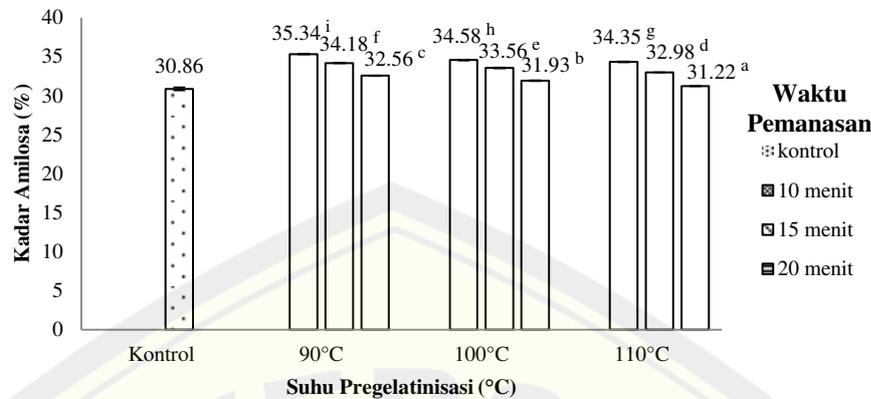
Gambar 4.3 Nilai rata-rata kadar pati MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai rata-rata kadar pati MOCAF dengan variasi suhu dan waktu mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu pregelatinisasi. Kadar pati terendah yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 110°C selama 20 menit yang memiliki nilai sebesar 85,20±0,02%, sedangkan kadar pati tertinggi yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 90°C selama 10 menit yang memiliki nilai sebesar 88,94±0,01%. Kadar pati sampel MOCAF tanpa modifikasi (kontrol) lebih rendah dibandingkan MOCAF dengan modifikasi yaitu sebesar 85,11±0,27%. Nilai kadar pati MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) lebih rendah dibandingkan sampel MOCAF dengan perlakuan (modifikasi) hal ini dapat terjadi karena selama proses fermentasi

pembuatan MOCAF, bakteri asam laktat (BAL) memecah pati menjadi gula-gula sederhana sehingga, kadar pati menjadi menurun. Selain itu, dalam ubi kayu terdapat enzim *amilase* yang akan menghidrolisis pati menjadi komponen yang lebih sederhana pula (Setiarto *et al.*, 2018). Menurut Yuliwardi *et al.*, (2014) kadar pati MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan (modifikasi) karena, selama proses pregelatinisasi (modifikasi) terjadi pelepasan amilosa dan mengalami retrogradasi. Hal inilah yang menyebabkan nilai pati MOCAF dengan perlakuan (modifikasi) lebih tinggi. Nilai kadar pati sampel MOCAF dengan perlakuan (modifikasi) lebih tinggi dibandingkan kontrol namun, menurun seiring dengan lamanya proses pemasakan. Saat suspensi pati dipanaskan di atas temperatur gelatinisasinya, granula pati akan mengalami pembengkakan dan pecah karena, granula pati telah melewati titik suhu maksimum sehingga menyebabkan nilai kadar pati menurun (Hapsari *et al.*, 2011). Hal ini diperkuat oleh penelitian Kurniawan *et al.*, (2015) bahwa suhu tinggi saat pemasakan mengakibatkan granula pati membengkak dan bercampur dengan air membentuk pasta sehingga terjadi *leaching* atau rusaknya molekul pati. Selain itu, suhu yang semakin tinggi dapat mengakibatkan pengembangan granula pati lalu terjadi pelarutan fraksi amilosa dan selanjutnya terjadi pemecahan granula pati yang mengakibatkan nilai kadar pati yang rendah.

4.4 Kadar amilosa MOCAF Pregelatinisasi

Hasil analisis ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan taraf signifikan ($\alpha \leq 0,05$) menunjukkan bahwa variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap kadar amilosa MOCAF yang dihasilkan. Hasil ini diperjelas dengan uji lanjut DNMRT (*Duncan's New Multiple Range Test*) menunjukkan bahwa, pregelatinisasi memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kadar amilosa yang dihasilkan. Nilai rata-rata kadar amilosa MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Nilai rata-rata kadar amilosa MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai rata-rata kadar amilosa MOCAF dengan variasi suhu dan waktu mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu pregelatinisasi. Kadar amilosa terendah yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 110°C selama 20 menit yang memiliki nilai sebesar $31,22 \pm 0,01\%$, sedangkan kadar amilosa tertinggi yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 90°C selama 10 menit sebesar $35,34 \pm 0,03\%$. Kadar amilosa sampel MOCAF tanpa modifikasi (kontrol) lebih rendah dibandingkan MOCAF dengan modifikasi yaitu sebesar $30,86 \pm 0,19\%$. Nilai kadar amilosa sampel MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) lebih rendah dibandingkan sampel MOCAF dengan perlakuan (modifikasi) hal ini dapat terjadi karena, selama proses pemanasan pada saat pregelatinisasi terjadi depolimerisasi pati menjadi gula sederhana dan mengubahnya menjadi asam-asam organik sehingga, kadar amilosa dari sampel MOCAF dengan perlakuan (modifikasi) lebih tinggi dibandingkan sampel MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) (Wanita dan Wisnu, 2013).

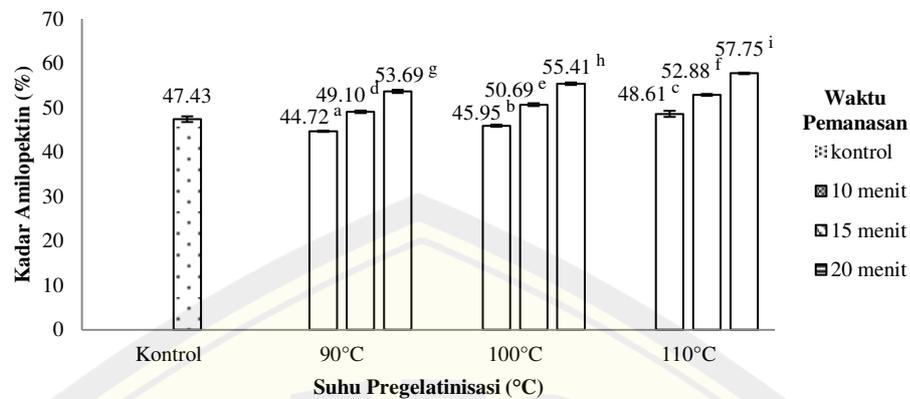
Nilai kadar amilosa pada sampel MOCAF pregelatinisasi lebih tinggi daripada MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) namun, MOCAF pregelatinisasi mengalami penurunan seiring dengan penggunaan suhu tinggi dan lama waktu pemasakan karena bobot molekul amilosa rendah. Bobot molekul rendah pada

amilosa terjadi karena adanya pemutusan rantai polimer amilosa akibat penggunaan suhu pemasakan diatas gelatinisasi. Hal tersebut menyebabkan molekul amilosa yang dihasilkan lebih sederhana, yaitu rantai lurus yang pendek sehingga sangat mudah larut dalam air. Selain itu, selama proses pemasakan kadar amilosa pecah akibat panas yang diterima (Haryanti *et al.*, 2014). Semakin lama pemasakan menunjukkan kadar amilosa pada pati semakin menurun. Semakin lama pemasakan suspensi pati mengakibatkan proses gelatinisasi berjalan terlalu lama, sehingga amilosa meluruh dan bobot molekulnya rendah hal ini dapat terjadi karena pati modifikasi mengalami pembengkakan karena adanya augmentasi amilosa dari jaringan internal granula pati (Kankate *et al.*, 2020).

Suhu yang lebih tinggi menyebabkan ikatan hidrogen akan semakin banyak yang terputus. Proses ini mengakibatkan air terserap masuk ke dalam granula pati. Pada proses ini, molekul amilosa terlepas ke fase air yang menyelimuti granula, sehingga struktur dari granula pati menjadi lebih terbuka, dan lebih banyak air yang masuk ke dalam granula menyebabkan granula membengkak dan mudah larut dalam air. Modifikasi pregelatinisasi dengan penggunaan suhu tinggi dan waktu yang lama menyebabkan jumlah air bebas bagian luar granula menjadi berkurang, sedangkan jumlah amilosa yang terlepas meningkat. Molekul amilosa cenderung untuk meninggalkan granula karena strukturnya lebih pendek dan mudah larut hal inilah yang menyebabkan penurunan pada kadar amilosa. MOCAF yang memiliki nilai kadar amilosa yang rendah digunakan sebagai bahan pembuatan *cookies* (Imanningsih, 2012).

4.5 Kadar amilopektin MOCAF Pregelatinisasi

Hasil analisis ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan taraf signifikan ($\alpha \leq 0,05$) menunjukkan bahwa variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap kadar amilopektin MOCAF yang dihasilkan. Hasil ini diperjelas dengan uji lanjut DNMR (*Duncan's New Multiple Range Test*) menunjukkan bahwa, pregelatinisasi memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kadar amilopektin yang dihasilkan. Nilai rata-rata kadar amilopektin MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Nilai rata-rata kadar amilopektin MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai rata-rata kadar amilopektin MOCAF dengan variasi suhu dan waktu mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu pregelatinisasi. Kadar amilopektin terendah yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 90°C selama 10 menit yang memiliki nilai sebesar $44,72 \pm 0,15\%$, sedangkan kadar amilopektin tertinggi yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 110°C selama 20 menit yang memiliki nilai sebesar $57,75 \pm 0,21\%$. Nilai kadar amilopektin sampel MOCAF tanpa modifikasi (kontrol) yaitu sebesar $47,43 \pm 0,64\%$. Nilai kadar amilopektin sampel MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) lebih rendah dibandingkan sampel MOCAF dengan perlakuan hal ini dapat terjadi karena, amilosa berada di daerah amorf yang merupakan daerah renggang dan kurang padat sehingga mudah menyerap air. Selama pregelatinisasi amilosa mudah diakses daripada rantai ujung amilopektin. Hal inilah yang menyebabkan pembengkakan terhadap amilosa dan larut dalam air sehingga, kadar amilosa rendah dan terjadi peningkatan terhadap kadar amilopektin karena adanya perbedaan struktural antara amilosa dan amilopektin (Karmakar *et al.*, 2014).

