

Struktur Morfologi, Kandungan Unsur, Kadar Air, Warna Tepung Pisang Kepok Menggunakan Pengeringan Matahari dan YSDUNIB 12

Morphological Structure, Elemental Content, Moisture Content, Color of Kepok Banana Flour Using Solar Drying and YSD UNIB 12

Sri Wulandari^{1*}, Ulfah Anis¹, Vicka Andini²

¹Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Indonesia

²Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Indonesia

*E-mail Korespondensi: swulandari@unib.ac.id

ABSTRAK

Pengolahan pisang kapok menjadi tepung merupakan diversifikasi produk yang dapat meningkatkan nilai tambah dan memperpanjang umur simpan. Penelitian ini bertujuan membandingkan pengaruh pengeringan matahari dan YSD UNIB 12 terhadap karakteristik tepung pisang kapok. Data dianalisis menggunakan Uji T Sampel Independen. Hasil SEM EDX menunjukkan pengeringan matahari menghasilkan butiran lebih seragam, padat, dan utuh. Sampel matahari memiliki karbon dan oksigen lebih tinggi. Kadar air masing-masing 11,02 persen dan 10,21 persen. Metode berpengaruh terhadap kadar air, kecerahan, dan kekuningan, tetapi tidak terhadap kemerahan.

Kata kunci:

Metode pengeringan, Tepung pisang kepok, YSD UNIB 12

ABSTRACT

Processing kepok bananas into flour is a form of product diversification that can increase added value and extend shelf life. This study aimed to compare the effects of sun drying and the UNIB 12 YSD on the characteristics of kepok banana flour. The data were analyzed using the independent samples t-test. SEM-EDX results showed that sun-drying produced fine particles that tended to clump and were slightly deformed, whereas the YSD UNIB 12 method produced more uniform, dense, and intact particles. The sun-dried samples had higher carbon and oxygen content, while the YSD UNIB 12 samples had higher potassium content. The moisture content was 11.02 percent and 10.21 percent, respectively. The drying method affected moisture content, brightness, and yellowness but did not affect redness.

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received 25 Jun 2026

First Revised 1 Aug 2026

Accepted 27 Aug 2026

First Available online 1 Sep 2026

Publication Date 1 Sep 2026

Keyword:

drying method, kepok banana flour, YSD UNIB 12

1. PENDAHULUAN

Pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang cukup luas dibudidayakan di Indonesia serta memiliki nilai ekonomi yang potensial (Sinta, 2023). Selain dimanfaatkan sebagai buah konsumsi segar, pisang kepok juga dapat dikembangkan menjadi beragam produk olahan, antara lain keripik, selai, dan tepung pisang (Evania & Dharsela, 2024). Tepung pisang memiliki prospek besar sebagai bahan baku industri pangan karena kandungan karbohidrat yang tinggi, tanpa gluten, serta berpotensi menjadi alternatif sebagai bahan dalam pembuatan produk pangan (Fida et al., 2020). Namun, mutu tepung pisang sangat dipengaruhi oleh proses pengolahan pascapanen, khususnya pada tahap pengeringan bahan sebelum digiling menjadi tepung.

