

Pengaruh Formulasi Tepung Hotong (*Setaria italica* (L.) Beauv.) dan Kenari (*Canarium indicum* L.) Terhadap Karakteristik Kimia, Fisik, dan Sensori *Flakes*

Jeirel Wattilete^{*1}, Vita Novalia Lawalata², Gilian Tetelepta², Daniel Zadrak Kurniawan Wambrau¹

¹Program Studi Teknologi Pangan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Cenderawasih, Jayapura

²Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura, Ambon

*e-mail: j.wattilete@fmipa.uncen.ac.id¹, gilian.tetelepta@gmail.com², vitalawalata18@gmail.com², wdzadrakkurniawan@gmail.com¹

Received: 23.06.2026	Revised: 02.07.2026	Accepted: 12.07.2026	Available online: 25.07.2026
-------------------------	------------------------	-------------------------	---------------------------------

Abstract: Hotong (*Setaria italica* (L.) Beauv.) and walnut (*Canarium indicum* L.) are indigenous food resources from Eastern Indonesia with considerable potential for the development of nutritious breakfast cereals. This study aimed to evaluate the effects of different proportions of hotong flour and walnut on the chemical, physical, and sensory characteristics of flakes. A Completely Randomized Design (CRD) consisting of six formulations was employed: P0 (100:0), P1 (80:20), P2 (75:25), P3 (70:30), P4 (65:35), and P5 (60:40). The evaluated parameters included chemical composition, physical properties, and sensory attributes. The results demonstrated that the formulation significantly affected ($p < 0.05$) the chemical composition and physical properties of the flakes. Increasing the proportion of walnut decreased moisture and carbohydrate contents, while increasing ash, protein, fat, crude fiber contents, and crispness retention. The sensory evaluation indicated an increasing trend in panelists' preference with increasing walnut proportion. Formulation P5 (60% hotong flour:40% walnut) exhibited the most desirable characteristics and shows promise for the development of nutritious flakes based on indigenous food resources from Eastern Indonesia.

Keywords: Chemical characteristics; Flakes; Hotong; Physical characteristics; Walnut

Abstrak: Hotong (*Setaria italica* (L.) Beauv.) dan kenari (*Canarium indicum* L.) merupakan pangan lokal Indonesia timur yang berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku sereal bergizi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh formulasi tepung hotong dan kenari terhadap karakteristik kimia, fisik, dan sensori *flakes*. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan enam formulasi, yaitu P0 (100:0), P1 (80:20), P2 (75:25), P3 (70:30), P4 (65:35), dan P5 (60:40). Parameter yang diamati meliputi karakteristik kimia, sifat fisik, dan sensori. Hasil menunjukkan bahwa formulasi berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap karakteristik kimia dan sifat fisik *flakes*. Peningkatan proporsi kenari menurunkan kadar air dan karbohidrat, tetapi meningkatkan kadar abu, protein, lemak, serat kasar, daya tahan kerenyahan. Sementara itu, hasil uji sensori menunjukkan kecenderungan peningkatan tingkat kesukaan panelis seiring dengan meningkatnya proporsi kenari dalam formulasi. Formulasi P5 (60% tepung hotong:40% kenari) menghasilkan karakteristik terbaik sehingga berpotensi dikembangkan sebagai *flakes* bergizi berbasis pangan lokal Indonesia timur.

Kata kunci: Flakes; Karakteristik fisik; Karakteristik kimia; Kenari; Tepung hotong

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara megabiodiversitas yang memiliki kekayaan sumber daya hayati sangat tinggi, termasuk berbagai spesies tanaman asli yang berpotensi dikembangkan sebagai sumber pangan. Pemanfaatan keanekaragaman hayati lokal secara berkelanjutan menjadi strategi penting dalam mendukung diversifikasi pangan, memperkuat ketahanan pangan nasional, serta menjaga kelestarian biodiversitas. Di sisi lain, optimalisasi tanaman lokal yang selama ini masih kurang dimanfaatkan membuka peluang untuk menghasilkan produk pangan yang bernilai tambah sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap komoditas pangan pokok tertentu (Borelli *et al.*, 2024). Upaya pemanfaatan bahan pangan lokal yang mengandung berbagai komponen gizi penting, seperti protein, lemak, karbohidrat dan serat pangan, merupakan salah satu strategi dalam mendukung Pembangunan sistem pangan yang berkelanjutan serta peningkatan ketahanan pangan dan gizi masyarakat (Knes, 2023).

Salah satu sereal lokal yang berpotensi untuk dikembangkan adalah hotong (*Setaria italica* (L.) Beauv.). Tanaman ini memiliki nilai gizi yang tinggi serta mampu beradaptasi pada berbagai kondisi agroekologi, sehingga berpotensi sebagai sumber pangan alternatif yang berkelanjutan.

Meskipun pemanfaatannya di Indonesia masih relatif terbatas, hotong memiliki kandungan gizi yang sebanding dengan beberapa sereal utama, seperti padi, jagung, dan gandum. Tepung hotong diketahui mengandung karbohidrat dalam jumlah tinggi, serta merupakan sumber serat pangan dan berbagai mineral esensial, seperti besi, kalsium, dan fosfor (Jacob *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2024). Selain kandungan zat gizinya, hotong juga dilaporkan mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan berpotensi memberikan manfaat bagi kesehatan metabolik, sehingga berpeluang dikembangkan sebagai bahan baku pangan fungsional (Jacob *et al.*, 2024). Meskipun memiliki potensi yang besar, pemanfaatan hotong sebagai bahan baku produk pangan olahan, khususnya produk sereal siap santap, masih relatif terbatas di Indonesia sehingga pengembangan produk berbasis hotong masih memerlukan kajian lebih lanjut.

Kenari (*Canarium indicum* L.) merupakan tanaman endemik yang banyak ditemukan di kawasan Indonesia Timur, khususnya Papua dan Maluku. Biji kenari diketahui kaya akan asam lemak tidak jenuh, protein, senyawa fenolik, dan tokoferol yang berperan sebagai antioksidan dan memiliki aktivitas antiinflamasi (Mailoa *et al.*, 2019). Selain itu, kandungan asam linolenat, asam linoleat, dan asam oleat pada kenari memberikan berbagai manfaat fisiologis bagi kesehatan (Mailoa *et al.*, 2019). Kandungan protein, asam lemak tidak jenuh, serta senyawa bioaktif pada kenari menunjukkan potensinya sebagai bahan pangan lokal yang dapat mempengaruhi komposisi kimia produk pangan. Pengembangan produk olahan berbasis kenari juga diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomi komoditas lokal sekaligus mendukung pemanfaatan sumber daya hayati secara berkelanjutan di wilayah Indonesia Timur.

