

**KARAKTERISASI SIFAT FISIKOKIMIA ISOLAT PROTEIN SORGUM
(*Sorghum bicolor* (L). Moench) HASIL EKSTRAKSI METODE ENZIMATIS
MENGUNAKAN α -AMILASE**

***Characterization of the Physicochemical Properties of Sorghum Protein Isolate
(Sorghum bicolor (L). Moench) Extraction Results from the Enzymatic Method
Using α -Amylase***

Endah Wulandari*, Fitri Fillianty, Elazmanawati Lembong, Alifa Putti Firdauza
Departemen Teknologi Industri Pangan - Fakultas Teknologi Industri Pertanian - Universitas Padjadjaran
Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 40600

*Penulis Korespondensi, email: endah.wulandari@unpad.ac.id

Disubmit : 21 Januari 2022

Direvisi : 1 Desember 2022

Diterima : 7 Desember 2022

ABSTRAK

Sorghum merupakan salah satu serealia sumber karbohidrat yang sering dimanfaatkan sebagai bahan baku industri khususnya dalam bentuk pati. Ekstraksi pati menghasilkan produk samping yaitu protein yang memiliki kandungan protein 3 kali lipat lebih tinggi dari kandungan protein pada biji sorgum. Isolasi protein sorgum dapat dilakukan dengan menggunakan enzim α -amilase. Sifat fisik dan kimia akan memengaruhi sifat produk selama proses pengolahan, penyimpanan dan konsumsi makanan. Sifat fisikokimia tersebut meliputi kadar air, abu, protein, lemak, dan morfologi permukaan granula isolat protein sorgum. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisikokimia yang dimiliki oleh isolat protein sorgum yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental yang dilanjutkan dengan analisa secara deskriptif. Penelitian yang dilakukan 2 konsentrasi enzim yang berbeda (30000 U/g dan 53681,6 U/g) dalam waktu hidrolisis yang sama (30 menit). Hasil isolasi protein menggunakan metode enzimatis dengan konsentrasi enzim α -amilase 53681,6 U/g pati, menghasilkan konsentrat protein sorgum dengan kandungan protein 70,96%, serta kadar non-protein seperti kadar air, abu, lemak, dan karbohidrat dengan nilai berturut-turut sebesar 79,72%, 0,68%, 0,15%, dan 5,1% dengan morfologi isolat protein berupa kafirin yang saling menempel erat satu dengan yang lainnya mengelilingi endosperm

Kata kunci: Isolat protein; Sifat fisikokimia; Sorgum

ABSTRACT

Sorghum is a cereal source of carbohydrates that is often used as industrial material, especially in the form of starch. Extraction of starch produces protein as a by-product which has a protein content of 3 times higher than the protein content of sorghum grain. Isolation of sorghum protein can be done by using the α -amylase enzyme. The physical and chemical properties will affect the product properties during the processing, storage, and consumption of food. The physicochemical properties included water content, ash, protein, fat, and surface morphology of sorghum protein isolate granules. This study aims to determine the physicochemical characteristics of the sorghum protein isolate produced. This research was conducted using an experimental method followed by a descriptive analysis. The experiment was conducted with 2 different enzyme concentrations (30000 U/g and 53681.6 U/g) in the same hydrolysis time (30 minutes). The results of protein isolation using the enzymatic method with α -amylase enzyme concentration of 53681.6 U/g starch, resulted in a protein concentrate of sorghum with a protein content of 70.96%, as well as non-protein content such as water, ash, fat, and carbohydrate content which their values are 79.72%, 0.68%, 0.15%, and 5.1% respectively with the morphology of protein isolates in the form of kafirin which are closely attached to one another around the endosperm

Keywords: Protein isolate; physicochemical characteristics; sorghum

PENDAHULUAN

Sorgum merupakan sereal sumber karbohidrat dengan nilai gizi sekitar 74,97% karbohidrat, 2,79% lemak, dan 9,08% protein. Sorgum dimanfaatkan sebagai bahan baku industri dalam bentuk tepung dan pati (*starch-based products*) (Suarni, 2016).

Ekstraksi pati menghasilkan produk samping yaitu protein (Li *et al.*, 2016). Hasil samping ekstraksi pati sorgum memiliki kandungan protein 3 kali lipat lebih tinggi dari kandungan protein pada biji sorgum yaitu sebesar 27,2%, dimana kandungan protein pada biji sorgum hanya sebesar 10,4% (Xie dan Seib, 2002).

