

EVALUASI MUTU ROTI MANIS PADA BERBAGAI RASIO TEPUNG TERIGU DAN TEPUNG SORGUM (*Sorghum bicolor* L.)

QUALITY EVALUATION OF SWEET BREAD AT VARIOUS RATIOS OF WHEAT FLOUR AND SORGHUM FLOUR (*Sorghum bicolor* L.)

Lila Anggriani¹, Zainuri^{2*}, Siska Cicilia², Rucitra Widyasari²

¹Program Sarjana Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

²Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

*Email Penulis korespondensi: zainuri.ftp@unram.ac.id

Abstrak

Roti manis merupakan salah satu jenis produk bakery yang digemari masyarakat dan berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional melalui pemanfaatan sereal lokal seperti sorgum. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio tepung terigu dan tepung sorgum terhadap karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik roti manis komposit. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap satu faktor dengan perlakuan rasio tepung terigu:tepung sorgum (100:0; 95:5; 90:10; 85:15; 80:20; 70:30). Parameter yang diamati meliputi sifat kimia (kadar air, kadar abu, kadar serat kasar), fisik (volume pengembangan, warna crust dan crumb, serta tekstur instrumental), dan organoleptik (aroma, rasa, tekstur, dan warna). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan tepung sorgum pada berbagai rasio memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar serat kasar, dan volume pengembangan roti manis, namun tidak berbeda nyata terhadap warna crumb, tekstur instrumental, serta seluruh parameter hedonik. Penambahan tepung sorgum sebanyak 15% (rasio 85:15) merupakan perlakuan terbaik yang menghasilkan roti manis dengan kadar air 24,51%; kadar abu 1,52%; kadar serat kasar 5,87%; volume pengembangan baik; serta aroma, rasa, tekstur, dan warna yang disukai panelis.

Kata-Kata Kunci : Bakery, Rasio, Roti Manis, Sereal, Sorgum, Terigu

Abstract

Sweet bread is a type of bakery products that is popular with the public and has the potential to be developed as a functional food through the utilization of local cereals such as sorghum. This research aims to determine the effect of wheat flour and sorghum flour ratio on the physical, chemical, and organoleptic characteristics of composite sweet bread. The experimental design used was a one-factor Completely Randomized Design with treatments of wheat flour : sorghum flour ratio (100:0; 95:5; 90:10; 85:15; 80:20; 70:30). The parameters observed include chemical properties (moisture content, ash content, crude fiber content), physical properties (expansion volume, crust and crumb color, and texture), and organoleptic properties (aroma, taste, texture, and color). The research results indicated that adding sorghum flour at various ratios significantly affected the moisture content, ash content, crude fiber content, and loaf volume of sweet bread, but did not significantly affect crumb color, instrumental texture, or any of the hedonic parameters. The addition of 15% sorghum flour (85:15 ratio) was the best treatment, resulting in sweet bread with a moisture content of 24.51%; ash content of 1.52%; crude fiber content of 5.87%; good loaf volume; and aroma, taste, texture, and color preferred by the panelists.

Keywords : Sweet Bread, Ratio, Cereal, Sorghum, Flour,

PENDAHULUAN

Kecenderungan global menuju pola makan yang lebih sehat, berkelanjutan, dan personal mendorong meningkatnya minat terhadap pangan fungsional serta produk bebas gluten (Dias et al., 2023). Di banyak negara berkembang, agenda kemandirian pangan dan diversifikasi sumber karbohidrat juga menguat untuk menekan ketergantungan pada terigu impor (Mottaleb et al., 2022; OECD-FAO 2025). Pada saat yang sama, konsumen menuntut produk yang bukan hanya aman dan bernutrisi, tetapi juga memuaskan secara

sensori (rasa, aroma, tekstur, dan warna). Oleh karena itu pengembangan dan pemanfaatan bahan baku lokal bernilai gizi tinggi sebagai upaya diversifikasi untuk peningkatan sifat fungsional dan preferensi konsumen perlu dikaji lebih luas.

Sebagai salah satu opsi bahan bebas gluten berbasis singkong yaitu MOCAF (*Modified Cassava Flour*) yang memiliki ketersediaan melimpah dan potensi ekonomi yang baik (Herlianto et al., 2022; Srikandi et al., 2024). Namun, pada aplikasi *bakery*, terutama diversifikasi pada produk kukis, MOCAF kerap memunculkan tantangan teknofungsional seperti tekstur rapuh (*crumbly*), *massa* kurang mendukung kerenyahan optimal, dan struktur yang terbatas akibat ketiadaan gluten (Chamorro & Palencia, 2025; Khoirunnida et al., 2024; Ola et al., 2025). Secara umum, kukis berbasis terigu memiliki mutu sensori yang stabil dan daya simpan yang baik, sehingga ketika terigu digantikan dengan mocaf, diperlukan modifikasi baik pada proses maupun pada bahan baku untuk menghasilkan kukis dengan mutu yang sebanding.

Sorgum sebagai sereal lokal menawarkan keunggulan fisik dan gizi untuk memperbaiki karakteristik kukis; kandungan pati dan seratnya berpotensi meningkatkan tekstur sekaligus mendukung diversifikasi non-terigu (Bukonja et al., 2025). Di sisi lain, tepung daun kelor (*Moringa oleifera*) kaya protein, mineral, vitamin, dan senyawa fenolik yang relevan bagi aktivitas antioksidan (Fidyasari et al., 2024). Integrasi sorgum dan kelor dalam basis MOCAF diharapkan tidak hanya menutupi kelemahan teknofungsional (kenyahan, struktur, dan warna), tetapi juga meningkatkan kualitas gizi serta nilai fungsional produk (Pandiangan et al., 2022; Wulandari et al., 2024).

Sejumlah studi mendukung arah tersebut: fortifikasi tepung daun kelor pada cookies konsisten meningkatkan total fenol/antioksidan serta memengaruhi atribut warna dan penerimaan (Nuzzo et al., 2021), sedangkan sorgum banyak diadopsi sebagai basis kukis bebas gluten karena dapat memperkaya komponen gizi dan bioaktif sembari mempertahankan mutu sensori (Aljobair, 2022). Pemanfaatan MOCAF untuk kukis juga menunjukkan prospek sebagai substitusi terigu dan platform pengembangan produk bebas gluten dengan kombinasi bahan lokal (Sarwini et al., 2021). Namun, kajian formulasi yang secara khusus mengintegrasikan ketiga komponen MOCAF, sorgum, dan tepung daun kelor masih terbatas, sehingga diperlukan penelitian yang sistematis untuk memetakan pengaruh rasio bahan terhadap mutu kimia, fungsi antioksidan, performa fisik, dan penerimaan sensori.

Bertolak dari latar belakang tersebut, masih terdapat celah penelitian terkait formulasi kukis bebas gluten yang secara simultan mengombinasikan MOCAF, tepung sorgum, dan tepung daun kelor serta mengkaji dampaknya secara terpadu terhadap mutu produk. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengaruh variasi rasio tepung sorgum dan tepung daun kelor dalam formulasi kukis berbasis MOCAF terhadap mutu kimia, sifat fungsional, karakteristik fisik, dan penerimaan sensori. Secara khusus, penelitian ini bertujuan mengevaluasi kadar air, abu, dan protein; menilai total fenol dan aktivitas antioksidan (metode DPPH); mengkaji warna (L^* dan Hue) serta tekstur instrumental; dan menganalisis tingkat kesukaan panelis melalui uji hedonik dan skoring. Penelitian dilaksanakan secara eksperimental di laboratorium menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan perlakuan variasi rasio tepung sorgum dan tepung daun kelor dalam basis MOCAF.

