

Pengaruh konsentrasi Ca(OH)_2 dan suhu pemasakan pada proses nixtamalisasi tepung jagung

Effect of Ca(OH)_2 concentration and cooking temperature on the cornstarch of nixtamalization process

Tuty Shohibatuz Zakiyah^{1)*}, Sri Winarti¹⁾, Ratna Yulistiani¹⁾

¹⁾Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

*Email korespondensi : tuty.shohibatuz28@gmail.com

Informasi Artikel:

Dikirim: 10/03/2022; disetujui: 15/07/2022; diterbitkan: 30/09/2022

ABSTRACT

Nixtamalization is a corn cooking process with the addition of calcium hydroxide. This study aims to determine the best treatment combination between concentration of Ca(OH)_2 and cooking temperature to changes in physicochemical properties and amylographic properties of corn flour. This research was conducted using a completely randomized design with a factorial pattern with two factors. Factor I: concentration of Ca(OH)_2 1%, 2% and 3% (w/v); Factor II: cooking temperature 70°C, 80°C, 90°C, and 100°C. The results of data analysis using ANOVA for all parameters showed significant differences. The results showed that the best treatment combination was the nixtamalization treatment with a concentration of Ca(OH)_2 2% and a cooking temperature of 90°C which produces corn flour with a color coordinate value L^ ; a^* ; b^* is 68.64; 16.27; 45.22; calcium content 0.473%; amylose content 68.92%; swelling power 7.13 ml/g; freeze thaw stability 0.211 g/g. The microscopic structure of the best treatment showed that the surface shape of the starch granules was slightly rough, the cell walls were slightly thicker than the control corn flour; amylographic properties showed gelatinization temperature 78.15°C; peak gelatinization time 8.13 minutes; peak viscosity 1147 cP; hot paste viscosity 1056 cP; breakdown viscosity 91 cP; final viscosity 2132 cP; setback viscosity 1076 cP.*

Keywords: nixtamalization corn flour, concentration of Ca(OH)_2 , cooking temperature, physicochemical properties

ABSTRAK

Nixtamalisasi merupakan proses pemasakan jagung dengan penambahan kalsium hidroksida. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi perlakuan terbaik antara konsentrasi Ca(OH)_2 dan suhu pemasakan terhadap perubahan sifat fisikokimia dan sifat amilografi tepung jagung. Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap pola faktorial dengan dua faktor. Faktor I: konsentrasi Ca(OH)_2 1%, 2% dan 3% (b/v); Faktor II: suhu pemasakan 70°C, 80°C, 90°C, dan 100°C. Hasil analisa data menggunakan ANOVA untuk seluruh parameter menunjukkan berbeda nyata. Hasil penelitian menunjukkan kombinasi perlakuan terbaik adalah perlakuan nixtamalisasi dengan konsentrasi Ca(OH)_2 2% dan suhu pemasakan 90°C yang menghasilkan tepung jagung dengan nilai koordinat warna L^* ; a^* ; b^* berturut-turut sebesar 68,64; 16,27; 45,22; kadar kalsium 0,473%; kadar amilosa 68,92%; *swelling power* 7,13 ml/g; *freeze thaw stability* 0,211 g/g. Struktur mikroskopik perlakuan terbaik menunjukkan bentuk permukaan granula pati agak kasar, dinding sel tampak

sedikit lebih tebal dibandingkan tepung jagung kontrol; sifat amilografi menunjukkan suhu gelatinisasi 78,15°C; waktu puncak gelatinisasi 8,13 menit; viskositas puncak 1147 cP; viskositas pasta panas 1056 cP; viskositas *breakdown* 91 cP; viskositas akhir 2132 cP; viskositas *setback* 1076 cP.

Kata kunci: Tepung jagung nikstamalisasi, konsentrasi Ca(OH)₂, suhu pemasakan, sifat fisikokimia.

PENDAHULUAN

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan salah satu komoditas pangan dunia yang berpotensi sebagai sumber karbohidrat selain gandum dan padi. Biji jagung mengandung karbohidrat tinggi dalam bentuk pati yang terdapat pada endosperma. Tingginya komponen pati yang terdapat pada biji jagung dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bentuk alternatif produk setengah jadi berupa tepung. Menurut Indriyani *et al.* (2013), tepung merupakan salah satu bentuk alternatif produk setengah jadi yang dianjurkan, karena lebih tahan disimpan, mudah dicampur, diperkaya zat gizi, mudah dibentuk, dan lebih cepat dimasak sesuai tuntutan kehidupan modern yang serba praktis.

Pemanfaatan tepung jagung dalam beberapa produk olahan pangan masih terbatas karena memiliki kekurangan seperti kandungan serat yang cukup tinggi serta flavor dan rasa yang menyengat. Umumnya pengaplikasian tepung jagung tanpa perlakuan pendahuluan tidak dapat memberikan tingkat kerenyahan yang baik karena pati jagung mempunyai rantai amilosa dan amilopektin yang tersusun dalam bentuk semi kristal. Granula pati yang berbentuk kristal tidak memiliki rongga-rongga yang besar untuk menghasilkan produk yang bertekstur renyah (Febrianto *et al.*, 2014). Dalam penelitian Khomsatin dan Haryanto (2012), tepung jagung tanpa perlakuan pendahuluan memiliki *setback viscosity* yang tinggi, sehingga cenderung mengalami retrogradasi yang mengakibatkan produk pangan mengeras setelah dingin.