Salah satu proses isolasi protein sorgum yang dikembangkan adalah dengan menggunakan α -amilase. Fungsi dari α -amilase ini adalah untuk memecah pati yang mengikat protein pada sorgum. Proses isolasi menggunakan α -amilase membuat produk yang dihasilkan aman untuk diaplikasikan dalam bahan pangan karena pada prosesnya tidak menggunakan bahan kimia sehingga tidak meninggalkan residu yang membahayakan kesehatan (De Mesa-Stonestreet *et al.*, 2010).

Sifat fisik dan kimia akan mempengaruhi sifat produk selama proses pengolahan, penyimpanan, dan konsumsi makanan (Shevkani *et al.*, 2015). Sifat fisikokimia tersebut meliputi kadar air, abu, protein, lemak, dan morfologi permukaan granula isolat protein sorgum.

METODE PENELITIAN

Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini adalah biji sorgum merah, enzim α -amilase (dari *Bacillus licheniformis*; Novozymes-Liquozyme® Supra; 9×10^8 U/ml) NaOH dari Merck, dan akuades. Bahan yang digunakan untuk ekstraksi dan analisis adalah HCl (Merck), H₂SO₄ (Merck), dan Indikator PP (Merck).

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah autoklaf, ayakan, beaker glass, blender, erlemeyer, freeze dryer, gelas ukur, magnetic stirrer, neraca analitik, pengaduk, pH meter, pipet ukur,

pipet tetes, SEM ZEISS EVO MA 10 (Scanning Electron Microscope), sentrifuge, tabung reaksi, dan tabung sentrifuse

Tahap Penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimental yang dianalisis secara deskriptif dengan menggunakan 2 perlakuan dengan 3 kali ulangan. Adapun perlakuan yang dicoba sebagai berikut:

- A = Pati sorgum yang di hidrolisis enzim α -amilase 30000 U/g selama 30 menit.
- B = Pati sorgum yang di hidrolisis enzim α -amilase 53681,6 U/g selama 30 menit.

Proses pembuatan isolat protein sorgum diawali dengan penyosohan biji sorgum untuk memisahkan antara biji dan dedak sorgum. Metode penyosohan yang digunakan mengacu pada penelitian Sukarminah (2015) yang telah dimodifikasi. Biji sorgum yang telah direndam dan dikeringkan dimasukkan ke dalam mesin penyosoh dan disosoh selama 4 menit.

Proses dilanjutkan dengan ekstraksi pati sorgum mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Izuagie *et al.* (2012) yang telah dimodifikasi. Beras sorgum direndam dalam 0,3% NaOH dengan perbandingan 1:4 terhadap berat sorgum pada suhu 25-30 °C selama 24 jam. Setelah itu dilakukan pencucian dan air sisa perendaman dibuang. Beras sorgum basah hasil perendaman digiling menggunakan grinder dengan kecepatan sedang serta ditambahkan air aquades dengan perbandingan 1:5 untuk memudahkan penggilingan. Setelah itu disaring menggunakan ayakan 200 mesh dan ampas sisa penyaringan di grinder kembali tahap ini diulangi sebanyak 3x. Kemudian sisa ampas dibuang. Setelah itu filtrat di sentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 15 menit hingga terpisah endapan dan supernatnya. Tahap ini diulangi sebanyak 3x.

Isolasi protein sorgum yang dilakukan mengacu pada penelitian yang dilakukan (De Mesa-Stonestreet *et al.*, 2011). Endapan hasil ekstraksi pati

dilarutkan dalam akuades dengan perbandingan air dengan endapan 80:20. Suspensi tersebut kemudian dipanaskan sampai tergelatinisasi. dan didinginkan hingga 80 °C dan kemudian ditambahkan enzim α -amilase dengan konsentrasi 30000 U/g dan 53681,6 U/g dan dengan waktu hidrolisis selama 30 menit. Proses selanjutnya yaitu inaktivasi enzim yang dilakukan dengan cara menurunkan pH menggunakan HCl 0,5 M sampai mencapai pH 3,15. Selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 30 menit hingga terpisah endapan dan supernatannya. Endapan yang dihasilkan kemudian dicuci 3 kali menggunakan akuades, disentrifugasi kembali lalu dikeringkan dengan *freeze dryer*.