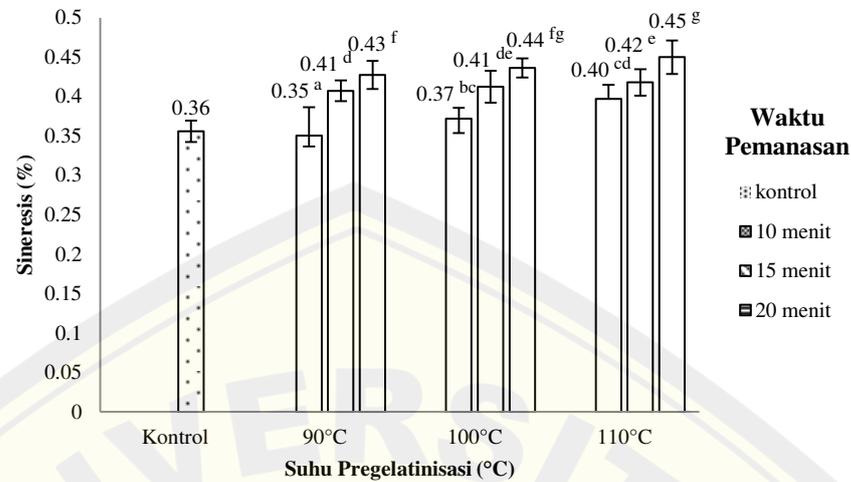
Berdasarkan penelitian Indrianti *et al.*, (2013) amilopektin sulit mengalami retrogradasi karena membutuhkan waktu yang lama dan suhu yang tinggi untuk retrogradasi dibandingkan amilosa sehingga, tanpa adanya pemanasan nilai

dari kadar amilopektin rendah. Hal inilah yang menyebabkan nilai kadar amilopektin dari sampel MOCAF tanpa perlakuan lebih rendah dibandingkan sampel MOCAF dengan perlakuan (modifikasi).

Peningkatan kadar amilopektin disebabkan karena adanya pemanasan pada pati. Suhu tinggi menyebabkan ikatan hidrogen semakin banyak yang terputus. Proses ini mengakibatkan air terserap masuk ke dalam granula pati dan mengakibatkan granula pati membengkak dan pecah yang mengakibatkan amilosa memiliki struktur yang pendek dan mudah larut. Struktur granula yang terbuka mengakibatkan banyak air yang masuk. Molekul air inilah yang kemudian membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil gula dari molekul amilosa dan amilopektin. Jumlah molekul air bebas di bagian luar granula menjadi berkurang, sedangkan jumlah amilosa yang terlepas meningkat. Semakin banyak fraksi amilosa yang keluar dari granula pati sehingga menyebabkan rendahnya molekul amilosa dan jumlah fraksi amilopektin meningkat dan menjadi lebih dominan (Immaningsih, 2012). Peningkatan nilai amilopektin akan menyebabkan produk memiliki karakteristik ringan, porus, garing, dan renyah karena amilopektin bersifat merangsang terjadinya proses mekar (*puffing*) (Nisah, 2017).

4.6 Sineresis MOCAF Pregelatinisasi

Hasil analisis ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan taraf signifikan ($\alpha \leq 0,05$) menunjukkan bahwa variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap sineresis MOCAF yang dihasilkan. Hasil ini diperjelas dengan uji lanjut DNMR (*Duncan's New Multiple Range Test*) menunjukkan bahwa, pregelatinisasi memberikan pengaruh nyata terhadap nilai sineresis yang dihasilkan. Nilai rata-rata sineresis MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Nilai rata-rata sineresis MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi

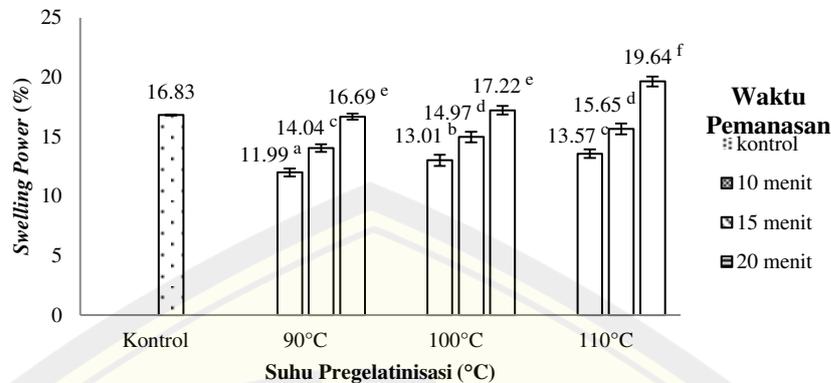
Gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai rata-rata sineresis MOCAF dengan variasi suhu dan waktu mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu pregelatinisasi. Sineresis terendah yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 90°C selama 10 menit yang memiliki nilai sebesar $0,35 \pm 0,04\%$, sedangkan sineresis tertinggi yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 110°C selama 20 menit yang memiliki nilai sebesar $0,45 \pm 0,02\%$. Nilai sineresis sampel MOCAF tanpa modifikasi (kontrol) yaitu sebesar $0,44 \pm 0,01\%$. Nilai sineresis kontrol lebih rendah dibandingkan dengan sampel MOCAF dengan perlakuan (modifikasi). Hal ini dapat terjadi karena, sampel MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) tidak mencapai titik suhu gelatinisasi sehingga jumlah air yang keluar sedikit. Hal ini diperkuat oleh penelitian Abo *et al.*, (2010) setelah proses gelatinisasi jumlah air pati yang keluar banyak setelah disimpan pada suhu rendah (*freezer*) hal inilah yang menyebabkan nilai sineresis MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) rendah.

Tingginya nilai sineresis pada sampel MOCAF dengan perlakuan (modifikasi) karena semakin tinggi suhu maka, jumlah air yang keluar meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian Haryanti *et al.*, (2014) bahwa, penggunaan suhu

pemasakan yang tinggi meningkatkan nilai sineresis hal ini disebabkan karena bobot molekul amilosa rendah. Bobot molekul rendah pada amilosa terjadi karena adanya pemutusan rantai polimer amilosa akibat penggunaan suhu pemasakan diatas gelatinisasi sehingga amilosa memiliki rantai pendek dominan, hal tersebut mengakibatkan amilosa cenderung lebih mudah untuk berikatan kembali dan memiliki ikatan yang kuat, sehingga retrogradasi yang terjadi semakin besar. Adanya ikatan yang kuat antara amilosa selama retrogradasi menyebabkan semakin banyak air yang terpisah dari gel pati ketika diletakkan pada suhu ruang. Keluarnya air dalam jumlah besar selama proses retrogradasi menyebabkan sineresis tinggi. Menurut Abo *et al.*, (2010) amilosa memiliki kemampuan untuk berikatan kembali setelah proses gelatinisasi, maka jumlah air yang keluar meningkat. Hal inilah yang menyebabkan nilai sineresis tinggi.

4.7 Swelling Power MOCAF Pregelatinisasi

Hasil analisis ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan taraf signifikan ($\alpha \leq 0,05$) menunjukkan bahwa variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap *swelling power* MOCAF yang dihasilkan. Hasil ini diperjelas dengan uji lanjut DNMR (*Duncan's New Multiple Range Test*) menunjukkan bahwa, pregelatinisasi memberikan pengaruh nyata terhadap nilai *swelling power* yang dihasilkan. Nilai rata-rata *swelling power* MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Nilai rata-rata *swelling power* MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai rata-rata *swelling power* MOCAF dengan variasi suhu dan waktu mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu pregelatinisasi. *Swelling power* terendah yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 90°C selama 10 menit yang memiliki nilai sebesar $11,99 \pm 0,34\%$, sedangkan *swelling power* tertinggi yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 110°C selama 20 menit yang memiliki nilai sebesar $19,64 \pm 0,41\%$. Nilai *swelling power* sampel MOCAF tanpa modifikasi (kontrol) cukup tinggi yaitu sebesar $16,83 \pm 0,03\%$. Nilai *swelling power* MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) cukup tinggi hal ini dapat terjadi karena, dipengaruhi oleh proses fermentasi. Struktur granula pati akan merenggang pada saat fermentasi sehingga mudah menyerap air dan mudah mengembang. Hal ini diperkuat oleh penelitian Diniyah *et al.*, (2018) bahwa proses fermentasi pada MOCAF akan menyebabkan struktur granula pati merenggang sehingga, mudah mengikat air dan mengembang.

Nilai *swelling power* pada sampel MOCAF perlakuan suhu 100°C dan 110°C selama 20 menit lebih tinggi dibandingkan dengan sampel MOCAF tanpa perlakuan (kontrol). Peningkatan nilai *swelling power* dapat terjadi karena semakin tinggi penggunaan suhu dan semakin lama waktu pemasakan akan meningkatkan nilai *swelling power*. Hal ini sejalan dengan penelitian

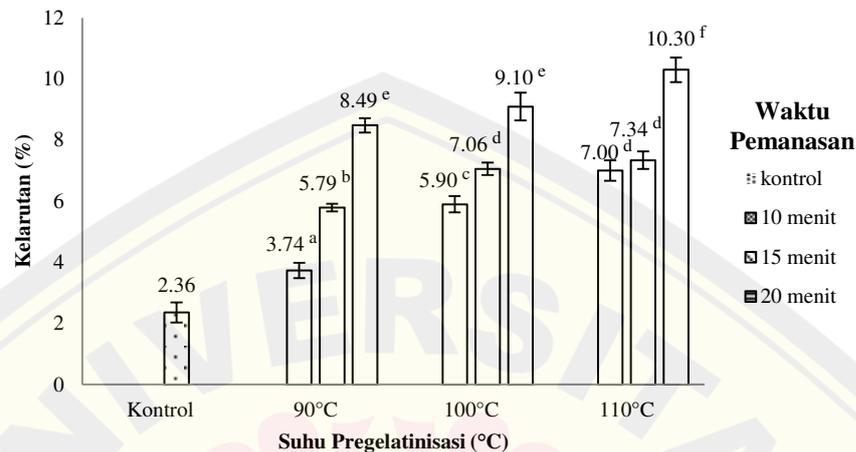
Nafi' *et al.*, (2022) bahwa, pengembangan volume tepung terjadi karena pada saat suhu meningkat rongga-rongga udara terbentuk dan mudah menyerap air sehingga ukurannya akan membesar dan terjadi pengembangan. Berdasarkan penelitian Babu dan Parimalavalli (2012), kapasitas pembengkakan pati dipengaruhi oleh masuknya air ke dalam molekul pati, menyebabkan ikatan antar molekul pati akan melemah sehingga nilai *swelling power* pati lebih tinggi daripada pati alami. *Swelling power* juga dipengaruhi oleh keberadaan gugus amilosa sebagai salah satu komponen penyusun pati. Semakin lama waktu proses pemasakan, maka semakin banyak amilosa yang tereduksi, sehingga penurunan jumlah amilosa tersebut mengakibatkan kenaikan *swelling power* (Putri *et al.*, 2018).

Hasil penelitian Hidayat *et al.*, (2009) juga menunjukkan bahwa sebagian dari tepung ubi kayu metode gelatinisasi memiliki karakteristik daya kembang dan kelarutan dalam air yang lebih baik daripada tepung ubi kayu asal. Lebih tingginya nilai daya kembang, daya serap air dan kelarutan dalam air tepung ubi kayu metode gelatinisasi, berkaitan dengan terhidrolisnya pati dan terbentuknya komponen yang lebih sederhana. Berdasarkan penelitian Jading *et al.*, (2011), peningkatan *swelling power* akibat pemasakan suspensi pati pada suhu yang semakin tinggi disebabkan kadar amilosa yang semakin rendah. *Swelling power* pada pati dipengaruhi oleh molekul pati terkait daya serap air untuk mengikat air melalui pembentukan ikatan hidrogen. Seiring dengan kenaikan suhu dan lamanya waktu pemasakan ikatan hidrogen antara molekul terputus dan digantikan oleh ikatan hidrogen dengan air. Putusnya ikatan hidrogen pada area daerah amorf sehingga bagian yang dapat mengikat air akan bertambah dan saling mengikat saat terjadi gelatinisasi dan menyebabkan pembengkakan granula pati cepat (Marta dan Tensiska, 2016).