Secara ilmiah, penelitian ini diharapkan memperkaya kajian pengembangan kukis bebas gluten berbasis MOCAF yang difortifikasi sorgum dan daun kelor sebagai sumber senyawa bioaktif melalui pendekatan penilaian mutu yang komprehensif (kimia, fungsional, fisik, dan sensori). Secara praktis, hasil penelitian diharapkan menghasilkan rekomendasi formulasi kukis berbahan baku lokal dengan mutu gizi dan fungsional yang

lebih baik, sehingga dapat mendukung diversifikasi pangan berbasis singkong dan sorgum serta penguatan agroindustri skala rumah tangga maupun UMKM.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan roti manis adalah baskom, loyang, mesin *proofer*, *mixer*, nampan, oven, pisau, plastik wrap, rolling pin, sarung tangan, sendok, talenan, tisu, dan pengukur waktu, dengan alat analisis antara lain: *beaker glass*, cawan porselen, *colorimeter*, corong kaca, desikator, erlenmeyer, gelas kimia, kertas label, kertas saring, kompor dan kondensor, labu khjedhal, pengaduk, tanur, *texture analyzer*, *thermometer*, timbangan analitik, dan alat laboratorium lainnya.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tepung sorgum (Orean), tepung terigu (Gerbang), susu bubuk skim (Alfa), mentega putih (Palmia), air, gula halus (Madre), garam yodium, ragi instan (Fermipan), *bread improver* (Baker's bonus A), aquades, batu didih, CuSO_4 dan H_2SO_4 .

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor tunggal yaitu rasio tepung terigu dan tepung sorgum (P) yang terdiri dari enam perlakuan yaitu (P₀) Tepung Terigu 100% : Tepung Sorgum 0%, (P₁) Tepung Terigu 90% : Tepung Sorgum 10%, (P₂) Tepung Terigu 85% : Tepung Sorgum 15%, (P₃) Tepung Terigu 80% : Tepung Sorgum 20 %, (P₄) Tepung Terigu 75% : Tepung Sorgum 25%, dan (P₅) Tepung Terigu 70% : Tepung Sorgum 30%. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan dan diperoleh 18 unit percobaan. Data hasil pengamatan selanjutnya dianalisis dengan analisis keragaman (*Analysis of Variance*) pada taraf nyata 5% menggunakan *software Co-Stat*. Apabila terdapat perbedaan nyata, akan dilakukan uji lanjut dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) (Hanafiah, 2002).

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan Roti Manis Sorgum

Roti manis sorgum dibuat menggunakan metode *straight dough*. Bahan-bahan ditimbang sesuai formulasi, kemudian dicampurkan secara bertahap yang meliputi tepung terigu, tepung sorgum, tepung glukomanan, susu bubuk, gula, *bread improver*, dan ragi. Setelah tercampur homogen, ditambahkan mentega putih, telur, dan garam, kemudian adonan diuleni dengan penambahan air es sebanyak 40 mL yang diberikan secara perlahan pada kecepatan sedang selama ± 15 menit. Adonan yang terbentuk selanjutnya difermentasi dalam *proofer* pada suhu 40 °C dan kelembapan relatif (RH) 80 % selama 35 menit. Setelah fermentasi pertama, adonan ditimbang, dikempiskan menggunakan *rolling pin*, kemudian dibentuk menjadi lembaran setebal ± 2 cm dan selanjutnya dibulatkan. Adonan yang telah dibentuk diletakkan pada loyang yang telah diolesi mentega dan dilakukan fermentasi kedua dalam *proofer* pada suhu 40 °C dan RH 80 % selama 60 menit. Tahap akhir, adonan dipanggang dalam oven listrik pada suhu 175 °C selama 20 menit hingga diperoleh roti manis sorgum yang matang.

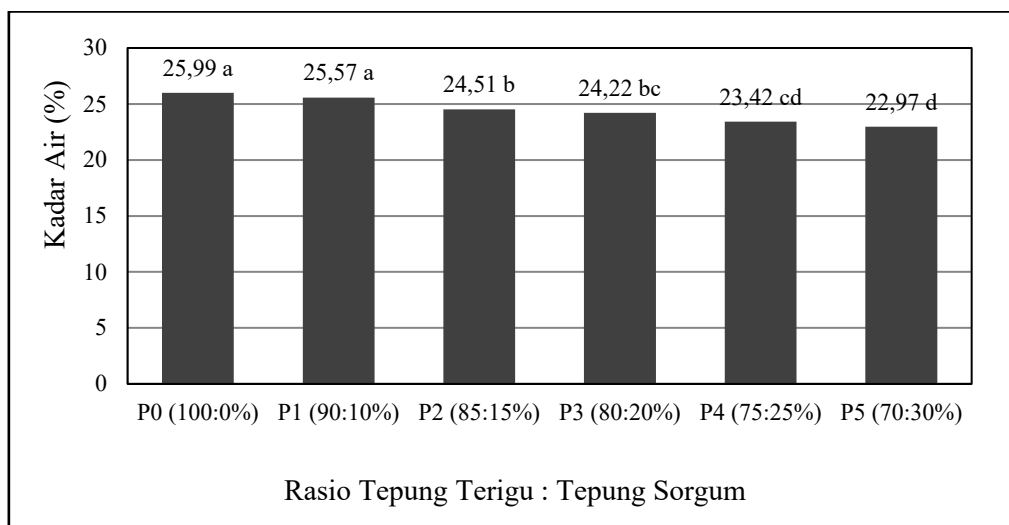
Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi kadar air (Sudarmadji, 2010), kadar abu (Sudarmadji, 2010), kadar serat kasar (Ulfa et al., 2023), volume pengembangan (Hartajnie dan Rhani, 2010), warna (Syahrul, 2017), tekstur (Iswara et al., 2019) dan karakteristik organoleptik (Rahayu, 1998).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter mutu utama pada roti manis karena memengaruhi kelembutan remah, laju pengeringan (*staling*), umur simpan, dan kerentanan terhadap pertumbuhan mikroba. Menurut SNI 01-3840-1995 tentang roti manis, kadar air maksimum yang diperbolehkan adalah 40% (b/b), sehingga produk dengan kadar air di bawah batas ini umumnya dinilai aman dan layak dikonsumsi. Pada roti berbasis tepung terigu, air terutama terikat dalam jaringan gluten dan granula pati yang tergelatinisasi. Oleh karena itu, perubahan komposisi tepung seperti substitusi tepung terigu dengan tepung sorgum akan berpotensi mengubah distribusi air dalam adonan dan kelembaban produk akhir. Pengaruh rasio tepung terigu dan tepung sorgum terhadap kadar air roti manis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Pengaruh Rasio Tepung Terigu dan Tepung Sorgum terhadap Kadar Air Roti Manis

Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata kadar air berkisar antara 25,99–22,97%, dengan nilai tertinggi pada perlakuan P0 (100% tepung terigu) dan menurun secara bertahap seiring meningkatnya proporsi tepung sorgum hingga P5 (70% terigu: 30% sorgum). Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa variasi rasio tepung terigu–sorgum berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar air, yang mengindikasikan bahwa substitusi tepung sorgum sampai 30% mampu memodifikasi kandungan air produk tanpa melampaui batas maksimum kadar air roti manis menurut SNI. Sebagai pembandingan, penelitian roti manis komposit terigu dan ubi jalar ungu melaporkan kadar air sekitar 25,41%, sehingga kisaran kadar air 22–26% yang diperoleh dalam penelitian ini masih berada dalam rentang kadar air roti manis komposit yang umum dan dapat diterima (Saputra et al., 2016).

