



Characteristics of White Bread with Duckweed Flour (*Lemna* sp.) Substitution as Functional Food

(Karakteristik Roti Tawar dengan Substitusi Tepung Duckweed (*Lemna* sp.) sebagai Pangan Fungsional)

M. Hammam Antar Yuriyan¹, Sakinah Haryati^{1✉} dan Bhatara Ayi Meata¹

¹ Program Studi Ilmu Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl, Raya Palka Km. 03, Sindangsari, Banten-Indonesia

E-mail: 4443210086@untirta.ac.id; sakinahharyati@untirta.ac.id; bhatara354@untirta.ac.id

Article Info:

Received : 18 April 2025
 Accepted : 03 Mei 2025
 Online : 05 Mei 2025

Article type :

<input type="checkbox"/>	Review Article
<input type="checkbox"/>	Common Serv. Article
<input checked="" type="checkbox"/>	Research Article

Keyword :

White bread, duckweed, functional food

Corresponding Author :

Sakinah Haryati
 Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia

Email:

sakinahharyati@untirta.ac.id

Abstract

Processed food products like white bread are favored by various segments of Indonesian society. White bread is widely favored because of its delicious taste, affordable price, and convenience. However, the nutritional components of white bread products are generally dominated by carbohydrates with little protein and fiber. One way to enhance the nutritional components and create functional properties in white bread is by substituting wheat flour with duckweed flour. The potential of duckweed as a food ingredient is well-known due to its high protein and fiber content. Duckweed is also known to have the ability to act as a stabilizer, emulsifier, foaming agent, and thickener in added foods. This study aims to determine the optimal amount of duckweed flour substitution for the characteristics of white bread. The method used in this research is a Completely Randomized Design (CRD) consisting of 4 treatment levels (0%, 1%, 3%, and 5%) with 2 replications. This research has two main stages: the production of duckweed flour and the making of white bread. The testing parameters in this study include proximate analysis, crude fiber analysis, swelling power analysis, hardness analysis, slice appearance analysis, hedonic analysis, and Bayesian test. The substitution of 3% duckweed flour (F2) became the best treatment with proximate analysis showing moisture content of 3.47%, ash content of 4.67%, fat content of 2.61%, protein content of 14.09%, and carbohydrate content of 75.18%. Physical analysis showed a hardness of 1.905 N, a swelling power of 135.83%, and a good appearance of the slices.



Copyright©2025, M. Hammam Antar Yuriyan, Sakinah Haryati, Bhatara Ayi Meata

I. PENDAHULUAN

Penelitian dan inovasi tentang pangan fungsional mengalami perkembangan pesat dengan bertambahnya permintaan dan kesadaran gaya hidup sehat (Triandita et al. 2020). Terbatasnya informasi pemanfaatan komoditas pangan yang berpotensi menyebabkan rendahnya inovasi dan penelitian tentang pangan fungsional. Eksplorasi sumber pangan baru serta cara pemanfaatannya perlu dikembangkan untuk

memenuhi kebutuhan pangan masyarakat yang akan bertambah di masa depan (Xu et al. 2021). Duckweed merupakan salah satu tumbuhan air yang memiliki potensi sebagai bahan pangan berkelanjutan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional.

Duckweed dapat dijumpai pada permukaan perairan air tawar dengan arus tenang seperti kolam, danau, dan tumbuh di wilayah tropis dengan pertumbuhan yang cepat, mudah

beradaptasi, berukuran kecil dan morfologi yang sederhana (Baek *et al.* 2021). Potensi pemanfaatan *duckweed* sebagai bahan pangan telah diketahui sehingga tidak hanya sebagai pakan dan lingkungan air. Hal tersebut tidak lepas dari profil kandungan gizi *duckweed* yang lengkap dan baik untuk manusia. Menurut penelitian Hu *et al.* (2022), mengonsumsi *duckweed* tidak menimbulkan efek buruk bagi tubuh manusia. Uji coba toksik pada 5 strain *duckweed* telah dilakukan oleh Hu *et al.* (2022), dengan hasil penelitian tidak menimbulkan efek kerusakan pada sel manusia. Masyarakat di Negara Kamboja, Thailand, dan Laos telah mengenal dan mengonsumsi *duckweed* sebagai sayuran yang disebut sebagai *khai nam* (Pasaribu *et al.* 2022). Menurut pernyataan Smith *et al.* (2024), *duckweed* memiliki komponen gizi yang lengkap seperti serat, protein, lemak, karbohidrat, dan kalium dengan beragam jenis senyawa pigmen seperti karotenoid, klorofil, dan zeaxanthin yang memiliki aktivitas antioksidan. Jumlah kandungan protein pada *duckweed* dalam berat kering diketahui lebih tinggi jika dibandingkan sumber protein nabati lainnya yaitu berkisar 35-43%. (Beukelaar *et al.* 2019). Selain itu, serat pada *duckweed* dalam berat keringnya memiliki 40,7% serat larut air dan 6,2% serat tidak larut air. (Bernier *et al.* 2024). Maka dari itu, pemanfaatan *duckweed* sebagai bahan pangan berpotensi dapat meningkatkan nilai protein dan serat pada roti tawar yang ditambahkan.

Roti tawar adalah salah satu produk olahan berbasis tepung terigu yang melalui proses fermentasi ragi dan gluten sebagai pengembang dengan proses pemanggangan (Handayani *et al.* 2022). Roti tawar merupakan salah satu jenis roti sponge yang volumenya disusun oleh komponen-komponen gas. Roti tawar memiliki karakteristik fisik dengan tekstur lembut, berbentuk kotak, berwarna putih dengan warna coklat pada bagian tepi, rasanya tawar, dan volumenya didominasi oleh gas karbondioksida sebagai hasil reaksi ragi selama proses fermentasi. Roti tawar menjadi salah satu olahan pangan yang banyak diminati berbagai kalangan masyarakat yang berbahan dasar tepung terigu. Roti tawar memiliki harga yang terjangkau, rasa yang nikmat, dan praktis saat dimakan sehingga banyak dikonsumsi oleh masyarakat luas. Kandungan karbohidratnya yang tinggi menyebabkan roti tawar menjadi salah satu olahan pangan populer sebagai sumber energi selain nasi dan umbi-umbian (Dian dan Rosida 2023). Kepopuleran roti tawar semakin meningkat

karena karakteristiknya yang dapat diterima masyarakat dan variasi yang semakin beragam. Kandungan gizi roti tawar didominasi oleh karbohidrat dan rendah akan kandungan protein dan serat pangan. Penggunaan *Duckweed* sebagai bahan substitusi dapat diterapkan pada roti tawar sehingga menambah kadar protein dan serat. Kandungan protein *duckweed* yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai pemberi sifat fungsional kesehatan atau atribut fungsional seperti pengental, pengemulsi, texturizer, dan pembusa pada produk olahan seperti kue, pasta, dan roti (Xu *et al.* 2021). Protein RuBisCo (ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase) pada *duckweed* menjadi aspek penting dalam memberikan atribut fungsional pada suatu produk.

Penelitian terdahulu tentang karakteristik roti tawar sebagai pangan fungsional telah dilakukan. Penelitian Yahaya *et al.* (2021), menghasilkan peningkatan nilai gizi protein dan serat pada penggunaan 2% tepung *duckweed*. Selanjutnya penelitian Pawiwara *et al.* (2023), menghasilkan roti tawar dengan kadar protein 8,1% dan serat 13,49% pada substitusi tepung daun kelor 3%. Penelitian ilmiah terkait Penambahan tepung *duckweed* pada roti tawar sebagai peningkatan nilai gizi masih belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji aplikasi tepung *duckweed* sebagai pangan fungsional pada roti tawar yang disubstitusikan.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari – Maret 2025. Pembuatan tepung *duckweed*, pembuatan roti tawar, pengujian organoleptik, pengujian kenampakan irisan, dan pengujian sampel terbaik (bayes) dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Perairan (THP), Program Studi Ilmu Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Pengujian proksimat dan pengujian serat kasar dilaksanakan di Laboratorium Biotech Center, Institut Pertanian Bogor. Pengujian tekstur kekerasan (*hardness*) dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Gadjah Mada.

2.2. Pembuatan Tepung *Duckweed*

Prosedur pembuatan tepung *duckweed* mengacu pada jurnal yang diterbitkan oleh European Food Safety Authority (2021), Falaye *et al.* (2022), dan Miltko *et al.* (2024) yang telah di modifikasi. Langkah pertama yaitu mencuci *duckweed* dengan air bersih untuk menghilangkan

kotoran. Selanjutnya, *duckweed* dicuci dengan air panas dan direbus pada suhu 100°C selama 5 menit. *Duckweed* kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 55 - 65°C selama 24 jam. *Duckweed* yang telah kering dibersihkan kembali untuk menghilangkan kotoran yang tersisa. *Duckweed* yang telah kering dan bersih kemudian dihaluskan menggunakan *grinder*. *Duckweed* yang telah dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Tepung *duckweed* disimpan pada wadah kedap udara dan tertutup rapat.