Salah satu bentuk usaha untuk memperbaiki sifat fisikokimia tepung jagung melalui proses nikstamalisasi. Nikstamalisasi merupakan proses pemasakan biji

jagung dengan penambahan Ca(OH)₂ yang bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia dari tepung (Ferdiansyah *et al.*, 2020). Selama pemasakan dalam larutan alkali, Ca(OH)₂ berdifusi menuju kernel pericarp jagung sehingga mendorong perubahan sifat fisikokimia pada lembaga, endosperma serta struktur anatomi internal biji jagung. Perubahan ini mengubah struktur kernel yang disebabkan oleh adanya perpindahan panas dan massa (Villada *et al.*, 2017). Tujuan pemasakan dengan metode nikstamalisasi yaitu membentuk ikatan silang antara ion Ca²⁺ dari larutan Ca(OH)₂ dan molekul pati yang dapat mengakibatkan perubahan struktural dan mempengaruhi sifat viskoelastik tepung jagung nikstamalisasi (Akbar & Yuniarta, 2014).

Penggunaan Ca(OH)₂ pada proses nikstamalisasi berhubungan dengan *chelating agent*. Ion Ca²⁺ memiliki jari-jari atom yang cukup besar untuk menerima donor elektron sehingga dapat membentuk ikatan silang dengan gugus hidroksil dari molekul pati. Ikatan silang tidak dapat dibentuk dengan ion yang memiliki jari-jari atom kecil seperti Na⁺. Oleh karena itu dalam penelitian Febrianto *et al.* (2014), jenis larutan yang paling baik untuk proses perendaman nikstamalisasi adalah larutan Ca(OH)₂.

Konsentrasi Ca(OH)₂ dan suhu pemasakan berperan penting terhadap pembentukan derajat ikatan silang antara molekul pati dengan ion Ca²⁺. Hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan oleh Vega-Rojas *et al.* (2017), interaksi *Van der Waals* antara pati dan ion Ca²⁺ memicu perubahan sifat fisikokimia. Interaksi yang lebih kuat antara pati dan kalsium dapat menghasilkan kristalinitas pati yang stabil, meningkatkan derajat gelatinisasi serta menurunkan viskositas puncak. Penggunaan

Ca(OH)₂ tinggi tidak hanya memberikan dampak yang baik terhadap produk tepung nikstamalisasi yang dihasilkan. Menurut Argun dan Dogan (2017), penggunaan Ca(OH)₂ yang tinggi dapat menurunkan suhu gelatinisasi pati, meningkatkan nilai viskositas maksimum, *final* dan *setback*. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini untuk menentukan kombinasi perlakuan terbaik terhadap kecukupan kondisi proses sehingga dapat menghasilkan sifat fisikokimia dan sifat amilografi tepung jagung yang baik.

METODE

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain komoditas jagung jenis semi mutiara dalam bentuk jagung pipil kering dengan varietas jagung hibrida NK6172 Perkasa yang berasal dari petani

daerah Jombang Jawa Timur, Ca(OH)₂, akuades.

Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain penangas air, thermometer, erlenmeyer, blender, loyang, sendok, cabinet dryer, ayakan 80 mesh, neraca analitik, timbangan, gelas ukur, pengaduk.

Rancangan Penelitian

Jumlah perlakuan dalam penelitian ini sebanyak 12 perlakuan dengan dua kali ulangan setiap perlakuan, sehingga total terdapat 24 unit sampel percobaan. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua faktor yaitu faktor 1: konsentrasi Ca(OH)₂ 1%, 2% dan 3% (b/v); faktor 2: suhu pemasakan 70°C, 80°C, 90°C, dan 100°C.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan

Konsentrasi Ca(OH) ₂	Suhu Pemasakan			
	B ₁ 70°C	B ₂ 80°C	B ₃ 90°C	B ₄ 100°C
A ₁ 1%	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃	A ₁ B ₄
A ₂ 2%	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃	A ₂ B ₄
A ₃ 3%	A ₃ B ₁	A ₃ B ₂	A ₃ B ₃	A ₃ B ₄
K ₁				

Keterangan:

A₁B₁ : konsentrasi Ca(OH)₂ 1%; Suhu 70°C
 A₂B₁ : konsentrasi Ca(OH)₂ 2%; Suhu 70°C
 A₃B₁ : konsentrasi Ca(OH)₂ 3%; Suhu 70°C
 A₁B₂ : konsentrasi Ca(OH)₂ 1%; Suhu 80°C
 A₂B₂ : konsentrasi Ca(OH)₂ 2%; Suhu 80°C
 A₃B₂ : konsentrasi Ca(OH)₂ 3%; Suhu 80°C
 A₁B₃ : konsentrasi Ca(OH)₂ 1%; Suhu 90°C

A₂B₃ : konsentrasi Ca(OH)₂ 2%; Suhu 90°C
 A₃B₃ : konsentrasi Ca(OH)₂ 3%; Suhu 90°C
 A₁B₄ : konsentrasi Ca(OH)₂ 1%; Suhu 100°C
 A₂B₄ : konsentrasi Ca(OH)₂ 2%; Suhu 100°C
 A₃B₄ : konsentrasi Ca(OH)₂ 3%; Suhu 100°C
 K₁ : kontrol jagung hibrida NK6172 Perkasa

Metode pelaksanaan

Penelitian dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknologi Pangan UPN "Veteran" Jawa Timur, Laboratorium Gizi Universitas Airlangga, Laboratorium FMIPA Universitas Negeri Malang serta Laboratorium Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan IPB. Parameter yang diamati meliputi warna (Kaemba *et al.*, 2017), kadar kalsium (AOAC, 2005), kadar amilosa (Andarwulan *et al.*, 2011), *swelling*

power (Kaur *et al.*, 2011), *freeze thaw stability* (Rahaju *et al.*, 2013), serta uji perlakuan terbaik menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan RVA (*Rapid Visco Analyzer*).

