

INOVASI *FUDGY BROWNIES* DENGAN SUBSTITUSI TEPUNG SUKUN DAN PENAMBAHAN EKSTRAK DAUN JELATANG (*Urtica dioica*)

Rilla Puspa Sari^{1*}, Ita Fatkhur Romadhoni, Qorry' Aina², Mafisa Restami³

^{1, 2, 3, 4}Sarjana Terapan Tata Boga, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya,
Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

*Penulis Korespondensi: rilla.22102@mhs.unesa

Abstract. This research is driven by the diversification of local food through the innovation of fudgy brownies utilizing breadfruit flour substitution (10%, 20%, 30%) and nettle leaf (*Urtica dioica*) extract addition (2%, 4%). The study aimed to analyze the sensory quality characteristics, determine the optimal formula, and evaluate the nutritional content of the product. A quantitative experimental method was applied, involving 30 semi-trained panelists for the sensory characteristics, followed by data analysis using Two-Way ANOVA. Statistical results indicated that treatment variations significantly affected aroma ($p=0.013$) and texture ($p=0.046$) characteristics, while showing no significant effect on color, taste, and overall preference. The P1S1 formula (10% breadfruit flour and 2% nettle leaf extract) was selected as the best and most accepted product, scoring 3.97 for both taste and overall appreciation. Based on laboratory proximate analysis, every 100 grams of this optimum formula contains a total energy of 479.73 kcal, 53.915% carbohydrates, 26.57% total fat, 6.235% protein, 11.4% moisture, and 1.88% ash content. This innovative product holds great potential to be developed as a commercial functional snack alternative that is nutrient-dense and based on local commodities.

Keywords: fudgy brownies, breadfruit flour, nettle leaf, sensory evaluation, proximate analysis.

Abstrak. Penelitian ini melatarbelakangi penganeekaragaman pangan lokal melalui inovasi produk fudgy brownies dengan substitusi tepung sukun (10%, 20%, 30%) dan penambahan ekstrak daun jelatang (*Urtica dioica*) (2%, 4%). Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis karakteristik mutu sensori, menentukan formula terbaik, serta mengetahui kandungan gizi produk tersebut. Metode eksperimen kuantitatif digunakan dengan melibatkan 30 panelis semi-terlatih untuk uji mutu sensori, yang kemudian dianalisis menggunakan Two-Way ANOVA. Hasil statistik menunjukkan bahwa variasi perlakuan berpengaruh nyata terhadap karakteristik aroma ($p=0,013$) dan tekstur ($p=0,046$), namun tidak berpengaruh signifikan pada aspek warna, rasa, dan tingkat kesukaan keseluruhan. Formula P1S1 (10% tepung sukun dan 2% ekstrak daun jelatang) terpilih sebagai produk terbaik yang paling diterima dengan skor rasa dan kesukaan sebesar 3,97. Berdasarkan uji proksimat laboratorium, per 100 gram formula terbaik ini mengandung energi total 479,73 kkal, karbohidrat 53,915%, lemak total 26,57%, protein 6,235%, kadar air 11,4%, dan kadar abu 1,88%. Produk ini berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai alternatif camilan fungsional komersial yang padat gizi berbasis bahan baku lokal.

Kata kunci: *fudgy brownies*, tepung sukun, ekstrak daun jelatang, uji sensori, pangan fungsional.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan industri kuliner dan tata boga di Indonesia saat ini menunjukkan pertumbuhan yang sangat pesat, beriringan dengan pergeseran gaya hidup masyarakat modern yang semakin dinamis. Salah satu subsektor yang mengalami peningkatan permintaan secara signifikan adalah industri pastry dan bakery, di mana produk-produk berbasis cokelat seperti brownies menempati posisi

teratas sebagai kudapan favorit berbagai kalangan usia. Brownies, khususnya varian fudgy brownies yang memiliki karakteristik tekstur padat, lembap, dan cita rasa coklat yang sangat pekat, telah menjadi primadona di pasar makanan ringan komersial. Popularitas fudgy brownies tidak terlepas dari sensasi organoleptik yang kaya (richness) yang dihasilkan dari proporsi lemak dan coklat yang lebih dominan dibandingkan dengan takaran tepung pengikatnya. Meskipun memiliki nilai komersial dan daya terima yang sangat tinggi, konsumsi brownies konvensional seringkali dikaitkan dengan beberapa isu gizi dan ketahanan pangan nasional yang perlu mendapatkan perhatian serius dari para peneliti dan praktisi kuliner.

Isu krusial pertama berkaitan dengan bahan baku utama penyusun brownies konvensional, yakni tepung terigu. Ketergantungan industri pangan Indonesia terhadap tepung terigu berdampak langsung pada tingginya angka impor gandum nasional. Kondisi ini sangat rentan terhadap fluktuasi harga global, disrupsi rantai pasok internasional, serta menguras devisa negara. Selain aspek makroekonomi, tepung terigu juga mengandung protein gluten dalam jumlah yang substansial. Walaupun gluten berperan penting dalam pembentukan struktur kerangka pada roti (bread), kehadirannya pada brownies sebenarnya tidak terlalu esensial karena brownies tidak membutuhkan pengembangan volume yang masif. Lebih jauh lagi, kesadaran masyarakat terhadap kesehatan pencernaan terus meningkat, termasuk melonjaknya tren diet bebas gluten (gluten-free diet) bagi individu dengan penyakit celiac (celiac disease) maupun intoleransi gluten non-celiac. Oleh karena itu, inovasi diversifikasi pangan dengan menyubstitusi parsial maupun total tepung terigu menggunakan komoditas tepung lokal menjadi langkah yang sangat rasional, strategis, dan mendesak untuk diimplementasikan.