2.3. Pembuatan Roti Tawar

Prosedur pembuatan roti tawar mengacu pada penelitian Pratama *et al.* (2021) dengan modifikasi. Langkah pertama menimbang seluruh bahan yang digunakan sesuai takaran yang telah ditentukan. Campur seluruh bahan seperti tepung

terigu, tepung *duckweed*, gula pasir, susu bubuk, ragi, air, garam, mentega, perisa vanila, dan *bread improver* kemudian diaduk atau *mix* sehingga adonan merata atau kalis. Adonan yang telah diaduk kemudian didiamkan atau difermentasi selama 45 menit dengan ditutup menggunakan kain. Setelah itu, adonan perlu diuleni untuk membuang gas yang terperangkap selama fermentasi berlangsung dan kemudian *proofing* 45 menit di dalam loyang. Adonan roti di panggang dengan oven pada suhu 180°C selama 30 menit. Roti yang sudah matang dikeluarkan dan didinginkan. Roti tawar selanjutnya akan dilakukan pengujian hedonik, proksimat, serat kasar, daya kembang, tekstur kekerasan (*hardness*), kenampakan irisan, dan uji efektivitas *bayes*.

Tabel 1. Modifikasi Formulasi Roti Tawar *Duckweed* (Purnamasari 2020)

Nama Bahan	F0	F1	F2	F3
Tepung terigu (g)	260	257,4	252,2	247
Tepung <i>duckweed</i> (g)	0	2,6	7,8	13
Gula (g)	14	14	14	14
Garam (g)	4	4	4	4
Susu bubuk (g)	20	20	20	20
Ragi (g)	3	3	3	3
Margarin(g)	21	21	21	21
Air dingin (mL)	160	160	160	160
<i>Bread Improver</i> (g)	1	1	1	1
Perisa Vanila (g)	1,3	1,3	1,3	1,3

2.4. Pengumpulan Data

2.4.1. Analisis Hedonik (SNI 2006)

Uji hedonik dilakukan untuk menentukan tingkat kesukaan pada suatu produk oleh panelis atau konsumen. Aspek pengujian hedonik meliputi rasa, warna, aroma, dan tekstur dari produk yang diuji. Pengujian mengacu pada SNI 2346:2006 (2006) yaitu menggunakan metode hedonik dengan skala skor 1-9. Semakin tinggi skor yang dihasilkan maka kualitas produk semakin baik dan dapat diterima panelis atau konsumen.

2.4.2. Analisis Proksimat (AOAC 2005)

Pengujian proksimat dilakukan untuk mengetahui kadar setiap gizi yang terkandung pada produk. Pengujian mengacu pada panduan AOAC (2005) yaitu uji kadar air dan kadar abu dengan metode *thermogravimetri*, kadar protein dengan metode *kjeldahl*, kadar lemak dengan metode ekstraksi *soxhlet*, dan kadar karbohidrat dengan metode *by difference*.

2.4.3. Analisis Kadar Serat Kasar (AOAC 2005)

Uji serat kasar mengacu pada AOAC (2005) yaitu dengan cara menimbang sampel sebanyak 2,5 g kemudian dimasukan ke dalam erlenmeyer. Larutan H₂SO₄ 0,255 N sebanyak 200 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dipanaskan selama 30 menit. Larutan tersebut disaring untuk memperoleh endapannya, kemudian endapan dicuci menggunakan aquades panas sampai cucian netral lalu pindahkan endapan tersebut ke dalam erlenmeyer kembali. Larutan NaOH 0,313 N sebanyak 200 mL ditambahkan ke dalam erlenmeyer lalu dipanaskan selama 30 menit. Larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring dan corong buchner yang telah diketahui berat kertas saringnya. Hasil saringan dicuci menggunakan larutan K₂SO₄ 10% sebanyak 15 ml, dilanjutkan pencucian dengan aquades panas sebanyak 50 ml dan diakhiri pencucian dengan etanol 96% sebanyak 15 ml. Endapan dikeringkan beserta kertas saring dengan oven pada suhu 105°C

dan didinginkan menggunakan desikator selama 15 menit. Hasil endapannya ditimbang sehingga memperoleh berat konstan. Rumus penetapan kadar serat sebagai berikut:

$$\text{Kadar serat kasar}(\%) = \frac{A - B}{W} \times 100\%$$

Keterangan : A = Berat hasil pengeringan dari berat kertas saring dan endapan (g),
B = Berat kertas saring (g), W = Berat awal sampel (g)

2.4.4. Analisis Daya Kembang (Puspitasari et al. 2023 dan Pusuma et al. 2018)

Penelitian ini menggunakan metode *Seed Displacement Test* (SDT) untuk mengukur daya kembang roti tawar. Langkah pertama yaitu mengukur volume cetakan kosong dengan memasukan *millet* sampai permukaan rata dan *millet* yang di dalam loyang kosong diukur menggunakan gelas ukur (V0), kemudian mengukur volume adonan sebelum dipanggang dengan memasukkannya ke dalam loyang lalu mengisinya dengan *millet* hingga permukaan loyang terpenuhi dan dicatat sebagai (V1), kemudian mengukur volume roti yang telah di panggang (V2) dengan cara memasukan *millet* pada cetakan berisi roti tawar yang telah dipanggang sampai permukaan penuh loyang dan *millet* diukur pada gelas ukur. Berikut rumus penetapan daya kembang roti tawar:

$$\text{Daya Kembang}(\%) = \frac{V2 - V1}{V1} \times 100\%$$

Keterangan : V1 = Volume adonan (ml),
V2 = Volume roti tawar (ml)

2.4.5. Analisis Tekstur Kekerasan (Hardness) (Pratiwi et al. 2021)

Uji tekstur dilakukan untuk mengetahui tekstur roti tawar pada parameter kekerasannya menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Pengukuran tekstur kekerasan roti tawar yaitu dengan meletakkan sampel pada area tengah roti tawar yang akan ditusuk oleh probe sampai alas. Nilai kekerasan akan diperoleh dari gaya maksimal (N) yang diperlihatkan oleh alat UTM dan dilakukan dua kali pengulangan.

2.4.6. Analisis Kenampakan Irisan (Pusuma et al. 2018)

Keseragaman dan kekompakkan pori-pori roti tawar dapat diketahui melalui analisis kenampakan irisan. Pori-pori roti tawar terbentuk melalui proses penahanan gas CO₂ yang

diproduksi selama fermentasi ragi sehingga meningkatkan volume roti yang ditahan oleh sifat gluten. Pori-pori yang berukuran kecil dan seragam menandakan hasil yang baik. Pengujian mengacu pada penelitian oleh Pusuma et al. (2018) yaitu dengan metode pemotretan pada roti tawar yang telah diiris pada ketebalan 1,5 cm dan diletakkan di alas atau kain putih. Hasil pemotretan akan berupa foto jelas yang kemudian dianalisis secara visual.

2.4.7 Analisis Efektivitas (Bayes) (Diana 2017)

Uji *bayes* mengacu pada penelitian Diana (2017), yaitu pengujian untuk mengambil keputusan melalui pencarian perlakuan terbaik dari data hasil penelitian dengan bobot nilai peluang penelitian. Metode *bayes* memerlukan pengaruh (data) yang diperoleh dari hasil penelitian dan bobot pengaruh yang diperoleh dari faktor-faktor terjadinya peristiwa untuk menghitung peluang perlakuan terbaiknya. Pemberian bobot nilai pada metode *bayes* berdasarkan keyakinan, pengalaman, dan kepercayaan. Selanjutnya nilai efektivitas ditentukan dengan rumus:

$$p(A|B) = \frac{p(A) \times p(A)}{p(B)}$$

Keterangan : (A|B) = Peluang hipotesis A terjadi jika bukti B terjadi,
p(B|A) = Peluang munculnya bukti B jika hipotesis A terjadi, p(A) = Peluang hipotesis A tanpa melibatkan bukti apapun, p(B) = Peluang bukti B tanpa melibatkan hipotesis apapun

2.5. Analisis Data

Setiap data pengujian yang diperoleh akan dianalisis menggunakan metode pengujian yang tepat. Data yang didapatkan dari uji hedonik akan dianalisis menggunakan uji *Kruskal-Wallis*. Apabila hasil uji menunjukkan adanya berpengaruh nyata, maka dilakukan uji lanjut *Mann Whitney*. Uji ANOVA (*Analyze of Variance*) digunakan pada data yang didapatkan dari analisis proksimat, uji serat kasar, uji daya kembang, dan uji kekerasan. Apabila didapatkan hasil yang menunjukkan berpengaruh nyata maka dilanjutkan menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 5%. Pengujian kenampakan irisan akan dianalisis secara deskriptif melalui pengamatan visual. Perlakuan terbaik akan ditentukan melalui bobot

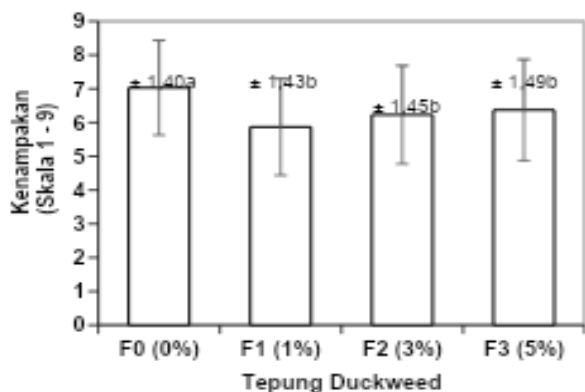
nilai berdasarkan tingkat kepentingan setiap parameter pengujian menggunakan uji Bayes.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Hedonik