Variabel yang diamati

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah komposisi proksimat yaitu kadar air (AOAC,2005), kadar abu (AOAC,2005), kadar lemak (AOAC, 2005), kadar protein (AOAC, 2005), dan kadar karbohidrat dengan metode *Carbohydrate by difference* (Sudarmadji *et al.*, 1997), kadar pati metode Luff Schoorl dan analisis mikrostruktur menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (Zhang *et al.*, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Proksimat

Berdasarkan Tabel 1 dan 2, terjadi perubahan kadar proksimat dari ketiga bahan baku hasil penyosohan dan ekstraksi yaitu beras sorgum dan pati sorgum. Proses penyosohan merupakan proses menghilangkan kulit luar sorgum dan lembaga tanpa merusak lapisan aleuron dan endosperm yang bertujuan untuk menghasilkan beras sorgum yang bersih (Firmansyah *et al.*, 2013; Espinosa-Ramírez dan Serna-Saldívar, 2019).

Analisis komposisi proksimat dilakukan bertujuan mengetahui kondisi awal sorgum sebelum disosoh dan setelah disosoh, ekstraksi pati sorgum yang pada tahap selanjutnya akan digunakan untuk

proses isolasi protein. Hasil analisis proksimat dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Komposisi proksimat biji, beras dan pati sorgum

Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Lemak (%)
Biji Sorgum	12,00±0,21 ^a	1,55±0,01 ^b	3,38±0,06 ^c
Beras Sorgum	11,38±0,19 ^a	1,17±0,01 ^b	2,04±0,11 ^b
Pati Sorgum	48,67±0,23 ^b	0,34±0,09 ^a	0,04±0,07 ^a

Tabel 2. Komposisi proksimat biji, beras dan pati sorgum

Sampel	Kadar Protein (%)	Kadar Pati (%)	Kadar Karbohidrat (%)
Biji Sorgum	11,42±0,22 ^b	63,79±0,02	71,65±0,16
Beras Sorgum	11,56±0,24 ^b	70,53±0,18	75,16±0,15
Pati Sorgum	3,98±0,18 ^a	85,38±0,09	46,98±0,05

Dari hasil uji proksimat yang dilakukan pada beras, proses penyosohan menyebabkan penurunan pada kadar air, abu, dan lemak, karena pada lapisan kulit air memiliki komponen gizi termasuk mineral dan lemak. Penurunan kadar air pada beras sorgum juga disebabkan gesekan antara biji sereal dengan batu gerinda pada mesin penyosoh yang menguapkan sebagian kecil air pada biji akibat panas yang ditimbulkan. Walaupun demikian kadar air dari sereal baik sebelum disosoh maupun setelah disosoh tidak melewati batas toleransi SNI 01-3157-1992 untuk biji sorgum yaitu 14%.

Proses penyosohan hanya menurunkan sedikit kadar protein beras sorgum. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Wulandari *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa kandungan protein dalam sorgum terdapat pada endosperma, lembaga, dan perikarp sorgum berturut-turut 80%, 16%, dan 3%, penyosohan hanya menghilangkan lapisan periparp dan testa

yang hanya memiliki kandungan protein 3% dari keseluruhan protein pada biji sorgum. Dari hasil yang didapatkan menandakan waktu penyosohan selama 4 menit yang digunakan tepat karena tidak mengikis sampai ke dalam bagian peripheral endosperm (bagian dengan kandungan protein yang baik yaitu setara dengan tiga kali lipat biji utuh) (Wang *et al.*, 2010). Kenaikan yang terjadi pada kadar protein dapat terjadi karena dedak mengandung zat pengotor yang tinggi dan mengandung senyawa anti nutrisi (tanin), sehingga jumlah protein yang terbaca lebih sedikit dibandingkan pada beras yang mengandung zat pengotor lebih sedikit serta kadar tanin yang mengalami penurunan sehingga akan meningkatkan kadar nutrisi, termasuk kadar protein (Amrinola *et al.*, 2015).

Kadar pati pada beras juga mengalami kenaikan setelah proses penyosohan. Hal tersebut berkenaan dengan fraksinasi biji-bijian, karena kandungan pati pada dasarnya terkonsentrasi di endosperm sedangkan kulit biji mengandung kandungan pati yang sangat sedikit, sehingga proses penyosohan dengan penghilangan dedak (*pericarp dan germ*) akan menyebabkan peningkatan pada kandungan pati (Taylor dan Kruger, 2019).