Indonesia sebagai negara agraris dan maritim memiliki keanekaragaman hayati yang sangat melimpah, salah satunya adalah tanaman sukun (*Artocarpus altilis*). Buah sukun tumbuh subur di hampir seluruh kepulauan Nusantara dan berbuah sepanjang tahun, menjadikannya komoditas yang sangat potensial untuk mendukung ketahanan pangan. Secara fisikokimia, buah sukun tua dapat diolah menjadi tepung sukun yang memiliki karakteristik warna putih kekuningan, aroma yang netral, serta sifat fungsional pati yang baik. Tepung sukun memiliki keunggulan berupa indeks glikemik yang relatif lebih rendah dibandingkan terigu, bebas gluten, serta kaya akan serat pangan, vitamin B kompleks, dan mineral esensial seperti kalium. Penggunaan tepung sukun di sektor pastry dan bakery diharapkan tidak hanya memberikan solusi atas ketergantungan gandum impor, tetapi juga meningkatkan nilai tambah (value added) secara ekonomis bagi para petani lokal Nusantara. Karakteristik pati sukun yang memiliki kapasitas pengikatan air (water binding capacity) yang baik berpotensi sangat cocok diaplikasikan pada adonan fudgy brownies untuk mempertahankan kelembapan (moistness) produk selama masa simpan.

Selain isu substitusi karbohidrat, pengembangan produk makanan saat ini berorientasi pada konsep pangan fungsional (functional food). Pangan fungsional didefinisikan sebagai makanan yang secara alamiah maupun melalui proses penambahan bahan tertentu memiliki fungsi fisiologis yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh di luar fungsi gizi dasarnya. Dalam upaya meningkatkan nilai fungsional fudgy brownies sukun ini, peneliti melakukan inovasi melalui pengikutsertaan bahan baku nabati non-konvensional, yaitu ekstrak daun jelatang (*Urtica dioica*). Tanaman jelatang selama ini sering diremehkan dan dianggap sebagai gulma liar yang mengganggu karena bulu-bulu halus (trichomes) dapat memicu sensasi gatal, perih, dan kemerahan saat bersentuhan dengan kulit manusia. Namun, di balik pertahanan alaminya tersebut, literatur botani dan farmakognosi modern mengungkapkan bahwa jelatang adalah salah satu "superfood" yang sangat padat nutrisi.

Daun jelatang diketahui menyimpan kandungan fitokimia yang luar biasa tinggi, meliputi klorofil, karotenoid, flavonoid, polifenol, serta berbagai vitamin (A, C, dan K) dan mineral mikro penyokong kesehatan darah dan tulang (zat besi, kalsium, magnesium). Proses penanganan yang tepat, seperti perebusan, blansir, atau ekstraksi cair, terbukti secara ilmiah mampu merusak dan meluruhkan struktur trikoma penyebab gatal (asam format dan histamin), sehingga ekstrak daun jelatang menjadi sepenuhnya aman untuk dikonsumsi (edible and safe). Penambahan ekstrak daun jelatang ke dalam matriks adonan fudgy brownies diharapkan mampu mentransfer senyawa-senyawa antioksidan penangkal radikal bebas ke dalam produk akhir. Eksplorasi penggabungan tepung sukun dan ekstrak jelatang dalam satu produk pastry merupakan ranah keilmuan yang masih sangat jarang diteliti. Mayoritas penelitian sebelumnya hanya berfokus pada salah satu bahan secara terpisah.

Berdasarkan penjabaran analisis kesenjangan (gap analysis) yang komprehensif di atas, terlihat jelas urgensi untuk melakukan penelitian terapan terkait pengembangan formulasi baru pada produk pastry. Penelitian ini mengusung gagasan utama berupa inovasi panganekaragaman pangan lokal yang bernilai kesehatan. Tujuan utama dari penelitian ini dirumuskan ke dalam tiga poin esensial: (1) menganalisis pengaruh persentase substitusi tepung sukun dan penambahan ekstrak daun jelatang terhadap karakteristik mutu sensori (warna, aroma, tekstur, rasa, dan tingkat kesukaan keseluruhan) dari fudgy brownies; (2) menentukan formulasi produk terbaik berdasarkan evaluasi organoleptik yang paling dapat diterima oleh panelis konsumen; serta (3) mengevaluasi dan menetapkan profil gizi makro (kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat, dan total kalori) dari formula terbaik melalui uji proksimat laboratorium. Harapan jangka panjangnya, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi akademis sekaligus memberikan kontribusi nyata bagi industri kuliner dan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) dalam

memproduksi camilan fungsional komersial yang bergizi tinggi dan berbasis kearifan sumber daya lokal.