3.1.1. Kenampakan

Nilai uji hedonik kenampakan roti tawar dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik nilai uji hedonik kenampakan roti tawar

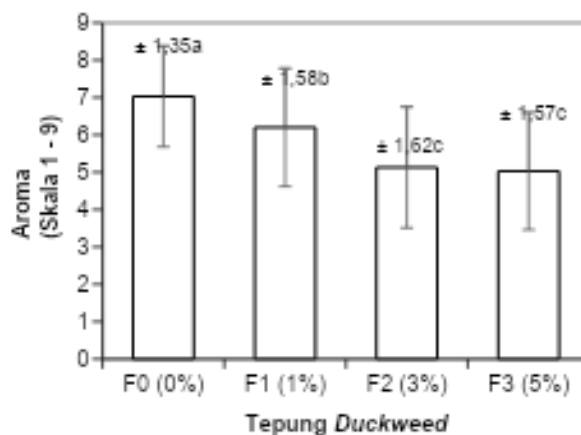
Berdasarkan pada Gambar 1. di atas, menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi substitusi tepung *duckweed* yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap nilai hedonik kenampakan roti tawar ($p < 0,05$). Rata-rata nilai hedonik kenampakan roti tawar pada taraf perlakuan F0 – F3 berkisar 5,87-7,03. Nilai hedonik kenampakan roti tawar tertinggi berada pada taraf perlakuan kontrol (F0) dan nilai hedonik kenampakan roti tawar terendah berada pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 1% (F1). Kenampakan roti tawar dengan warna putih cerah pada perlakuan control (F0) lebih disukai oleh para panelis dibandingkan kenampakan yang berwarna hijau pucat sampai hijau tua dengan substitusi tepung *duckweed*. Hasil tersebut selaras dengan penelitian Fadila *et al.* (2023), yaitu biskuit pada perlakuan kontrol memiliki nilai warna tertinggi dibandingkan biskuit dengan penambahan tepung daun kelor. Panelis menilai secara subjektif berdasarkan selera masing-masing individu. Penilaian kenampakan oleh panelis dapat dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kepercayaan, persepsi, harapan, dan sikap pada produk yang dinilai (Medho dan Mohamad 2021).

Berdasarkan grafik pada Gambar 1, nilai hedonik kenampakan pada perlakuan substitusi tepung *duckweed* cenderung mengalami kenaikan dengan bertambahnya jumlah substitusi tepung *duckweed* yang digunakan. Penelitian Winnarko *et*

al. (2020) menghasilkan peristiwa yang serupa yaitu, adanya kenaikan nilai warna kue eclairs dengan seiring bertambahnya jumlah substitusi tepung daun kelor yang digunakan. Pada grafik di atas, roti tawar dengan warna hijau tua pada taraf perlakuan F3 dinilai lebih menarik dari roti tawar dengan warna hijau pucat pada taraf perlakuan F1. Hasil ini selaras dengan penelitian Cahyani *et al.* (2020), yaitu kue lapis yang berwarna hijau pucat dari hasil substitusi tepung daun kelor dan tepung terigu (1:2) lebih rendah dibandingkan kue lapis yang berwarna hijau cerah dari perbandingan tepung daun kelor dan tepung terigu (1:1). Warna roti tawar dengan substitusi tepung *duckweed* secara signifikan mempengaruhi warna roti tawar menjadi hijau. Warna hijau pada roti tawar yang disubstitusi oleh tepung *duckweed* diketahui berasal dari kandungan pigmen hijau yang disebut klorofil (Takács *et al.* 2025).

3.1.2. Aroma

Nilai uji hedonik kenampakan roti tawar dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik nilai uji hedonik aroma roti tawar

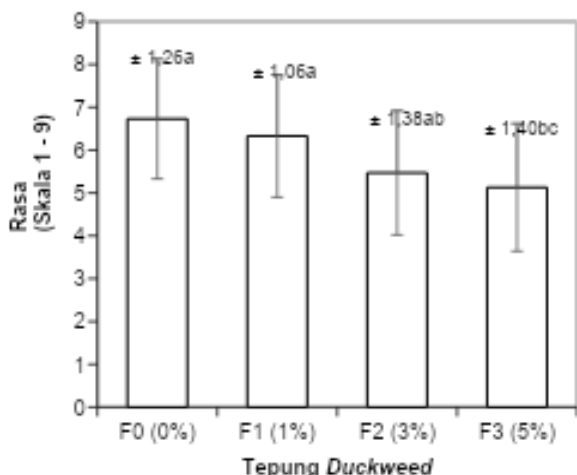
Berdasarkan pada Gambar 2. di atas, menunjukkan bahwa perlakuan substitusi tepung *duckweed* yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap nilai hedonik aroma roti tawar ($p < 0,05$). Rata-rata nilai hedonik aroma roti tawar pada taraf perlakuan F0 – F3 berkisar 5,03-7,03. Nilai hedonik aroma roti tawar tertinggi berada pada taraf perlakuan kontrol (F0) dan nilai hedonik aroma roti tawar terendah berada pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 5% (F3). Peristiwa ini menunjukkan bahwa dengan bertambahnya substitusi tepung *duckweed* yang digunakan pada roti tawar, maka nilai hedonik aroma roti tawar semakin rendah. Peristiwa ini serupa dengan penelitian Pawiwara *et al.* (2023),

yaitu bertambahnya jumlah penambahan tepung daun kelor yang digunakan maka nilai hedonik aroma roti tawar akan semakin menurun.

Jumlah substitusi tepung *duckweed* yang semakin bertambah akan menurunkan nilai hedonik aroma roti tawar yang dihasilkan. Hal tersebut disebabkan oleh senyawa volatil yang terkandung pada *duckweed*. Senyawa volatil seperti heptanal, tridecanal, trans-geranylacetone, 2-pentylfuran, dan 1-octen-3-ol memberikan kesan aroma dedaunan segar. Namun, *duckweed* juga memberikan kesan aroma yang kurang disenangi karena baunya menusuk, sangit, dan apek yang dihasilkan oleh senyawa volatil seperti methylheptenone, tetradecanal, 2,3-pentanedione, dan trans-2-decanal (Smith *et al.* 2024). Penilaian aroma oleh panelis ditentukan pada preferensi kesukaan masing-masing individu karena penilaiannya secara subjektif

3.1.3. Rasa

Nilai uji hedonik rasa roti tawar dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik nilai uji hedonik rasa roti tawar

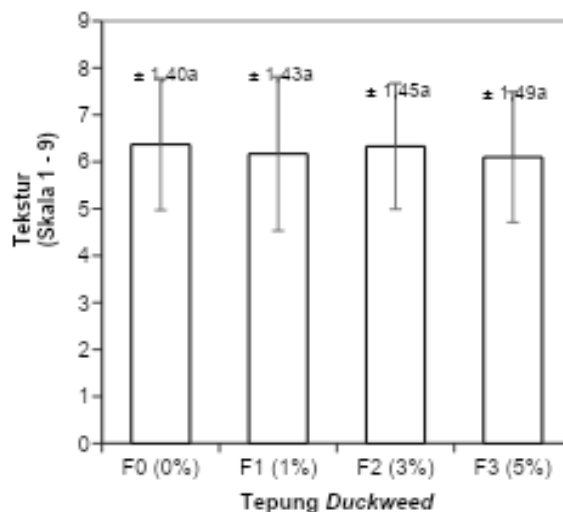
Berdasarkan pada Gambar 3. di atas, menunjukkan bahwa perlakuan substitusi tepung *duckweed* yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap nilai hedonik rasa roti tawar ($p < 0,05$). Rata-rata nilai hedonik rasa roti tawar pada taraf perlakuan F0 – F3 berkisar 5,13-6,73. Nilai hedonik rasa roti tawar tertinggi berada pada taraf perlakuan kontrol (F0) dan nilai hedonik rasa roti tawar terendah berada pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 5% (F3). Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa nilai hedonik rasa roti tawar mengalami penurunan dengan bertambahnya jumlah substitusi tepung *duckweed*. Peristiwa tersebut serupa dengan penelitian Helingo *et al.* (2022), yaitu seiring bertambahnya

jumlah substitusi tepung daun kelor yang digunakan maka menghasilkan nilai hedonik rasa roti tawar yang cenderung menurun.

Penurunan nilai hedonik rasa roti tawar disebabkan oleh bertambahnya jumlah substitusi tepung *duckweed* yang digunakan. Metabolit sekunder yang terkandung pada *duckweed* diketahui dapat mempengaruhi rasa roti tawar yang ditambahkan. *Duckweed* diketahui memiliki kandungan metabolite sekunder tannin, alkaloid, flavonoid, triterpenoid, dan saponin. (Baek *et al.* 2021). Senyawa flavonoid, triterpenoid, dan alkaloid diketahui dapat memberikan rasa pahit ketika dikecap. Penelitian oleh Astuti dan Respatie (2022) menyatakan bahwa senyawa tersebut menjadi faktor pemberi rasa pahit pada mentimun. Selain itu, senyawa tannin yang terkandung *duckweed* juga menyumbangkan rasa pahit pada produk makanan. Gugus polifenol pada tannin dapat memberikan rasa sepat, pahit, dan kering di dalam mulut (Wening *et al.* 2024).

