



PENGARUH WAKTU PENYANGRAIAN TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN BIJI KAKAO FERMENTASI

EFFECT OF ROASTING TIME ON ANTIOXIDANT ACTIVITY IN FERMENTED COCOA BEANS

Nadirah B. Andi Pallawa^{1*}, Miming Berlian Hi B Salam¹, Servans Mantoki¹

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Bumi, Politeknik Palu, Jl. Sinar Kemuning I
No. 1A Palu Sulawesi Tengah 94119

*Korespondensi : nadirahbap@gmail.com

Received May 10, 2025; Revised November 20, 2025; Accepted November 21, 2025

ABSTRAK

Biji kakao (*Theobroma cacao*) merupakan sumber antioksidan alami yang potensial, terutama senyawa polifenol, yang keberadaannya dapat terpengaruh oleh proses pengolahan, termasuk penyangraian. Proses penyangraian berperan penting dalam menentukan kualitas akhir kakao, tidak hanya dari sisi sensori tetapi juga bioaktivitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh waktu penyangraian (10, 14, 18, dan 22 menit) terhadap aktivitas antioksidan biji kakao fermentasi. Analisis dilakukan menggunakan metode DPPH dan dinyatakan dalam nilai IC_{50} (mg/mL) dengan Rancangan Acak Lengkap satu faktor. Hasil menunjukkan perbedaan signifikan antar perlakuan ($p < 0,05$), di mana aktivitas antioksidan tertinggi (IC_{50} terendah sebesar $6,29 \pm 4,45$ mg/mL) diperoleh pada penyangraian selama 22 menit. Peningkatan aktivitas ini diduga terkait dengan pembentukan senyawa hasil reaksi Maillard. Dalam kondisi penelitian pada suhu $135^{\circ}C$, waktu penyangraian 22 menit memberikan aktivitas antioksidan tertinggi sehingga dapat dipertimbangkan sebagai waktu yang paling menguntungkan. Namun, studi optimasi lebih lanjut dengan variasi suhu dan kondisi proses lain masih diperlukan untuk menetapkan waktu penyangraian yang benar-benar optimal.

Kata kunci: Aktivitas antioksidan; Biji kakao; IC_{50} ; Metode DPPH; Waktu penyangraian

ABSTRACT

Cocoa beans (*Theobroma cacao*) are a rich source of natural antioxidants, particularly polyphenolic compounds, the stability of which may be affected by post-harvest processing, including roasting. Roasting plays a crucial role in shaping the sensory quality of cocoa and influencing its bioactivity. This study aimed to evaluate the effects of different roasting durations (10, 14, 18, and 22 min) on the antioxidant activity of fermented cocoa beans. Antioxidant activity was measured using the DPPH method and expressed as IC_{50} (mg/mL) under a completely randomized design. Significant differences were observed among the treatments ($p < 0.05$), with the highest antioxidant activity (lowest IC_{50} of 6.29 ± 4.45 mg/mL) achieved after 22 min of roasting. This enhancement is likely associated with the formation of Maillard reaction products during roasting. Under the roasting conditions applied in this study ($135^{\circ}C$), a duration of 22 min provided the highest antioxidant activity

and can be considered the most favourable time. Nevertheless, further optimisation studies involving different temperatures and processing conditions are required to establish the truly optimal roasting time.

Keywords: Antioxidant activity; Cocoa beans; DPPH method; IC₅₀; Roasting time

PENDAHULUAN

Biji kakao Indonesia (*Theobroma cacao* L.) dikenal sebagai salah satu penghasil biji yang paling kaya akan polifenol dan antioksidan. Senyawa-senyawa ini tidak hanya memiliki manfaat kesehatan, tetapi juga memainkan peran penting dalam menciptakan rasa dan aroma unik pada produk kakao olahan (Agustriana et al., 2023; Lavorgna et al., 2021; Muhammad et al., 2017; Oracz et al., 2015; Sari et al., 2023). Akibatnya, biji kakao dapat digunakan sebagai bahan baku untuk mengembangkan pangan fungsional yang memiliki nilai tambah.