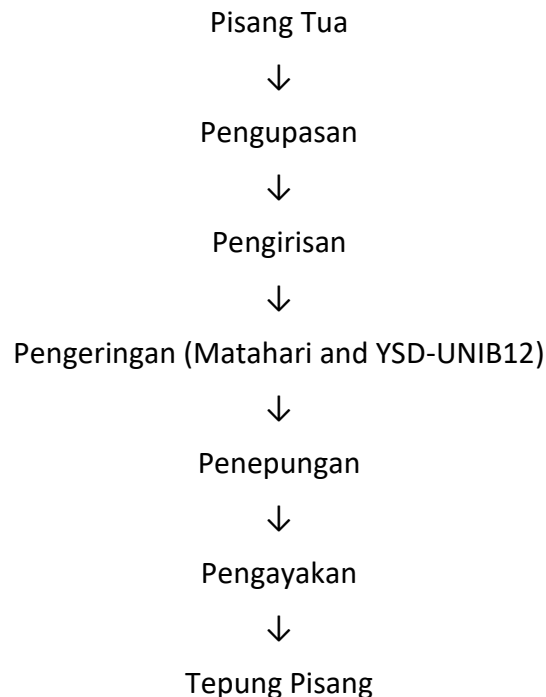
Proses pengeringan merupakan tahapan penting dalam produksi tepung pisang yang bertujuan menurunkan kadar air bahan sehingga dapat memperpanjang daya simpan dan menjaga kestabilan mutu fisik maupun kimianya (Manggabarani et al., 2023). Pada dasarnya, pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air di bawah tingkat yang dibutuhkan untuk reaksi mikroba dan enzim (Fadimu et al., 2018). Pengeringan atau dehidrasi mengacu pada proses penghilangan kelembapan dari bahan makanan, sehingga menghasilkan produk kering dengan aktivitas air yang berkurang (Benjamin et al., 2022). Variasi metode pengeringan seperti pengeringan matahari langsung, *solar dryer*, dan *oven drying* dapat memberikan perbedaan signifikan terhadap karakteristik mikrostruktur dan kandungan unsur bahan (Kong et al., 2021). Pengeringan dengan suhu yang berbeda dapat menyebabkan perubahan morfologi granula pati, porositas, serta derajat kerusakan sel, yang pada akhirnya memengaruhi sifat fungsional dan kualitas tepung (Khoozani et al., 2019).

Penggunaan akhir tepung pisang dalam makanan bergantung pada daya tarik warnanya. Reaksi pencoklatan enzimatis adalah salah satu masalah yang dihadapi selama pengolahan pisang, dan reaksi ini sering memengaruhi warna tepung yang dihasilkan dari pisang (Fadimu et al., 2018). Berbagai metode pengeringan berpengaruh terhadap kualitas produk (warna, senyawa bioaktif, dan kandungan pati) kering yang dihasilkan (Alam et al., 2023). Falodun et al., (2019) menunjukkan bahwa metode pengeringan (*sun drying*, *cabinet drying*, dan *freeze drying*) memberikan pengaruh nyata terhadap sifat fisikokimia dan karakteristik pati tepung pisang Cardaba.

Penelitian sebelumnya Pengering energi surya tipe YSD UNIB12 mampu menurunkan kadar air singkong lebih cepat dari penjemuran tradisional yang menggunakan sinar matahari langsung (Yuwana dan Silvia, 2016). Namun penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui kinerja prototipe pengering model YSD-UNIB12 dalam mengeringkan singkong dan belum ada perbandingan kualitas dengan penjemuran dengan matahari langsung khususnya pada komoditas pisang. Oleh karena itu perlu untuk mengamati perbedaan kualitas tepung pisang kepok yang dihasilkan dari pengeringan menggunakan alat pengering YSD UNIB12 dan pengeringan menggunakan matahari langsung.

2. METODOLOGI

Buah pisang tua untuk penelitian ini dibeli dari pasar tradisional yang ada di provinsi Bengkulu. Bagan alur produksi tepung pisang dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alur produksi tepung pisang.

Pisang yang tua dikupas kulitnya, dan diiris dengan lebar sekitar 5 mm menggunakan pisau. Dua teknik pengeringan digunakan dalam produksi tepung pisang: pengeringan matahari langsung dan menggunakan alat YSD-UNIB12. Masing-masing pengeringan menggunakan waktu pengeringan 3 hari. Setelah kering chip-chip pisang kepok dilakukan penghalusan untuk mendapatkan tepung pisang dengan ukuran bubuk 80 mesh.

Menentukan struktur dan element tepung pisang: Pengujian yang dilakukan meliputi uji struktur morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang terintegrasi dengan *Energy dispersive X-ray spektrokopi* (EDX) untuk mendeteksi kandungan komposisi. Pengujian dilakukan dengan perbesaran berbeda-beda.

