

PENGARUH PROPORSI TEPUNG KOMPOSIT DAN KONSENTRASI KARAGENAN TERHADAP MUTU KIMIA, FISIK DAN ORGANOLEPTIK ROTI TAWAR RENDAH GLUTEN

[The Effect of Composite Flour Proportion and Carrageenan Concentration on the Chemical, Physical and Organoleptic Quality of Low Gluten White Bread]

Sasi Fhatmayani Putri¹, Sri Widyastuti², Moegiratul Amaro², Riezka Zuhriatika Rasyda²✉, Setyaning Pawestri², Lalu Unsunnidhal²

¹ Mahasiswa Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram

² Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram

ABSTRACT

Fresh bread is usually made with wheat flour, which contains gluten. Since gluten can cause celiac disease and other autoimmune diseases, wheat flour must be substituted when making white bread. The use of bread improvers, such as carrageenan, can assist in wheat flour substitution. This study aimed to determine how the proportion of composite flour (wheat, sorghum, and cornstarch) and carrageenan concentration affect the chemical, physical, and organoleptic qualities of low-gluten white bread. The research method used a two-factor completely randomized design: the proportion of wheat:sorghum:cornstarch composite flour (50:25:25, 40:30:30, 30:35:35) and carrageenan concentration (0.2%, 0.4%). Results showed that the wheat:sorghum:cornstarch proportion significantly affected ash and crude fiber content, expandability, elasticity, aroma, taste, crust and crumb color, and texture. Carrageenan concentration significantly affected crude fiber content, crust and crumb color, and texture. The interaction between these two factors also significantly affected the crumb color and texture of the fresh bread produced. The treatment of flour proportion 30:35: 35 with carrageenan concentration of 0.2% is the most recommended treatment to reduce the use of wheat flour because it produces the organoleptic quality most favored by panelists, with 25.21% moisture content, 2.12% ash content, 7.14% fiber content, 45.16% expandability, 64.95% elasticity, small and uniform pores of 10.70-14.19 µm, and staling time of 48 hours, with characteristics of slightly sour aroma, no sour taste, light brown crust color, yellowish white crumb color, and slightly soft texture.

Keywords: bread, carrageenan, cornstarch, low gluten, sorghum

ABSTRAK

Roti tawar secara umum berbahan dasar tepung terigu yang kaya akan gluten. Gluten dapat menjadi penyebab penyakit *celiac disease* dan autoimun, sehingga diperlukan substitusi tepung terigu dalam pembuatan roti tawar. Substitusi terigu dapat dibantu dengan penggunaan *bread improver* seperti karagenan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proporsi tepung komposit (terigu, sorgum dan maizena) dan konsentrasi karagenan terhadap mutu kimia, fisik dan organoleptik roti tawar rendah gluten. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dua faktor, yaitu proporsi tepung komposit terigu:sorgum:maizena (50:25:25, 40:30:30, 30:35:35) dan konsentrasi karagenan (0,2%, 0,4%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan proporsi tepung terigu:sorgum:maizena berpengaruh signifikan terhadap kadar abu, kadar serat kasar, daya kembang, elastisitas, aroma, rasa, warna *crust*, dan tekstur roti, sedangkan konsentrasi karagenan berpengaruh signifikan terhadap kadar serat kasar, warna *crust*, warna *crumb*, dan tekstur roti. Interaksi kedua faktor juga berpengaruh signifikan terhadap warna *crumb* dan tekstur roti tawar yang dihasilkan. Perlakuan proporsi tepung 30:35:35 dengan konsentrasi karagenan 0,2% adalah perlakuan yang paling disarankan untuk mengurangi penggunaan tepung terigu karena menghasilkan mutu organoleptik yang paling disukai panelis, dengan kadar air 25,21%, kadar abu 2,12%, kadar serat 7,14%, daya kembang 45,16%, elastisitas 64,95%, pori-pori yang kecil dan seragam 10,70-14,19 µm, dan waktu staling 48 jam, dengan karakteristik agak beraroma asam, tidak berasa asam, warna *crust* coklat muda, warna *crumb* putih kekuningan, dan tekstur agak lembut.

Kata Kunci: karagenan, maizena, rendah gluten, roti, sorgum

✉ **Corresponding Author:**

Riezka Zuhriatika Rasyda

Universitas Mataram

Email: riezka_rasyda@unram.ac.id

*This is an open access article under the **CC BY-SA** license:*



PENDAHULUAN

Roti tawar secara umum berbahan dasar tepung terigu yang difermentasikan dengan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) (Haryani et al., 2107). Roti tawar adalah roti yang tidak ditambahkan rasa atau isi apapun, sehingga rasanya tawar. Tepung terigu sebagai bahan baku pembuatan roti tawar yang biasa dikonsumsi masyarakat berasal dari tanaman gandum dengan kandungan senyawa gluten yang berperan terhadap kualitas mutu roti seperti volume, daya kembang, elastisitas, dan tekstur (Krisnawati & Indrawati, 2014). Kandungan gluten dalam gandum mempunyai peran yang penting dalam pembuatan roti. Akan tetapi untuk beberapa orang, gluten menjadi penyebab penyakit *celiac disease* dan autoimun (Arief et al., 2018). Roti tawar dengan kandungan gluten rendah dapat diperoleh dengan mensubstitusi bahan baku tepung terigu dengan tepung lain (Rauf & Andini, 2019).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menghasilkan roti dengan kandungan gluten rendah adalah melalui substitusi tepung terigu dengan tepung sorgum. Tepung sorgum berasal dari hasil penepungan biji sorgum. Dalam 100 g biji sorgum terdapat kandungan protein 10,62%, lemak 3,46%, karbohidrat 72,09%, dan serat pangan 6,7%, sedangkan dalam 100 g tepung sorgum dapat mengandung protein 8,43%, lemak 3,34%, karbohidrat 76,64%, dan serat pangan 6,6% (Omer et al., 2023). Substitusi terigu oleh sorghum pada produk pangan umumnya dapat dilakukan hingga 20% (Thilakarathna et al., 2022). Sari et al. (2015) melaporkan terjadinya penurunan tingkat kesukaan panelis pada roti tawar dengan substitusi tepung sorghum >20% karena menjadikan roti keras dan padat. Penggunaan tepung sorghum belum bisa secara sepenuhnya menggantikan tepung terigu karena konsistensi dan elastisitas adonan dari tepung terigu tidak ada pada adonan sorghum, sehingga berdampak pada hasil akhir roti.