3.1.4. Tekstur

Nilai uji hedonik tekstur roti tawar dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik nilai uji hedonik tekstur roti tawar

Berdasarkan pada Gambar 4. di atas, menunjukkan bahwa perlakuan substitusi tepung *duckweed* yang berbeda tidak memberikan pengaruh nyata terhadap nilai hedonik tekstur roti tawar ($p > 0,05$). Rata-rata nilai hedonik tekstur roti tawar pada taraf perlakuan F0 – F3 berkisar 6,1-6,37. Nilai hedonik tekstur roti tawar tertinggi berada pada taraf perlakuan kontrol (F0) dan nilai hedonik tekstur roti tawar terendah berada pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 5% (F3). Tekstur roti tawar dinilai tidak memberikan sensasi yang berbeda pada setiap taraf perlakuan

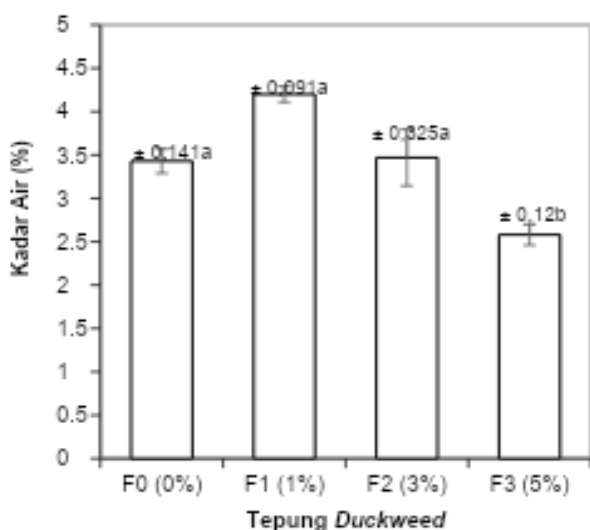
yang dihasilkan. Peristiwa ini serupa dengan penelitian Pawiwara *et al.* (2023), yaitu substitusi tepung daun kelor tidak memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik tekstur organoleptik roti tawar yang dihasilkan.

Cara pembuatan dan penggunaan bahan dasar dapat mempengaruhi karakteristik tekstur roti tawar yang dihasilkan. Sifat tekstur roti tawar dapat dipengaruhi oleh kandungan air, lemak, dan protein gluten (Pusuma *et al.* 2018). Gluten pada tepung terigu dapat mempengaruhi tekstur roti tawar yang dihasilkan. Reaksi air dengan protein gluten akan menciptakan adonan yang bersifat elastis dan mengikat seluruh bahan. Gas yang dihasilkan dari proses fermentasi dapat ditahan oleh sifat elastis dari adonan yang dihasilkan (Wening *et al.* 2024). Selain itu, *duckweed* diketahui memiliki kemampuan membantu sifat fisik pada produk pangan yang ditambahkan. *Duckweed* mengandung serat yang dapat memberikan kemampuan pengemulsi, pengental, dan penstabil sehingga membantu mengatur tekstur pada produk yang ditambahkan (Takács *et al.* 2025). Kandungan protein pada *duckweed* yang tinggi (16-41%) juga dapat membantu sifat fisik produk pangan. *Duckweed* mengandung protein RuBisCo yang memiliki kemampuan sebagai pengemulsi, pengental, dan pembusa pada makanan (Yahaya *et al.* 2022).

3.2 Analisis Proksimat

3.2.1. Kadar Air

Analisis kadar air roti tawar dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik nilai kadar air roti tawar

Gambar 5, menunjukkan bahwa perlakuan substitusi tepung *duckweed* yang berbeda dapat memberikan pengaruh perbedaan nyata terhadap nilai kadar air roti tawar ($p < 0,05$). Rata-rata nilai kadar air roti tawar pada taraf perlakuan F0 – F3 berkisar 2,58%-4,2%. Nilai kadar air roti tawar tertinggi berada pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 1% (F1) dan nilai kadar abu roti tawar terendah berada pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 5% (F3). Menurut Nuraisyah *et al.* (2018), kandungan air pada produk roti dapat menentukan ketahanan kerusakan yang di pengaruhi aspek biologi dan kimia. Nilai kadar air roti tawar yang diperoleh sedikit lebih rendah jika dibandingkan pada penelitian Adegoke *et al.* (2023) yang menggunakan substitusi tepung millet dengan rata-rata nilai kadar air berkisar 8,28% - 10,18%. Proses *staling* pada roti tawar dapat menjadi faktor rendahnya nilai kadar air yang diperoleh.

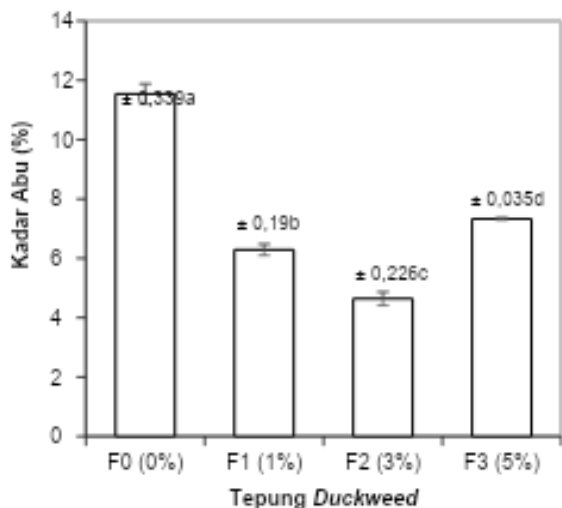
Staling merupakan proses perubahan struktur roti tawar menjadi keras karena kadar air yang mengalami penurunan akibat perpindahan uap air dari bahan ke lingkungan (Cauvain dan Young 2001). Proses *staling* menyebabkan penurunan nilai sensori dan kadar air roti tawar sehingga roti tawar memiliki tekstur yang keras akibat dari penurunan kadar air selama penyimpanan (Puspitasari *et al.* 2023). Puspitasari *et al.* (2023) juga menambahkan bahwa remah roti menjadi keras dan kering karena adanya kehilangan kadar air akibat proses *staling*. Penelitian oleh Utami SI (2000), mengungkapkan tentang pengukuran proses *staling* pada roti tawar menghasilkan penurunan nilai keempukan dan keremahan seiring lama waktu penyimpanan. Menurut Choi *et al.* (2008), proses *staling* pada roti terjadi karena kadar air yang menghilang menciptakan ikatan silang antara pati dengan protein gluten sehingga meningkatkan kekerasan roti tawar. Proses *staling* dapat menghilangkan kemampuan daya kapasitas menahan air atau *water holding capacity* sehingga roti kehilangan banyak cairan (Barros *et al.* 2018).

Berdasarkan grafik pada Gambar 5, perlakuan F3 menjadi satu-satunya taraf perlakuan yang memberikan pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap kadar air roti tawar yang dihasilkan. Nilai kadar air cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah substitusi tepung *duckweed* yang digunakan. Taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* (*Lemna sp.*) 5% (F3) memiliki nilai kadar air terendah dibandingkan taraf perlakuan lainnya. Peristiwa

tersebut sesuai dengan penelitian Sengev *et al.* (2013), Nilai kadar air roti tawar mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya bubuk daun kelor yang digunakan. Bertambahnya jumlah penggunaan bahan kering maka semakin banyak air yang terikat dengan bahan kering sehingga mengakibatkan kadar air menurun (Khoerunisa *et al.* 2024). Kadar air yang terukur merupakan jenis air bebas yang mudah menguap dan tidak terikat oleh bahan lain, namun air yang sudah terikat dengan senyawa atau bahan lain lebih sulit mengalami penguapan sehingga kadar airnya rendah. (Syahputri *et al.* 2015). Selain itu, kadar air tepung terigu lebih tinggi dibandingkan kadar air tepung *duckweed*. Berdasarkan uraian di atas, nilai kadar air dari seluruh taraf perlakuan telah memenuhi syarat SNI Roti Tawar yang telah ditetapkan, yaitu maksimal sebesar 40%.

3.2.2. Kadar Abu

Analisis kadar abu roti tawar dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik nilai kadar abu roti tawar

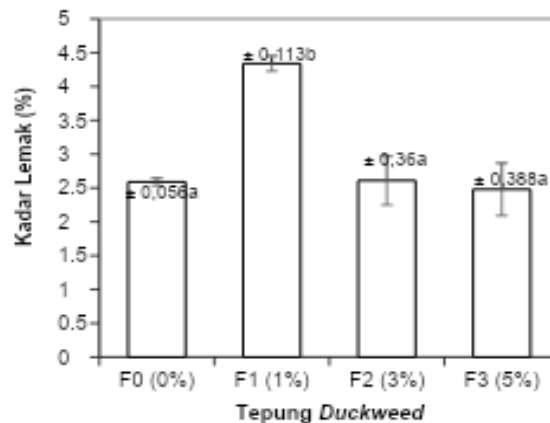
Gambar 6., menunjukkan bahwa perlakuan substitusi tepung *duckweed* yang berbeda dapat memberikan pengaruh perbedaan nyata terhadap nilai kadar abu roti tawar ($p < 0,05$). Rata-rata nilai kadar abu roti tawar pada taraf perlakuan F0 – F3 berkisar 4,64%- 11,54%. Nilai kadar abu roti tawar tertinggi berada pada taraf perlakuan kontrol (F0) dan nilai kadar abu roti tawar terendah berada pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 3% (F2). Nilai kadar abu dari seluruh taraf perlakuan tidak memenuhi syarat SNI Roti Tawar yang telah ditetapkan, yaitu sebesar 1%. Nilai kadar abu yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian Yahata *et al.* (2022) yang menghasilkan kadar abu

sebesar ±20% pada es krim yang ditambahkan tepung *duckweed* (*Lemna minor*) 2%.