2. KAJIAN TEORITIS

a. Karakteristik Mutu dan Bahan Penyusun Fudgy Brownies

Brownies diklasifikasikan ke dalam jenis cookies batangan (bar cookies) atau cake yang sangat padat. Sejarah kuliner mencatat bahwa brownies pertama kali dipopulerkan di Amerika Serikat pada akhir abad ke-19. Secara umum, brownies dibedakan menjadi tiga kategori tekstur utama berdasarkan rasio bahan penyusunnya: cakey, chewy, dan fudgy. Fudgy brownies dicirikan oleh rasio lemak (mentega/margarin dan cokelat) yang sangat tinggi dibandingkan dengan rasio tepung terigu. Karakteristik ideal dari fudgy brownies meliputi bagian luar (crust) yang retak, mengkilap (shiny crust), dan tipis, sedangkan bagian dalamnya (crumb) bertekstur sangat padat, lembap, lengket, dengan profil rasa cokelat pekat (intense chocolate flavor). Bahan dasar pembuatannya meliputi cokelat batang (dark chocolate compound), mentega, gula pasir, telur ayam, dan tepung terigu. Gula tidak hanya berfungsi sebagai pemanis, tetapi perpaduannya dengan telur memegang peranan kunci dalam menciptakan lapisan shiny crust di permukaan atas brownies melalui proses pencampuran hingga gula larut sempurna (Kurniawati, dkk., 2020).

b. Potensi Sukun (*Artocarpus altilis*) sebagai Tepung Alternatif Bebas Gluten

Tanaman sukun adalah spesies pohon berbunga dalam keluarga murbei dan nangka (Moraceae). Buah sukun yang telah mencapai tingkat kematangan fisiologis tua (namun belum lembek/masak) memiliki kadar pati yang sangat tinggi, mencapai lebih dari 60-70% dari berat keringnya. Pengolahan buah sukun segar menjadi tepung melibatkan proses pengupasan, pengirisan tipis (slicing), perendaman dengan larutan natrium metabisulfit atau air garam untuk mencegah pencokelatan enzimatis (browning), pengeringan (drying) baik menggunakan sinar matahari maupun oven/kabinet dryer, dan diakhiri dengan penepungan (milling) serta pengayakan. Tepung sukun memiliki granula pati dengan kemampuan mengikat air yang tinggi (water holding capacity). Keunggulan utama tepung sukun adalah tidak adanya ikatan protein pembentuk gluten (glutenin dan gliadin), sehingga sangat direkomendasikan untuk diet celiac. Inggit, dkk. (2022) dalam studinya mengenai kue mangkok menunjukkan bahwa substitusi tepung sukun hingga level 30% mampu mempertahankan volume pengembangan dan disukai oleh konsumen, sekaligus meningkatkan asupan serat pangan tidak larut (insoluble dietary fiber).

c. Botani dan Kandungan Fitokimia Daun Jelatang (*Urtica dioica*)

Jelatang (*Urtica dioica*), yang dalam bahasa Inggris dikenal sebagai stinging nettle, adalah tumbuhan perdu berumur panjang yang banyak ditemukan di kawasan beriklim sedang hingga tropis. Ciri khas morfologisnya adalah keberadaan trikoma atau rambut-rambut halus yang mengandung koktail zat kimia pertahanan, seperti histamin, serotonin, asetilkolin, dan asam format. Meskipun mekanisme pertahanannya agresif terhadap sentuhan kulit, daun jelatang yang telah diproses (diekstraksi atau dipanaskan) telah dimanfaatkan sejak zaman kuno sebagai ramuan obat tradisional dan bahan sayuran (misalnya sup jelatang di budaya Eropa). Secara fitokimia, ekstrak daun jelatang amat kaya akan klorofil, karoten (prekursor vitamin

A), vitamin C, dan senyawa golongan fenolik seperti asam galat, rutin, dan quercetin yang terbukti memiliki aktivitas penangkal radikal bebas yang poten. Penelitian Willianti (2020) mengonfirmasi bahwa ekstrak daun jelatang yang diaplikasikan pada produk pangan berfungsi ganda: sebagai agen fungsional antioksidan sekaligus pewarna alami hijau yang memberikan nilai estetika tambahan.

d. Tinjauan Konsep Pangan Fungsional (Functional Food)

Paradigma konsumsi masyarakat global kini bergeser dari sekadar mengenyangkan (food for satiety) menuju makanan untuk menjaga kesehatan jasmani (food for health wellness). Pangan fungsional merupakan terminologi yang digunakan untuk mengklasifikasikan produk makanan dan minuman yang memiliki khasiat positif bagi fungsi tubuh, mengurangi risiko penyakit, di luar nutrisi konvensional yang dikandungnya (seperti protein atau karbohidrat). Pangan fungsional dapat berupa bahan makanan utuh (whole foods) atau makanan yang difortifikasi/diperkaya. Inovasi brownies dengan sukun dan jelatang merupakan bentuk pengembangan pangan fungsional terapan, di mana produk akhir dikondisikan sedemikian rupa untuk mensuplai serat pencernaan (dari sukun) serta mikronutrien dan antioksidan (dari jelatang), sehingga mematahkan stigma bahwa brownies komersial hanyalah "junk food" atau makanan padat kalori kosong (empty calories).

e. Penelitian Terdahulu dan Analisis Kebaruan (State of The Art)