Proses pembuatan tepung jagung nikstamalisasi

Jagung pipil kering terlebih dahulu disortasi dari kotoran-kotoran kemudian dicuci dengan air bersih sampai kotorannya hilang. Setelah ditiriskan, 100 gram jagung

dimasak dalam 300 ml larutan Ca(OH)_2 sesuai formulasi (1%, 2% dan 3% (b/v)) selama 40 menit dengan suhu sesuai formulasi (70°C, 80°C, 90°C, dan 100°C). Selanjutnya, jagung direndam selama 14 jam menggunakan sisa larutan kalsium hidroksida waktu pemasakan hingga keseluruhan biji terendam. Jagung kemudian dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan sisa kalsium hidroksida serta mencapai pH netral. Selanjutnya, jagung ditiriskan dan digiling sampai hancur dengan blender. Jagung kemudian dikeringkan menggunakan cabinet dryer dengan suhu 50°C selama 8 jam. Tepung jagung yang sudah kering lalu dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan berukuran 80 mesh. Sedangkan tepung jagung kontrol dibuat tanpa pemasakan dan perendaman dengan Ca(OH)_2 .

Analisis data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) pada α 5%. Apabila terdapat perbedaan nyata maka dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada α 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Warna

Hasil analisa sidik ragam terdapat interaksi nyata ($p \leq 0,05$) antara konsentrasi Ca(OH)_2 dan suhu pemasakan terhadap warna tepung jagung nikstamalisasi. Rata-rata kecerahan warna L^* , kemerahan a^* , dan kekuningan b^* tepung jagung nikstamalisasi

masing-masing berkisar antara 66,14 – 70,24; 14,29 – 18,21; 44,62 – 46,85 (Tabel 2). Hasil pengujian warna menunjukkan semakin tinggi konsentrasi Ca(OH)_2 dan suhu pemasakan dapat menurunkan tingkat kecerahan warna L^* dan kekuningan b^* , serta meningkatkan kemerahan a^* . Perbedaan skala warna pada berbagai kombinasi perlakuan disebabkan karena penurunan intensitas warna oleh pigmen karotenoid. Adanya interaksi perlakuan konsentrasi Ca(OH)_2 yang semakin tinggi serta diiringi dengan peningkatan suhu pemasakan dapat melarutkan pigmen kuning pada jagung. Sesuai dengan penelitian Febrianto *et al.* (2014), penggunaan larutan alkali dari Ca(OH)_2 yang dilarutkan ke dalam air akan membentuk *slaked quicklime* yang mengeluarkan panas.

Jagung memiliki kandungan pigmen karotenoid yang mengandung sejumlah besar lutein dan zeaxanthin, menurut Anggreini *et al.* (2018), kestabilan karotenoid semakin mengalami penurunan seiring dengan semakin basa pH. Selain itu karotenoid juga sensitif terhadap suhu ekstrim seperti yang dijelaskan Nurdjanah *et al.* (2014), bahwa karotenoid akan mengalami kerusakan pada suhu tinggi karena terjadi dekomposisi karotenoid yang mengakibatkan turunnya intensitas warna karoten. Oleh karena itu dalam penelitian Febrianto *et al.* (2014), menyebutkan bahwa semakin besar konsentrasi alkali yang digunakan saat pemasakan dan perendaman biji jagung maka warna tepung jagung yang dihasilkan akan semakin gelap.

Tabel 2. Analisa warna tepung jagung nikstamalisasi pada berbagai kombinasi perlakuan

Perlakuan	Warna			
	L*	a*	b*	Hue(*)
A1B1	70,24±0,04 ⁱ	14,29±0,01 ^a	46,85±0,04 ^f	73,04±0,03 ⁱ
A1B2	70,19±0,01 ⁱ	14,31±0,01 ^a	46,80±0,07 ^{ef}	73,00±0,04 ⁱ
A1B3	69,52±0,01 ^h	15,39±0,03 ^b	46,78±0,03 ^{ef}	71,79±0,04 ^h
A1B4	69,41±0,02 ^g	15,43±0,01 ^b	46,75±0,03 ^e	71,73±0,03 ^h
A2B1	69,36±0,02 ^g	15,50±0,14 ^b	45,67±0,07 ^d	71,25±0,19 ^g
A2B2	68,71±0,02 ^f	16,22±0,03 ^c	45,23±0,01 ^c	70,27±0,03 ^f
A2B3	68,64±0,01 ^e	16,27±0,01 ^c	45,22±0,01 ^c	70,21±0,01 ^f
A2B4	68,58±0,01 ^d	17,31±0,01 ^d	45,19±0,01 ^c	69,04±0,02 ^e
A3B1	66,45±0,01 ^c	17,78±0,01 ^e	45,15±0,01 ^c	68,51±0,02 ^d
A3B2	66,23±0,01 ^b	17,80±0,14 ^e	44,81±0,03 ^b	68,34±0,17 ^c
A3B3	66,22±0,04 ^b	17,91±0,01 ^e	44,67±0,01 ^a	68,15±0,01 ^b
A3B4	66,14±0,01 ^a	18,21±0,03 ^f	44,62±0,01 ^a	67,80±0,02 ^a
Kontrol	70,31±0,01	14,27±0,02	46,89±0,01	73,07±0,03

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf berbeda pada satu kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($\alpha = 5\%$).

Kadar kalsium

Hasil analisa sidik ragam terdapat interaksi nyata ($p \leq 0,05$) antara konsentrasi Ca(OH)_2 dan suhu pemasakan terhadap kadar kalsium tepung jagung nikstamalisasi. Rata-rata kadar kalsium tepung jagung nikstamalisasi antara 0,371% hingga 0,549% (Tabel 3). Hasil pengujian kadar kalsium menunjukkan semakin tinggi konsentrasi Ca(OH)_2 dan suhu pemasakan mampu meningkatkan kadar kalsium tepung jagung nikstamalisasi. Hal ini diduga semakin tinggi konsentrasi Ca(OH)_2 maka ion kalsium yang berdifusi ke dalam biji jagung juga semakin meningkat. Sesuai pendapat Ferdiansyah *et al.* (2020), sifat alkali dapat memodifikasi lapisan luar biji jagung yang terdiri dari selulosa dan hemiselulosa sehingga pecahan perikarp menjadi rapuh dan jaringan dalam biji jagung menjadi longgar. Dengan me-

longgarnya jaringan tersebut menurut Saniati (2013), ion Ca^{2+} yang dibawa oleh air melalui tip cap, lembaga, dan perikarp akan sebagian besar tertahan dalam lembaga. Hal ini dapat memicu peningkatan kalsium pada tepung jagung yang dihasilkan.

