

PERBEDAAN SUHU DAN LAMA PERENDAMAN MOCAF DENGAN MODIFIKASI ANNEALING TERHADAP SIFAT FUNGSIONAL TEKNIS DAN KANDUNGAN PATI

Differences of Temperature and Time Soaking MOCAF with Modification Annealing on Technical Functional Properties and Starch Content

Nelfi Ararinda Kusweni, Achmad Subagio, Nurud Diniyah*

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37 Kampus Tegal Boto, Jember, Jawa Timur, Indonesia, 68121
*Penulis Korespondensi, email: nurud.ftp@unej.ac.id

Disubmit : 12 Juni 2023

Direvisi : 5 Agustus 2024

Diterima : 23 Agustus 2024

ABSTRAK

MOCAF merupakan salah satu olahan berbahan baku ubi kayu yang difermentasi dengan mikroba. MOCAF masih memiliki beberapa kekurangan yaitu *swelling power* dan kelarutan yang cenderung tinggi, hal tersebut menyebabkan pemanfaatan dan pengaplikasian MOCAF pada industri pangan atau produk pangan kurang maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan suhu dan waktu *annealing* terhadap sifat fungsional dan kimia MOCAF termodifikasi. Metode penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor, masing-masing perlakuan dilakukan dua kali pengulangan. Faktor pertama suhu *annealing* (T) (27, 40, dan 50°C), dan faktor kedua yaitu waktu *annealing* (L) (0 jam (aktual 15 menit), 8 jam, 16 jam). Parameter yang diamati yaitu *swelling power*, kelarutan, *Water Holding Capacity* (WHC), *Oil Holding Capacity* (OHC), sineresis, kadar air, kadar abu, kadar pati, kadar amilosa, dan kadar amilopektin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan suhu *annealing* 50°C dengan waktu *annealing* 16 jam mampu menurunkan *swelling power* 17,01 (g/g), kelarutan 5,18 g/g, kadar abu 0,41%, WHC 110,79%, OHC 101,28%, sineresis 0,41%, dan amilopektin 48,16%; dan meningkatkan kadar air 10,27%, kadar amilosa 38,83%, dan kadar pati 87,88%. Modifikasi MOCAF menggunakan metode *annealing* dengan perlakuan perbedaan suhu dan waktu *annealing* berpengaruh signifikan terhadap semua parameter uji sehingga, MOCAF termodifikasi *annealing* dapat lebih luas dalam pemanfaatan dan pengaplikasian pada industri pangan atau produk pangan.

Kata kunci: *Annealing*; MOCAF; Suhu; Waktu

ABSTRACT

MOCAF (Modified Cassava Flour) is a processed product made from cassava that is fermented with microbes. MOCAF still has some drawbacks, namely *swelling power* and solubility, which tend to be high, causing the utilization and application of MOCAF in the food industry or food products to be less than optimal. This study aims to determine the effect of differences in temperature and time of *annealing* on the functional and chemical properties of modified MOCAF using the *annealing* method. This research used a randomized block design (RBD) with two factors, where each treatment was repeated twice. The first factor is the temperature of *annealing* (T) (27, 40, and 50°C), and the second factor is the time of *annealing* (L) (0 hours (actual 15 minutes), 8 hours, 16 hours). Parameters observed consist of *swelling power*, solubility, *Water Holding Capacity* (WHC), *Oil Holding Capacity* (OHC), *syneresis*, moisture content, ash content, starch content, amylose content, and amylopectin content. The results showed that the temperature of *annealing* 50°C with a time of *annealing* 16 hours was able to reduce *swelling power* 17.01 g/g, solubility

5.18 g/g, ash content 0.41 %, WHC 110.79%, OHC 101.28%, syneresis 0.41%, and amylopectin 48.16%; and increased water content 10.27%, amylose content 38.83%, and starch content 87.88%. MOCAF modification using the method of annealing with the treatment of differences in temperature and time of annealing significantly affected all test parameters, so that MOCAF was modified annealing can be more comprehensive in utilization and application in the food industry or food products.

Keywords : Annealing; MOCAF; Temperature; Time

PENDAHULUAN

MOCAF merupakan salah satu olahan setengah jadi berbahan baku ubi kayu dan dimodifikasi secara fermentasi. Subagio *et al.* (2022) menyatakan bahwa MOCAF adalah tepung ubi kayu yang dibuat dengan prinsip modifikasi sel ubi kayu secara fermentasi. MOCAF memiliki nilai *swelling power* dan kelarutan yang cenderung meningkat selama proses fermentasi. Hal tersebut didukung oleh penelitian Diniyah *et al.* (2018), selama fermentasi MOCAF mengalami peningkatan nilai *swelling power* dan kelarutan. Assalam *et al.* (2019) juga menyatakan bahwa peningkatan nilai *swelling power* dan kelarutan pada MOCAF berdasarkan ketebalan *chips* dan lama fermentasi. Peningkatan atau tingginya nilai *swelling power* dan kelarutan pada MOCAF juga menunjukkan rendahnya kadar amilosa pada produk. Menurut Li dan Yeh (2001), *swelling power* dan kelarutan memiliki korelasi negatif dengan kadar amilosa.

Beberapa industri pangan atau produk pangan seperti makanan kaleng, makanan beku (*frozen food*), serta mie kurang cocok jika substitusi tepung yang digunakan memiliki nilai *swelling power* dan kelarutan yang tinggi. Menurut Gomes *et al.* (2004), *swelling power* dan kelarutan yang lebih rendah atau menurun sangat berguna untuk diaplikasikan pada industri pangan terutama untuk makanan beku (*foozen food*), isian pai, sup, saus, yang semuanya tergantung pada sifat-sifat ini selama penyimpanan. Resiko *cooking loss* pada mie juga akan berkurang seiring dengan menurunnya *swelling power* dan kelarutan (Kautsary, 2015).

