

MODIFIKASI *HEAT MOISTURE TREATMENT* (HMT) PATI SAGU DENGAN VARIASI KADAR AIR DAN APLIKASINYA PADA *BROWNIES* KUKUS

Modification of Heat Moisture Treatment (HMT) on Sago Starch with Varying Moisture Contents and Application in Steamed Brownies

Hana Maysa¹, Shanti Fitriani^{1a}, Dewi Fortuna Ayu¹

¹Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian - Universitas Riau
Jl. Binawidya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau 28293

^aKorespondensi: Shanti Fitriani, E-mail: shanti.fitriani@lecturer.unri.ac.id

Diterima: 13-02-2026, Disetujui: 12-03-2026

ABSTRACT

Sago starch is a local gluten-free carbohydrate source with potential as a wheat flour substitute. However its utilization in steamed brownies is still limited due to its firm texture caused by high amylose content. This limitation can be addressed through physical modification using heat moisture treatment (HMT), which reduces amylose content and improves starch functional properties. The study was conducted using a completely randomized design with four treatments (native starch, HMT 27%, 30%, and 33%) and four replications. Data were analyzed by ANOVA, Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the 5% level, and paired sample t-test for sensory evaluation. The results showed that HMT moisture levels significantly affected water absorption capacity, swelling power, solubility, amylose content, and moisture content. The selected treatment was HMT 27% (P2), with a water absorption capacity of 0.91 g/g, swelling power of 10.78 g/g, solubility of 23.64 g/g, amylose content of 26.60%, and moisture content of 11.43%. Sensory evaluation confirmed that steamed brownies prepared with HMT 27% starch were more preferred than those made with native starch.

Keywords: heat moisture treatment, moisture content, sago starch, steamed brownies

ABSTRAK

Pati sago merupakan sumber karbohidrat lokal bebas gluten yang berpotensi menggantikan terigu. Namun penggunaannya pada *brownies* kukus masih terbatas karena teksturnya keras akibat kadar amilosa tinggi. Perbaikan dilakukan melalui modifikasi fisik *heat moisture treatment* (HMT) yang dapat menurunkan kadar amilosa dan memperbaiki sifat fungsional pati. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan (alami, HMT 27%, 30%, dan 33%) serta empat ulangan. Data dianalisis dengan ANOVA, DMRT 5%, dan uji *t* berpasangan untuk sensori. Hasil menunjukkan kadar air HMT berpengaruh nyata terhadap daya serap air, daya kembang, kelarutan, kadar amilosa, dan kadar air. Perlakuan terpilih adalah HMT 27% (P2) dengan daya serap air 0,91 g/g, daya kembang 10,78 g/g, kelarutan 23,64 g/g, kadar amilosa 26,60%, dan kadar air 11,43%. Uji sensori menunjukkan bahwa *brownies* kukus berbahan pati sago HMT 27% lebih disukai panelis dibandingkan *brownies* kukus pati sago alami.

Kata Kunci: perlakuan panas kelembapan, kadar air, pati sago, *brownies* kukus

Maysa, H., Shanti Fitriani, & Ayu, D. F. Modifikasi Heat Moisture Treatment (HMT) Pati Sagu dengan Variasi Kadar Air dan Aplikasinya pada Brownies Kukus. Jurnal Ilmiah Pangan Halal, 8(1), 139-147. <https://doi.org/10.30997/jiph.v8i1.21840>

PENDAHULUAN

Tanaman sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.) merupakan salah satu sumber karbohidrat lokal Indonesia yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan pangan alternatif. Indonesia memiliki lahan sagu sekitar 5,5 juta hektar, namun pemanfaatannya baru mencapai kurang dari 5% sehingga kontribusinya terhadap ketahanan pangan nasional masih sangat terbatas (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2024). Keunggulan dari pati sagu adalah sifatnya yang bebas gluten, sehingga berpotensi digunakan sebagai alternatif pengganti terigu pada produk pangan, terutama bagi konsumen dengan *celiac disease* maupun intoleransi gluten (Purwadiani *et al.*, 2022).

Diversifikasi produk berbasis pati sagu telah banyak dilakukan, di antaranya pada pembuatan cake (Solihin *et al.*, 2012), bolu kemojo (Ramadhani & Mulyani, 2018), hingga kue bangkit (Afrianti *et al.*, 2016). Namun demikian, pemanfaatan pati sagu dalam *brownies* kukus masih terbatas. Produk *brownies* yang dibuat dengan substitusi pati sagu alami cenderung memiliki tekstur yang lebih keras. Hal ini disebabkan oleh kadar amilosa yang relatif tinggi pada pati sagu, di mana amilosa berperan penting dalam menentukan sifat kekerasan produk pangan (Holinesti & Gusnita, 2022). Kadar amilosa yang tinggi pada pati sagu menyebabkan struktur produk menjadi lebih padat dan kurang lembut, sehingga menurunkan penerimaan konsumen. Kondisi ini menegaskan perlunya modifikasi pati sagu untuk memperbaiki kualitas produk olahan, khususnya *brownies* kukus.