Substitusi tepung terigu dengan tepung sorgum mengakibatkan penurunan kandungan glutenin dan gliadin pada adonan roti sehingga menyebabkan penurunan volume, kelembutan, tekstur yang keras dan kasar, pori-pori tidak seragam, serta mudah mengalami *staling* (Wijaya, 2022). Oleh karena itu, pada penelitian ini tepung sorghum dikombinasikan dengan tepung maizena agar dapat lebih optimal dalam mensubstitusi terigu. Tepung maizena memiliki kemampuan pengembangan adonan dengan konsistensi yang baik (Mancebo et al., 2015). Kim et al. (2015) melaporkan bahwa penggunaan tepung maizena 30% dapat menghasilkan roti beras dengan volume pengembangan tertinggi.

Solusi lainnya untuk meningkatkan persentase substitusi terigu pada pembuatan roti adalah dengan penggunaan *bread improver*. *Bread improver* dapat meningkatkan kualitas roti dan umumnya berbahan dasar gelatin (Yu et al., 2019). Gelatin yang umumnya berasal dari tulang dan kulit hewan telah lama digunakan sebagai bahan tambahan pangan untuk memberikan tekstur, kelembutan, dan stabilitas (Elyasi et al., 2020). Namun, penggunaan gelatin dalam produk pangan cukup dikritisi karena sulit untuk diketahui kehalalan sumbernya oleh konsumen. Oleh karena itu, karagenan yang bersumber dari rumput laut ditawarkan menjadi alternatif gelatin sebagai *bread improver*. Penambahan 0,2% κ -karagenan dapat menghasilkan roti dengan volume pengembangan yang meningkat, mempertahankan elastisitas roti selama 96 jam dengan menghambat penurunan kadar air, menghasilkan *crumb* roti yang lembab dan lembut dengan pori-pori yang seragam dan berukuran kecil, serta menghasilkan roti dengan karakteristik yang disukai panelis (Widyastuti et al., 2021). Sementara itu, Aflah et al. (2024) menyarankan penambahan 0,4% κ -karagenan pada pembuatan roti rendah gluten berbahan baku tepung komposit terigu:sorgum:tapioka.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh proporsi tepung komposit terigu:sorgum:maizena dengan penambahan konsentrasi karagenan terhadap mutu rotitawar, serta untuk mengetahui konsentrasi karagenan dan proporsi tepung yang tepat untuk menghasilkan roti tawar dengan mutu terbaik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi terkait pembuatan roti tawar rendah gluten yang dapat menjadi alternatif bagi konsumen yang ingin mengurangi konsumsi gluten.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan roti adalah tepung sorgum (OREAN), tepung maizena (MAIZENAKU), tepung terigu (SEGITIGA BIRU), air minum dalam kemasan (NARMADA), garam (KAPAL), gula pasir (GULAKU), margarin (FILMA), ragi roti (FERMIPAN), susu bubuk (PRIME), karagenan, dan telur ayam. Bahan-bahan yang digunakan untuk keperluan analisis yaitu beras, NaOH, H₂SO₄, dan aquades.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah baskom, cetakan aluminium foil, desikator, Erlenmeyer 250 ml, gelas kimia 100 ml, gelas objek, kaca penutup, kertas label, kertas saring, kurs porselen, loyang aluminium foil, mangkok, mikroskop cahaya, *mixer*, *moisture analyzer*, oven, penggaris, piring, pisau, *proof*er roti, *roller*, sarung tangan, sendok, spatula, *stopwatch*, talenan, tanur, timbangan analitik, tisu, dan plastik *wrap*.

Metode

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan dua faktor. Faktor pertama yaitu proporsi tepung komposit (terigu:sorgum:maizena) dengan komposisi masing-masing secara berturut-turut yaitu sebesar 50:25:25%, 40:30:30%, dan 30:35:35%. Faktor kedua yaitu konsentrasi karagenan 0,2%, dan 0,4%. Tiap perlakuan diulangi 3 kali, sehingga diperoleh 18 sampel percobaan.

Parameter pengujian pada penelitian ini terdiri dari parameter kimia (AOAC, 2023) berupa kadar air, kadar abu, dan kadar serat kasar; parameter fisik (Widyastuti et al., 2021) berupa daya kembang, elastisitas, pori-pori roti, dan masa simpan (waktu *staling*); serta parameter organoleptik menurut SNI 01-2346-2006 (BSN, 2006) meliputi aroma, rasa, tekstur, *crumb*, dan *crust* roti dengan menggunakan uji skoring dan hedonik skala 1–5 pada 30 panelis semi terlatih. Atribut dan keterangan skala untuk uji skoring yaitu aroma (1 = Sangat beraroma asam s/d 5 = sangat tidak beraroma asam), tekstur (1 = sangat kasar s/d 5 = sangat lembut), rasa (1 = sangat asam s/d 5 = tawar), warna *crust* (1 = putih kecoklatan s/d 5 = coklat tua), dan warna *crumb* (1 = coklat tua s/d 5 = putih). Data penelitian dianalisis menggunakan analisis keragaman (*ANOVA*) pada taraf nyata 5% menggunakan *software* SPSS 24 dan diuji lanjut dengan uji Beda Nyata Jujur apabila terdapat perbedaan nyata antar perlakuan.