Secara fisiokimia, penurunan kadar air seiring meningkatnya rasio tepung sorgum dapat dikaitkan dengan perbedaan sifat fungsional gluten dan komponen penyusun tepung sorgum. Tepung terigu mengandung protein gluten yang, setelah hidrasi dan pengadonan, membentuk jaringan elastis yang mampu menahan air dan gas selama fermentasi dan pemanggangan; pengurangan proporsi gluten akan menurunkan kemampuan matriks remah untuk mengikat air (Ren et al., 2020). Sebaliknya, tepung sorgum tidak membentuk jaringan gluten dan relatif kaya pati serta serat pangan, sehingga fraksi serat dan pati berkompetisi dengan protein dalam

memanfaatkan air serta cenderung meningkatkan kehilangan air selama pemangangan. Studi mengenai penambahan polisakarida serat (misalnya β -glukan) pada adonan roti juga menunjukkan bahwa serat pangan dapat berkompetisi dengan jaringan gluten dalam mengikat air, mengubah struktur gluten, dan pada akhirnya menurunkan kadar air produk akhir (Welstanowska et al., 2023). Temuan ini konsisten dengan laporan Fatkurahman et al., (2012) dan Rahmadhani (2022) bahwa peningkatan proporsi tepung non-gluten, termasuk sorgum, cenderung menurunkan kadar air roti dan mempercepat pengeringan remah selama pemangangan maupun penyimpanan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan beberapa studi mutakhir mengenai roti komposit berbasis sorgum. Maureen et al. (2024) pada roti dengan campuran terigu–sorgum (0–16%) melaporkan bahwa kadar air roti menurun pada level sorgum tertinggi, dengan nilai terendah pada formulasi 16% sorgum dan tetap berada dalam kisaran yang dapat diterima, bersamaan dengan peningkatan kadar serat dan perubahan tekstur remah (Mariera et al., 2017). Penelitian lain yang mengevaluasi pengaruh *pre-processing* sorgum (perkecambahan dan penyangraian) pada roti komposit juga menunjukkan bahwa baik perlakuan sorgum maupun level substitusi 20–30% berpengaruh nyata terhadap kadar air, *baking loss*, dan mutu sensoris roti yang dihasilkan (Singh & Prabhat, 2024).

Sedangkan pada roti bebas gluten berbasis campuran tepung sorgum, peningkatan level tepung sorgum juga dilaporkan menurunkan persepsi kelembaban (*moistness*) dan meningkatkan kesan kering serta *crumbly* pada remah, walaupun secara kimia kadar air roti hanya berubah dalam rentang yang relatif sempit (Adzqia & Suwonsichon, 2023). Penelitian lain dari pembuatan roti *sorghum-enriched* menegaskan bahwa dilusi gluten dan meningkatnya fraksi serat adalah faktor kunci yang mengubah retensi air, densitas remah, dan laju *staling* pada roti komposit berbasis sorgum (Omer & Khashaba, 2023). Dengan demikian, pola penurunan kadar air yang diamati pada roti manis terigu–sorgum dalam penelitian ini konsisten dengan tren yang dilaporkan di literatur internasional, sekaligus menunjukkan bahwa substitusi sorgum hingga 30% masih memungkinkan diperoleh roti manis dengan kadar air sesuai standar dan berpotensi memiliki karakteristik fungsional yang lebih baik.

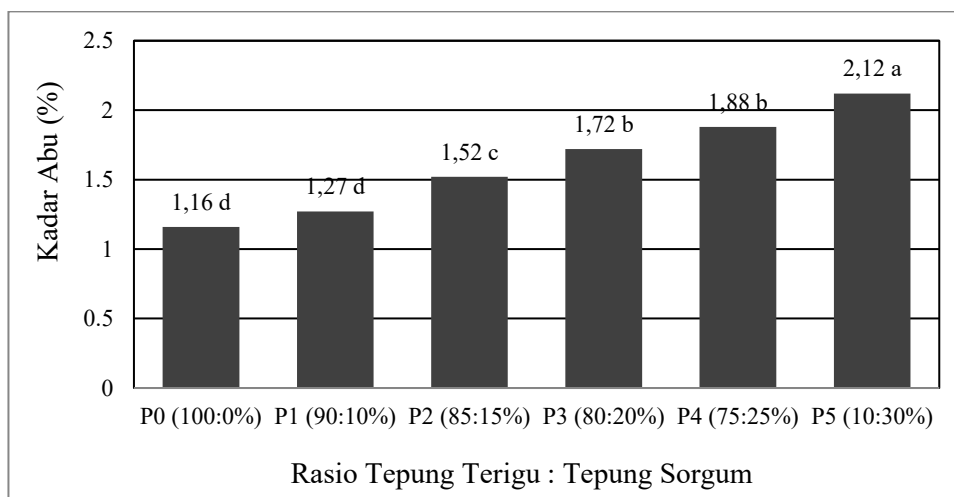
Kadar Abu

Kadar abu menggambarkan total mineral anorganik yang tertinggal setelah bahan pangan dibakar sempurna, sehingga umum digunakan sebagai indikator kandungan mineral, kemurnian bahan, sekaligus salah satu penentu mutu gizi produk roti. Pada roti manis, parameter ini penting bukan hanya untuk memastikan kesesuaian dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-3840-1995) yang mensyaratkan kadar abu maksimum 3% (bb), tetapi juga untuk menilai kontribusi bahan substituen seperti tepung sorgum yang dikenal kaya mineral terhadap peningkatan densitas mineral produk akhir.

Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 2), variasi rasio tepung terigu dan tepung sorgum memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar abu roti manis. Nilai kadar abu roti berada pada kisaran 1,16–2,12%, dengan kecenderungan meningkat seiring dengan bertambahnya proporsi tepung sorgum dalam formulasi, tetapi seluruh perlakuan masih berada jauh di bawah batas maksimum SNI (3%). Pola ini konsisten dengan data proksimat bahan baku yang menunjukkan bahwa tepung sorgum memiliki kadar abu lebih tinggi dibandingkan tepung terigu, sehingga penambahan sorgum secara logis memperkaya kandungan mineral total adonan dan roti yang dihasilkan.

Kecenderungan peningkatan kadar abu pada roti manis ini juga sesuai dengan karakteristik komposisi sorgum yang mengandung mineral dalam jumlah bermakna, antara lain fosfor, seng, besi, kalsium, magnesium, kalium, dan natrium (Antarlina, S.S., Estiasih, T., Zubaidah, 2021; Pontieri et al., 2024). Bagian luar biji sorgum (*bran* dan *aleurone*) relatif lebih kaya mineral dibandingkan endosperm gandum sehingga ketika tepung sorgum dipadukan

dengan tepung terigu (Adebo & Kesa, 2023), fraksi mineral dari sorgum akan berkontribusi terhadap kenaikan kadar abu roti. Studi sifat fisiko-kimia tepung sorgum putih juga menunjukkan bahwa kadar abu sorghum berada pada rentang 0,14–0,35% (bk), dan nilainya dipengaruhi oleh ukuran partikel serta perlakuan perendaman dan pengupasan (Antarlina, S.S., Estiasih, T., Zubaidah, 2021), mengindikasikan bahwa sorgum memang merupakan sumber mineral yang relevan dalam formulasi produk *bakery* (Tanwar et al., 2023). Temuan-temuan ini mendukung hasil penelitian bahwa pergeseran formulasi ke arah proporsi sorgum yang lebih tinggi berasosiasi dengan peningkatan kadar abu roti manis.