4.8 Kelarutan MOCAF Pregelatinisasi

Hasil analisis ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan taraf signifikan ($\alpha \leq 0,05$) menunjukkan bahwa variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap kelarutan MOCAF yang dihasilkan. Hasil ini diperjelas dengan uji lanjut DNMRT (*Duncan's New Multiple Range Test*) menunjukkan bahwa, pregelatinisasi memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kelarutan yang

dihasilkan. Nilai rata-rata kelarutan MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Nilai rata-rata kelarutan MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi

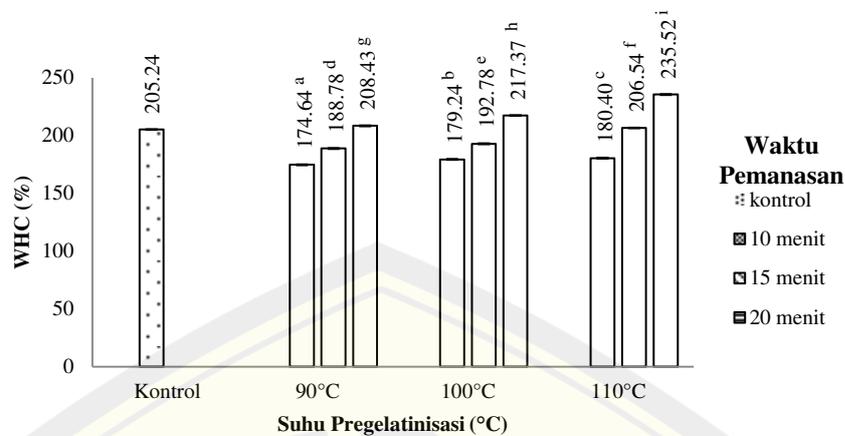
Gambar 4.8 menunjukkan bahwa nilai rata-rata kelarutan MOCAF dengan variasi suhu dan waktu mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu pregelatinisasi. Kelarutan terendah yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 90°C selama 10 menit yang memiliki nilai sebesar $3,74 \pm 0,25\%$, sedangkan kelarutan tertinggi yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 110°C selama 20 menit sebesar $10,30 \pm 0,40\%$. Nilai kelarutan sampel MOCAF tanpa modifikasi (kontrol) lebih rendah dibandingkan MOCAF dengan modifikasi yaitu sebesar $2,36 \pm 0,33\%$. Rendahnya nilai kelarutan pada sampel MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) dapat terjadi karena, sampel kontrol tidak melalui tahapan pemasakan dengan menggunakan suhu yang cukup tinggi. Menurut Haryanti *et al.*, (2014) perlakuan suhu tinggi akan menyebabkan amilosa mengalami depolimerisasi yang mengakibatkan amilosa menghasilkan rantai yang lebih sederhana yaitu rantai yang pendek dan mudah larut dalam air. Hal inilah yang menyebabkan nilai kelarutan dari sampel MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) rendah dibandingkan MOCAF dengan perlakuan (modifikasi) hal ini diperkuat

oleh penelitian Haryanti *et al.*, (2014) yang menyatakan bahwa modifikasi pati akan menyebabkan tingginya nilai kelarutan. Tingginya nilai kelarutan sampel MOCAF dengan perlakuan (modifikasi) terjadi karena adanya pemanasan suspensi pati yang menggunakan suhu tinggi sehingga menyebabkan terjadinya depolimerisasi molekul pati. Amilosa mempunyai rantai lurus dan larut dalam air. Depolimerisasi menyebabkan molekul amilosa yang dihasilkan lebih sederhana, yaitu terdapat rantai lurus yang pendek sehingga sangat mudah larut dalam air.

Peningkatan lama pemanasan suspensi pati menyebabkan terjadinya depolimerisasi sehingga menghasilkan amilosa dengan berat molekul yang rendah. Amilosa dengan bobot molekul rendah memiliki rantai lurus yang pendek sehingga cenderung lebih mudah larut dalam air (Kalsum dan Surfiana, 2013). Didukung oleh Marta dan Tensiska (2016), modifikasi pati meningkatkan kelarutan pati. Peningkatan kelarutan pada modifikasi MOCAF yaitu karena suhu dan lama pemanasan sehingga mengakibatkan degradasi pati sehingga ukuran molekul pati yang lebih kecil, karena meningkatnya jumlah amilosa dan amilopektin yang *leaching* dari granula pati, dengan ukuran molekul yang lebih kecil tersebut maka mudah untuk larut dalam air semakin rendah panjang polimer rantai pati maka semakin tinggi kelarutannya. Dengan adanya perlakuan suhu tinggi maka rongga-rongga udara terbentuk dan mudah menyerap air sehingga terbentuknya ikatan hidrogen antara pati dengan molekul air lebih besar. Ikatan hidrogen inilah yang menahan air untuk keluar dari granula pati sehingga pati tersebut dapat larut (Palanisamy *et al.*, 2020).

4.9 Water Holding Capacity (WHC) MOCAF Pregelatinisasi

Hasil analisis ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan taraf signifikan ($\alpha \leq 0,05$) menunjukkan bahwa variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap WHC MOCAF yang dihasilkan. Hasil ini diperjelas dengan uji lanjut DNMR (*Duncan's New Multiple Range Test*) menunjukkan bahwa, pregelatinisasi memberikan pengaruh nyata terhadap nilai WHC yang dihasilkan. Nilai rata-rata WHC MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Nilai rata-rata *water holding capacity* MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa nilai rata-rata WHC MOCAF dengan variasi suhu dan waktu mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu pregelatinisasi. Nilai WHC terendah yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 90°C selama 10 menit yang memiliki nilai sebesar 174,64±0,47%, sedangkan nilai WHC tertinggi yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 110°C selama 20 menit sebesar 235,52±0,43%. Nilai WHC sampel MOCAF tanpa modifikasi (kontrol) yaitu sebesar 205,24±0,29%. Nilai WHC dari sampel MOCAF tanpa perlakuan cukup tinggi, hal ini dapat terjadi karena selama proses fermentasi terjadi pemecahan granula pati yang akan mengubah struktur pati semula kristalin menjadi amorf dan porous sehingga pati dengan mudah mengikat air karena air yang masuk pada bahan akan terperangkap pada bagian porous (Bankole *et al.*, 2013). Namun, MOCAF terpregelatinisasi mempunyai nilai WHC yang lebih tinggi daripada MOCAF kontrol. Nilai WHC yang tinggi dapat disebabkan oleh penggunaan suhu pregelatinisasi yang tinggi.

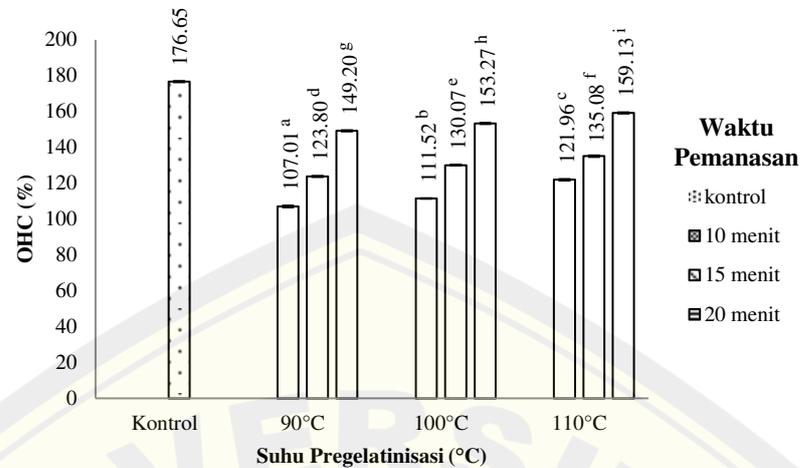
Nilai WHC yang tinggi pada tepung akan semakin baik karena tepung tersebut mampu menyerap air dengan baik. Peningkatan nilai WHC pada MOCAF pregelatinisasi dikarenakan tingginya gugus hidroksil dalam molekul pati dengan penggunaan suhu tinggi. Gugus hidroksil terletak pada ujung rantai amilosa, dan ujung rantai pokok amilopektin serta berfungsi dalam penarikan air oleh pati. Gugus hidroksil dalam molekul pati banyak, sehingga kemampuan menyerap air

juga sangat besar (Pangesti *et al.*, 2014). Nilai WHC meningkat seiring dengan adanya peningkatan suhu dan lama waktu pregelatinisasi. Hal ini karena, rongga-rongga udara terbentuk pada saat pemanasan suhu tinggi dan mudah menyerap air sehingga terbentuknya ikatan hidrogen antara pati dengan molekul air lebih besar. Ikatan hidrogen inilah yang menahan air untuk keluar dari granula pati sehingga menyerap air dalam jumlah banyak dan menyebabkan struktur pati stabil saat dipanaskan dan digantikan oleh ikatan hidrogen yang mengakibatkan terjadinya pengembangan pada granula pati (Palanisamy *et al.*, 2020).

Hal ini juga diperkuat oleh penelitian dari Asgar dan Musaddad (2006), tingginya daya serap air yang dihasilkan dengan perlakuan panas disebabkan oleh air yang terserap dalam molekul menyebabkan pregelatinisasi yang meningkatkan daya serap air karena terputusnya ikatan hidrogen antarmolekul pati sehingga air lebih mudah masuk ke dalam molekul pati. Semakin lama waktu pregelatinisasi dapat meningkatkan WHC dari modifikasi MOCAF. Tepung dengan WHC tinggi dapat menjadi pengganti tepung terigu untuk pembuatan roti, karena WHC yang lebih tinggi memungkinkan pembuat roti untuk menambahkan lebih banyak air ke dalam adonan selain itu, juga dapat diaplikasikan sebagai bahan pengikat dalam pembuatan sosis karena, MOCAF pregelatinisasi dengan nilai WHC tinggi memiliki kemampuan menyerap air yang tinggi.