Proses pengolahan selanjutnya yang dilakukan pada beras sorgum yang menghasilkan bahan baku pati sorgum adalah proses ekstraksi pati. Proses ekstraksi pati, menghasilkan beberapa perubahan pada komposisi proksimat dari beras ke pati sorgum. Perubahan yang pertama adalah penurunan kadar protein secara signifikan. Hal tersebut dapat terjadi karena protein memiliki sifat lebih mudah rusak, dan mudah larut dalam suasana basa, serta sulit untuk kembali pada strukturnya yang semula, sehingga protein dalam biji sorgum, saat proses isolasi pati dengan pelarut basa, ikut terlarut bersama filtratnya. Selain itu Mojiono dan Sholehah (2020) membuktikan bahwa penggunaan NaOH mampu mereduksi keberadaan protein pada hasil ekstraksi pati. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Palacios-Fonseca *et al.* (2013) menunjukkan adanya penurunan kandungan protein pada jenis

pati jagung yang diproses dengan menggunakan larutan alkali. Pati dikatakan memiliki kualitas yang cukup baik jika memiliki kandungan protein cukup rendah. Hal ini dikarenakan kandungan protein yang cukup tinggi pada pati akan menyebabkan pati tersebut memiliki karakteristik lengket dan liat (Usman *et al.*, 2014).

Penurunan juga terjadi pada kadar abu. Rendahnya kadar abu yang dihasilkan berhubungan dengan proses pengolahan pati dimana pati diperoleh melalui proses ekstraksi, pencucian dan filtrasi secara berulang-ulang dengan air. Proses tersebut dalam menyebabkan terlarutnya mineral dalam beras sorgum oleh air sehingga kandungan mineral hilang bersama ampas (Polnaya *et al.*, 2015).

Rendahnya kadar lemak pada hasil ekstraksi pati dapat disebabkan karena lemak yang larut dalam air sebagian ikut terbuang dalam air pencucian pati dan sebagian lemak juga terdapat dalam ampas yang dibuang. Hal tersebut merupakan hasil yang diharapkan dari proses ekstraksi pati karena kandungan lemak dalam pati dapat mengganggu proses galatinisasi.

Kadar pati sorgum cukup tinggi sehingga cocok dimanfaatkan untuk produk pangan maupun bahan baku industri pati. Menurut SII pati yang dihasilkan sudah memenuhi syarat yaitu minimal 75%. Kenaikan kadar pati terjadi karena pada proses ekstraksi pati dengan metode penggilingan basah, biji sorgum melewati beberapa proses dengan tujuan utama untuk memecah struktur sel untuk melepaskan komponen pati (Vecino *et al.*, 2014).

Komposisi Proksimat Isolat Protein Sorgum

Kandungan protein dari isolat protein sorgum yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, kadar protein dari isolat protein sorgum yang dihasilkan menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi enzim yang digunakan memberikan pengaruh terhadap kadar protein isolat sorgum yang dihasilkan.

Tabel 3. Kadar protein isolat protein sorgum

Konsentrasi Amilase (U/g)	% Kadar Protein (d.b)	P-Value	Nilai Reliabilitas
30000	52,30 ± 1,67	0,003	58,11%
53681,6	70,96 ± 0,04		78,84%

Peningkatan konsentrasi enzim akan menyebabkan semakin banyaknya molekul enzim yang tersedia untuk memecah matriks polisakarida dinding sel, sehingga mengubah pati menjadi gula yang melarut dan tidak mengendap saat dilakukan sentrifugasi (de Figueiredo *et al.*, 2018). Peningkatan konsentrasi enzim juga akan meningkatkan kelarutan protein ke dalam pelarut dan, oleh karena itu, meningkatkan hasil ekstraksi yang didapatkan (Shen *et al.*, 2008). Menurut Hidayat (2005), peningkatan kadar kadar protein seiring dengan peningkatan konsentrasi enzim yang digunakan juga dapat disebabkan oleh ikut terdeteksinya enzim yang digunakan, karena enzim juga adalah protein.