Analisis kandungan air dari tepung pisang dilakukan dengan metode oven. Pertama timbang cawan kosong dan catat beratnya (A). Lalu bahan atau sampel tepung pisang ditimbang sebanyak ± 2 g dimasukkan ke dalam cawan (B) kemudian keringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 5 jam. Keringkan dan dinginkan dalam desikator dan ditimbang lagi (C). Perlakuan ini diulangi sampai tercapai berat konstan. Kadar air diperoleh melalui perhitungan secara wet basis berikut:

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{B-C}{B-A} \times 100$$

Keterangan :

A = Berat cawan kosong (g)

B = Berat cawan + sampel sebelum dikeringkan (g)

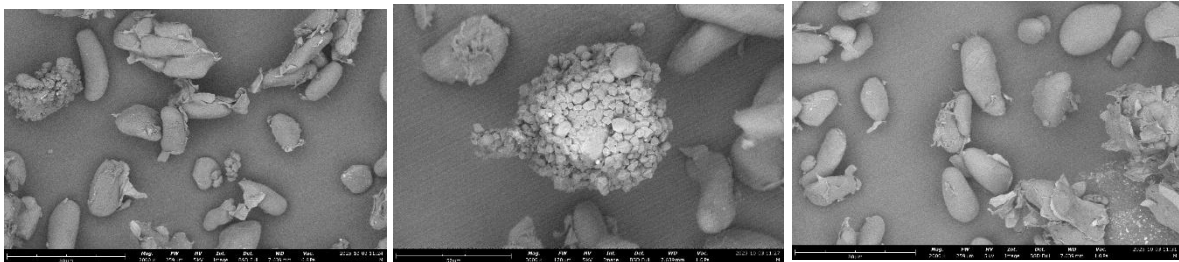
C = Berat cawan + sampel setelah dikeringkan (g)

Pengukuran warna dilakukan pada dua lokasi acak di permukaan sampel. Warna diukur dengan colorimeter dan dicatat dalam sistem warna L^* , a^* , b^* . Tiga sampel digunakan untuk setiap perlakuan. Tahapan analisis data menggunakan metode Uji t Sampel Independen dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak Statistical Product and Service Solutions (SPSS) dengan tahapan sebagai berikut: Menentukan Hipotesis (H_0 : Kedua varian sama, H_a : Kedua varian berbeda, Kriteria Pengujian Berdasarkan Probabilitas: H_0 diterima jika nilai $P > 0,05$, H_a diterima jika nilai $P < 0,05$). Kesimpulan diambil berdasarkan kriteria pengujian.

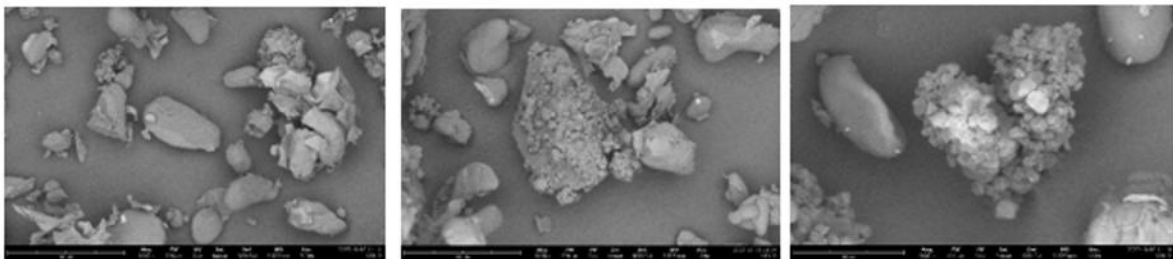
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Struktur Morfologi dan Kandungan Unsur

Struktur morfologi tepung pisang kepok disajikan pada Gambar 2. Masing-masing sampel dilakukan pengujian komposisi pada dan perbesaran yang berbeda yang berbeda (1000X, 2000x dan 3000X) seperti tersaji pada Gambar 2.