Peningkatan kadar kalsium yang cukup tinggi dapat berkaitan dengan pembentukan kalsium karbonat pada perikarp seperti yang dijelaskan sebelumnya oleh Vega-Rojas *et al.* (2017), bahwa kristal kalsium karbonat ditemukan dalam lembaga pada waktu pemasakan yang lama dan konsentrasi Ca(OH)_2 yang tinggi. Kemungkinan pembentukan residu CaCO_3 selama proses nikstamalisasi dengan waktu pemasakan yang lama dan konsentrasi Ca(OH)_2 jenuh berasal dari pembentukan garam kalsium sebagai hasil saponifikasi asam lemak dengan kalsium hidroksida.

Tabel 3. Analisa sifat kimia tepung jagung nikstamalisasi pada berbagai kombinasi perlakuan

Perlakuan	Kadar kalsium	Kadar Amilosa	Swelling power	Freez Thaw Stability
A1B1	0,371 ± 0,001 ^a	64,41 ± 0,15 ^c	8,96 ± 0,02 ^g	0,111 ± 0,001 ^c
A1B2	0,373 ± 0,001 ^a	66,04 ± 0,30 ^d	8,42 ± 0,01 ^d	0,155 ± 0,004 ^{ef}
A1B3	0,381 ± 0,001 ^b	68,71 ± 0,45 ^f	7,23 ± 0,15 ^a	0,188 ± 0,006 ^h
A1B4	0,417 ± 0,003 ^c	63,72 ± 0,30 ^b	9,46 ± 0,07 ⁱ	0,072 ± 0,001 ^a
A2B1	0,425 ± 0,003 ^d	64,64 ± 0,30 ^c	8,74 ± 0,01 ^f	0,132 ± 0,003 ^d
A2B2	0,436 ± 0,001 ^e	67,06 ± 0,30 ^e	8,11 ± 0,08 ^c	0,159 ± 0,006 ^f
A2B3	0,473 ± 0,001 ^f	68,92 ± 0,30 ^f	7,13 ± 0,01 ^a	0,211 ± 0,001 ⁱ
A2B4	0,477 ± 0,001 ^{fg}	63,72 ± 0,15 ^b	9,20 ± 0,04 ^h	0,089 ± 0,001 ^b
A3B1	0,481 ± 0,003 ^g	64,20 ± 0,15 ^{bc}	9,08 ± 0,06 ^{gh}	0,105 ± 0,001 ^c
A3B2	0,536 ± 0,001 ^h	65,80 ± 0,16 ^d	8,58 ± 0,04 ^e	0,148 ± 0,003 ^e
A3B3	0,541 ± 0,001 ⁱ	67,48 ± 0,30 ^e	7,57 ± 0,04 ^b	0,173 ± 0,004 ^g
A3B4	0,549 ± 0,001 ^j	58,94 ± 0,15 ^a	9,82 ± 0,02 ^j	0,069 ± 0,006 ^a
Kontrol	0,271 ± 0,001	57,62 ± 0,30	10,01 ± 0,03	0,234 ± 0,022

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf berbeda pada satu kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($\alpha = 5\%$).

Kadar amilosa

Hasil analisa sidik ragam terdapat interaksi nyata terdapat interaksi nyata ($p \leq 0,05$) antara konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan suhu pemasakan terhadap kadar amilosa tepung jagung nikstamalisasi. Rata-rata kadar amilosa tepung jagung nikstamalisasi antara 58,94% hingga 68,92% (Tabel 3). Hasil pengujian kadar amilosa menunjukkan Semakin tinggi konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari 1% hingga 2% dan semakin tinggi suhu pemasakan dari 70°C hingga 90°C memiliki kemampuan yang baik dalam meningkatkan kadar amilosa. Peningkatan kadar amilosa terjadi akibat terbukanya rantai cabang amilopektin pada ikatan α 1-6 glikosida. Terbukanya rantai cabang amilopektin memberikan tempat bagi pembentukan ikatan silang antara ion Ca^{2+} dan gugus OH^- dari molekul pati, sehingga membentuk suatu kompleks yang menghubungkan dua polimer pati. Secara otomatis jumlah rantai cabang amilopektin akan berkurang dan meningkatkan jumlah rantai lurus amilosa sebagai hasil pemutusan ikatan cabang amilopektin (Setiarto et al., 2018). Ikatan silang yang terbentuk akan memperkuat ikatan antara rantai pati yang menyebabkan pati tersebut resisten terhadap pembengkakan granula (Musita, 2018). Terhambatnya pembeng-

kakan granula pati dapat meminimalisir terjadinya proses gelatinisasi pati yang diikuti dengan *leaching* molekul amilosa

Suhu yang terlalu tinggi serta diiringi dengan kondisi larutan alkali jenuh dapat memicu terbentuknya gel yang diikuti dengan *leaching* molekul amilosa, sehingga kadar amilosa cenderung menurun pada perlakuan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3% dan suhu pemasakan 100°C. Sesuai dalam penelitian Diniyah *et al.* (2019), menjelaskan bahwa ketika suspensi pati dipanaskan dengan suhu tinggi, granula pati pecah dan terdispersi yang menyebabkan amilosa terlarut dalam larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ selama pemasakan.

