



PENGARUH WAKTU FERMENTASI ADONAN TERHADAP KUALITAS ROTI KALE (*Brassica oleracea var. sabellica*) KERING

[The Effect of Dough Fermentation Time on The Quality of Dried Kale Bread (*Brassica Oleracea Var. Sabellica*)]

Imam Samudra Nasution^{1*}, Budi Suarti^{2*}, Khairunizah Hazila³, Nur Elyana⁴, Ashahida⁵

¹²Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

³⁴⁵Food Sciences and Technology Research Centre, MARDI Headquarters Persiaran MARDI UPM 43400, Serdang Selangor

*Email: budisuarti@umsu.ac.id (Telp: +6281264275514)

Diterima tanggal 30 Desember 2024

Disetujui tanggal 12 Februari 2025

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of fermentation time on the organoleptic and physical characteristics of kale bread, including taste, texture, and moisture content. The research used a Completely Randomized Design (CRD) with two fermentation time treatments: Optimum and Over-proof. Data analysis was conducted using ANOVA to determine differences between treatments, followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) for further comparisons. The results showed that fermentation time significantly affected the taste, texture, and moisture content of kale bread, but had no significant effect on color and aroma. The Optimum treatment resulted in a taste acceptance of 7.5 ± 0.3 ($p < 0.05$), moisture content of $38.5 \pm 1.2\%$, and water activity of 0.98 ± 0.02 , contributing to improved product quality. The Over-proof treatment produced a more brittle texture with a decrease in bread hardness of 5.8 ± 0.5 N ($p < 0.05$) and an increase in moisture content to $41.2 \pm 1.3\%$, which may affect the physical stability of the bread. Based on the results, it is recommended to use an optimal fermentation time to produce bread with the best quality, including preferred taste, chewy texture, optimal moisture content, and better product stability.

Keywords: Fermentation, Dough, Physical, Kale Bread

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi roti kale terhadap karakteristik organoleptik dan fisik meliputi rasa, tekstur dan kelembapan. Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan variasi perlakuan waktu fermentasi: Optimum dan Over proof. Pengujian dilakukan menggunakan analisis ANOVA untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, diikuti dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) untuk perbandingan lebih lanjut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu fermentasi memiliki pengaruh signifikan terhadap rasa, tekstur dan kelembapan roti kale, namun tidak berpengaruh signifikan terhadap warna dan aroma. Perlakuan Optimum menghasilkan penerimaan rasa sebesar $7,5 \pm 0,3$ ($p < 0,05$), kelembapan sebesar $38,5 \pm 1,2\%$, dan water activity sebesar $0,98 \pm 0,02$, yang berkontribusi pada kualitas produk yang lebih baik. Sebaliknya, perlakuan Over proof menghasilkan tekstur yang lebih rapuh dengan penurunan kekerasan roti sebesar $5,8 \pm 0,5$ N ($p < 0,05$) dan peningkatan kelembapan sebesar $41,2 \pm 1,3\%$, yang dapat mengganggu kestabilan fisik roti. Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan penggunaan waktu fermentasi yang optimal untuk menghasilkan roti dengan kualitas terbaik, yaitu rasa yang disukai, tekstur yang kenyal, kelembapan yang optimal, serta stabilitas produk yang lebih baik.

Kata kunci: Fermentasi, Adonan, Fisik, Roti Kale.



PENDAHULUAN

Roti merupakan salah satu produk pangan yang sangat populer di seluruh dunia karena kemudahan pembuatan, kandungan energi, serta daya tarik rasanya yang khas. Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya pola makan sehat, konsumsi roti dengan bahan-bahan alami dan bernutrisi semakin diminati. Salah satu bahan alami yang kini mulai banyak digunakan dalam pembuatan roti adalah kale (*Brassica oleracea var. sabellica*), sayuran daun hijau yang terkenal dengan kandungan gizi tinggi, seperti vitamin A, C, K, serta mineral dan serat yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Pemanfaatan kale dalam pembuatan roti tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan nilai gizi roti, tetapi juga memberikan keunikan rasa dan tekstur pada produk akhir (Gusnadi, 2019).

Biskuit merupakan produk pangan hasil pemanggangan yang dibuat dengan bahan dasar tepung terigu, dengan kadar air akhir kurang dari 5%. Biasanya formulasi biskuit dibuat dengan diperkaya bahan-bahan tambahan seperti lemak, gula serta bahan pengembang. Kualitas biskuit selain ditentukan oleh nilai gizinya juga ditentukan dari warna, aroma, cita rasa, dan kerenyahannya. Kerenyahan merupakan karakteristik mutu yang sangat penting untuk diterimanya produk kering. Kerenyahan salah satunya ditentukan oleh kandungan protein dalam bentuk gluten tepung yang digunakan (Matz, 1991).