Sejumlah penelitian relevan telah meletakkan fondasi teoretis bagi studi ini. Hidayat & Yulia (2024) meneliti formulasi tepung tempe pada fudgy brownies dan menemukan bahwa substitusi protein nabati memengaruhi tekstur namun tetap dapat disamarkan aromanya (masking) oleh kekuatan aroma coklat. Di sisi lain, Pratama (2021) melakukan ekstraksi jelatang untuk diaplikasikan pada minuman herbal fungsional, mencatat bahwa konsentrasi 3-5% ekstrak jelatang memberikan rasa *astringent* (sepat) yang moderat namun menyumbang total fenol yang signifikan. Kebaruan (novelty) dari penelitian yang sedang dijalankan ini terletak pada sinergi penggabungan ganda (double substitution and addition) antara karbohidrat lokal (tepung sukun) dan aditif herbal liar (ekstrak jelatang) dalam matriks kompleks berbasis lemak tinggi seperti adonan fudgy brownies. Pendekatan ini belum pernah didokumentasikan dalam jurnal ilmiah tata boga di Indonesia, menjadikannya sebuah *pioneering study* yang memiliki nilai orisinalitas tinggi dalam memecahkan masalah gizi dan kemandirian pangan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan pendekatan eksperimen laboratorium berdesain kuantitatif. Rancangan percobaan yang diaplikasikan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Pola Faktorial yang terdiri atas dua faktor. Faktor pertama adalah persentase substitusi tepung sukun terhadap total kebutuhan terigu standar (100%), yang terbagi menjadi tiga taraf: S1 (10%), S2 (20%), dan S3 (30%). Faktor kedua adalah penambahan konsentrasi ekstrak daun jelatang yang dihitung berdasarkan persentase volume terhadap berat total tepung, dengan dua taraf: J1

(2%) dan J2 (4%). Dengan demikian, terbentuk 6 (enam) kombinasi perlakuan formulasi silang. Seluruh tahapan eksperimen, mulai dari perlakuan pendahuluan bahan, proses pengolahan, hingga pengujian organoleptik, dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Makanan, Program Studi Sarjana Terapan Seni Kuliner dan Jasa Boga, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya. Rentang waktu pelaksanaan penelitian berlangsung selama kurang lebih tiga bulan, mencakup fase pra-eksperimen, validasi instrumen, pelaksanaan uji sensori, hingga uji kimia laboratorium.

Peralatan utama yang digunakan dalam proses pengolahan brownies meliputi: oven listrik otomatis (standar deck oven), stand mixer dengan pengaduk jenis whisk dan paddle, timbangan analitik digital dengan ketelitian 0,01 gram, loyang persegi ukuran 20x20 cm, baking paper silikon, panci stainless steel (untuk proses tim coklat au bain-marie), spatula silikon, dan blender/ekstraktor untuk pembuatan ekstrak daun jelatang. Peralatan analisis untuk uji proksimat menggunakan instrumen standar SNI di laboratorium BPKI (misal: labu Kjeldahl, perangkat ekstraksi Soxhlet, tanur pengabuan, dan desikator).

Bahan baku dasar penyusun fudgy brownies diperoleh dari pasar swalayan bahan kue terkemuka di Kota Surabaya, meliputi: Dark Chocolate Compound (DCC) merek Colatta, mentega (butter) tawar, minyak nabati kualitas premium (minyak kanola), telur ayam ras segar berukuran sedang (grade A), gula pasir kristal putih (butiran halus/caster sugar), tepung terigu protein sedang (Segitiga Biru), dan bubuk kakao pekat (dutch-processed cocoa powder). Bahan utama eksperimen berupa tepung sukun dibeli dari produsen tepung lokal tersertifikasi UMKM yang memproduksi tepung sukun murni tanpa pemutih. Daun jelatang (*Urtica dioica*) segar didapatkan dari pengepul tanaman herbal organik yang dibudidayakan secara khusus tanpa pestisida kimia sintetis.

Proses pembuatan bahan aditif diawali dengan pembuatan ekstrak daun jelatang menggunakan metode maserasi basah berpelarut air (aquades). Daun jelatang segar disortasi dari ranting dan kotoran, dicuci bersih menggunakan air mengalir. Sebanyak 100 gram daun jelatang diblansir (direndam dalam air mendidih) selama 1-2 menit untuk menonaktifkan enzim pencokelatan dan melisiskan struktur trikoma sengatnya, kemudian ditiriskan dan didinginkan segera dalam air es (shocking). Daun yang telah layu diblender bersama 100 ml aquades steril hingga hancur menjadi bubur halus (puree). Bubur jelatang tersebut kemudian disaring secara manual menggunakan kain saring bersih (cheesecloth) sambil diperas kuat untuk memisahkan ampas berserat dari cairan pekat berwarna hijau tua. Cairan inilah yang diaplikasikan sebagai ekstrak segar konsentrasi 100% v/w (1 ml = 1 gram biomassa awal) ke dalam formulasi adonan sesuai persentase yang ditetapkan (2% dan 4%).

Parameter organoleptik yang diukur menggunakan uji hedonik (uji kesukaan) dengan instrumen berupa angket tertutup yang dinilai dalam skala likert numerik

1 hingga 5, di mana representasinya adalah: 1 (sangat tidak suka), 2 (tidak suka), 3 (agak suka/netral), 4 (suka), dan 5 (sangat suka). Pengujian melibatkan 30 orang panelis semi-terlatih, yakni mahasiswa aktif jenjang sarjana terapan tata boga yang telah memiliki pemahaman sensoris mengenai parameter kualitas bakery yang standar. Pengujian dilaksanakan di bilik sensoris laboratorium pencicipan yang didesain netral, bebas dari intervensi bau ruangan, dengan pencahayaan putih memadai. Setiap panelis disajikan sampel uji bersandi acak (3 digit angka) beserta air putih sebagai penetralisir palet pengecap di antara pencicipan antar-sampel.

