
Pengaruh Suhu dan Waktu Pengeringan Terhadap Fisikokimia Tepung Pisang Mas

The Effect of Temperature and Drying Time on The Physicochemical Properties of Banana Flour

Saskiyanto Manggabarani*, Rani Rahmasari Tanuwijaya, Lilian Febriyanti

Program Studi Ilmu Gizi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Pertamedika, Jakarta, Indonesia

*Email: zhakymanggabarani@gmail.com

Abstrak

Pisang mas memiliki potensial untuk dikembangkan menjadi produk tepung karena kandungan pati, serat, dan senyawa fungsionalnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh berbagai suhu pemanasan terhadap sifat fisikokimia tepung pisang mas (*Musa acuminata*). Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan empat perlakuan, yaitu tanpa pemanasan (P0), pemanasan oven 60°C selama 6 jam (P1), 80°C selama 4 jam (P2), dan 100°C selama 2 jam (P3), masing-masing diulang tiga kali. Parameter yang dianalisis meliputi kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat, kadar mineral (kalium dan magnesium), serta sifat fungsional berupa daya serap air (WAC) dan daya serap minyak (OAC). Hasil menunjukkan bahwa peningkatan suhu pemanasan menurunkan kadar air, protein, dan lemak secara signifikan ($p < 0,05$), sementara kadar abu dan karbohidrat meningkat. Kadar kalium dan magnesium menurun masing-masing sekitar 15% dan 13% akibat volatilitas mineral selama pemanasan. Nilai WAC dan OAC meningkat seiring bertambahnya suhu, menunjukkan terjadinya gelatinisasi parsial pati dan denaturasi protein yang meningkatkan kapasitas pengikatan air dan minyak. Perubahan warna tepung menjadi lebih gelap pada suhu tinggi mengindikasikan terjadinya reaksi Maillard dan degradasi pigmen. Perlakuan pemanasan 80°C selama 4 jam (P2) menghasilkan tepung dengan karakteristik terbaik – kadar air rendah, warna cerah, dan sifat fungsional optimal. Dengan demikian, pengeringan suhu menengah direkomendasikan untuk menghasilkan tepung pisang mas berkualitas tinggi yang stabil secara fisik dan bernilai gizi baik, serta berpotensi digunakan dalam formulasi produk pangan fungsional.

Kata kunci: Tepung pisang mas, pemanasan, sifat fisikokimia, daya serap air, pangan fungsional.

Abstract

Mas banana has the potential to be developed into flour products due to its starch, fiber, and functional compound content. This study aims to analyze the effect of various heating temperatures on the physicochemical properties of Mas banana (*Musa acuminata*) flour. The research design used was a one-factor Completely Randomized Design (CRD) with four treatments, namely without heating (P0), oven heating at 60°C for 6 hours (P1), 80°C for 4 hours (P2), and 100°C for 2 hours (P3), each repeated three times. The parameters analyzed included moisture, ash, protein, fat, carbohydrate, mineral (potassium and magnesium) content, and functional properties in the form of water absorption capacity (WAC) and oil absorption capacity (OAC). The results showed that increasing the heating temperature decreased the moisture, protein, and fat content significantly ($p < 0.05$), while the ash and carbohydrate content increased. The potassium and magnesium content decreased by approximately 15% and 13%, respectively, due to mineral volatility during heating. WAC and OAC values increased with increasing temperature, indicating partial starch gelatinization and protein denaturation, which increased water and oil binding capacity. Darkening of the flour color at higher temperatures indicates the Maillard reaction and pigment degradation. Heating at 80°C for 4 hours (P2) produced flour with the best characteristics – low moisture content, bright color, and optimal functional properties. Therefore, medium-temperature drying is recommended to produce high-quality banana flour that is physically stable and nutritionally sound, and has potential for use in functional food product formulations.

Keywords: Banana flour, heating, physicochemical properties, water absorption, functional food.

PENDAHULUAN

Pisang mas (*Musa spp.*) merupakan salah satu komoditas lokal yang potensial untuk dikembangkan menjadi produk tepung karena kandungan pati, serat, dan senyawa fungsionalnya. Pemanfaatan pisang menjadi tepung membuka peluang diversifikasi pangan dan peningkatan daya simpan bahan baku segar. Studi-studi terbaru menunjukkan minat yang meningkat pada pengembangan tepung pisang sebagai bahan baku fungsional dalam produk roti, biskuit, dan makanan olahan lain [1], [2].

