

KARAKTERISTIK ORGANOLEPTIK DAN NILAI GIZI PAI SUSU BEBAS GLUTEN BERBASIS TEPUNG KOMPOSIT TALAS BENENG DAN BEKATUL BERAS HITAM

Organoleptic Characteristics and Nutritional Value of Gluten-Free Custard Pie Based on Beneng Taro and Black Rice Bran Composite Flour

Ksatriadi Widya Dwinugraha^{*1}, Firman Muhammad Basar², Rosyda Dianah³
^{1,2,3}Institut Pertanian Bogor

*Corresponding author, e-mail: ksatriadiwidya@apps.ipb.ac.id

ABSTRACT

The utilization of local food resources such as Beneng taro (*Xanthosoma undipes* K. Koch) and black rice bran (*Oryza sativa* L.) as wheat substitutes in pastry products offers a functional gluten-free alternative. This study aimed to analyze the organoleptic characteristics and nutritional value of gluten-free custard pie (pai susu) based on Beneng taro and black rice bran composite flour. The experimental study used a comparative method with three formulations of taro:bran flour ratios, namely F1 (70:30), F2 (60:40), and F3 (50:50). The evaluation included hedonic and hedonic quality tests involving 35 semi-trained panelist. Proximate analysis was performed on the best formula from the hedonic test results. The results showed that the composite flour proportion significantly affected the hedonic quality characteristics (color, taste, texture, mouthfeel). Based on the weighted sum method, formulation F2 (60:40) was determined as the best treatment with a "liked" acceptance level (score 4.03). The F2 custard pie exhibited a moist texture, dark brown color, and favorable taste. Proximate analysis revealed that the F2 product contained 30.08% moisture, 1.89% ash, 24.43% fat, 35.05% carbohydrate, and 8.55% protein. The high protein and energy content (394 kkal/100 g) in this product demonstrates the potential of black rice bran in enhancing the nutritional profile of gluten-free custard pies compared to conventional products.

Keyword: Beneng taro, Black rice bran, Composite flour, Custard pie, Gluten-free

ABSTRAK

Pemanfaatan bahan pangan lokal seperti talas beneng (*Xanthosoma undipes* K. Koch) dan bekatul beras hitam (*Oryza sativa* L.) sebagai substitusi terigu pada produk pastry menawarkan alternatif pangan bebas gluten yang fungsional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik organoleptik dan kandungan gizi pai susu bebas gluten berbasis tepung komposit talas beneng dan bekatul beras hitam. Penelitian eksperimental menggunakan metode komparatif dengan tiga formulasi rasio tepung talas beneng:bekatul, yaitu F1 (70:30), F2 (60:40), dan F3 (50:50). Evaluasi meliputi uji hedonik dan mutu hedonik dengan melibatkan 35 panelis semi-terlatih. Analisis proksimat dilakukan pada formula terbaik dari hasil uji hedonik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proporsi tepung komposit memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik mutu hedonik (warna, rasa, tekstur, mouthfeel). Berdasarkan *weighted sum method*, formulasi F2 (60:40) ditetapkan sebagai perlakuan terbaik dengan tingkat penerimaan panelis kategori "suka" (skor 4,03). Pai susu F2 memiliki karakteristik tekstur yang lembut (*moist*), warna cokelat kehitaman, dan rasa yang disukai. Analisis proksimat menunjukkan produk F2 mengandung kadar air 30,08%, abu 1,89%, lemak 24,43%, karbohidrat 35,05%, dan protein 8,55%. Tingginya kadar protein dan energi (394 kkal/100 g) pada produk ini menunjukkan potensi bekatul beras hitam dalam meningkatkan profil nilai gizi pai susu bebas gluten dibandingkan produk konvensional.

Kata kunci: Bebas gluten, Bekatul beras hitam, Pai susu, Talas beneng, Tepung komposit

How to Cite: Ksatriadi Widya Dwinugraha¹, Firman Muhammad Basar², Rosyda Dianah³. 2026. Karakteristik Organoleptik Dan Nilai Gizi Pai Susu Bebas Gluten Berbasis Tepung Komposit Talas Beneng Dan Bekatul Beras Hitam. Jurnal Pendidikan Tata Boga dan Teknologi, Vol 7 (1): pp. 110-117, DOI: 10.24036/jptbt.v7i1.27151



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2019 by author

PENDAHULUAN

Peningkatan permintaan global terhadap produk pangan bebas gluten (*gluten-free*) menunjukkan tren pertumbuhan yang signifikan. Hal ini didorong oleh kebutuhan medis bagi penderita *celiac disease* serta

pergeseran preferensi konsumen umum menuju persepsi gaya hidup yang lebih sehat (El Khoury et al., 2018; Hassan et al., 2024). Di Indonesia, fenomena ini tercermin dari meningkatnya kesadaran masyarakat, khususnya segmen konsumen milenial, terhadap produk *pastry* sehat yang tidak hanya lezat tetapi juga memiliki nilai tambah kesehatan (Maulina & Sufianti, 2025; Rayesa & Ali, 2022). Meskipun peluang pasar terbuka lebar, industri *bakery* dan *pastry* nasional masih menghadapi tantangan mendasar berupa ketergantungan yang sangat tinggi pada tepung terigu. Komoditas ini pasokannya didominasi oleh impor karena ketidaksesuaian iklim tropis Indonesia untuk budidaya gandum secara masif (Cipta & Asmara, 2023). Data Badan Pusat Statistik (2025) mencatat tren kenaikan volume impor gandum secara konsisten selama periode 2022-2024, hingga mencapai angka 11,7 juta ton pada tahun 2024. Hal ini menunjukkan pentingnya diversifikasi pangan melalui pemanfaatan sumber karbohidrat lokal non-terigu yang ketersediaannya melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan baku substitusi.