Tepung dengan kadar amilosa tinggi (*swelling power* dan kelarutan rendah) sangat cocok jika diaplikasikan pada produk seperti mie, sohn, dan beras tiruan, karena kadar amilosa tinggi mampu meningkatkan daya *strength* pada proses pemasakan sehingga produk tidak mudah hancur. Berdasarkan

kekurangan pada MOCAF tersebut sehingga, perlu dilakukan modifikasi pada MOCAF menggunakan metode modifikasi *annealing*. *Annealing* merupakan modifikasi fisik yang tergolong hidrotermal. Salim (2014) menyatakan bahwa modifikasi hidrotermal mampu merubah karakteristik fisik dan kimia pati tanpa merusak granula pati. Menurut Gomes *et al.* (2004), beberapa hasil penelitian terdahulu diketahui bahwa pati hasil modifikasi *annealing* menyebabkan perubahan karakteristik pati seperti menurunkan *swelling power*. Siswoyo dan Morita (2010) juga menyatakan bahwa menurunnya *swelling power* dan kelarutan pati, serta gelatinisasi terhambat merupakan hasil dari pati yang dimodifikasi secara *annealing*. Oleh karena itu, modifikasi fisik *annealing* dengan perbedaan suhu dan lama perendaman pada MOCAF perlu dilakukan penelitian, yang diharapkan dapat meningkatkan sifat fisikokimia dan diversifikasi pada MOCAF sehingga, pengaplikasian dan pemanfaatan MOCAF pada industri pangan atau produk pangan lebih luas.

METODE

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bahan pembuat MOCAF dan bahan pembuat MOCAF termodifikasi *annealing*. Bahan untuk pembuatan MOCAF yaitu ubi kayu varietas Kaspro yang berusia 8-12 bulan yang diperoleh dari petani di Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember, starter MOCAF, air, aquades (Lab. Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian UNEJ), asam sitrat, skim bubuk, gula halus, vitamin B kompleks, dan garam dapur (Toko bahan kue, HMS Jember). Bahan yang digunakan untuk modifikasi MOCAF yaitu MOCAF,

dan aquades. Sedangkan bahan yang akan digunakan untuk analisis meliputi aquades, ethanol 80% dan 95%, HCl 25 %, NaOH 45%, NaOH 1 N, amilosa murni, asam asetat, iodin, minyak, buffer pH, reagen arsenomolybdat, reagen nelson, heksana, kertas saring (Toko bahan kimia Makmur Sejati, Jember), label, dan aluminium foil.

Alat-alat untuk pembuatan MOCAF dan MOCAF termodifikasi *annealing* yaitu neraca analitik (Ohaus), *cabinet dryer* (Mimmert), blender (Philips), *beaker glass*, spatula, sendok, loyang, inkubator, dan ayakan 100 *mesh*. Alat yang digunakan untuk analisis pada penelitian ini meliputi *refrigerator* (Sharp), *freezer* (Sharp), *hot plate* (Merk Ika Tipe Hs-7), *color reader* (KONICA MINOLTA CR-20), spektrofotometer (Spectro 20 D Plus), vortex (Maxi Max 1 Type 16700 Mixer), sentrifuse (HERMLE Z 206 A), cawan porselen, *stirer*, pH meter, *glassware*, kuvet, botol timbang, pi pump, tanur, ayakan 100 *mesh*, *glassware*, *thermometer*, oven, penyaring, desikator, tube sentrifus, dan penjepit.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor dan dua ulangan. Faktor pertama adalah suhu *annealing* (T) terdiri atas 27°C (suhu ruang) (T1), 40°C (T2), dan 50°C (T3). Faktor kedua adalah lama *annealing* (L) terdiri atas 0 jam (aktual 15 menit) (L1), 8 jam (L2), dan 16 jam (L3). Selanjutnya, data yang diperoleh akan dianalisis dengan ANOVA (*Analysis of Variance*) pada taraf uji 5%, jika data yang diperoleh berbeda nyata dan signifikan maka dilakukan uji lanjut dengan DNMRT (*Duncan's New Multiple Range Test*) menggunakan aplikasi SPSS 26 (*Statistical Product and Service Solutions*) dan Microsoft Excel 2010. Pengujian nilai efektivitas dilakukan untuk menentukan perlakuan terbaik (De Garmo *et al.*, 1984).

Tahapan Penelitian

Tahapan pembuatan MOCAF mengacu pada penelitian Subagio *et al.* (2022), yaitu langkah awal yang dilakukan adalah ubi kayu segar dikupas. Selanjutnya daging ubi kayu dicuci. Setelah ubi kayu bersih, ubi kayu dipotong tipis-tipis menggunakan mesin *slicer* sehingga berbentuk *chip* dengan ukuran ketebalan sekitar 1-1,5 mm. *Chips* ubi kayu kemudian ditimbang dan dimasukkan dalam

bak fermentasi (perendaman I) yang sudah berisi asam sitrat, air starter MOCAF, skim, gula serta vitamin B kompleks. Proses fermentasi dilakukan selama 10-12 jam. *Chip* yang sudah selesai difermentasi (perendaman I) kemudian ditiriskan dan direndam dalam bak berisi garam untuk menghentikan proses fermentasi (perendaman II). Perendaman ini berlangsung selama 4 jam yang dilanjutkan dengan proses pengeringan menggunakan matahari (*sun drying*) selama 5 jam dalam rentang waktu 3-4 hari. Kemudian *chip* yang sudah kering digiling menggunakan blender selama 20 detik dan selanjutnya diayak dengan ayakan 100 *mesh*.