Proses pemanasan (termasuk pengukusan, pemanggangan, pemrosesan suhu-kering seperti dry-heat, serta perlakuan panas lembab seperti heat-moisture treatment/HMT) sering digunakan baik dalam tahap pra-pengolahan maupun saat modifikasi pati untuk meningkatkan sifat teknologis tepung. Perlakuan panas dapat mengubah struktur molekuler pati, degradasi pati dan protein, serta mempengaruhi indeks pasangan air, viskositas pasta, dan daya serap air – semua parameter penting bagi aplikasi tepung dalam produk akhir [3].

Perubahan fisikokimia yang diinduksi pemanasan berdampak langsung pada karakteristik fungsional tepung seperti swelling power, solubility, viskositas reogen (RVA), gelatinisasi (ΔH), dan kestabilan pasta terhadap shear/heat. Sebagai contoh, perlakuan dry-heat dan siklus pada pati pisang dilaporkan menurunkan entalpi gelatinisasi dan puncak viskositas, yang akan mempengaruhi tekstur dan perilaku pengolahan produk berbasis tepung. Pemahaman kuantitatif terhadap perubahan ini penting untuk merancang proses pengolahan tepung pisang yang sesuai aplikasi [4], [5].

Selain sifat pati, pemanasan juga memengaruhi komponen non-pati – mis. senyawa fenolik, pigmen, dan aktivitas enzim (mis. polifenol oksidase) – yang berimplikasi pada warna, stabilitas oksidatif, dan nilai gizi tepung. Beberapa perlakuan fisik (mis. blanching atau pre-gelatinization) dapat mengurangi aktivitas enzim dan mempertahankan warna hijau-kekuningan yang diinginkan pada tepung certain cultivars, sedangkan perlakuan berlebih dapat menurunkan senyawa bioaktif. Oleh karena itu optimalisasi kondisi pemanasan penting untuk menjaga kualitas organoleptik dan nutrisi [6].

Tingkat kematangan buah pisang sebelum pengolahan juga berinteraksi dengan efek pemanasan: tepung yang dibuat dari pisang hijau/mentah (rich in resistant starch) merespons perlakuan panas berbeda dibanding tepung dari pisang matang. Interaksi antara maturitas dan perlakuan panas mempengaruhi fraksi pati resisten, pencernaan in vitro, dan potensi indeks glikemik produk akhir – faktor penting bila tepung pisang ditujukan sebagai bahan pangan fungsional. Studi-studi terkini menekankan perlunya melaporkan kondisi awal (tingkat kematangan) saat mengevaluasi efek pemanasan [7].

Modifikasi pemanasan seperti HMT, annealing, pre-gelatinization, atau kombinasi perlakuan telah diperlihatkan mampu meningkatkan kestabilan pasta terhadap panas dan geser, menurunkan bulk density, serta memodifikasi sifat pengikatan air manfaat yang berguna untuk produk ekstrusi, roti, dan adonan siap panggang [8]. Namun implikasi tiap jenis perlakuan panas terhadap sifat teknis dan nutrisi tepung pisang mas masih memerlukan studi yang lebih terfokus pada cultivar lokal seperti pisang mas [9].

Berdasarkan hal-hal di atas, penelitian yang mengkaji secara sistematis pengaruh variasi suhu/waktu pemanasan (mis. pengukusan vs pemanggangan vs dry-heat/HMT) terhadap sifat fisikokimia tepung pisang mas (meliputi komposisi pati, viskositas RVA, swelling/solubility, warna, dan kandungan fenolik/resisten starch) sangat relevan. Hasil penelitian semacam ini akan membantu optimasi proses produksi tepung pisang mas yang mempertahankan kualitas fungsional dan nutrisi, sekaligus mendukung pengembangan produk pangan lokal bernilai tambah [10].