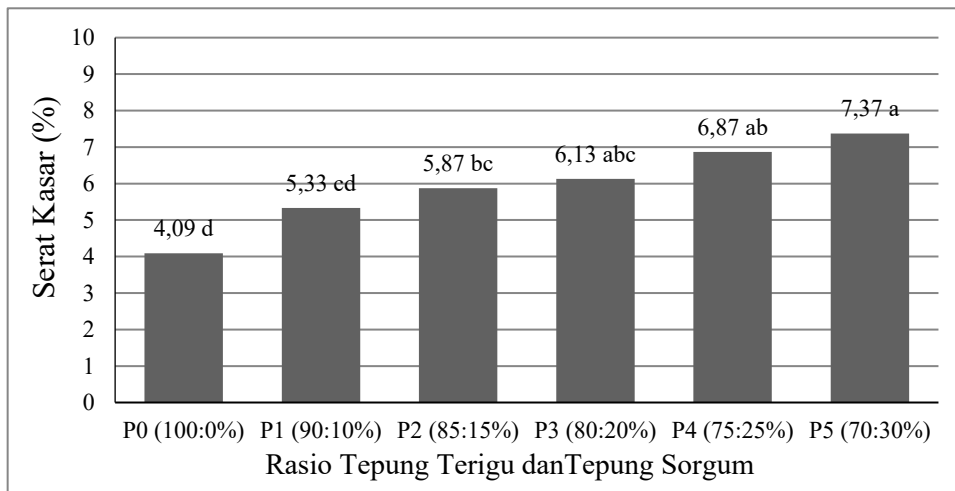
Gambar 2. Grafik Pengaruh Rasio Tepung Terigu dan Tepung Sorgum terhadap Kadar Abu Roti Manis

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rerata kadar abu roti manis yang dihasilkan berkisar antara 1,16% hingga 2,12%. Nilai tersebut berkaitan erat dengan karakteristik bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tepung terigu memiliki kadar abu sebesar 0,62%, sedangkan tepung sorgum memiliki kadar abu lebih tinggi, yakni 2,53%. Aprilia (2015) melaporkan bahwa semakin besar penambahan tepung sorgum dalam formulasi cookies, semakin tinggi kadar abu produk, sejalan dengan kadar abu tepung sorgum yang mencapai 1,6% per 100 g. Penelitian lainnya oleh Rahmadhani (2022) juga menunjukkan bahwa penambahan tepung sorgum pada roti manis ubi jalar ungu hingga konsentrasi 20% dapat meningkatkan kadar abu dari 0,99% menjadi 1,67%. Mengacu pada persyaratan mutu Standar Nasional Indonesia (SNI 01-3480-1995), yang menetapkan kadar abu maksimum roti manis sebesar 3% (bb), dapat disimpulkan bahwa kadar abu roti manis pada seluruh perlakuan P0–P5 dalam penelitian ini masih berada dalam batas yang diizinkan dan telah memenuhi standar mutu SNI.

Kadar Serat Kasar

Pengaruh rasio tepung terigu dan tepung sorgum terhadap kadar serat kasar roti manis dapat dilihat pada **Gambar 3**. Variasi komposisi kedua tepung memberikan pengaruh yang berbeda nyata $p < 0,05$ terhadap kadar serat kasar, dengan kisaran nilai 4,09–7,37%. Peningkatan proporsi tepung sorgum dalam formulasi menyebabkan kenaikan kadar serat kasar secara konsisten; perlakuan kontrol 100% tepung terigu menghasilkan kadar serat kasar terendah, sedangkan formulasi dengan substitusi sorgum tertinggi (70:30 terigu:sorgum) memberikan nilai tertinggi. Selanjutnya formulasi 85:15 (terigu:sorgum) menghasilkan kadar serat kasar 5,87% dengan mutu kimia yang tetap baik serta karakteristik sensori (aroma, rasa, tekstur, dan warna) yang masih disukai

panelis, sehingga menunjukkan bahwa peningkatan kadar serat kasar melalui fortifikasi sorgum masih dapat dicapai tanpa menurunkan penerimaan konsumen terhadap roti manis.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Rasio Tepung Terigu dan Tepung Sorgum terhadap Kadar Serat Kasar Roti Manis

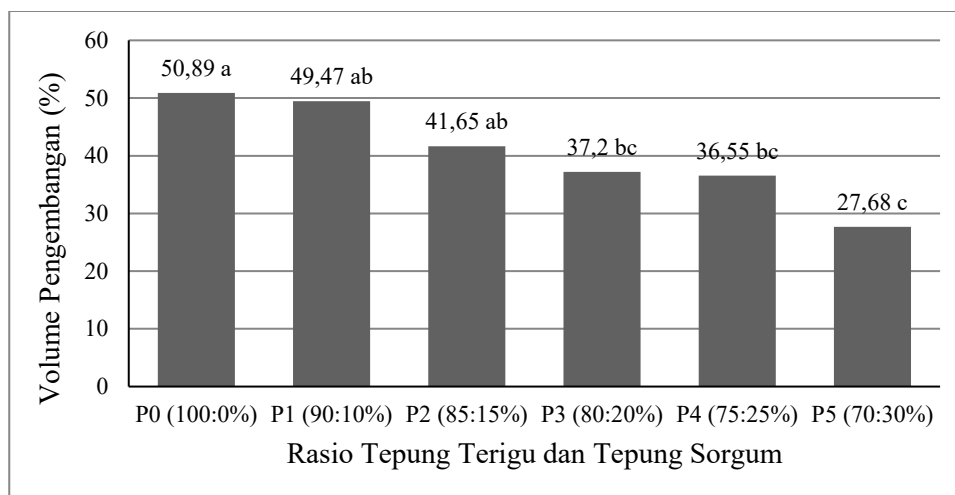
Secara komposisi, sorgum diketahui kaya serat pangan, protein, dan mineral esensial sehingga sangat potensial dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan fungsional berbasis sereal (Hassan, 2023; Tanwar et al., 2023). Kajian terhadap bagian anatomi biji sorgum menunjukkan bahwa fraksi bran dan aleuron memiliki kadar serat dan abu yang jauh lebih tinggi dibandingkan *whole grain*, sehingga kontribusi serat kasar dari sorgum terutama berasal dari lapisan luar biji (Adebo & Kesa, 2023). Kondisi ini menjelaskan bahwa peningkatan rasio tepung sorgum dalam formulasi roti manis secara langsung menaikkan kontribusi fraksi serat kasar dalam matriks roti. Sejalan dengan itu, berbagai penelitian tentang cookies, roti bebas gluten, dan roti komposit berbasis sorgum melaporkan bahwa penambahan tepung sorgum secara konsisten meningkatkan kandungan serat dan memperkaya profil fungsional produk *bakery* yang dihasilkan (Mtelisi et al., 2020; Aguiar et al., 2023).

Jika dibandingkan dengan roti komposit lain yang diformulasikan untuk meningkatkan nilai gizi, kadar serat kasar roti manis sorgum dalam penelitian ini tergolong tinggi. Berbagai studi roti komposit berbasis tepung non-gandum (misalnya sereal alternatif dan legum) memang melaporkan adanya peningkatan kadar serat dan abu, namun kisaran serat yang diperoleh umumnya masih lebih rendah dibandingkan nilai 4,09–7,37% yang dicapai pada roti manis berbasis sorgum ini (Mtelisi et al., 2020; Val et al., 2023). Dengan demikian, formulasi terigu:sorgum 85:15 yang mampu mencapai serat kasar 5,87% sekaligus tetap disukai panelis merupakan kontribusi penting, yang mana roti manis yang dihasilkan tidak hanya menawarkan profil serat yang lebih tinggi dibandingkan banyak roti komposit lain, tetapi juga sejalan dengan arah pengembangan roti sorgum modern sebagai produk bakery tinggi serat berbasis bahan lokal dengan potensi klaim fungsional yang lebih kuat (Tanwar et al., 2023; Adebo & Kesa, 2023).

Volume Pengembangan

Volume pengembangan roti manis merupakan indikator utama kemampuan adonan menahan gas selama fermentasi dan pemanggangan, sehingga berkaitan langsung dengan ketinggian loaf, kerapatan remah, serta kesan empuk di mulut (Rumler & Schönlechner, 2021). Secara teoritis, volume pengembangan sangat ditentukan oleh

keberadaan dan kualitas jaringan gluten pada tepung terigu, yang berfungsi menangkap gas CO₂ hasil aktivitas ragi dan mempertahankan struktur pori selama proses pemanggangan (Mtelisi et al., 2020). Penambahan tepung sorgum dalam formulasi roti komposit berpotensi memodifikasi karakteristik ini karena sorgum tidak mengandung gluten, tetapi kaya komponen non-pati (serat dan protein kafirin) yang dapat mengganggu kontinuitas jaringan gluten (Raza et al., 2017). Dengan demikian, evaluasi volume pengembangan pada berbagai rasio tepung terigu–tepung sorgum menjadi penting untuk menentukan batas substitusi sorgum yang masih mampu menghasilkan roti manis dengan struktur mengembang yang baik dan tetap dapat diterima secara sensori (Sibanda et al., 2015).