Salah satu upaya untuk menurunkan kadar amilosa pada pati sagu adalah dengan modifikasi fisik melalui metode *heat moisture treatment* (HMT). HMT merupakan perlakuan pemanasan pada granula pati dengan kadar air terbatas (<35%) dan suhu tinggi, yang mampu memengaruhi struktur kristalin pati tanpa mengubah komposisi kimianya (Bemiller & Hubber, 2015). Metode ini banyak digunakan karena lebih aman, tidak menggunakan bahan kimia tambahan, dan mampu memperbaiki sifat fungsional pati. Modifikasi HMT dengan variasi kadar air dapat menurunkan kadar amilosa (Picauly *et al.*, 2017). Hasil penelitian Tetelepta & Picauly (2021) pada produk panggang dengan tekstur yang keras yaitu stik sarut menunjukkan bahwa perlakuan pati sagu modifikasi HMT dengan variasi kadar air menghasilkan stik sarut yang lebih baik dibandingkan stik sarut pati sagu alami. Penelitian Muflihati *et al.* (2015) menyatakan bahwa modifikasi pati dengan metode HMT yang diterapkan pada produk panggang *cookies* dapat menyebabkan perubahan struktur pati yang dihasilkan akibat adanya perombakan oleh air dalam proses pembuatan HMT, sehingga saat digunakan dalam adonan akan menghasilkan tekstur yang lebih lunak.

Kajian mengenai penerapan pati sagu hasil modifikasi HMT dengan variasi kadar air pada produk kukus seperti *brownies* masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada produk panggang. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh variasi kadar air pada modifikasi HMT terhadap sifat fungsional pati sagu dan aplikasinya pada *brownies* kukus. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif solusi dalam pemanfaatan pati sagu sebagai bahan baku *brownies* yang lebih diterima konsumen sekaligus mendukung upaya diversifikasi pangan lokal bebas gluten. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan perlakuan modifikasi HMT pati sagu dengan variasi kadar air yang terpilih untuk menghasilkan *brownies* kukus.

MATERI DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati sagu yang diperoleh dari PT Martabat Sagu Sejati di Desa Maini Darul Aman, Kecamatan Tebing Tinggi Barat, Kabupaten Kepulauan Meranti. Bahan tambahan lainnya yaitu gula pasir (Gulaku), margarin (Blue Band), kakao bubuk (Van Houten), dan telur. Peralatan yang digunakan adalah baskom, timbangan digital, mikser, loyang ukuran 15×8 cm, alat pengukus, sendok, dan sarung tangan plastik.

Rancangan Penelitian

Studi ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dan empat kali ulangan dengan tiga taraf perlakuan, P1 (pati sago alami), P2 (pati sago HMT 27%), P3 (pati sago HMT 30%), P4 (Pati sago HMT 33%). Formulasi pembuatan *brownies* kukus dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi adonan *brownies* kukus per 100 g bahan

Bahan	Jumlah
Pati sago (g)	13,67
Gula pasir (g)	25,64
Telur (g)	34,18
Margarin (g)	20,51
Kakao bubuk (g)	6,00
Total	100,00

Pembuatan Pati Sagu HMT (Picauly *et al.*, 2017)

Pati sago yang sudah diketahui kadar air awalnya ditimbang sebanyak 200 g, kemudian diatur kadar airnya dengan disemprot akuades hingga mencapai kadar air sesuai dengan perlakuan (27%, 30%, dan 33%). Pati sago yang telah ditentukan kadar airnya dimasukkan ke dalam refrigerator pada suhu 4°C selama 12 jam. Pati sago dipanaskan dalam wadah *stainless steel* tertutup dengan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 4 jam. Selama melakukan pemanasan, dilakukan pengadukan pati setiap jam. Pati sago kemudian dikeringkan dengan suhu 50°C selama 4 jam untuk menurunkan kadar air. Pati sago HMT dihaluskan dan diayak kembali sehingga diperoleh pati yang lolos ayakan 60 *mesh*. Pati sago HMT selanjutnya disimpan dalam wadah plastik HDPE.