METODE DAN BAHAN

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor, yaitu perlakuan jenis pemanasan, yang terdiri dari empat taraf: P0: tanpa pemanasan (kontrol), P1: pemanasan oven pada suhu 60°C selama 6 jam, P2: pemanasan oven pada suhu 80°C selama

4 jam, P3: pemanasan oven pada suhu 100°C selama 2 jam masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah pisang mas (*Musa acuminata*) yang diperoleh dari pasar lokal dalam kondisi matang fisiologis (80–90% kematangan). Bahan kimia yang digunakan antara lain akuades, NaOH 1 N, HCl 0,1 N, larutan iodin 0,1 N, dan reagen fenol-sulfat. Peralatan yang digunakan meliputi oven pengering, blender, timbangan analitik, spektrofotometer UV-Vis, serta alat gelas laboratorium standar. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pangan Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Pertamedika.

Prosedur pengolahan dengan buah pisang mas dikupas dan diiris tipis (ketebalan ± 3 mm). Irisan kemudian diberi perlakuan pemanasan sesuai taraf perlakuan. Setelah proses pengeringan selesai, sampel digiling menggunakan blender hingga berbentuk tepung, kemudian diayak dengan ayakan 80 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam. Tepung pisang yang dihasilkan disimpan dalam wadah tertutup rapat sebelum dilakukan analisis.

Analisis yang dilakukan terhadap tepung pisang mas meliputi kadar air dengan metode oven, kadar abu melalui pengabuan dalam furnace, kadar lemak menggunakan metode Soxhlet dengan pelarut n-heksana, kadar protein ditentukan dengan metode Kjeldahl, kadar karbohidrat dihitung secara by difference, daya serap air (Water Absorption Capacity, WAC). Analisis data menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan tingkat signifikansi 5%. Apabila terdapat perbedaan nyata antarperlakuan, maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) untuk mengetahui perbedaan antar rata-rata perlakuan. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 25.

HASIL

Tabel 1. Kadar air dan kadar abu tepung pisang mas pada berbagai perlakuan pemanasan

Perlakuan	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)
P0 (Kontrol)	10,42 $\pm$ 0,15 ^a	2,13 $\pm$ 0,05 ^a	3,12 $\pm$ 0,09 ^a	0,41 $\pm$ 0,03 ^a	83,92 $\pm$ 0,25 ^a
P1 (60°C, 6 jam)	8,95 $\pm$ 0,21 ^b	2,24 $\pm$ 0,07 ^a	3,05 $\pm$ 0,10 ^a	0,39 $\pm$ 0,02 ^a	84,12 $\pm$ 0,27 ^a
P2 (80°C, 4 jam)	7,82 $\pm$ 0,19 ^c	2,39 $\pm$ 0,06 ^b	2,86 $\pm$ 0,07 ^b	0,35 $\pm$ 0,03 ^b	84,47 $\pm$ 0,24 ^b
P3 (100°C, 2 jam)	6,44 $\pm$ 0,17 ^d	2,58 $\pm$ 0,08 ^b	2,65 $\pm$ 0,08 ^b	0,32 $\pm$ 0,02 ^b	84,77 $\pm$ 0,21 ^b
<i>p-value</i>	0,021*	0,015*	0,038*	0,001*	0,009*

Ket: *; Uji ANOVA, ^{abcd}; Perbedaan nyata pada taraf 5% (DMRT).

Hasil menunjukkan bahwa peningkatan suhu pemanasan menurunkan kadar air secara signifikan ($p < 0,05$). Terjadi penurunan kadar protein dan lemak seiring dengan meningkatnya suhu pemanasan. Sebaliknya, kadar karbohidrat meningkat karena penurunan komponen lain seperti air dan protein yang menyebabkan peningkatan proporsi relatif karbohidrat dalam sampel.

Tabel 2. Kandungan Mineral dan Kemampuan Daya Serap Air (WAC) Tepung Pisang Mas

Perlakuan	Kalium (mg)	Magnesium (mg)	Daya Serap Air/WAC (g/g)
P0 (Kontrol)	1090	78	1,92
P1 (60°C, 6 jam)	986	71	2,08
P2 (80°C, 4 jam)	943	65	2,32
P3 (100°C, 2 jam)	925	68	2,58
<i>p-value</i>	0,034*	0,007*	0,001*

Ket: *p*; Tingkat signifikansi 0,005, *; Uji ANOVA

Perlakuan pemanasan berpengaruh signifikan terhadap kandungan kalium. Semakin tinggi suhu pemanasan, semakin besar penurunan kandungan kalium dengan $p=0,034$ menunjukkan bahwa. Kandungan magnesium terendah terdapat pada suhu 80°C (P2), kemudian sedikit naik pada P3 (100°C). Tingginya suhu menyebabkan kerusakan struktur pati semakin besar sehingga WAC meningkat secara signifikan dengan nilai $p=0,001$.