Hasil isolasi protein pada perlakuan B (53681,6 U/g pati) dapat disebut konsentrat protein karena mengandung protein lebih dari 70% (d.b), sedangkan hasil isolasi protein yang didapatkan dari kedua konsentrasi enzim belum bisa disebut sebagai isolat dimana menurut Anggraeni (2018), isolat mengandung protein sebesar 95%. Hal ini dikarenakan masih terdapat komponen lain selain protein, yaitu pati.

Pengujian hasil kadar protein pada isolat sorgum juga menunjukkan perbedaan kadar protein yang cukup signifikan apabila dilakukan perbandingan dengan kadar protein pada bahan baku yang digunakan (biji, beras, dan pati sorgum). Perbandingan kadar protein tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Dari data tersebut menunjukkan bahwa proses ekstraksi protein yang dilakukan secara signifikan mempengaruhi kadar protein yang dihasilkan, dimana dari hasil tersebut didapatkan bahwa proses ekstraksi protein

yang dilakukan efektif menaikkan kadar protein dari bahan baku. Hasil penelitian tersebut menunjukkan kesesuaian dengan penelitian sebelumnya oleh Jodayree *et al.*, (2012), dimana proses ekstraksi protein dengan enzim karbohidrase dapat meningkatkan kadar protein. Hal tersebut dapat terjadi karena pada beberapa kotiledon mengandung badan protein utuh di dalam dinding sel (Preece *et al.*, 2015) hidrolisis struktural dengan enzim akan melepaskan molekul protein tersebut. Biji sorgum mengandung hemiselulosa dalam jumlah besar, yang merupakan suatu polisakarida yang juga dihidrolisis oleh kompleks enzim karbohidrat (Ouhida *et al.*, 2002). Maka, ketika menghidrolisis polisakarida pada dinding sel, terdapat pelepasan senyawa intraseluler yang lebih besar; sebagai konsekuensinya, ekstraksi protein yang lebih tinggi dicapai.

Perhitungan Reliabilitas Isolat Protein Sorgum dapat dilihat pada Tabel 2. nilai reliabilitas sebesar 78,84% pada isolat protein sorgum B memiliki akurasi data yang cukup tinggi, karena memiliki nilai realibilitas mendekati 80%.

Hasil pengujian komposisi proksimat lainnya adalah kadar air, kadar abu, kadar lemak, dan kadar karbohidrat yang dihitung secara *by difference*. Kandungan proksimat isolat protein sorgum dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Proksimat Isolat Protein Sorgum

Komposisi	Isolat Protein Sorgum (%)
Kadar Lemak	0,68
Kadar Abu	0,15
Kadar Karbohidrat	5,1

Berdasarkan data pada Tabel 4 Kadar lemak yang terkandung dalam isolat protein sorgum cukup rendah (<1%) yaitu sebesar 0,68%. Hal tersebut menunjukkan isolasi protein menyebabkan penurunan yang signifikan dari kadar lemak pada bahan. Lemak yang terkandung dalam isolat protein sebagian ikut terpisah bersama protein yang tidak terlarut, yaitu ketika sentrifugasi. Shahidi *et al.* (1995) menjelaskan bahwa pada

saat proses hidrolisis enzimatis terjadi perubahan struktur jaringan yang sangat cepat sehingga menyebabkan kadar lemak menurun. Isolat protein yang mempunyai kadar lemak rendah umumnya lebih stabil terhadap reaksi oksidasi lemak dibandingkan isolat protein yang mempunyai kadar lemak tinggi (Nilsang *et al.*, 2005).

Isolat protein mempunyai kadar abu sangat rendah yaitu 0,36%. Kadar ini lebih rendah dibandingkan dengan kadar abu biji sorgum yang digunakan. Hal ini disebabkan terbuangnya beberapa mineral yang bersifat tidak larut pada tahap sentrifugasi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa produk ini tidak dapat digunakan sebagai sumber mineral. Kadar abu tersebut memenuhi persyaratan Codex Standard 174 -1989 yang membatasi kadar abu maksimum produk protein nabati (hasil ekstraksi protein dari sumber nabati) sebesar 10%.

Kadar karbohidrat dalam isolat protein cukup rendah yaitu 5,1%. Menurut Zayas (1997) keberadaan komponen non-protein seperti karbohidrat merupakan salah satu faktor intrinsik daya serap air protein. Perbedaan komposisi komponen karbohidrat ini dapat memengaruhi kemampuan protein dalam mengikat air.