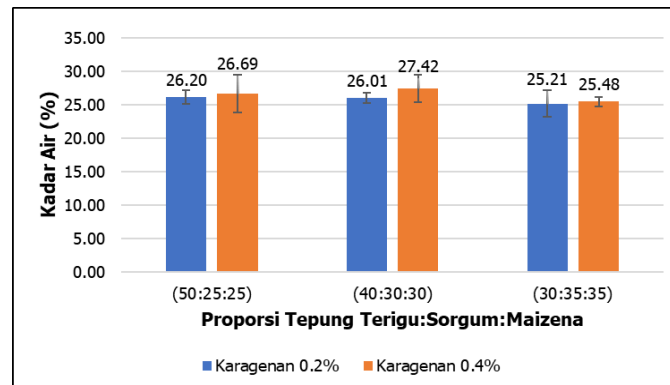
Proses Pembuatan Roti

Proses pembuatan roti mengacu pada Aflah et al. (2024) dengan memodifikasi tepung yang digunakan sesuai dengan perlakuan penelitian. Proses pembuatan roti diawali dengan proses penimbangan bahan, yaitu tepung terigu sesuai perlakuan (50 g, 40 g, dan 30 g), tepung maizena sesuai perlakuan (25 g, 30 g, dan 35 g), tepung sorgum sesuai perlakuan (25 g, 30 g, dan 35 g), karagenan sesuai perlakuan (0,2 g dan 0,4 g), air 40 g, gula pasir 20 g, margarin 20 g, kuning telur, 12 g, susu bubuk 5 g, garam 2 g, dan ragi 2 g. Selanjutnya, dilakukan pencampuran tepung terigu, tepung sorgum, tepung maizena, gula, susu bubuk, garam dan karagenan menggunakan *mixer* selama ±15 menit dengan kecepatan rendah. Setelah itu, ditambahkan gula, air, dan ragi ke dalam adonan dan dicampur merata menggunakan *mixer* selama ±15 menit dengan kecepatan sedang. Kemudian, dilakukan penambahan margarin dan kuning telur ke dalam adonan dan dicampur merata menggunakan *mixer* selama ±15 menit dengan kecepatan tinggi. Setelah seluruh bahan tercampur rata dan adonan menjadi kalis, adonan difermentasi 1 jam hingga mengembang. Setelah mengembang, adonan ditekan-tekan dan dimasukkan ke dalam loyang berukuran 10×4×13 cm. Loyang adonan dimasukkan ke dalam *proof*er (30°C, kelembaban 60%) selama 1 jam lalu kemudian dipanggang dalam oven (180°C, 25 menit). Setelah roti matang, didinginkan terlebih dahulu selama 20 menit di suhu ruang (±28°C) baru dikeluarkan dari loyang untuk dipotong-potong sesuai keperluan pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

Kadar air berperan penting dalam penentuan mutu dan daya simpan produk pangan. Hubungan antara proporsi tepung terigu:sorgum:maizena dan konsentrasi karagenan yang berbeda terhadap kadar air roti tawar dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Pengaruh Proporsi Tepung Terigu:Sorgum:Maizena dan Konsentrasi Karagenan Terhadap Kadar Air Roti Tawar

Gambar 1 menunjukkan bahwa proporsi tepung dan konsentrasi karagenan yang berbeda maupun interaksi antara keduanya tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kadar air roti tawar yang berkisar antara 25,21–26,69%. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Aflah et al. (2024) yang juga melaporkan tidak adanya efek signifikan antara perbedaan proporsi tepung terigu:sorgum:tapioka dan konsentrasi karagenan terhadap kadar air roti. Semua perlakuan menghasilkan kadar air yang memenuhi syarat mutu roti tawar menurut SNI 01-3840-1995 yaitu maksimal 40% (BSN, 1995).

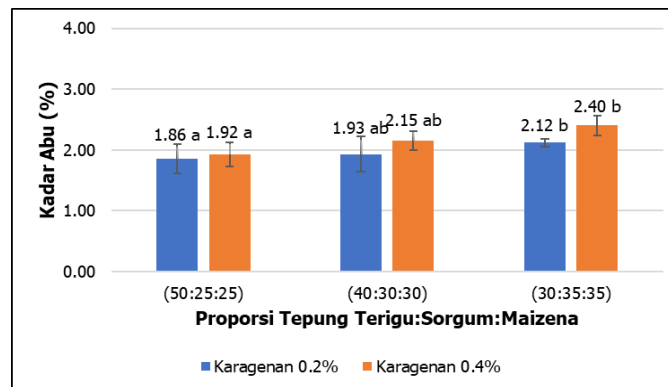
Proporsi tepung tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kadar air roti tawar karena kadar air ketiga jenis tepung yang digunakan tidak terlalu berbeda jauh, yaitu kadar air tepung terigu 13,30–14,05% (Kusnandar et al., 2018), kadar air tepung sorgum 10,81% (Avif & Oktaviana, 2020), dan kadar air maizena 12,28% (Muthoharoh & Sutrisno, 2017). Sementara itu, walau peningkatan konsentrasi karagenan menyebabkan peningkatan kadar air, kecilnya perbedaan konsentrasi karagenan yang digunakan (0,2% dan 0,4%) menyebabkan tidak adanya pengaruh signifikan terhadap kadar air roti tawar.

Kadar Abu

Kadar abu mencerminkan kandungan mineral yang terdapat dalam bahan pangan. Hubungan antara proporsi tepung terigu:sorgum:maizena dan konsentrasi karagenan yang berbeda terhadap kadar abu roti tawar dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan bahwa proporsi tepung komposit memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar abu roti tawar yang berkisar antara 1,86–2,40%. Kadar abu tertinggi diperoleh dari perlakuan proporsi tepung 30:35:35 dan kadar abu terendah diperoleh dari perlakuan proporsi tepung 50:25:25. Semua perlakuan menghasilkan kadar abu yang melebihi syarat mutu roti tawar menurut SNI 01-3840-1995 yaitu maksimal 1% (BSN, 1995).

Gambar 2 menunjukkan terjadinya peningkatan kadar abu roti tawar yang signifikan dan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan seiring dengan berkurangnya proporsi tepung terigu dan meningkatnya proporsi tepung sorgum dan maizena yang digunakan. Hal ini terjadi karena kadar abu tepung sorgum yang dapat mencapai 2 kali lipat tepung terigu. Kadar abu tepung terigu berkisar antara 0,44–0,67% (Kusnandar et al., 2022), sedangkan kadar abu tepung sorgum dapat mencapai 1,49% (Avif & Oktaviana, 2020). Tingginya kadar abu tepung sorgum disebabkan oleh banyaknya kandungan mineral di dalamnya, antara lain kalium, fosfor, magnesium, zat besi, sodium, seng, dan mangan (Omer et al., 2023). Sementara itu, walau peningkatan konsentrasi karagenan menyebabkan peningkatan

kadar abu, kecilnya perbedaan konsentrasi karagenan yang digunakan (0,2% dan 0,4%) menyebabkan tidak adanya pengaruh signifikan terhadap kadar abu roti tawar.