Salah satu komoditas pangan lokal unggulan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah talas beneng (*Xanthosoma undipes* K. Koch), tanaman umbi asli yang tumbuh subur dengan produktivitas tinggi di Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten (Nurtiana & Pamela, 2019; Putri et al., 2021). Secara karakteristik kimia, tepung talas beneng dikenal sebagai sumber karbohidrat potensial dengan kadar pati yang tinggi dan kadar lemak rendah. Selain itu, bahan ini secara alami bebas gluten sehingga aman bagi konsumen dengan kebutuhan diet khusus (Nurtiana & Pamela, 2019; Rostianti et al., 2018). Meskipun demikian, aplikasi tepung talas beneng sebagai bahan dasar tunggal (*single flour*) dalam produk olahan pangan menghadapi kendala teknis dan nilai gizi. Tepung ini memiliki kadar protein yang tergolong rendah dan profil amilograf dengan nilai viskositas *setback* yang tinggi. Kondisi tersebut mengindikasikan kecenderungan retrogradasi yang kuat sehingga sering kali menghasilkan tekstur produk yang terlalu keras, kaku, atau regas setelah proses pendinginan (Pamela et al., 2019; Rostianti et al., 2018). Selain itu, karakteristik sensorisnya yang terbatas mendorong perlunya strategi formulasi tepung komposit dengan bahan pangan lain untuk memperbaiki nilai gizi serta karakteristik organoleptik produk akhir.

Meskipun seringkali hanya dianggap sebagai limbah hasil samping (*by-product*) penggilingan padi yang bernilai ekonomi rendah dan umumnya dialokasikan sebagai pakan ternak, bekatul sesungguhnya memiliki densitas nilai gizi yang tinggi dan potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku pangan fungsional (Tuarita et al., 2017). Secara spesifik, bekatul beras hitam (*Oryza sativa* L.) menawarkan keunggulan komparatif dibandingkan bekatul beras putih karena keberadaan senyawa bioaktif pigmen antosianin, terutama *cyandin-3-glucoside* dan *peonidin-3-glucoside*, yang berperan vital sebagai antioksidan alami serta agen anti-inflamasi (Das et al., 2023; Eviana et al., 2023). Selain keunggulan fitokimia, bekatul beras hitam mengandung serat pangan yang tinggi serta kadar protein berkisar antara 13,11–17,19%, jumlah yang cukup signifikan untuk mensubstitusi kekurangan protein pada tepung talas beneng (Hidayah et al., 2023; Tuarita et al., 2017). Keberadaan lemak alami pada bekatul juga dapat berkontribusi positif terhadap karakteristik fisik produk, seperti memberikan *mouthfeel* yang lebih lembut melalui retensi kelembaban yang lebih baik (Ayoub et al., 2022). Namun, inkorporasi bekatul beras hitam dalam formulasi produk *pastry* dan *bakery* memerlukan optimasi proporsi yang cermat. Penggunaan yang berlebihan berisiko memunculkan *aftertaste* pahit akibat tingginya kandungan senyawa fenolik dan tanin. Selain itu, hal ini juga dapat memicu pembentukan aroma langu atau tengik (*off-flavor*) akibat oksidasi lemak yang sering diasosiasikan dengan aroma pakan ternak. Dampak akumulatif dari karakteristik sensoris negatif ini pada akhirnya dapat menurunkan akseptabilitas konsumen (Ayoub et al., 2022; Tuarita et al., 2017).

Pai susu merupakan salah satu produk *pastry* jenis *custard pie* dengan basis kulit *short-dough* yang sangat digemari konsumen lintas usia karena karakteristik sensorisnya yang khas, namun produk jenis ini umumnya memiliki densitas nilai gizi yang rendah karena dominasi kandungan lemak jenuh dan gula serta minimnya serat pangan (Jukić et al., 2022; Melo et al., 2023; Peris et al., 2019). Dalam pengembangan varian bebas gluten, tantangan teknis utama terletak pada ketiadaan matriks gluten yang secara tradisional berfungsi memberikan viskoelastisitas dan integritas struktur adonan. Ketiadaan ini sering kali menghasilkan produk akhir dengan cacat tekstur yang signifikan, seperti terlalu keras, rapuh, kering, atau memberikan sensasi berpasir (*sandy*) dan penampilan yang kurang menarik (Melo et al., 2023). Oleh karena itu, formulasi tepung komposit yang menggabungkan tepung talas beneng sebagai sumber pati pembentuk struktur dan bekatul beras hitam yang kaya akan serat serta lipid alami dirancang untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Interaksi sinergis antara pati dan komponen lemak bekatul diharapkan dapat menggantikan peran gluten dalam memperbaiki *mouthfeel* dan kelembutan tekstur. Secara simultan, strategi ini juga ditujukan untuk meningkatkan profil gizi produk yang selama ini dinilai tidak seimbang pada produk *pastry* dan *bakery* bebas gluten konvensional (Jukić et al., 2022; Melo et al., 2023). Hingga saat ini, belum ada studi yang mengevaluasi sinergi spesifik antara pati talas beneng dan komponen bioaktif bekatul beras hitam dalam matriks *pie crust*. Interaksi antara granula pati talas dan lipid alami bekatul dihipotesiskan mampu meniru fungsi lemak dalam adonan terigu, yaitu melapisi granula pati untuk menghambat pembentukan ikatan