Mikrostruktur Isolat Protein Sorgum

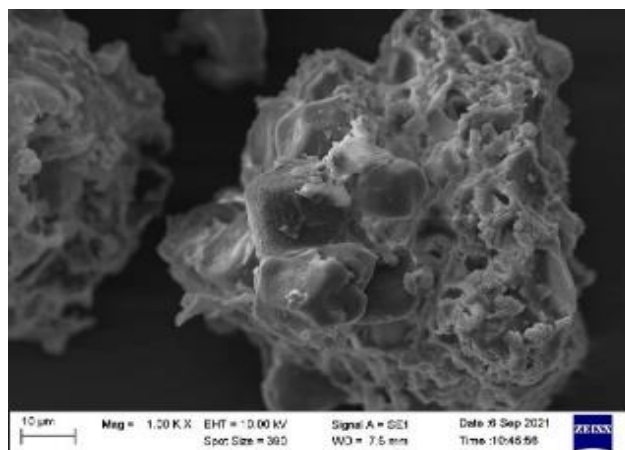
Analisis mikrostruktur isolat protein sorgum dilakukan untuk mengamati

struktur morfologi dan ukuran partikel bahan setelah dilakukan proses isolasi protein dengan metode enzimatis dan dikeringkan dengan metode *freeze drying*. Pemahaman mengenai morfologi tersebut dilakukan untuk dapat menentukan kondisi optimum proses isolasi protein dan pengeringan isolat untuk menghasilkan produk dengan spesifikasi yang diinginkan, karena struktur morfologi suatu bahan dapat menentukan sifat fungsional produk yang dihasilkan (Lu *et al.*, 2017).

Mikrostruktur isolat protein sorgum mirip hasil analisis morfologi ekstrak protein yang dilakukan oleh Gorinstein *et al.* (2004) serta Musigakun dan Thongngam, (2007). Protein tersebut diekstrak dari biji kedelai, seperti terlihat pada Gambar 1.

Hasil morfologi isolat protein sorgum berupa partikel besar yang bentuknya tidak beraturan dengan tekstur permukaan yang kasar.

Hasil morfologi isolat protein sorgum yang didapatkan dari penelitian ini juga dilakukan perbandingan dengan morfologi ekstrak protein biji sorgum (kafirin) yang dilakukan oleh Musigakun dan Thongngam, (2007) yang di ekstraksi dari biji sorgum varietas KU 439, menghasilkan ekstrak protein dengan kandungan protein sebesar 77,49%



Gambar 1. Morfologi Isolat Protein Sorgum Perbesaran 1000 X

Hasil analisis morfologi ekstrak protein yang didapatkan oleh Musigakun dan Thongngam (2007), menunjukkan kesamaan dengan morfologi isolat protein sorgum yang didapatkan pada penelitian ini, dimana morfologi protein sorgum yang diamati saling menempel erat satu dengan yang lainnya. Dalam *endosperm* sorgum, protein non-kafirin membentuk lapisan di sekitar badan protein yang secara efektif "merekatkan" mereka ke dalam matriks yang mengelilingi granula pati dari bagian *vitreous endosperm*. Protein sorgum membentuk struktur dengan dirinya sendiri atau dengan konstituen lain selama pemrosesan yang berdampak langsung pada sifat fungsional

SIMPULAN

Hasil isolasi protein menggunakan metode enzimatis dengan konsentrasi enzim α -amilase 53681,6 U/g pati, menghasilkan konsentrat protein sorgum dengan kandungan protein 70,96% (d.b), serta kadar non-protein seperti kadar abu, lemak, dan karbohidrat dengan nilai masing-masing sebesar 0,68%, 0,15%, dan 5,1% dengan morfologi isolat protein berupa kafirin yang saling menempel erat satu dengan yang lainnya mengelilingi endosperm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Rektor Universitas Padjadjaran dan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

Amrinola, -W., Widowati, -S., Hariyadi, -P. 2015. Metode pembuatan sorgum sosoh rendah tanin pada pembuatan nasi sorgum (*Sorghum bicolor L*) instan. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*.