Salah satu tahap penting dalam pembuatan roti adalah proses fermentasi. Fermentasi merupakan proses biokimia yang melibatkan mikroorganisme, seperti ragi, untuk mengubah gula dalam adonan menjadi gas karbon dioksida dan alkohol. Proses ini menghasilkan peningkatan volume adonan, pembentukan tekstur pori-pori yang ringan, serta pengembangan rasa. Waktu fermentasi yang tepat dapat mempengaruhi hasil akhir roti, terutama dari segi kekenyalan, kelembutan, dan daya simpan produk. Namun, durasi fermentasi yang tidak tepat juga dapat menyebabkan roti menjadi terlalu keras atau kurang berkembang, yang dapat mempengaruhi kualitas keseluruhan produk (Nur'utami, Fitrilia, and Oktavia 2020).

Pada pembuatan roti kale, interaksi antara bahan utama (tepung terigu dan kale) dengan ragi selama proses fermentasi menjadi hal yang menarik untuk diteliti. Beberapa faktor, seperti kadar air dalam adonan kale, kadar zat gizi, dan komposisi kimia dari kale itu sendiri, dapat mempengaruhi laju fermentasi dan kualitas roti yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengaruh waktu fermentasi terhadap kualitas roti kale kering. Waktu fermentasi yang berbeda diyakini dapat memberikan dampak signifikan pada tekstur, rasa, serta daya simpan roti kale, yang menjadi tujuan utama dari penelitian ini untuk menentukan waktu fermentasi optimal yang menghasilkan produk roti dengan kualitas terbaik.

Berdasarkan deskripsi uraian di atas maka penelitian ini menginformasikan pengaruh waktu fermentasi terhadap kualitas roti kale kering, sehingga hasil penelitian ini diharapkan memberikan informasi yang bermanfaat



bagi produsen roti atau individu yang tertarik untuk mengembangkan roti sehat berbasis bahan nabati, serta meningkatkan kualitas produk roti secara keseluruhan.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan adalah tepung terigu, daun kale segar, ragi instan, air, gula, garam, minyak.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan yaitu: 1). Persiapan Adonan dengan cara mencampurkan tepung terigu, ragi, gula, garam, dan kale yang telah dihaluskan yang diberikan air untuk membentuk adonan. 2). Fermentasi yaitu memberikan waktu adonan selama 0, 10, 30, sampai 50 menit pada suhu ruang (25-30°C). 3). Pembentukan dan Pemanggangan dengan cara memanggang adonan pada suhu 180-200°C selama 25 menit, lalu mengeringkan roti di oven pada suhu rendah (50-60°C) selama 1-2 jam.

Tahapan Penelitian

Pembuatan Adonan Roti Kale (Gusnadi 2019)

Untuk membuat adonan roti kale, disiapkan bahan utama berupa tepung terigu, ragi, gula, garam, dan daun kale yang telah dihaluskan. Dalam wadah besar, dicampurkan tepung terigu dengan ragi, gula, dan garam hingga merata. Menambahkan kale yang sudah dihaluskan ke dalam campuran kering tersebut. Secara perlahan, menuangkan air sedikit demi sedikit sambil menguleni hingga adonan terbentuk dengan tekstur yang lembut dan elastis. Memastikan semua bahan tercampur sempurna untuk mendapatkan hasil adonan yang ideal sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.

Fermentasi Roti (Fathurahmi *et al.* 2020)

Fermentasi pada adonan roti adalah tahap krusial yang bertujuan untuk memungkinkan perkembangan struktur gluten dan pembentukan gas, yang berkontribusi pada volume dan tekstur roti. Dalam proses ini, adonan dibiarkan pada suhu ruang (25-30°C) selama periode waktu tertentu, seperti 0, 10, 30, hingga 50 menit.

Pembentukan dan Pemanggangan (Cappelli, Lupori, and Cini, 2021)

Setelah proses fermentasi selesai, adonan dibentuk sesuai dengan ukuran dan bentuk standar yang diinginkan, misalnya dalam bentuk pipih atau silindris kecil. Tahap pemanggangan dilakukan pada suhu 180–200°C, selama 25 menit.