Pembuatan *Brownies* Kukus (Holinesti & Gusnita, 2022)

Pati sago sesuai perlakuan, gula pasir, telur, margarin, dan kakao bubuk ditimbang sesuai formulasi. Gula pasir dan telur diaduk menggunakan mikser dengan kecepatan rendah selama ±5 menit. Pati sago sesuai perlakuan dan kakao bubuk yang sudah diayak ditambahkan kemudian diaduk hingga homogen. Margarin yang telah dicairkan dengan cara pengukusan ditambahkan ke dalam adonan. Adonan dituang ke dalam loyang berukuran 15×8 cm dan dikukus selama 50 menit dengan suhu ±100°C.

Analisis Pati dan Produk

Parameter yang diamati pada pati sago alami dan pati sago HMT yaitu kadar air (Sudarmadji *et al.*, 1997) dan kadar amilosa (Yenrina, 2015). Pengamatan sifat fungsional juga dilakukan yang meliputi *water holding capacity* (Zayas, 1997), *swelling power* (Teja *et al.*, 2008) dan *solubility* (Lee & Yoo, 2011). Penilaian sensori dilakukan pada *brownies* kukus pati sago alami dan *brownies* kukus pati sago HMT perlakuan terpilih yang terdiri uji hedonik (Setyaningsih *et al.*, 2010) yang meliputi volume pengembangan, tekstur berpori, kelembutan, dan penilaian keseluruhan. Parameter yang diamati pada *brownies* kukus perlakuan terpilih yaitu kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, dan kadar karbohidrat *by difference* (sebagai fakta nutrisi).

Analisis Data

Data sifat fungsional dan kandungan kimia pati sago alami dan pati sago modifikasi HMT yang diperoleh dari hasil pengamatan akan dianalisis secara statistik menggunakan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) pada *software* IBM SPSS *statistic* versi 23. Jika diperoleh data F hitung $\geq F$ tabel maka akan dilanjutkan dengan *duncan multiple range test* (DMRT) pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan pada setiap perlakuan. Data penilaian sensori *brownies* kukus pati sago alami dan *brownies* kukus pati sago HMT perlakuan terpilih dianalisis secara statistik menggunakan uji *t* berpasangan (*paired sample t-test*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Sifat Fungsional Pati Sagu

Water holding capacity (WHC) merupakan suatu kemampuan pati untuk menahan air yang diserap. *Swelling power* merupakan salah satu sifat fisik yang berhubungan dengan daya kembang suatu bahan. Semakin tinggi nilai *swelling power* atau daya kembang suatu pati, maka semakin besar kemampuan pati untuk menyerap air dan mengembang. *Solubility* merupakan kemampuan suatu bahan untuk dapat larut dalam air. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa variasi kadar air HMT berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap rata-rata nilai WHC, *swelling power*, dan *solubility* yang dihasilkan.

Tabel 2. Rata-rata nilai WHC pati sagu

Perlakuan	Water holding capacity (g/g)	Swelling Power (g/g)	Solubility (%)
P1 = Pati sagu alami	0,56 ^a ±0,11	7,64 ^a ±0,60	28,53 ^d ±0,01
P2 = Pati sagu HMT 27%	0,91 ^b ±0,05	10,78 ^b ±0,58	23,64 ^c ±0,02
P3 = Pati sagu HMT 30%	1,25 ^c ±0,17	14,22 ^c ±0,47	18,70 ^b ±0,01
P4 = Pati sagu HMT 33%	1,61 ^d ±0,08	18,68 ^d ±0,40	14,86 ^a ±0,01

Ket: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%, n=4.

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pati sagu memiliki WHC berkisar antara 0,56 hingga 1,61 g/g. Nilai WHC dari pati sagu menunjukkan peningkatan signifikan setelah proses HMT mulai dari perlakuan P2, yang menandakan bahwa perlakuan variasi kadar air HMT berpengaruh nyata terhadap nilai WHC pati sagu. Semakin tinggi kadar air yang digunakan, maka nilai WHC semakin meningkat. Hal ini karena semakin tinggi kadar air pada proses HMT, maka semakin memfasilitasi perubahan struktur pati yaitu menjadi lebih longgar dan sifat hidrofilik pati meningkat sehingga menyebabkan penyerapan air juga meningkat. Hal ini selaras dengan hasil penelitian Dewi *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa pati sagu yang dimodifikasi HMT dengan variasi kadar air (10, 15, 20, 25, dan 30%) meningkatkan nilai WHC, yaitu WHC pada pati sagu alami 0,90 g/g dan setelah dimodifikasi HMT nilai WHC meningkat menjadi 1,03-1,93 g/g. Menurut Ariyantoro *et al.* (2022), sifat hidrofilik pati cenderung meningkat karena kadar air yang lebih tinggi. Sebaliknya, pergerakan air antar rantai molekul pati menjadi lemah apabila jumlah kandungan air terbatas sehingga kapasitas penyerapan airnya rendah.