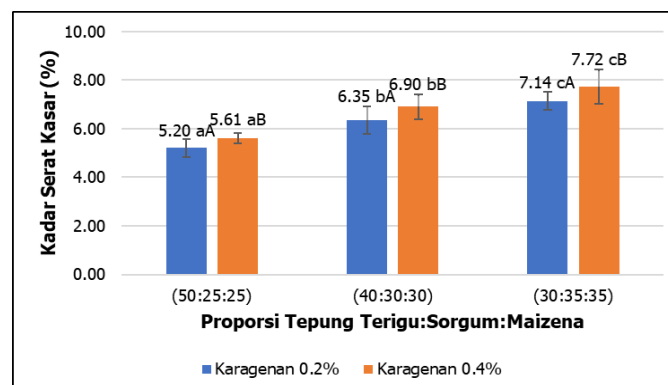


Gambar 2. Grafik Pengaruh Proporsi Tepung Terigu:Sorgum:Maizena dan Konsentrasi Karagenan Terhadap Kadar Abu Roti Tawar

Keterangan: Notasi huruf kecil yang berbeda pada label grafik menunjukkan adanya beda nyata (taraf 5%) proporsi tepung terhadap kadar abu roti tawar

Kadar Serat Kasar

Serat kasar merupakan serat yang tidak dapat dicerna oleh manusia dan dapat membantu membentuk tekstur produk pangan. Hubungan antara proporsi tepung terigu:sorgum:maizena dan konsentrasi karagenan yang berbeda terhadap kadar serat kasar roti dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Proporsi Tepung Terigu:Sorgum:Maizena dan Konsentrasi Karagenan Terhadap Kadar Serat Kasar Roti Tawar

Keterangan: Notasi yang berbeda pada label grafik menunjukkan adanya beda nyata (taraf 5%) proporsi tepung (huruf kecil) dan konsentrasi karagenan (huruf besar) terhadap kadar serat kasar roti tawar

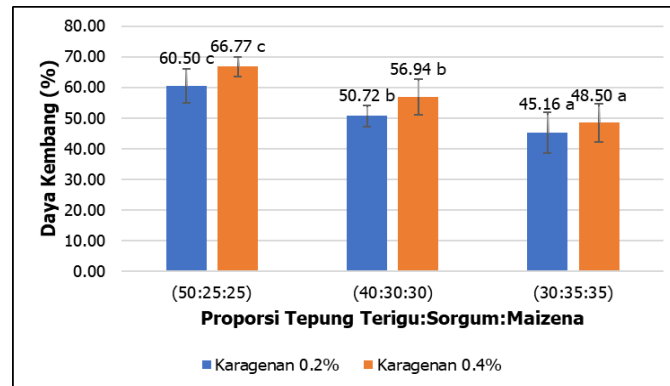
Gambar 3 menunjukkan terjadinya peningkatan kadar serat kasar roti tawar yang signifikan dan berbeda nyata seiring dengan berkurangnya proporsi tepung terigu dan meningkatnya proporsi tepung sorgum dan maizena yang digunakan. Hal ini terjadi karena kadar abu tepung sorgum yang dapat mencapai 3 kali lipat tepung terigu. Kadar serat kasar tepung terigu hanya 0,84% (Ocheme et al., 2018), sedangkan kadar serat kasar tepung sorgum dapat mencapai 2,72% (Avif & Oktaviana, 2020). Hasil tersebut sejalan dengan Aflah et al. (2023) dan Sari et al. (2015) yang melaporkan bahwa penambahan tepung sorgum dalam pembuatan roti dapat mengakibatkan peningkatan kadar serat kasar.

Gambar 3 juga menunjukkan penambahan konsentrasi karagenan memiliki pengaruh yang berbeda nyata terhadap kadar serat kasar roti tawar. Kandungan serat kasar dalam karagenan dapat bervariasi bergantung pada tempat tumbuhnya dan dapat mencapai 8,52% (Diharmi et al., 2020). Karagenan merupakan sumber serat larut air yang dapat berikatan dan melindungi komponen serat

larut air lainnya seperti pektin dan gum yang berperan penting dalam pembentukan struktur gel (Atmaka et al., 2020; Puspitasari et al., 2023) Oleh karena itu, peningkatan konsentrasi karagenan juga dapat menyebabkan semakin banyak serat yang terikat, sehingga meningkatkan kadar serat kasar roti tawar.

Daya Kembang

Daya kembang merupakan penentu utama kualitas roti karena menentukan tekstur dan volume akhir roti yang dihasilkan. Daya kembang menunjukkan kemampuan adonan roti untuk mengembang selama proses fermentasi dan pemanggangan, sehingga menghasilkan volume akhir roti yang maksimal. Hubungan antara proporsi tepung terigu:sorgum:maizena dan konsentrasi karagenan yang berbeda terhadap daya kembang roti dapat dilihat pada Gambar 4.



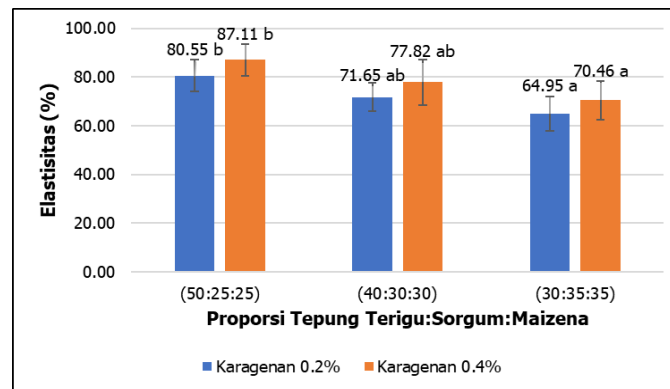
Gambar 4. Grafik Pengaruh Proporsi Tepung Terigu:Sorgum:Maizena dan Konsentrasi Karagenan Terhadap Daya Kembang Roti Tawar

Keterangan: Notasi huruf kecil yang berbeda pada label grafik menunjukkan adanya beda nyata (taraf 5%) proporsi tepung terhadap daya kembang roti tawar

Gambar 4 menunjukkan terjadinya penurunan daya kembang roti tawar yang signifikan dan berbeda nyata seiring dengan berkurangnya proporsi tepung terigu dan meningkatnya proporsi tepung sorgum dan maizena yang digunakan. Hal ini dapat terjadi karena tepung sorgum dan maizena tidak mengandung gluten seperti tepung terigu. Kadar gluten tepung terigu cukup besar yaitu 26,80–39,90% dan menentukan kemampuan pengembangan adonan roti (Kusnandar et al., 2022). Kadar gluten pada adonan akan mengalami penurunan seiring dengan berkurangnya proporsi tepung terigu, sehingga dapat menurunkan daya kembang roti tawar secara signifikan dan berbeda nyata. Hasil tersebut sejalan dengan Aflah et al. (2023) yang melaporkan bahwa pengurangan konsentrasi tepung terigu dalam pembuatan roti dapat mengakibatkan penurunan daya kembang roti yang signifikan. Sementara itu, walau peningkatan konsentrasi karagenan menyebabkan peningkatan daya kembang, kecilnya perbedaan konsentrasi karagenan yang digunakan (0,2% dan 0,4%) menyebabkan tidak adanya pengaruh signifikan terhadap daya kembang roti tawar.