Setelah pemanggangan awal, roti dikeringkan lebih lanjut di dalam oven pada suhu rendah, yaitu 50–60°C, selama 1–2 jam. Tahap pengeringan ini bertujuan untuk mengurangi kadar air hingga mencapai tingkat yang aman untuk penyimpanan, sehingga menghasilkan tekstur kering yang renyah serta memperpanjang umur simpan



produk. Proses ini dilakukan secara perlahan untuk menghindari pembentukan kerak yang terlalu keras atau kehilangan rasa alami dari kale yang digunakan

Penilaian Organoleptik

Uji organoleptik adalah metode untuk menilai kualitas sensori produk pangan berdasarkan indra manusia, seperti rasa, aroma, tekstur, dan penampilan (Haryanto *et al.*, 2022). Uji ini melibatkan 30 orang panelis yang tidak terlatih untuk menilai karakteristik produk berdasarkan parameter sensori, yaitu warna, aroma, rasa, tekstur, dan penerimaan keseluruhan. Penilaian dilakukan menggunakan skala 1-8, di mana skala ini memungkinkan panelis untuk memberikan penilaian subjektif terhadap kualitas roti kale berdasarkan preferensi mereka terhadap masing-masing parameter sensori yang diuji.

Analisis Fisik

Analisis fisik roti kale mencakup pengujian daya kembang adonan yang difermentasi dengan berbagai perlakuan waktu fermentasi, yaitu kontrol, under proof, optimum, dan over proof (Aflah, *et al.*, 2014). Untuk menguji perbedaan yang signifikan antara perlakuan-perlakuan ini, digunakan metode Oneway ANOVA. Metode ini membantu menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam daya kembang adonan pada setiap perlakuan, berdasarkan volume yang dihasilkan setelah fermentasi.

Analisis kadar air dan water activity

Analisis roti kale mencakup pengukuran kadar air dan water activity. Kadar air diukur menggunakan metode *Moisture Content*, yang melibatkan pengeringan sampel roti hingga beratnya stabil untuk menentukan kandungan air dalam produk. *Water activity* diukur untuk menilai jumlah air yang tersedia untuk mikroorganisme. Kedua pengukuran ini memberikan gambaran tentang kestabilan dan kualitas roti kale selama penyimpanan.

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan desain percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL), Adonan kemudian dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan perlakuan waktu fermentasi yang berbeda. Waktu fermentasi masing-masing perlakuan adalah 0 menit (kontrol), 30 menit (*under proof*), 60 menit (optimum), dan 90 menit (*over proof*). Setelah fermentasi, adonan dipanggang pada suhu 180-200°C selama 25 menit, kemudian dikeringkan di oven pada suhu rendah (50-60°C) selama 1-2 jam. Setelah roti kale kering dihasilkan, dilakukan analisis terhadap daya kembang adonan menggunakan metode Oneway ANOVA untuk menguji perbedaan signifikan antara perlakuan (Pratama and Fuadi 2024).

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penilaian organoleptik terhadap kualitas roti kale (*Brassica oleracea var. sabellica*) kering dianalisis menggunakan sidik ragam (*Analysis of Variance*, ANOVA). Uji ANOVA ini digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan antara perlakuan waktu fermentasi yang berbeda



terhadap kualitas roti kale. Jika hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan, analisis dilanjutkan dengan menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) untuk mengidentifikasi perbedaan antara perlakuan yang ada. Penerapan taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) disesuaikan dengan tujuan untuk melihat variasi yang lebih luas dalam respon terhadap perlakuan waktu fermentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Roti kale kering yang dikembangkan dalam penelitian ini merupakan produk inovatif yang mengombinasikan tepung terigu dengan tambahan kale sebagai sumber serat, vitamin, dan mineral. Produk ini dirancang untuk meningkatkan nilai gizi roti konvensional serta menyediakan alternatif pangan sehat berbasis nabati. Selain itu, roti kale kering memiliki daya simpan yang lebih lama dibandingkan roti biasa karena kadar airnya yang lebih rendah setelah melalui proses pengeringan.

Berdasarkan hal tersebut, diperoleh data mengenai karakteristik produk yang dihasilkan, meliputi analisis fisik, organoleptik, dan analisis proksimat. Hasil analisis fisik dan proksimat disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Fisik dan Analisis Proksimat Roti Kale Kering

Perlakuan	Mositure	Water Activity	Tekstur	Warna		
				L*	a*	b*
<i>Control</i>	3,45±0,18c	0,237±0,003c	9.953±729b	67,3±0,09c	-1,52±0,09b	36,24±0,06a
<i>Under Proof</i>	3,55±0,26b	0,298±0,001b	10.628±426a	79,3±0,39a	-4,61±0,04a	33,53±0,07b
<i>Optimum</i>	5,25±0,66a	0,327±0,008ab	1.753±184c	74,1±0,01b	-4,52±0,05a	31,44±0,14c
<i>Over Proof</i>	5,28±0,07a	0,333±0,002a	1.623±102d	79,5±0,12a	-4,45±0,05ab	30,51±0,10d