Water holding capacity (WHC) memiliki peran yang penting dalam produk makanan yang dikukus, seperti *brownies* kukus. Nilai WHC yang tinggi dan terkontrol berpotensi untuk menghasilkan *brownies* kukus dengan tekstur lembut. Hal ini terjadi karena WHC yang tinggi dan tidak berlebihan dapat mengikat dan menahan air dengan efektif di dalam adonan *brownies* selama proses pengukusan. Air yang terperangkap ini akan menjaga kelembapan *brownies* kukus dan mencegah *brownies* menjadi kering dan keras setelah matang serta selama penyimpanan.

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan variasi kadar air pada HMT berpengaruh nyata terhadap nilai daya kembang pati sagu. Pati sagu menunjukkan peningkatan nilai daya kembang yang signifikan dengan peningkatan kadar air pada perlakuan HMT mulai dari perlakuan P2, yang menandakan bahwa semakin tinggi kadar air yang digunakan, semakin tinggi pula nilai daya kembang yang dihasilkan. Hal ini karena jumlah kadar air yang lebih tinggi menyebabkan lebih banyak ikatan hidrogen yang terputus sehingga granula pati mengembang karena banyaknya air yang masuk ke dalam granula pati. Peningkatan daya kembang pati yang dimodifikasi HMT dengan variasi kadar air ini sesuai dengan hasil penelitian Putra *et al.* (2016) yang menunjukkan bahwa variasi kadar air (15, 20, 25, dan 30%) pada pati talas meningkatkan nilai daya kembang pati, dimana pati talas

alami memiliki daya kembang 5,84 g/g, sedangkan pati talas HMT dengan variasi kadar air berkisar antara 6,81–7,90 g/g. Menurut Syahbanu *et al.* (2023) pembengkakan granula pati membesar karena molekul air yang masuk ke dalam granula dan terperangkap pada rantai pati amilosa dan amilopektin. Semakin banyak air yang tersedia saat pati dipanaskan, maka semakin baik granula pati mengembang dan strukturnya akan terbuka, sebaliknya jika kadar air semakin sedikit maka kekuatan pati untuk mengembang menjadi lebih rendah.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa *solubility* pati sagu yaitu berkisar antara 14,86–28,53%. Nilai *solubility* pati sagu mengalami penurunan yang signifikan dengan adanya perlakuan kadar air HMT mulai dari perlakuan P2, yang menandakan bahwa semakin tinggi kadar air yang digunakan akan menghasilkan nilai *solubility* yang semakin menurun. Penurunan nilai *solubility* ini selaras dengan hasil penelitian Dewi *et al.* (2022) mengenai penurunan *solubility* pati sagu HMT dengan variasi kadar air (10, 15, 20, 25 dan 30 %) menunjukkan nilai *solubility* pati sagu alami yaitu 38,52% dan setelah dimodifikasi HMT nilai *solubility* menurun menjadi 37,87-23,23%. Hal ini disebabkan oleh variasi kadar air pada modifikasi HMT menyebabkan penataan kembali komponen-komponen pati, yaitu amilosa dan amilopektin, yang berinteraksi dan membentuk struktur heliks ganda pada rantai samping amilopektin. Pembentukan heliks ganda pada cabang amilopektin yang dihasilkan dari interaksi ini menjadi faktor utama penyebab berkurangnya kelarutan pati HMT, karena menghalangi keluarnya amilopektin dari granula.

Uji Kandungan Kimia Pati Sagu

Analisis kadar air merupakan suatu analisis yang digunakan untuk mengetahui persentase air yang terkandung dalam bahan pangan. Kadar air dalam bahan pangan akan menentukan umur simpan pada bahan pangan tersebut. Kadar amilosa adalah persentase kandungan amilosa dalam pati. Amilosa merupakan salah satu dari dua jenis utama molekul polisakarida penyusun pati, dan yang lainnya adalah amilopektin. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa variasi kadar air HMT berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap rata-rata nilai kadar air dan kadar amilosa pati sagu yang dihasilkan.

Tabel 3. Rata-rata nilai kadar air pati sagu

Perlakuan	Kadar air (%)	Kadar amilosa (%)
P1 = Pati sagu alami	8,33 ^a ±0,00	30,12 ^d ±0,71
P2 = Pati sagu HMT 27%	11,43 ^b ±0,01	26,60 ^c ±0,53
P3 = Pati sagu HMT 30%	13,37 ^c ±0,00	21,70 ^b ±0,35
P4 = Pati sagu HMT 33%	14,75 ^d ±0,00	16,77 ^a ±0,62

Ket: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%, n=4.