Proses penyangraian merupakan tahap penting dalam pengolahan kakao, yang mana dapat mempengaruhi stabilitas dan bioaktivitas senyawa antioksidan. Penyangraian diperlukan untuk meningkatkan kualitas sensorik, akan tetapi paparan panas yang berlebihan dapat menyebabkan degradasi senyawa fenolik dan antioksidan alami (Ling & Chun, 2020; McClure et al., 2022; Rocha et al., 2017; Wiedemer et al., 2023). Sebaliknya, reaksi Maillard, yang memiliki potensi aktivitas antioksidan, juga dapat menyebabkan pembentukan senyawa bioaktif baru, seperti melanoidin (Oracz & Nebesny, 2019; Utami, 2018; Zapata et al., 2015).

Penelitian tentang dampak penyangraian terhadap aktivitas antioksidan biji kakao telah mengalami kemajuan dalam sepuluh tahun terakhir (2015–2025). Studi awal oleh Oracz et al., (2015) dan Mine et al., (2016) menunjukkan bahwa kandungan fenolik

dan flavonoid berkurang ketika suhu penyangraian meningkat. Zyzelewicz et al., (2016) kemudian menjelaskan bahwa waktu penyangraian sangat penting untuk menentukan laju degradasi polifenol, karena waktu yang terlalu lama mempercepat penurunan aktivitas antioksidan. Pada periode berikutnya, sejumlah penelitian mulai menyelidiki bagaimana suhu dan waktu berinteraksi satu sama lain. Ansah et al., (2013) dan Ioannone et al., (2015) menemukan bahwa dengan kombinasi suhu sedang (110–120 °C) dan waktu sedang (20–30 menit), sebagian besar senyawa bioaktif dapat dipertahankan tanpa mengurangi kualitas sensori. Studi yang lebih baru oleh Asiedu et al., (2025) melaporkan bahwa penyangraian moderat (120 °C selama 30 menit) dapat menghasilkan kadar flavonoid dan aktivitas DPPH yang lebih tinggi dibandingkan penyangraian cepat pada suhu yang lebih tinggi (135 °C). Secara umum, kapasitas antioksidan kakao memang sangat dipengaruhi oleh tahapan pemrosesan, seperti yang ditunjukkan oleh Lavorgna et al., (2021) yang melaporkan variasi signifikan pada aktivitas antiradikal kakao sebagai respons terhadap perlakuan pascapanen. Selain itu, McClure et al., (2022) menunjukkan bahwa proses penyangraian memicu reaksi Maillard dan perubahan komposisi kimia yang kompleks, yang secara teori dapat menghasilkan senyawa melanoidin dengan potensi aktivitas antioksidan sekunder. Sebagian besar penelitian sebelumnya mengevaluasi waktu dan suhu penyangraian secara bersamaan, sehingga pengaruh waktu

sebagai variabel tunggal terhadap aktivitas antioksidan belum tergambar dengan jelas. Penelitian terbaru juga cenderung berfokus pada variasi suhu, metode penyangraian, dan karakterisasi senyawa volatil. Padahal, dalam proses penyangraian, suhu dan waktu merupakan dua parameter yang saling berinteraksi, sehingga diperlukan studi yang mengisolasi salah satunya. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya memberikan pemahaman yang lebih terarah mengenai dampak variasi waktu penyangraian pada suhu tetap 135 °C, sekaligus mengisi celah penelitian yang masih terbatas pada aspek tersebut. Tujuan dari studi ini adalah untuk melihat bagaimana variasi waktu penyangraian (10, 14, 18, dan 22 menit) berdampak pada aktivitas antioksidan biji kakao fermentasi menggunakan metode DPPH. Hasilnya diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah untuk menentukan waktu penyangraian terbaik untuk pengolahan kakao, yang akan menghasilkan produk dengan kualitas sensori yang baik dan potensi fungsional yang tinggi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan biji kakao fermentasi varietas Forastero (BR 25) yang dibudidayakan di Desa Bolang, Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan. Proses fermentasi berlangsung selama lima hari sebelum biji dikeringkan. Reagen kimia yang digunakan meliputi metanol pro-analisis (PA) dan larutan DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) 0,1 mM.

Bahan pendukung mencakup plastik *zipper-lock*, kertas saring Whatman No. 1, aluminium foil, tisu, label, dan sarung

tangan lateks. Bahan bakar untuk proses penyangraian menggunakan gas petroleum cair (LPG).