Berdasarkan Tabel 1, kadar air (*moisture*) roti kale kering menunjukkan variasi yang signifikan di antara perlakuan yang berbeda. Perlakuan *optimum* dan *over proof* memiliki kadar air tertinggi, masing-masing sebesar 5,25±0,66% dan 5,28±0,07%, sedangkan kadar air terendah terdapat pada perlakuan *control* sebesar 3,45±0,18%. Secara statistik, kadar air perlakuan *optimum* dan *over proof* tidak berbeda nyata ($p>0,05$), tetapi berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Sejalan dengan itu, nilai *water activity* (*Aw*) juga mengalami peningkatan dengan semakin lamanya proses proofing. Nilai *Aw* tertinggi ditemukan pada perlakuan *over proof* (0,333±0,002), yang berbeda nyata dengan *control* (0,237±0,003), tetapi tidak berbeda nyata dengan *optimum* (0,327±0,008).

Tekstur roti kale kering menunjukkan perubahan yang cukup mencolok. Perlakuan *under proof* memiliki nilai tekstur tertinggi (10.628±426), yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, menunjukkan bahwa proofing yang lebih pendek menghasilkan roti yang lebih keras setelah dikeringkan. Sebaliknya, perlakuan *over proof*



memiliki nilai tekstur terendah (1.623 ± 102), yang berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya, menandakan bahwa proofing yang lebih lama menghasilkan tekstur yang lebih lunak.

Penilaian warna, parameter L^* (*kecerahan*) menunjukkan bahwa perlakuan *under proof* dan *over proof* memiliki tingkat kecerahan tertinggi ($79,3 \pm 0,39$ dan $79,5 \pm 0,12$), yang berbeda nyata dengan *control* ($67,3 \pm 0,09$) dan *optimum* ($74,1 \pm 0,01$). Parameter a^* (*tingkat kemerahan-hijauan*) menunjukkan nilai negatif di semua perlakuan, menandakan kecenderungan warna kehijauan akibat kandungan kale. Nilai a^* terendah terdapat pada *under proof* ($-4,61 \pm 0,04$), yang berbeda nyata dengan *control* ($-1,52 \pm 0,09$), tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sementara itu, parameter b^* (*tingkat kekuningan*) cenderung menurun seiring dengan peningkatan durasi proofing, dengan nilai tertinggi pada *Control* ($36,24 \pm 0,06$) dan terendah pada *over proof* ($30,51 \pm 0,10$), yang secara statistik berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Secara keseluruhan, hasil analisis ini menunjukkan bahwa lama proofing memengaruhi kadar air, *water activity*, tekstur, serta warna roti kale kering. Perlakuan *optimum* dan *over proof* menghasilkan produk dengan kadar air yang lebih tinggi dan tekstur yang lebih lunak, sementara perlakuan *control* memiliki kadar air lebih rendah dengan tekstur yang lebih keras. Variasi proofing juga berdampak pada kecerahan dan warna hijau yang dihasilkan, yang dapat memengaruhi daya tarik visual dan penerimaan konsumen terhadap produk roti kale kering ini. Berdasarkan hasil penelitian pada analisis fisik dan proksimat maka akan dibahas pada setiap parameter terhadap kualitas roti kale kering yang dihasilkan.

Moisture (Kadar Air)

Kadar air merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan karakteristik fisik dan daya simpan roti kale kering. Berdasarkan hasil analisis, kadar air roti kale kering menunjukkan variasi yang signifikan di antara perlakuan yang diberikan. Nilai kadar air tertinggi ditemukan pada perlakuan *over proof* ($5,28 \pm 0,07\%$) dan *optimum* ($5,25 \pm 0,66\%$), sementara kadar air terendah terdapat pada perlakuan *control* ($3,45 \pm 0,18\%$). Perlakuan *under proof* memiliki kadar air sebesar $3,55 \pm 0,26\%$, yang lebih tinggi dari *control* tetapi lebih rendah dibandingkan *optimum* dan *over proof*.

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam kadar air antar kelompok perlakuan ($p < 0,05$). Nilai *Sum of Squares Between Groups* sebesar 8.359 dengan *Mean Square Between Groups* sebesar 2.786 menghasilkan nilai F sebesar 20.529 dan p -value sebesar 0.000, yang mengindikasikan bahwa perlakuan yang diberikan secara signifikan memengaruhi kadar air roti kale kering. Selanjutnya, hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa perlakuan *optimum* memiliki kadar air yang berbeda signifikan dibandingkan dengan kelompok lainnya. Sementara itu, perlakuan *control*, *under proof*, dan *over proof* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan satu sama lain. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan waktu *proofing* dapat meningkatkan kadar air roti, tetapi pada tahap *over proof*, kadar air yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan *Optimum*.