Swelling power

Hasil analisa sidik ragam terdapat interaksi nyata ($p \leq 0,05$) antara konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan suhu pemasakan terhadap *swelling power* tepung jagung nikstamalisasi. Rata-rata *swelling power* tepung jagung nikstamalisasi antara 7,13 ml/g hingga 9,82 ml/g (Tabel 3). Hasil pengujian *swelling power* menunjukkan semakin tinggi konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari 1% hingga 2% dan semakin tinggi suhu pemasakan dari 70°C hingga 90°C mampu menurunkan *swelling power* tepung jagung nikstamalisasi. Hal ini disebabkan karena kemampuan pembengkakan granula pati semakin berkurang

dengan terbentuknya ikatan silang. Menurut Akbar dan Yunianta (2014), ikatan silang dapat menghambat pembengkakan granula karena mengikat granula pati pada lokasi acak. Modifikasi tepung melalui ikatan silang dapat memperkuat granula dengan cara memperkuat ikatan hidrogen yang bertanggung jawab mempertahankan keutuhan granula, sehingga dapat digunakan untuk mengatasi sensitivitas granula pati yang membengkak akibat kondisi pengolahan. Kandungan amilosa yang lebih tinggi pada tepung jagung nikstamalisasi menjadi salah satu faktor yang menghambat pengembangan dan menyebabkan *swelling power* tepung jagung nikstamalisasi lebih rendah karena amilosa merupakan komponen pati yang bersifat sulit membentuk gel dalam air.

Kondisi pH basa ekstrim dan diiringi pemasakan pada suhu tinggi justru dapat mempercepat keluarnya amilosa dari granula, sehingga *swelling power* cenderung meningkat seperti pada perlakuan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3% dan suhu pemasakan 100°C . Menurut Haryanti *et al.* (2014), meningkatnya nilai *swelling power* sejalan dengan adanya peningkatan kandungan amilopektin rantai panjang yang berperan terhadap pengembangan dan sifat adonan pati. Ketika terjadi gelatinisasi menurut Marta (2011), gugus hidroksil amilosa dan amilopektin akan terpapar sehingga molekul air dapat berikatan dengan gugus hidroksil pati tersebut melalui pembentukan ikatan hidrogen dan menyebabkan peningkatan pembengkakan granula

Freeze thaw stability

Hasil analisa sidik ragam terdapat interaksi nyata ($p \leq 0,05$) antara konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan suhu pemasakan terhadap *freeze thaw stability* tepung jagung nikstamalisasi. Rata-rata *freeze thaw stability* tepung jagung nikstamalisasi antara 0,069 g/g hingga 0,211 g/g (Tabel 3). Hasil pengujian *freeze thaw stability* menunjukkan Semakin tinggi konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari 1% hingga 2% dan semakin tinggi suhu pemasakan dari 70°C hingga 90°C memiliki kemampuan rendah dalam menghambat

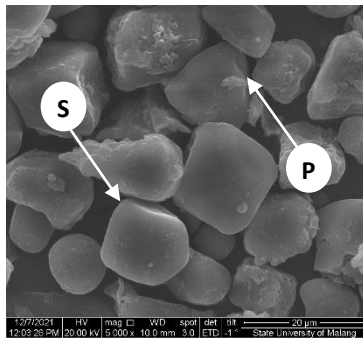
keluarnya air dari suatu gel pada tepung jagung nikstamalisasi, sehingga pada perlakuan tersebut memiliki *freeze thaw stability* yang semakin tinggi. Peningkatan *freeze thaw stability* disebabkan karena jumlah fraksi amilosa yang semakin meningkat akibat terbentuknya ikatan silang antara Ca^{2+} dengan molekul pati, sehingga memicu keluarnya air dari pasta. Sesuai dengan pernyataan Wulan *et al.* (2006), bahwa perlakuan modifikasi secara kombinasi kimia-fisik pada jagung dengan kandungan amilosa yang tinggi dapat memfasilitasi terbentuknya ikatan silang (*cross-linking*) dan retrogradasi untuk menghasilkan pati resisten.

Granula pati yang tidak mengembang secara maksimal pada waktu gelatinisasi menurut Richana *et al.* (2012), disebabkan karena kurangnya energi untuk memutuskan ikatan hidrogen intermolekul, akibatnya ketika pendinginan terjadi, amilosa dapat bergabung dengan cepat membentuk kristal yang tidak larut. Pengikatan kembali molekul-molekul amilosa tersebut menyebabkan air yang keluar dari pasta semakin banyak.

Penggunaan larutan alkali yang terlalu jenuh dan suhu yang terlalu tinggi justru dapat memicu terjadinya *leaching* amilosa sebagai akibat proses gelatinisasi pati, sehingga memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menghambat terjadinya *freeze thaw stability* seperti perlakuan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3% dan suhu pemasakan 100°C . Pada proses gelatinisasi terjadi pengrusakan ikatan hidrogen intramolekuler sehingga terbentuk gugus hidroksil bebas yang mudah menyerap air. Tingginya jumlah air yang berdifusi ke dalam granula pati pada proses gelatinisasi dapat menghambat terjadinya rekristalisasi. Menurut Rauf dan Sarbini (2015), rekristalisasi pati sangat sensitif terhadap kadar air, rekristalisasi atau retrogradasi terhambat pada bahan dengan kadar air yang tinggi. Terhambatnya rekristalisasi menyebabkan penurunan nilai sineresis. Nilai sineresis yang rendah dapat digunakan sebagai indikator bahwa pati tersebut relatif stabil pada suhu rendah (Rahaju *et al.*, 2013).

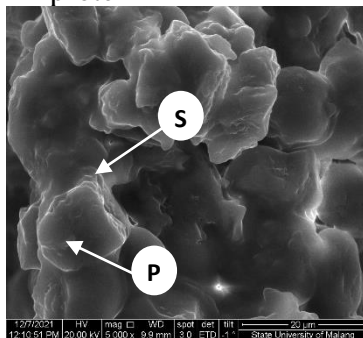
Bentuk mikroskopik

Pengamatan bentuk mikroskopik menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan menggunakan kondisi peralatan yang diatur pada tegangan percepatan elektron 20 kV dan perbesaran 5000x. Bentuk mikroskopik granula pati dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Bentuk mikroskopik pati jagung kontrol.