Gambar 4. Grafik Pengaruh Rasio Tepung Terigu dan Tepung Sorgum terhadap Volume Pengembangan Roti Manis

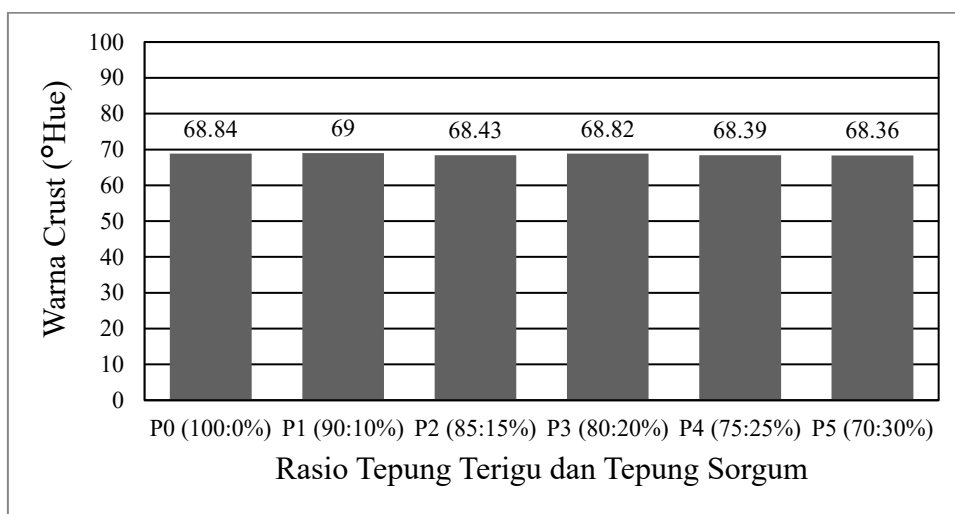
Berdasarkan data pada Gambar 4, variasi rasio tepung terigu dan tepung sorgum memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap volume pengembangan roti manis. Formulasi kontrol 100% tepung terigu menunjukkan volume pengembangan tertinggi, sedangkan peningkatan proporsi tepung sorgum dalam formulasi menyebabkan penurunan bertahap volume pengembangan hingga titik terendah pada perlakuan dengan persentase sorgum paling tinggi. Meskipun demikian, formulasi 85:15 (rasio tepung terigu:tepung sorgum) masih menunjukkan volume pengembangan yang relatif tinggi dan tidak menurunkan penerimaan panelis, sehingga dapat dianggap sebagai kompromi optimal antara kualitas fisik dan perbaikan nilai gizi. Pola ini mengindikasikan bahwa pada level substitusi moderat, jaringan gluten dari tepung terigu masih cukup untuk mempertahankan kemampuan mengembang roti, sementara penambahan sorgum mulai memperberat matriks adonan dan mengurangi kapasitas penjebakan gas. Secara praktis, hasil tersebut menegaskan bahwa penggunaan sorgum pada kisaran sekitar 15% masih memungkinkan diperolehnya roti manis dengan volume pengembangan yang baik sekaligus memperkaya profil gizi produk.

Warna (*Crust*)

Warna kerak (*crust*) roti manis merupakan salah satu atribut mutu yang sangat menentukan persepsi kualitas dan penerimaan konsumen, karena terkait dengan kesan tingkat kematangan, rasa panggang (*roasted flavour*), dan penampilan keseluruhan loaf (Olakanmi, 2023). Secara instrumental, warna *crust* lazim dinyatakan dalam sistem CIE $L^*a^*b^*$ dan dapat diturunkan menjadi sudut Hue ($^{\circ}$ Hue) yang menggambarkan

pergeseran nuansa warna dari merah menuju kuning; roti komersial umumnya diharapkan memiliki warna coklat keemasan dengan nilai Hue di kisaran tersebut (Lukinac et al., 2022). Studi mutu roti menunjukkan bahwa warna *crust* yang berada pada rentang “golden brown” dikaitkan dengan tingkat penerimaan yang tinggi, dan bahwa perubahan kecil pada komposisi bahan (jenis tepung, kadar gula, protein dan senyawa fenolik) maupun kondisi pemanggangan dapat memodifikasi parameter warna secara bermakna (Posadzka-siupik & Kaszuba, 2025). Dalam hal ini, evaluasi warna *crust* roti manis terigu dan sorgum penting dilakukan untuk memastikan bahwa substitusi tepung sorgum sebagai bahan lokal alternatif tetap menghasilkan penampakan produk yang sesuai preferensi konsumen.

Berdasarkan Gambar 5, rasio tepung terigu dan tepung sorgum tidak memberikan pengaruh berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap warna *crust* roti manis yang dinyatakan sebagai sudut Hue ($^{\circ}\text{Hue}$). Nilai Hue *crust* yang dihasilkan berada pada kisaran relatif sempit, yaitu $68,36\text{--}69,00^{\circ}$, yang menunjukkan bahwa seluruh perlakuan masih menghasilkan warna coklat kekuningan khas roti manis dan tidak bergeser ke arah *crust* yang terlalu pucat maupun terlalu gelap. Pergeseran nilai Hue antar perlakuan mencerminkan perubahan intensitas kecokelatan permukaan roti sebagai akibat modifikasi komposisi tepung, tetapi tetap berada dalam rentang warna yang secara visual dapat diterima. Formulasi dengan substitusi tepung sorgum pada taraf yang direkomendasikan sebagai perlakuan terbaik dalam penelitian ini juga menghasilkan nilai Hue yang berada di tengah kisaran tersebut, sehingga penambahan sorgum sampai taraf tersebut dapat dikatakan tidak menurunkan daya tarik penampakan *crust* roti manis.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Rasio Tepung Terigu dan Tepung Sorgum terhadap Warna *Crust* Roti Manis

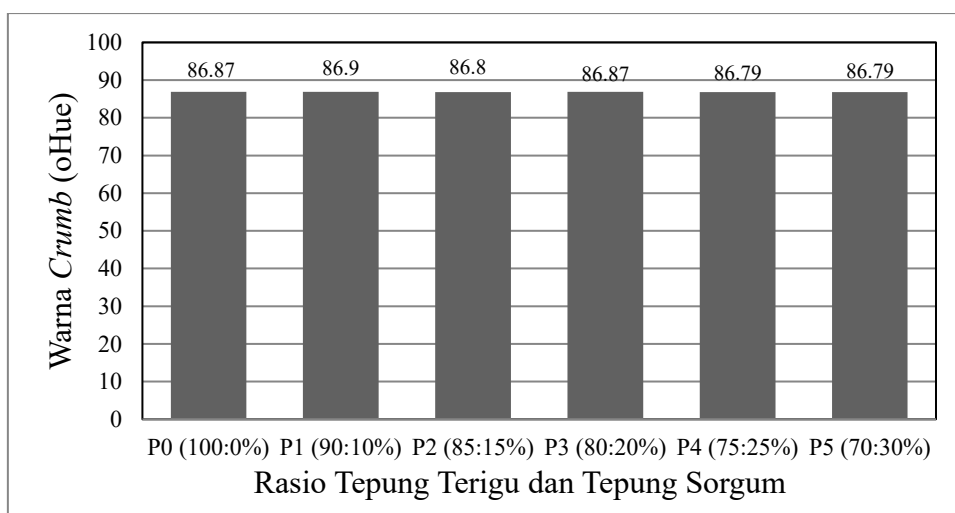
Pola perubahan warna *crust* tersebut selaras dengan karakteristik pigmen dan komponen non-pati dalam sorgum. Tepung sorgum diketahui memiliki warna lebih gelap serta kandungan senyawa fenolik dan tanin yang lebih tinggi dibandingkan beberapa tepung non-gandum lain; peningkatan proporsi sorgum dalam campuran tepung dilaporkan menurunkan nilai L^* dan meningkatkan a^* dan b^* sehingga warna roti menjadi lebih gelap dan lebih intens kecokelatan (Adzqia & Suwonsichon, 2023).