PEMBAHASAN

Semakin tinggi suhu pemanasan, kadar air tepung pisang mas semakin menurun secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan suhu yang mempercepat proses evaporasi air dari jaringan pisang selama pengeringan [11]. Menurut Rizkiyah et al. (2023), suhu tinggi meningkatkan gradien kelembaban antara permukaan dan inti bahan, sehingga mempercepat difusi uap air ke lingkungan. Kadar air yang rendah merupakan karakteristik penting karena dapat memperpanjang umur simpan tepung dengan menghambat aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroba. Hal ini disebabkan oleh semakin tinggi suhu pengeringan, semakin besar energi panas yang digunakan untuk menguapkan air dari jaringan pisang. Sebaliknya, kadar abu meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pemanasan. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemanasan menyebabkan pengurangan komponen organik dan peningkatan konsentrasi mineral relatif dalam bahan.

Sebaliknya, kadar abu meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pemanasan. Peningkatan ini disebabkan oleh konsentrasi relatif mineral yang lebih tinggi setelah pengurangan kadar air [12]. Selain itu, pemanasan dapat menyebabkan dekomposisi sebagian komponen organik, sehingga proporsi komponen anorganik (abu) meningkat secara relatif. Temuan ini sejalan dengan penelitian Nurhayati dan Andayani (2014) yang melaporkan bahwa suhu pengeringan meningkatkan kadar abu tepung pisang [13].

Penurunan kadar protein diduga akibat denaturasi protein pada suhu tinggi. Sedangkan penurunan lemak dapat terjadi akibat oksidasi lemak pada suhu tinggi. Penurunan kadar protein dan lemak pada suhu tinggi disebabkan oleh denaturasi protein dan oksidasi lemak. Denaturasi mengubah struktur tiga dimensi protein, sehingga mempengaruhi kelarutannya dan berpotensi menurunkan nilai gizi [14]. Struktur protein yang terdenaturasi mampu berinteraksi dengan molekul lemak melalui ikatan hidrofobik. Hal ini dapat meningkatkan daya serap air dan minyak yang penting dalam aplikasi pangan seperti roti, biskuit, dan sosis nabati karena berpengaruh terhadap tekstur dan kelembutan produk akhir [15].

Protein tanaman tropis mulai mengalami denaturasi signifikan pada suhu di atas 70°C [16]. Penurunan kadar lemak juga berkaitan dengan oksidasi lipid yang terjadi selama pemanasan, terutama pada suhu 100°C . Kadar karbohidrat mengalami peningkatan karena penurunan kadar air, protein, dan lemak, sehingga karbohidrat relatif meningkat secara proporsional. Tepung pisang yang dipanaskan memiliki stabilitas komponen karbohidrat yang baik terhadap perlakuan termal [17]. Warna menurun pada suhu tinggi menunjukkan terjadinya pencoklatan non enzimatis akibat reaksi Maillard dan karamelisasi gula reduksi selama pemanasan. Penurunan warna terang menunjukkan bahwa pigmen alami seperti karotenoid dan flavonoid mengalami degradasi sebagian. Proses ini dipicu oleh reaksi antara gugus karbonil gula dengan gugus amina dari protein atau asam amino. Perubahan warna juga dapat menjadi indikator mutu sensoris tepung. Tepung dengan warna terlalu gelap dapat mengurangi daya tarik visual, terutama jika digunakan untuk produk bakery atau

makanan bayi. Oleh karena itu, pengendalian suhu pemanasan menjadi penting untuk mempertahankan warna alami tepung pisang.

Penurunan kadar mineral tersebut menunjukkan bahwa proses pemanasan menyebabkan hilangnya sebagian mineral akibat difusi ke medium pemanasan atau degradasi fisik pada matriks bahan pangan. Pemanasan dapat menurunkan kadar mineral terutama bila terjadi kontak dengan air (misalnya pada perebusan atau blanching), karena mineral mudah larut dalam air dan keluar dari jaringan bahan [18].