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan MOCAF termodifikasi secara *annealing* mengacu pada penelitian Mojiono *et al.* (2012) yang telah dimodifikasi. Tahapan modifikasi MOCAF secara *annealing* dengan perbedaan suhu dan waktu yaitu, pertama MOCAF dilakukan penimbangan, kemudian penambahan aquades berlebih dengan perbandingan 1:6 menggunakan suhu 27°C, 40°C, dan 50°C selama 0 jam (aktual 15 menit), 8 jam, dan 16 jam di dalam inkubator. Masing-masing perlakuan dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* suhu 50°C selama ± 24 jam, dan selanjutnya dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan ukuran 100 *mesh*. Kemudian dilanjutkan dengan analisis pengukuran meliputi beberapa parameter seperti *swelling power* dan kelarutan (Su *et al.*, 2020), WHC dan OHC (Kaur *et al.*, 2011), sineresis dengan metode *freeze-thaw stability* (Li *et al.*, 2023), kadar air dan kadar abu (AOAC, 2019), kadar pati dan amilosa (Nagahata *et al.*, 2013), kadar amilopektin ditentukan berdasarkan pengurangan total pati dengan amilosa.

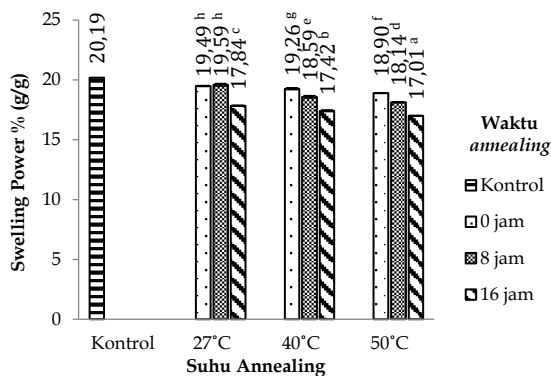
HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Kembang (*Swelling Power*)

Pengukuran *swelling power* mengacu pada metode Su *et al.* (2020) dengan kontrol yang digunakan adalah MOCAF tanpa modifikasi *annealing*. Hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa nilai *swelling power* MOCAF modifikasi *annealing* berbeda secara signifikan ($\alpha \leq 0,05$) baik dengan

perlakuan suhu dan waktu serta interaksi keduanya. Rerata nilai *swelling power* pada MOCAF modifikasi *annealing* sebesar $19,59 \pm 12 - 17,01 \pm 0,02\%$ (g/g).

Gambar 1 menunjukkan penurunan pada *swelling power* MOCAF termodifikasi *annealing* seiring dengan peningkatan suhu dan lama *annealing* dibandingkan dengan kontrol (tanpa *annealing*). Penurunan *swelling power* dikarenakan terjadi peningkatan integritas kristal dan polimerisasi atau interaksi amilosa mengurangi hidrasi daerah amorf pati, sehingga menghambat pembengkakan butiran pati (Xiang *et al.*, 2022). Semakin lama waktu dan meningkatnya suhu *annealing* menyebabkan semakin meningkat kemampuan molekul pati dalam pengaturan kembali menjadi lebih rapat. Perlakuan hidrotermal (*annealing*) dapat menyebabkan pengaturan kembali molekul pati menjadi lebih rapat dan membatasi hidrasi pati sehingga kemampuan mengembang (*swelling power*) pada granula pati menurun. *Annealing* juga menyebabkan peningkatan interaksi antara amilosa-amilosa dan amilosa-amilopektin sehingga membatasi air berpenetrasi ke dalam granula pati dan menyebabkan menurunnya kemampuan pati untuk mengembang (Marta *et al.*, 2016).



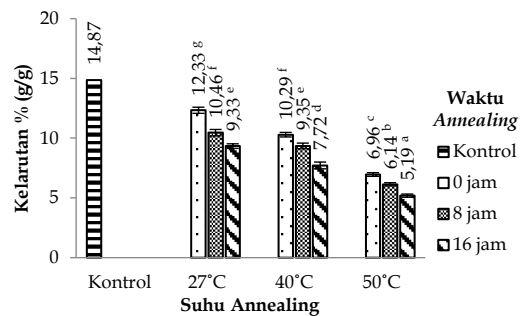
Gambar 1. Rata-rata Nilai *Swelling Power* MOCAF Termodifikasi *Annealing*

Penurunan *swelling power* juga tergantung pada interaksi amilosa dan amilopektin dan susunan kristal selama modifikasi. Menurut Yu *et al.* (2021), perubahan *swelling power* tergantung pada interaksi amilosa dan amilopektin, dan susunan kristal pati selama modifikasi. Dias *et al.* (2010) juga menyatakan bahwa *swelling power* dipengaruhi oleh struktur amilopektin, kandungan amilosa, dan tingkat interaksi antara ikatan amilosa-

amilosa dan/atau amilopektin-amilopektin. Li dan Yeh (2001) juga menyatakan bahwa terdapat korelasi negatif antara *swelling power* dan kadar amilosa, di mana *swelling power* akan menurun seiring dengan peningkatan kadar amilosa. Menurut Charles *et al.* (2005), penurunan kadar amilosa cenderung akan meningkatkan nilai *swelling power*.