Nilai kadar abu yang tinggi disebabkan oleh tingginya jumlah mineral yang terkandung dalam roti tawar. Nilai kadar abu dalam bahan pangan selaras dengan jumlah mineral yang terkandung pada bahan pangan (Smith *et al.* 2023). Tepung terigu dan tepung *duckweed* yang menjadi bahan dasar pembuatan roti tawar mengandung berbagai jenis mineral kompleks. Beragam jenis mineral esensial untuk tubuh seperti zat besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn), kalium (K), fosfor (P), kalsium (Ca), dan tembaga (Cu) terkandung pada *Duckweed* (*Lemna sp.*) (Takacs *et al.* 2025). Menurut penelitian Anya dan Ayuk (2018), kadar abu *duckweed* (*Lemna minor*) pada berat keringnya mencapai 18%, sedangkan menurut penelitian Xu *et al.* (2021), *duckweed* (*Lemna sp.*) memiliki kadar abu sebesar 26% pada berat keringnya. Hal tersebut selaras dengan pernyataan Dian dan Rosida (2023) bahwa jumlah kadar abu bahan penyusun akan berbanding lurus mempengaruhi jumlah kadar abu pada produk makanan.

3.2.3 Kadar Lemak

Analisis kadar lemak roti tawar dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik nilai kadar lemak roti tawar

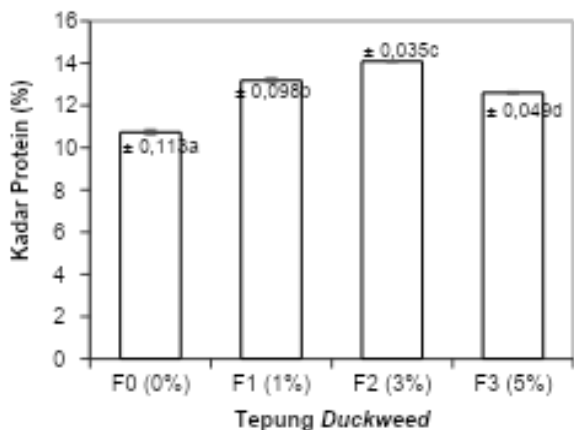
Berdasarkan pada Gambar 7. di atas, menunjukkan bahwa perlakuan substitusi tepung *duckweed* yang berbeda dapat memberikan pengaruh perbedaan nyata terhadap nilai kadar lemak roti tawar ($p < 0,05$). Rata-rata nilai kadar lemak roti tawar pada taraf perlakuan F0-F3 berkisar 2,48%-4,34%. Nilai kadar lemak roti tawar tertinggi berada pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 1% (F1) dan nilai kadar lemak roti tawar terendah berada pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 5% (F3). Nilai kadar lemak 4,34% pada perlakuan substitusi tepung

duckweed 1% (F1) sedikit lebih tinggi dibandingkan kadar lemak roti tawar hasil penelitian Kadir dan Faradilla. (2022) dengan substitusi 1% tepung daun kelor yaitu dengan kadar lemak sebesar 4,16%.

Pada perlakuan substitusi tepung *duckweed* memiliki nilai kadar lemak yang cenderung lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol (F0). Peristiwa tersebut dapat disebabkan oleh tingginya kadar lemak tepung *duckweed* jika dibandingkan kadar lemak pada tepung terigu. Menurut penelitian Xu *et al.* (2021), kadar lemak pada *duckweed* dalam berat kering (*Lemna* sp.) mencapai 9%. Kadar lemak tersebut lebih tinggi dibandingkan kadar lemak pada tepung terigu protein tinggi hanya sebesar 1,5%. Hal ini selaras dengan hasil penelitian Satyaningtyas dan Estiasih (2014) yang menghasilkan nilai kadar lemak sebesar 6,34% pada substitusi tepung daun katuk dibandingkan perlakuan kontrolnya yang hanya sebesar 1,5%. Semakin tinggi kadar lemak bahan penyusun roti tawar, maka semakin kadar lemak roti tawar yang dihasilkan.

3.2.4. Kadar Protein

Analisis kadar lemak roti tawar dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik nilai kadar protein roti tawar

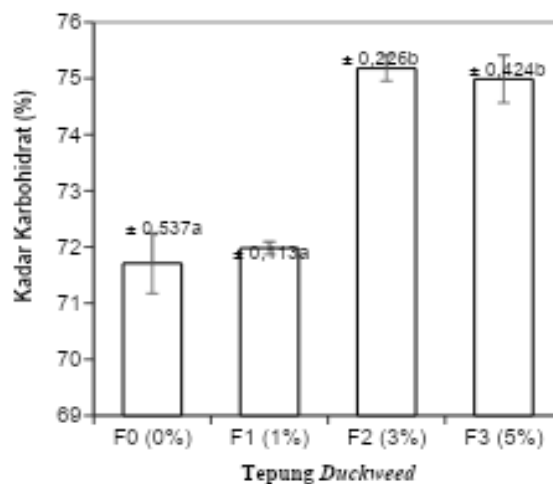
Berdasarkan pada Gambar 8. di atas, menunjukkan bahwa perlakuan substitusi tepung *duckweed* yang berbeda dapat memberikan pengaruh perbedaan nyata terhadap nilai kadar protein roti tawar ($p < 0,05$). Rata-rata nilai kadar protein roti tawar pada berbagai taraf perlakuan berkisar 10,73%-14,09%. Nilai kadar protein roti tawar tertinggi berada pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 3% (F2) dan nilai kadar protein roti tawar terendah berada pada taraf perlakuan kontrol (F0). Kadar protein roti tawar yang disubstitusikan tepung *duckweed* 3% pada

penelitian ini lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Pawiwara *et al.* (2023) yaitu, roti tawar dengan substitusi daun kelor 3% menghasilkan kadar protein sebesar 8,1%.

Berdasarkan grafik di atas, bertambahnya substitusi tepung *duckweed* cenderung meningkatkan kadar protein roti tawar sehingga kadar protein roti tawar yang disubstitusi lebih tinggi dibandingkan taraf perlakuan kontrol (F0). Peristiwa ini serupa dengan pernyataan Helingo *et al.* (2021) yaitu kadar protein roti tawar mengalami peningkatan dengan bertambahnya tepung daun kelor yang digunakan. Selain itu, penelitian Yahaya *et al.* (2022) melaporkan bahwa penambahan 2% tepung *duckweed* pada es krim meningkatkan kadar proteinnya dari ±4% menjadi ±5%. Tepung *duckweed* diketahui mengandung protein yang lebih tinggi (16-41%) dari tepung terigu (12%). Kadar protein *duckweed* (*Lemna* sp.) dalam berat keringnya berkisar antara 10-45% (Rahmaniar *et al.* 2023).

3.2.5 Kadar Karbohidrat

Analisis kadar lemak roti tawar dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik nilai kadar karbohidrat roti tawar

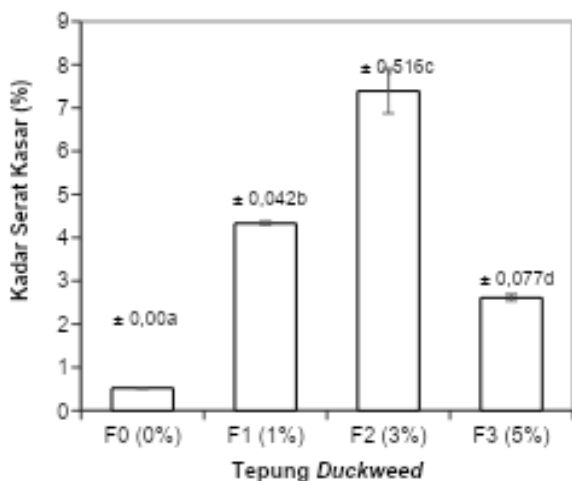
Berdasarkan pada Gambar 9. di atas, menunjukkan bahwa perlakuan substitusi tepung *duckweed* yang berbeda dapat memberikan pengaruh perbedaan nyata terhadap nilai kadar karbohidrat *by difference* roti tawar ($p < 0,05$). Rata-rata nilai kadar karbohidrat roti tawar pada taraf perlakuan F0 – F3 berkisar 71,71%-75,18%. Nilai kadar karbohidrat roti tawar tertinggi berada pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 3% (F2) yaitu 73,18% dan nilai kadar karbohidrat roti tawar terendah berada pada taraf perlakuan kontrol (F0) yaitu 71,71%. Kadar karbohidrat roti tawar yang tinggi pada roti tawar penelitian ini disebabkan

oleh rendahnya kadar air yang dihasilkan. Kadar karbohidrat roti tawar pada penelitian ini ditentukan menggunakan metode *by difference*, yaitu metode yang menggunakan dari selisih hasil pengurangan seluruh makro-gizi yang kemudian dihitung sebagai kadar karbohidrat (Wening *et al.* 2024). Jumlah setiap makro-gizi yang terkandung dalam produk dapat mempengaruhi jumlah karbohidrat jika menggunakan metode *by difference*. Keberadaan jumlah zat gizi selain karbohidrat akan mempengaruhi jumlah kadar karbohidratnya (Fadila *et al.* 2023).