Proses penyangraian menggunakan alat sangrai silinder berkapasitas 1 kg per batch, yang diputar secara manual pada kecepatan 60 rpm dan dilengkapi termometer digital untuk memantau suhu drum. Peralatan laboratorium lain yang digunakan meliputi neraca analitik, gelas beker, pengaduk kaca, corong, botol kaca berwarna gelap, rotary evaporator, oven, lemari pendingin (4 °C), spektrofotometer UV-Vis, kuvet kuarsa, pipet volumetrik, tabung reaksi, serta laptop untuk analisis data.

Metode

1. Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor, yaitu waktu penyangraian (10, 14, 18, dan 22 menit), masing-masing dengan tiga ulangan, menghasilkan total 12 satuan percobaan.

Data dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) satu arah untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Jika terdapat perbedaan nyata ($p < 0,05$), maka dilanjutkan dengan uji *Tukey's Honestly Significant Difference test* (HSD). Visualisasi hasil berupa tabel dan grafik dibuat untuk menggambarkan tren nilai IC_{50} . Analisis statistik dilakukan dengan perangkat lunak IBM SPSS versi 25.

2. Prosedur Penelitian

a. Preparasi Sampel

Biji kakao yang telah difermentasi dan dikeringkan disortir untuk memastikan keseragaman ukuran, kemudian digunakan dalam proses penyangraian.

b. Proses Penyangraian

Alat penyangrai dipanaskan hingga suhu awal drum mencapai 135 °C. Biji kakao disangrai pada empat variasi waktu: 10, 14, 18, dan 22 menit. Setelah sangrai, sampel didinginkan pada suhu ruang, lalu dipisahkan antara nib dan kulit biji.

Suhu 135 °C dipilih karena merupakan suhu operasional yang digunakan industri kakao lokal di Sulawesi Selatan dan telah terbukti menghasilkan kualitas sangrai yang stabil. Suhu ini juga digunakan dalam penelitian penulis sebelumnya yang mengevaluasi perubahan aroma dan komponen kimia selama penyangraian (Pallawa, 2022) sehingga mempertahankan suhu yang sama memungkinkan pengamatan yang konsisten. Dalam studi ini, suhu dijaga tetap untuk mengisolasi pengaruh waktu penyangraian terhadap aktivitas antioksidan.

3. Prosedur Analisis

a. Ekstraksi Senyawa Antioksidan

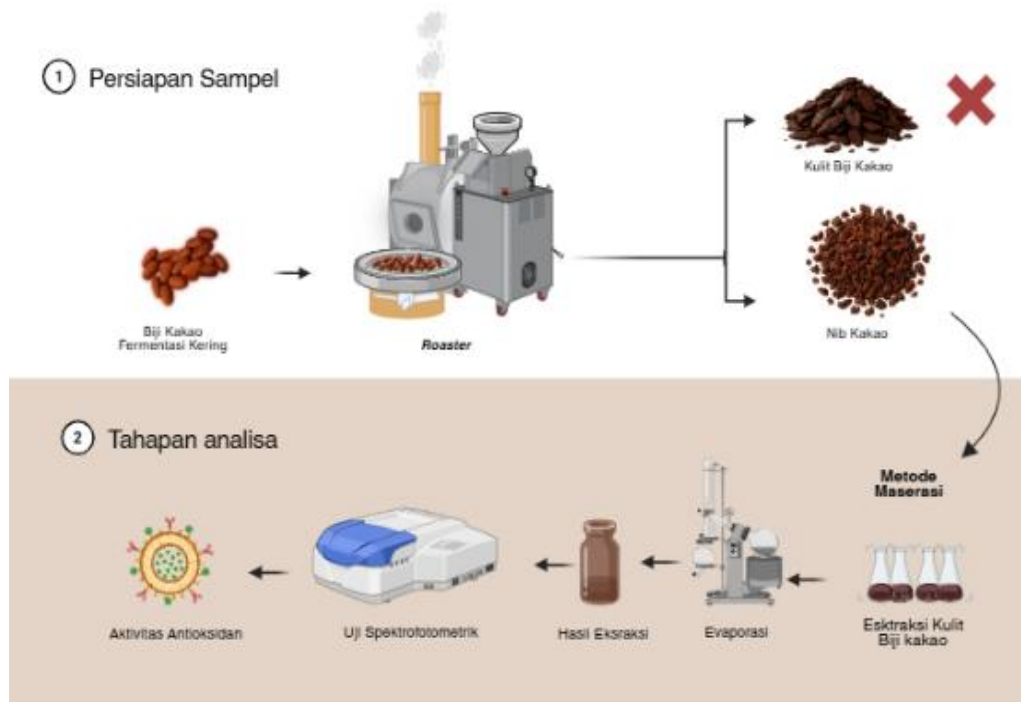
Prosedur ekstraksi diadaptasi dan dimodifikasi dari metode yang digunakan oleh Hasan et al., (2023). Sebanyak 100 gram bubuk kakao (ukuran ayakan 60 mesh) diekstraksi melalui proses maserasi bertingkat menggunakan 1000 mL metanol pro-analisis (PA) dalam wadah kaca berwarna gelap selama 24 jam pada suhu ruang, dengan pengadukan secara berkala. Setelah 24 jam, campuran disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 1 dan filtrat dikumpulkan. Seluruh filtrat yang diperoleh kemudian diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 45 °C dan kecepatan 50 rpm hingga diperoleh