S = granula pati, P = badan protein



Gambar 2. Bentuk mikroskopik pati jagung nikstamalisasi perlakuan konsentrasi Ca(OH)₂ 2% dan suhu pemasakan 90°C

S = granula pati, P = badan protein

Butiran pati tepung jagung kontrol (Gambar 1) berbentuk poligonal hingga bulat dengan tepi yang jelas dan permukaan halus yang menunjukkan kemungkinan tidak mengalami pembengkakan granula pati, sedangkan granula pati tepung jagung nikstamalisasi dengan perlakuan konsentrasi Ca(OH)₂ 2% dengan suhu pemasakan 90°C (Gambar 2) menunjukkan permukaan yang sedikit kasar serta terlihat beberapa granula pati yang runtuh.

Tepung jagung nikstamalisasi dengan

perlakuan konsentrasi Ca(OH)₂ 2% dengan suhu pemasakan 90°C (Gambar 2) memiliki dinding sel yang tampak sedikit lebih tebal dari pada sampel kontrol (Gambar 1). Hal ini menunjukkan adanya integritas granula pati akibat terbentuknya ikatan silang dengan ion Ca²⁺ sehingga membentuk pati dengan struktur yang lebih kuat dan kompak. Menurut Wulan *et al.* (2006), interaksi antara ion Ca²⁺ dengan pati akan memperkuat struktur jaringan pati sehingga berat molekul pati akan meningkat akibat keberadaan ion Ca²⁺ yang mengikat granula pati pada lokasi acak. Lebih lanjut hal ini diperkuat dalam penelitian Villada *et al.* (2017), bahwa pada proses nikstamalisasi dapat memicu pembentukan granula pati polygonal yang saling menyatu dan akan sebagian tergelatinisasi. Pada tahap ini molekul pati yang saling menyatu dan telah melalui proses termo-alkali dan termomekanis dapat memicu pembentukan pati resisten.

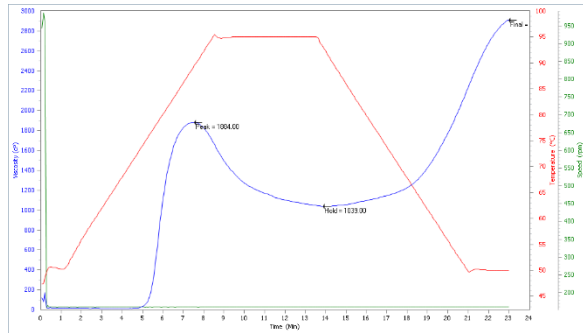
Pada sampel kontrol terdapat beberapa badan protein yang masih melekat berbentuk bulat, sedangkan pada sampel tepung jagung nikstamalisasi badan protein yang masih melekat pada granula pati berbentuk tidak beraturan. Hal ini diduga waktu memasak yang lama di bawah kondisi alkali dapat menyebabkan hidrolisis beberapa makromolekul. Menurut penelitian Quintanar-Guzman *et al.* (2009), perubahan ini menunjukkan adanya kemungkinan badan protein telah mengalami beberapa perubahan karena hidrasi permukaan rongga seluler yang kosong dan menunjukkan penampilan yang tidak teratur.

Sifat amilografi pati

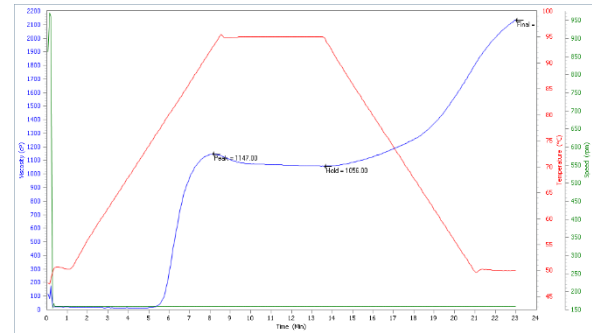
Profil amilografi tepung jagung kontrol serta tepung jagung nikstamalisasi dengan perlakuan konsentrasi Ca(OH)₂ 2% dan suhu pemasakan 90°C digambarkan melalui kurva alat RVA seperti disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4, sedangkan karakteristiknya disajikan pada Tabel 4. Tepung jagung memiliki profil gelatinisasi pati tipe B. Menurut Rahaju *et al.* (2013), Tipe B memiliki kemampuan pengembangan

sedang yang ditunjukkan lebih rendahnya viskositas. puncak dibandingkan dengan viskositas akhir. Hasil analisis sifat amilografi pati, perlakuan nikstamalisasi konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2% dan suhu pemasakan 90°C memiliki suhu gelatinisasi, waktu puncak gelatinisasi serta viskositas

pasta panas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan tepung jagung kontrol. Sebaliknya pada parameter viskositas puncak, viskositas *breakdown*, viskositas akhir, dan viskositas *setback* cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan tepung jagung kontrol.



Gambar 3. Profil amilografi tepung jagung kontrol



Gambar 4. Profil amilografi tepung jagung nikstamalisasi perlakuan konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2% dan suhu pemasakan 90°C

Tabel 4. Karakteristik amilografi tepung jagung kontrol serta tepung jagung nikstamalisasi perlakuan konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2% dan suhu pemasakan 90°C .