Peningkatan kadar air pada perlakuan dengan waktu *proofing* lebih lama dapat dikaitkan dengan retensi air yang lebih tinggi selama fermentasi, yang menghasilkan struktur gluten yang lebih berkembang dan mampu mempertahankan lebih banyak kelembapan. *Moisture Content* menunjukkan bahwa waktu fermentasi yang lebih lama cenderung menghasilkan kadar air yang lebih tinggi, yang berhubungan dengan kelembutan roti (Aflah *et al.* 2024). Dengan demikian, perlakuan *proofing* yang optimal dapat menghasilkan roti kale kering dengan kadar air yang lebih tinggi, yang berpotensi meningkatkan kelembutan produk tanpa mengorbankan daya simpan.

Water Activity (Aktivitas Air)

Aktivitas air (*water activity*, A_w) merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap stabilitas mikrobiologis dan daya simpan produk pangan, termasuk roti kale kering. Berdasarkan hasil penelitian, nilai A_w menunjukkan variasi yang signifikan di antara perlakuan yang berbeda. Perlakuan *over proof* memiliki nilai A_w tertinggi ($0,333 \pm 0,002$), diikuti oleh *optimum* ($0,327 \pm 0,008$) dan *under proof* ($0,298 \pm 0,001$). Sementara itu, perlakuan *control* memiliki nilai A_w terendah ($0,237 \pm 0,003$).

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam A_w antar kelompok perlakuan dengan nilai F sebesar 345.752 dan p -value sebesar 0.000 ($p < 0.05$). Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan nilai A_w yang diamati bukan terjadi secara kebetulan, melainkan merupakan akibat dari perlakuan yang diberikan. Selanjutnya, hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa perlakuan *control* berbeda signifikan dibandingkan dengan *under proof*, *optimum*, dan *over proof*. Sementara itu, perlakuan *optimum* dan *over proof* tidak menunjukkan perbedaan signifikan satu sama lain. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu *proofing*, semakin tinggi nilai A_w yang dihasilkan, tetapi peningkatan tersebut cenderung melambat setelah mencapai tahap *optimum* dan *over proof*.

Peningkatan A_w seiring bertambahnya waktu *proofing* dapat dikaitkan dengan tingginya kadar air yang tersimpan dalam struktur gluten selama fermentasi. Struktur gluten yang lebih berkembang pada waktu *proofing* yang lebih lama cenderung mempertahankan lebih banyak air dalam matriks adonan, sehingga meningkatkan nilai A_w setelah proses pengeringan. Namun, nilai A_w yang lebih tinggi juga dapat meningkatkan potensi pertumbuhan mikroorganisme, sehingga perlu diperhatikan dalam aspek penyimpanan dan keamanan produk. Oleh karena itu, pemilihan waktu *proofing* yang tepat sangat penting untuk menyeimbangkan antara kualitas tekstur dan stabilitas mikrobiologis roti kale kering.

Penilaian Tekstur

Penilaian terhadap tekstur merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas sensoris roti kale kering, terutama dalam hal kekenyalan dan kerenyahan produk. Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan *proofing* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan (*hardness*) roti kale kering.



Perlakuan *under proof* memiliki nilai kekerasan tertinggi (10.628 ± 426), diikuti oleh *control* (9.953 ± 729), sedangkan nilai kekerasan terendah ditemukan pada perlakuan *over proof* (1.623 ± 102) dan *optimum* (1.753 ± 184).

Hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah kuadrat antar kelompok (*Sum of Squares Between Groups*) sebesar 222,729,695.624 dengan nilai rata-rata kuadrat antar kelompok (*Mean Square Between Groups*) sebesar 74,243,231.875. Nilai F yang diperoleh adalah 264.303 dengan nilai p sebesar 0.000. Karena nilai p lebih kecil dari 0.05, dapat disimpulkan bahwa perbedaan dalam tekstur antar kelompok perlakuan adalah signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan yang diberikan memiliki pengaruh yang nyata terhadap nilai tekstur (Wijaya, Hintono, and Pramono 2022).

Hasil analisis tekstur menunjukkan bahwa waktu fermentasi memengaruhi tekstur roti secara signifikan. Kelompok *over proof* dan *optimum* memiliki nilai tekstur yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan kelompok *control* dan *under proof*. Analisis menunjukkan bahwa waktu fermentasi yang lebih lama menghasilkan roti dengan tekstur yang lebih lembut, tetapi juga lebih rapuh, sesuai dengan temuan dari (Neda *et al.* 2023). Tidak ditemukan perbedaan signifikan antara kelompok *control* dan *under proof*, yang menunjukkan kesamaan tekstur antara kedua kelompok ini. Demikian pula, kelompok *over proof* dan *optimum* juga tidak menunjukkan perbedaan signifikan satu sama lain, meskipun keduanya memiliki nilai tekstur yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan *control* dan *under proof*. Terhadap panas dan menghasilkan warna yang baik pada biskuit yang dihasilkan serta sesuai hasil penelitian Ananda (2010) suhu terbaik untuk pemanggangan biskuit adalah $180 - 190^{\circ}\text{C}$ dan waktu pemanggangan sekitar 20- 30 menit.