ekstrak kental. Ekstrak dikeringkan dalam oven bersuhu 40 °C untuk menghilangkan pelarut sisa dan disimpan dalam botol kaca gelap tertutup rapat pada suhu 4 °C hingga waktu pengujian.

b. Uji Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan diuji menggunakan metode peredaman radikal bebas DPPH (*2,2-difenil-1-pikrilhidrazil*) yang diadaptasi dari Datu et al., (2023) dan Hidayah et al., (2020), dengan beberapa modifikasi. Sebanyak 1 mL larutan DPPH 0,1 mM dicampur dengan 1 mL larutan ekstrak kakao pada lima konsentrasi berbeda, yaitu 5, 6, 7, 8, dan 9 µg/mL. Sampel diinkubasi dalam kondisi gelap selama 30 menit pada suhu ruang. Setelah inkubasi, absorbansi diukur pada panjang gelombang 517 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Persentase penghambatan radikal DPPH dihitung dengan cara mengurangi absorbansi sampel dari absorbansi kontrol, kemudian membaginya dengan absorbansi kontrol dan mengalikannya dengan 100. Nilai ini menunjukkan seberapa besar kemampuan ekstrak dalam menghambat radikal bebas. Nilai IC₅₀, yaitu konsentrasi ekstrak yang diperlukan untuk menghambat 50% radikal DPPH, ditentukan melalui kurva regresi logaritmik antara konsentrasi ekstrak dan persentase penghambatan. Persamaan regresi yang dihasilkan digunakan untuk memperkirakan konsentrasi ekstrak yang menghasilkan tepat 50% penghambatan. Prosedur penelitian dan tahapan analisis ditunjukkan pada **Gambar 1**.