antar-pati yang berlebihan (gelatinisasi) sehingga menghasilkan tekstur yang renyah, serta menjaga kelembaban melalui mekanisme retensi air.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan formulasi tepung komposit terbaik berbasis tepung talas beneng dan bekatul beras hitam dalam pembuatan pai susu bebas gluten. Evaluasi dilakukan secara komprehensif meliputi tingkat penerimaan konsumen (uji hedonik), karakteristik profil sensori (uji mutu hedonik), serta analisis kandungan gizi (proksimat) pada formula terpilih. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif produk pangan fungsional yang tidak hanya aman bagi individu intoleran gluten, tetapi juga memiliki keunggulan sensori dan nilai gizi yang lebih baik dibandingkan produk konvensional.

BAHAN DAN METODE

Penelitian eksperimental ini menggunakan metode komparatif dengan tiga perlakuan formulasi tepung komposit berbasis tepung talas beneng (*Xanthosoma undipes*) dan bekatul beras hitam (*Oryza sativa* L.), yaitu F1 (70%:30%), F2 (60%:40%), dan F3 (50%:50%). Penentuan rasio formulasi didasarkan pada hasil uji pendahuluan (*preliminary test*) meliputi evaluasi subjektif terhadap warna adonan, kemudahan dibentuk, dan aroma dasar yang menunjukkan bahwa penggunaan bekatul di bawah 30% menghasilkan warna yang terlalu pucat dan kurang menarik, sementara penggunaan di atas 50% menimbulkan aroma langu yang kuat dan tekstur yang terlalu padat. Oleh karena itu, dipilih tiga level proporsi bekatul (30%, 40%, dan 50%) untuk dievaluasi lebih lanjut.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kulineri Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor untuk pembuatan produk dan uji organoleptik, serta Laboratorium Saraswanti Indo Genetech Bogor untuk analisis proksimat. Penelitian dilaksanakan pada rentang waktu Agustus hingga Oktober 2025. Protokol penelitian telah mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Universitas Harapan Bangsa (No. B.LPPM-UHB/1051/10/2025).

Bahan baku utama berupa tepung talas beneng komersial (merek TETABE, spesifikasi organik dan bebas gluten) diperoleh dari distributor di Kota Depok, serta tepung bekatul beras hitam komersial (merek CRP) diperoleh dari distributor di Kota Jakarta Utara. Bahan penyusun kulit (*crust*) lainnya meliputi margarin, gula halus, kuning telur, dan vanili, serta bahan isian (*filling*) meliputi susu kental manis, telur ayam, gula pasir, dan air yang diperoleh dari pasar swalayan lokal di Kota Bogor. Alat yang digunakan meliputi timbangan digital, *mixer*, mangkuk adonan, cetakan pai diameter 8 cm, dan oven.

Proses pembuatan produk dilakukan dalam dua tahap, yaitu pembuatan kulit dan isian. Pada pembuatan kulit, tepung komposit (total 100 g sesuai rasio perlakuan) dicampur dengan margarin (60 g), gula halus (20 g), kuning telur (45 g), dan vanili (1 g). Seluruh bahan diaduk hingga homogen dan membentuk adonan kalis (*dough*). Adonan kemudian ditimbang seberat 15 g, dicetak ke dalam loyang pai, dan dipanggang setengah matang (*blind baking*) pada suhu 180 °C selama 5 menit hingga struktur kulit terbentuk (*set*) dan permukaan kulit terlihat kering, namun belum kecokelatan sempurna. Sementara itu, adonan isian (*filling*) dibuat dengan melarutkan gula pasir (50 g) ke dalam air panas (125 ml), kemudian dicampurkan dengan telur utuh (4 butir) dan susu kental manis (63 g) hingga rata. Adonan isian dituangkan ke atas kulit pie yang telah dipanggang, lalu pemanggangan dilanjutkan pada suhu 180 °C selama 15 menit hingga matang sempurna.