Parameter	Satuan	Jenis Perlakuan	
		Kontrol	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2%; 90°C
Suhu Gelatinisasi	$^\circ\text{C}$	74,90	78,15
Waktu Puncak Gelatinisasi	Menit	7,53	8,13
Viskositas Puncak	cP	1884	1147
Viskositas Pasta Panas	cP	1039	1056
Viskositas <i>Breakdown</i>	cP	845	91
Viskositas Akhir	cP	2911	2132
Viskositas <i>Setback</i>	cP	1872	1076

Peningkatan suhu awal gelatinisasi menurut Syafutri (2015), dipengaruhi oleh kadar lemak dan protein yang terkandung dalam pati. Semakin tinggi interaksi antara protein dan lemak dengan granula pati akan menghambat pengeluaran amilosa dari granula dan membutuhkan energi yang lebih banyak untuk melepaskan amilosa tersebut. Peningkatan waktu puncak gelatinisasi pada perlakuan nikstamalisasi menurut Musita (2018), disebabkan karena terbentuknya Ikatan silang antara molekul pati dengan ion Ca^{2+} dapat menghambat pembengkakan granula sehingga menyebabkan pati tersebut resisten terhadap pembengkakan granula dan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk

mencapai puncak gelatinisasi. Perlakuan nikstamalisasi dalam larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dapat menyebabkan struktur granula pati lebih stabil terhadap pemasakan karena semakin banyak membentuk daerah kristalin baru sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan viskositas pasta panas selama pemasakan dan pengadukan. Meningkatkan kristalinitas pati pada proses nikstamalisasi menurut Sun *et al.* (2013), terjadi karena perubahan struktur granula pati serta meningkatkan transisi parsial daerah amorf ke kristalin

Terjadinya penurunan viskositas puncak menurut Aini *et al.* (2016), dipengaruhi oleh keberadaan lemak dalam

bahan yang mampu menghalangi pengembangan granula dengan membentuk kompleks inklusi amilosa-lemak sehingga dihasilkan viskositas maksimum yang rendah. Pemasakan dalam larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ selama proses nikstamalisasi dapat meningkatkan stabilitas struktur granula akibat adanya ion-ion Ca^{2+} yang berikatan dengan molekul pati sehingga menyebabkan terbentuknya jembatan kalsium intermolekuler yang dapat meningkatkan kekuatan ikatan silang di dalam granula dan menyebabkan terjadinya penurunan viskositas *breakdown* pasta tepung. Menurut Lestari *et al.* (2015), nilai viskositas *breakdown* yang rendah merupakan karakteristik yang diharapkan sebagai bahan baku pembuatan mie, sehingga menghasilkan mi yang tidak mudah hancur selama pemasakan.

Penurunan viskositas *setback* diduga karena pemasakan dalam larutan alkali pada proses nikstamalisasi menyebabkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terionisasi menjadi kation Ca^{2+} dan anion OH^- . Selanjutnya ion Ca^{2+} akan membentuk ikatan dengan molekul pati sehingga mencegah penggabungan kembali molekul-molekul pati dan menghasilkan viskositas *setback* yang rendah. Menurut Suarni *et al.* (2013), Molekul amilosa mempunyai kecenderungan untuk bergabung sesamanya dengan membentuk ikatan hidrogen, semakin tinggi kadar amilosa pati semakin kuat ikatan hidrogen yang terbentuk. Menurut Lestari *et al.* (2015), penurunan viskositas *setback* merupakan karakteristik yang diinginkan pada tepung jagung sebagai bahan baku mi, karena dapat menurunkan tingkat kekerasan mi setelah dimasak. Syafutri (2015) menyarankan pati yang memiliki viskositas *setback* yang tinggi tidak diharapkan untuk produk kue, *cake*, ataupun roti karena menyebabkan kekerasan sesudah produk dingin, tetapi akan lebih baik jika digunakan sebagai bahan pengisi.

KESIMPULAN

Konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan suhu pemasakan berpengaruh nyata terhadap hasil

analisa tiap parameter. Perlakuan terbaik pada penelitian ini adalah perlakuan konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2% dan suhu pemasakan 90°C dengan karakteristik: nilai koordinat warna L^* ; a^* ; b^* berturut-turut sebesar 68,64; 16,27; 45,22; kadar kalsium 0,473%; kadar amilosa 68,92%; *swelling power* 7,13 ml/g; *freeze thaw stability* 0,211 g/g; struktur mikroskopik granula pati bentuk permukaannya agak kasar dan memiliki dinding sel yang tampak sedikit lebih tebal dari pada sampel tepung jagung kontrol; serta sifat amilografi tepung meliputi suhu gelatinisasi 78,15°C; waktu puncak gelatinisasi 8,13 menit; viskositas puncak 1147 cP; viskositas pasta panas 1056 cP; viskositas *breakdown* 91 cP; viskositas akhir 2132 cP; viskositas *setback* 1076 cP.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang telah berkenan menyediakan tempat untuk pelaksanaan penelitian selama pandemi COVID-19.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N., Wijonarko, G., & Sustrawan, B. (2016). Sifat fisik, kimia, dan fungsional tepung jagung yang diproses melalui fermentasi. *Jurnal Agritech*, 36(02), 160–169. <https://doi.org/10.22146/agritech.12860>
- Akbar, M. R., & Yuniarta. (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.
- Andarwulan, N., Kusnandar, F., & Herawati, D. 2011. *Analisis pangan*. Jakarta: Dian Rakyat
- Anggreini, R. A., Winarti, S., & Heryanto, T. (2018). Pengaruh suhu, lama waktu pemanasan, pH, garam dan gula terhadap kestabilan karotenoid licuala. *Jurnal Teknologi Pangan*, 12(2), 82–86. <https://doi.org/10.33005/jtp.v12i2>.