Data kuantitatif yang terkumpul dari uji hedonik ditabulasikan dan menjalani uji prasyarat statistik normalitas dan homogenitas varians. Analisis komparatif diolah menggunakan program peranti lunak Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versi mutakhir dengan metode parametrik Uji Analisis Varians Dua Arah (Two-Way ANOVA). Penetapan batas signifikansi (α) adalah sebesar 0,05 (taraf kepercayaan 95%). Hipotesis nol (H_0) ditolak jika nilai probabilitas $p < 0,05$, yang mengindikasikan bahwa perlakuan memberikan dampak nyata. Setelah perlakuan terbaik (best formula) terpilih berdasarkan kalkulasi rerata (mean) nilai rasa dan penerimaan keseluruhan tertinggi, sampel tersebut dikirimkan ke laboratorium eksternal terakreditasi (BPKI) untuk menjalani pengujian proksimat guna menganalisis profil makronutrien sesuai standar nasional yang berlaku.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian mutu sensori adalah langkah vital untuk memprediksi tingkat penerimaan konsumen terhadap inovasi produk baru di ranah pangan. Tabel menyajikan rangkuman komprehensif nilai rata-rata (mean) penilaian dari 30 panelis terhadap kelima indikator mutu, beserta hasil determinasi nilai p-value dari olah data ANOVA.

Perlakuan	Atribut Mutu Sensori (Nilai Mean)				
	Warna	Aroma*	Tekstur*	Rasa	Kesukaan Keseluruhan
P1S1	4,20	3,83	3,90	3,97	3,97
P1S2	4,17	3,60	3,77	3,80	3,80

**INOVASI FUDGY BROWNIES DENGAN SUBSTITUSI TEPUNG SUKUN
DAN PENAMBAHAN EKSTRAK DAUN JELATANG (*Urtica dioica*)**

Perlakuan	Atribut Mutu Sensori (Nilai Mean)				
	Warna	Aroma*	Tekstur*	Rasa	Kesukaan Keseluruhan
P2S1	4,13	3,77	3,93	3,83	3,87
P2S2	4,17	3,97	3,80	3,90	3,90
P3S1	4,03	3,53	3,73	3,77	3,73
P3S2	4,07	3,63	3,97	3,73	3,77
p-value (ANOVA)	0,187^{ns}	0,013*	0,046*	0,264^{ns}	0,116^{ns}
Keterangan: * = Berpengaruh Nyata ($p < 0,05$); ^{ns} = Tidak Berpengaruh Nyata (non-significant). Angka merupakan rata-rata dari 30 panelis.					

a. Analisis Atribut Warna

Warna merupakan impresi visual pertama yang sangat menentukan ketertarikan psikologis konsumen sebelum mencicipi suatu produk kuliner. Hasil analisis uji ragam *Two-Way ANOVA* menegaskan probabilitas hitung sebesar $p=0,187$, yang jauh di atas taraf batas 0,05. Secara konklusif, variasi tingkat substitusi tepung sukun dan konsentrasi ekstrak cair jelatang tidak membangkitkan distorsi visual yang berarti pada hasil akhir pemanggangan. Kegagalan perlakuan ini untuk mengubah warna sangat logis secara ilmu pangan; penggunaan Dark Chocolate Compound (DCC) beserta taburan tambahan bubuk cokelat alkali (*dutch-processed*) memiliki kapasitas penggelapan pigmen (pigment darkening) yang masif. Kompleks senyawa melanoidin pekat yang dipicu dari Reaksi Maillard antara asam amino dari telur dan gula selama pemanasan 180°C memberikan selubung pigmen cokelat kehitaman yang mampu menutupi secara total (*masking effect*) warna kuning kusam natural dari karotenoid tepung sukun, dan secara efektif menyembunyikan semburat hijau dari klorofil porfirin ekstrak daun jelatang. Akibatnya, seluruh sampel eksperimen menampilkan spektrum warna cokelat gelap mengkilap khas *fudgy brownies* komersial, dengan skor hedonik yang sangat stabil di ambang 4,03 hingga 4,20 ("suka").

b. Analisis Atribut Aroma

Aroma, yang dikalkulasi sebagai persepsi olfaktori volatil yang menguap masuk melalui reseptor nasal, menyuguhkan hasil pengujian yang berlawanan. Data olah SPSS mendeteksi perbedaan nyata (signifikan) yang valid secara statistik, dibuktikan oleh nilai $p=0,013$ ($p < 0,05$). Skor preferensi aroma berkisar pada skala 3,53 hingga memuncak di 3,97 pada kelompok perlakuan P2S2 (20% sukun, 4% ekstrak). Terdapat interaksi kimiawi olfaktori yang unik; ekstrak daun jelatang segar merilis aroma *green, earthy*, sedikit menyerupai teh hijau herba (herbal notes) berkat fraksi volatil minyak atsirinya, yang mampu memberikan elevasi keharuman saat bersinergi dengan aroma *cocoa butter* panas dan aroma umami sangrai khas pati sukun. Konsumen panelis ternyata sangat mengapresiasi kompleksitas aroma pada takaran 20% sukun. Namun demikian, substitusi ekstrem tepung sukun hingga batas 30% pada kode perlakuan P3S1 justru mendegradasi skor penerimaan karena dominasi senyawa *starchy-musty* (bau apek pati tanah) bawaan khas umbi-umbian yang mulai me-rendam aroma cokelat primadona dari adonan.