4.10 Oil Holding Capacity (OHC) MOCAF Pregelatinisasi

Hasil analisis ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan taraf signifikan ($\alpha \leq 0,05$) menunjukkan bahwa variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap OHC MOCAF yang dihasilkan. Hasil ini diperjelas dengan uji lanjut DNMRT (*Duncan's New Multiple Range Test*) menunjukkan bahwa, pregelatinisasi memberikan pengaruh nyata terhadap nilai OHC yang dihasilkan. Nilai rata-rata OHC MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Nilai rata-rata *oil holding capacity* MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa nilai rata-rata OHC MOCAF dengan variasi suhu dan waktu mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu pregelatinisasi. OHC terendah yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 90°C selama 10 menit yang memiliki nilai sebesar $107,01 \pm 0,51\%$, sedangkan nilai OHC tertinggi yaitu pada sampel dengan perlakuan suhu 110°C selama 20 menit yang memiliki nilai sebesar $159,13 \pm 0,37\%$. Nilai OHC sampel MOCAF tanpa modifikasi (kontrol) lebih tinggi dibandingkan dengan sampel MOCAF dengan modifikasi yaitu sebesar $176,65 \pm 0,34\%$. Tingginya nilai OHC MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) hal ini disebabkan pada proses fermentasi akan terjadi liberasi granula pati yang menyebabkan perubahan struktur dari pati. Liberasi granula pati mengakibatkan struktur pati bersifat hidrofobik hal ini akan mengakibatkan tingginya kemampuan pati dalam mengikat minyak (Chelule *et al.*, 2010).

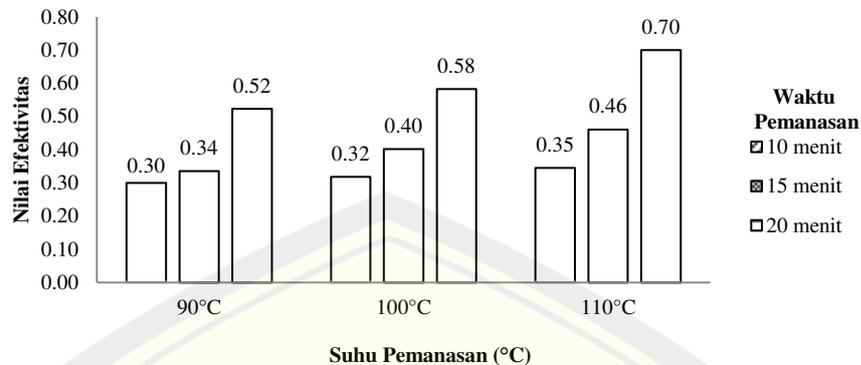
Nilai OHC semakin tinggi dengan penggunaan suhu dan lama waktu pemasakan. Hal ini dapat terjadi karena proses pemanasan suhu tinggi dengan waktu yang lama menyebabkan pemotongan rantai percabangan amilopektin menjadi amilosa rantai lurus dengan panjang rantai lebih pendek, bobot molekul rendah, dan gugus hidroksil lebih banyak sehingga, kemampuan interaksi dengan

minyak (OHC) mengalami peningkatan meskipun peningkatannya sangat terbatas karena minyak bersifat hidrofobik (sulit bereaksi dengan air) (Rosida, 2021). Hal ini diperkuat oleh penelitian Aini *et al.*, (2016) bahwa nilai OHC juga dipengaruhi struktur pati. Pregelatinisasi dengan waktu yang lama juga memudahkan penyerapan minyak karena pecahnya molekul kompleks menjadi lebih sederhana. Semakin lama waktu pemasakan dengan suhu tinggi, degradasi makromolekul menjadi molekul yang lebih sederhana semakin besar. Makromolekul yang tadinya relatif kompak menjadi porous karena terpecah menjadi molekul sederhana dengan bobot molekul rendah sehingga renggang dan lebih mudah menyerap minyak.

Nilai OHC meningkat seiring dengan peningkatan suhu dan lamanya pemasakan, hal ini dapat terjadi karena amilosa berpengaruh terhadap nilai OHC. Florentina *et al.*, (2017) menyatakan bahwa adanya korelasi negatif antara amilosa dengan OHC. Pengamatan pada MOCAF terpregelatinisasi menunjukkan rendahnya kadar amilosa, sehingga hal tersebut menyebabkan peningkatan OHC pada MOCAF pregelatinisasi. Nilai amilosa yang rendah dikarenakan pati tergelatinisasi dengan cepat dan mudah mengalami retrogradasi sehingga menyebabkan kandungan minyak pada produk lebih tinggi. Sedangkan, pati dengan nilai amilopektin tinggi dapat meningkatkan penyerapan minyak. Hal inilah yang menyebabkan MOCAF terpregelatinisasi memiliki nilai OHC yang tinggi. Pati MOCAF pregelatinisasi dengan nilai OHC yang tinggi dapat diaplikasikan pada produk *mayonaise* dan sebagai *edible* pada produk gorengan.

4.1.11 Nilai Uji Efektivitas MOCAF Pregelatinisasi

Uji efektivitas merupakan uji yang dilakukan guna menentukan suatu perlakuan terbaik dari seluruh parameter yang telah dilakukan pengujian pada sampel. Parameter yang digunakan pada uji efektivitas adalah derajat putih, kadar air, kadar pati, kadar amilosa, kadar amilopektin, sineresis, *swelling power*, kelarutan, *Water Holding Capacity* (WHC), *Oil Holding Capacity* (OHC). Hasil perhitungan uji efektivitas dapat dilihat pada Gambar 4.11



Gambar 4.11 Nilai uji efektivitas MOCAF dengan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi

Hasil uji efektivitas menunjukkan nilai efektivitas tertinggi terdapat pada perlakuan A3B3 yaitu MOCAF dengan perlakuan suhu 110°C selama 20 menit. Perlakuan tersebut menghasilkan nilai efektivitas sebesar 0,70 dengan derajat putih 87,56, kadar air 9,92 (%), kadar pati 85,20 (%), kadar amilosa 31,22 (%), kadar amilopektin 57,75 (%), sineresis 0,45 (%), *swelling power* 19,64 (%), kelarutan 10,30 (%), *Water Holding Capacity* (WHC) 235,52 (%), dan *Oil Holding Capacity* (OHC) 159,13 (%). Menurut Kalsum dan Surfiana (2013), penggunaan suhu pregelatinisasi 100-110°C akan mempengaruhi karakteristik dari pati misalnya seperti kelarutan, dan daya serap air. Selain penggunaan suhu, waktu pregelatinisasi juga dapat mempengaruhi karakteristik dari MOCAF. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Putra *et al.*, (2020), waktu pregelatinisasi selama 10-20 menit akan mempengaruhi karakteristik tepung misalnya, pada *Tannia flour* seperti daya kembang, keputihan, dan kelarutan.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan antara lain sebagai berikut:

1. Modifikasi MOCAF pregelatinisasi dengan perbedaan suhu dan lama waktu berpengaruh nyata terhadap sifat fisikokimia dan fungsional MOCAF. Perlakuan suhu 110⁰C selama 20 menit memberikan peningkatan terhadap nilai kadar air, sineresis, amilopektin, *swelling power*, kelarutan, *Water Holding Capacity* (WHC), dan *Oil Holding Capacity* (OHC) sedangkan, nilai derajat putih, kadar pati, dan kadar amilosa mengalami penurunan;
2. Kombinasi perlakuan yang memiliki nilai efektivitas paling tinggi adalah MOCAF perlakuan suhu 110⁰C selama 20 menit. MOCAF dari hasil perlakuan tersebut memiliki nilai efektivitas sebesar 0,70.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Pada pembuatan MOCAF kontrol menggunakan pengeringan *sun drying* menghasilkan warna lebih rendah dibandingkan MOCAF modifikasi dan kadar air tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukannya pengeringan dengan menggunakan *cabinet dryer* supaya menghasilkan warna yang lebih putih dan kadar air lebih rendah. Selain itu, agar proses pengeringan antara MOCAF kontrol dan MOCAF modifikasi memiliki metode yang sama, dan menghasilkan data analisa yang lebih akurat.
2. Perlu adanya pengapilkasian penggunaan MOCAF modifikasi secara pregelatinisasi sebagai bahan baku dalam pembuatan produk pangan sehingga dapat diteliti lebih lanjut terkait sifat fisikokimia, dan fungsionalnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. 2009. *Mie Basah Berbahan Dasar Tepung Singkong: Pengembangan Formulasi, Proses Produksi Dan Karakterisasi Produk*. Jakarta : Bumi Aksara
- Abo,S.M., M.A.A. Hanan, dan N.M.N. Nabih. 2010. Physicochemical Properties of Starch Extracted From Different Sources and Their Application in Pudding and White Sauce. *World Journal of Dairy and Food Sciences*. 5(2): 173-182.
- Adebowale, K. O., B. I. Olu-Owolabi, O. O. Olayinka, dan O. S. Lawal. 2005. Effect of Heat Moisture Treatment and Annealing on Physicochemical Properties of Red Sorghum Starch. *African Journal of Biotechnology*. 4(9), 928–933.
- Agnes, A.C., E.C. Felix, dan N.T. Ugochukwu. 2017. Morphology, Rheology and Functional Properties of Starch From Cassava, Sweet Potato and Cocoyam. *Asian Journal of Biotechnology*. 3(3):1-13.
- Agustia, F.C., P.S. Yovita, dan P.S. Hesti. 2017. Pengembangan Biskuit MOCAF Garut dengan Substitusi Hati sebagai Alternatif Biskuit Tinggi Zat Besi Untuk Balita. *Jurnal Gizi Pangan*. 12 (2): 129-138.
- Aini, N. 2013. *Teknologi Fermentasi pada Tepung Jagung*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Aini, N., G. Widjanarko, dan B.Sustriawan. 2016. Sifat Fisik, Kimia dan Fungsional Tepung Jagung yang Diproses Melalui Fermentasi. *Agritech*. 36(2): 160–169.
- Akbar, M. R., dan Yunianta. 2014. Pengaruh Lama Perendaman $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ dan Fermentasi Ragi Tape terhadap Sifat Fisik Kimia Tepung Jagung. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2(2), 91–102.
- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemist*. Virginia USA : Association of Official Analytical Chemist, Incorporation.
- Apriyantono, A., D. Fardiaz, N.L. Puspitasari, Sedarnawati, dan S. Budiyanto. 1989. *Analisis Pangan*. Bogor: IPB Press.
- Ariyantoro, A.R., N.H.R. Parnanto, dan E.D Kuntatiek. 2020. Pengaruh Variasi Suhu Pregelatinisasi Terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Fisikokimia Tepung Bengkuang Yang Dimodifikasi. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 13(1): 16-20.