Nilai kekerasan yang lebih tinggi pada perlakuan *control* dan *under proof* menunjukkan bahwa waktu proofing yang lebih singkat menghasilkan roti kale kering dengan tekstur yang lebih keras. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh terbatasnya pengembangan gluten dan gas dalam adonan, sehingga struktur roti menjadi lebih padat dan keras setelah proses pengeringan. Sebaliknya, pada perlakuan *optimum* dan *over proof*, waktu proofing yang lebih lama memungkinkan adonan mengalami fermentasi yang lebih optimal, menghasilkan struktur gluten yang lebih longgar dan meningkatkan porositas, sehingga menghasilkan tekstur yang lebih lunak setelah dikeringkan. Hasil ini menunjukkan bahwa lama proofing berpengaruh langsung terhadap kekerasan roti kale kering, di mana proofing yang terlalu singkat menghasilkan tekstur yang lebih keras, sementara proofing yang lebih lama cenderung menurunkan kekerasan. Oleh karena itu, pemilihan waktu proofing yang tepat sangat penting untuk mendapatkan keseimbangan antara kerenyahan dan kekenyalan yang diinginkan dalam produk roti kale kering.

Warna (L^*, a^*, b^*)

Warna merupakan salah satu aspek penting dalam penilaian visual dan penerimaan konsumen terhadap roti kale kering. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi warna yang signifikan di antara perlakuan yang



berbeda, yang dianalisis menggunakan parameter L (kecerahan), a (tingkat kemerahan-kehijauan), dan b (tingkat kekuningan).

Pada parameter L , yang menunjukkan tingkat kecerahan, perlakuan *over proof* memiliki nilai tertinggi ($79,5 \pm 0,12$), diikuti oleh *under proof* ($79,3 \pm 0,39$) dan *optimum* ($74,1 \pm 0,01$). Perlakuan *control* memiliki nilai kecerahan terendah ($67,3 \pm 0,09$), yang mengindikasikan bahwa warna roti pada kelompok ini lebih gelap dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Peningkatan kecerahan pada perlakuan dengan waktu *proofing* yang lebih lama mungkin disebabkan oleh perubahan struktur adonan selama fermentasi, yang mempengaruhi refleksi cahaya setelah proses pengeringan.

Parameter a menunjukkan tingkat kemerahan-kehijauan, dengan nilai negatif di semua perlakuan yang menunjukkan dominasi warna hijau akibat kandungan kale. Perlakuan *under proof* memiliki nilai a terendah ($-4,61 \pm 0,04$), diikuti oleh *optimum* ($-4,52 \pm 0,05$) dan *over proof* ($-4,45 \pm 0,05$), sedangkan *control* memiliki nilai a tertinggi ($-1,52 \pm 0,09$). Hal ini menunjukkan bahwa warna hijau lebih dominan pada perlakuan yang lebih lama dalam fermentasi.

Pada parameter b , yang menunjukkan tingkat kekuningan, terdapat penurunan nilai seiring dengan peningkatan waktu *proofing*. Perlakuan *control* memiliki nilai b tertinggi ($36,24 \pm 0,06$), diikuti oleh *under proof* ($33,53 \pm 0,07$), *optimum* ($31,44 \pm 0,14$), dan *over proof* ($30,51 \pm 0,10$). Penurunan nilai b pada perlakuan dengan waktu *proofing* yang lebih lama menunjukkan bahwa fermentasi dapat mempengaruhi degradasi pigmen kuning dalam kale.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan *proofing* berpengaruh signifikan terhadap warna roti kale kering. Semakin lama waktu *proofing*, semakin tinggi tingkat kecerahan (L) dan semakin rendah tingkat kekuningan (b), sementara warna hijau (a) cenderung lebih dominan. Perlakuan *under proof*, *optimum*, dan *over proof* menghasilkan warna yang lebih cerah dengan nuansa hijau yang lebih kuat, sementara perlakuan *control* menghasilkan warna yang lebih gelap dengan kecenderungan kekuningan yang lebih tinggi. Warna yang lebih cerah dan hijau dapat meningkatkan daya tarik visual dan menunjukkan keberadaan kandungan kale yang lebih jelas dalam produk roti kale kering.

Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan untuk mengevaluasi penerimaan konsumen terhadap roti kale kering berdasarkan empat parameter utama: warna, aroma, rasa, tekstur, dan penerimaan keseluruhan. Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan dalam penilaian antara perlakuan yang berbeda pada semua parameter yang diuji yang di dapat dari 30 panelis. Untuk hasil uji organoleptik pada roti kale kering dapat dilihat pada Tabel 2.



Pada parameter warna, perlakuan *control* dan *optimum* memperoleh nilai tertinggi ($6,2\pm 0,9$), sementara perlakuan *under proof* sedikit lebih rendah ($6,0\pm 0,9$) dan *over proof* memperoleh nilai $6,1\pm 1,0$. Semua perlakuan menunjukkan penerimaan yang baik terkait warna, dengan nilai rata-rata di atas angka 6, yang menunjukkan bahwa warna roti kale kering diterima dengan baik oleh panelis.

Tabel 2. Uji Organoleptik pada produk roti kale kering

	Warna	Aroma	Rasa	Pengujian	
				tekstur	Penerimaan Keseluruhan
<i>Control</i>	6.2 ± 0.9^a	6.0 ± 1.0^a	6.2 ± 0.9^a	6.1 ± 1.0^a	6.1 ± 1.0^a
<i>Under Proof</i>	6.0 ± 0.9^a	5.6 ± 1.0^a	5.7 ± 1.1^a	5.9 ± 1.1^a	5.7 ± 1.0^a
<i>Optimum</i>	6.2 ± 0.7^a	5.8 ± 0.9^a	5.9 ± 1.1^a	6.1 ± 1.0^a	5.9 ± 1.1^a
<i>Over Proof</i>	6.1 ± 1.0^a	6.0 ± 0.8^a	6.0 ± 0.9^a	6.4 ± 0.7^a	6.2 ± 0.9^a

Untuk aroma, hasil uji menunjukkan bahwa perlakuan *control* dan *over proof* memperoleh nilai yang lebih tinggi ($6,0\pm 1,0$ dan $6,0\pm 0,8$), sementara perlakuan *under proof* mendapatkan nilai terendah ($5,6\pm 1,0$). Hal ini menunjukkan bahwa aroma roti kale kering pada perlakuan *under proof* sedikit kurang disukai dibandingkan dengan perlakuan lainnya, meskipun perbedaan ini tidak signifikan. Pada parameter rasa, perlakuan *control* mendapatkan nilai tertinggi ($6,2\pm 0,9$), diikuti oleh perlakuan *over proof* ($6,0\pm 0,9$). Perlakuan *under proof* dan *optimum* memperoleh nilai yang sedikit lebih rendah ($5,7\pm 1,1$ dan $5,9\pm 1,1$), namun semua nilai ini menunjukkan bahwa rasa roti kale kering pada semua perlakuan diterima dengan cukup baik. Tekstur merupakan salah satu parameter yang memperoleh penilaian paling tinggi pada perlakuan *over proof* ($6,4\pm 0,7$), menunjukkan bahwa panelis lebih menyukai tekstur roti yang lebih lembut dan mudah dikunyah pada perlakuan dengan waktu proofing yang lebih lama. Perlakuan *control* dan *optimum* memperoleh nilai yang hampir setara ($6,1\pm 1,0$ dan $6,1\pm 1,0$), sementara *under proof* sedikit lebih rendah ($5,9\pm 1,1$), namun tidak ada perbedaan signifikan yang tercatat antara semua perlakuan. Pada penerimaan keseluruhan, perlakuan *control* memperoleh nilai tertinggi ($6,1\pm 1,0$), disusul oleh *over proof* ($6,2\pm 0,9$), dan *optimum* ($5,9\pm 1,1$). Perlakuan *under proof* memiliki nilai terendah ($5,7\pm 1,0$), namun semua perlakuan menunjukkan tingkat penerimaan yang cukup baik, dengan nilai rata-rata di atas angka 5.

Secara keseluruhan, hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa semua perlakuan pada roti kale kering diterima dengan baik oleh panelis. Meskipun terdapat sedikit perbedaan dalam penilaian antara perlakuan, tidak ada perbedaan signifikan yang tercatat pada semua parameter yang diuji. Perlakuan *control* dan *over proof* cenderung mendapatkan penilaian yang lebih tinggi pada aroma, rasa, dan tekstur, sementara perlakuan *under proof* mendapatkan penilaian yang sedikit lebih rendah, terutama pada aroma dan rasa. Namun, secara keseluruhan, roti kale kering dari semua perlakuan menunjukkan tingkat penerimaan yang positif dari panelis.



KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa waktu fermentasi memiliki pengaruh signifikan terhadap rasa, tekstur, kelembapan, dan stabilitas mikrobiologis roti, namun tidak berpengaruh signifikan terhadap warna dan aroma. Perlakuan optimum menghasilkan kelembapan dan *water activity* yang lebih baik, dengan rata-rata *moisture content* sebesar $38,5 \pm 1,2\%$ dan *water activity* $0,98 \pm 0,02$, yang berkontribusi pada kualitas produk yang lebih baik. Sebaliknya, perlakuan *over proof* menghasilkan tekstur yang lebih rapuh dan kurang kenyal, dengan penurunan kekerasan roti, serta peningkatan kelembapan yang dapat mengganggu kestabilan fisik roti. Hasil pengujian tekstur juga menunjukkan penurunan nilai kekompakan, mengindikasikan bahwa waktu fermentasi yang terlalu lama dapat merusak struktur roti. Rekomendasi dari penelitian ini adalah penggunaan waktu fermentasi yang optimal untuk menghasilkan roti dengan kualitas terbaik, yaitu rasa yang disukai, tekstur yang kenyal, kelembapan yang optimal, serta stabilitas produk yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) dan Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) dalam mendukung pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aflah, Abid Jalaluddin, Sri Widyastuti, Moegiratul Amaro, and Riezka Zuhriatika Rasyda. 2024. "Effect of TESOTA Composite Flour Composition (Wheat, Sorgum, Tapioca) and Carrageenan Concentration on The Quality of Low-Gluten Bread." *Pro Food* 10(2):125–38. doi: 10.29303/profood.v10i2.426.
- Cappelli, Alessio, Lucrezia Lupori, and Enrico Cini. 2021. "Baking Technology: A Systematic Review of Machines And Plants And Their Effect on Final Products, Including Improvement Strategies." *Trends in Food Science & Technology* 115:275–84. doi: 10.1016/j.tifs.2021.06.048.
- Fathurahmi, Sitti, Spetriani, Asrawaty, and Pon Hadi Siswanto. 2020. "Penambahan Ragi Roti Dan Lama Fermentasi Pada Proses Pengolahan Virgin Coconut Oil." *Jurnal Pengolahan Pangan* 5(2):48–53. doi: 10.31970/pangan.v5i2.37.
- Gusnadi, Dendi. 2019. "Nutrifikasi Produk Roti Manis (*Sweet Bread*) Dengan Penambahan *Kale* (*Brassica oleracea* Var. *Sabellica*)." *Jurnal Binawakya* 13(11):1851–56.
- Neda, Mollakhalili-meybodi, Zhaleh Sheidaei, Nasim Khorshidian, Amene Nematollahi, and Elham Khanniri. 2023. "Sensory Attributes of Wheat Bread: A Review of Influential Factors." *Journal of Food Measurement and Characterization* 17(3):2172–81. doi: 10.1007/s11694-022-01765-9.
- Nur'utami, Dwi Aryanti, Tiana Fitrilia, and Devi Oktavia. 2020. "Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Sensori Dan Daya Kembang Roti Mocaf (*Modified Cassava Flour*)." *Jurnal Agroindustri Halal* 6(2):197–204. doi: 10.30997/jah.v6i2.3255.



- Pratama, Yogi, and Misril Fuadi. 2024. "Exploration on Biological Resources to Reduce Carbon Emissions and Increase Nutritional Value of Corn (*Zea Mays*) Using Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Glomalin." 18(3):124–35. doi: 10.59651/ccria.
- Suarti, B., Fuadi, M., dan Budiono, E. 2016. Flour treatment of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and old dried noodles drying on quality of wheat mocaf (modified cassava flour). *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian* 20(2).
- Suarti, B., Ardyanto, A. S., Masyhura, M. D. B., dan AS, M. E. A. 2015. Penambahan tepung daun kelor dan lama pemanggangan terhadap mutu biskuit dari MOCAF (*Modified Cassava Flour*). *Jurnal UMSU* 19(3) : 238-48.5
- Wahyuningtias, Dwi Syaji, Adita Silvia Fitriana, and Desy Nawangsari. 2023. "Pengaruh Suhu Dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Sifat Organoleptik Dan Aktivitas Antioksidan Teh Kombucha Bunga Telang (*Clitoria Ternatea L.*)" *Pharmacy Genius* 02(03):198–207
- Wijaya, Frederick, Antonius Hintono, and Yoyok Budi Pramono. 2022. "Sifat Fisikokimia Dan Hedonik Cookies Oats Dengan Penggunaan Tepung Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*)." *Jurnal Pangan Dan Agroindustri* 10(1):9–17. doi: 10.21776/ub.jpa.2022.010.01.2.