Elastisitas

Roti dengan tingkat elastisitas tinggi dapat dikatakan mempunyai mutu yang baik. Elastisitas roti adalah kemampuan roti untuk kembali ke bentuk semula setelah mengalami deformasi seperti ditekan atau diregangkan, yang mencerminkan kekenyalan, kelenturan, dan stabilitasi struktur roti tersebut. Hubungan antara proporsi tepung terigu:sorgum:maizena dan konsentrasi karagenan yang berbeda terhadap elastisitas roti dapat dilihat pada Gambar 5.



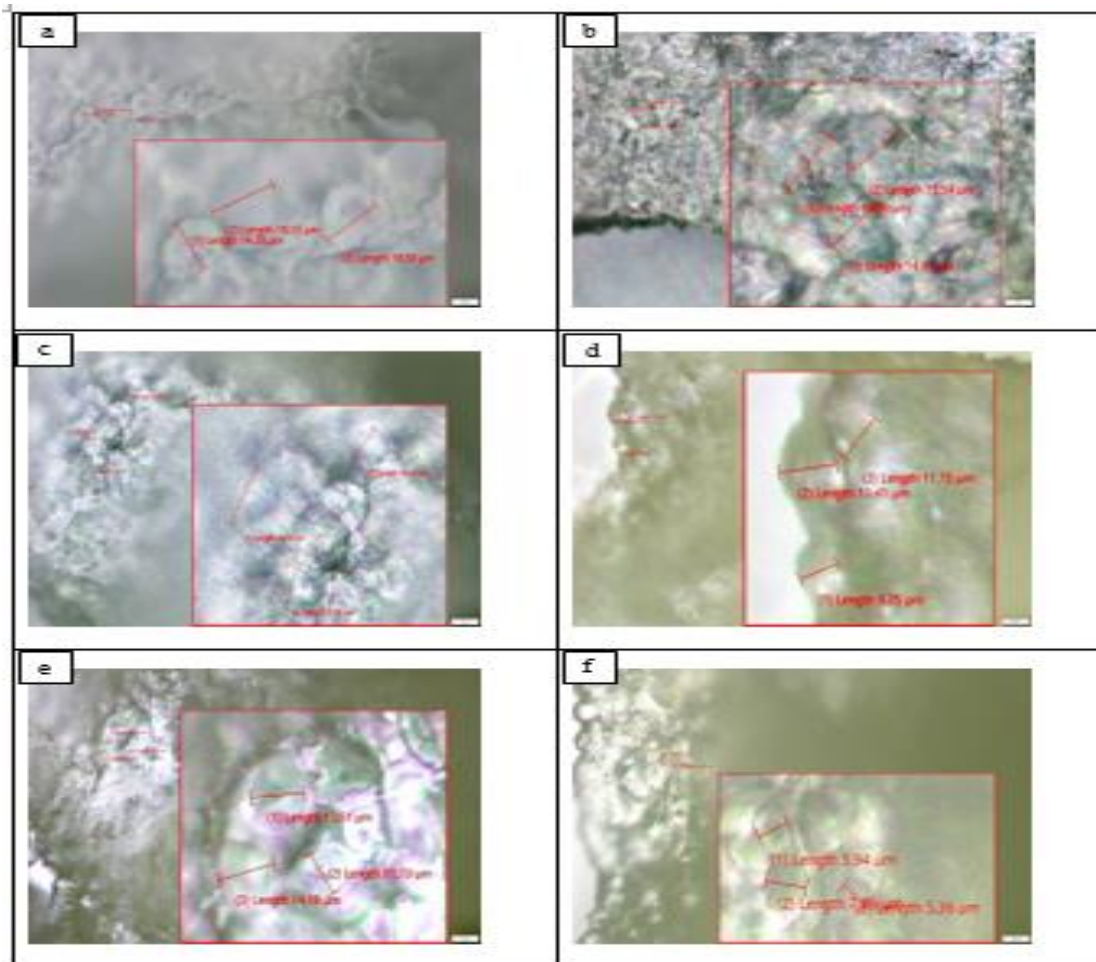
Gambar 5. Grafik Pengaruh Proporsi Tepung Terigu:Sorgum:Maizena dan Konsentrasi Karagenan Terhadap Elastisitas Roti Tawar

Keterangan: Notasi huruf kecil yang berbeda pada label grafik menunjukkan adanya beda nyata (taraf 5%) proporsi tepung terhadap daya kembang roti tawar

Gambar 5 menunjukkan terjadinya penurunan elastisitas roti tawar yang signifikan dan berbeda nyata seiring dengan berkurangnya proporsi tepung terigu dan meningkatnya proporsi tepung sorgum dan maizena yang digunakan. Hal ini dapat terjadi karena tepung sorgum dan maizena tidak mengandung gluten seperti tepung terigu. Elastisitas roti berhubungan erat dengan stabilitas adonan dan kekuatan jaringan gluten (Kusnandar et al., 2022). Kadar gluten pada adonan akan mengalami penurunan seiring dengan berkurangnya proporsi tepung terigu, sehingga dapat mengurangi elastisitas roti tawar secara signifikan dan berbeda nyata. Menurut She et al. (2024), jumlah substitusi tepung terigu yang terlalu besar dapat mengakibatkan penurunan integritas struktur jaringan gluten sehingga melemahkan kemampuan roti untuk mempertahankan elastisitasnya. Sementara itu, walau peningkatan konsentrasi karagenan menyebabkan peningkatan daya kembang, kecilnya perbedaan konsentrasi karagenan yang digunakan (0,2% dan 0,4%) menyebabkan tidak adanya pengaruh signifikan terhadap elastisitas roti tawar.

Pori-Pori Roti

Roti yang bermutu baik diantaranya dicirikan dengan pori-pori roti yang berukuran kecil dan tersebar merata di bagian dalam (*crumb*) roti. Hasil foto penampang *crumb* roti menggunakan mikroskop cahaya (perbesaran 40x) pada berbagai proporsi tepung dan konsentrasi karagenan dapat dilihat pada Gambar 6. Perlakuan proporsi tepung 50:25:25 dengan konsentrasi karagenan 0,2% menghasilkan pori-pori berukuran 14,38–18,51 μm . Perlakuan proporsi tepung 50:25:25 dengan konsentrasi karagenan 0,4% menghasilkan pori-pori berukuran 14,11–16,09 μm . Perlakuan proporsi tepung 40:30:30 dengan konsentrasi karagenan 0,2% menghasilkan pori-pori berukuran 14,65–24,75 μm . Perlakuan proporsi tepung 40:30:30 dengan penambahan karagenan 0,4% menghasilkan pori-pori berukuran 9,35–13,41 μm . Perlakuan proporsi tepung 30:35:35 dengan konsentrasi karagenan 0,2% menghasilkan pori-pori berukuran 10,70–14,19 μm . Perlakuan proporsi tepung 30:35:35 dengan penambahan karagenan 0,4% menghasilkan pori-pori berukuran paling kecil dan paling seragam, yaitu 5,36–7,86 μm . Berdasarkan hasil tersebut, terlihat bahwa penurunan proporsi terigu yang diikuti dengan penambahan karagenan dapat memperkecil ukuran pori-pori roti dan meningkatkan keseragaman ukurannya.