Salah satu produk pangan yang berpotensi dikembangkan melalui pemanfaatan hotong dan kenari adalah *flakes*, yaitu produk sereal siap santap (*ready-to-eat breakfast cereal*) yang umumnya dikonsumsi bersama susu maupun sebagai makanan ringan (Priebe & McMonagle, 2016). Seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap pangan praktis dan bergizi, pengembangan *flakes* berbasis bahan baku lokal menjadi alternatif yang menjanjikan untuk meningkatkan nilai tambah komoditas pangan Indonesia. Hotong berpotensi berperan sebagai sumber karbohidrat, sedangkan kenari dapat meningkatkan kandungan protein, lemak tidak jenuh, serta senyawa bioaktif pada produk. Kombinasi kedua bahan tersebut diharapkan mampu menghasilkan *flakes* dengan karakteristik fisikokimia dan mutu gizi yang lebih baik. Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan karakteristik kimia maupun pemanfaatan hotong dan kenari secara terpisah pada berbagai produk pangan, informasi mengenai penggunaan kombinasi kedua bahan tersebut dalam formulasi *flakes* masih sangat terbatas. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengevaluasi secara komprehensif pengaruh variasi proporsi tepung hotong dan kenari terhadap karakteristik kimia, sifat fisik, dan sensori *flakes*. Keterbatasan informasi tersebut menunjukkan perlunya penelitian untuk memperoleh formulasi *flakes* berbasis pangan lokal dengan karakteristik produk yang baik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh berbagai proporsi tepung hotong dan kenari terhadap karakteristik kimia, fisik, dan sensori *flakes*, serta menentukan formulasi terbaik sebagai dasar pengembangan produk *flakes* berbasis sumber daya hayati lokal Indonesia Timur.

2. METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tepung hotong (*Setaria italica* (L.) Beauv.) yang berasal dari Kabupaten Buru, Provinsi Maluku, serta biji kenari (*Canarium indicum* L.) kering yang diperoleh dari Kabupaten Maluku Tengah, Indonesia. Bahan tambahan yang digunakan terdiri atas gula, garam, dan air. Bahan kimia untuk analisis meliputi asam sulfat (H_2SO_4), natrium hidroksida (NaOH), asam klorida (HCl), kalium sulfat (K_2SO_4), merkuri(II) oksida (HgO), asam borat (H_3BO_3), kalium iodida (KI), natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), natrium bikarbonat (NaHCO_3), dan akuades.

Rancangan Penelitian

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan enam taraf perlakuan formulasi tepung hotong dan kenari, yaitu P0 (100:0), P1 (80:20), P2 (75:25), P3 (70:30), P4

(65:35), dan P5 (60:40). Setiap perlakuan dilakukan dalam tiga ulangan, sehingga jumlah keseluruhan satuan percobaan adalah 18.

Pembuatan Tepung Hotong

Tepung hotong dibuat mengacu pada metode Wattilete *et al.* (2025). Biji hotong terlebih dahulu direndam selama 24 jam, kemudian dikeringkan menggunakan cabinet dryer selama 8 jam. Biji yang telah kering selanjutnya digiling hingga menjadi tepung menggunakan mesin penghancur (crusher), kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 60 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam.

Persiapan Kenari

Persiapan kenari dilakukan berdasarkan metode Makanoneng *et al.* (2017). Biji kenari kering direndam dalam air bersuhu 80°C selama 7 menit untuk mempermudah proses pengelupasan kulit ari. Setelah kulit ari dipisahkan, biji kenari disortasi, dicacah menjadi ukuran yang lebih kecil, kemudian disangrai pada suhu 150°C selama 15 menit.

Pembuatan Flakes

Pembuatan *flakes* mengacu pada metode Lawalata *et al.* (2019) dengan beberapa modifikasi. Tepung hotong dan kenari dicampurkan sesuai dengan formulasi masing-masing perlakuan. Selanjutnya ditambahkan gula sebanyak 15 g, garam 2 g, dan air sebanyak 75 mL, kemudian seluruh bahan diaduk hingga terbentuk adonan yang homogen. Adonan dikukus pada suhu 100°C selama 15 menit, kemudian dipipihkan dan dipotong dengan ukuran sekitar 1 × 1 cm serta ketebalan ±1 mm. Potongan adonan selanjutnya dipanggang pada suhu 160°C selama 25 menit hingga diperoleh produk *flakes*.

Analisis Karakteristik Kimia dan Fisik

Karakteristik kimia yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar serat kasar, dan kadar karbohidrat. Penetapan kadar air dilakukan menggunakan metode oven (AOAC, 2005), kadar abu dengan metode pengabuan (AOAC, 2005), kadar protein menggunakan metode Kjeldahl (AOAC, 2005), kadar lemak menggunakan metode ekstraksi Soxhlet (AOAC, 2005), sedangkan kadar serat kasar dianalisis berdasarkan metode AOAC (2005). Kadar karbohidrat dihitung menggunakan metode *by difference* yaitu dengan mengurangi jumlah kadar air, abu, protein, lemak, dan serat kasar dari 100% (Greenfield & Southgate, 2003), rumus perhitungan karbohidrat *by difference* sebagai berikut:

$$\text{Karbohidrat (\%)} = 100 - [\text{Air (\%)} + \text{Abu (\%)} + \text{Protein (\%)} + \text{Lemak (\%)}]$$

Karakteristik fisik yang diamati meliputi daya tahan kerenyahan (*crispness retention*) dalam susu dan daya serap air. Pengujian daya tahan kerenyahan dilakukan dengan merendam 1,5 g *flakes* dalam 70 mL susu pada suhu 29°C, kemudian mencatat waktu yang dibutuhkan hingga *flakes* kehilangan tekstur renyahnya. Daya serap air ditentukan berdasarkan selisih bobot sampel sebelum dan sesudah perendaman dalam 100 mL air selama 5 menit, daya serap air produk *flakes* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100$$

Uji Sensori

Pengujian sensori dilakukan menggunakan uji hedonik dengan melibatkan 30 panelis tidak terlatih. Setiap panelis mengevaluasi seluruh formulasi flakes berdasarkan atribut warna, aroma, rasa, kerenyahan, dan penerimaan keseluruhan (overall acceptability). Masing-masing formulasi disajikan kepada panelis menggunakan kode sampel untuk menghindari bias penilaian. Penilaian dilakukan menggunakan skala hedonik empat tingkat, yaitu 1 = tidak suka, 2 = agak suka, 3 = suka, dan 4 = sangat suka. Data hasil uji sensori disajikan secara deskriptif dalam bentuk nilai rerata tingkat kesukaan panelis untuk setiap atribut yang diamati tanpa dilakukan analisis statistik inferensial. Seluruh panelis berpartisipasi secara sukarela setelah memperoleh penjelasan mengenai tujuan

penelitian dan prosedur pengujian. Seluruh sampel yang diuji aman untuk dikonsumsi, serta kerahasiaan identitas panelis dijaga selama penelitian berlangsung.