- Asgar, A., dan D. Musaddad. 2006. *Optimalisasi Cara, Suhu dan Lama Blanching sebelum Pengeringan pada Wortel*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran Lembang. Bandung.
- Babu, A.S. dan R. Parimalavalli. 2012. Functional and Chemical Properties of Starch Isolated From Tubers. *International Journal of Agriculture and Food Science*. 2(3): 77-80.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 7622: 2011 *Tepung Mocaf*. www.bsn.go.id
- Bankole, Y.O., O.A. Tanimola, R.O. Odunukan, D.O. Samuel. 2013. An Assessment of The Functional Properties, Proximate Composition, Sensory Evaluation and Rheological Value Of Gari Fortified With Bambara Groundnut Flour (*Voandzeia Subterranean Thouars*). *International letters of Science*. 1(1):17- 27.
- Ben, E. S., Zulianis, dan A. Halim. 2007. Studi Awal Pemisahan Amilosa dan Amilopektin Pati Singkong dengan Fraksinasi Butanol-Air. *Jurnal Sains Dan Teknologi Farmasi*. 12(1), 1–11.
- BKP (Badan Ketahanan Pangan). 2021. *Panduan Teknis Penyusunan Prognosa Ketersediaan dan Kebutuhan Pangan Strategis*. Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Chelule, P.K., M.P. Mokoena, dan N. Ggaleni. 2010. Advantages of Traditional Lactic Acid Bacteria Fermentation Of Food In Africa. *Current Research, Technology and Education Topics in Apply Micro and Microb Biotech*. 2 (1):1160-1167.
- Choi, S., dan W.L. Kerr. 2004. Swelling Characteristics of Native and Chemically Modified Wheat Starches as a Function of Heating Temperature and Time. *Food Scientia : Journal of Food Science and Technology Science*. 56: 181–189. <https://doi.org/10.1002/star.200300233>
- Copeland, L., J. Blazek, H. Salman, dan M.C. Tang. 2009. Form and functionality of Starch. *Food Hydrocolloids*. 23(6): 1527–1534. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.09.016>
- De Garmo, E. D. G. Sullivan dan J. R. Canada. 1984. Engineering economis. Mc Millan Publishing Company. New York.
- Deyana, A.N.P.R., N.M. Yusa, I.D.P.K. Pratiwi. 2019. Perbandingan *Modified Cassava Flour* (MOCAF) dengan Tepung Kacang Hijau (*Vigna Radiate. L*) Terhadap Karakteristik *Sponge Cake*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*. <https://doi.org/10.24843/itepa.2019.v08.i0.2.p07>.

- Diniyah, N., A. Subagio, R.N.L. Sari, dan N. Yuwana. 2018. Sifat Fisikokimia dan Fungsional Pati Dari Mocaf (*Modified Cassava Flour*) Varietas Kaspro dan Cimanggu. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 15(2): 80-90.
- Diniyah, N., A. Subagio, R.N.L. Sari, P.G. Vindy, A.A. Rofiah. 2018. Effect of Fermentation Time and Cassava Varieties On Water Content and The Yield Of Starch From Modified Cassava Flour (MOCAF). *Journal of Pharmacy Science and Technolgy*. 5 (2) (Article in press).
- Eriksson, E., K. Koch, C. Tortoe, P. Akonor, dan E. Baidoo. 2014. Physicochemical , Functional and Pasting Characteristics of Three Varieties of Cassava in Wheat Composite Flours. *British Journal of Applied Science and Technology*. 4(11): 1609–1621.
- Faridah, A., dan S.B. Widjanarko. 2014. Penambahan Tepung Porang Pada Pembuatan Mi dengan Substitusi Tepung Mocaf (*Modified cassava Flour*). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*. 25(1): 98–105. <https://doi.org/10.6066/jtip.2014.25.1.98>.
- Fen, H. L. 2007. *Physicochemical and Functional Properties of Enzyme Modified Tapioca Starches*. Universiti Sains Malaysia.
- Florentina, F., E. Syamsir, D. Hunaefi, dan S. Budijanto. 2017. Teknik Gelatinisasi Tepung Beras untuk Menurunkan Penyerapan Minyak Selama Penggorengan Minyak Terendam. *Agritech*. 36(4): 387. <https://doi.org/10.22146/agritech.16760>.
- Gbenga, B. L., O. Olakunle, dan A.M. Adedayo. 2014. Influence of Pregelatinization On the Physicochemical and Compressional Characteristics of Starches Obtained from Two Local Varieties of Dioscorea Rotundata. *IOSR Journal of Pharmacy*. 4(6): 24–32.
- Hapsari, T., A. Zainul, dan M. Nugroho. 2011. Pengaruh Pregelatinisasi terhadap Karakteristik Tepung Singkong. *Jurnal Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*. 1 (1): 1-15. doi: 10.35891/tp.v1i1.474
- Haryanti, P., R. Setyawati, dan R. Wicaksono. 2014. Pengaruh suhu dan Lama Pemanasan Suspensi Pati serta Konsentrasi Butanol terhadap Karakteristik Fisiko Kimia Pati Tinggi Amilosa dari Tapioka. *Jurnal Agritech*. 31 (2): 308-315.
- Herawati, H. 2010. Potensi Pengembangan Produk Pati Tahan Cerna sebagai Pangan Fungsional. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(024), 31–39.
- Herawati, H. 2012. Teknologi Proses Produksi Food Ingredient Dari Tapioka Termodifikasi. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(12), 68–76.

- Hidayat, B., N. Kalsum, dan Surfiana. 2009. Characterization of Modified Cassava Flour Processed Through Partial Pregelatinisation Method. *Journal of Industrial Technology and Agricultural Products*. 14(2): 148–159.
- Imanningsih, Nelis. 2012. Profil Gelatinisasi Beberapa Formulasi Tepung-Tepungan Untuk Pendugaan Sifat Pemasakan. *Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan*. Penel Gizi Makan. 35(1): 13-22. Jakarta: Badan Litbangkes, Kemenkes R.I.
- Indrianti, N., R. Kumalasari, R. Ekafitri, D.A. Darmajana. 2013. Pengaruh Penggunaan Pati Ganyong, Tapioka, dan Mocaf Sebagai Bahan Substitusi terhadap Sifat Fisik Mie Jagung Instan. *Jurnal Agritech*. 33(4): 391-398.
- International Rice Research Institute (IRRI). 1978. *Soils and Rice*. Los Banos:: IRRI
- Jading, A., E. Tethool, P. Payung, dan S. Gultom. 2011. Karakteristik Fisikokimia Pati Sagu Hasil Pengeringan Secara Fluidisasi Menggunakan Alat Pengering Cross Flow Fluidized Bed Bertenaga Surya dan Biomassa. *Reaktor*. 13(3): 155-164.
- Juheini, Iskandarsyah, J.A. Animar, dan Jenny. 2004. Pengaruh Kandungan Pati Singkong Terpregelatinasi Terhadap Karakteristik Fisik Tablet Lepas Terkontrol Teofilin. *Majalah Ilmu Kefarmasian*.1(1): article 3.
<https://doi.org/10.7454/psr.v1i1.3366>
- Kalsum, N., dan Surfiana. 2013. Karakteristik Dekstrin dari Pati Ubi Kayu yang Diproduksi dengan Metode Prigelatinisasi Parsial. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 13(1): 13–23.
- Kankate, D., S.G. Panpalia, K.J. Kumar, dan J.F. Kennedy. 2020. Studi Untuk Memprediksi Pengaruh Pregelatinisasi Pada Sifat Eksipien Campuran Tepung Jagung dan Kentang. *Jurnal Internasional Makromolekul Biologis*. 16(4): 1206– 1214.
<https://doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.07.170>.
- Karmakar, R., D.K. Ban, dan U. Ghosh. 2014. Comparative Study of Native and Modified Starches Isolated From Conventional and Nonconventional Sources. *International Food Research Journal*. 21(2): 597-602
- Kaur, M., D.P. Oberoi, D. Sogi, dan B.S. Gill. 2011. Physicochemical, Morphological, Pasting Properties of Acid Treated Starches From Different Botanical Sources. *Journal Food Science Technology*. 48 (4): 460-465.
- Koswara, S. 2013. *Teknologi Pengolahan Umbian Bagian 6: Pengolahan Singkong*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Kurniawan, F., S. Hartini, dan K. A. K. Hastuti. 2015. Pengaruh Pemanasan terhadap Kadar Pati dan Gula Reduksi Pada Tepung Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus lamk*). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains*: 2087-0992
- Kusnandar, Feri. 2019. *Kimia Pangan Komponen Makro*. Jakarta : Bumi Aksara
- Kusumawati, D. H., dan P. Rukmi. 2013. Karakteristik Fisik dan Kimia *Edible Film* Pati Jagung yang Diinkorporasi dengan Perasan Temu Hitam. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 1 (1): 90-100
- Lestari, P. M., A. Widayanti, dan H. Afifah. 2019. The Effect of Pregelatinized Taro Starch (*Colocasia esculenta (L.) schott*) Temperature as Filler on Thiamine Hydrochloride Tablet. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*. 7(22): 3827–3832.
<https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.513>
- Marta, H., dan Tensiska. 2016. Kajian Sifat Fisikokimia Tepung Jagung Prigelatinisasi Serta Aplikasinya Pada Pembuatan Bubur Instan. *Jurnal Penelitian Pangan*. 1(1):4-15. <https://DOI: 10.24198/jp2.2016.vol1.1.03>.
- Mawarni, R. T., dan S. B. Widjanarko. 2015. Penggilingan Metode *Ball Mill* Dengan Pemurnian Kimia Terhadap Penurunan Oksalat Tepung Porang. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3 (2): 571-581.
- Nafi', A., R.D. Safitri, Giyarto, D. Setiawan, dan N. Diniyah. 2022. Pengaruh Formulasi Tepung Kimpul Prigelatinisasi dan Isolat Protein Kedelai terhadap Karakteristik Sifat Fisikokimia dan Sifat Organoleptik Makaroni Goreng. *Jurnal Warta Industri hasil Pertanian*. 39 (2): 47-94
- Nisah, K. 2017. Study Pengaruh Kandungan Amilosa dan Amilopektin Umbi-Umbian Terhadap Karakteristik Fisik Plastik Biodegradable dengan Plastizicer Gliserol. *Jurnal Biotik*. 5 (2): 106-113.
- Nwokocha, L. M., dan P.A. Williams. 2009. New starches: Physicochemical Properties of Sweetsop (*Annona squamosa*) and Soursop (*Annona muricata*) Starches. *Glyndwr University Reasearch Online*. 78(3): 462–468. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.05.003>.
- Padmaja, G., C. Balagopalan, S.N. Moorthy, dan V., P., Potty. 2002. Yuca Rava and Yuca Porridge : The Funtional Properties and Quality of Two Novel Cassava Poducts. *Cassava Flour and Starch: Progress in Research and Development*: 323-330.
- Palanisamy, A., F. Deslandes, M. Ramaioli, P.Menut, A. Plana-Fattori, dan D. Flick. 2020. Kinetic Modelling Of Individual Starch Granules Swelling. *Journal Food Structure*. 4(1): 1–26.
<https://doi.org/10.1016/j.foostr.2020.100150>.