Gambar 6. Foto Penampang *Crumb* Roti menggunakan Mikroskop Cahaya (perbesaran 40×) pada Berbagai Proporsi Tepung dan Konsentrasi Karagenan

Keterangan: Proporsi Tepung/Karagenan (%) (a. 50:25:25/0,2; (b. 50:25:25/0,4; (c. 40:30:30/0,2; (d. 40:30:30/0,4; (e. 30:35:35/0,2; (f. 30:35:35/0,4

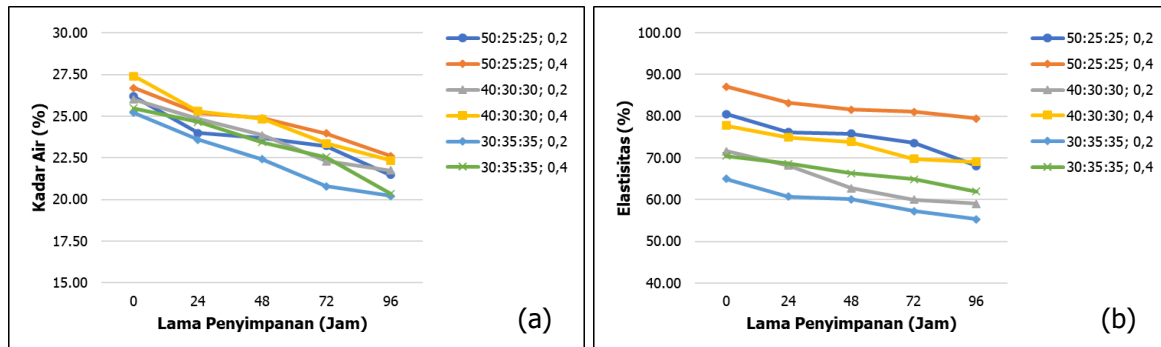
Penurunan kadar gluten dapat menghasilkan pembentukan pori-pori roti yang tidak seragam (Maulida et al., 2019). Namun menurut She et al. (2024), substitusi tepung terigu dengan pati pada konsentrasi yang tepat dapat menghasilkan pori-pori roti menjadi lebih kecil dan terdistribusi lebih luas, serta kedalaman pori-pori menurun secara signifikan yang disebabkan oleh partikel pati membantu mengisi pori-pori yang terbentuk dalam jaringan gluten. Maizena merupakan pati jagung yang dapat bekerjasama dengan gluten pada terigu untuk menghasilkan pori-pori roti tawar yang kecil dan seragam. Oleh karena itu, walau proporsi tepung terigu menurun dan proporsi tepung sorgum dan maizena meningkat, pori-pori roti yang dihasilkan cukup bagus.

Pembentukan pori juga dapat dipengaruhi oleh konsentrasi karagenan. Penambahan karagenan dapat mencegah pori-pori bergabung membentuk pori yang lebih besar dan tidak seragam, sehingga peningkatan konsentrasi karagenan cenderung menghasilkan pori-pori roti yang berukuran lebih kecil dan seragam (Puspitasari et al., 2023). Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Widyastuti et al. (2021), Puspitasari et al. (2023), dan Aflah et al. (20223) terkait penggunaan karagenan dalam pembuatan roti.

Proses *Staling*

Staling mencerminkan proses perubahan mutu yang terjadi selama penyimpanan roti. Sepanjang penyimpanan, roti akan menjadi keras dan kurang elastis karena adanya redistribusi air dari bagian dalam roti (*crumb*) ke permukaan luarnya (*crust*) (Lent & Grant, 2001). Penurunan kadar air dan

elastisitas roti tawar sejak awal penyimpanan (0 jam) hingga penyimpanan hari keempat (96 jam) dapat dilihat pada Gambar 7a dan 7b.



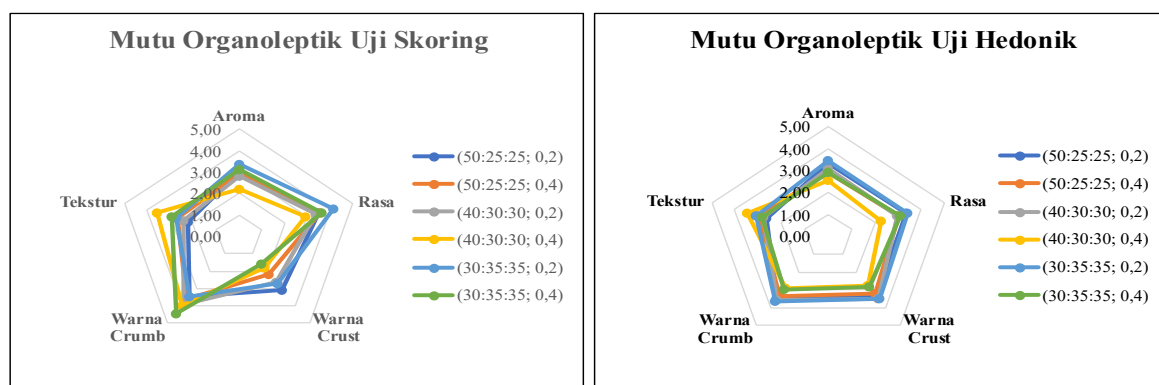
Gambar 7. Pengaruh Proporsi Tepung Terigu:Sorgum:Maizena dan Konsentrasi Karagenan Terhadap (a) Kadar Air dan (b) Elastisitas Roti Tawar Selama Penyimpanan

Hasil observasi *crumb* roti menunjukkan perlakuan yang paling awal mengalami *staling* yang dicirikan dengan *crumb* roti menjadi sangat keras dan kering adalah perlakuan proporsi tepung 30:35:35 dengan penambahan karagenan 0,2% setelah penyimpanan 48 jam. Hal ini didukung oleh data analisis kadar air dan elastisitas selama penyimpanan yang menunjukkan adanya penurunan kadar air dan elastisitas sebesar 2,79% dan 4,86% dengan total penurunan kadar air dan elastisitas sebesar 4,99% dan 9,65% setelah penyimpanan 96 jam. Sementara itu, perlakuan yang paling lambat mengalami *staling* adalah perlakuan proporsi tepung 50:25:25 dengan penambahan karagenan 0,4% yang baru berubah menjadi sangat keras dan kering setelah penyimpanan 96 jam dengan total penurunan kadar air dan elastisitas terendah yaitu sebesar 4,08% dan 7,64%. Hal ini menunjukkan adanya hubungan antara kadar air dengan elastisitas roti sebagai penciri *staling*.