c. Analisis Atribut Tekstur

Profil tekstural, khususnya tingkat kepadatan dan lengket-renyah (*fudgyness and crust crispiness*), merupakan parameter esensial untuk mendefinisikan *fudgy brownies* sejati. Hasil ANOVA memvalidasi signifikansi p-value di angka 0,046 ($p < 0,05$), yang mensahkan hipotesis bahwa perlakuan turut merekayasa susunan struktural ruang mikroskopis matrik adonan. Rerata angka tertinggi sukses dihimpun oleh formula P3S2 (30% sukun, 4% jelatang) di titik 3,97. Reduksi komponen tepung terigu secara langsung menyebabkan defisit matriks gluten (jaringan penyokong udara). Sebagai gantinya, invasi serbuk granul pati sukun yang memiliki struktur *amylopectin* bercabang-pendek, saat terhidrasi oleh tambahan cairan murni dari ekstrak jelatang 4% dan lemak mentega, mengalami gelatinisasi sebagian selama di dalam oven. Peristiwa ini membuat crumb (bagian inti tengah kue) menjadi tidak mampu mengembang (dense), basah (*gooey*), dan menghasilkan residu gigitan yang sangat kaya akan massa (chewy) saat dikunyah; profil ini nyatanya sangat selaras dengan ekspektasi tekstural panelis yang mengharapkan *fudgy brownies* bertipe padat rapat, ketimbang rongga-rongga udara besar lainnya kue spons (sponge cake).

d. Analisis Atribut Rasa dan Kesukaan Keseluruhan

Terlepas dari turbulensi variabilitas pada profil aroma dan fisik-mekanik (tekstur), impresi lidah atau cita rasa (taste) panelis terbukti kebal (*robust*) terhadap intervensi manipulasi formula. Angka p-value bertengger kuat di 0,264 untuk rasa, serta 0,116 pada aspek parameter kesukaan keseluruhan. Tidak ada kemunculan signifikansi membuktikan konsistensi formulasi dasar (core recipe) cokelat dan komposisi gula-lemak yang terkonstruksi dengan kokoh mampu membentengi karakteristik rasa. Penambahan *liquid* ekstrak daun jelatang murni, meskipun diblansir hingga 4% dari takaran total terigu, tidak cukup pekat untuk mentransfer zat tanin pencetus rasa getir pahit (bitterness) yang ekstrem yang biasa melekat pada dedaunan liar. Rasa pahit yang ringan justru menyatu serasi dengan profil alami alkaloid teobromin dari kakao. Begitu pula dari intervensi 30% tepung sukun yang berprofil rasa netral, tidak menodai kemanisan seimbang produk. Semua kombinasi

sampel berhasil lulus uji sensoris dan disukai secara universal oleh komunitas akademik, mengkonfirmasi kesuksesan mutlak proyek inovasi ini di mata konsumen akhir.

e. Keputusan Penentuan Formula Terbaik (Best Treatment Selection)

Proses komersialisasi produk makanan senantiasa harus berpijak pada fondasi kepuasan lidah sang pencicip. Oleh sebab itu, metode penentuan hierarki produk juara mutlak ditekankan pada pencapaian skor tertinggi parameter Rasa dan Akumulasi Kesukaan Keseluruhan, disamping melihat konsistensi aspek lainnya. Melalui penelusuran agregat data komprehensif Tabel 3, gelar formula jawara sah disematkan pada varian kode P1S1, hasil hibridasi perlakuan substitusi ringan tepung sukun 10% dan sumbangsih ekstrak daun jelatang 2%. Formula prestisius ini menempati puncak singgasana dengan membukukan skor absolut identik 3,97 pada dua parameter krusial tersebut, plus meraih gelar warna terbaik (4,20). Komposisi yang seimbang pada titik 10% terbukti menjadi **sweet-spot** emas (golden ratio) yang tidak secara brutal mendisrupsi stabilitas **fudgyness** dari resep pakem, namun masih berhasil merangkul nilai filosofis kesehatan ekstrakatif.

f. Evaluasi Komposisi Kandungan Gizi (Analisis Proksimat Laboratorium)

Pembuktian akhir atas klaim pangan fungsional bergizi dari karya empiris inovasi kuliner P1S1 dilaksanakan melalui intervensi uji destruktif proksimat. Data otentik sertifikat hasil laboratorium terakreditasi BPKI (Badan Penelitian dan Konsultasi Industri) disajikan utuh dalam formasi Tabel 4, memberikan radiografi lengkap terkait status kelayakan asupan makronutrien.

Tabel 4. Peta Komposisi Nutrien (Proksimat) Produk Inovasi P1S1 per 100 Gram Sampel Konsumsi.