Kelarutan

Hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa nilai kelarutan dari keseluruhan MOCAF modifikasi *annealing* berbeda secara signifikan ($\alpha \leq 0,05$) pada perlakuan suhu, waktu *annealing* dan interaksi keduanya. Rerata nilai kelarutan pada MOCAF termodifikasi *annealing* sebesar $14,87 \pm 0,11 - 5,19 \pm 0,14\%$ (g/g).



Gambar 2. Rata-rata Kelarutan MOCAF Termodifikasi *Annealing*

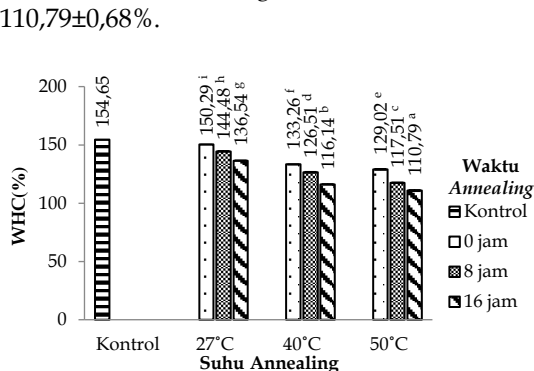
Gambar 2 menunjukkan penurunan pada kelarutan MOCAF termodifikasi *annealing* seiring dengan peningkatan suhu dan waktu *annealing*. Fenomena ini dikarenakan *annealing* mampu membentuk interaksi antara rantai amilosa-amilosa dan/atau amilosa-amilopektin sehingga kemampuan hidrasi granula pati menurun dan menyebabkan kemampuan pati untuk mengikat air juga menurun sehingga kelarutannya ikut menurun (Jayakody *et al.*, 2009). Peningkatan interaksi antara rantai amilosa dan amilopektin juga menunjukkan struktur pati yang lebih stabil. Semakin tinggi suhu dan waktu *annealing* yang digunakan maka kelarutan tepung modifikasi semakin turun. Kelarutan pati beras mengalami penurunan dengan perlakuan suhu *annealing* yang semakin meningkat dan kontrol memiliki nilai kelarutan yang paling tinggi dibandingkan dengan pati beras yang diberi perlakuan suhu *annealing* (Xiang *et al.*, 2022).

Menurut Gomes *et al.* (2005), penurunan kelarutan selama *annealing* menunjukkan bahwa adanya peningkatan interaksi antara amilopektin dan/atau amilosa dan heliks amilopektin sehingga mencegah mereka untuk keluar dari granula atau terlarut. Penurunan nilai kelarutan pada pati *annealing* juga dapat menunjukkan bahwa jumlah amilosa yang tercuci (*amylose leaching*) lebih sedikit dan juga karena struktur yang lebih teratur (Puelles-Román *et al.*, 2021).

Waktu *annealing* yang lebih lama menyebabkan penurunan kelarutan MOCAF termodifikasi. Menurut Gomes *et al.* (2004), penurunan kelarutan menunjukkan bahwa interaksi antara amilopektin dan/atau amilosa dan heliks amilopektin meningkat dengan waktu *annealing*, sehingga menghasilkan struktur yang lebih stabil dan mencegah pencucian amilosa (*amylose leaching*) dari granula. Peningkatan suhu dan waktu *annealing* menjadikan granula pati MOCAF termodifikasi berubah menjadi lebih teratur sehingga kemampuan air untuk masuk semakin sulit sehingga tingkat kelarutan semakin turun. Adebowale *et al.* (2005) menyatakan bahwa penurunan kelarutan disebabkan molekul yang ada dalam granula pati mengalami perubahan sehingga menjadi lebih teratur, sehingga air lebih sulit untuk masuk.

Water Holding Capacity (WHC)

Hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa waktu dan suhu *annealing* serta interaksi keduanya berbeda secara signifikan ($\alpha \leq 0,05$) terhadap nilai WHC MOCAF modifikasi keseluruhan. Rerata nilai WHC pada MOCAF termodifikasi *annealing* berkisar $154,65 \pm 0,69 - 110,79 \pm 0,68\%$.

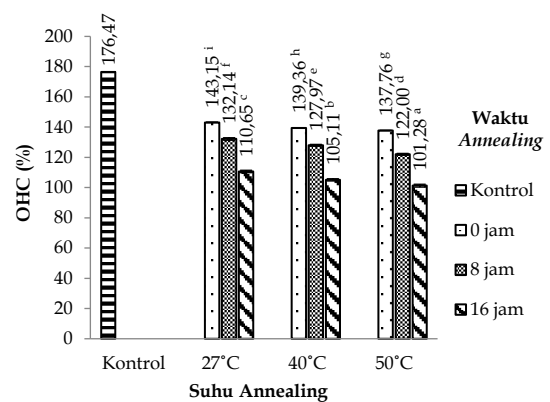


Gambar 3. Rata-rata Nilai WHC MOCAF Termodifikasi *Annealing*

Gambar 3 menunjukkan penurunan nilai WHC seiring dengan peningkatan suhu dan waktu *annealing*. Penurunan nilai WHC ini dikarenakan selama *annealing*, ikatan hidrogen pati terputus sehingga daya serap air menurun. Hal ini didukung oleh pendapat Tanak (2016), bahwa semakin tinggi suhu pemanasan (70, 85, dan 100°C) selama modifikasi akan terjadi degradasi dan mengakibatkan terputusnya ikatan hidrogen pati. Ikatan hidrogen pati yang terputus menyebabkan semakin sedikitnya jumlah gugus hidroksil dari molekul pati, sehingga kemampuan granula dalam menyerap air semakin rendah. Waktu *annealing* (12 dan 24 jam) juga menyebabkan penurunan WHC. Menurut Zhang *et al.* (2023), peningkatan waktu *annealing* menyebabkan penyusunan kembali (padat) molekul amilosa dan amilopektin di dalam granula pati untuk membentuk struktur yang dapat meningkatkan resistensi. Penurunan daya serap air atau WHC juga disebabkan karena *annealing* mampu memperkuat gaya asosiatif atau interaksi antara polimer pati dalam granula. Hal tersebut dapat memadatkan atau memperkuat struktur molekul pati sehingga daya serap air menurun (Akubor dan Igba, 2019).