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa pati sagu alami memiliki kadar air sebesar 8,33%, sedangkan pati sagu HMT yaitu (11,43–14,75%). Nilai kadar air pati sagu HMT lebih tinggi dibandingkan pati alaminya. Peningkatan kadar air tersebut terjadi seiring dengan bertambahnya jumlah variasi kadar air HMT pada saat modifikasi HMT. Jika kadar air awal lebih tinggi, maka pati yang telah dimodifikasi mempertahankan kadar air yang lebih tinggi pula saat mencapai kesetimbangan. Peningkatan kadar air setelah modifikasi HMT ini sesuai dengan penelitian Ariyantoro *et al.* (2022) mengenai modifikasi pati kacang koro dengan metode HMT variasi kadar air (27, 30, dan 33%) menghasilkan kadar air akhir yang lebih tinggi seiring dengan peningkatan kadar air awal saat proses HMT. Pati dengan kadar air awal yang lebih tinggi akan menyimpan residu air yang jauh lebih banyak dan tidak teruapkan dibandingkan dengan pati yang persentase kadar air awalnya lebih rendah.

Berdasarkan syarat mutu pati sagu menurut SNI 3729-2023 kadar air pada pati sagu yaitu maksimum 13% masih aman untuk penyimpanan. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa kadar air yang memenuhi syarat mutu SNI pati sagu yaitu pada perlakuan P1 (pati sagu

alami) dengan kadar air 8,33% dan P2 (pati sagu modifikasi HMT kadar air 27%) dengan kadar air akhir 11,43%. Sedangkan perlakuan modifikasi HMT pada kadar air 30% dan 33% menunjukkan nilai kadar air akhir yang melebihi batas maksimum syarat mutu pati sagu.

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa kadar amilosa pati sagu yaitu berkisar antara 16,77–30,12 g/g. Nilai kadar amilosa pati sagu mengalami penurunan yang signifikan dengan adanya perlakuan kadar air HMT mulai dari perlakuan P2, yang menandakan bahwa semakin tinggi kadar air yang digunakan akan menghasilkan nilai kadar amilosa yang semakin menurun. Hal ini karena peningkatan kadar air di dalam pati semakin memfasilitasi pelepasan molekul amilosa dari granula pati selama proses modifikasi berlangsung. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Picauly *et al.* (2017) mengenai pati sagu HMT dengan variasi kadar air (23, 28, 33%) menunjukkan nilai kadar amilosa pati sagu alami yaitu 27,18%, dan setelah dimodifikasi HMT nilai kadar amilosa menurun menjadi 22,52% (kadar air 23%), 20,94% (kadar air 28%), dan 14,20% (kadar air 33%). Hasil penelitian Singh *et al.* (2011) menunjukkan bahwa peningkatan kadar air awal selama perlakuan HMT berhubungan dengan penurunan kadar amilosa. Kadar air yang semakin tinggi selama proses modifikasi HMT akan menyebabkan semakin banyak amilosa yang terlepas dari granula pati.

Perlakuan Terpilih Pati Sagu

Hasil analisis kimia pati sagu menunjukkan bahwa kadar air pati sagu perlakuan P1 dan P2 telah memenuhi syarat mutu pati sagu (SNI 3729-2023) yaitu maksimal 13%. Berdasarkan hasil analisis, pati sagu HMT dengan kadar air 27% adalah perlakuan terpilih untuk diaplikasikan pada *brownies* kukus. Perlakuan pati sagu HMT dengan kadar air 30% dan 33% meskipun menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi pada daya serap air dan daya kembang, serta kadar amilosa yang lebih rendah, perlakuan ini tidak dipilih karena kadar airnya melebihi standar mutu (SNI 3729-2023) dan sifat fungsionalnya yaitu WHC dan *swelling power* yang terlalu tinggi serta kandungan amilosa yang terlalu rendah justru berpotensi membuat tekstur *brownies* kukus menjadi terlalu lembek. Sebaliknya, pati sagu HMT 27% memberikan keseimbangan yang optimal antara sifat fungsional (daya serap dan daya kembang) serta kandungan amilosa yang tidak terlalu rendah yang sangat mendukung untuk menghasilkan *brownies* kukus yang lembut. Pemilihan perlakuan pati sagu HMT dengan kadar air 27% juga diperkuat oleh hasil uji sensori deskriptif dan hedonik terhadap produk *brownies* kukus yaitu *brownies* kukus pati sagu HMT 27% memiliki volume yang lebih mengembang, pori yang lebih terbuka dan lebih lembut dibandingkan *brownies* kukus pati sagu alami, serta lebih disukai oleh panelis.