Analisis Data

Data hasil analisis kimia dan fisik dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan bantuan perangkat lunak Minitab versi 18. Apabila hasil analisis menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$), maka dilakukan uji lanjut Tukey pada taraf kepercayaan 95%. Data hasil uji sensori disajikan dalam bentuk nilai rerata tingkat kesukaan panelis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kimia

Kadar Air

Formulasi tepung hotong (*Setaria italica* (L.) Beauv.) dan kenari (*Canarium indicum* L.) berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar air *flakes*. Kadar air berkisar antara 3,34–5,75%, dengan nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan P0 dan terendah pada perlakuan P5 (Tabel 1). Berdasarkan uji lanjut Tukey, perlakuan P0 berbeda nyata dengan P5, sedangkan perbedaan antarperlakuan lainnya tidak signifikan.

Penurunan kadar air yang terjadi seiring dengan meningkatnya proporsi kenari mencerminkan adanya perubahan kemampuan matriks bahan dalam mengikat air selama proses pengolahan. Tepung hotong yang kaya pati memiliki kapasitas penyerapan air lebih tinggi karena gugus hidroksil pada molekul pati mampu membentuk ikatan hidrogen dengan air selama proses pencampuran dan pemanasan. Sebaliknya, peningkatan proporsi kenari yang memiliki kandungan lemak lebih tinggi cenderung menurunkan kemampuan sistem dalam menyerap dan mempertahankan air, sehingga menghasilkan *flakes* dengan kadar air yang lebih rendah (Zhang *et al.*, 2024)

Kecenderungan tersebut konsisten dengan laporan Lawalata *et al.* (2019) dan Oppier (2019), yang menyatakan bahwa peningkatan proporsi kenari pada produk berbasis sereal berkontribusi terhadap penurunan kadar air. Dari aspek mutu, kadar air yang rendah merupakan karakteristik yang diharapkan karena berkaitan dengan stabilitas penyimpanan. Produk dengan kadar air rendah umumnya memiliki aktivitas air yang lebih kecil sehingga lebih tahan terhadap pertumbuhan mikroorganisme, memperlambat perubahan fisik maupun kimia, serta berpotensi memperpanjang umur simpan (Peleg, 2023). Kondisi ini juga mendukung terbentuknya tekstur yang lebih renyah, mengingat peningkatan kadar air dapat mempercepat pelunakan produk akibat penyerapan air oleh matriks pangan berbasis sereal (Lignicka & Galoburda, 2022).

Kadar Abu

Perbedaan formulasi tepung hotong dan kenari menghasilkan kadar abu *flakes* yang bervariasi, yaitu antara 2,16% hingga 2,62% (Tabel 1). Perlakuan P5 menghasilkan kadar abu tertinggi, sedangkan perlakuan P0 menunjukkan nilai terendah. Berdasarkan uji lanjut Tukey, kadar abu pada P5 berbeda nyata dengan P0, sementara perbedaan pada perlakuan lainnya tidak signifikan.

Kadar abu mencerminkan jumlah mineral yang tertinggal setelah proses pengabuan, sehingga sering digunakan sebagai indikator kandungan mineral total dalam suatu bahan pangan (Czaja *et al.*, 2020). Meningkatnya kadar abu pada penelitian ini berkaitan dengan tingginya kandungan mineral yang terdapat pada kenari dibandingkan tepung hotong. Tepung hotong dilaporkan memiliki kadar abu sebesar 0,25% (Breemer *et al.*, 2020), sedangkan kenari mengandung kadar abu sekitar 2,82% (Lawalata *et al.*, 2004). Perbedaan komposisi tersebut menyebabkan peningkatan proporsi kenari secara langsung meningkatkan kandungan mineral dalam formulasi *flakes*.

Peningkatan kadar abu menunjukkan bahwa penambahan kenari tidak hanya mengubah komposisi kimia produk, tetapi juga memperkaya kandungan mineralnya. Karakteristik ini menjadi salah satu nilai tambah dalam pengembangan *flakes* berbasis tepung hotong karena menghasilkan

produk dengan kandungan mineral yang lebih tinggi sekaligus mendukung pemanfaatan komoditas pangan lokal Indonesia Timur.

Kadar Protein

Kadar protein *flakes* mengalami peningkatan seiring bertambahnya proporsi kenari dalam formulasi, dari 7,19% pada perlakuan P0 menjadi 8,01% pada perlakuan P5. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa formulasi tepung hotong dan kenari memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kandungan protein produk (Tabel 1).

Perubahan kadar protein terutama dipengaruhi oleh komposisi bahan baku yang digunakan. Kenari mengandung protein sebesar 13,06–14,89% (Lawalata *et al.*, 2004; Thomson & Evans, 2004), sedangkan hotong juga dikenal sebagai sereal dengan kandungan protein yang relatif tinggi dibandingkan beberapa sereal utama (Hou *et al.*, 2022; Jacob *et al.*, 2024). Oleh karena itu, peningkatan proporsi kenari dalam formulasi memberikan kontribusi terhadap meningkatnya kadar protein *flakes*.

Pola peningkatan tersebut selaras dengan berbagai penelitian pada produk pangan berbasis sereal yang menunjukkan bahwa penggunaan bahan baku nabati berkadar protein tinggi mampu memperkaya kandungan protein produk akhir. Dari perspektif gizi, peningkatan kadar protein menjadi salah satu indikator keberhasilan formulasi karena protein berperan penting dalam mendukung fungsi pertumbuhan, perbaikan jaringan, dan berbagai proses metabolisme tubuh.

Dengan meningkatnya kandungan protein, kombinasi tepung hotong dan kenari menawarkan alternatif formulasi *flakes* yang tidak hanya memanfaatkan bahan pangan lokal, tetapi juga menghasilkan produk dengan kandungan protein yang lebih tinggi. Pendekatan ini sekaligus memperkuat potensi pengembangan pangan berbasis sumber daya hayati Indonesia Timur yang bernilai tambah dan berkelanjutan.

Kadar Lemak

Substitusi tepung hotong dengan kenari menyebabkan peningkatan kadar lemak *flakes* secara nyata ($p < 0,05$). Kandungan lemak meningkat dari 4,09% pada perlakuan P0 menjadi 16,54% pada perlakuan P5, menunjukkan bahwa semakin besar proporsi kenari yang digunakan, semakin tinggi kadar lemak produk yang dihasilkan (Tabel 1).