- Palupi, H.T., A. Zainul A dan M. Nugroho. 2011. Pengaruh Pre Gelatinisasi Terhadap Karakteristik Tepung Singkong. *Teknologi Pangan*. 1(1): 1 – 14.
- Pangesti, Y.D., N.H.R. Parnanto, dan A.A. Ridwan, A.A. 2014. Kajian Sifat Fisikokimia Tepung Bengkuang (*Pachyhzus erosus*) Dimodifikasi Secara Heat Moisture Treatment (HMT) dengan Variasi Suhu. *Jurnal Teknosains Pangan*. 3(3):73–77.
- Philpot, K., M. Martin, V. Butardo, D. Willoughby, dan M. Fitzgerald. 2006. Environmental Factors That Affect the Ability of Amylose to cContribute to Retrogradation in Gels Made From Rice Flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54(14): 5182–5190.
<https://doi.org/10.1021/jf060666y>
- Pratiwi, F. 2013. Pemanfaatan Tepung Daging Ikan Layang untuk Pembuatan Stik Ikan. *Jurnal Ilmu Pangan*. 5 (6).
- Putra, I. N. K., I.P. Suparthana, dan N.P.T. Ina. 2020. Physicochemical Properties and Microstructure of The Pregelatinized Tannia Flour Prepared By A Simple Parboiling Method. *Asian Journal of Agriculture and Biology*. 8 (2): 138-146. DOI: 10.35495/ajab.2019.06.257
- Putri, N, A., H.Herlina, dan A. Subagio. 2018. Karakteristik Mocaf (*Modified Cassava Flour*) Berdasarkan Metode Penggilingan dan Lama Fermentasi. *Jurnal Agroteknologi*. 12 (1).
- Rao, J.S., R. Parimalavalli, dan K. Jagannadham. 2014. Impact of Cross-Linking On PhysicoChemical And Functional Properties Of Cassava Starch. *International Journal of Advance Reseach*. 2(5) : 284-289.
- Resthi, A., dan Zukryandry. 2021. Substitusi Tepung Mocaf (*Modified Cassava Flour*) Dalam Pembuatan Bolu Kukus. *Food Scientia : Journal of Food Science and Technology*. 1(1): 37–48.
<https://doi.org/10.33830/fsj.v1i1.1453.2021>.
- Rohaya, M. S., M.Y. Maskat, dan A.G. Ma'Aruf. 2013. Rheological Properties of Different Degree of Pregelatinized Rice Flour Batter. *Journal Sains Malaysiana*. 42(12): 1707–1714.
- Rosida, D.F. 2021. *Buku Ajar Modifikasi Pati dari Umbi-umbian Lokal dan Aplikasinya pada Produk Pangan*. Surabaya: CV. Putra Media Nusantara.
- Setiarto, R.H.B., N. Widyastuti, dan A. Sumariyadi. 2018. Peningkatan Kadar Pati Resisten Tipe III Tepung Singkong Termodifikasi Melalui Fermentasi dan Pemanasan Bertekanan-Pendinginan. *Jurnal BIOPROPAL Industri*. 9(1): 9-23.

- Sidqi, A.Z., dan I.D. Kumalasari. 2022. Perbandingan Mutu *Modified Cassva Flour* (MOCAF) di PT. Rumah Mocaf Indonesia, Banjarnegara, Jawa Tengah. *Jurnal Agrotek*. 16 (3): 420-428. DOI 10.21107/agrotek.v16i3.11747
- Subagio, A. 2006. *Ubi Kayu : Substitusi Berbagai Tepung-Tepungan*. Jakarta: Gramedia.
- Subagio, A. 2008. Produk Bakery Dengan Tepung Singkong. *Food review Indonesia*. 3(8).
- Subagio, A., S. Wiwik, Y. Witono, dan F. Fahmi. 2008. Prosedur Operasi Standar (POS) Produksi Mocal Berbasis Klaster. *Rusnas Diversifikasi Pangan Pokok*.
- Sudarmadji, S., B. Haryono, dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Sugiyono, S.E. Wibowo, S. Koswara, S. Herodian, S. Widowati, dan S. Santosa. 2010. Pengembangan Produk Mi Instan dari Tepung Hotong (*Setaria italica Beauv.*) dan Pendugaan Umur Simpannya dengan Metode Akselerasi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 21(1): 45–50.
- Tandrianto, J., D.K. Mintoko, dan S. Gunawan. 2014. Pengaruh Fermentasi pada Pembuatan Mocaf (*Modified Cassava Flour*) dengan Menggunakan *lactobacillus plantarum* terhadap Kandungan Protein. *Jurnal Teknik Pomits*. 3(2): 143–145.
- Thitipraphunkul, K., D. Uttapap, K. Piyachomkwan, dan Y. Takeda. 2003. A Comparative Study of Edible Canna (*Canna edulis*) Starch from Different Cultivars. Part I. Chemical Composition and Physicochemical Properties. *Carbohydrate Polymers*. 53 (3): 317-324. doi:10.1016/s0144-8617(03)00081-x
- Wang, L., C. Zhang, Z. Chen, X. Wang, K. Wang, Y. Li, R. Wang, X. Luo, Y. Li, dan J. Li. 2018. Effect of Annealing on The Physico-Chemical Properties of Rice Starch and The Quality of Rice Noodles. *Journal of Cereal Science*.
- Wanita, Y. P., dan E. Wisnu. 2013. Pengaruh Cara Pembuatan Mocaf Terhadap Kandungan Amilosa dan Derajat Putih Tepung. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang Dan Umbi*. 22: 588–596.
- Wulandari, Y.W., dan A. Mustofa. 2014. karakteristik Kimiawi Tepung Mocaf dengan Variasi Fermentasi Spontan Menggunakan Yoghurt Sebagai Starter Culture. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 1(1): 18-22.
- Yuliasih, I., T.T. Irawadi, I. Sailah, H. Pranamuda, K. Setyowati, dan T.C Sunarti. 2007. Pengaruh Proses Fraksinasi Pati Sagu Terhadap Karakteristik Fraksi

Amilosanya. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 17(1): 29–36.

Yuliwardi, F., E. Syamsir, P. Hariyadi, dan S. Widowati. 2014. Pengaruh Dua Siklus *Autoclaving-cooling* terhadap Kadar Pati Resisten Tepung Beras dan Bihun yang Dihasilkannya. *Jurnal PANGAN*. 23(1): 43-52



LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Derajat Putih Mocaf Pregelatinisasi

a. Data hasil analisis Derajat Putih

Sampel	Derajat Putih		Rata-rata(%)	Standar Deviasi
	U1	U2		
Kontrol	87.31	87.34	87.33	0.02
A1B1	90.93	90.95	90.94	0.01
A1B2	90.09	90.11	90.10	0.01
A1B3	89.82	89.85	89.84	0.02
A2B1	89.20	89.27	89.23	0.05
A2B2	88.96	88.97	88.97	0.01
A2B3	88.42	88.37	88.40	0.03
A3B1	88.03	88.07	88.05	0.03
A3B2	87.93	87.95	87.94	0.01
A3B3	87.56	87.55	87.56	0.01

b. Data Hasil Analisis Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Derajat Putih

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	20.40 ^a	8	2.55	4775.47	.00
Intercept	142583.95	1	142583.95	266978913.77	.00
suhu_pemanasan	1.97	2	.99	1847.16	.00
waktu_pemanasan	18.07	2	9.04	16921.24	.00
suhu_pemanasan *	.36	4	.09	166.73	.00
waktu_pemanasan					
Error	.01	9	.00		
Total	142604.35	18			
Corrected Total	20.41	17			

a.R Squared = 1,00 (Adjusted R Squared = 1,00)

c. Data Hasil Uji DNMRT

Derajat Putih

Duncan ^{a,b}

Perlakuan	N	Subset									Notasi	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
A3B3	2	87.56										a
A3B2	2		87.94									b
A3B1	2			88.05								c
A2B3	2				88.39							d
A2B2	2					88.96						e
A2B1	2						89.23					f
A1B3	2							89.84				g
A1B2	2								90.10			h
A1B1	2									90.94		i
Sig.		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

b. Alpha = ,05.

Lampiran 2. Data Kadar Air Mocaf Pregelatinisasi

a. Data Hasil Analisis Kadar Air

Sampel	Kadar Air (%)		Rata-rata (%)	Standar Deviasi
	U1	U2		
Kontrol	11.39	11.41	11.40	0.02
A1B1	8.33	8.14	8.23	0.14
A1B2	8.74	8.88	8.81	0.10
A1B3	9.08	9.28	9.18	0.14
A2B1	9.58	9.26	9.42	0.22

A2B2	9.57	9.38	9.48	0.13
A2B3	9.84	9.59	9.72	0.18
A3B1	9.64	9.88	9.76	0.17
A3B2	9.91	9.85	9.88	0.04
A3B3	9.97	9.86	9.92	0.08

b. Data Hasil Analisis Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar Air

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.98 ^a	8	.62	30.49	.00
Intercept	1582.89	1	1582.89	77511.96	.00
suhu_pemanasan	.66	2	.33	16.14	.00
waktu_pemanasan	3.94	2	1.97	96.49	.00
suhu_pemanasan *	.38	4	.10	4.67	.02
waktu_pemanasan					
Error	.18	9	.02		
Total	1588.05	18			
Corrected Total	5.17	17			

a. R Squared = ,96 (Adjusted R Squared = ,93)

c. Hasil Uji DNMRT

Nilai Kadar AirDuncan ^{a,b}

Perlakuan	N	Subset					Notasi
		1	2	3	4	5	
A1B1	2	8.23					a
A1B2	2		8.81				b
A1B3	2			9.18			c
A2B1	2			9.42	9.42		cd
A2B2	2			9.48	9.48		cd
A2B3	2				9.72	9.72	de
A3B1	2				9.76	9.76	de
A3B2	2					9.88	e
A3B3	2					9.92	e
Sig.		1.00	1.00	.08	.05	.22	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,020.

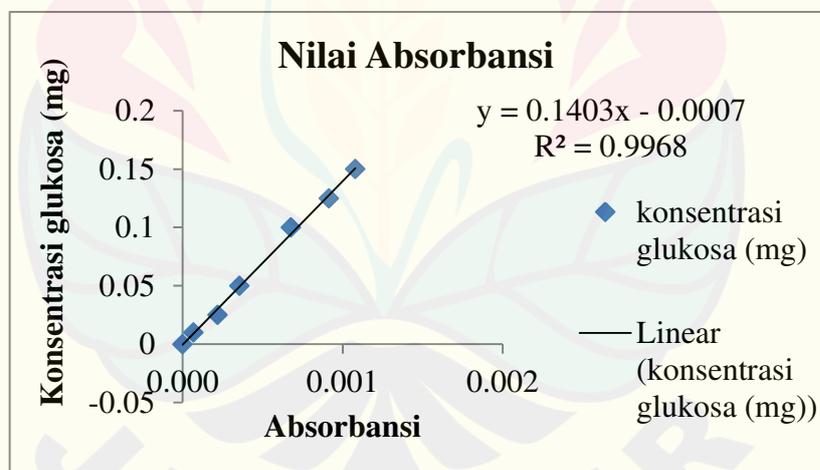
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

b. Alpha = ,05.