Uji Sensori Hedonik *Brownies* Kukus

Tabel 4. Hasil uji sensori hedonik *brownies* kukus

Perlakuan	Volume pengembangan	Tekstur berpori	Kelembutan	Penilaian keseluruhan
P1 = Pati sagu alami	2,17 ^a ±0,70	2,25 ^a ±0,72	2,11 ^a ±0,82	2,07 ^a ±0,72
P2 = Pati sagu HMT 27%	4,36 ^b ±0,73	4,28 ^b ±0,76	4,52 ^b ±0,61	4,55 ^b ±0,54

Ket: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji *t* berpasangan, n=2. **Skor hedonik:** 1. Sangat tidak suka, 2. Tidak suka, 3. Agak suka, 4. Suka, 5. Sangat suka.

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa rata-rata volume pengembangan *brownies* kukus secara hedonik pati sagu alami yaitu 2,17 (agak suka), sedangkan *brownies* kukus pati sagu modifikasi HMT yaitu 4,36 (sangat suka) yang menandakan bahwa volume pengembangan *brownies* kukus pati sagu modifikasi HMT lebih disukai dibandingkan *brownies* kukus pati sagu alami. Hal ini karena *brownies* kukus pati sagu HMT dianggap lebih mengembang dan memiliki volume yang lebih besar dibandingkan pati sagu alami sehingga terlihat lebih menarik dan lebih mengenyangkan. Hal ini sejalan dengan penelitian Rolls *et al.*

(2000) menyatakan bahwa volume makanan atau minuman yang lebih besar menyebabkan persepsi lebih banyak energi yang dikonsumsi dan lebih mengenyangkan sehingga lebih menguntungkan.

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa rata-rata tekstur berpori *brownies* kukus secara hedonik pati sagu alami yaitu 2,25 (agak suka), sedangkan *brownies* kukus pati sagu modifikasi HMT yaitu 4,28 (sangat suka) yang menandakan bahwa tekstur berpori *brownies* kukus pati sagu modifikasi HMT lebih disukai oleh panelis dibandingkan *brownies* kukus pati sagu alami. Hal ini karena *brownies* kukus pati sagu HMT dianggap memiliki tekstur yang berpori yang lebih terbuka sehingga *brownies* kukus pati sagu HMT lebih mengembang, bervolume lebih besar dan lebih disukai oleh panelis dibandingkan dengan *brownies* kukus pati sagu alami yang memiliki pori lebih rapat dan padat. Hal ini sesuai dengan penelitian Rolls *et al.* (2000) menyatakan bahwa volume makanan atau minuman yang lebih besar menyebabkan persepsi lebih banyak energi yang dikonsumsi dan lebih mengenyangkan sehingga lebih menguntungkan.

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa rata-rata kelembutan *brownies* kukus secara hedonik pati sagu alami yaitu 2,11 (agak suka), sedangkan *brownies* kukus pati sagu modifikasi HMT yaitu 4,52 (sangat suka) yang menandakan bahwa kelembutan *brownies* kukus pati sagu modifikasi HMT lebih disukai oleh panelis dibandingkan *brownies* kukus pati sagu alami. Hal ini karena *brownies* kukus yang lembut lebih mudah dikunyah saat dikonsumsi dan memberikan sensasi yang menyenangkan dibandingkan dengan *brownies* kukus pati sagu alami yang memiliki tekstur yang lebih padat. Hal ini sesuai dengan Mahfud & Jati (2014), yang menyatakan bahwa panelis lebih menyukai kue *chiffon* yang lembut dan berpori-pori terbuka dibandingkan dengan kue *chiffon* yang keras dan pori-pori *chiffon* tersumbat.

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa rata-rata kelembutan *brownies* kukus secara hedonik pati sagu alami yaitu 2,11 (agak suka), sedangkan *brownies* kukus pati sagu modifikasi HMT yaitu 4,52 (sangat suka) yang menandakan bahwa kelembutan *brownies* kukus pati sagu modifikasi HMT lebih disukai oleh panelis dibandingkan *brownies* kukus pati sagu alami. Hal ini karena *brownies* kukus yang lembut lebih mudah dikunyah saat dikonsumsi dan memberikan sensasi yang menyenangkan dibandingkan dengan *brownies* kukus pati sagu alami yang memiliki tekstur yang lebih padat. Hal ini sejalan dengan penelitian Baingana (2024) yang melakukan penelitian mengenai dampak tekstur makanan terhadap kepuasan sensorik pada konsumen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tekstur memainkan peran dalam kepuasan sensorik konsumen, preferensi tekstur yang lebih lembut dianggap lebih mudah dikunyah dan ditelan dan meningkatkan kualitas kelezatan yang lebih tinggi.