(a) Struktur Morfologi Tepung pisang dikeringkan dengan menggunakan sinar matahari



(b) Struktur Morfologi Tepung pisang dikeringkan dengan menggunakan YSD UNIB 12

Gambar 2. Struktur Morfologi Tepung Pisang Kepok

Pada citra SEM tepung pisang yang dijemur di bawah sinar matahari langsung, tampak bahwa permukaan granula cenderung halus, namun bentuk granula mengalami sedikit deformasi dan sebagian partikel tampak saling menempel atau menggumpal. Fenomena ini disebabkan oleh proses pengeringan yang berlangsung lambat dan tidak merata akibat ketergantungan terhadap intensitas cahaya matahari. Suhu pengeringan yang relatif rendah ($35\text{--}45^\circ\text{C}$) memungkinkan sebagian air masih tertahan di dalam sel, sehingga granula pati mengalami pengerutan tidak sempurna dan terbentuk agregasi partikel. [Marta et al., \(2019\)](#) melalui pengamatan SEM melaporkan bahwa granula tepung pisang memiliki permukaan yang padat dan bentuk tidak beraturan, serta karakteristik morfologinya dipengaruhi oleh proses pengolahan. Proses pengeringan merupakan bagian dari tahapan pengolahan pada pembuatan tepung pisang. Aktivitas ini juga yang menentukan karakteristik morfologinya yang berbeda dalam hal ini. Sejalan dengan hasil penelitian dari [Marta et al, \(2022\)](#) menjelaskan bahwa granula pati pisang umumnya memiliki permukaan padat dan halus,

sedangkan perubahan struktur granula dapat terjadi akibat perlakuan proses dan kondisi pengeringan.

Selain itu, ketidakteraturan bentuk granula dapat dikaitkan dengan perubahan struktur pati selama proses pengeringan. Kondisi pengeringan yang berlangsung relatif lambat memungkinkan terjadinya interaksi kembali antara rantai amilosa dan amilopektin sehingga membentuk daerah yang lebih teratur atau semi-kristalin melalui proses retrogradasi pati. Fenomena ini dapat memengaruhi morfologi granula dan sifat fungsional tepung yang dihasilkan (Chang *et al.*, 2021).

Tabel 1. Element Unsur Tepung Pisang Kepok Penjemuran Matahari dan Alat YSD UNIB 12

Unsur	Atomic		Weight	
	Matahari	YSD UNIB 12	Matahari	YSD UNIB 12
C	66.56	42.99	60.22	30.79
N	3.99	-	4.16	-
O	31.04	28.42	36.93	22.17
P	1.55	-	3.45	-
Mg	0.63	0.18	1.1	1.07
K	-	28.47	-	56.97

Sampel Matahari didominasi unsur karbon dan oksigen yang menunjukkan sifat organik dengan kandungan senyawa karbon aktif, nitrogen, dan fosfor. Sebaliknya, sampel YSD UNIB 12 memiliki kadar kalium tinggi serta karbon dan oksigen rendah, menandakan karakter anorganik akibat proses mineralisasi atau pengaruh residu mineral. Sampel Matahari memiliki kandungan karbon paling tinggi dibandingkan YSD UNIB 12, menunjukkan dominasi senyawa organik seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang khas pada bahan tanaman kering. Unsur nitrogen terdeteksi pada sampel matahari namun tidak pada YSD UNIB 12, menunjukkan adanya senyawa organik seperti protein atau amina, sedangkan hilangnya nitrogen pada YSD UNIB 12 kemungkinan akibat dekomposisi selama proses pengeringan atau perlakuan panas (Pantelopoulos *et al.*, 2016).

Kandungan oksigen cukup tinggi pada kedua sampel, yaitu 31,04% atomic (Matahari) dan 28,42% atomic (YSD UNIB 12). Dalam bentuk weight, nilai oksigen mencapai 36,93% dan 22,17%, masing-masing. Kandungan oksigen tinggi pada kedua sampel berperan dalam pembentukan gugus fungsional seperti karbonil dan hidroksil, dengan kadar lebih besar pada sampel Matahari yang menunjukkan tingkat oksidasi lebih tinggi akibat paparan udara saat pengeringan.

Unsur P hanya terdeteksi pada sampel Matahari (1,55% *atomic*; 3,45% *weight*), sedangkan pada YSD UNIB 12 tidak ditemukan. Fosfor dapat berasal dari residu organik atau senyawa fosfat alami dalam bahan tanaman. Kehadiran fosfor menandakan adanya potensi unsur hara yang dapat dimanfaatkan dalam aplikasi pertanian, sebagaimana dijelaskan oleh Lehmann dan Joseph (2015) bahwa biochar yang mengandung fosfor dapat meningkatkan kesuburan tanah.