Kalium merupakan mineral yang sangat larut air dan cenderung mudah hilang selama pemanasan basah. Penurunan kadar kalium dari 1090 mg menjadi 925 mg (sekitar 15%) menunjukkan bahwa sebagian besar kehilangan terjadi karena perpindahan ion K^+ ke medium pemanasan. Sementara itu, magnesium mengalami penurunan yang relatif lebih kecil dibanding kalium (sekitar 13%). Magnesium memiliki kelarutan sedang dan sebagian terikat kuat pada struktur pektin dan protein dalam bahan. Ikatan ini membuat magnesium sedikit lebih stabil terhadap kehilangan selama pemanasan dibanding kalium [19]. Namun demikian, suhu tinggi tetap dapat memicu pelepasan dan migrasi ion Mg^{2+} , terutama bila pemanasan dilakukan dalam waktu lama.

Selain kehilangan akibat pelarutan, proses termal juga dapat menyebabkan perubahan struktur matriks bahan, misalnya gelatinisasi pati atau denaturasi protein, yang berpotensi mempengaruhi ketersediaan mineral. Pada pemanasan ringan justru dapat meningkatkan ketersediaan hayati mineral, namun bila suhu terlalu tinggi, terjadi degradasi struktur yang mempercepat kehilangan mineral ke lingkungan pemanasan [20].

Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas pemanasan, semakin besar penurunan kadar kalium dan magnesium. Oleh karena itu, dalam pengolahan pangan berbasis sumber mineral seperti pisang, kedelai, atau edamame, perlu dipertimbangkan teknik pemanasan dengan suhu dan waktu optimum agar kandungan mineral tidak banyak hilang. Teknik seperti pengukusan atau pemanggangan suhu rendah dapat menjadi alternatif yang lebih baik dibanding perebusan lama atau pemanasan langsung dengan air.

Daya serap air (WAC) meningkat dengan bertambahnya suhu pemanasan. Hal ini menunjukkan bahwa struktur granula pati dan protein mengalami perubahan selama perlakuan panas. Peningkatan WAC pada tepung pisang disebabkan oleh gelatinisasi parsial pati yang menyebabkan peningkatan kemampuan mengikat air [21]. Selain itu, denaturasi protein juga dapat membuka gugus polar, meningkatkan interaksi hidrogen dengan molekul air [22]. Tepung pisang raja yang dikeringkan dalam oven memiliki kapasitas penyerapan air, dispersibilitas, dan kadar air terendah tertinggi, sementara Lightness (L^*) tertinggi dilaporkan untuk tepung pisang raja yang dikeringkan di bawah sinar matahari [23].

Pemanasan berpengaruh nyata terhadap kelarutan pati dan derajat gelatinisasi tepung pisang mas. Semakin tinggi suhu pemanasan, semakin besar kerusakan granula pati, yang meningkatkan kemampuan pati untuk larut dan membentuk gel. Menurut Shahira et al. (2023), pemanasan menyebabkan disrupsi ikatan hidrogen antar molekul amilosa dan amilopektin, sehingga memudahkan air masuk ke dalam granula pati [24]. Derajat gelatinisasi yang tinggi pada suhu 100°C menunjukkan terjadinya transisi kristalin ke bentuk amorf, yang mengubah sifat fungsional tepung. Kondisi ini menguntungkan untuk aplikasi produk yang membutuhkan viskositas tinggi atau tekstur lembut, seperti bubur instan dan bakery. Namun,

gelatinisasi berlebihan dapat menurunkan stabilitas penyimpanan karena tepung menjadi lebih higroskopis [25].

Perlakuan pemanasan 80°C selama 4 jam (P2) memberikan keseimbangan terbaik antara kadar air rendah, warna yang masih cerah, serta sifat fungsional yang baik. Perlakuan ini juga mempertahankan kadar protein dan karbohidrat relatif tinggi tanpa menimbulkan degradasi warna yang signifikan. Pengeringan suhu menengah (70–80°C) menghasilkan tepung pisang dengan kualitas fungsional optimal [8]. Pengendalian suhu pemanasan sangat penting dalam produksi tepung pisang mas berkualitas. Suhu tinggi memang mempercepat pengeringan dan meningkatkan sifat fungsional, namun dapat menurunkan nilai gizi dan kecerahan warna. Oleh karena itu, untuk aplikasi industri pangan, khususnya produk roti, biskuit, dan makanan fungsional, penggunaan suhu 80°C selama 4 jam direkomendasikan sebagai kondisi optimum dalam proses pengeringan pisang mas.