- 6(1), 9-19.
<https://doi.org/10.21512/comtech.v6i1.2280>
- Anggraeni, E. 2018. Pengaruh Jenis Pelarut Basa dan pH Pelarut Basa Terhadap Karakteristik Konsentrat Protein Koro Pedang Putih (*Canavalia ensiformis*). Skripsi. Universitas Pasundan, Bandung
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2005. Official Methods of Analysis (18 Edn). United States: Association of Official Analytical Chemist Inc
- Association of Official Analytical Chemist [AOAC]. 2005. Official Methods of Analysis (18 Edn). United States: Association of Official Analytical Chemist Inc
- de Figueiredo, V, R, -G., Yamashita, -F., Vanzela, A, L, -L., Ida, E, -I., Kurozawa, L, -E. 2018. Action of multi-enzyme complex on protein extraction to obtain a protein concentrate from okara. *Journal of Food Science and Technology*. 55(4), 1508–1517. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3067-4>
- De Mesa-Stonestreet, N, -J., Alavi, -S., Bean, S, -R. 2011. Sorghum proteins: The concentration, isolation, modification, and food applications of kafirins. *Journal of Food Science*. 75(5), 90-104. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01623.x>
- Espinosa-Ramírez, -J., Serna-Saldívar, S, -O. 2019. Wet-milled chickpea coproduct as an alternative to obtain protein isolates. *LWT*. 115, 108468. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108468>
- Firmansyah, IU, Aqil, M, Suarni. 2013. *Penanganan Pascapanen Sorgum: Inovasi Teknologi dan Pengembangan*. IARD Press, Jakarta.
- Gorinstein, -S., Pawelzik, -E., Delgado-Licon, -E., Yamamoto, -K., Kobayashi, -S., Taniguchi, -H., Haruenkit, -R., Park, Y, -S., Jung,

- S, -T., Drzewiecki, -J., Trakhtenberg, -S. 2004. Use of scanning electron microscopy to indicate the similarities and differences in pseudocereal and cereal proteins. *International Journal of Food Science and Technology*. 39(2), 183-189. <https://doi.org/10.1046/j.0950-5423.2003.00773.x>
- Hidayat, T. 2005. Pembuatan Hidrolisat Protein dari Ikan Selar Kuning (*Caranx leptolepis*) dengan Menggunakan Enzim Papain. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Izuagie, -T., Hassan, L, -G., Uba, -A., Achor, -M., Sahabi, D, -M. 2012. Composition and physicochemical properties of starch from Christ Thorn seeds. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*. 5(1), 60-65. <https://doi.org/10.4314/bajopas.v5i1.12>
- Jodayree, -S., Smith, J, -C., Tsopmo, -A. 2012. Use of carbohydrase to enhance protein extraction efficiency and antioxidative properties of oat bran protein hydrolysates. *Food Research International*. 46(1), 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.12.004>
- Li, -H., Wu, -Z., Liu, -W., Li, -Z., Hu, -N., Huang, -D. 2016. Recovery of yam mucilage from the yam starch processing wastewater by using a novel foam fractionation column. *Separation and Purification Technology*. 171, 26-33. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.07.005>
- Lu, -Z., Hu, -X., Lu, -Y. 2017. Particle morphology analysis of biomass material based on improved image processing method. *International Journal of Analytical Chemistry*. 2017, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2017/5840690>
- Mojiono, -M., Sholehah, D, -N. 2020. Optimasi ekstraksi pati jagung madura-3 berdasarkan lama perendaman dan konsentrasi NaOH. *Rekayasa*. 13(2), 118-124. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i2.6429>
- Musigakun, -P., Thongngam, -M. (2007). Characteristics and functional properties of sorghum protein (kafirin). *Kasetsart Journal (Natural Science)*. 41(5), 313-318. <https://www.thaiscience.info/journals/Article/TKJN/10471506.pdf>
- Nilsang, -S., Lertsiri, -S., Suphantharika, -M., Assavanig, -A. 2005. Optimization of enzymatic hydrolysis of fish soluble concentrate by commercial proteases. *Journal of Food Engineering*. 70(4), 571-578. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.011>
- Ouhida, -I., Pérez, J, -F., Gasa, -J. 2002. Soybean (*Glycine max*) cell wall composition and availability to feed enzymes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(7), 1933-1938. <https://doi.org/10.1021/jf010686u>
- Palacios-Fonseca, A, -J., Castro-Rosas, -J., Gómez-Aldapa, C, -A., Tovar-Benítez, -T., Millán-Malo, B, -M., del Real, -A., Rodríguez-García, M, -E. 2013. Effect of the alkaline and acid treatments on the physicochemical properties of corn starch. *CyTA - Journal of Food*. 11, 67-74. <https://doi.org/10.1080/19476337.2012.761651>
- Polnaya, F, -J., Breemer, -R., Augustyn, G, -H., Tuhumury, H, C, -D. 2015. Karakteristik sifat-sifat fisikokimia pati ubi jalar, ubi kayu, keladi dan sagu. *Agrinimal*. 5(1), 37-42.
- Preece, K, -E., Drost, -E., Hooshyar, -N., Krijgsman, -A., Cox, P, -W., Zuidam, N, -J. 2015. Confocal imaging to reveal the microstructure of soybean processing materials. *Journal of Food Engineering*. 147, 8-13.