Evaluasi sensori melibatkan 35 panelis semi-terlatih yang merupakan mahasiswa program studi Manajemen Industri Jasa Makanan semester tujuh yang telah lulus mata kuliah Penilaian Sensorik Produk Makanan dan dalam kondisi sehat (tidak sedang menderita flu, batuk, gangguan indra perasa/penciuman, serta tidak buta warna). Selain itu, panelis dipastikan tidak memiliki riwayat alergi atau intoleransi terhadap bahan penyusun (telur dan susu). Kriteria seleksi panelis difokuskan pada familiaritas terhadap karakteristik sensori produk pai susu secara umum. Hal ini bertujuan untuk memastikan panelis memiliki pemahaman terhadap atribut sensorik standar produk pai susu konvensional, sehingga mampu memberikan penilaian yang objektif terhadap produk substitusi yang dikembangkan.

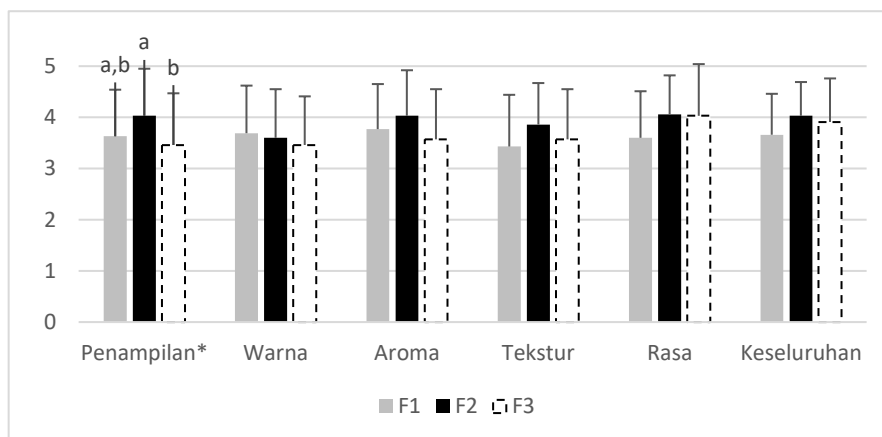
Uji tingkat kesukaan (hedonik) dinilai menggunakan skala Likert 5 poin (1=sangat tidak suka hingga 5=sangat suka) pada atribut penampilan, warna, aroma, tekstur, rasa, dan penerimaan keseluruhan (*overall*). Uji mutu hedonik dilakukan untuk mendeskripsikan karakteristik warna, rasa, aroma, tekstur, dan *mouthfeel* dari produk. Analisis proksimat dilakukan pada formula terbaik secara duplo di Laboratorium Saraswanti Indo Genetech Bogor meliputi kadar air (SNI 01-2891-1992 butir 5.1), kadar abu (SNI 01-2891-1992 butir 6.1), kadar protein metode titrimetri (18-8-31/MU), kadar lemak metode gravimetri (18-8-5/MU), serta karbohidrat *by difference* dan energi total melalui perhitungan (18-8-9/MU).

Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics versi 26. Data diuji normalitasnya menggunakan *Shapiro-Wilk*, dilanjutkan dengan uji *Kruskal-Wallis* untuk membandingkan respon panelis antar formulasi dan uji lanjut *Mann-Whitney* pada taraf kepercayaan 95%. Penentuan formulasi terbaik dilakukan menggunakan pendekatan *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) dengan metode *Weighted Sum Method* (WSM) (Sipos et al., 2025). Karena setiap atribut sensoris memiliki tingkat

kepentingan yang berbeda dalam penerimaan produk, bobot didistribusikan 25% untuk parameter keseluruhan (*overall*) dan 15% untuk parameter lainnya. Untuk mengatasi variasi skala penilaian, data dikonversi menjadi peringkat (1, 2, dan 3) sebelum dikalikan dengan bobot, sehingga agregasi nilai dapat dilakukan secara valid. Formula dengan total skor pembobotan terendah ditetapkan sebagai perlakuan terpilih untuk analisis kimia lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi tingkat penerimaan panelis terhadap pai susu bebas gluten dilakukan melalui uji hedonik pada atribut penampilan, warna, aroma, tekstur, rasa, dan penerimaan keseluruhan (*overall*). Profil hedonik ketiga formulasi disajikan pada Gambar 1. Secara visual, formulasi F2 menunjukkan tren skor penerimaan yang paling tinggi dibandingkan formulasi lainnya, mengindikasikan bahwa formula ini memiliki performa sensoris yang paling seimbang dan disukai panelis.



Gambar 1. Profil Hedonik Pai Susu Bebas Gluten

Keterangan: * $p < 0,05$ dari hasil Uji *Kruskal-Wallis*

^{a,b} = notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi 5% (uji *Mann-Whitney*)

Hasil uji *Kruskal-Wallis* menunjukkan bahwa proporsi tepung memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap atribut penampilan (Gambar 1). Uji lanjut menunjukkan bahwa penampilan F2 (skor 4,03) berbeda nyata dan lebih disukai dibandingkan F3 (skor 3,46). Sementara itu, pada atribut warna, aroma, tekstur, rasa, dan penerimaan keseluruhan, tidak ditemukan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$). Meskipun demikian, tren nilai rata-rata memperlihatkan bahwa F2 secara konsisten menempati peringkat tertinggi dengan skor penerimaan global (*overall*) sebesar 4,03 (kategori “suka”), mengungguli F3 (3,91) dan F1 (3,66). Temuan ini mengindikasikan bahwa inkorporasi bekatul hingga taraf 40% (F2) merupakan titik optimal yang dapat diterima konsumen, sedangkan penambahan berlebih pada F3 (50%) mulai menurunkan preferensi produk.