Lampiran 3. Data Kadar Pati Mocaf Pregelatinisasi

a. Data Kurva Standar Pati

Volume cuplikan (ml)	Absorbans i 1	absorbans i 2	Abs (glukosa-blanko 1)	Abs (glukosa-blanko 2)	Konsentras i glukosa (mg)	Rata-rata abs
0	0.05	0.05	0	0	0.00	0.00
0.01	0.11	0.12	0.06	0.08	0.01	0.07
0.025	0.27	0.26	0.22	0.22	0.03	0.22
0.05	0.40	0.40	0.35	0.36	0.05	0.36
0.075	0.58	0.58	0.53	0.53	0.08	0.53
0.100	0.72	0.73	0.67	0.68	0.10	0.68
0.125	0.96	0.96	0.91	0.92	0.13	0.91
0.150	1.13	1.12	1.08	1.08	0.15	1.08



b. Data Hasil Analisis Kadar Pati

Sampel	Kadar Pati (%)		Rata-rata (%)	Standar Deviasi
	U1	U2		
Kontrol	85.30	84.91	85.11	0.27
A1B1	88.93	88.94	88.94	0.01
A1B2	88.63	88.63	88.63	0.01
A1B3	88.27	88.21	88.24	0.04
A2B1	87.34	87.35	87.34	0.01

A2B2	87.22	87.16	87.19	0.04
A2B3	86.36	86.37	86.37	0.01
A3B1	86.18	86.18	86.18	0.01
A3B2	85.71	85.69	85.70	0.02
A3B3	85.19	85.22	85.20	0.02

c. Data Hasil Analisis Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar Pati

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	28.06 ^a	8	3.51	6349.75	.00
Intercept	136514.53	1	136514.53	247149493.61	.00
suhu_pemanasan	2.40	2	1.20	2169.38	.00
waktu_pemanasan	25.52	2	12.77	23103.70	.00
suhu_pemanasan *	.14	4	.04	62.97	.00
waktu_pemanasan					
Error	.01	9	.01		
Total	136542.60	18			
Corrected Total	28.06	17			

a.R Squared = 1,00 (Adjusted R Squared = 1,00)

d. Hasil Uji DNMRT

Nilai Kadar Pati

Duncan ^{a,b}

Perlakuan	N	Subset									Nota
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A3B3	2	85.20									a
A3B2	2		85.70								b
A3B1	2			86.18							c
A2B3	2				86.36						d
A2B2	2					87.19					e

A2B1	2									87.34		f	
A1B3	2										88.24	g	
A1B2	2										88.63	h	
A1B1	2											88.94	i
Sig.		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,01.

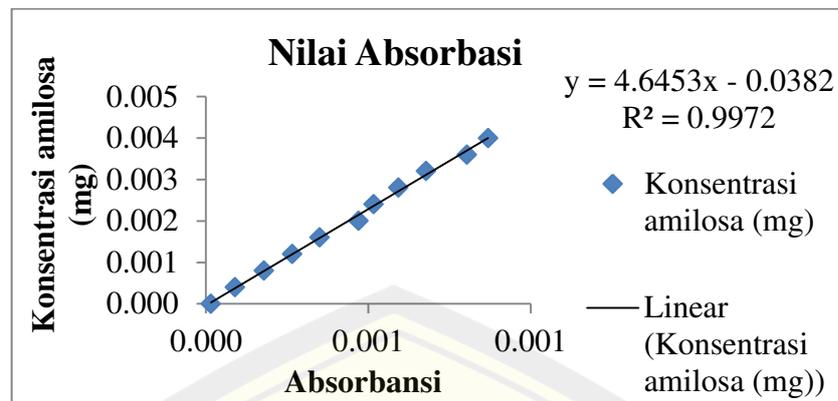
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,00.

b. Alpha = ,05.

Lampiran 4. Data Kadar Amilosa Mocaf Pregelatinisasi

a. Data Kurva Standar Amilosa

Volume Cuplikan (ml)	Absorban si 1	Absorban si 2	Abs (amilosa -blanko 1)	Abs (amilosa -blanko 2)	Konsentrasi amilosa (mg)	Rata-rata abs
0	0.01	0.02	0	0	0.00	0.02
1	0.09	0.10	0.08	0.07	0.40	0.09
2	0.18	0.18	0.17	0.16	0.80	0.18
3	0.26	0.27	0.25	0.25	1.20	0.27
4	0.35	0.35	0.34	0.33	1.60	0.35
5	0.47	0.47	0.46	0.45	2.00	0.47
6	0.52	0.52	0.50	0.50	2.40	0.52
7	0.60	0.59	0.58	0.58	2.80	0.59
8	0.68	0.68	0.66	0.66	3.20	0.68
9	0.80	0.80	0.79	0.79	3.60	0.80
10	0.87	0.87	0.86	0.85	4.00	0.87



b. Data hasil Analisis Kadar Amilosa

Sampel	Kadar Amilosa (%)		Rata-rata (%)	Standar Deviasi
	U1	U2		
Kontrol	30.73	30.99	30.86	0.19
A1B1	35.32	35.36	35.34	0.03
A1B2	34.59	34.57	34.58	0.02
A1B3	34.38	34.32	34.35	0.04
A2B1	34.19	34.16	34.18	0.02
A2B2	33.54	33.57	33.56	0.02
A2B3	32.97	32.98	32.98	0.01
A3B1	32.55	32.57	32.56	0.01
A3B2	31.91	31.95	31.93	0.03
A3B3	31.22	31.21	31.22	0.01

c. Data Hasil Analisis Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar Amilosa

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	28.98 ^a	8	3.62	6351.81	.00
Intercept	20091.42	1	20091.42	35235543.30	.00
suhu_pemanasan	4.18	2	2.09	3668.42	.00
waktu_pemanasan	24.66	2	12.33	21619.92	.00
suhu_pemanasan *	.14	4	.03	59.44	.00
waktu_pemanasan					
Error	.05	9	.01		
Total	20120.40	18			
Corrected Total	28.98	17			

a.R Squared = 1,000 (Adjusted R Squared = 1,000)

d. Hasil Uji DNMRT

Nilai Kadar Amilosa

Duncan ^{a,b}

Perla kuan	N	Subset									Nota si	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
A3B3	2	31.2										a
A3B2	2		31.9									b
A3B1	2			32.5								c
A2B3	2				32.9							d
A2B2	2					33.5						e
A2B1	2						34.1					f
A1B3	2							34.35				g
A1B2	2								34.58			h
A1B1	2									35.34		i
Sig.		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

b. Alpha = ,05.

Lampiran 5. Data Kadar Amilopektin Mocaf Pregelatinisasi

a. Data Hasil Analisis Kadar Amilopektin

Sampel	Kadar Amilopektin (%)		Rata-rata (%)	Standar Deviasi
	U1	U2		
Kontrol	47.88	46.98	47.43	0.64
A1B1	44.83	44.62	44.72	0.15
A1B2	46.14	45.76	45.95	0.27
A1B3	48.13	49.08	48.61	0.67
A2B1	48.88	49.31	49.10	0.30
A2B2	50.90	50.49	50.70	0.29
A2B3	52.73	53.04	52.89	0.22
A3B1	53.45	53.94	53.70	0.34
A3B2	55.59	55.22	55.41	0.26
A3B3	57.90	57.61	57.75	0.21

b. Data Hasil Analisis Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar Amilopektin

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	322.99 ^a	9	35.89	255.68	.00
Intercept	44902.77	1	44902.77	319911.36	.00
suhu_pemanasan	46.63	2	23.32	166.12	.00
waktu_pemanasan	253.50	2	126.75	903.05	.00
suhu_pemanasan *	.19	4	.05	.34	.00
waktu_pemanasan					
Error	1.40	10	.14		
Total	51578.51	20			
Corrected Total	324.39	19			

a. R Squared = ,996 (Adjusted R Squared = ,992)

c. Hasil Uji DNMRT

Nilai Kadar Amilopektin

Duncan ^{a,b}

Perlakuan	N	Subset									Notasi	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
A1B1	2	44.7										a
A1B2	2		45.9									b
A1B3	2			48.6								c
A2B1	2				49.1							d
A2B2	2					50.7						e
A2B3	2						52.8					f
A3B1	2							53.7				g
A3B2	2								55.4			h
A3B3	2									57.76		i
Sig.		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

b. Alpha = ,05.

Lampiran 6. Data Sineresis Mocaf Pregelatinisasi

a. Data Hasil Analisis Sineresis

Sampel	Sineresis (g/g)		Rata-rata (%)	Standar Deviasi
	U1	U2		
Kontrol	0.45	0.43	0.44	0.01
A1B1	0.38	0.32	0.35	0.04
A1B2	0.38	0.36	0.37	0.01
A1B3	0.38	0.41	0.40	0.02
A2B1	0.40	0.42	0.41	0.01
A2B2	0.40	0.43	0.41	0.02
A2B3	0.43	0.41	0.42	0.02
A3B1	0.41	0.44	0.43	0.02
A3B2	0.45	0.43	0.44	0.01
A3B3	0.46	0.44	0.45	0.02

b. Data Hasil Analisis Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Sineresis

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.440E-6 ^a	8	5.550E-07	27.75	.00
Intercept	.00	1	.00	16900.00	.00
suhu_pemanasan	8.400E-07	2	4.200E-07	21.00	.00
waktu_pemanasan	3.293E-06	2	1.647E-06	82.33	.00
suhu_pemanasan * waktu_pemanasan	3.067E-07	4	7.667E-08	3.83	.04
Error	1.800E-07	9	2.000E-08		
Total	.00	18			
Corrected Total	4.620E-06	17			

a.R Squared = ,961 (Adjusted R Squared = ,926)

c. Hasil Uji DNMRT

Nilai Sineresis

Duncan ^{a,b}

perlakuan n	N	Subset							Notasi
		1	2	3	4	5	6	7	
A1B1	2	.35							a
A2B1	2		.37	.37					bc
A3B1	2			.40	.40				cd
A1B2	2				.41				d
A2B2	2				.41	.4124			de
A3B2	2					.42			e
A1B3	2						.44		f
A2B3	2						.44	.44	fg
A3B3	2							.45	g
Sig.		.52	.07	.19	.19	.19	.06	.50	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 2,00E-008.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

b. Alpha = ,05.

Lampiran 7. Data Swelling Power Mocaf Pregelatinisasia. Data Hasil Analisis *Swelling Power*

Sampel	<i>Swelling Power</i> (g/g)		Rata-rata (%)	Standar Deviasi
	U1	U2		
Kontrol	16.80	16.85	16.83	0.03
A1B1	11.75	12.24	12.00	0.34
A1B2	12.67	13.35	13.01	0.49
A1B3	13.84	13.31	13.57	0.38
A2B1	13.81	14.28	14.04	0.33
A2B2	14.67	15.27	14.97	0.43
A2B3	15.33	15.97	15.65	0.45
A3B1	16.51	16.86	16.69	0.25
A3B2	16.96	17.48	17.22	0.37
A3B3	19.93	19.35	19.64	0.41

b. Data Hasil Analisis Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects EffectsDependent Variable: *Swelling Power*

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	90.71 ^a	8	11.34	75.33	.00
Intercept	4158.10	1	4158.10	27625.80	.00
suhu_pemanasan	12.71	2	6.35	42.21	.00
waktu_pemanasan	75.63	2	37.82	251.24	.00
suhu_pemanasan *	2.37	4	.59	3.94	.04
waktu_pemanasan					
Error	1.36	9	.15		
Total	4250.16	18			
Corrected Total	92.06	17			

a.R Squared = ,985 (Adjusted R Squared = ,972)

c. Hasil Uji DNMRT

Nilai Swelling PowerDuncan ^{a,b}

Perlakuan	N	Subset						Notasi
		1	2	3	4	5	6	
A1B1	2	11.99						a
A1B2	2		13.01					b
A1B3	2			13.57				c
A2B1	2			14.04				c
A2B2	2				14.97			d
A2B3	2				15.65			d
A3B1	2					16.69		e
A3B2	2					17.22		e
A3B3	2						19.64	f
Sig.		1.00	.18	.25	.12	.20	1.00	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,151.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

b. Alpha = ,05.