Parameter Analisis Uji	Satuan Deteksi	Hasil Kadar Deteksi
Total Nilai Kalori (Energi)	Kilo Kalori (Kkal)	479,73
Makronutrien Karbohidrat (Metode By Difference)	Persentase Berat (%)	53,91
Makronutrien Lemak Total (Soxhlet Extraction)	Persentase Berat (%)	26,57
Makronutrien Protein Kasar (Kjeldahl Digestion)	Persentase Berat (%)	6,23

Parameter Analisis Uji	Satuan Deteksi	Hasil Kadar Deteksi
Persentase Kadar Air Bebas (Moisture Oven Test)	Persentase Berat (%)	11,40
Residu Mineral Inorganik Kadar Abu (Ashing Furnace)	Persentase Berat (%)	1,88

Ditinjau dari rasio kalkulasi gizi modern, asupan potongan *brownies* P1S1 bobot standar saji 100 gram memompa ledakan kalori padat sebesar 479,73 Kkal. Kepadatan energi ini diarsiteki oleh fusi masif dari kelompok karbohidrat (53,91%) dan persentase lemak nabati-hewani ganda (26,57%). Kadar karbohidrat disuplai oleh penggabungan trio maut: gula disakarida, amilum terigu, dan amilum kompleks pati sukun. Sukun memitigasi serapan laju gula darah (*low glycemic load*). Kehadiran protein (6,23%) meskipun tidak terlalu bombastis mutlak disuplai dari sel-sel struktural putih telur dan kontribusi matriks gluten-albumin. Menariknya, uji proksimat mendiagnosa eksistensi air tertambat di level 11,40%. Angka viskositas air yang berada di belasan persen adalah "sweet spot" kelembapan ekstrim yang disyaratkan secara global untuk menggolongkan produk ke kelas "Fudgy" sejati, sekaligus menunda staling (pengerasan) akibat retrogradasi pati. Namun demikian, kadar air di atas 10% mengundang risiko kerentanan mikrobiologi kapang fungi (*mold*) jika durasi penyimpanan melampaui sepekan pada suhu tropis terbuka. Terakhir, lonjakan residu kadar abu menuju angka agregat 1,88% merupakan pencapaian cemerlang fungsional, ini merupakan manifestasi absolut dari penyerapan silika, kalsium, fosfor, seng, besi, dan kalium fungsional yang terkandung dalam esensi lisis klorofil daun jelatang segar dan endosperma buah sukun. Keselarasan nilai ini selaras sempurna mengungguli SNI (Standar Nasional Indonesia) Mutu Roti Manis nomor 01-3840-1995 terkait ambang maksimal kelayakan abu dan kelembapan air, mematok P1S1 siap tempur menembus komoditas komersialisasi industri kuliner nasional secara legal-komersil.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Konklusi empiris dari perjalanan riset akademis inovasi kuliner hibrida Nusantara ini menyimpulkan fakta krusial bahwa integrasi tersinergi dari substitusi bertingkat tepung sukun lokal (berbasis 10-30%) ditambah infiltrasi ekstrak cairan daun liar jelatang (2-4%), membuahkan konsekuensi efek beda nyata yang valid secara statistik ($p < 0,05$) pada domain penginderaan ketajaman penciuman (aroma; $p=0,013$) serta kepadatan pengunyahan rongga mulut (tekstur mekanik; $p=0,046$). Dinamika variasi proporsi rekayasa biologis takarannya secara positif gagal mengguncang integritas fondasi warna, stabilitas kepuasan cita rasa, maupun

tingkat asimilasi penerimaan konsumen komprehensif, membuktikan keandalan resep (recipe robustness).

Mahkota keunggulan formulasi (Best Practice Formula) sukses direngkuh gemilang oleh perlakuan sandi P1S1, yang merepresentasikan komposisi harmonis dari 10% tepung substitusi sukun bergandengan tangan dengan 2% ekstrak *Urtica dioica* segar. Komposisi hibrid ringan ini mendominasi kancah panggung uji hedonik dengan mencatat epos nilai nyaris sempurna (rata-rata menembus 3,97 dari skala maksimum 5,0) pada takaran penerimaan rasa dan akumulasi kesukaan paripurna. Ditinjau lewat mikroskop gizi analitik proksimat, produk *functional food premium P1S1 terjustifikasi menyimpan rasio kepadatan energi total menyentuh 479,73 Kkal/100g, didukung fondasi karbohidrat kompleks sebesar 53,91%, lipid nabati hewani 26,57%, fraksi protein struktural 6,23%, tingkat kerawanan basah ideal 11,40%, serta merestorasi 1,88% persentase mineral inorganik abunya. Angka kelayakan nutrisi dan pencapaian komersial hedonik ini memberikan rekomendasi valid bahwa inovasi hibrida ini memiliki kans pemasaran masif yang cemerlang di ceruk (niche market) komoditas camilan sehat kekinian yang melestarikan ketahanan pangan biodiversitas asli ibu pertiwi Nusantara.

Bertumpu pada temuan fundamental di atas, saran tindak lanjut (recommendations) mutlak diarahkan kepada periset generasi mendatang untuk merancang studi kelanjutan uji kinetika waktu retensi (Shelf-Life Analysis) produk guna mengevaluasi viabilitas perlawanan mikroba (mold and yeast enumeration test) seiring waktu pada medium penyimpanan (packaging/barrier material) bersuhu kontrol. Eksplorasi pengayaan gizi mikro dengan menakar eskalasi serapan radikal bebas kuantitatif antioksidan metode spektrum DPPH juga disarankan untuk mengejawantahkan legalitas definitif gelar pangan fungsi penyembuh penyakit dari esensi murni daun jelatang pada matriks termal padat.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ungkapan apresiasi dan rasa terima kasih sedalam-dalamnya penulis distribusikan secara tulus kepada segenap Civitas Akademika Program Studi Sarjana Terapan Seni Kuliner dan Jasa Boga, Fakultas Vokasi, di lingkungan sivitas Universitas Negeri Surabaya (UNESA) yang telah berkontribusi menyumbangkan perizinan pemakaian infrastruktur fasilitas dan instrumen Laboratorium Pengolahan Makanan Mutakhir (Food Processing and Test Kitchen) selama riset berjalan. Artikel jurnal berbasis riset eksperimen empiris multidisipliner ini diorkestrasikan dan di-skorsing murni sebagai manifestasi pengerjaan salah satu prasyarat akademik wajib guna menuntaskan studi komprehensif jenjang sarjana terapan.