Staling dipengaruhi oleh retrogradasi amilopektin yang membentuk jaringan kristalin pati selama penyimpanan roti (Waziroh et al, 2023). Oleh karena itu, *staling* dapat dipengaruhi oleh kadar pati dalam tepung pensubstitusi terigu, yaitu 68% pada tepung sorghum (Omer et al., 2023) dan >98% pada maizena (pati jagung) (Palanisamy et al., 2020). Penambahan karagenan juga dapat memperlambat *staling* dengan mempertahankan elastisitas roti karena mampu meminimalisir penguapan air melalui pengurangan laju dehidrasi air dari dalam roti ke (Ariyana et al., 2017).

Organoleptik

Mutu organoleptik roti tawar tersubstitusi tepung sorgum dan maizena dianalisis secara hedonik dan skoring dengan menguji atribut aroma, rasa, tekstur, warna *crust*, dan warna *crumb*. Hubungan antara proporsi tepung terigu:sorgum:maizena dan konsentrasi karagenan yang berbeda terhadap mutu organoleptik roti tawar secara skoring dan hedonik dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Mutu Organoleptik Roti Tawar Pada Berbagai Proporsi Tepung dan Konsentrasi Karagenan

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan proporsi tepung terigu:sorgum:maizena berpengaruh signifikan terhadap aroma, rasa, warna *crust*, dan tekstur roti, sedangkan konsentrasi karagenan berpengaruh signifikan terhadap warna *crust*, warna *crumb*, dan tekstur roti. Hasil analisis interaksi kedua faktor juga menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari hasil interaksi tepung dan karagenan terhadap warna *crumb* dan tekstur roti tawar yang dihasilkan. Hasil uji korelasi Pearson menunjukkan hubungan yang kuat antara hasil uji skoring dan hedonik, baik pada atribut aroma (+0,82), rasa (+0,88), warna *crust* (-0,85), warna *crumb* (+0,76), maupun tekstur (+0,88). Hal ini menunjukkan panelis semakin menyukai roti tawar yang dihasilkan seiring dengan berkurangnya aroma dan rasa asam, semakin gelapnya warna *crust*, semakin cerah warna *crumb* dan semakin lembutnya tekstur roti.

Perlakuan proporsi tepung 30:35:35 dengan konsentrasi karagenan 0,2% adalah perlakuan yang paling disarankan untuk mengurangi penggunaan tepung terigu karena menghasilkan mutu organoleptik yang paling disukai panelis berdasarkan hasil uji hedonik dari sisi aroma, rasa, warna *crust*, dan warna *crumb* dengan karakteristik berdasarkan hasil uji skoring yaitu agak beraroma asam, tidak berasa asam, warna *crust* coklat muda, dan warna *crumb* putih kekuningan walau memiliki tekstur yang agak disukai karena agak lembut. Sementara itu, perlakuan proporsi tepung 40:30:30 dengan konsentrasi karagenan 0,4% adalah perlakuan yang paling tidak disarankan untuk mengurangi penggunaan tepung terigu karena menghasilkan mutu organoleptik yang paling tidak disukai panelis berdasarkan hasil uji hedonik dari sisi aroma, rasa, warna *crust*, dan warna *crumb* dengan karakteristik berdasarkan hasil uji skoring yaitu beraroma asam, agak berasa asam, warna *crust* coklat kekuningan, dan warna *crumb* putih kekuningan, walau menghasilkan tekstur yang paling disukai panelis karena memiliki tekstur yang paling lembut dari perlakuan lainnya.

KESIMPULAN

Perlakuan proporsi tepung terigu:sorgum:maizena berpengaruh signifikan terhadap kadar abu, kadar serat kasar, daya kembang, elastisitas, aroma, rasa, warna *crust*, dan tekstur roti, sedangkan konsentrasi karagenan berpengaruh signifikan terhadap kadar serat kasar, warna *crust*, warna *crumb*, dan tekstur roti. Interaksi kedua faktor juga berpengaruh signifikan terhadap warna *crumb* dan tekstur roti tawar yang dihasilkan. Perlakuan proporsi tepung 30:35:35 dengan konsentrasi karagenan 0,2% adalah perlakuan yang paling disarankan untuk mengurangi penggunaan tepung terigu karena menghasilkan mutu organoleptik yang paling disukai panelis, dengan kadar air 25,21%, kadar abu 2,12%, kadar serat 7,14%, daya kembang 45,16%, elastisitas 64,95%, pori-pori yang kecil dan seragam 10,70-14,19 μm , dan waktu *staling* 48 jam, dengan karakteristik agak beraroma asam, tidak berasa asam, warna *crust* coklat muda, warna *crumb* putih kekuningan, dan tekstur agak lembut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aflah, A. J., Widyastuti, S., Amaro, M., & Rasyda, R. Z. (2024). Effect of TESOTA composite flour composition (wheat, sorgum, tapioca) and carrageenan concentration on the quality of low-gluten bread. *Pro Food*, 10(2), 125–138. <https://doi.org/10.29303/profood.v10i2.426>.
- [AOAC] Association of Analytical Chemist. (2023). *Official methods of analysis of AOAC INTERNATIONAL* (22nd ed.) (G. W. Latimer, Ed.). AOAC Publications.
- Arief, D. Z., Cahyadi, W., & Firdhausa, A. S. (2018). Kajian perbandingan tepung terigu (*Triticum aestivum*) dengan tepung jewawut (*Setaria italica*) terhadap karakteristik roti manis. *Pasundan Food Technology Journal*, 5(3), 180–189. <https://doi.org/10.23969/pftj.v5i3.1267>.
- Ariyana, M. D., Widyastuti, S., Nazaruddin, N., Handayani, B. R., Werdiningsih, W., & Rahayu, N. (2017). Pengaruh penambahan hidrokoloid iota karagenan untuk meningkatkan kualitas, keamanan dan daya simpan roti. *Pro Food*, 3(1), 186–193. <https://doi.org/10.29303/profood.v3i1.39>.