Berdasarkan grafik di atas, bertambahnya konsentrasi substitusi tepung *duckweed* cenderung meningkatkan kadar karbohidrat roti tawar sehingga kadar karbohidrat roti tawar pada perlakuan kontrol (F0) lebih rendah. Peristiwa ini selaras dengan hasil pada penelitian Augustyn *et al.* (2017), kadar karbohidrat biskuit mengalami peningkatan dengan adanya penambahan tepung daun kelor. Hal tersebut dapat terjadi karena peristiwa penguapan air dan denaturasi protein selama proses pemanggangan suhu tinggi roti tawar berlangsung. Selain itu, saat proses pencampuran bahan dapat menyebabkan reaksi antar senyawa yang menyebabkan kelarutan abu sehingga kadar abu berkurang karena tidak terhitung (Augustyn *et al.* 2017).

3.3. Kadar Serat Kasar

Analisis kadar serat kasar roti tawar dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan pada Gambar 9. menunjukkan bahwa perlakuan substitusi tepung *duckweed* yang berbeda dapat memberikan pengaruh perbedaan nyata terhadap nilai kadar serat kasar roti tawar ($p < 0,05$). Rata-rata nilai kadar serat kasar roti tawar pada taraf perlakuan F0 – F3 berkisar 0,52% - 7,39%.

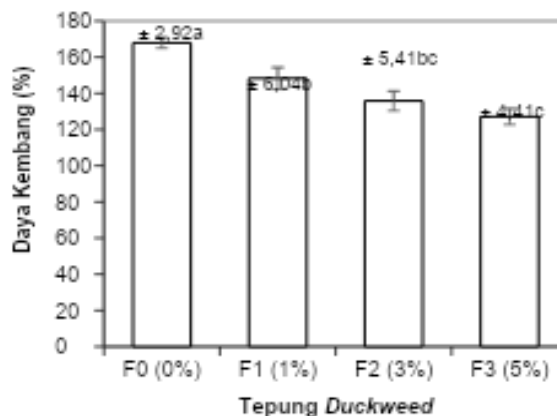


Gambar 9. Grafik nilai kadar serat kasar roti tawar

Nilai kadar serat kasar roti tawar tertinggi berada pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 3% (F2) dan nilai kadar serat kasar roti tawar terendah berada pada taraf perlakuan kontrol (F0). Pada grafik di atas, hasil menunjukkan bahwa bertambahnya jumlah substitusi tepung *duckweed* cenderung meningkatkan nilai kadar serat kasar roti tawar. Hasil ini serupa dengan penelitian Alantama *et al.* (2024), yang melaporkan Kadar serat kasar roti tawar mengalami peningkatan dengan bertambahnya jumlah substitusi tepung jantung pisang. Perlakuan substitusi tepung *duckweed* pada adonan menyebabkan terjadinya peningkatan kadar serat kasar pada roti tawar. *Duckweed* dalam berat kering mengandung serat kasar sebesar 11,49% (Kantur dan Jehemat 2023). Pada penelitian ini, bertambahnya jumlah substitusi tepung *duckweed* berbanding lurus dengan berkurangnya tepung terigu yang digunakan. Tepung terigu diketahui hanya mengandung serat kasar sebesar 0,3% (Khotimah *et al.* 2023). Maka dari itu, substitusi tepung *duckweed* yang semakin bertambah dapat meningkatkan kadar serat kasar roti tawar. Pada serat kasar yang telah diketahui jumlahnya, terdapat 0,2 - 0,5 bagian serat pangan di dalamnya (Dahlan 2020).

3.4. Daya Kembang

Analisis daya kembang roti tawar dapat dilihat pada Gambar 10. Berdasarkan pada Gambar 10. di atas, menunjukkan bahwa perlakuan substitusi tepung *duckweed* yang berbeda dapat memberikan pengaruh perbedaan nyata terhadap nilai daya kembang roti tawar ($p < 0,05$). Rata-rata nilai daya kembang roti tawar pada taraf perlakuan F0 – F3 berkisar 127,15% - 167,93%.

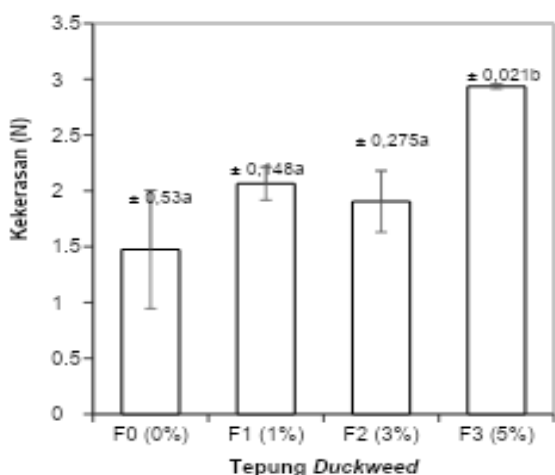


Gambar 10. Grafik nilai daya kembang roti tawar

Nilai daya kembang roti tawar tertinggi berada pada taraf perlakuan control (F0) dan nilai daya kembang roti tawar terendah berada pada taraf perlakuan substitusi tepung duckweed 5% (F3). Grafik pada Gambar 13, menunjukkan bahwa bertambahnya jumlah substitusi tepung duckweed akan menurunkan nilai daya kembang pada roti tawar. Hasil ini selaras dengan penelitian Helingo *et al.* (2022), yaitu eiring bertambahnya tepung daun kelor akan menurunkan kemampuan daya kembang roti tawar. Pada penelitian ini, jumlah substitusi tepung *duckweed* yang bertambah maka jumlah penggunaan tepung terigu akan berkurang. Hal tersebut dapat menyebabkan adonan roti tawar kekurangan kandungan protein gluten pada tepung terigu dan meningkatkan kandungan serat yang ada pada *duckweed*. Gluten pada roti tawar berfungsi untuk mempertahankan gas sehingga dapat memperoleh volume pengembangan dan tekstur (Fransiska *et al.* 2021). Namun, tingginya kandungan serat pada tepung duckweed dapat menghambat daya kembang roti tawar. Menurut Pawiwara *et al.* (2023), gas CO₂ yang seharusnya berikatan dengan gluten justru dapat terikat dan tersimpan oleh serat sehingga proses perangkap dan pembentukan pori-pori terhambat akibat berkurangnya kemampuan elastisitas adonan. Roti tawar sebagai salah satu produk *bakery* bergantung pada kemampuan gluten sebagai pengembang volumenya (Yasa *et al.* 2016).

3.5. Tekstur Kekerasan (*Hardness*)

Analisis kekerasan roti tawar dapat dilihat pada Gambar 11. Berdasarkan pada Gambar 11. di atas, menunjukkan bahwa perlakuan substitusi tepung *duckweed* yang berbeda dapat memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kekerasan roti tawar ($p < 0,05$).



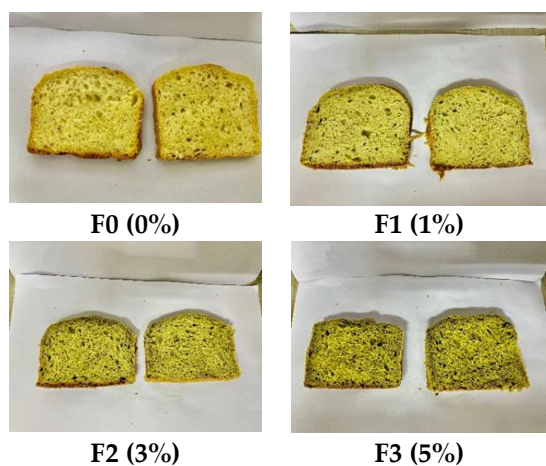
Gambar 11. Grafik nilai kekerasan (*hardness*) roti tawar

Rata-rata nilai kekerasan roti tawar pada taraf perlakuan F0 – F3 berkisar 1,475 N – 2,935 N. Nilai kekerasan roti tawar tertinggi berada pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 5% (F3) dan nilai kekerasan roti tawar terendah berada pada taraf perlakuan control (F0). Pada grafik di atas, menunjukkan bahwa semakin bertambahnya jumlah substitusi tepung *duckweed* cenderung meningkatkan nilai kekerasan roti tawar. Hasil ini serupa dengan penelitian Sumartini *et al.* (2022), yaitu semakin bertambahnya jumlah serbuk daun mangrove dapat meningkatkan nilai kekerasan roti tawar.