Magnesium terdeteksi dalam jumlah kecil pada kedua sampel (Matahari 0,63% atomic; YSD UNIB 12 0,18% atomic). Secara *weight*, nilainya hampir sama (1,1% dan 1,07%). Mg umumnya berasal dari mineral alam atau abu hasil dekomposisi bahan organik. Kandungan Mg yang rendah menunjukkan bahwa unsur ini tidak menjadi komponen dominan, namun tetap berperan sebagai unsur hara esensial.

Unsur kalium tidak ditemukan pada sampel Matahari, tetapi sangat tinggi pada YSD UNIB 12 (28,47% atomic; 56,97% weight). Kandungan K yang tinggi mengindikasikan adanya mineral kalium (seperti K₂O atau KCl) yang umumnya berasal dari sisa pupuk atau proses mineralisasi bahan organik. Menurut Cantrell et al. (2012), keberadaan kalium dalam konsentrasi tinggi menunjukkan bahwa material tersebut cenderung bersifat anorganik dan berpotensi digunakan sebagai sumber unsur hara makro.

3.2 Kadar Air dan Warna Tepung Pisang Kepok

Hasil pengujian kadar air dan warna tepung pisang kepok menggunakan pengering matahari dan alat YSD UNIB 12 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-Rata Kadar Air dan Warna Tepung Pisang Kepok

Parameter	Pengering		P value
	Matahari	YSD UNIB 12	
Kadar air	11,21 ± 0,19	10,21 ± 0,07	0,001
L*	82,55 ± 2,84	77,85 ± 0,59	0,048*
a*	5,096 ± 0,92	5,54 ± 0,25	0,463ns
b*	8,63 ± 1,50	11,37 ± 0,11	0,035*

Keterangan: *) Uji Anova, untuk melihat perbedaan secara signifikan (p

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tepung pisang kepok yang dikeringkan menggunakan YSD UNIB 12 memiliki kadar air lebih rendah dibandingkan pengeringan matahari langsung. Kondisi ini diduga karena YSD UNIB 12 mampu menghasilkan suhu pengeringan yang lebih tinggi dan stabil serta kelembapan udara yang lebih rendah di dalam ruang pengering. Udara panas yang mengalir secara kontinu meningkatkan laju perpindahan panas dan massa sehingga proses evaporasi air dari pisang kepok berlangsung lebih efektif. Selain itu, sistem pengering tertutup mampu melindungi bahan dari fluktuasi cuaca dan penyerapan kembali uap air dari lingkungan. Menurut berbagai penelitian mengenai *indirect solar dryer*, pengering surya menghasilkan laju pengeringan yang lebih tinggi, kadar air akhir yang lebih rendah, serta kualitas produk yang lebih baik dibandingkan penjemuran matahari terbuka (Shrivastava et al., 2026).

Rendahnya kadar air pada pengeringan menggunakan YSD UNIB 12 diduga disebabkan oleh suhu pengeringan yang lebih tinggi dan relatif stabil selama proses pengeringan. Pada sistem pengering surya tertutup seperti YSD UNIB 12, energi panas matahari dikumpulkan dan dimanfaatkan secara lebih efisien sehingga menghasilkan udara panas dengan suhu yang lebih konsisten dibandingkan pengeringan terbuka. Kondisi tersebut meningkatkan laju perpindahan panas ke bahan dan mempercepat proses evaporasi air dari jaringan pisang.

Selain itu, YSD UNIB 12 memiliki sistem sirkulasi udara yang lebih baik sehingga uap air yang dilepaskan dari bahan dapat segera dikeluarkan dari ruang pengering. Sebaliknya, pengeringan matahari langsung sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya matahari, kelembapan udara, kecepatan angin, dan perubahan cuaca. Fluktuasi kondisi lingkungan tersebut menyebabkan proses penguapan air berlangsung kurang optimal sehingga kadar air akhir produk cenderung lebih tinggi.