- Atmaka, W., Akbar, K. M., Yudhistira, B., & Prabawa, S. (2020). Pengaruh karagenan terhadap karakteristik fisik dan kimia gel cincau hijau pohon (*Premna oblongifolia* Merr.). *Agrointek*, 14(2), 169–179. <http://dx.doi.org/10.21107/agrointek.v14i2.6245>.
- Avif, A. N., & Oktaviana, A. (2020). Analisis sifat kimia tepung dan pati sorgum dari varietas bioguma dan lokal di Provinsi Nusa Tenggara Timur, Indonesia. *Lantanida Journal*, 8(2), 96–188. <http://dx.doi.org/10.22373/lj.v8i2.8120>.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (1995). *SNI 01-3840-1995 – Roti Tawar*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2006). *SNI 01-2346-2006 – Petunjuk Pengujian Organoleptik dan atau Sensori*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- Diharmi, A., Rusnawati, & Irasari, N. (2020). Characteristic of carrageenan *Eucheuma cottonii* collected from the coast of Tanjung Medang Village and Jaga Island, Riau. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 404(012049), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/404/1/012049>.
- Elyasi, H., Rahimi, H., & Sepahvend, A. (2020). Gelatin, halal or haram?. *Plant Biotechnology Persa*, 2(1), 35–41. <http://dx.doi.org/10.29252/pbp.2.1.35>.
- Haryani, K., Hargono, Handayani, N. A., Ramadani, P., & Rezekia, D. (2017). Substitusi terigu dengan pati sorgum terfermentasi pada pembuatan roti tawar: studi suhu pemanggangan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(2), 61–64. <http://dx.doi.org/10.17728/jatp.197>.
- Kim, M., Yun, Y., & Jeong, Y. (2015). Effects of corn, potato, and tapioca starches on the quality of gluten-free rice bread. *Food Science and Biotechnology*, 24(3), 913-919. <https://doi.org/10.1007/s10068-015-0118-8>.
- Krisnawati, R., & Indrawati, V. (2014). Pengaruh substitusi *puree* ubi jalar ungu (*Ipomea batatas*) terhadap mutu organoleptik roti tawar. *E-Journal Boga*, 3(1), 79–88.
- Kusnandar, F., Danniswara, H., & Sutriyono, A. (2022). Pengaruh komposisi kimia dan sifat reologi tepung terigu terhadap mutu roti manis. *Jurnal Mutu Pangan*, 9(2), 67–75. <https://doi.org/10.29244/jmpi.2022.9.2.67>.
- Lent, P. J., & Grant, L. A. (2001). Effect of additives and strong temperature on staling properties of bagels. *Cereal Chemistry*, 78(5), 619–624. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2001.78.5.619>.
- Mancebo, C. M., Merino, C., Martínez, M.M., & Gómez, M. (2015). Mixture design of rice flour, maize starch and wheat starch for optimization of gluten free bread quality. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 6323–6333. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1769-4>.
- Maulida, Z., Aini, N., Sustriawan, B., & Sumarmono, J. (2019). Formulasi Roti Bebas Gluten Berbasis Tepung Sorgum Dengan Penambahan Pati Garut Dan Gum Arab. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 16(2) : 90-98.
- Muthoharoh & Sutrisno, 2017. Pembuatan roti tawar bebas gluten berbahan baku tepung garut, tepung beras, dan maizena (konsentrasi glukomanan dan waktu *proofing*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 5(2), 34-44. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/528/385>.
- Ocheme, O. B., Adedeji, O. E., Chinma, C. E., Yakubu, C. M., & Ajibo, U. H. (2018). Proximate composition, functional, and pasting properties of wheat and groundnut protein concentrate flour blends. *Food Science & Nutrition*, 6 (5), 1173–1178. <https://doi.org/10.1002/fsn3.670>.

- Omer, S. H. S., Hong, J., Zheng, X., & Khashaba, R. (2023). Sorghum flour and sorghum flour enriched bread: characterizations, challenges, and potential improvements. *Foods*, 12(23), 4221. <https://doi.org/10.3390/foods12234221>.
- Palanisamy, C. P., Cui, B., Zhang, H., Jayaraman, S., & Kodiveri Muthukaliannan, G. (2020). A comprehensive review on corn starch-based nanomaterials: properties, simulations, and applications. *Polymers*, 12(9), 2161. <https://doi.org/10.3390/polym12092161>.
- Puspitasari, B. C., Widyastuti, S., & Amaro, M. (2023). Pengaruh konsentrasi ragi roti instan dan karagenan terhadap mutu roti tawar tersubstitusi tepung sorgum. *Pro Food*, 9(1), 33–45. <https://doi.org/10.29303/profood.v9i1.296>.
- Rauf, R., & Andini, K. T. (2019). Sifat fisik dan penerimaan roti tawar dari tepung komposit terigu dan singkong dengan variasi lama pencampuran adonan. *Jurnal Agritech*. Vol 39 (2) : 169-178. <http://dx.doi.org/10.22146/agritech.41515>.
- Sari, A. M., Kurniawati, L., & Mustofa, A. (2015). Karakteristik roti tawar dengan substitusi tepung sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) terfermentasi dan tanpa fermentasi. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 8(1), 1-5. <http://dx.doi.org/10.20961/jthp.v0i0.12784>.
- She, Z., Zhao, Q., Hou, D., Wang, J., Lan, T., Sun, X., & Ma, T. (2024). Partial substitution of wheat flour with kiwi starch: Rheology, microstructure changes in dough and the quality properties of bread. *Food Chemistry: X*, 23, 101614. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101614>.
- Thilakarathna, R. C. N., Madhusankha, G. D. M. P., & Navaratne, S. B. (2022). Potential food applications of sorghum (*Sorghum bicolor*) and rapid screening methods of nutritional traits by spectroscopic platforms. *Journal of Food Science*, 87(1), 36–51. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16008>.
- Waziroh, E., Murtini, E. S., & Yuwono, S. S. (2023). *Aplikasi Teknologi Inovatis pada Pengolahan Roti Bebas Gluten*. UB Press.
- Widyastuti, S., Nazaruddin, Handayani, B. R., Werdiningsih, W., Ariyana, M. D., & Rahayu, N. (2021). Report on the use of λ - and κ -carrageenans extracted from seaweeds in improving bread quality. *ASM Science Journal*, 14(2), 24-32.
- Wijaya, A. S. (2022). Formulasi roti tawar bebas gluten ditambah berbagai jenis dan konsentrasi bahan pangan lemak nabati. [Skripsi, Universitas Jember].
- Yu, W., Xu, D., Li, D., Guo, L., Su, X., Zhang, Y., Wu, F., & Xu, X. (2019). Effect of pigskin-originated gelatin on properties of wheat flour dough and bread. *Food Hydrocolloids*, 94, 183–190. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.016>.