Warna (*Crumb*)

Selain dipengaruhi oleh komposisi tepung dan pigmen alami bahan baku, warna *crumb* juga dipengaruhi oleh intensitas reaksi pencokelatan (Maillard dan karamelisasi), yang mana intensitas pencokelatan di bagian dalam roti umumnya lebih rendah dibandingkan pada

kerak, karena tidak terjadi kontak langsung dengan panas api pemanggangan (Michalska et al., 2008). Sejumlah studi pada roti terigu maupun roti non-terigu atau bebas gluten menunjukkan bahwa perubahan jenis tepung, penambahan bahan kaya pigmen atau protein, dan modifikasi formulasi dapat mengubah parameter warna *crumb*, namun selama Hue tetap berada pada kisaran kuning–kekuningan, produk masih dipersepsikan serupa dengan roti terigu biasa dan diterima dengan baik oleh konsumen (Monteiro et al., 2021; Posadzka-siupik & Kaszuba, 2025).

Berdasarkan Gambar 6, rasio tepung terigu dan tepung sorgum tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap warna *crumb* ($^{\circ}$ Hue) roti manis. Rata-rata nilai Hue *crumb* berkisar pada rentang yang sangat sempit, yaitu $86,79$ – $86,90^{\circ}$, yang diklasifikasikan sebagai kuning kemerahan (*yellow–red*), sehingga seluruh perlakuan menghasilkan warna bagian dalam roti yang relatif seragam dan masih sesuai dengan karakter roti manis komersial. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan tepung sorgum hingga taraf tertinggi dalam penelitian ini tidak cukup kuat untuk menggeser warna *crumb* ke arah yang lebih gelap atau kecokelatan secara signifikan. Secara fisik, kondisi tersebut dapat dijelaskan oleh tidak adanya kontak langsung bagian *crumb* dengan panas api pemanggangan; panas terutama merambat dari loyang dan permukaan roti menuju bagian dalam, sehingga intensitas reaksi pencokelatan pada bagian *crumb* lebih rendah dibandingkan pada *crust*. Akibatnya, pengaruh perbedaan formulasi tepung terhadap warna *crumb* menjadi lebih kecil dibandingkan pengaruh yang terjadi pada warna *crust*.



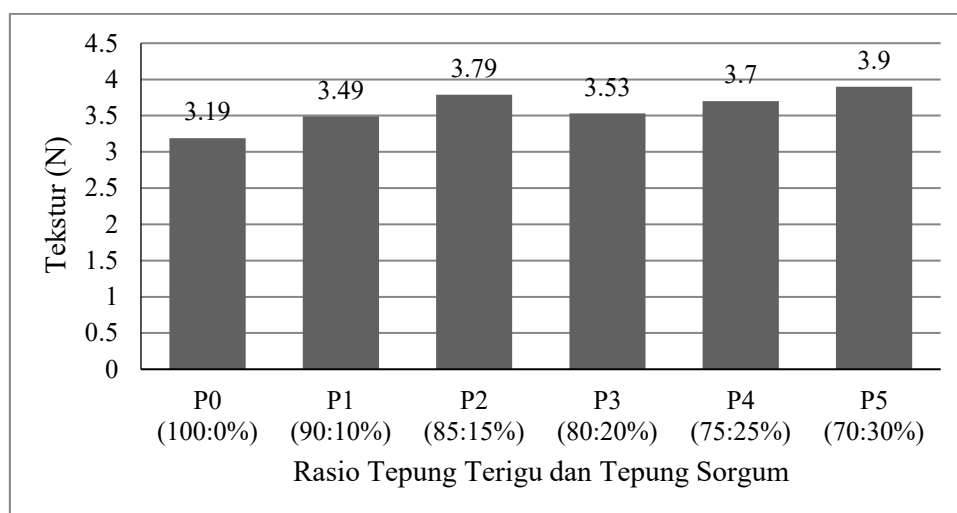
Gambar 6. Grafik Pengaruh Rasio Tepung Terigu dan Tepung Sorgum terhadap Warna *Crumb* Roti Manis

Tekstur

Tekstur roti manis merupakan salah satu atribut mutu fisik yang sangat menentukan penerimaan konsumen, karena berkaitan langsung dengan persepsi kelembutan, kekenyalan remah, dan kemudahan dikunyah (Tóth et al., 2022). Secara instrumental, tekstur roti umumnya dievaluasi melalui uji *texture profile analysis* (TPA) yang menghasilkan parameter gaya (N) sebagai indikator kekerasan (*hardness*) remah (Tóth et al., 2022). Kekerasan ini sangat dipengaruhi oleh struktur jaringan gluten pada tepung terigu, kadar air, serta keberadaan komponen non-pati seperti serat dan protein, yang dapat memperkuat atau justru mengganggu integritas jaringan gluten (Mtelisi et al., 2020). Berbagai studi terkini mengenai roti komposit gandum–sorgum dan roti bebas gluten menunjukkan bahwa perubahan jenis tepung dan penambahan hidrokoloid/hidrogel (misalnya glukomanan, xanthan gum, dan hidrokoloid lain)

dapat memodifikasi tekstur roti, terutama dengan menurunkan kekerasan remah dan memperbaiki sifat kunyah, sehingga produk lebih disukai panelis (Gómez-Guillén et al., 2009; Guo et al., 2022; Renzo et al., 2024) .

Pengaruh rasio tepung terigu dan tepung sorgum terhadap tekstur roti manis secara instrumental dapat dilihat pada Gambar 7. Secara umum, rasio kedua tepung tersebut memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap nilai kekerasan roti, dengan purata tekstur berkisar antara 3,19–3,90 N. Tekstur roti kontrol dengan 100% tepung terigu tidak berbeda nyata ($p < 0,05$) dibandingkan roti yang disubstitusi tepung sorgum hingga taraf tertinggi dalam penelitian ini. Kecenderungan ini mengindikasikan bahwa penambahan tepung sorgum pada kisaran komposisi yang digunakan belum cukup besar untuk menyebabkan pengerasan remah roti secara signifikan. Selain itu, formulasi roti manis ini juga menggunakan glukomanan yang berperan sebagai hidrokoloid pembentuk gel, sehingga diduga membantu mempertahankan struktur matriks adonan dan sebagian menggantikan fungsi gluten dalam menahan air dan menstabilkan jaringan remah. Dengan demikian, kombinasi tepung terigu, tepung sorgum, dan glukomanan masih mampu menghasilkan tekstur roti manis yang relatif seragam dan dapat diterima secara sensori.