Oil Holding Capacity (OHC)

Hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa waktu dan suhu *annealing* serta interaksi keduanya berbeda secara signifikan ($\alpha \leq 0,05$) terhadap nilai OHC. Rerata nilai OHC pada MOCAF termodifikasi *annealing* sebesar $176,47 \pm 0,11 - 101,28 \pm 0,94\%$.

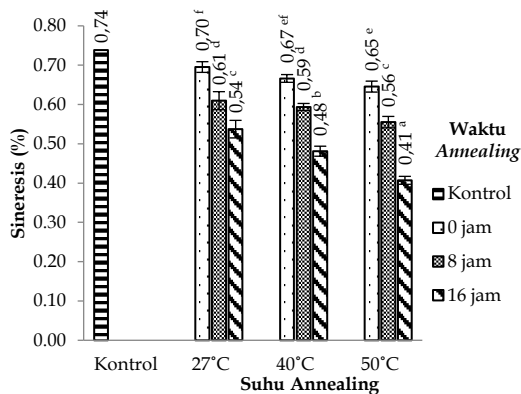


Gambar 4. Rata-rata Nilai OHC MOCAF Termodifikasi *Annealing*

Gambar 4 menunjukkan penurunan nilai OHC seiring dengan peningkatan suhu dan waktu *annealing*. Penurunan nilai OHC diduga karena suhu yang semakin meningkat dan kadar air yang lebih tinggi cenderung dapat mengurangi kandungan minyak pada pati. Menurut Chen *et al.* (2021), suhu dan kadar air yang meningkat, atau semakin tinggi suhu selama *annealing* mampu meningkatkan mobilitas molekul pati, menggabungkan kembali bentuk double helik antara rantai sisi pendek amilopektin, dan interaksi antara amilosa dan amilopektin, sehingga membentuk butiran pati dengan struktur yang lebih padat dibandingkan dengan kontrol (tanpa modifikasi *annealing*). Butiran pati yang lebih padat ini dapat menyebabkan lebih sedikit minyak yang mampu diserap.

Sineresis

Hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa waktu dan suhu *annealing* serta interaksi keduanya berbeda secara signifikan ($\alpha \leq 0,05$) terhadap nilai sineresis MOCAF modifikasi keseluruhan. Rerata nilai sineresis pada MOCAF termodifikasi *annealing* sebesar $0,74 \pm 0,03 - 0,41 \pm 0,01\%$.



Gambar 5. Rata-rata Nilai Sineresis MOCAF Termodifikasi *Annealing*

Gambar 5 menunjukkan nilai sineresis cenderung menurun seiring dengan peningkatan suhu dan waktu *annealing*. Penurunan nilai sineresis dikarenakan amilosa yang dihasilkan selama *annealing* memiliki sebaran bobot molekul tinggi yang dominan. Hal tersebut terjadi karena suhu yang digunakan dibawah suhu gelatinisasi, sehingga tidak terjadi pemutusan rantai polimer amilosa. Kondisi tersebut

menyebabkan amilosa memiliki ikatan yang lemah atau tidak terlalu kuat, sehingga setelah pendinginan pada suhu ruang, air yang terpisah dari gel pati semakin sedikit (Haryanti *et al.*, 2014). Penurunan sineresis pada MOCAF termodifikasi *annealing* juga disebabkan selama tepung mengalami modifikasi secara *annealing*, struktur optimum antara daerah kristalin dan amorf terbentuk. Bentuk gel bertekstur kasar dengan struktur seperti spons atau sarang lebah terbentuk akibat proses *annealing* karena meningkatnya asosiasi molekul antara rantai pati yang dapat menyerap kembali sebagian air yang terpisah. Menurut Li *et al.* (2018), *annealing* menyebabkan peningkatan asosiasi molekul antara rantai pati dan membentuk gel bertekstur kasar dengan struktur seperti spons sehingga memungkinkan untuk menyerap kembali air yang terpisah, oleh karena itu nilai sineresis tepung ketan akibat modifikasi *annealing* menurun.

Karakteristik Kimia

Hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa suhu dan waktu *annealing* berbeda secara signifikan ($\alpha \leq 0,05$) terhadap karakteristik kimia MOCAF modifikasi. Karakteristik kimia MOCAF modifikasi terdiri dari kadar air, kadar pati, kadar amilosa, dan kadar amilopektin. Data karakteristik kimia masing-masing perlakuan MOCAF modifikasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Kadar air pada Tabel 1 menunjukkan seiring dengan bertambahnya suhu dan waktu *annealing* menyebabkan nilai kadar air cenderung meningkat, namun masih lebih rendah jika dibandingkan dengan kontrol (MOCAF tanpa modifikasi *annealing*). Peningkatan kadar air diduga karena semakin meningkatnya suhu dan lama perendaman selama *annealing* menyebabkan air berpenetrasi ke dalam granula lebih cepat dan juga jumlah air yang terserap semakin banyak. Menurut Oktavianti (2015), semakin tinggi suhu yang diberikan selama proses *annealing* menyebabkan semakin tingginya kecepatan penetrasi air ke dalam sel, sedangkan semakin lama perendaman menyebabkan jumlah air yang terserap ke dalam sel semakin banyak.