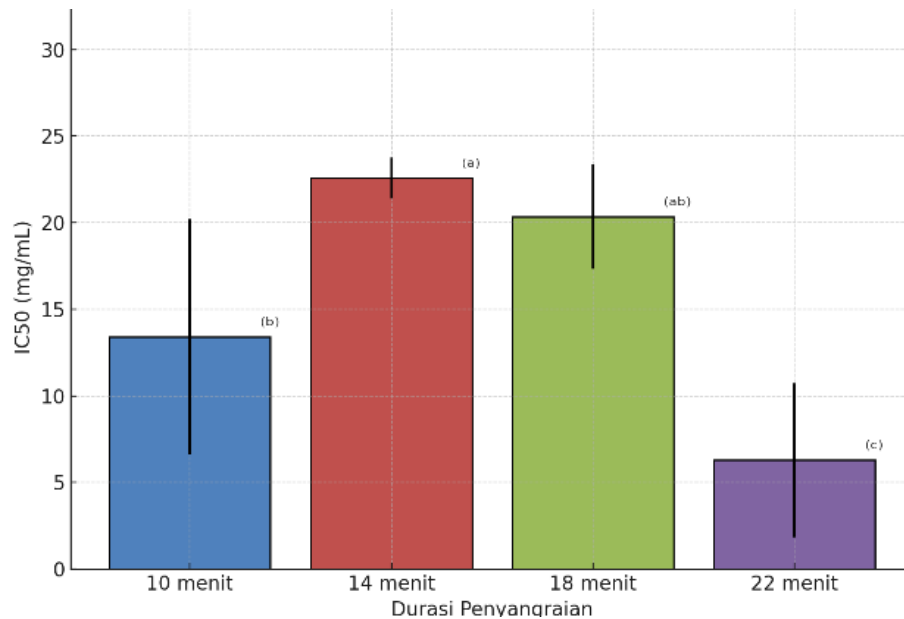


Gambar 1. Diagram alur penelitian meliputi (1) tahap persiapan sampel, yaitu biji kakao hasil fermentasi kering yang disangrai menggunakan roaster dan dipisahkan menjadi kulit biji dan nib kakao; serta (2) tahap analisis, meliputi ekstraksi kulit biji kakao menggunakan metode maserasi, proses evaporasi, uji spektrofotometrik, dan penentuan aktivitas antioksidan. Ilustrasi dibuat dengan BioRender.com

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Aktivitas Antioksidan Biji Kakao Fermentasi pada Berbagai Lama Waktu Penyangraian

Waktu penyangraian (menit)	Rata-Rata $\pm$ SD (mg/mL)	95% CI (Lower–Upper)
10	13.41 $\pm$ 6.81 ^b	–3.51 – 30.33
14	22.57 $\pm$ 1.18 ^a	19.64 – 25.49
18	20.35 $\pm$ 3.01 ^{ab}	12.88 – 27.82
22	6.29 $\pm$ 4.45 ^c	–4.76 – 17.33



Gambar 2 Grafik aktivitas antioksidan (IC₅₀) biji kakao fermentasi pada berbagai waktu penyangraian. Huruf superskrip menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Tukey HSD pada taraf $\alpha = 0,05$.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Analisis Sidik Ragam (One-Way ANOVA) terhadap Nilai IC₅₀ Aktivitas Antioksidan Biji Kakao Fermentasi pada Berbagai Lama Penyangraian

Sumber variasi (Source)	Jumlah Kuadrat (Sum of Squares)	Derajat bebas (df)	Kuadrat tengah (Mean Square)	F-hitung	Sig. (p-value)
Antar kelompok (Between Groups)	487.815	3	162.605	8.492	0.007
Dalam kelompok (Within Groups)	153.189	8	19.149		
Total	641.004	11			

Tabel 3. Ringkasan hasil uji lanjut Tukey HSD terhadap nilai IC₅₀ aktivitas antioksidan biji kakao fermentasi pada berbagai lama penyangraian

Perbandingan antar waktu penyangraian	Selisih rata-rata (mg/mL)	Sig. (p)	Keterangan
14 menit vs 22 menit	16.28	0.008*	Berbeda nyata
18 menit vs 22 menit	14.06	0.018*	Berbeda nyata
10 menit vs lainnya	6.94 – 9.15	> 0.05	Tidak berbeda nyata
14 menit vs 18 menit	2.22	0.923	Tidak berbeda nyata

*Signifikan pada taraf $p < 0.05$ (uji Tukey HSD).

Aktivitas antioksidan ekstrak biji kakao fermentasi menunjukkan variasi yang signifikan tergantung pada waktu penyangraian. Aktivitas ini dinyatakan dalam nilai IC_{50} , yang merepresentasikan konsentrasi ekstrak yang dibutuhkan untuk menghambat 50% radikal bebas DPPH. Semakin rendah nilai IC_{50} , semakin tinggi aktivitas antioksidan yang dimiliki.

Tabel 1 dan **Gambar 2**, menunjukkan bahwa Nilai IC_{50} terendah diperoleh pada penyangraian selama 22 menit ($6,29 \pm 4,45$ mg/mL), yang menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi. Sebaliknya, waktu 14 menit menghasilkan nilai IC_{50} tertinggi ($22,57 \pm 1,18$ mg/mL), menunjukkan penurunan kapasitas antioksidan. Hasil ini mengindikasikan bahwa waktu penyangraian berpengaruh langsung terhadap kestabilan dan efektivitas senyawa bioaktif dalam biji kakao.

Hasil analisis ANOVA **Tabel 2**, menunjukkan bahwa waktu penyangraian memberikan pengaruh signifikan terhadap aktivitas antioksidan ($F = 8,492$; $p = 0,007$). Uji lanjut Tukey HSD **Tabel 3**, memperkuat bahwa perlakuan 22 menit secara statistik berbeda nyata dibandingkan dengan seluruh perlakuan lainnya ($p < 0,05$).