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilaporkan oleh (Kumar *et al.*, 2016), yang menyatakan bahwa pengering surya tertutup mampu menghasilkan laju pengeringan yang lebih cepat dan kadar air akhir yang lebih rendah dibandingkan metode penjemuran terbuka. (Shrivastava *et al.*, 2026) juga melaporkan bahwa sistem solar dryer dapat meningkatkan efisiensi pengeringan melalui peningkatan suhu udara dan penurunan kelembapan relatif di dalam ruang pengering, sehingga mempercepat pengeluaran air dari bahan pertanian.

Hasil uji Independent Samples t-test pada Tabel 2 menunjukkan bahwa parameter lightness (L^*), dan nilai b^* memiliki perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antara kedua perlakuan. Sebaliknya, parameter a^* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh terhadap kadar air serta karakteristik warna berupa kecerahan (L^*) dan kekuningan (b^*), namun tidak berpengaruh terhadap tingkat kemerahan (a^*) produk. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode pengeringan mempengaruhi nilai L^* , a^* , dan b^* tepung pisang (Alam *et al.*, 2023).

Nilai L^* tepung pisang kepok hasil pengeringan berkisar antara 77,85–82,55. Tepung yang dikeringkan menggunakan sinar matahari memiliki nilai L^* lebih tinggi (82,55), menunjukkan warna yang lebih cerah dibandingkan tepung yang dikeringkan menggunakan YSD UNIB 12 (77,85). Penurunan nilai L^* pada perlakuan YSD UNIB 12 menunjukkan berkurangnya tingkat kecerahan akibat proses pengeringan. Nilai b^* tepung pisang kepok berkisar antara 8,63–11,37. Perlakuan dengan nilai b^* sebesar 11,37 menunjukkan intensitas warna kuning yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan dengan nilai b^* sebesar 8,63. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbedaan tersebut signifikan ($p < 0,05$), sehingga metode pengeringan berpengaruh terhadap karakteristik warna kuning tepung pisang kepok. Hasil ini sama halnya dengan penelitian dari Alam *et al.* (2023) dan Khoozani *et al.* (2019), melaporkan bahwa metode dan kondisi pengeringan memengaruhi parameter warna L^* , a^* , dan b^* pada tepung pisang. Perubahan nilai b^* menunjukkan adanya perubahan karakteristik warna selama proses pengeringan yang diduga berkaitan dengan perubahan pigmen alami dan pengaruh perlakuan termal terhadap bahan. Namun, penelitian ini tidak mengukur kandungan pigmen maupun aktivitas enzim atau produk reaksi pencoklatan, sehingga mekanisme perubahan warna yang terjadi tidak dapat dipastikan secara spesifik.

4. KESIMPULAN

Analisis SEM menunjukkan bahwa pengeringan di bawah sinar matahari menyebabkan deformasi dan agregasi butiran tepung karena proses pengeringan yang lambat dan tidak merata, sedangkan pengeringan menggunakan YSD-UNIB 12 menghasilkan struktur butiran yang lebih baik. Analisis EDX menunjukkan bahwa tepung yang dikeringkan di bawah sinar matahari memiliki kandungan karbon dan oksigen yang lebih tinggi, sedangkan pengeringan dengan YSD-UNIB 12 menghasilkan kandungan kalium (K) yang lebih tinggi. Hasil uji Independent Samples t-test menunjukkan bahwa parameter kadar air, lightness (L^*), dan nilai b^* memiliki perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antara kedua perlakuan. Sebaliknya, parameter a^* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh terhadap kadar air serta karakteristik warna berupa kecerahan (L^*) dan kekuningan (b^*), namun tidak berpengaruh terhadap tingkat kemerahan (a^*) produk.