Terjadinya peningkatan nilai kekerasan roti tawar disebabkan oleh jumlah substitusi tepung *duckweed* yang meningkat dan jumlah tepung terigu yang menurun. Tingginya kadar serat pada tepung duckweed dapat meningkatkan nilai kekerasan roti tawar. Serat sebagai bahan pangan non-gluten dapat menurunkan elastisitas adonan sehingga mengurangi kekuatan struktur jaringan gluten adonan (Putri *et al.* 2022). Berkurangnya kapasitas perangkap gas disebabkan oleh struktur jaringan gluten yang lemah sehingga mengakibatkan pengembangan volume terhambat dan menciptakan struktur roti yang keras. Selain itu, menurunnya jumlah penggunaan tepung terigu mengindikasikan berkurangnya kandungan gluten yang digunakan. Berkurangnya jumlah gluten yang digunakan dapat memberikan sifat menyerap air lebih banyak pada adonan sehingga terjadi reaksi antara granula dan pati yang menyebabkan proses kristalisasi (Pusuma *et al.* 2018). Protein gluten berfungsi sebagai pengembang dengan menahan gas sehingga menciptakan tekstur lembut dan dan elastis pada roti tawar.

3.6 Kenampakan Irisan

Analisis kenampakan irisan dapat dilihat pada Gambar 12. Berdasarkan pengamatan visual pada Gambar 12, terdapat perbedaan pori-pori roti tawar yang terbentuk pada setiap taraf perlakuan. Roti tawar pada taraf perlakuan kontrol (F0) memiliki pori-pori dengan pola sebaran yang seragam dan merata di bagian tengah dan pinggirannya. Namun, pori-pori roti tawar pada taraf perlakuan substitusi tepung *duckweed* 1% (F1) mulai memiliki sebaran pori-pori yang kurang seragam, khususnya bagian tengah roti memiliki struktur lebih padat dibandingkan pinggirannya.



Gambar 12. Kenampakan irisan pada roti tawar

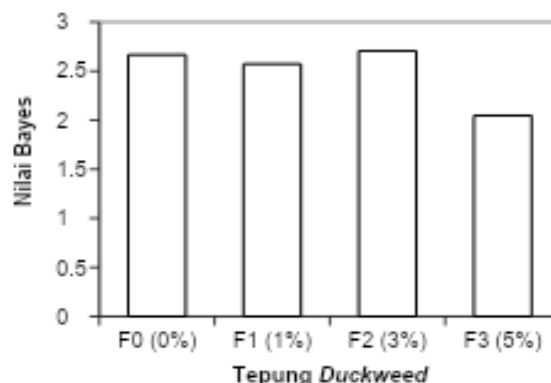
Roti tawar pada taraf perlakuan substitusi tepung duckweed 3% (F2) dan 5% (F3) terjadi kerapatan sebaran pori-pori. Hal ini dapat disebabkan oleh bertambahnya jumlah substitusi tepung duckweed pada adonan, sehingga daya kembang menurun dan sebaran pori-pori roti tawar menjadi rapat (Umbara dan Azizah 2020).

Roti tawar dengan pola pori-pori yang tersebar dan seragam mengindikasikan bahwa roti yang dihasilkan berkualitas baik. Pori-pori terbentuk oleh gas CO₂ yang tertahan oleh lapisan tipis adonan yang terbentuk oleh gluten (Puspitasari et al. 2023). Gas CO₂ tercipta melalui proses fermentasi oleh ragi yang akan diperangkap oleh lapisan tipis gluten sehingga adonan dapat mengembang dan meningkatkan volume roti. Keberadaan protein gluten memiliki peran penting dalam membentuk pori-pori roti tawar.

3.7 Uji Bayes

Pada penelitian ini, dilakukan uji bayes pada 30 panelis untuk dimintai pendapatnya terkait parameter pengujian yang paling penting sampai tidak terpenting pada penelitian ini. Pendapat panelis berupa nilai atau skor yang menunjukkan tingkat kepentingan setiap parameter pengujian. Pemberian bobot nilai pada metode bayes berdasarkan keyakinan, pengalaman, dan kepercayaan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perlakuan terbaik dari setiap perlakuan berdasarkan pengaruh nilai setiap parameter pengujian yang diperoleh dengan bobot

nilai dari panelis. Hasil uji bayes dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 13. Grafik nilai uji bayes roti tawar

Berdasarkan pada Gambar 13. di atas, nilai uji bayes roti tawar berkisar antara 2,04723 – 2,70623. Perlakuan F2 atau substitusi tepung duckweed 3% memiliki nilai bayes tertinggi yang menjadikannya perlakuan terbaik dari keseluruhan parameter pengujian pada penelitian ini. Menurut Permana *et al.* (2012), pengujian bayes dilakukan untuk menentukan perlakuan terbaik berdasarkan perlakuan yang diterapkan terhadap setiap parameter pengujian pada penelitian.

IV. PENUTUP

Roti tawar dengan substitusi tepung duckweed 3% menjadi perlakuan terbaik. Karakteristik hedonik yang diperoleh pada substitusi tepung duckweed 3% antara lain nilai kenampakan 6,23; aroma 5,13; rasa 5,47; dan tekstur 6,33. Karakteristik proksimat kadar air 3,47%, kadar abu 4,67%, kadar lemak 2,61%, kadar protein 14,09%, kadar karbohidrat 75,18%, dan serat kasar 7,39%. Pengujian fisik seperti daya kembang 135,83%, kekerasan 1,905 N, dan kenampakan irisan yang baik. Perolehan perlakuan terbaik didasari oleh besarnya nilai yang mempengaruhi setiap parameter pengujian.

SARAN

Perlu dilakukannya pengolahan tambahan pada duckweed untuk menurunkan kadar abunya dan dapat ditambahkan pengujian antioksidan.

REFERENSI

[AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2005. Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemist. Arlington, Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemist, Inc.

- Adegoke AS, Banji AF, Adetayo AO, Ugochi OH. 2023. Nutritional and Sensory Quality Attributes of Bread Produced from Wheat-Sprouted Finger Millet Flour. *International Journal of Science for Global Sustainability*. 9(2): 35-44.
- Al-antama RA, Hapsari DR, Aminah S. 2024. Karakteristik Kimia, Fisik dan Sensori Roti Tawar dengan Substitusi Tepung Jantung Pisang (*Musa parasidiana*). *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*. 6(2): 61-70.
- Anya MI dan Ayuk AA. 2018. Growth Characteristics and Proximate Profile of Duckweed (*Lemna minor*) Cultured in Calabar – Humid Zone of Nigeria. *International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology*. 5(9): 38-43.
- Astuti WY dan Respatie DW. 2022. Kajian Senyawa Metabolit Sekunder pada Mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Vegetalika*. 11(2):122-134.
- Augustyn GH, Tuhumury HCD, Dahoklory M. 2017. Pengaruh Penambahan Tepung Daun Kelor (*Moringa oleifera*) terhadap Karakteristik Organoleptik dan Kimia Biskuit Mocaf (*Modified Cassava Flour*). *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*. 6(2): 52-58.
- Badan Standarisasi Nasional. 2006. SNI 01-2346-2006. Petunjuk Pengujian Organoleptik dan atau Sensori. Badan Standarisasi Nasional.
- Baek GY, Saeed M, Choi HK. 2021. Duckweeds: their utilization, metabolites and cultivation. *Applied Biological Chemistry*. 64: 58 – 73.
- Barros JHT, Telis VRN, Taboga S, Franco CML. 2018. Resistant Starch: Effect on Rheology, Quality, and Staling Rate of White Wheat Bread. *Journal Food Science Technology*. 55(11): 4578-4588.
- Beukelaar MFA, Zeinstra GG, Mes JJ, Fischer ARH, 2019. Duckweed as human food. The influence of meal context and information on duckweed acceptability of Dutch consumers. *Food and Quality Preference*. 71: 76-86.
- Bernier ME, Thibodeau J, Bazinet L. 2024. Enzymatic Hydrolysis of Water Lentil (Duckweed): An Emerging Source of Proteins for the Production of Antihypertensive Fractions. *Foods*. 13: 299 – 323.
- Cahyani IS, Hernawan AD, Larasati, Sulaeman PA, Septiyani R, Ikawati R. 2020. Tingkat Kesukaan Kue Lapis dengan Penambahan Daun Kelor. *Journal of Food and Culinary*. 3(1): 18-23.
- Cauvain S dan Young L. 2001. *Baking Problem Solved*. Florida: CRC Press. 304 hlm.
- Choi YJ, Ahn SC, Choi HS, Hwang DK, Kim BY, Baik MY. 2008. Role of Water in Bread Staling: A review. *Food Science and Biotechnology*. 17(6): 1139 – 1145.
- Dahlan DNA. 2020. Perbandingan Kandungan Serat Kasar Selai Cempedak yang Diperam Secara Tradisional dan Menggunakan Karbid. *Journal of Biologi Education*. 3(1): 63-71.
- Dian PSR, Rosida DF. 2023. Kajian Daya Kembang Roti Tawar dari Tepung Terigu dan Umbi-Umbian dengan Penambahan Gliserol Monostearat. *AGRITEPA: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*. 10(1): 35-52.
- Diana. 2017. Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Lokasi Usaha Waralaba menggunakan Metode Bayes. *Jurnal Ilmiah Matrik*. 19(1): 41-52.
- European Food Safety Authority Panel on Nutrition, Novel Foods, Food Allergens (NDA), Turck D, Bohn T, Castenmiller J, De Henauw S, Hirsch-Ernst KI, Knutsen HK (2021). Safety of *Wolffia globosa* Powder as a Novel Food Pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(12).
- Fadila N, Ansharullah, Rejeki S. 2023. Pengaruh Substitusi Tepung Daun Katuk (*Saoropus androgynus* L. Merr) dan Tepung Daun Kelor (*Moringa oleifera*) terhadap Nilai Gizi Biskuit. *Jurnal Riset Pangan*. 1(1): 64-77.
- Falaye AE, Daniel HAO, Sule SO. 2022. Effects of Processing on Duckweed (*Lemna minor*) as Fish Feedstuff. *Scientific Reports in Life Sciences*. 3 (4): 53-67.
- Fransiska D, Marniza, Silsia D. 2021. Karakteristik Fisik, Organoleptik dan Kadar Serat Roti Manis dengan Penambahan Tepung Rebung. *Jurnal Agroindustri* 11(2): 108-119.
- Handayani D, Nurwantoro, Pramono YB. 2022. Karakteristik Kadar Air, Kadar Serat dan Rasa Beras Analog Ubi Jalar Putih dengan Penambahan Tepung Labu Kuning. *Jurnal Teknologi Pangan*. 6(2): 14-18.
- Handayani NA, Pratiwi AR, Wati DA, Lestari LA. 2022. Analisis Kandungan Gizi Roti Tawar dengan Substitusi Tepung Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* Linn.). *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*. 21(2): 126-132.