Tabel 1. Pengaruh suhu dan waktu terhadap karakteristik kimia MOCAF

Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Pati (%)	Kadar Amilosa (%)	Kadar Amilopektin (%)
Kontrol (MOCAF tanpa perlakuan)	11,40±0,02	85,11±0,27	30,29±1,00	54,82±1,28
T1L1 (suhu 27°C, waktu 0 jam)	8,79±0,03 ^a	85,69±0,06 ^a	35,21±0,12 ^a	50,57±0,12 ^d
T1L2 (suhu 27°C, waktu 8 jam)	9,35±0,05 ^d	85,74±0,02 ^a	35,89±0,18 ^b	49,73±0,15 ^c
T1L3 (suhu 27°C, waktu 16 jam)	9,68±0,03 ^e	85,99±0,04 ^b	36,39±0,16 ^c	49,21±0,12 ^b
T2L1 (suhu 40°C, waktu 0 jam)	9,01±0,04 ^b	86,35±0,01 ^c	36,64±0,18 ^c	50,47±0,18 ^d
T2L2 (suhu 40°C, waktu 8 jam)	9,62±0,02 ^e	86,61±0,04 ^d	37,40±0,16 ^d	49,71±0,18 ^c
T2L3 (suhu 40°C, waktu 16 jam)	10,02±0,06 ^f	86,73±0,01 ^e	38,56±0,11 ^f	49,05±0,05 ^b
T3L1 (suhu 50°C, waktu 0 jam)	9,23±0,04 ^c	87,67±0,01 ^f	37,10±0,10 ^d	49,85±0,16 ^c
T3L2 (suhu 50°C, waktu 8 jam)	9,71±0,06 ^e	87,83±0,04 ^g	38,09±0,19 ^e	49,60±0,12 ^c
T3L3 (suhu 50°C, waktu 16 jam)	10,27±0,03 ^g	87,88±0,01 ^g	38,83±0,06 ^f	48,16±0,12 ^a

Kadar pati pada Tabel 1 menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya suhu dan waktu *annealing* menyebabkan nilai kadar pati cenderung meningkat. Peningkatan kadar pati ini dikarenakan adanya retrogradasi pati selama *annealing*. Menurut Oktavianti (2015), terjadinya peningkatan kadar pati disebabkan adanya perlakuan suhu dan waktu *annealing*, sehingga mengakibatkan terjadi retrogradasi pati selama proses *annealing*. Retrogradasi pati mengakibatkan struktur pati berubah dan mengarah pada pembentukan struktur kristalin baru sehingga pati dapat dipertahankan. Wulan *et al.* (2007) juga menyatakan bahwa retrogradasi pati dapat mengubah struktur pati dan mengarah pada pembentukan kristalin baru sehingga, pati tidak mudah terlarut. Menurut Waduge *et al.* (2006) dan Xiang *et al.* (2022), *annealing* mampu meningkatkan kristalinitas pada pati karena *annealing* menyebabkan terjadinya penataan ulang pada internal molekul pati dan meningkatkan integritas struktur kristal pati sehingga pati dapat dipertahankan.

Kadar amilosa pada Tabel 1 menunjukkan bahwa bertambahnya suhu dan lama perendaman selama *annealing* menyebabkan nilai kadar amilosa cenderung meningkat. Peningkatan kadar amilosa ini dikarenakan, *annealing* mampu membuat struktur pati menjadi lebih teratur sehingga amilosa yang tercuci (*amylose leaching*) lebih sedikit. Hal tersebut didukung oleh pendapat Gomes *et al.* (2004), bahwa *annealing* menyebabkan peningkatan interaksi antara amilosa dan/ atau

amilopektin sehingga menghasilkan struktur yang lebih stabil dan teratur dan mencegah *amylose leaching*. Oleh karena itu, amilosa dapat dipertahankan. Pengeringan dengan suhu yang cenderung rendah juga dapat mempertahankan kandungan amilosa. Pasca *et al.* (2021) menyatakan bahwa pengeringan yang cenderung menggunakan suhu yang tidak terlalu tinggi menyebabkan kadar amilosa lebih tinggi, karena degradasi pati dapat dicegah sehingga kandungan amilosa dapat dipertahankan.

Kadar amilopektin pada Tabel 1 menunjukkan bahwa bertambahnya suhu dan lama perendaman selama *annealing* menyebabkan nilai kadar amilopektin cenderung menurun. Penurunan kadar amilopektin dikarenakan adanya pemutusan rantai cabang amilopektin dan menjadi rantai lurus amilosa. Menurut Xiang *et al.* (2022), modifikasi *annealing* dapat menyebabkan pemutusan rantai amilopektin. Su *et al.* (2020) juga menyatakan bahwa *annealing* dapat mengganggu struktur internal pada granula pati, dan menyebabkan sebagian amilopektin hancur dan pecah menjadi amilosa. Sujka dan Jamroz (2007) menyatakan bahwa amilopektin merupakan lamella kristalin yang terdiri dari formasi dobel heliks, sedangkan titik cabang dari amilopektin berbentuk lamella amorf. Beberapa bagian atau area dari granula lebih rentan terjadi amilolisis terutama pada daerah yang lebih amorf.