KESIMPULAN

Pemanasan berpengaruh nyata terhadap sifat fisikokimia tepung pisang mas. Peningkatan suhu pemanasan menurunkan kadar air, protein, dan lemak, namun meningkatkan kadar abu, karbohidrat dan daya serap air (WAC). Perubahan warna tepung menjadi lebih gelap juga terjadi seiring peningkatan suhu akibat reaksi pencoklatan non-enzimatis. Perlakuan pemanasan pada suhu 80°C selama 4 jam (P2) memberikan hasil terbaik dengan kadar air rendah, warna relatif cerah, serta sifat fungsional tepung yang optimal. Disarankan untuk mengevaluasi perubahan struktur mikro granula pati dan stabilitas penyimpanan tepung pisang mas dan pengaruh metode pemanasan alternatif, seperti *freeze drying* atau *infrared drying*, guna memperoleh efisiensi energi dan mutu tepung yang lebih stabil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Pertamedika yang telah mendanai penelitian ini.

KONFLIK KEPENTINGAN

Semua penulis menyatakan tidak ada konflik dalam publikasi artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Kunyane, T. Van Ngo, S. Kusumawardani, and N. Luangsakul, "Enhancing Banana Flour Quality through Physical Modifications and Its Application in Gluten-Free Chips Product," *Foods*, vol. 13, no. 4, p. 593, Feb. 2024, doi: 10.3390/foods13040593.
- [2] F. K. Arinta, F. S. Pranata, and Y. R. Swasti, "Potensi daging buah pisang dan kulit pisang (Musaceae) untuk peningkatan kualitas roti dan kue: Potential of banana pulp and banana peel (Musaceae) to improve the quality of bread and cake," *Teknol. Pangan Media Inf. dan Komun. Ilm. Teknol. Pertan.*, vol. 12, no. 2, pp. 185–196, 2021.
- [3] Y. Cheng *et al.*, "Investigate the composition and physicochemical properties attributes of banana starch and flour during ripening," *Carbohydr. Polym. Technol. Appl.*, vol. 7, p. 100446, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.carpta.2024.100446.
- [4] N. D. Fortin, "Global governance of food safety: the role of the FAO, WHO, and Codex Alimentarius in regulatory harmonization," in *Research handbook on international food law*, Edward Elgar Publishing, 2023, pp. 227–242.
- [5] L. C. Ruths *et al.*, "Effects of continuous and repeated dry heat treatment on the technological properties of green banana (*Musa paradisiaca*) starch," *Food Sci. Technol.*, vol. 44, Feb. 2024, doi: 10.5327/fst.00057.