Degradasi Senyawa Fenolik

Pada waktu penyangraian yang lebih pendek (misalnya, 10 menit), senyawa fenolik alami seperti epikatekin dan katekin cenderung masih utuh, sehingga aktivitas antioksidannya tetap cukup tinggi (La Mantia et al., 2023). Namun, pada waktu menengah (14–18 menit), penurunan aktivitas antioksidan terjadi, kemungkinan akibat degradasi termal

senyawa fenolik yang belum diimbangi oleh pembentukan senyawa baru.

Degradasi ini selaras dengan temuan (Aprotosoaie et al., 2016) dan (Oracz & Nebesny, 2019), yang menunjukkan bahwa pemanasan dapat menyebabkan kerusakan struktur fenolik sebelum proses reaksi Maillard mencapai titik optimal.

Pembentukan Senyawa Maillard

Peningkatan aktivitas antioksidan terjadi secara signifikan pada waktu 22 menit. Peningkatan kembali aktivitas antioksidan ini kemungkinan terkait dengan fase lanjutan reaksi Maillard, yang pada tahap tertentu dapat menghasilkan senyawa berwarna gelap seperti melanoidin. Temuan ini mengindikasikan bahwa pada durasi penyangraian tersebut dapat terjadi keseimbangan antara degradasi senyawa fenolik dan pembentukan produk reaksi Maillard. Namun, pola perubahan ini hanya dapat dipastikan hingga 22 menit, sehingga kecenderungan pada durasi penyangraian yang lebih lama masih memerlukan kajian lanjutan.

Beberapa studi melaporkan bahwa produk reaksi Maillard tahap lanjut, termasuk melanoidin, memiliki potensi aktivitas antioksidan yang cukup tinggi dan pada kondisi tertentu dapat mengimbangi penurunan fenolik alami selama pemanasan (Deus et al., 2018; Yang et al., 2012). Hal ini sejalan dengan penjelasan Urbńska & Kowalska, (2019), yang menggambarkan bahwa proses pemanasan pada bahan pangan kaya karbohidrat dan asam amino, termasuk kakao, dapat menghasilkan senyawa berwarna gelap seperti melanoidin yang berpotensi berperan sebagai antioksidan

sekunder. Namun demikian, referensi tersebut bersifat konseptual dan tidak secara langsung menggambarkan kondisi penyangraian pada penelitian ini. Oleh karena itu, peningkatan aktivitas antioksidan pada durasi 22 menit dalam penelitian ini dapat mengindikasikan kontribusi senyawa Maillard, meskipun hal ini memerlukan verifikasi lebih lanjut melalui analisis senyawa spesifik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi durasi penyangraian memberikan pola perubahan aktivitas antioksidan yang tidak linear pada suhu tetap 135 °C. Aktivitas antioksidan menurun pada menit ke-14, kemudian meningkat kembali pada menit ke-22, yang mengindikasikan adanya keseimbangan antara degradasi senyawa fenolik dan potensi pembentukan produk reaksi Maillard tahap lanjut. Dengan demikian, penelitian ini telah menjawab tujuan utama, yaitu mengevaluasi secara spesifik pengaruh durasi penyangraian sebagai variabel tunggal tanpa melibatkan perubahan suhu. Pendekatan ini memberikan kontribusi kebaruan, karena sebagian besar penelitian sebelumnya mengevaluasi waktu dan suhu secara bersamaan sehingga efek waktu sebagai variabel independen masih jarang dilaporkan. Temuan ini memperluas pemahaman mengenai dinamika perubahan bioaktivitas kakao selama pemanasan pada kondisi suhu terkendali.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan metodologis. Pertama, tahap *defatting* menggunakan pelarut non-polar tidak dilakukan, sehingga keberadaan fraksi lemak pada sampel berpotensi memengaruhi efisiensi ekstraksi

senyawa fenolik. Kedua, uji aktivitas antioksidan tidak menggunakan kontrol positif (misalnya asam askorbat atau trolox), sehingga nilai IC₅₀ yang diperoleh terutama merefleksikan perbedaan relatif antarperlakuan. Penelitian lanjutan yang mengintegrasikan tahap *defatting* dan kontrol positif diperlukan untuk menghasilkan estimasi aktivitas antioksidan yang lebih terkalibrasi dan komprehensif.