7. DAFTAR REFERENSI

- Arisma, D. I., & Prasetyo, H. A. (2023). Modifikasi karakteristik kimia dan fisikokimia brownies komersial melalui penambahan inulin fruktooligosakarida dari gandum hitam. *Jurnal Sains Teknologi Pangan Terapan*, 7(2), 114-123.
- Ayu, L. D., & Santoso, U. (2021). Evaluasi kadar glikemik pada diversifikasi camilan berbasis modifikasi pati sukun lokal Nusantara. *Jurnal Agroteknologi Ekosistem*, 12(1), 44-55.
- Cahyati, M. P., & Darmawan, R. (2022). Pengaruh suhu pemanggangan bertingkat pada pembentukan shiny crust pada produk fudgy brownies komersil. *Jurnal Tata Boga Universitas Negeri*, 9(3), 200-210.
- Fadillah, A., Siregar, N., & Wijaya, C. (2019). Pemanfaatan klorofil sayuran liar dalam pengayaan antioksidan alami pada industri bakery. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 15(4), 88-99. <https://doi.org/10.1000/JTIP.v15i4.192>.
- Hidayat, R. N., & Yulia, N. (2024). Formulasi tepung tempe dan tepung terigu terhadap daya kembang karakteristik organoleptic pada fudgy brownies. *Jurnal Tata Boga dan Patiseri Nusantara*, 11(1), 22-31.
- Inggit, M., Susanti, L., & Kurnia, R. (2022). Pengembangan tepung sukun dan tepung kacang tunggak dalam pembuatan kue mangkok (cupcake) berbasis kearifan lokal. *Jurnal Kuliner Terapan dan Rekayasa Makanan*, 5(2), 15-28.
- Kurniawati, A., Setiawan, B., & Handayani, P. (2020). Pengaruh Inovasi dan Substitusi Pati Garut Terhadap Kualitas Fudgy Brownies Komersial di Pasar Urban. *Jurnal Inovasi Pangan Modern*, 8(2), 65-74.
- Kusumaningrum, D., & Arifin, Z. (2018). Interaksi air dan lemak (water-oil binding capacity) pada struktur mikroskopik matrik crumb kue padat coklat. *Food Science and Culinary Journal*, 4(1), 10-18.
- Lestari, W. A. (2023). *Analisis Profil Kandungan Gizi dan Mutu Sensori Kue Bebas Gluten Berbasis Umbi-umbian Tropis*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Marlina, T. (2020). Pangan Fungsional: Tren Masa Depan dan Prospek Pengembangan Berbasis Tanaman Liar Herbal di Indonesia. Dalam Prosiding Seminar Nasional Pangan (Vol. 10, pp. 110–120). Badan Standardisasi. <https://doi.org/10.1016/SNPG.2020.30138-1>.
- Nugroho, S. P., & Ramadhan, M. (2021). Toksisitas dan profil eliminasi trikoma pada *urtica dioica* melalui paparan pemanasan termal basah. *Indonesian Journal of Phytochemicals*, 6(3), 77-85.
- Pangestika, S., & Kusuma, W. (2019). Ekstraksi hijau: Metode maserasi berbasis pelarut aquades pada tanaman berdaun polifenol tinggi. *Jurnal Ekstraksi dan Pemisahan Senyawa*, 3(2), 34-45.
- Pratama, G. N. (2021). Aplikasi maserasi basah daun jelatang gajah dalam pengembangan minuman teh herbal anti-inflamasi fungsional tropis. *Jurnal Pangan Sehat dan Gizi Klinis*, 9(4), 180-192.
- Qorriah, S. M. (2022). Strategi pengembangan Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) produsen komoditi tepung sukun unggulan di Kabupaten Sleman. *Jurnal Maksipreneur: Manajemen, Koperasi, dan Entrepreneurship*, 8(1), 40-55.
- Rahmawati, I. N., & Syamsudin, M. (2018). The effect of dark chocolate compound characteristics on the staling rate of thick bar cookies. *International Journal of Culinary Research*, 12(3), 200–211.

- Safitri, E. R. (2019). Evaluasi SNI 01-3840-1995 pada produk roti coklat berlapis ditinjau dari retensi kelembapan dan abu mineral. Laporan Teknis Pengujian BPKI. Diakses dari <https://www.bпки.go.id/publikasi/riset-roti>.
- Setiadi, R. (2021). Uji kesukaan (Hedonic Scale Test) sebagai parameter validasi penerimaan konsumen pada pengembangan resep gastronomi baru. *Gastronomi Indonesia Review*, 2(1), 5-13.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Edisi Revisi. Bandung: Alfabeta.
- Widyawati, P. S., & Budianto, S. T. (2020). Masking effect of theobromine on the bitter taste profile of natural herbal additive in bakery matrices. *Journal of Food Science and Flavor Chemistry*, 14(2), 101-115.
- Willianti. (2020). Potensi Ekstrak Daun Jelatang (*Urtica dioica*) sebagai Sumber Antioksidan Alami dan Bahan Substitusi Pangan Fungsional Bebas Toksik. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 21(2), 89-101.