Berdasarkan hasil nilai efektifitas didapatkan nilai tertinggi 0,90 dengan

perlakuan T3L3 (suhu 50°C, waktu 16 jam) menunjukkan karakteristik terbaik tepung modifikasi menggunakan *annealing* meliputi *swelling power* 17,01±0,02 g/g; kelarutan 5,19±0,14 g/g; sineresis 0,41±0,01 %; WHC 110,79±0,68; OHC 101,28±0,94; kadar air 10,27±0,03%; kadar pati 87,88±0,01%; kadar pati 38,83±0,06%; dan kadar amilopektin 48,16±0,12%.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian dapat disimpulkan bahwa modifikasi MOCAF metode *annealing* dengan perbedaan suhu dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap sifat fungsional dan kimia MOCAF termodifikasi *annealing*. Peningkatan suhu dan waktu perendaman selama modifikasi *annealing* memberikan pengaruh peningkatan terhadap nilai kadar air, pati, dan amilosa. Sedangkan, peningkatan suhu dan lama perendaman memberikan pengaruh penurunan pada nilai *swelling power*, kelarutan, kadar abu, WHC, OHC, sineresis, dan amilopektin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada 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 penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, K, -O., Olu-Owolabi, B, -I., Olayinka, O, -O., Lawal, O, -S., 2005. Effect of heat moisture treatment and annealing on physicochemical properties of red sorghum starch. *African Journal of Biotechnology*. 4(9), 928-933.
<https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/71104>
- Akubor, P, -I., Igba, -T., 2019. Effect of pre gelatinization and annealing on the chemical composition, functional and pasting properties of starch prepared from unripe banana fruits. *South Asian Journal of Food Technology and Environment*. 5, 807-816.
<https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/969900>
- AOAC. 2019. *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemist, 21st ed.* Rockville: AOAC International.
- Assalam, -S., Asmoro, N, -W., Tari, A, I, -N., Hartati, -S., 2019. Pengaruh ketebalan irisan chips singkong dan lama fermentasi terhadap sifat fisiko kimia tepung mocaf (modified cassava flour). *Agrisaintifika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 3(1), 31-39.
<https://doi.org/10.32585/ags.v3i1.554>
- Charles, A, -L., Chang, Y, -H., Ko, W, -C., Sriroth, -K., Huang, T, -C., 2005. Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53(7), 2717-2725.
<https://doi.org/10.1021/jf048376+>
- Chen, -L., McClements, D, -J., Yang, -T., Ma, -Y., Ren, -F., Tian, -Y., Jin, -Z., 2021. Effect of annealing and heat-moisture pretreatments on the oil absorption of normal maize starch during frying. *Food Chemistry*. 353, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129468>
- De Garmo, EP., Sullivan, WG., Canada, JR., 1984. *Engineering Economy, Seventh. ed.* New York: Macmillan.
- Dias, A, R, -G., Zavareze, E, D, -R, Spier, -F., de Castro, L, A, -S., Gutkoski, L, -C., 2010. Effects of annealing on the physicochemical properties and enzymatic susceptibility of rice starches with different amylose contents. *Food Chemistry*. 123(3), 711-719.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.040>
- Diniyah, -N., Subagio, -A., Sari, R, N, -L., Yuwana, -N., 2019. Sifat fisikokimia dan fungsional pati dari mocaf (modified cassava flour) varietas kaspro dan cimanggu. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 15(2), 80-90.
<https://doi.org/10.21082/jpasca.v15n>

- 2.2018.80-90
- Gomes, A, M, -M., Da Silva, C, E, -M., Ricardo, N, M, P, -S., 2005. Effects of annealing on the physicochemical properties of fermented cassava starch (*polvilho azedo*). *Carbohydrate Polymers*. 60, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2004.11.016>
- Gomes, A, M, -M., da Silva, C, E, -M., Ricardo, N, M, P, -S., Sasaki, J, -M., Germani, -R., 2004. Impact of annealing on the physicochemical properties of unfermented cassava starch ("Polvilho Doce"). *Starch*. 56, 419-423. <https://doi.org/10.1002/star.200300271>
- Haryanti, -P., Setyawati, -R., Wicaksono, -R., 2014. Pengaruh Suhu dan lama pemanasan suspensi pati serta konsentrasi butanol terhadap karakteristik fisikokimia pati tinggi amilosa dari tapioka. *Agritech*. 34, 308-315. <https://doi.org/10.22146/agritech.9459>
- Jayakody, -L., Hoover, -R., Liu, -Q., Donner, -E., 2009. Studies on tuber starches III. Impact of annealing on the molecular structure, composition, and physicochemical properties of yam (*Dioscorea sp.*) starches grown in Sri Lanka. *Carbohydrate Polymers*. 76(1), 145-153. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.10.003>
- Kaur, -M., Oberoi, D, P, -S., Sogi, D, -S., Gill, B, -S., 2011. Physicochemical, morphological and pasting properties of acid treated starches from different botanical sources. *Journal of Food Science and Technology*. 48(4), 460-465. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0126-x>
- Kautsary, K, -A., 2015. Pengaruh Suhu dan Lama Annealing Terhadap Sifat Fisikokimi Tepung Ubi Jalar Orang (*Ipomea batatas* L.) Varietas Beta 2. Thesis. Universitas Brawijaya. Malang
- Li, J, -Y., Yeh, A, -I., 2001. Relationships between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches. *Journal of Food Engineering*. 50(3), 141-148. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00236-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00236-3)
- Li, -M., Zhang, -Y., You, -X., Wang, -Y., Zhou, -K., Wei, -P., Wei, -L., 2023. Assessment of functional properties of wheat-cassava composite flour. *Foods*. 12(19), 1-15. <https://doi.org/10.3390/foods12193585>
- Li, -Y., Ding, -G., Yokoyama, -W., Zhong, -F., 2018. Characteristics of annealed glutinous rice flour and its formation of fast-frozen dumplings. *Journal of Cereal Science*. 79, 106-112. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.09.016>
- Marta, -H., Marsetio., Cahyana, -Y., Pertiwi, A, -G., 2016. Sifat fungsional dan amilografi pati millet putih (*Pennisetum glaucum*) termodifikasi secara heat moisture treatment dan annealing. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 5(3), 76-84. <http://dx.doi.org/10.17728/jatp.175>
- Mojiono., Jailani, -F., Kusumawardani, -S., Puspitasari, -C., Maula, -A., Purwandari, -U., 2012. Modifikasi fisik (annealing) tepung uwi ungu untuk rotitawar tersubstitusi dan indeks glisemiknya. *Seminar Nasional: Kedaulatan Pangan dan Energi*. Universitas Trunojoyo, Madura, pp. 1-8.
- Nagahata, -Y., Kobayashi, -I., Goto, -M., Nakaura, -Y., Inouchi, -N., 2013. The formation of resistant starch during acid hydrolysis of high-amylose corn starch. *Journal of Applied Glycoscience*. 60(2), 123-130. https://doi.org/10.5458/jag.jag.JAG-2012_008
- Oktavianti, V, -C., 2015. Pengaruh Modifikasi Annealing Terhadap Sifat Fisikokimia Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas*) Varietas Ayamurasaki (Kajian Suhu Dan Lama Perendaman Chip). Thesis. Universitas Brawijaya. Malang
- Pasca, B, -D., Muhandri, -T., Hunaefi, -D., Nurtama, -B., 2021. Karakteristik fisikokimia tepung singkong dengan beberapa metode modifikasi. J. Mutu