5. CATATAN PENULIS

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan yang dapat memengaruhi penyusunan maupun publikasi artikel ini. Penulis juga menegaskan bahwa artikel yang disampaikan merupakan karya orisinal dan telah memenuhi ketentuan terkait pencegahan plagiarisme.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M., Biswas, M., Hasan, M. M., Hossain, M. F., Zahid, M. A., Al-Reza, M. S., & Islam, T. (2023). Quality attributes of the developed banana flour: Effects of drying methods. *Heliyon*, 9(7).
- Benjamin, M. A. Z., Ng, S. Y., Saikim, F. H., & Rusdi, N. A. (2022). The effects of drying techniques on phytochemical contents and biological activities on selected bamboo leaves. *Molecules*, 27(19), 6458.
- Cantrell, K. B., Hunt, P. G., Uchimiya, M., Novak, J. M., & Ro, K. S. (2012). Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. *Bioresource technology*, 107, 419-428.
- Chang, Q., Zheng, B., Zhang, Y., & Zeng, H. (2021). A comprehensive review of the factors influencing the formation of retrograded starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 186, 163-173.
- Evania, M. K., & Dharsela, M. (2024). Pengujian Kadar Air dan Total Padatan Terlarut pada Selai Pisang Kepok dengan Penambahan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisica* Linn). *Agrofood*, 6(2), 15-22.
- Fadimu, G. J., Sanni, L. O., Adebawale, A. R., Kareem, S., Sobukola, O. P., Kajihausa, O., ... & Adenekan, M. K. (2018). Effect of drying methods on the chemical composition, colour, functional and pasting properties of plantain (*Musa parasidiaca*) flour. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, 13(1-2), 38-43.
- Falodun, A. I., Ayo-Omogie, H. N., & Awolu, O. O. (2019). Effect of different drying techniques on the resistant starch, bioactive components, physicochemical and pasting properties

- of Cardaba banana flour. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, 23(1), 35-42.
- Fida, R., Pramafisi, G., & Cahyana, Y. (2020, February). Application of banana starch and banana flour in various food product: A review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 443, No. 1, p. 012057). IOP Publishing.
- Khoozani, A. A., Bekhit, A. E. D. A., & Birch, J. (2019). Effects of different drying conditions on the starch content, thermal properties and some of the physicochemical parameters of whole green banana flour. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130, 938-946.
- Kong, D., Wang, Y., Li, M., Liu, X., Huang, M., & Li, X. (2021). Analysis of drying kinetics, energy and microstructural properties of turnips using a solar drying system. *Solar Energy*, 230, 721-731.
- Kumar, M., Sansaniwal, S. K., & Khatak, P. (2016). Progress in solar dryers for drying various commodities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 346-360.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). (2024). *Biochar for environmental management: science, technology and implementation*. Taylor & Francis.
- Manggabarani, S., Tanuwijaya, R. R., & Febriyanti, L. (2023). Pengaruh Suhu dan Waktu Pengeringan Terhadap Fisikokimia Tepung Pisang Mas. *Journal of Nursing and Health Science*, 2(3), 126-133.
- Marta, H., Cahyana, Y., Djali, M., Arcot, J., & Tensiska, T. (2019). A comparative study on the physicochemical and pasting properties of starch and flour from different banana (*Musa spp.*) cultivars grown in Indonesia. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1562-1575.
- Marta, H., Cahyana, Y., Djali, M., & Pramafisi, G. (2022). The properties, modification, and application of banana starch. *Polymers*, 14(15), 3092.
- Pantelopoulos, A., Magid, J., & Jensen, L. S. (2016). Thermal drying of the solid fraction from biogas digestate: effects of acidification, temperature and ventilation on nitrogen content. *Waste management*, 48, 218-226.
- Sinta, D. (2023). Analisis morfologi tanaman pisang kepok (*musa paradisiaca* var. *Balbisiana colla*) di Desa Tanjung Selamat Kabupaten Labuhanbatu Selatan. *Tugas_ Akhir (Artikel) Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(1), 86-97.
- Shrivastava, V., Singh, P., & Shrivastava, N. (2026). A decade of progress in indirect solar drying: A review of systems for fruits, vegetables, and medicinal herbs (2015-2025). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 226, 116388.
- Yuwana, Y., Sidebang, B., & Silvia, E. (2016). Pengering Energi Surya Untuk Pengeringan Bahan Pakaian. *Dharma Raflesia: Jurnal Ilmiah Pengembangan dan Penerapan IPTEKS*, 14(1).