Peningkatan tersebut berkaitan erat dengan perbedaan komposisi kimia kedua bahan baku. Kenari dikenal sebagai salah satu kacang-kacangan dengan kandungan lemak yang tinggi, yang didominasi oleh asam lemak tidak jenuh dan berkontribusi terhadap peningkatan kandungan lemak produk pangan (Mailoa *et al.*, 2019). Karakteristik lemak pada kenari tidak hanya berpengaruh terhadap nilai energi, tetapi juga terhadap kualitas gizi produk. Kenari merupakan sumber asam lemak tidak jenuh, terutama asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat, yang diketahui memiliki manfaat fisiologis serta berperan dalam menunjang kesehatan (Mailoa *et al.*, 2019). Oleh sebab itu, peningkatan kadar lemak pada penelitian ini lebih mencerminkan bertambahnya komponen lemak esensial daripada sekadar peningkatan kandungan energi.

Keunggulan tersebut menunjukkan bahwa kenari berpotensi dimanfaatkan dalam pengembangan flakes berbasis tepung hotong. Penambahan kenari meningkatkan kadar lemak produk dan memengaruhi komposisi kimia flakes, sehingga mendukung pemanfaatan kenari sebagai bahan baku lokal dalam pengembangan produk pangan.

Tabel 1. Hasil Uji Kimia *Flakes* Formulasi Tepung Hotong dan Kenari

Parameter	P0	P1	P2	P3	P4	P5
Kadar Air	5.75 ± 1.25 a	5.19 ± 0.07 ab	4.48 ± 0.16 ab	4.27 ± 0.14 ab	3.76 ± 0.12 ab	3.34 ± 0.01 b
Kadar Abu	2.16 ± 0.05 a	2.50 ± 0.02 a	2.52 ± 0.03 a	2.47 ± 0.03 a	2.60 ± 0.02 a	2.62 ± 0.07 b
Kadar Protein	7.19 ± 0.15 b	7.46 ± 0.01 ab	7.56 ± 0.07 ab	7.60 ± 0.11 ab	7.83 ± 0.12 ab	8.01 ± 0.32 a

Kadar Lemak	4.09 ± 0.19 a	11.77 ± 0.17 b	12.01 ± 0.07 c	12.31 ± 0.38 c	14.98 ± 0.19 c	16.54 ± 0.33 d
Kadar Karbohidrat	80.81 ± 1.66 a	73.66 ± 0.17 b	73.24 ± 0.58 b	72.99 ± 0.17 b	70.82 ± 0.09 bc	69.49 ± 0.72 c
Kadar Serat Kasar	4.77 ± 0.20 d	5.72 ± 0.08 c	5.72 ± 0.04 c	6.20 ± 0.04 bc	6.59 ± 0.17 b	7.44 ± 0.09 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda sangat nyata pada taraf kepercayaan 95%.

Kadar Karbohidrat

Kandungan karbohidrat *flakes* dipengaruhi secara nyata ($p < 0,05$) oleh perbedaan formulasi tepung hotong dan kenari. Nilai karbohidrat berada pada kisaran 69,49–80,81%, dengan perlakuan P0 menghasilkan kadar tertinggi, sedangkan perlakuan P5 menghasilkan kadar terendah (Tabel 1). Berdasarkan uji lanjut Tukey, perlakuan P0 berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya.

Penurunan kadar karbohidrat terutama berkaitan dengan meningkatnya proporsi kenari yang menggantikan tepung hotong dalam formulasi. Tepung hotong merupakan sereal dengan kandungan karbohidrat yang tinggi, sehingga berperan sebagai sumber energi utama dalam berbagai produk pangan (Jacob *et al.*, 2024).

Interpretasi terhadap hasil ini juga perlu mempertimbangkan metode penetapan karbohidrat yang dilakukan secara *by difference*. Dengan metode tersebut, kadar karbohidrat dihitung berdasarkan selisih dari total komponen proksimat, sehingga peningkatan kadar protein, lemak, abu, maupun air akan menurunkan persentase karbohidrat yang diperoleh. Oleh karena itu, perubahan kadar karbohidrat pada penelitian ini merupakan konsekuensi dari perubahan komposisi zat gizi secara keseluruhan, bukan semata-mata akibat berkurangnya kandungan karbohidrat bahan baku.

Walaupun kandungan karbohidrat menurun, seluruh formulasi masih memiliki kadar karbohidrat yang relatif tinggi sehingga tetap berpotensi sebagai sumber energi. Di sisi lain, peningkatan proporsi kenari meningkatkan kadar protein, lemak, dan serat kasar, sehingga menghasilkan perubahan komposisi proksimat *flakes* yang dapat menjadi pertimbangan dalam pengembangan produk berbasis pangan lokal.

Kadar Serat Kasar

Kandungan serat kasar *flakes* meningkat secara nyata ($p < 0,05$) seiring dengan bertambahnya proporsi kenari dalam formulasi. Perlakuan P5 menghasilkan kadar serat kasar tertinggi sebesar 7,44%, sedangkan perlakuan P0 menunjukkan nilai terendah sebesar 4,77% (Tabel 1). Hasil tersebut menunjukkan bahwa komposisi tepung hotong dan kenari berperan dalam menentukan kandungan serat pada produk akhir.

Kontribusi kenari terhadap peningkatan kadar serat berkaitan dengan kandungan serat kasarnya yang lebih tinggi dibandingkan tepung hotong. Menurut Thomson dan Evans (2004), kenari mengandung serat kasar sekitar 10,6%, sehingga peningkatan proporsinya dalam formulasi secara langsung meningkatkan kandungan serat *flakes*. Pola serupa juga telah dilaporkan pada berbagai produk berbasis sereal, di mana penggunaan bahan baku nabati kaya serat mampu meningkatkan kadar serat produk secara signifikan.

Dari perspektif gizi, peningkatan kandungan serat memberikan nilai tambah karena serat pangan berperan dalam menjaga kesehatan saluran pencernaan, membantu mengatur penyerapan zat gizi, serta mendukung fungsi metabolisme tubuh (Jacob *et al.*, 2024). Dengan demikian, perubahan komposisi formulasi tidak hanya memengaruhi karakteristik kimia *flakes*, tetapi juga meningkatkan potensi manfaat fisiologis yang dapat diberikan oleh produk.

Peningkatan kadar serat yang diperoleh menunjukkan bahwa kombinasi tepung hotong dan kenari layak dipertimbangkan sebagai alternatif formulasi *flakes* berbasis pangan lokal dengan kandungan serat kasar yang lebih tinggi. Penggunaan kedua bahan tersebut sekaligus mendukung pengembangan pangan fungsional berbasis sumber daya hayati Indonesia Timur dan memperkuat upaya diversifikasi pangan melalui pemanfaatan komoditas lokal.