Analisis mutu hedonik (Tabel 1) menunjukkan bahwa formulasi tepung komposit memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap karakteristik warna kulit pai. Peningkatan proporsi bekatul beras hitam secara signifikan menurunkan skor warna, menghasilkan gradasi dari “cokelat” pada F1 (skor 2,83) menjadi “cokelat kehitaman” pada F2 (2,34) dan mendekati “hitam pekat” pada F3 (1,94). Perubahan visual ini berkaitan langsung dengan tingginya kandungan pigmen antosianin alami pada bekatul (Das et al., 2023). Menariknya, warna “cokelat kehitaman” pada F2 justru mendapatkan respon positif dari panelis, yang kemungkinan diasosiasikan dengan penampilan produk cokelat atau *dark pastry* yang premium. Sementara itu, pada atribut aroma, meskipun statistik tidak menunjukkan perbedaan nyata, F2 memperoleh skor tertinggi (4,20) yang mendekati deskripsi “harum susu”. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan bekatul hingga 40% tidak terlalu memberikan aroma langu (*off-flavor*) yang sering dikhawatirkan pada produk berbasis bekatul, sekaligus bersinergi dengan aroma *buttery* dari margarin.

Tabel 1. Profil Mutu Hedonik Pai Susu Bebas Gluten

Atribut	F1	F2	F3	<i>p-value</i>
Warna	2,83±0,71 ^a	2,34±0,64 ^b	1,94±0,59 ^c	0,000*
Rasa	3,54±1,20 ^a	4,29±0,82 ^b	4,34±0,80 ^b	0,004*
Aroma	3,94±0,97	4,20±0,93	3,74±1,12	0,172
Tekstur	3,60±0,95 ^a	2,80±0,83 ^b	2,91±0,95 ^b	0,001*
<i>Mouthfeel</i>	3,54±1,22 ^a	4,29±0,86 ^b	3,83±1,07 ^{ab}	0,024*

Keterangan: *p<0,05 dari hasil Uji *Kruskal-Wallis*

^{a,b,c} = notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi 5% (uji *Mann-Whitney*)

Warna	Aroma	Mouthfeel
1 = hitam pekat abu-abu	1 = tengik	1 = sangat berpasir
2 = coklat kehitaman	2 = agak tengik	2 = berpasir
3 = coklat	3 = tidak tercium	3 = kering
4 = abu kecoklatan	4 = cukup harum	4 = cukup lembut
5 = abu-abu	5 = harum susu	5 = lembut
Rasa	Tekstur	
1 = pahit	1 = sangat padat	
2 = agak pahit	2 = padat	
3 = hambar	3 = agak padat	
4 = cukup manis	4 = cukup rapuh	
5 = manis	5 = rapuh	

Perbedaan paling signifikan terlihat pada profil tekstur dan sensasi di mulut (*mouthfeel*). Hasil uji menunjukkan fenomena menarik dimana F1 dinilai memiliki tekstur yang cenderung “rapuh” (skor 3,60), namun memberikan sensasi “agak kering/berpasir” (*sandy*) saat dikunyah (skor 3,54). Sebaliknya, F2 dinilai lebih “padat” secara struktural (skor 2,80), namun memberikan sensasi yang jauh lebih “lembut” (*soft*) di mulut dengan skor *mouthfeel* tertinggi (4,29). Karakteristik F2 yang kokoh namun lembut ini merupakan profil tekstur ideal bagi produk *shortcrust pastry* (Mamat & Hill, 2014). Fenomena ini sejalan dengan temuan peneliti tersebut yang menjelaskan bahwa lemak berperan membatasi pengembangan jaringan pati (*shortening effect*) dan menjaga kelembaban produk (*moisture retention*). Lebih lanjut, keberadaan serat pangan larut air dari bekatul diduga turut berkontribusi dalam membentuk sensasi *mouthfeel* yang lebih berisi namun tetap lembut, berbeda dengan tekstur berpasir yang sering ditemui pada produk bebas gluten berbasis tepung tunggal. Mekanisme ini terbukti efektif mencegah tekstur kering dan berpasir yang dominan pada F1. Selain itu, dari segi rasa, F2 dan F3 dinilai signifikan lebih “manis” dibandingkan F1. Hal ini mematahkan asumsi bahwa bekatul akan memberikan rasa pahit. Sebaliknya, kombinasi bekatul dengan gula dan susu justru memperkaya profil rasa menjadi lebih *gurih-manis* dibandingkan F1 yang didominasi rasa pati talas yang cenderung hambar.