Lampiran 8. Data Nilai Kelarutan Mocaf Pregelatinisasi

a. Data Hasil Analisis Nilai Kelarutan

Sampel	Nilai Kelarutan (%)		Rata-rata (%)	Standar Deviasi
	U1	U2		
Kontrol	2.59	2.13	2.36	0.33
A1B1	3.91	3.56	3.74	0.25
A1B2	5.71	6.09	5.90	0.26
A1B3	6.77	7.23	7.00	0.33
A2B1	5.70	5.88	5.79	0.12
A2B2	7.20	6.92	7.06	0.20
A2B3	7.14	7.54	7.34	0.29
A3B1	8.65	8.32	8.49	0.23
A3B2	9.42	8.78	9.10	0.45
A3B3	10.59	10.02	10.30	0.40

b. Data Hasil Analisis Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Nilai Kelarutan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	61.90 ^a	8	7.74	70.94	.00
Intercept	917.18	1	917.18	8409.36	.00
waktu_pemanasan	45.02	2	22.51	206.38	.00
suhu_pemanasan	14.70	2	7.35	67.40	.00
waktu_pemanasan * suhu_pemanasan	2.18	4	.54	4.99	.02
Error	.98	9	.11		
Total	980.06	18			
Corrected Total	62.88	17			

a.R Squared = ,984 (Adjusted R Squared = ,971)

c. Hasil Uji DNMRT

Nilai Kelarutan

Duncan ^{a,b}

Perlakuan	N	Subset						Nota si
		1	2	3	4	5	6	
A1B1	2	3.74						a
A2B1	2		5.80					b
A1B2	2			5.90				c
A2B2	2				6.59			d
A1B3	2				7.00			d
A2B3	2				7.34			d
A3B1	2					8.49		e
A3B2	2					9.10		e
A3B3	2						10.30	f
Sig.		1.00	.75	.07	.06	.10	1.00	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,109.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

b. Alpha = ,05.

Lampiran 9. Data Water Holding Capacity Mocaf Pregelatinisasia. Data Hasil Analisis *Water Holding Capacity*

Sampel	<i>Water Holding Capacity</i> (%)		Rata-rata (%)	Standar Deviasi
	U1	U2		
Kontrol	205.44	205.04	205.24	0.29
A1B1	174.97	174.31	174.64	0.47
A1B2	178.95	179.53	179.24	0.40
A1B3	180.66	180.15	180.40	0.36
A2B1	189.10	188.47	188.78	0.45
A2B2	193.11	192.45	192.78	0.47
A2B3	206.77	206.31	206.54	0.33
A3B1	208.74	208.12	208.43	0.44
A3B2	217.16	217.60	217.37	0.31
A3B3	235.21	235.82	235.52	0.43

b. Data Hasil Analisis Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects EffectsDependent Variable: *Water Holding Capacity*

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6567.41 ^a	8	820.93	4892.85	.00
Intercept	707031.73	1	707031.73	4214026.36	.00
suhu_pemanasan	880.67	2	440.33	2624.46	.00
waktu_pemanasan	5421.08	2	2710.54	16155.28	.00
suhu_pemanasan *	265.66	4	66.41	395.84	.00
waktu_pemanasan					
Error	1.51	9	.17		
Total	713600.64	18			
Corrected Total	6568.92	17			

a. R Squared = 1,000 (Adjusted R Squared = 1,000)

c. Hasil Uji DNMRT

Nilai Water Holding Capacity

Duncan^{a,b}

Perlakuan	N	Subset									Notasi	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
A1B1	2	174.64										a
A1B2	2		179.24									b
A1B3	2			180.40								c
A2B1	2				188.78							d
A2B2	2					192.78						e
A2B3	2						206.54					f
A3B1	2							208.43				g
A3B2	2								217.37			h
A3B3	2									235.52		i
Sig.		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,168.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

b. Alpha = ,05.

Lampiran 10. Data Oil Holding Capacity Mocaf Pregelatinisasi

a. Data Hasil Analisis Oil Holding Capacity

Sampel	Oil Holding Capacity (%)		Rata-rata (%)	Standar Deviasi
	U1	U2		
Kontrol	176.89	176.40	176.65	0.34
A1B1	106.66	107.37	107.01	0.51
A1B2	111.69	111.35	111.52	0.24
A1B3	122.28	121.64	121.96	0.45
A2B1	124.04	123.55	123.80	0.35
A2B2	130.24	129.91	130.07	0.23
A2B3	135.35	134.81	135.08	0.38
A3B1	149.48	148.91	149.20	0.41
A3B2	153.55	153.00	153.27	0.39
A3B3	159.39	158.86	159.13	0.37

b. Data Hasil Analisis Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects EffectsDependent Variable: *Oil Holding Capacity*

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5416.07 ^a	8	677.01	4685.07	.00
Intercept	315237.53	1	315237.53	2181523.39	.00
suhu_pemanasan	440.42	2	220.21	1523.90	.00
waktu_pemanasan	4953.46	2	2476.73	17139.59	.00
suhu_pemanasan *	22.20	4	5.55	38.40	.00
waktu_pemanasan					
Error	1.30	9	.15		
Total	320654.91	18			
Corrected Total	5417.37	17			

a.R Squared = 1,000 (Adjusted R Squared = 1,000)

c. Hasil Uji DNMRT

Nilai Oil Holding CapacityDuncan^{a,b}

Perlakuan	N	Subset									Notasi
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A1B1	2	107.01									a
A1B2	2		111.52								b
A1B3	2			121.96							c
A2B1	2				123.79						d
A2B2	2					130.07					e
A2B3	2						135.08				f
A3B1	2							149.20			g
A3B2	2								153.27		h
A3B3	2									159.13	i
Sig.		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,145.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

b. Alpha = ,05.

Lampiran 11. Nilai Efektivitas MOCAF Pregelatinisasi

a. Bobot parameter efektivitas

Parameter	Bobot Nilai	Bobot Normal Parameter
Derajat Putih	0.90	0.10
Kadar Air	1.00	0.11
Kadar Pati	0.80	0.09
Kadar Amilosa	0.80	0.09
Kadar Amilopektin	0.80	0.09
Sineresis	0.80	0.09
Swelling Power	1.00	0.11
Kelarutan	1.00	0.11
WHC	1.00	0.11
OHC	0.90	0.10
Total	9.00	1.00

b. Hasil perhitungan nilai efektivitas

Parameter	A1B1	A1B2	A1B3	A2B1	A2B2	A2B3	A3B1	A3B2	A3B3
	NH	NH	NH						
Derajat Putih	0.10	0.08	0.07	0.05	0.04	0.02	0.015	0.01	0.00
Kadar Air	0.11	0.08	0.05	0.03	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00
Kadar Pati	0.00	0.01	0.02	0.04	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09
Kadar Amilosa	0.00	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09
Kadar Amilopektin	0.00	0.01	0.03	0.03	0.04	0.06	0.06	0.07	0.09
Sineresis	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00
Swelling Power	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.11
Kelarutan	0.00	0.04	0.06	0.03	0.06	0.06	0.08	0.09	0.11
WHC	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.06	0.06	0.08	0.11
OHC	0.00	0.01	0.03	0.03	0.04	0.05	0.08	0.09	0.10
Total	0.30	0.32	0.35	0.34	0.40	0.46	0.52	0.58	0.70

Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian



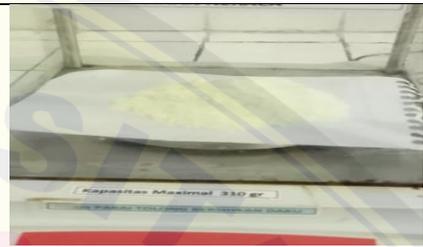
Pengupasan ubi kayu



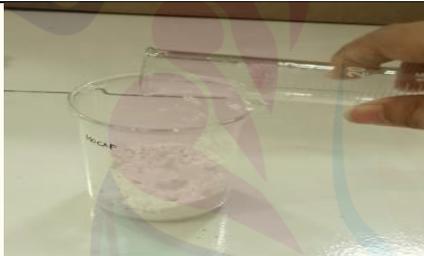
Proses fermentasi mocaf



Pengeringan mocaf dengan sinar matahari



Penimbangan sampel mocaf



Penambahan aquades kedalam *beaker glass* yang berisikan mocaf



Pengecekan suhu untuk proses pregelatinisasi



Proses pregelatinisasi sampel mocaf



pengeringan dengan oven



Sampel setelah pengeringan dan telah diayak



Pengujian derajat putih



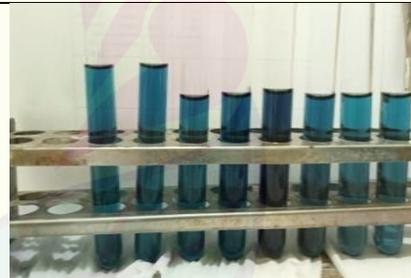
Pengujian kadar air



Pembuatan kurva standar pati



Preparasi sampel uji pati



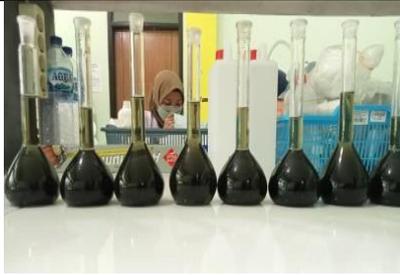
Analisa kadar pati mocaf pregelatinisasi



Pembuatan kurva standar amilosa



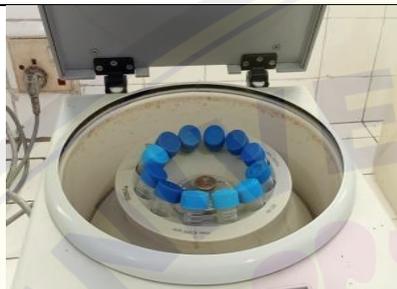
Preparasi sampel uji amilosa



Analisa kadar amilosa mocaf pregelatinisasi



Pengujian Sineresis



Pengujian *swelling power*



Pengujian Kelarutan



Pengujian *water holding capacity*



Pengujian *oil holding capacity*