- Helingo Z, Liputo SA, Limonu M. 2022. Pengaruh Penambahan Tepung Daun Kelor terhadap Kualitas Roti dengan Berbahan Dasar Tepung Sukun. *Jambura Journal of Food Technology*. 4(2): 223-233.
- Hu Z, Fang Y, Yi Z, Tian X, Li J, Jin Y, He K, Liu P, Du A, Huang Y, Zhao H. Determining the Nutritional Value and Antioxidant Capacity of Duckweed (*Wolffia arrhizal*) Under Artificial Conditions. *LWT*. 145-153.
- Kadir A dan Faradilla RHF. 2022. Pengaruh Penambahan Tepung Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) terhadap Kualitas Fisikokimia dan Organoleptik Roti Tawar Berbasis Terigu dan Sagu (*Metroxylon* Sp.). *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*. 7(2): 4954-4967.
- Kantur D, Jehemat A. 2023. Produksi dan Kandungan Nutrisi *Duckweed* sebagai Alternatif Suplemen Pakan Ternak dan Pupuk Organik pada Berbagai Tingkat Intensitas Cahaya. *Jurnal Partner*. 23(2): 745-757.
- Khoerunisa P, Fizriani A, Tubagus R. 2024. Chemical Characteristics and Acceptability of Bagelen Dry Bread with the Addition of Moringa Leaf Flour (*Moringa Oleifera* Lam). *Jurnal Teknologi Pangan*. 7(1): 16-25.
- Khotimah K, Rakhmayati O, Mulyani R, Kusumaningrum I. 2023. Penambahan Tepung Kacang Merah dan Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* var *Ayumurasaki*) terhadap Sifat Fisik, Sensoris serta Kimia *Chewy Cookies*. *Journal of Applied Agriculture, Health, and Technology*. 1(2): 53-62.
- Medho MS, Mohamad EV. 2021. Penerimaan Sensori Roti Jagung yang Difortifikasi Tepung Daun Kelor (*Moringa oleifera*). *Partner*. 26(1): 1468-1480.
- Miltko R, Majewska MP, Wojtak W, Bialek M, Kowalik B, Czauderna M. 2024. Comparing the Chemical Composition of Lesser Duckweed (*Lemna minor* L.) Grown in Natural and Laboratory Settings. *Journal of Animal and Feed Science*. 33(3): 357-367.
- Nuraisyah A, Raharja S, Udin F. 2018. Karakteristik Kimia Roti Tepung Beras dengan Tambahan Enzim Transglutaminase. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 28(3): 318-330.
- Pasaribu B, Rostika R, Iskandar. 2022. Penyuluhan Pemanfaatan *Duckweed* sebagai alternatif Pakan Ikan di Desa Cikeruh, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang. *Farmers: Journal of Community Services*. 3(2): 44-48.
- Pawiwara I, Triastuti D, Baharta R. 2023. Karakteristik Roti Tawar Substitusi Tepung Bekatul Dengan Penambahan Tepung Daun Kelor (*Moringa Oleifera*). *Jurnal Ilmiah Ilmu dan Teknologi Rekayasa*. 6(1): 1-8.
- Permana AJ, Liviawaty E, Iskandar. 2012. Fortifikasi Tepung Cangkang Udang sebagai Sumber Kalsium terhadap Tingkat Kesukaan *Cone Es Krim*. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 3(4): 29-39.
- Pratama W, Swamilaksita DP, Angkasa D, Ronitawati P, Fadhillah R. 2021. Pengembangan Roti Tawar Sumber Protein Dengan Penambahan Tepung Ampas Kelapa dan Tepung Kedelai. *Jurnal Pangan dan Gizi*. 11(2): 111-124.
- Pratiwi ND, Wijanarka A, Widiyanti FL. 2021. Sifat Fisik, Sifat Organoleptik, Kadar Serat Pangan Kue Cubit dengan Pencampuran Okra dan Garut. *Pro Food (Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan)*. 7(1): 785 – 794. *Jurnal Biology Science & Education*. 5(2): 46-55.
- Purnamasari DA. 2020. Kadar Protein, Kadar Serat, dan Uji Kesukaan Pada Roti Tawar dengan Penambahan Tepung Daun Kelor (*Moringa oleifera*). Skripsi. Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Jember. 128 hlm.
- Puspitasari BC, Widyastuti S, Amaro M. 2023. Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti Instan dan Karagenan terhadap Mutu Roti Tawar Tersubstitusi Tepung Sorgum. *Pro Food (Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan)*. 9 (1): 33-45.
- Pusuma DA, Praptiningsih Y, Choiron M. 2018. Karakteristik Roti Tawar Kaya Serat yang Disubstitusi menggunakan Tepung Ampas Kelapa. *Jurnal Agroteknologi*. 12(1): 29-42.
- Putri DA, Komalasari H, Heldiyanti R. 2022. Review: Evaluasi Kualitas Fisik Roti yang Dipengaruhi oleh Penambahan Tepung Komposit. *Food and Agro-Industry Journal*. 3(1): 1-18.
- Rahmaniar A, Iskandar, Pratiwy FM, Herman RG. 2023. Comparison of Fermentation Procedures *Lemna* sp. on Artificial Feed. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 11(4): 37-40.
- Satyaningsih E dan Estiasih T. 2014. Roti Tawar Laktogenik, Perangsang Asi, Berbasis Kearifan Lokal Daun Katuk (*Sauropus androgynus* (L.) Merr). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(1): 121-131.
- Sengev AI, Abu JO, Gernah DI. 2013. Effect of *Moringa oleifera* Leaf Powder Supplementation on Some Quality Characteristics of Wheat Bread. *Food and Nutrition Sciences*. (4): 270-275.

- Smith KE, Schafer M, Lim M, Robles-Zazueta CA, Cowan L, Fisk ID, Xu S, Murchie EH. 2024. Aroma and metabolite profiling in duckweeds: Exploring species and ecotypic variation to enable wider adoption as a food crop. *Journal of Agriculture and Food Research*. 18: 1-14.
- Sumartini, Harahap K, Luthfiyana N. 2022. efektivitas Penambahan Serbuk Daun Mangrove (*Sonneratia caseolaris*) terhadap Kualitas dan Umur Simpan Roti Tawar. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 25(2): 281-293.
- Syahputri DA dan Wardani. 2015. Pengaruh Fermentasi Jali (*Coix lacryma jobi-L*) pada Proses Pembuatan Tepung terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia *Cookies* dan Roti Tawar. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(3): 984-995.
- Triandita N, Maifianti KS, Rasyid MI, Yuliani H, Angraeni L. 2020. Pengembangan Produk Pangan Fungsional Dalam Meningkatkan Kesehatan dan Kesejahteraan Masyarakat di Desa Suak Pandan Aceh Barat. *LOGISTA-Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 4(2): 457-464.
- Umbara DMA dan Azizah DN. 2020. Karakteristik Roti Kering Bagelen dengan Substitusi Tepung Gembili. *Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan*. 1(1). E-ISSN: 2747-1217.
- Wening DK, Latifah FI, Ratnasari D. 2024. Roti Manis Substitusi Tepung Mocaf dan Daun Kelor (*Moringa Oleifera* Lamk.) dengan Isi Pasta Kacang Merah (*Phaseolus Vulgaris* L.). 5(2): 93-101.
- Winnarko H, Mulyani Y, Rustika R. 2020. Penambahan Tepung Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) dalam Pembuatan Kue *Eclairs*. *Prosiding Snitt Poltekba*. 4: 358-362.
- Xu J, Shen Y, Zheng Y, Smith G, Sun XS, Wang D, Zhao Y, Zhang W, Li Y. 2021. Duckweed (Lemnaceae) for potentially nutritious human food: A review. *Food Reviews International*. 39(7): 3620-3634.
- Yahaya N, Hamdan NH, Zabidi AR, Mohamad AM, Suhaimi MLH, Johari MAAM, Yahya HN, Yahya H. 2022. Duckweed as a future food: Evidence from metabolite profile, nutritional and microbial analyses. *Future Foods*. 5: 1-9.
- Yasa IWS, Zainuri, Zaini MA, Hadi T. 2016. Mutu Roti Berbahan Dasar Mocaf: "Formulasi dan Metode Pembuatan Adonan". *Pro Food*. 2(2): 120-126.