Penentuan formulasi terpilih dilakukan menggunakan pendekatan *Weighted Sum Method* dari profil hedonik pada ketiga formulasi (Tabel 2). Dalam analisis ini, parameter penerimaan keseluruhan (*overall*) ditempatkan sebagai atribut prioritas karena merepresentasikan akumulasi persepsi panelis terhadap integritas produk. Hasil pembobotan menunjukkan bahwa formulasi F2 (60:40) menempati peringkat teratas pada mayoritas parameter uji, sehingga memperoleh total skor pembobotan paling optimal dibandingkan F1 dan F3. Keunggulan F2 terletak pada keseimbangan profil sensori, yakni memiliki struktur *crust* yang kokoh namun lembut di mulut (*moist*), rasa yang dapat diterima dengan baik, serta tampilan visual cokelat kehitaman yang unik. Berdasarkan hasil tersebut, F2 ditetapkan sebagai formulasi terbaik untuk analisis kandungan gizi lebih lanjut.

Tabel 2. Penentuan Formula Terpilih dengan *Weighted Sum Method*

Atribut	Bobot	F1		F2		F3	
		Rank	Skor	Rank	Skor	Rank	Skor
Penampilan	15%	2	0,3	1	0,15	3	0,45
Warna	15%	1	0,15	2	0,3	3	0,45
Aroma	15%	2	0,3	1	0,15	3	0,45
Tekstur	15%	3	0,45	1	0,15	2	0,3
Rasa	15%	3	0,45	1	0,15	2	0,3
Keseluruhan	25%	3	0,75	1	0,15	2	0,3
Total skor	100%	-	2,4	-	1,15	-	2,45
Ranking			2		1		3

Profil kandungan gizi formulasi terbaik (F2) disajikan pada Tabel 3, dibandingkan dengan data literatur produk komersial, *Custard Pie* (USDA), dan standar mutu SNI 2973:2022. Hasil analisis menunjukkan bahwa pai susu bebas gluten F2 memiliki keunggulan densitas zat gizi makro dibandingkan produk pembanding.

Tabel 3. Perbandingan Kandungan Gizi Pai Susu Bebas Gluten dengan Produk Komersial dan Standar Mutu

Komponen Gizi	Pai Susu (F2)	Pai Susu Komersial (merek lokal) ^a	USDA FDC (<i>Custard Pie</i>) ^b	SNI 01-2973-2022 (Biskuit) ^c
Air (%)	30,08	-	60,9	maks. 5*

Abu (%)	1,89	-	1,3	-
Protein (%)	8,55	4,06	5,55	min. 2,7
Lemak (%)	24,43	10,3	11,6	-
Karbohidrat (%)	35,05	25,08	20,8	-
Energi (kkal/100 g)	394	210	210	-

Keterangan: (-) data tidak tersedia atau persyaratan tidak ditetapkan

(*) kadar air tidak mengacu pada SNI Biskuit karena karakteristik produk sebagai *pastry* semi-basah

^ainformasi nilai gizi pada kemasan produk, ^bUSDA FoodData Central (FDC ID: 172783), ^cBadan Standardisasi Nasional (2022)

Kadar protein F2 tercatat sebesar 8,55%, angka ini jauh melampaui ambang batas minimal SNI untuk kategori pai (min. 2,7%) serta lebih tinggi dibandingkan *custard pie* (5,55%) maupun produk komersial merek lokal (4,06%). Tingginya kadar protein ini menegaskan bahwa inkorporasi bekatul beras hitam mampu meningkatkan profil protein produk secara signifikan dibandingkan pai susu konvensional. Dengan demikian, produk ini menawarkan nilai tambah gizi yang lebih baik bagi konsumen. Temuan ini sejalan dengan studi Ronie et al. (2025) yang melaporkan bahwa inkorporasi bekatul beras terbukti efektif memperbaiki profil gizi produk pangan, khususnya melalui peningkatan kandungan protein dan serat. Selain itu, bahan ini juga diketahui dapat memperkaya senyawa bioaktif seperti fenolik dan antioksidan.

Dari segi densitas energi, F2 mengandung energi total 394 kkal/100 g dengan kontribusi lemak sebesar 24,43%. Nilai ini terukur lebih tinggi dibandingkan *custard pie* USDA (11,6%), maupun produk komersial (10,3%). Meskipun memiliki kadar lemak yang relatif tinggi, hal ini merupakan karakteristik umum pada produk *pastry* jenis *custard pie* yang menggunakan proporsi margarin dan kuning telur yang dominan. Salah satu nilai tambah produk yang dibuat menggunakan bekatul terletak pada profil lemak yang didominasi oleh asam lemak tak jenuh dan kandungan γ -oryzanol yang bermanfaat bagi kesehatan jantung (Tuarita et al., 2017). Selain itu, kandungan lemak yang lebih tinggi dibandingkan produk sejenis berperan penting dalam memberikan tekstur moist dan kelembutan *mouthfeel* yang disukai panelis, sekaligus menjadikannya pangan padat gizi. Meskipun demikian, mengingat densitas energi yang tinggi, konsumsi produk ini disarankan dibatasi sebagai kudapan selingan (1-2 keping atau ± 50 g per sajian) untuk tetap sesuai dengan anjuran gizi seimbang.