- 1292
- AOAC. 2005. Official method of analysis of the association of official analytical of chemist. Arlington, Virginia, USA: The Association of Official Analytical Chemist International, Inc.
- Argun, M. S., & Dogan, I. S. (2017). Effects of varying nixtamalization conditions on the calcium absorption and pasting properties of dent and flint corn flours. *Journal of Food Process Engineering*, 40(3), 1–7. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12436>
- Diniyah, N., Ganesha, P. G. V., & Subagio, A. (2019). Pengaruh perlakuan pH dan suhu terhadap sifat fisikokimia mocaf (*modified cassava flour*). *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 16(3), 147–158. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v16n3.2019.147-158>
- Saniati, D.N. (2013). *Kajian sifat organoleptik mie berbahan dasar tepung jagung (zea mays l.) ternikstamalisasi* [Skripsi]. Bandar Lampung: Universitas Lampung
- Febrianto, A., Basito, & Anam, C. (2014). Kajian karakteristik fisikokimia dan sensoris *tortilla corn chips* dengan variasi larutan alkali pada proses nikstamalisasi jagung. *Jurnal Teknosains Pangan*, 3(3), 22–34.
- Ferdiansyah, M. K., Dewi, S., Safitri, N., Panulatsih, S. J., & Khasanah, M. M. (2020). Karakteristik kimia tepung jagung P21 termodifikasi menggunakan metode nikstamal dengan perlakuan lama perendaman dan konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$. *Jurnal Teknologi Pangan*, 14(1), 17–29.
- Haryanti, P., Setyawati, R., & Wicaksono, R. (2014). Effect of temperature and time of heating of starch and butanol concentration on the physicochemical. *Agritech*, 34(3), 308–315.
- Indriyani, F., Nurhidajah, & Suyanto, A. (2013). Karakteristik fisik, kimia dan sifat organoleptik tepung beras merah berdasarkan variasi lama pengeringan physical. *Jurnal Pangan Dan Gizi*, 04(08), 27–34.
- Kaemba, A., Suryanto, E., & Christine. F. M. (2017). Karakteristik fisiko-kimia dan aktivitas antioksidan beras analog dari sagu baruk (*arenga microcarpa*) dan ubi jalar ungu (*ipomea batatas l. poiret*). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 5(1), 1–8.
- 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>
- Khomsatin, S., & Haryanto, B. (2012). Kajian pengaruh pengukusan bertekanan (*steam pressure treatment*) terhadap sifat fisikokimia tepung jagung. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 18(1), 86 – 93
- Lestari, O. A., Kusnandar, F., & Palupi, N. S. (2015). Pengaruh heat moisture treated (HMT) terhadap profil gelatinisasi tepung jagung. *Teknologi Pertanian*, 16(1), 75–80.
- Marta, H. (2011). *Sifat fungsional dan reologi tepung jagung nikstamal serta contoh aplikasinya pada pembuatan makanan pendamping ASI* [Thesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Musita, N. (2018). Kajian kadar aflatoksin dan proksimat tepung jagung nikstamalisasi pada berbagai lama perendaman. *Prosiding Seminar Nasional I Hasil Litbangyasa Industri*, ISSN 2654-8550, 98–105.
- Nurdjanah, S., Astuti, S., Musita, N., & Febriyaningsih, T. (2014). Sifat sensori biskuit berbahan baku tepung jagung nikstamalisasi dan terigu. *Jurnal Teknologi Industri Dan Hasil Pertanian*, 19(2), 127–136.
- Quintanar-Guzmán, A., Jaramillo-Flores, M. E., Mora-Escobedo, R., Chel-Guerrero, L., & Solorza-Feria, J. (2009). Changes on the structure, consistency, physicochemical and viscoelastic properties of corn (*zea mays sp.*) under different

- nixtamalization conditions. *Carbohydrate Polymers*, 78(4), 908–916. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.07.024>
- Rahaju, R., Fardiaz, D., Kusnandar, F., & Candra Sunarti, T. (2013). Functional properties of hydroxypropylated and crosslinked arrowroot starch. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 24(1), 60–67. <https://doi.org/10.6066/jtip.2013.24.1.60>
- Rauf, R., & Sarbini, D. (2015). Daya serap air sebagai acuan untuk menentukan volume air dalam pembuatan adonan roti dari campuran tepung terigu dan tepung singkong. *J. Agritech*, 35(3), 324–330.
- Richana, N., Ratnaningsih, & Haliza, W. (2012). *Teknologi pascapanen jagung*. Balai besar penelitian dan pengembangan pascapanen pertanian, Kementerian Pertanian: Bogor.
- Setiarto, R., Widhyastuti, N., & Sumariyadi, A. (2018). Peningkatan kadar pati resisten tipe III tepung singkong termodifikasi melalui fermentasi dan pemanasan bertekanan-pendinginan. *Biopropal Industri*, 9(1), 9–23.
- Sun, Q., Wang, T., Xiong, L., & Zhao, Y. (2013). The effect of heat moisture treatment on physicochemical properties of early indica rice. *Food Chemistry*, 141(2), 853–857. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.077>
- Suarni, I.U., Firmansyah, & Aqil M. (2013). *keragaman mutu pati beberapa varietas jagung*. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan, 32(01), 50 – 56.
- Syafutri, M. I. (2015). Sifat fungsional dan sifat pasta pati sagu bangka. *Sagu*, 14(1), 1–5.
- Vega-Rojas, L. J., Rojas-Molina, I., Gutiérrez -Cortez, E., Rincón-Londoño, N., Acosta-Osorio, A. A., Del Real-López, A., & Rodríguez-García, M. E. (2017). Physicochemical properties of nixtamalized corn flours with and without germ. *Food Chemistry*, 220, 490–497. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.039>
- Villada, J. A., Sánchez-Sinencio, F., Zelaya-Ángel, O., Gutiérrez-Cortez, E., & Rodríguez-García, M. E. (2017). Study of the morphological, structural, thermal, and pasting corn transformation during the traditional nixtamalization process: from corn to tortilla. *Journal of Food Engineering*, 212, 242–251. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.05.034>
- Wulan, S. N., Saparianti, E., Widjanarko, S. B., & Kurnaeni, N. (2006). Modifikasi pati sederhana dengan metode fisik, kimia, dan kombinasi fisik-kimia untuk menghasilkan tepung pra-masak tinggi pati resisten yang dibuat dari jagung, kentang dan ubi kayu. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(1), 1–9.