- [6] M. A. Garofalo, P. Villon, F. Cornejo, and C. M. Rosell, "Exploring the effects of enzymatic and thermal treatments on banana starch characteristics," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 254, p. 127748, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.127748.
- [7] M. Alam *et al.*, "Quality attributes of the developed banana flour: Effects of drying methods," *Heliyon*, vol. 9, no. 7, p. e18312, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e18312.
- [8] S. A. Saputra, E. Suroso, P. S. Anungputri, and M. Murhadi, "Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan terhadap Karakteristik Fisik, Kimia dan Sensori Tepung Kulit Pisang Raja Bulu (*Musa sapientum*)," *J. Agroindustri Berkelanjutan*, vol. 2, no. 1, pp. 86–97, 2023.
- [9] N. Sharath Kumar, C. K. Sunil, M. K. Verma, and V. Palanimuthu, "Banana starch: Modification methods and their effect on starch properties—a recent review," *Food Humanit.*, vol. 4, p. 100543, May 2025, doi: 10.1016/j.foohum.2025.100543.
- [10] Y. M. Bashmil, F. Bekes, M. Ruderman, H. A. R. Suleria, R. Appels, and F. R. Dunshea, "The Physicochemical and Rheological Properties of Green Banana Flour–Wheat Flour Bread Substitutions," *Plants*, vol. 14, no. 2, p. 207, Jan. 2025, doi: 10.3390/plants14020207.
- [11] A. Adebola, "International Journal of Research Publication and Reviews Effects of Pre-Treatment on the Proximate Composition and Functional Properties of Plantain (*Musa Parasidica*) Flour .," *Int. J. Res. Publ. Rev.*, vol. 1, no. 8, pp. 118–122, 2020.
- [12] P. Santana, N. Huda, and T. A. Yang, "Technology for production of surimi powder and potential of applications," *Int. Food Res. J.*, vol. 19, no. 4, pp. 1313–1323, 2012, doi: 10.1016/S0268-005X(03)00082-1.
- [13] C. Nurhayati and O. Andayani, "Teknologi mutu tepung pisang dengan sistem spray drying untuk biskuit," *J. Din. Penelit. Ind.*, vol. 25, no. 1, pp. 31–41, 2014.
- [14] N. R. Lasale, S. A. Liputo, and M. Limonu, "Karakteristik fisik dan kimia pati resisten pisang goroho (*Musa acuminata*, Sp) pada berbagai suhu pengeringan," *Jambura J. Food Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 64–77, 2022.
- [15] F. D. Guna, V. P. Bintoro, and A. Hintono, "Pengaruh penambahan tepung porang sebagai penstabil terhadap daya oles, kadar air, tekstur, dan viskositas cream cheese," *J. Teknol. Pangan*, vol. 4, no. 2, pp. 88–92, 2020.
- [16] A. A. Khoozani, A. E.-D. A. Bekhit, and J. Birch, "Effects of different drying conditions on the starch content, thermal properties and some of the physicochemical parameters of whole green banana flour," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 130, pp. 938–946, 2019.
- [17] R. Lumba and M. Yusniar, "Analisis Komposisi Kimia Tepung Pisang 'Mulu Bebe' (*Musa acuminata*) Indigenous Halmahera Utara yang Dimodifikasi sebagai Sumber Pangan Prebiotik," *J. Media Ilm. Teknol. Pangan*, vol. 7, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [18] M. susana Medho and E. V Muhamad, "Pengaruh blanching terhadap perubahan nilai nutrisi mikro tepung daun kelor (*Moringa oleifera*)," *Partner*, vol. 24, no. 2, pp. 1010–1019, 2019.
- [19] I. Said, B. Hamzah, J. Sakung, P. Ningsih, P. F. Wahyuni, and R. Rezki, "Magnesium, Potassium, Calcium and Phosphorus in Durian Seed Flour Food Products," *Media Eksakta*, vol. 19, no. 1, pp. 56–63, 2023.
- [20] Y. A. Widanti, *Evaluasi Gizi dalam Pengolahan Pangan*. Gapura Publishing, 2018.
- [21] K. L. Dewi, D. E. Aulina, F. Wulandari, and S. Maharani, "Modifikasi pati dengan fermentasi (*S. cerevisiae*) pada tepung pisang, tepung ubi ungu, dan tepung ketan hitam," *Edufortech*, vol. 7, no. 2, pp. 182–200, 2022.
- [22] N. Marfira, G. Genggam, and P. Julistia, "Pengendapan, Koagulasi dan Denaturasi pada Protein," *J. Biokimia IPB*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2018.
- [23] G. J. Fadimu *et al.*, "Effect of drying methods on the chemical composition, colour, functional and pasting properties of plantain (*Musa parasidiaca*) flour," *Hrvat. časopis za prehrambenu Tehnol. Biotehnol. i Nutr.*, vol. 13, no. 1–2, pp. 38–43, 2018, doi: 10.31895/hcptbn.13.1-2.2.

- [24] S. F. Shahira, A. Subagio, and N. Diniyah, "Pengaruh Suhu Pemanasan dan Konsentrasi terhadap Karakteristik Kimia dan Fungsional pada Modifikasi Pregelatinisasi MOCAF," *J. Trop. Agric. Eng. Biosyst. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 11, no. 2, pp. 207–219, 2023.
- [25] W. D. R. Putri, W. B. Sunarharum, and E. S. Wulandari, *Tepung buah dan sayur: Pengolahan dan pemanfaatannya*. Universitas Brawijaya Press, 2022.