- <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.022>
- Shahidi, -F., Han, X, -Q., Synowiecki, -J. 1995. Production and characteristics of protein hydrolysates from capelin (*Mallotus villosus*). *Food Chemistry*. 53(3), 285-293. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)93934-J](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)93934-J)
- Shen, -L., Wang, -X., Wang, -Z., Wu, -Y., Chen, -J. 2008. Studies on tea protein extraction using alkaline and enzyme methods. *Food Chemistry*. 107(2), 929-938. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.047>
- Shevkani, -K., Singh, -N., Kaur, -A., Rana, J, -C. 2015. Structural and functional characterization of kidney bean and field pea protein isolates: A comparative study. *Food Hydrocolloids*. 43, 679-689. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.07.024>
- Suarni. 2016. Peranan sifat fisikokimia sorgum dalam diversifikasi pangan dan industri serta prospek pengembangannya. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 35(3), 99-110. <http://dx.doi.org/10.21082/jp3.v35n3.2016.p99-110>
- Sudarmadji, S, Suhardi, Haryono, B. 1997. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty, Yogyakarta.
- Sukarminah, -E. 2015. Kajian sifat biji sorgum putih varietas lokal Bandung serta pengaruh kadar air setelah conditioning dan lama penyosohan abrasif terhadap hasil beras sorgum. *Indonesian Journal of Applied Science*. 5(1), 1-6. <https://doi.org/10.24198/ijas.v5i1.16648.g7991>
- Taylor, JRN, Kruger, J. 2019. *Sorghum and Millets*. In *Sorghum and Millets*. Elsevier, United States. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-8111527-5.00007-1>
- Usman, -M., Ishfaq, M, -T., Malik, D, S, -R., Ishfaq, -B., Iqbal, -M. 2014. Effects of temperature, ph and steeping time on the extraction of starch from Pakistani rice. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 5(6), 887-892. <https://www.ijser.org/paper/Effects-of-Temperature-pH-and-Steeping-Time-on-the-Extraction.html>
- Vecino, -X., Barbosa-Pereira, -L., Devesa-Rey, -R., Cruz, J, -M., Moldes, A, -B. 2014. Study of the surfactant properties of aqueous stream from the corn milling industry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62(24), 5451-5457. <https://doi.org/10.1021/jf501386h>
- Wang, -C., Tian, -Z., Chen, -L., Temeli, -F., Liu, -H., Wang, -Y. 2010. Functionality of barley proteins extracted and fractionated by alkaline and alcohol methods. *Cereal Chemistry*. 87(6), 597-606. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-06-10-0097>
- Wulandari, -E., Sihombing, F, S, -P., Sukarminah, -E., Sunyoto, -M. 2019. Karakterisasi sifat fungsional isolat protein biji sorgum merah (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) varietas lokal Bandung. *Chimica et Natura Acta*. 7(1), 14. <https://doi.org/10.24198/cna.v7.n1.19683>
- Xie, X, -J., Seib, P, -A. 2002. Laboratory wet-milling of grain sorghum with abbreviated steeping to give two products. *Starch - Stärke*. 54(5), 169-178. [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200205\)54:5<169::AID-STAR169>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200205)54:5<169::AID-STAR169>3.0.CO;2-7)
- Zayas, JF. 1997. *Emulsifying Properties of Proteins*. Zayas, JF. *Functionality of Proteins in Food*. Springer, Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59116-7_4

Zhang, -Y., Scardera, -G., Wang, -S.,
Abbot, -M., Payne, -D., Hoex, -B.
2022. Scanning electron
microscopy dopant contrast
imaging of phosphorus-diffused

silicon. *Advanced Materials
Technologies.* 2022, 1-14.
<https://doi.org/10.1002/admt.202200737>