Tabel 4 menunjukkan bahwa skor penilaian keseluruhan *brownies* kukus secara hedonik pada perlakuan P1 yaitu 2,07 (tidak suka), sedangkan pada perlakuan P2 yaitu 4,55 (sangat suka). Adanya perbedaan tingkat kesukaan panelis yang berbeda signifikan disebabkan dari parameter volume pengembangan, tekstur berpori, maupun kelembutan *brownies* kukus secara hedonik panelis lebih menyukai perlakuan P2 dibandingkan dengan P1. Perlakuan P2 dianggap lebih mengembang, bertekstur pori yang lebih terbuka, dan lebih lembut dibandingkan perlakuan P1, sehingga memberikan sensasi yang menyenangkan saat dikonsumsi.

Informasi Nilai Gizi

Brownies kukus pati sagu HMT 27% memperoleh penilaian yang baik oleh panelis untuk atribut volume pengembangan yaitu sangat mengembang, tekstur berpori yaitu agak padat, kelembutan yaitu sangat lembut, dan penilaian keseluruhan yang tinggi dibandingkan dengan perlakuan *brownies* kukus pati sagu alami. Hal ini juga menunjukkan bahwa perlakuan pati sagu HMT 27% mampu menghasilkan kualitas *brownies* kukus yang paling disukai panelis. Dengan demikian, perlakuan *brownies* kukus HMT 27% dipilih sebagai perlakuan terpilih, karena memberikan kombinasi optimal antara mutu fungsional pati, kualitas mutu

brownies kukus, dan penerimaan konsumen terhadap produk akhir. Perlakuan terpilih pada *brownies* kukus dilakukan analisis proksimat yaitu kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, dan karbohidrat serta dilakukan perhitungan perkiraan energi pada setiap 100g *brownies* kukus sebagai fakta nutrisi. Informasi nilai gizi *brownies* kukus perlakuan terpilih (*brownies* kukus pati sagu HMT 27%) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Informasi nilai gizi *brownies* kukus perlakuan terpilih

Informasi Nilai Gizi (Nutrition Facts)	
Takaran Saji (serving size)	100 g
Air	32,22 g
Abu	1,54 g
Protein	4,61 g
Lemak	13,82 g
Karbohidrat	47,80 g
Energi	334,02 kkal

Ket: Nilai energi dihitung berdasarkan faktor konversi energi: protein (4 kkal/g), lemak (9 kkal/g), dan karbohidrat (4 kkal/g).

KESIMPULAN

Modifikasi pati sagu HMT dengan variasi kadar air 27%, 30%, dan 33% memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik fisik dan kimia pati sagu. Pati sagu modifikasi HMT menunjukkan peningkatan nilai *water holding capacity* (WHC) dan *swelling power*, serta penurunan *solubility* dan kadar amilosa. Perlakuan terpilih diperoleh pada pati sagu HMT dengan kadar air 27% yang menghasilkan nilai *water holding capacity* (WHC) sebesar 0,91 g/g, *swelling power* sebesar 10,78 g/g, *solubility* sebesar 23,64%, kadar air 11,43%, dan kadar amilosa 26,60%. *Brownies* kukus yang dihasilkan dari pati sagu HMT 27% menunjukkan mutu sensori yang lebih baik dengan skor rata-rata hedonik yang diperoleh yaitu volume pengembangan 4,36 (sangat suka), tekstur berpori 4,28 (sangat suka), kelembutan 4,52 (sangat suka), dan penilaian keseluruhan 4,55 (sangat suka).

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianti, F., Efendi, R., & Yusmarini. (2016). Pemanfaatan pati sagu tepung kelapa dalam pembuatan kue bangkit. *JOM Faperta UR*, 3(2), 1–16.
- Ariyantoro, A. S., Yulviatun, Affandi, D. R., & Septiarani, A. (2022). Pengaruh Kadar Air dan Lama Perlakuan Panas Kelembaban (HMT) Terhadap Sifat Pati Kacang Koro (*Canavalia Ensiformis*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1–13. <https://doi.org/10.24198/jp2.2016.vol1.1.08>
- Badan Standarisasi Nasional. (2023). SNI 3729–2023. Pati Sagu. Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- Bemiller, J. N., & Hubber, K. C. (2015). Physical modification of food starch functionalities. *Annual Review of Food Science and Technology*, 6(2), 19–69. DOI: [10.1146/annurev-food-022814-015552](https://doi.org/10.1146/annurev-food-022814-015552)
- Dewi, R. K., Bintoro, M. H., & Sudradjat. (2016). Karakter morfologi dan potensi produksi beberapa aksesori sagu (*Metroxylon* spp.) di Kabupaten Sorong Selatan, Papua Barat. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 44(1), 91–97. DOI: [10.24831/jai.v44i1.12508](https://doi.org/10.24831/jai.v44i1.12508)
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2024). Kebijakan Pengembangan Sagu Nasional: Potensi, Tantangan dan Peluang Sagu untuk Ketahanan Pangan. Kementerian Pertanian. Jakarta.