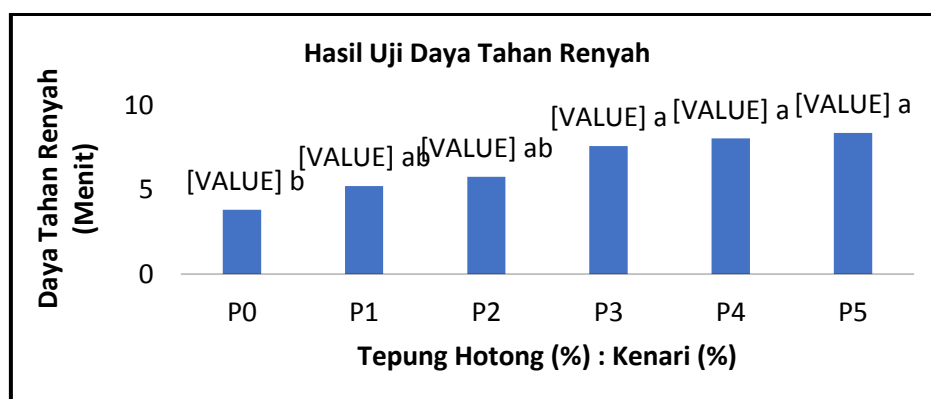
Uji Fisik

Daya Tahan Renyah

Kemampuan *flakes* dalam mempertahankan tekstur renyah selama perendaman dipengaruhi secara sangat nyata ($p < 0,01$) oleh formulasi tepung hotong (*Setaria italica* (L.) Beauv.) dan kenari (*Canarium indicum* L.). Nilai *crispness* retention tertinggi dicapai pada perlakuan P5, yaitu 501 detik atau sekitar 8,35 menit (Gambar 1), yang menunjukkan bahwa peningkatan proporsi kenari mampu memperlambat proses pelunakan selama perendaman dalam susu.

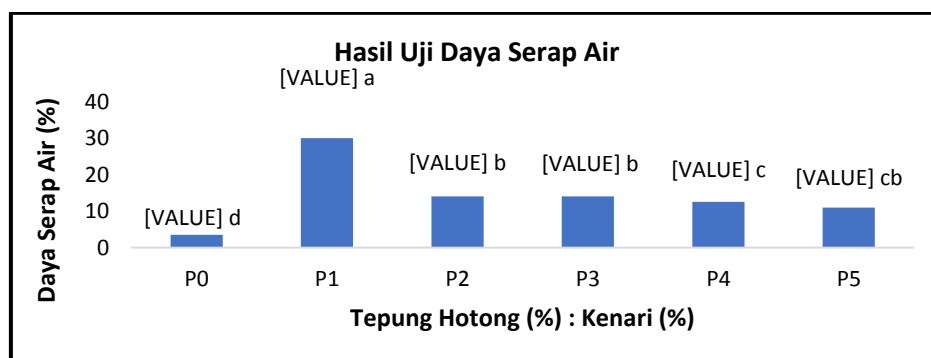
Daya tahan kerenyahan merupakan salah satu parameter yang mencerminkan kemampuan produk sereal mempertahankan integritas strukturnya ketika kontak dengan cairan. Pada penelitian ini, meningkatnya proporsi kenari diikuti oleh penurunan kadar air *flakes*, sehingga struktur produk menjadi lebih padat dan lebih tahan terhadap penetrasi air selama proses perendaman. Sebaliknya, formulasi dengan proporsi tepung hotong yang lebih tinggi cenderung memiliki kadar air lebih besar, sehingga teksturnya lebih cepat melunak dan kehilangan kerenyahan.

Karakteristik tersebut sesuai dengan pendapat Lignicka & Galoburda, (2022) yang menyatakan bahwa kemampuan mempertahankan kerenyahan selama perendaman merupakan salah satu atribut fisik utama pada produk *flakes* karena berhubungan langsung dengan kualitas tekstur dan tingkat penerimaan konsumen. Oleh sebab itu, tingginya nilai *crispness* retention pada perlakuan P5 mengindikasikan bahwa formulasi dengan proporsi kenari lebih tinggi mampu menghasilkan *flakes* dengan karakteristik fisik yang lebih baik.



Gambar 1. Hasil Daya Tahan Renyah *Flakes* Formulasi Tepung Hotong dan Kenari

(Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda sangat nyata pada taraf kepercayaan 95%)



Gambar 2. Hasil Daya Serap Air *Flakes* Formulasi Tepung Hotong dan Kenari

(Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda sangat nyata pada taraf kepercayaan 95%)

Daya Serap Air

Kemampuan rehidrasi *flakes* dipengaruhi secara nyata ($p < 0,05$) oleh perbedaan formulasi tepung hotong dan kenari. Perlakuan P1 menunjukkan daya serap air tertinggi sebesar 30%,

sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan P0, yaitu 3,5% (Gambar 2). Hasil uji lanjut Tukey memperlihatkan bahwa perlakuan P1 berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya.

Variasi daya serap air mencerminkan perbedaan karakteristik penyusun setiap formulasi. Interaksi antara pati, protein, dan komponen penyusun lainnya menentukan kemampuan *flakes* dalam mengikat air selama proses rehidrasi. Semakin besar kemampuan produk menyerap air, semakin cepat air berdifusi ke dalam matriks pangan sehingga tekstur *flakes* lebih mudah melunak. Penyerapan air merupakan salah satu sifat fisik penting pada *flakes* karena berkaitan dengan karakteristik tekstur produk. Perbedaan kemampuan menyerap air menunjukkan adanya perbedaan struktur matriks *flakes* yang dapat memengaruhi kualitas produk selama penyajian (Husna *et al.*, 2020).

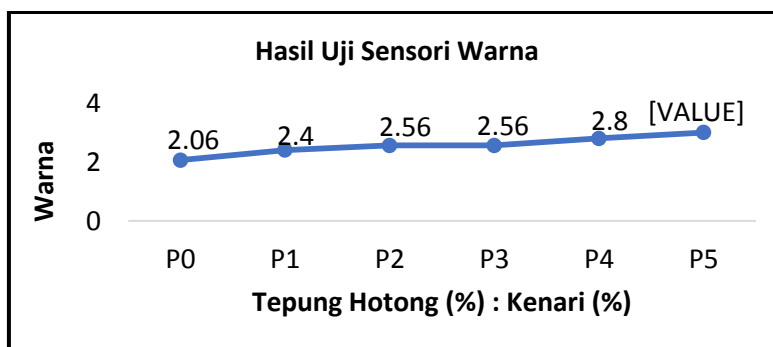
Dalam produk sereal siap santap, daya serap air perlu berada pada tingkat yang seimbang. Kapasitas rehidrasi yang terlalu tinggi dapat mempercepat hilangnya tekstur renyah, sedangkan daya serap air yang terlalu rendah menyebabkan proses rehidrasi berlangsung kurang optimal. Oleh karena itu, keseimbangan antara kemampuan menyerap air dan mempertahankan struktur produk menjadi faktor penting dalam menghasilkan *flakes* dengan karakteristik tekstur yang baik dan tingkat penerimaan konsumen yang lebih tinggi.