SIMPULAN

Variasi waktu penyangraian berpengaruh signifikan terhadap aktivitas antioksidan biji kakao fermentasi ($p < 0,05$). Penyangraian selama 22 menit menghasilkan nilai IC₅₀ terendah ($6,29 \pm 4,45$ mg/mL), menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi. Hasil penelitian menegaskan pentingnya pengaturan waktu penyangraian untuk mempertahankan atau meningkatkan bioaktivitas fungsional kakao. Studi lanjutan disarankan untuk mengidentifikasi senyawa bioaktif terbentuk dan menilai pengaruhnya terhadap mutu sensori serta stabilitas produk kakao olahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) atas pendanaan penelitian ini melalui Skema Hibah Penelitian Tahun 2024, serta kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi, baik secara teknis maupun nonteknis, dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustriana, E., Valentino, H. A., Rahmani, N., Nuryati, N., Firmanto, H., Rachmayati, R., Yulianti, S. E., Nuryana, I., Yopi, Y., & Lisdiyanti, P. (2023). Fermentation effect of cacao beans originate from Jember on polyphenol-flavonoid content and radical scavenging activity. *Alchemy: Jurnal Penelitian Kimia*, 19(1), 23–31.
<https://doi.org/10.20961/alchemy.19.1.60831.23-31>
- Ansah, E. O., Budu, A. S., Brown, H. M., Takrama, J. F., & Afoakwa, E. O. (2013). Changes in nib acidity, proteolysis and sugar concentration as influenced by pod storage and roasting conditions of fermented cocoa (*Theobroma cacao*) beans. (Unpublished manuscript, December 2014).
- Aprotosoae, A. C., Luca, S. V., & Miron, A. (2016). Flavor chemistry of cocoa and cocoa products—An overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 73–91.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12180>
- Asiedu, B. K., Afoakwa, E. O., Osei Tutu, C., Obeng, R., Kortei, N. K., Akonor, P. T., Budu, A. S., & Saalia, F. K. (2025). Effect of roasting on flavonoids, phenolics, and antioxidant activity of industrial-pulped and fermented cocoa beans. *Food Chemistry Advances*, 6, 100925.
<https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.100925>
- Datu, O. S., Lebang, J. S., & Lestari, U. S. (2023). Uji aktivitas antioksidan, analisis total fenol, flavonoid dan tanin dari ekstrak buah salak. *Pharmacy Medical Journal*, 6(2), 117–122.
- Deus, V. L., de Cerqueira e Silva, M. B., Maciel, L. F., Miranda, L. C. R., Hirooka, E. Y., Soares, S. E., de Souza Ferreira, E., & da Silva Bispo, E. (2018). Influence of drying methods on cocoa (*Theobroma cacao* L.): Antioxidant activity and presence of ochratoxin A. *Food Science and Technology*, 38, 278–285.
<https://doi.org/10.1590/fst.09917>
- Hasan, H., Suryadi, A. M., Bahri, S., & Widiastuti, N. L. (2023). Penentuan kadar flavonoid daun rumput knop (*Hyptis capitata* Jacq.) menggunakan spektrofotometri UV-Vis. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 5(2).
<https://doi.org/10.37311/jsscr.v5i2.19371>
- Hidayah, N., Fitriansyah, S. N., Aulifa, D. L., Dewi, S., & Barkah, W. (2020). Determination of total phenolic, flavonoid content and antioxidant activity of campolay (*Pouteria campechiana* (Kunth) Baehni) extract. *Pharmacognosy Journal*, 12(1), 107–110.
- Ioannone, F. (2015). Flavanols, proanthocyanidins and antioxidant activity changes during cocoa (*Theobroma cacao* L.) roasting as affected by temperature and time of processing. *Food Chemistry*, 174, 256–262.