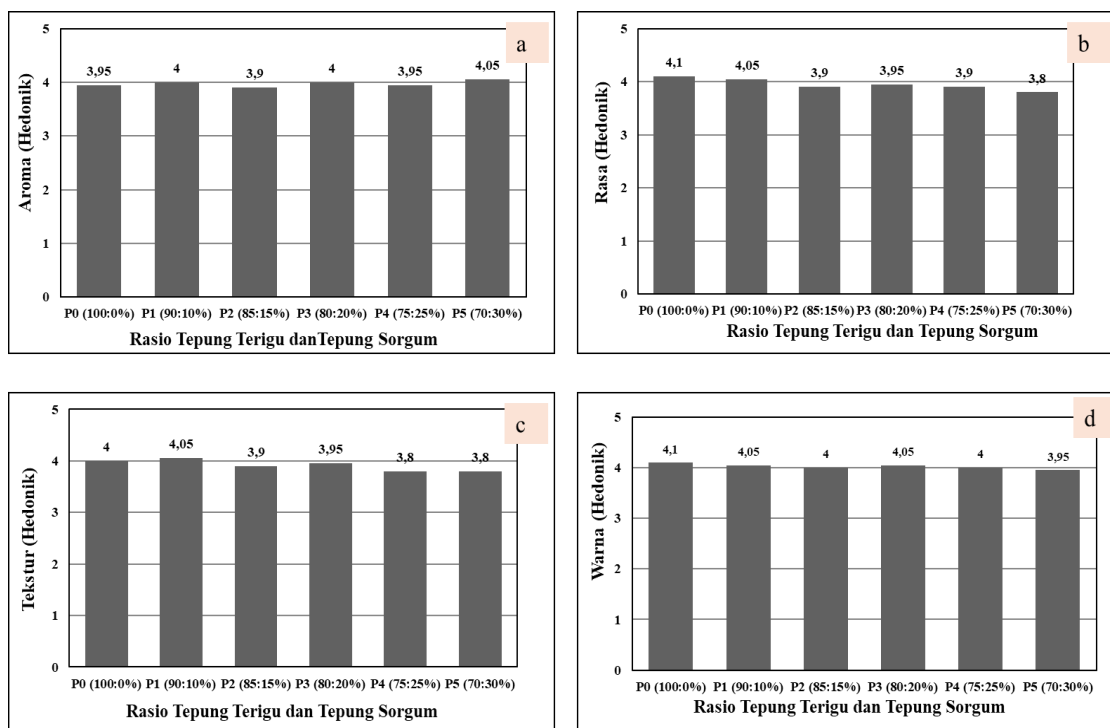
Gambar 7. Grafik Pengaruh Rasio Tepung Terigu dan Tepung Sorgum terhadap Tekstur (N) Roti Manis

Analisa Hedonik

Uji hedonik terhadap aroma, rasa, tekstur, dan warna roti manis dilakukan untuk menilai sejauh mana formulasi komposit tepung terigu–tepung sorgum dapat diterima secara sensoris oleh panelis. Keempat atribut tersebut merupakan penentu utama penerimaan konsumen, karena secara langsung memengaruhi kesan kelezatan, kenikmatan saat mengonsumsi, serta kesesuaian penampakan produk dengan ekspektasi roti manis terigu konvensional. Dalam konteks pengembangan produk berbasis bahan lokal, penting untuk memastikan bahwa substitusi tepung sorgum sebagai sumber serat dan nutrisi tambahan tidak menurunkan skor kesukaan panelis, sehingga roti manis komposit yang dihasilkan tidak hanya unggul secara kimia dan fungsional, tetapi juga tetap disukai dari sisi organoleptik.

Hasil uji hedonik yang disajikan pada Gambar 8 menunjukkan bahwa variasi rasio tepung terigu dan tepung sorgum tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap penilaian panelis terhadap aroma, rasa, tekstur, maupun warna roti manis. Nilai rata-rata kesukaan panelis untuk aroma berada pada kisaran 3,90–4,05; rasa 3,80–4,10; tekstur 3,80–

4,05; dan warna 3,95–4,10 pada skala 1–5, yang seluruhnya termasuk kategori “suka”. Tidak adanya perbedaan nyata antar perlakuan mengindikasikan bahwa penambahan tepung sorgum hingga taraf tertinggi pada penelitian ini masih dapat diterima secara organoleptik dan tidak menimbulkan perubahan aroma maupun rasa khas yang mengganggu, sejalan dengan karakter tepung sorgum putih yang tidak memiliki aroma dan warna yang terlalu kuat. Pada atribut tekstur, ketiadaan perbedaan kesukaan antar formula juga diduga dipengaruhi oleh penggunaan glukomanan porang sebagai hidrokoloid yang membantu mempertahankan kelembutan dan keelastisan remah pada semua perlakuan, sehingga roti manis berbasis tepung sorgum tetap dinilai empuk dan mudah dikunyah oleh panelis.



Gambar 8. Grafik Pengaruh Rasio Tepung Terigu dan Tepung Sorgum terhadap (a) Aroma; (b) Rasa; (c) Tekstur dan (d) Warna Dari Roti Manis Dengan Metode Hedonik

Berbagai studi mengenai roti komposit berbasis sorgum juga menyatakan hal yang serupa, bahwa substitusi sorgum pada level moderat (sekitar 10–30%) umumnya tidak menurunkan skor kesukaan aroma dan rasa, selama digunakan varietas sorgum putih atau non-tanin yang tidak menimbulkan aroma/pahit khas yang kuat, dan struktur adonan diperbaiki dengan penambahan hidrokoloid atau bahan pengikat lain (Mtelisi et al., 2020; Rumler & Schönlechner, 2021). Penelitian pada roti dan muffin bebas gluten juga menunjukkan bahwa penggunaan sorgum putih dalam formulasi roti dengan dukungan hidrokoloid (xanthan gum, glukomanan, HPMC) mampu mempertahankan tekstur lembut dan daya terima sensori, meskipun terjadi peningkatan serat dan perubahan komposisi tepung (Gómez et al., 2021; Guo et al., 2022). Temuan serupa dilaporkan pada pengembangan produk *bakery* fungsional lainnya, yaitu warna dan penampakan produk tetap berada pada kisaran yang disukai konsumen ketika bahan pengganti terigu yang digunakan berasal dari tepung berwarna terang dan level substitusi dijaga pada taraf moderat (Tanwar et al., 2023). Secara keseluruhan, konsistensi antara hasil uji hedonik dalam penelitian ini dan tren literatur internasional memperkuat kesimpulan bahwa substitusi tepung sorgum putih pada kisaran yang digunakan, dengan dukungan glukomanan sebagai pembenah tekstur, merupakan strategi yang layak untuk

menghasilkan roti manis komposit berbasis bahan lokal yang tetap disukai konsumen dari aspek aroma, rasa, tekstur, dan warna.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa substitusi tepung sorgum sampai 30% dalam formulasi roti manis masih menghasilkan produk dengan mutu kimia (kadar air, abu, dan serat kasar), karakteristik fisik (volume pengembangan, warna *crust* dan *crumb*, serta tekstur instrumental), dan sifat sensori (aroma, rasa, tekstur, dan warna) yang berada dalam kisaran dapat diterima dan memenuhi persyaratan SNI roti manis. Rasio tepung terigu:tepung sorgum (85:15) merupakan formulasi terbaik karena mampu meningkatkan kadar serat tanpa menurunkan volume pengembangan maupun daya terima panelis, sehingga tujuan penelitian untuk mengevaluasi pengaruh rasio kedua tepung terhadap mutu roti manis sekaligus mengidentifikasi formulasi komposit yang paling prospektif telah tercapai.

Penelitian selanjutnya untuk mengeksplorasi teknik praperlakuan sorgum (misalnya fermentasi, germinasi, atau penyangraian) dan kombinasi hidrokoloid lain guna memungkinkan tingkat substitusi sorgum yang lebih tinggi tanpa mengorbankan volume dan tekstur, serta mengkaji stabilitas mutu roti manis terigu dan sorgum selama penyimpanan (laju staling, perubahan tekstur dan penerimaan sensori).