Kadar air produk (30,08%) telah sesuai dengan standar karakteristik produk *custard pie* semi-basah. Bahkan, nilai ini terukur lebih rendah dibandingkan *custard pie* USDA yang mencapai 60,9%. Meskipun kadar air ini ideal untuk tekstur yang lembut, keberadaan air bebas tetap memerlukan perhatian khusus terkait aktivitas mikroorganisme (Rahman et al., 2022). Oleh karena itu, sebagai langkah preventif sebelum pengujian aktivitas air (*aw*) dan pendugaan umur simpan, produk direkomendasikan untuk dikemas kedap udara dan disimpan pada suhu chiller (0–5 °C) guna menjaga mutu produk.

Kadar abu total sebesar 1,89% mengindikasikan keunggulan komponen mineral yang berasal dari bekatul. Hal ini kontras dengan tepung terigu komersial yang umumnya memiliki kadar abu rendah (<0,6%) (Kusnandar et al., 2022). Meskipun pengujian serat pangan tidak dilakukan secara spesifik, penggunaan bekatul beras hitam hingga 40% dalam formulasi kulit pai diduga dapat meningkatkan kandungan serat dibandingkan produk konvensional, mengingat bekatul dilaporkan mengandung serat pangan yang relatif tinggi (Ayoub et al., 2022; Hidayah et al., 2023). Secara keseluruhan, formulasi F2 menawarkan profil kandungan gizi yang lebih unggul dibandingkan produk konvensional sejenis. Meskipun hasil uji menunjukkan preferensi positif, peneliti menyadari adanya keterbatasan terkait penggunaan panelis semi-terlatih dari kalangan mahasiswa, sehingga interpretasi data preferensi mungkin tidak sepenuhnya merepresentasikan penerimaan konsumen luas atau konsumen spesifik produk bebas gluten. Penelitian lanjutan dengan melibatkan konsumen yang lebih beragam disarankan untuk validasi pasar.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan produk pai susu bebas gluten berbasis tepung komposit talas beneng dan bekatul beras hitam dengan karakteristik sensori yang dapat diterima konsumen. Berdasarkan analisis pembobotan (*factor rating method*) terhadap parameter hedonik dan mutu hedonik, formulasi F2 dengan proporsi tepung talas beneng 60% dan bekatul beras hitam 40% ditetapkan sebagai perlakuan terbaik. Formulasi ini menghasilkan produk dengan profil sensori yang seimbang, meliputi tekstur kulit yang kokoh namun lembut (*moist*), rasa yang gurih-manis, serta warna coklat kehitaman yang menarik secara visual.

Dari segi nilai gizi, pai susu F2 menunjukkan potensi sebagai pangan padat gizi (*nutrient-dense food*). Produk ini mengandung protein sebesar 8,55%, yang lebih unggul dibandingkan standar mutu SNI maupun produk komersial sejenis, serta memiliki densitas energi sebesar 394 kkal/100g. Tingginya kandungan protein dan mineral (abu total) mengindikasikan bahwa inkorporasi bekatul beras hitam dapat meningkatkan nilai fungsional produk *pastry* tanpa mengorbankan penerimaan konsumen. Hal ini menjadikan produk pai susu F2 memiliki potensi komersial yang tinggi sebagai alternatif oleh-oleh khas daerah berbasis pangan

lokal yang lebih sehat. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk menguji kandungan serat pangan spesifik, aktivitas antioksidan, dan pendugaan umur simpan produk untuk skala komersialisasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor yang telah memberikan dukungan pendanaan untuk pelaksanaan penelitian ini melalui skema Hibah Penelitian Terapan Unggulan dengan nomor kontrak 6400/IT3.S3/KP/2025.