- Holinesti, R., & Gusnita, E. (2022). Kualitas *brownies* kukus yang dihasilkan dari substitusi tepung sagu. *Jurnal Pendidikan Tata Boga dan Teknologi*, 3(2), 88–94. DOI: [10.24036/jptbt.v3i2.334](https://doi.org/10.24036/jptbt.v3i2.334)
- Kim, M., Oh, S. G., & Chung, H. J. (2017). Impact of heat-moisture treatment applied to brown rice flour on the quality and digestibility characteristics of korean rice cake. *Springer*, 1–8. DOI: [10.1007/s10068-017-0151-x](https://doi.org/10.1007/s10068-017-0151-x)
- Lee, H. L., & Yoo, B. (2011). Effect of hydroxypropylation on physical and rheological properties of sweet potato starch. *Food Science and Technology*, 44(3), 765–770. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.09.012>
- Muflihati, I., Lukitasewa, Narindri, B., Afriyanti, & Mailia, B. (2015). Efek Substitusi Tepung Terigu dengan Pati Ketan Terhadap Sifat Fisik *Cookies*. *Prosiding Seminar Nasional Universitas PGRI Yogyakarta*. Yogyakarta.
- Picauly, P., Damamain, E., & Polnaya, F. J. (2017). Karakteristik fisikokimia dan fungsional pati sagu ihur termodifikasi dengan *heat moisture treatment*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 28(1), 70–77. DOI: [10.6066/jtip.2017.28.1.70](https://doi.org/10.6066/jtip.2017.28.1.70)
- Purwadiani, S. G., H. Munarko, Jariyah, Winarti, S., Nurma, K., & Wahyuni. (2022). Sosialisasi manfaat biskuit bebas gluten bagi Kesehatan di UD sofia *cookies* wiyung Surabaya. *Jurnal Pengabdian*, 3(2), 29-33. DOI: [10.37366/jabmas.v3i02.1479](https://doi.org/10.37366/jabmas.v3i02.1479).
- Putra, N, K., Wisaniyasa, N. W., Wiadnyani, A. A. I. S. (2016). Optimisasi suhu pemanasan dan kadar air pada produksi pati talas kimpul termodifikasi dengan teknik *heat moisture treatment* (HMT). *Agritech*, 36(3), 302–307. DOI: [10.22146/agritech.16602](https://doi.org/10.22146/agritech.16602)
- Ramadhani, D. A., & Mulyani, S. (2018). Pengaruh substitusi terigu dengan tepung sagu terhadap tingkat kesukaan bolu kemojo. *Jurnal Proteksi Kesehatan*, 7(2), 68–73. DOI: [10.36929/jpk.v7i2.136](https://doi.org/10.36929/jpk.v7i2.136)
- Rolls, B. J., Bell, E. A., & Waugh, B. A. (2000). Increasing the volume of a food by incorporating air affects satiety in men. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 361–368. DOI: [10.1093/ajcn/72.2.361](https://doi.org/10.1093/ajcn/72.2.361)
- Setyaningsih, D., Apriyantono, A., & Sari, M. P. (2010). *Analisis Sensori untuk Industri Pangan dan Agro*. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.
- Singh, H., Chang, Y. H., Lin, J. H., & Singh, N. (2011). Influence of heat moisture treatment and annealing on functional properties of sorghum starch. *Food Research International*, 4(4), 2949–2954. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.005>
- Solihin, M. A., Pato, U., & Rahmayuni. (2012). Substitusi tepung terigu dengan pati sagu dalam proses pembuatan *cake*. *Jurnal Sagu*, 2(4), 1–13.
- Jurnal Ilmiah Pangan Halal ISSN 3024-9988 Volume x Nomor x, Maret 20xx | 181
- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (1997). *Prosedur Analisis untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Syahbanu, F., Napitupulu, F. I., Septiana, S., & Aliyah, N. F. (2023). Struktur pati beras (*Oryza sativa L.*) dan mekanisme perubahannya pada fenomena gelatinisasi dan retrogradasi. *Agriontek*, 17(4), 755–767. DOI: [10.21107/agrointek.v17i4.15315](https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i4.15315)
- Tetelepta, G., & Picauly, P. (2021). Pengaruh *heat moisture treatment* pati sagu terhadap karakteristik kimia stik sarut (pangan tradisional Maluku). *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 6(3), 3955–3961. DOI: [10.33772/jstp.v6i3.18201](https://doi.org/10.33772/jstp.v6i3.18201)
- Yenrina, R. (2015). *Metode Analisis Bahan Pangan dan Komponen Bioaktif*. Yogyakarta: Andalas University Press.
- Zayas, J. F. (1997). *Functional of Proteins in Food*. Berlin: Springer-Verlag.