Uji Sensori

Warna

Penerimaan panelis terhadap atribut warna *flakes* berada pada kisaran 2,06–3,00 atau termasuk dalam kategori agak suka hingga suka (Gambar 3). Kisaran nilai tersebut menunjukkan bahwa seluruh formulasi masih dapat diterima oleh panelis, meskipun perubahan komposisi tepung hotong dan kenari menghasilkan intensitas warna yang berbeda.

Perubahan warna terutama dipengaruhi oleh meningkatnya proporsi kenari dalam formulasi. Kandungan protein kenari yang lebih tinggi menyediakan lebih banyak gugus amino bebas untuk bereaksi dengan gula pereduksi selama proses pemanggangan. Reaksi tersebut menghasilkan senyawa melanoidin yang berperan dalam pembentukan warna coklat khas pada produk pangan melalui mekanisme pencokelatan non-enzimatis (*Maillard reaction*) (Kathuria *et al.*, 2023; El Hosry *et al.*, 2025). Semakin tinggi proporsi kenari yang digunakan, semakin besar pula intensitas warna coklat yang terbentuk.

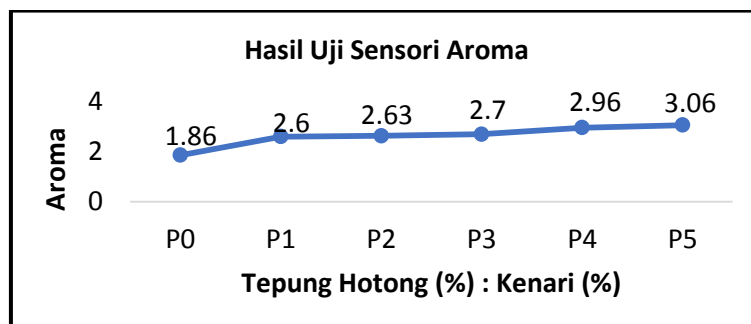


Gambar 3. Hasil Penerimaan Warna *Flakes* Formulasi Tepung Hotong dan Kenari

Respons panelis menunjukkan bahwa perubahan warna tersebut tidak menurunkan tingkat penerimaan produk. Kondisi ini selaras dengan temuan Starowicz dan Zieliński (2019), yang menyatakan bahwa warna coklat hasil reaksi Maillard merupakan karakteristik sensori yang umum dijumpai pada produk pangan hasil pemanggangan dan dapat meningkatkan daya tarik visual apabila terbentuk pada tingkat yang sesuai. Dengan demikian, pencokelatan yang terjadi pada *flakes* dalam penelitian ini masih berada pada kisaran yang dapat diterima oleh panelis.

Aroma

Tingkat kesukaan panelis terhadap aroma *flakes* berada pada kisaran 1,86–3,06, yang termasuk dalam kategori mendekati agak suka hingga suka (Gambar 4). Nilai hedonik tersebut memperlihatkan adanya kecenderungan peningkatan penerimaan aroma seiring bertambahnya proporsi kenari dalam formulasi.



Gambar 4. Hasil Penerimaan Aroma *Flakes* Formulasi Tepung Hotong dan Kenari

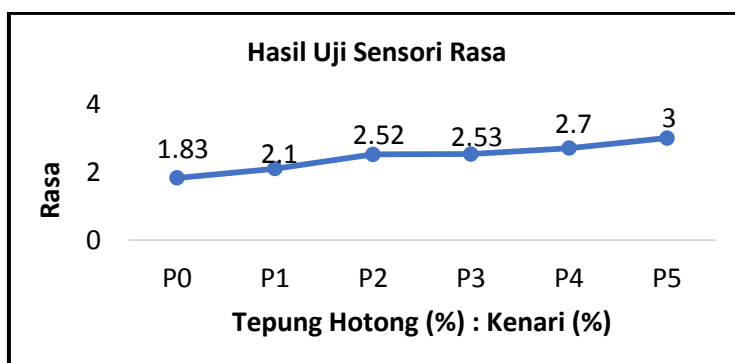
Karakteristik aroma yang terbentuk merupakan hasil interaksi antara aroma alami kenari dan senyawa volatil yang dihasilkan selama proses pemanggangan. Kenari memiliki aroma khas yang menjadi lebih nyata setelah mengalami pemanasan, sehingga mampu memberikan karakteristik aroma yang lebih menarik. Selama proses tersebut, reaksi Maillard juga berkontribusi terhadap pembentukan berbagai senyawa volatil yang berperan penting dalam menghasilkan aroma khas pada produk pangan hasil pemanasan (Kathuria *et al.*, 2023; El Hosry *et al.*, 2025).

Meningkatnya tingkat kesukaan panelis menunjukkan bahwa penambahan kenari mampu memperkaya profil aroma *flakes* tanpa menurunkan penerimaan sensorisnya. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi aroma alami kenari dan senyawa volatil hasil pemanggangan menghasilkan karakter aroma yang sesuai dengan preferensi panelis.

Rasa

Penerimaan panelis terhadap atribut rasa *flakes* berada pada kisaran 1,83–3,00, yang termasuk dalam kategori mendekati agak suka hingga mendekati suka. Kisaran nilai tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan proporsi kenari cenderung memberikan respons yang lebih positif terhadap cita rasa produk.

Karakter rasa yang terbentuk berkaitan dengan komposisi kimia kenari, terutama kandungan protein dan lemak yang relatif tinggi. Selama proses pemanggangan, protein dan lemak berkontribusi terhadap pembentukan berbagai senyawa penyusun cita rasa melalui reaksi termal sehingga menghasilkan karakter gurih yang lebih dominan (Kathuria *et al.*, 2023; Starowicz & Zieliński, 2019).

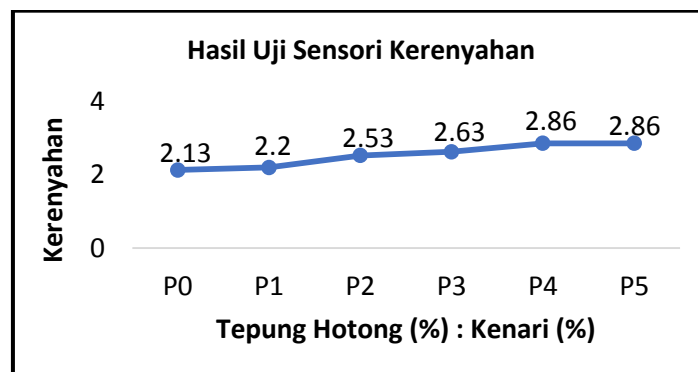


Gambar 5. Hasil Penerimaan Rasa *Flakes* Formulasi Tepung Hotong dan Kenari

Respons panelis menunjukkan bahwa karakter rasa yang dihasilkan masih berada pada tingkat yang dapat diterima. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan kenari tidak hanya memperkaya komposisi gizi *flakes*, tetapi juga memberikan kontribusi positif terhadap kualitas sensori melalui pembentukan cita rasa yang lebih gurih dan lebih disukai.