DAFTAR REFERENSI

- Ayoub, W. S., Zahoor, I., Dar, A. H., Anjum, N., Pandiselvam, R., Farooq, S., Rusu, A. V., Rocha, J. M., Trif, M., & Jeevarathinam, G. (2022). Effect of incorporation of wheat bran, rice bran and banana peel powder on the mesostructure and physicochemical characteristics of biscuits. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1016717>
- Badan Pusat Statistik. (2025, July 31). *Impor biji gandum dan meslin menurut negara asal utama, 2017-2024*. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjAxNiMx/imp-or-biji-gandum-dan-meslin-menurut-negara-asal-utama--2017-2023.html>
- Badan Standarisasi Nasional. (2022). *SNI 2973:2022 (Biskuit)*. www.bsn.go.id
- Cipta, N. A., & Asmara, K. (2023). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi impor gandum Indonesia. *JEMSI (Jurnal Ekonomi, Manajemen, Dan Akuntansi)*, 9(6), 2321–2331. <https://doi.org/10.35870/jemsi.v9i6.1608>
- Das, M., Dash, U., Mahanand, S. S., Nayak, P. K., & Kesavan, R. K. (2023). Black rice: A comprehensive review on its bioactive compounds, potential health benefits and food applications. *Food Chemistry Advances*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100462>
- El Khoury, D., Balfour-Ducharme, S., & Joye, I. J. (2018). A review on the gluten-free diet: Technological and nutritional challenges. *Nutrients*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/nu10101410>
- Eviana, R., Widyastiti, N. S., & Mahati, E. (2023). The benefits of black rice bran and the potential of its bioactive compounds as antidiabetic agents. *AcTion: Aceh Nutrition Journal*, 8(2), 307–317. <https://doi.org/10.30867/action.v8i2.907>
- Hassan, H. F., Mourad, L., Khatib, N., Assi, R., Akil, S., Khatib, S. El, & Hteit, R. (2024). Perceptions towards gluten free products among consumers: A narrative review. *Applied Food Research*, 4(2). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100441>
- Hidayah, H., Ardianti, R., Geralda, A. Y., Azzahra, K., & Musa, E. (2023). Analisis protein pada bekatul pada beras ketan hitam menggunakan metode spektrometri massa: Tinjauan literatur. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(4), 6783–6789. <https://doi.org/10.31004/jkt.v4i4.22367>
- Jukić, M., Nakov, G., Komlenić, D. K., Vasileva, N., Šumanovac, F., & Lukinac, J. (2022). Quality assessment of cookies made from composite flours containing malted barley flour and wheat flour. *Plants*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/plants11060761>
- Kusnandar, F., Danniswara, H., & Sutriyono, A. (2022). Pengaruh komposisi kimia dan sifat reologi tepung terigu terhadap mutu roti manis. *Jurnal Mutu Pangan : Indonesian Journal of Food Quality*, 9(2), 67–75. <https://doi.org/10.29244/jmpi.2022.9.2.67>
- Mamat, H., & Hill, S. E. (2014). Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1998–2005. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0708-x>
- Maulina, L., & Sufianti, A. (2025). Kecenderungan masyarakat dalam konsumsi produk patiseri sehat dan kaitannya dengan perkembangan bisnis patiseri. *Journal Scientific of Mandalika*, 6(4), 2809–0543.
- Melo, B. G. de, Tagliapietra, B. L., & Clerici, M. T. P. S. (2023). Evolution of the technological, sensory, and nutritional quality of gluten-free cookies: a critical review. *Food Science and Technology*, 43. <https://doi.org/10.5327/fst.75822>
- Nurtiana, W., & Pamela, V. Y. (2019). Characterization of chemical properties and color of starch from Talas Beneng (*Xanthosoma undipes* K. Koch) extraction as a source of indigenous carbohydrate from Pandeglang regency, Banten province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 383(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/383/1/012050>
- Pamela, V. Y., Nurtiana, W., & Meindrawan, B. (2019). Amylography profile and microstructure of Beneng Taro Banten (*Xanthosoma undipes* K. Koch) starch. *Food ScienTech Journal*, 1(2), 100. <https://doi.org/10.33512/fsj.v1i2.7319>
- Peris, M., Rubio-Arreaez, S., Castelló, M. L., & Ortolá, M. D. (2019). From the laboratory to the kitchen: New alternatives to healthier bakery products. *Foods*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/foods8120660>

-
- Putri, N. A., Riyanto, R. A., Budijanto, S., & Raharja, S. (2021). Studi awal perbaikan kualitas tepung talas beneng (*Xanthosoma undipes* K. Koch) sebagai potensi produk unggulan Banten. *Journal of Tropical AgriFood*, 3(2), 63. <https://doi.org/10.35941/jtaf.3.2.2021.6360.63-72>
- Rahman, M., Islam, R., Hasan, S., Zzaman, W., Rana, M. R., Ahmed, S., Roy, M., Sayem, A., Matin, A., Raposo, A., Zandonadi, R. P., Botelho, R. B. A., & Sunny, A. R. (2022). A comprehensive review on bio-preservation of bread: An approach to adopt wholesome strategies. *Foods*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/foods11030319>
- Rayesa NF, & Ali DY. (2022). Sikap konsumen milenial terhadap produk berlabel gluten-free. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 6, 1684–1695. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2022.006.04.39>
- Ronie, M. E., Mamat, H., Aziz, A. H. A., Sarjadi, M. S., Mokhtar, R. A. M., & Putra, N. R. (2025). Rice bran as a potent ingredient: Unveiling its potential for value-added applications. *Food Science and Biotechnology*, 34(3), 577–598. <https://doi.org/10.1007/s10068-024-01709-7>
- Rostianti, T., Hakiki, N. D., Ariska, A., & Sumantri. (2018). Karakterisasi sifat fisikokimia tepung talas beneng sebagai biodiversitas pangan lokal Kabupaten Pandeglang. *Gorontalo Agriculture Technology Journal*, 1(2).
- Sipos, L., Galambosi, Z., Biró, P., Csató, L., & Bozóki, S. (2025). Trends and directions of preference elicitation and assessment in food science: Single-, pair-, and multi-criteria ranking methods. *Food Science and Nutrition*, 13(8). <https://doi.org/10.1002/fsn3.70684>
- Tuarita, M. Z., Sadek, N. F., Sukarno, Yuliana, N. D., & Budijanto, S. (2017). Pengembangan bekatul sebagai pangan fungsional: Peluang, hambatan, dan tantangan. *Jurnal Pangan*, 26(2), 167–176.
- USDA FoodData Central. (2019, April 1). *Pie, egg custard, commercially prepared*. <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/172783/nutrients>