DAFTAR PUSTAKA

- Adebo, J. A., & Kesa, H. (2023). Heliyon Evaluation of nutritional and functional properties of anatomical parts of two sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. *Heliyon*, 9(6), e17296. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17296>
- Aguiar, E. V., Santos, F. G., Queiroz, V. A. V., & Capriles, V. D. (2023). A decade of evidence of sorghum potential in the development of novel food products: insights from a bibliometric analysis. *Foods*, 12(20), 3790.
- Adzqia, F., Suwonsichon, S., & Thongngam, M. (2023). Effects of white sorghum flour levels on physicochemical and sensory characteristics of gluten-free bread. *Foods*, 12(22): 4113.
- Antarlina, S.S., Estiasih, T., Zubaidah, E. and H. (2021). The physicochemical properties of white sorghum (*Sorghum bicolor* L .) flour in various particle sizes by soaking the seeds before and after dehulling. 5: 129–143.
- Chamorro, A. F., Palencia, M., & Lerma, T. A. (2025). Physicochemical Characterization and Properties of Cassava Starch: A Review. *Polymers*, 17(12), 1663.
- Dias, V., Val, E., Scarton, M., Teresa, M., Silva, P., & Carolina, A. (2023). Current status and future prospects of sensory and consumer research approaches to gluten-free bakery and pasta products. *Food Research International*, 173, 113389. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113389>
- Gómez-Guillén, M. C., Pérez-Mateos, M., Gómez-Estaca, J., López-Caballero, E., Giménez, B., & Montero, P. (2009). Fish gelatin: a renewable material for developing active biodegradable films. *Trends in Food Science and Technology*, 20(1), 3–16. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.10.002>
- Guo, J., Liu, F., Gan, C., Wang, Y., Wang, P., Li, X., & Hao, J. (2022). Effects of Konjac glucomannan with different viscosities on the rheological and microstructural properties of dough and the performance of steamed bread. *Food Chemistry*, 368(August 2021), 130853. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130853>
- Hassan, S. M. (2023). Nutritional, Functional and Bioactive Properties of Sorghum

- (*Sorghum Bicolor* I. Moench) with its Future Outlooks: A Review. *Open Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5(1), 1030.
- Herlianto, D., Tahalea, S. P., Wibowo, A. W. A., & Rahatmawati, I. (2023, September). Economic Feasibility of Modified Cassava Flour Milling in Gunungkidul Region, Indonesia: A Value-Added Agribusiness Venture. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1242 (1), p. 012027. IOP Publishing.
- Khoirunnida, F. L., Harijono, H., Hu, S.-Y., & Lin, J. (2024). Physicochemical Characteristics of Mocaf Flour and Rice Flour-Based Gluten-Free Cookies. *International Journal of Current Science Research and Review*, 07(12), 8888–8895. <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/v7-i12-28>
- Lukinac, J., Komlenić, D. K., Čolić, M. L., Nakov, G., & Jukić, M. (2022). *Modelling the browning of bakery products during baking: a review*. 11(2), 217–234. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2022-11-2-3>
- Mariera, L., Owuoche, J. O., & Cheserek, M. (2017). Development of sorghum-wheat composite bread and evaluation of nutritional, physical and sensory acceptability. *African Journal of Food Science and Technology*, 8(7).
- Michalska, A., Amigo-Benavent, M., Zielinski, H., & del Castillo, M. D. (2008). Effect of bread making on formation of Maillard reaction products contributing to the overall antioxidant activity of rye bread. *Journal of cereal science*, 48(1), 123-132.
- Monteiro, J. S., Farage, P., Zandonadi, R. P., Botelho, R. B. A., Oliveira, L. D. L. De, Shakeel, F., Alshehri, S., Mahdi, W. A., & Araujo, W. M. C. (2021). A systematic review on gluten-free bread formulations using specific volume as a quality indicator. *Foods*, 10(3), 614.
- Mottaleb, K. A., Kruseman, G., & Snapp, S. (2022). Potential impacts of Ukraine-Russia armed conflict on global wheat food security: A quantitative exploration. *Global Food Security*, 35(April), 100659. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100659>
- Mtelisi, D. N., Xu, F., & Zhao, R. (2020). The efficacy of sorghum flour addition on dough rheological properties and bread quality: A short review. *Grain & Oil Science and Technology*, 3(4), 164-171. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2020.08.001>
- Ola, E., Hogan, V. J., & Seo, H. S. (2025). Descriptive Sensory Analysis of Gluten-Containing and Gluten-Free Chocolate Chip Cookies Available in the Marketplace. *Foods*, 14(13), 2233.
- Olakanmi, S. J., Jayas, D. S., & Paliwal, J. (2023). Applications of imaging systems for the assessment of quality characteristics of bread and other baked goods: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(3), 1817-1838.
- Omer, S. H. S., & Khashaba, J. H. X. Z. R. (2023). *Sorghum Flour and Sorghum Flour Enriched Bread*: characterizations, challenges, and potential improvements. *Foods*, 12(23), 4221.
- Outlook, O. A. (2025). *2 Cereals*. 51–61.
- Pontieri, P., Troisi, J., Calcagnile, M., Aramouni, F., Tilley, M., Smolensky, D., Guida, M., Giudice, F. Del, Merciai, A., Samoylenko, I., Chessa, A. L., Aletta, M., Alifano, P., & Giudice, L. Del. (2024). Nutritional Composition , Fatty Acid Content , and Mineral Content of Nine Sorghum (*Sorghum bicolor*) Inbred Varieties. *Foods*. 1–15.
- Posadzka-Siupik, Z., Kaszuba, J., Kapusta, I. T., & Jaworska, G. (2025). Wheat–Oat Bread Enriched with Beetroot-Based Additives: Technological and Quality Aspects. *Applied Sciences*, 15(21), 11408.
- Raza, H., Pasha, I., Shoaib, M., Zaaboul, F., Niazi, S., & Aboshora, W. (2017). Review

- on functional and rheological attributes of kafirin for utilization in gluten free baking industry. *J. Food Sci. Nutr. Res*, 4, 150-157.
- Ren, Y., Linter, B. R., Linforth, R., & Foster, T. J. (2020). A comprehensive investigation of gluten free bread dough rheology, proving and baking performance and bread qualities by response surface design and principal component analysis. *Food & function*, 11(6), 5333-5345.
- Renzo, T.D., Trivisonno, M. C., Nazzaro, S., Reale, A., & Messina, M. C. (2024). Effect of different hydrocolloids on the qualitative characteristics of fermented gluten-free quinoa dough and bread. *Foods*, 13(9), 1382.
- Rumler, R., & Schönlechner, R. (2021). Effect of sorghum on rheology and final quality of western style breads: A literature review. *Foods*, 10(6), 1392.
- Saputra, H., Dr. Vonny Setiaries Johan, S.TP., M., & Rahmayuni, S.P., M. S. (2016). Pembuatan roti Manis Dari Tepung Komposit (Tepung Terigu, Pati Sagu, Tepung Ubi Jalar Ungu). *JOM FAPERTA*, 3(2), 1–11.
- Sibanda, T., Ncube, T., & Ngoromani, N. (2015). *Rheological Properties and Bread Making Quality of White Grain Sorghum-Wheat Flour Composites*. 5(4), 176–182. <https://doi.org/10.5923/j.food.20150504.03>
- Singh, V., & Prabhat, S. (2024). Effect of sorghum pre - processing (roasting and germination) on the replacement level and quality of sorghum - wheat bread : bread characteristics , digestibility , consumer acceptability and microbiological analysis. *Journal of Food Science and Technology*, 61(2), 253–267. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05810-3>
- Srikandi, D., Hisjam, M., & Pujiyanto, E. (2024). Simulation Model of Cassava Availability For Mocaf (Modified Cassava Flour) By Considering Sustainability. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, 21(2), 197-197.
- anwar, R., Panghal, A., Chaudhary, G., Kumari, A., & Chhikara, N. (2023). Nutritional, phytochemical and functional potential of sorghum: A review. *Food Chemistry Advances*, 3, 100501.
- Tóth, M., Kaszab, T., & Meretei, A. (2022). Texture profile analysis and sensory evaluation of commercially available gluten - free bread samples. *European Food Research and Technology*, 248(6), 1447–1455. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03944-2>
- Welc-Stanowska, R., Karp, S., Kurek, M., Miś, A., & Nawrocka, A. (2023). Effect of β -glucans on water redistribution and gluten structure in a model dough during the mixing process. *International Agrophysics*, 37(2), 151-158.