Kerenyahan

Panelis memberikan penilaian terhadap atribut kerenyahan *flakes* pada kisaran 2,13–2,86, yang termasuk dalam kategori agak suka hingga mendekati suka (Gambar 6). Kecenderungan peningkatan nilai hedonik pada formulasi dengan proporsi kenari yang lebih tinggi menunjukkan bahwa perubahan komposisi bahan memberikan pengaruh positif terhadap persepsi tekstur produk.



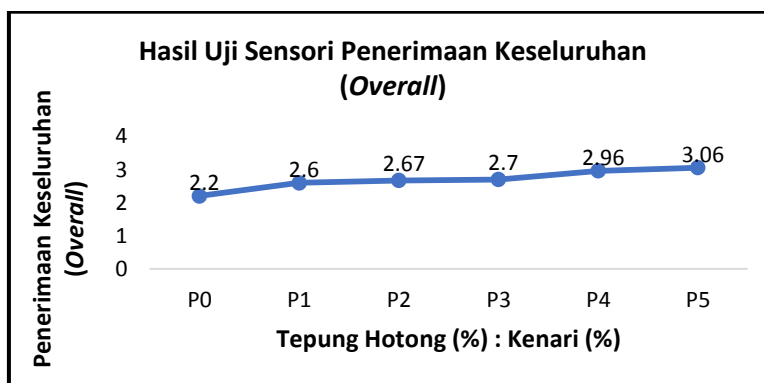
Gambar 6. Hasil Penerimaan Kerenyahan *Flakes* Formulasi Tepung Hotong dan Kenari

Hasil penilaian sensoris tersebut sejalan dengan karakteristik fisik *flakes* yang memiliki daya tahan kerenyahan lebih baik pada formulasi dengan penambahan kenari. Rendahnya kadar air pada perlakuan dengan proporsi kenari yang lebih tinggi membantu mempertahankan struktur produk sehingga tekstur renyah dapat bertahan lebih lama selama proses perendaman. Karakteristik tersebut juga dilaporkan oleh Husna *et al.* (2020), yang menunjukkan bahwa komposisi bahan baku berpengaruh terhadap kadar air dan sifat tekstur *flakes*. Selain itu, kandungan protein dan lemak pada kenari turut memengaruhi pembentukan struktur selama proses pemanggangan. Pemanasan menyebabkan protein mengalami denaturasi dan agregasi sehingga membentuk jaringan yang lebih stabil, yang selanjutnya berkontribusi terhadap pembentukan tekstur produk. Sementara itu, lemak berperan dalam memengaruhi struktur internal melalui proses pelumasan matriks, inkorporasi udara, dan perkembangan pori selama pemanggangan sehingga menghasilkan tekstur produk yang lebih kompak dan renyah (Liu *et al.*, 2022; Gao *et al.*, 2025).

Tekstur renyah merupakan salah satu atribut utama yang menentukan kualitas sensori sereal siap santap karena berhubungan langsung dengan kenyamanan saat dikonsumsi. Peningkatan tingkat kesukaan panelis pada penelitian ini mengindikasikan bahwa penambahan kenari mampu memperbaiki karakteristik tekstur tanpa mengurangi penerimaan konsumen. Temuan ini memperlihatkan potensi kenari sebagai bahan baku lokal yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan *flakes* berbasis tepung hotong dengan mutu sensori yang lebih baik.

Penerimaan Keseluruhan (Overall)

Penilaian panelis terhadap penerimaan keseluruhan (*overall*) *flakes* berada pada kisaran 2,20–3,06 atau termasuk dalam kategori agak suka hingga suka (Gambar 7). Kecenderungan peningkatan skor pada formulasi dengan proporsi kenari yang lebih tinggi menunjukkan bahwa keberadaan kenari memberikan kontribusi positif terhadap tingkat kesukaan panelis terhadap produk secara keseluruhan.



Gambar 7. Hasil Penerimaan *Overall Acceptability Flakes* Formulasi Tepung Hotong dan Kenari

Nilai penerimaan keseluruhan merupakan refleksi dari interaksi berbagai atribut sensori yang dinilai secara bersamaan, meliputi warna, aroma, rasa, dan kerenyahan. Pada penelitian ini, penambahan kenari menghasilkan warna yang lebih menarik, aroma hasil pemanggangan yang lebih khas, cita rasa yang lebih gurih, serta tekstur yang lebih renyah. Kombinasi karakteristik tersebut membentuk pengalaman sensori yang lebih baik sehingga meningkatkan preferensi panelis terhadap *flakes* yang dihasilkan.

Sebaliknya, formulasi dengan proporsi tepung hotong yang lebih dominan memperoleh skor lebih rendah karena karakteristik sensorinya belum seoptimal formulasi dengan penambahan kenari. Warna yang kurang intens, aroma yang lebih lemah, cita rasa yang kurang gurih, serta tekstur yang relatif kurang renyah menjadi faktor yang memengaruhi penilaian panelis terhadap produk.

Tingginya tingkat penerimaan pada formulasi dengan proporsi kenari yang lebih besar memperlihatkan bahwa penggunaan kenari tidak hanya meningkatkan karakteristik kimia dan fisik, tetapi juga mampu memperbaiki mutu sensori secara menyeluruh. Hasil ini memperkuat potensi kenari sebagai bahan baku lokal dalam pengembangan *flakes* berbasis tepung hotong yang memiliki nilai tambah, daya saing, dan peluang penerimaan konsumen yang lebih baik.

4. KESIMPULAN

Penambahan kenari (*Canarium indicum* L.) pada formulasi *flakes* berbasis tepung hotong (*Setaria italica* (L.) Beauv.) memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik kimia, fisik, dan sensori produk. Peningkatan proporsi kenari meningkatkan kadar abu, protein, lemak, dan serat kasar, namun menurunkan kadar air serta kadar karbohidrat *flakes*. Dari aspek fisik, penambahan kenari mampu meningkatkan daya tahan kerenyahan selama perendaman, sedangkan daya serap air dipengaruhi oleh perbedaan komposisi bahan penyusun formulasi.

Pada pengujian sensori, seluruh formulasi masih dapat diterima oleh panelis dengan tingkat kesukaan berkisar pada kategori agak suka hingga suka. Peningkatan proporsi kenari memberikan pengaruh positif terhadap warna, aroma, rasa, kerenyahan, dan penerimaan keseluruhan, sehingga menghasilkan karakteristik sensori yang lebih baik.

Berdasarkan seluruh parameter yang diamati, formulasi P5 merupakan perlakuan terbaik karena menghasilkan karakteristik kimia, fisik, dan sensori yang paling baik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi tepung hotong dan kenari berpotensi dikembangkan sebagai produk *flakes* berbasis pangan lokal dengan karakteristik kimia, fisik dan sensori yang lebih baik serta mendukung diversifikasi pangan di Indonesia.

Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengkaji umur simpan, stabilitas mutu selama penyimpanan, serta potensi bioaktif produk sehingga pengembangan *flakes* berbasis tepung hotong dan kenari dapat diarahkan menuju produk pangan fungsional yang siap dikembangkan pada skala industri.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC International. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International* (18th ed.). AOAC International.
- Borelli, T., Keim, A., Sujarwo, W., Koostanto, H., Pawera, L., Gullotta, G., Jalonen, R., Lombardo, A., & Hunter, D. (2024). Invisible treasures: Assessing Indonesia's unique agrobiodiversity for food and nutrition security. *Sustainability*, 16(22), 9824. <https://doi.org/10.3390/su16229824>
- Breemer, R., Sigmarlatu, T., & Polnaya, F. J. (2020). Pengaruh penambahan sodium tripolyphosphate terhadap karakteristik tepung buru hotong (*Setaria italica* (L.) Beauv.) fosfat. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(2), 88–95. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2020.9.2.88>
- Czaja, T., Sobota, A., & Szostak, R. (2020). Quantification of ash and moisture in wheat flour by Raman spectroscopy. *Foods*, 9(3), 280. <https://doi.org/10.3390/foods9030280>
- El Hosry, L., Elias, V., Chamoun, V., Halawi, M., Cayot, P., Nehme, A., & Bou-Maroun, E. (2025). Maillard reaction: Mechanism, influencing parameters, advantages, disadvantages, and food industrial applications: A review. *Foods*, 14(11), 1881. <https://doi.org/10.3390/foods14111881>
- Gao, R., Yan, K., Xia, J., Yang, Z., & Wang, Z. (2025). Impact of different types of lipids on the quality of frozen dough and bread: A review. *Foods*, 14(23), 4032. <https://doi.org/10.3390/foods14234032>
- Greenfield, H., & Southgate, D. A. T. (2003). *Food composition data: Production, management and use* (2nd ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hou, S., Zhang, Y., Liang, Y., Zhang, H., Li, Y., Guo, S., Wang, X., Zhang, W., & Wang, C. (2022). Total protein content, amino acid composition and eating quality of foxtail millet (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) with different color grain. *Foods*, 12(1), 33. <https://doi.org/10.3390/foods12010033>
- Husna, S. S., Hintono, A., & Rizqiaty, H. (2020). Texture, water absorption, aw and hedonic quality of white millet (*Panicum miliaceum*) flakes with the addition of pumpkin flour (*Cucurbita moschata*). *Journal of Applied Food Technology*, 7(2), 29–32. <https://doi.org/10.17728/jaft.7685>
- Jacob, J., Krishnan, V., Antony, C., Bhavyasri, M., Aruna, C., Mishra, K., Nepolean, T., Satyavathi, C. T., & Visarada, K. B. R. S. (2024). The nutrition and therapeutic potential of millets: An updated narrative review. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1346869. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1346869>
- Kathuria, D., Hamid, H., Gautam, S., & Thakur, A. (2023). Maillard reaction in different food products: Effect on product quality, human health and mitigation strategies. *Food Control*, 153, 109911. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109911>
- Knez, M. (2023). Underutilized plants increase biodiversity, improve food and nutrition security, reduce malnutrition, and enhance human health and well-being: Let's put them back on the plate! *Nutrition Reviews*, 82(8), 1111–1124. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad103>
- Lawalata, V. N. (2004). *Kajian pemanfaatan kenari (Canarium ovatum) untuk meningkatkan nilai gizi sagu Mutiara* [Tesis magister, Institut Pertanian Bogor].
- Lawalata, V. N., Maatoke, I., & Tetelepta, G. (2019). Karakteristik kimia food bar puree pisang tongka langit (*Musa troglodytarum*) dengan penambahan kenari (*Canarium indicum* L.). *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(2), 48–52. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2019.8.2.48>
- Lignicka, I., & Galoburda, R. (2022). The role of cereal and pulse constituents and processing technology in flake texture development: A review. *Rural Sustainability Research*, 48(343), 34–43. <https://doi.org/10.2478/plua-2022-0014>
- Liu, Y., Zhao, J., Xiong, Y. L., & Xie, J. (2022). Effect of protein thermal denaturation on the texture properties of food: A review. *Foods*, 11(5), 664. <https://doi.org/10.3390/foods11050664>
- Mailoa, M., Widyaningsih, T. D., Putri, W. D. R., & Harijono. (2019). Fresh and roasted *Canarium vulgare* nuts alter the lipid profile of hypercholesterolemic rats (*Rattus norvegicus*). *EurAsian Journal of Biosciences*, 13(1), 231–238.

- Makanoneng, V. S., Nurali, E. J. N., & Djarkasi, G. S. S. (2017). Pengembangan biskuit kenari (*Canarium indicum* L.) berbahan baku tepung sagu baruk (*Arenga microcarpa*). *Cocos*, 8(3), 1–7. <https://doi.org/10.35791/cocos.v1i2.14916>
- Oppier, G. (2019). *Daya terima dan sifat fisikokimia flakes sukun (Artocarpus communis) dan kenari (Canarium indicum L.)* [Skripsi sarjana, Universitas Pattimura].
- Peleg, M. (2023). Empirical models of sigmoid and non-sigmoid hydration and moisture sorption curves. *Food Engineering Reviews*, 15, 15–23. <https://doi.org/10.1007/s12393-022-09339-7>
- Priebe, M. G., & McMonagle, J. R. (2016). Effects of ready-to-eat cereals on key nutritional and health outcomes: A systematic review. *PLoS ONE*, 11(10), e0164931. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164931>
- Starowicz, M., & Zieliński, H. (2019). How Maillard reaction influences sensorial properties (color, flavor and texture) of food products? *Food Reviews International*, 35(8), 707–725. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1600538>
- Thomson, L. A. J., & Evans, B. (2004). *Canarium indicum* var. *indicum* and *C. harveyi* (*Canarium nut*). *Species Profiles for Pacific Island Agroforestry* (Version 1.1). <http://www.traditionaltree.org>
- Wattilete, J., Fibri, D. L. N., & Rahayu, E. S. (2025). Formulation, characteristics and viability of probiotic cells in biscuits produced from hotong flour (*Setaria italica* (L.) Beauv.) and kenari (*Canarium indicum* L.) enriched with probiotic cream. *agriTECH*, 45(1), 11–18. <https://doi.org/10.22146/agritech.90687>
- Zhang, W., Zhang, G., Liang, W., Tian, J., Sun, S., Zhang, X., Lv, X., Guo, P., Qu, A., & Wu, Z. (2024). Structure, functional properties, and applications of foxtail millet prolamin: A review. *Biomolecules*, 14(8), 913. <https://doi.org/10.3390/biom14080913>