- <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.019>
- La Mantia, A., Ianni, F., Schoubben, A., Cespi, M., Lisjak, K., Guarnaccia, D., Sardella, R., & Blasi, P. (2023). Effect of cocoa roasting on chocolate polyphenols evolution. *Antioxidants*, 12(2), 469. <https://doi.org/10.3390/antiox12020469>
- Lavorgna, M., Pacifico, S., Nugnes, R., Russo, C., Orlo, E., Piccolella, S., & Isidori, M. (2021). Theobroma cacao criollo var. beans: Biological properties and chemical profile. *Foods*, 10(3), 531. <https://doi.org/10.3390/foods10030571>
- Ling Chu, H., & Chun Lin, Y. (2020). Antioxidant, antityrosinase activity and physicochemical properties of manufactured chocolates in Taiwan affected by roasting treatments. *Journal of Food and Nutrition Research*, 8(8), 424–430. <https://doi.org/10.12691/jfnr-8-8-6>
- McClure, A. P., Hopfer, H., & Grün, I. U. (2022). Optimizing consumer acceptability of 100% chocolate through roasting treatments and effects on bitterness and other important sensory characteristics. *Current Research in Food Science*, 5, 167–174. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.01.005>
- Mine Gultekin-Ozguven, B., Ozelik, B., & Berktaş, I. (2016). Change in stability of procyanidins, antioxidant capacity and in-vitro bioaccessibility during processing of cocoa powder from cocoa beans. *LWT*, 72, 559–565. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.065>
- Muhammad, D. R. A., Praseptianga, D., Van de Walle, D., & Dewettinck, K. (2017). Interaction between natural antioxidants derived from cinnamon and cocoa in binary and complex mixtures. *Food Chemistry*, 231, 356–364. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.128>
- Oracz, J., & Nebesny, E. (2019). Effect of roasting parameters on the physicochemical characteristics of high-molecular-weight Maillard reaction products isolated from cocoa beans of different Theobroma cacao L. groups. *European Food Research and Technology*, 245(1), 111–128. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3144-y>
- Oracz, J., Zyzelewicz, D., & Nebesny, E. (2015). The content of polyphenolic compounds in cocoa beans (Theobroma cacao L.), depending on variety, growing region, and processing operations: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(9), 1176–1192. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.686934>
- Pallawa, N. B. A. (2022). Pengaruh Waktu Penyangraian Terhadap Profil Senyawa Aroma Volatil, Kandungan Asam Amino Dan Gula Pereduksi Pada Biji Kakao Hasil Fermentasi. repository.unhas.ac.id

- <http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/13124/>
- Rocha, I. S., de Santana, L. R. R., Soares, S. E., & Bispo, E. da S. (2017). Effect of the roasting temperature and time of cocoa beans on the sensory characteristics and acceptability of chocolate. *Food Science and Technology*, 37(4), 538–543. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.16416>
- Sari, A. B. T., Fahrurrozi, Marwati, T., Djaafar, T. F., Hatmi, R. U., Purwaningsih, Wanita, Y. P., Lisdiyanti, P., Perwitasari, U., Juanssilfero, A. B., & Rahayu, E. S. (2023). Chemical composition and sensory profiles of fermented cocoa beans obtained from various regions of Indonesia. *International Journal of Food Science*, 2023, 5639081. <https://doi.org/10.1155/2023/5639081>
- Urbańska, B., & Kowalska, J. (2019). Comparison of the total polyphenol content and antioxidant activity of chocolate obtained from roasted and unroasted cocoa beans from different regions of the world. *Antioxidants*, 8(8), 283. <https://doi.org/10.3390/antiox8080283>
- Utami, R. R. (2018). Cocoa antioxidant: Effect of fermentation and roasting on antioxidant change. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 13(2), 75–85.
- Wiedemer, A. M., McClure, A. P., Leitner, E., & Hopfer, H. (2023). Roasting and cacao origin affect the formation of volatile organic sulfur compounds in 100% chocolate. *Molecules*, 28(7), 3038. <https://doi.org/10.3390/molecules28073038>
- Yang, C., Wang, R., & Song, H. (2012). The mechanism of peptide bonds cleavage and volatile compounds generated from pentapeptide to heptapeptide via Maillard reaction. *Food Chemistry*, 133(2), 373–382. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.044>
- Zapata Bustamante, S., Tamayo Tenorio, A., & Rojano, B. A. (2015). Efecto del tostado sobre los metabolitos secundarios y la actividad antioxidante de clones de cacao colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(1), 7497–7507. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47836>
- Zyzelewicz, D., Krysiak, W., Oracz, J., Sosnowska, D., Budryn, G., & Nebesny, E. (2016). Influence of roasting process conditions on the polyphenol content in cocoa beans, nibs and chocolates. *Food Research International*, 89, 918–929. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.026>