- Pangan Indones. *Jurnal Mutu Pangan*. 8, 97-104.
<https://doi.org/10.29244/jmpi.2021.8.2.97>
- Puelles-Román, -J., Barroso, N, -G., Cruz-Tirado, J, -P., Tapia-Blácido, D, -R., Angelats-Silva, -L., Barraza-Jáuregui, -G., Siche, -R., 2021. Annealing process improves the physical, functional, thermal, and rheological properties of Andean oca (*Oxalis tuberosa*) starch. *Journal of Food Process Engineering*. 44(6), 1-10.
<https://doi.org/10.1111/jfpe.13702>
- Salim, A, -R., 2014. Pengaruh Modifikasi Annealing Terhadap Sifat Fisikokimia Tepung Ubi Jalar Putih Varietas Manohara (Kajian Suhu dan Lama Perendaman Chips). Thesis. Universitas Brawijaya. Malang
- Siswoyo, T, -A., Morita, -N., 2010. Influence of annealing on gelatinization properties, retrogradation and susceptibility of breadfruit starch (*Artocarpus Communis*). *International Journal of Food Properties*. 13(3), 553-561.
<https://doi.org/10.1080/10942910802713164>
- Su, -C., Saleh, A, S, -M., Zhang, -B., Zhao, -K., Ge, -X., Zhang, -Q., Li, -W., 2020. Changes in structural, physicochemical, and digestive properties of normal and waxy wheat starch during repeated and continuous annealing. *Carbohydrate Polymers*. 247, 2-13.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116675>
- Subagio, A., Taslim, NA., Chaniago, IA., Zainuddin, IM., Diniyah, N., Nafi', A. 2022. *Standard Operating Procedures (SOP) Production of Modified Cassava Flour (MOCAF)*. Jember: UPT Penerbitan Universitas Jember.
- Sujka, -M., Jamroz, -J., 2007. Starch granule porosity and its changes by means of amylolysis. *International Agrophysics*. 21, 107-113.
<http://www.international-agrophysics.org/Starch-granule-porosity-and-its-changes-by-means-of-amylolysis,106534,0,2.html>
- Tanak, -Y., 2016. Modifikasi secara heat moisture treatment pada pati ubi jalar ungu untuk pangan fungsional. *Jurnal Sains dan Teknologi Tadulako*. 5(1), 39-48.
- Waduge, R, -N., Hoover, -R., Vasanthan, -T., Gao, -J., Li, -J., 2006. Effect of annealing on the structure and physicochemical properties of barley starches of varying amylose content. *Food Research International*. 39(1), 59-77.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.05.008>
- Wulan, S, -N., Widyaningsih, T, -D., Ekasari, -D., 2007. Modifikasi pati alami dan pati hasil pemutusan rantai cabang dengan perlakuan fisik / kimia untuk meningkatkan kadar pati resisten pada pati beras. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 8(2), 80-87.
<https://jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/235/61>
- Xiang, -G., Li, -J., Han, -W., Yang, -Y., Lin, -Q., Yang, -Y., Liu, -Q., Guo, -X., Pan, -Q., Huang, -Z., Cao, -L., 2022. The influence of temperature changes on the rice starch structure and digestive characteristics: One and two-step annealing. *Foods*. 11(22), 2-13.
<https://doi.org/10.3390/foods11223641>
- Yu, -B., Li, -J., Tao, -H., Zhao, -H., Liu, -P., Cui, -B., 2021. Physicochemical properties and in vitro digestibility of hydrothermal treated Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) starch and flour. *International Journal of Biological Macromolecules*. 176, 177-185.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.02.064>
- Zhang, -Z., Shang, -M., McClements, D, -J., Qiu, -C., Ji, -N., Dai, -L., Qin, -Y., Xiong, -L., Sun, -Q., 2023. Effects of annealing temperature and time on the structural and physicochemical properties of sweet potato flour hydrogels. *Food Chemistry: X*. 18, 1-7.
<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100674>