Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan
E-ISSN : 2776-9887
Vol. 6 No. 2 Oktober 2026 : 300-312
DOI: *https://doi.org/10.55678/jikan.v6i2.3216*

# Pengaruh Suhu Penggorengan Terhadap Mutu Kerupuk Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*)

# *The Effect Of Frying Temperature On The Quality Of Kawakawa (Euthynnus affinis) Fish Crackers*

**Julilis Suganda Mendrofa[1*], Ratna Dewi Zebua[1], Betzy Victor Telaumbanua[1], Destriman Laoli[1]**

[1]Program Studi Sumber Daya Akuatik, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Jl. Yos Sudarso No. 118, Gunungsitoli, Sumatera Utara, Indonesia
*Korespondensi: julilis29mendrofa@gmail.com

*Copyright ©2026, Author. Published by the Fisheries Science Study Program, Faculty of Science and Technology, Muhammadiyah University, Sidenreng Rappang, Article Info: Posted: October 09, 2026 Revised: October 18, 2026; Accepted: 23 October 2026; Published: October 25, 2026.*

## Abstrak

Ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) merupakan komoditas perikanan pelagis yang mudah mengalami penurunan mutu setelah penangkapan sehingga memerlukan penanganan pascapanen yang tepat, salah satunya melalui pengolahan menjadi kerupuk ikan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh suhu penggorengan terhadap mutu kimia dan organoleptik kerupuk ikan tongkol serta menentukan perlakuan terbaik di antara suhu yang diuji. Ikan tongkol segar diperoleh dari pasar ikan di Kota Gunungsitoli, Pulau Nias. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan tiga taraf suhu penggorengan, yaitu 160°C (P1), 170°C (P2), dan 180°C (P3), masing-masing tiga ulangan berupa *batch* adonan independen (9 unit percobaan), dengan waktu penggorengan tetap ±45 detik. Kadar air dan kadar lemak dianalisis di laboratorium mengikuti SNI 01-2891-1992, sedangkan mutu organoleptik (warna, aroma, rasa, tekstur, dan kesukaan keseluruhan) dinilai oleh 20 panelis semi-terlatih menggunakan skala hedonik 1–5. Data dianalisis dengan ANOVA satu arah pada tingkat *batch* dan uji lanjut Duncan, dilengkapi analisis pembanding nonparametrik serta analisis yang memperhitungkan panelis. Peningkatan suhu penggorengan menurunkan kadar air (dari 3,12% pada P1 menjadi 1,51% pada P3; P<0,001) dan meningkatkan kadar lemak (dari 1,54% menjadi 2,13%; P<0,001). Suhu penggorengan berpengaruh nyata terhadap warna, aroma, rasa, dan kesukaan keseluruhan (semuanya P<0,001), tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap tekstur (P=0,078). Perlakuan P1 (160°C) memperoleh nilai kesukaan keseluruhan tertinggi (3,78) dan, berdasarkan pertimbangan deskriptif tanpa pembobotan (kadar lemak terendah, kadar air memenuhi batas SNI, dan penerimaan panelis tertinggi), ditetapkan sebagai perlakuan terbaik di antara suhu yang diuji. Hasil ini terbatas pada kondisi penelitian (waktu penggorengan ±45 detik, formulasi, ketebalan irisan 2,2 mm, dan pengeringan dengan sinar matahari) dan belum menunjukkan suhu optimum.

**Kata kunci:** ikan tongkol; kerupuk ikan; mutu kimia; organoleptik; suhu penggorengan

## *Abstract*

Kawakawa (*Euthynnus affinis*) is a pelagic fishery commodity that is highly susceptible to quality deterioration after capture, requiring appropriate postharvest handling, including processing into fish crackers. This study aimed to analyze the effects of frying temperature on the chemical and organoleptic quality of tuna fish crackers and to determine the best treatment among the tested temperatures. Fresh fish were obtained from a fish market in Gunungsitoli City, Nias Island, Indonesia. The study employed a Completely Randomized Design (CRD) with one factor consisting of three frying temperatures: 160°C (P1), 170°C (P2), and 180°C (P3). Each treatment was replicated three times using independently prepared dough batches, resulting in nine experimental units, with a constant frying time of approximately 45 seconds. Moisture and fat contents were analyzed in the laboratory according to SNI 01-2891-1992, while organoleptic attributes (color, aroma, taste, texture, and overall acceptability) were evaluated by 20 semi-trained panelists using a five-point hedonic scale. Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) at the batch level, followed by Duncan's multiple range test, supplemented by nonparametric comparative analyses and analyses accounting for panelist effects. Increasing the frying temperature significantly reduced moisture content (from 3.12% at P1 to 1.51% at P3; $P < 0.001$) and increased fat content (from 1.54% to 2.13%; $P < 0.001$). Frying temperature significantly affected

Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan
E-ISSN : 2776-9887
Vol. 6 No. 2 Oktober 2026 : 300-312
DOI: *https://doi.org/10.55678/jikan.v6i2.3216*

color, aroma, taste, and overall acceptability (all $P < 0.001$), but had no significant effect on texture ($P = 0.078$). Treatment P1 (160°C) achieved the highest overall acceptability score (3.78) and was identified as the best treatment among the tested temperatures based on an unweighted descriptive assessment, considering its lowest fat content, moisture content within the SNI permissible limit, and highest panelist acceptance. These findings are limited to the specific experimental conditions, including a frying time of approximately 45 seconds, the formulation used, a slice thickness of 2.2 mm, and sun-drying conditions, and do not establish an optimal frying temperature.

***Keywords:*** *chemical quality; fish crackers; frying temperature; kawakawa; organoleptic quality*

## PENDAHULUAN

Sektor perikanan memiliki peranan strategis dalam pembangunan nasional karena berkontribusi terhadap penyediaan pangan bergizi, peningkatan pendapatan masyarakat, serta penguatan ketahanan pangan. Ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) merupakan salah satu komoditas perikanan laut yang tersedia melimpah di Indonesia dan memiliki nilai ekonomi tinggi serta kandungan protein yang tinggi (Idayanti et al., 2025). Secara global, spesies tuna neritik ini tersebar luas di wilayah tropis dan memiliki nilai ekonomi penting dalam perikanan komersial dunia (Puspita et al., 2023), termasuk di perairan Sumatera Utara; penelitian di Pelabuhan Perikanan Nusantara Sibolga menunjukkan potensi tangkapan maksimum sebesar 1.211,56 ton per tahun (Sianturi et al., 2023). Namun, ikan segar sangat mudah mengalami kerusakan (*highly perishable*) karena kadar air yang tinggi, pH yang relatif netral, serta kandungan nutrien yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme (Tavares et al., 2021). Salah satu upaya untuk menekan kerusakan pascapanen sekaligus meningkatkan nilai tambah ikan tongkol adalah pengolahan menjadi kerupuk ikan.

Proses penggorengan merupakan tahap penting dalam pembuatan kerupuk karena suhu yang digunakan dapat memengaruhi karakteristik fisik, kimia, dan penerimaan konsumen. Selama penggorengan terjadi perpindahan panas dan massa yang menyebabkan air dalam bahan menguap serta minyak masuk ke dalam struktur produk (NurSyahirah & Rozzamri, 2022; Zhai et al., 2024). Suhu penggorengan yang terlalu rendah dapat menghasilkan produk yang kurang renyah, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pencokelatan berlebihan dan peningkatan penyerapan minyak. Dengan demikian, pengendalian suhu penggorengan diperlukan untuk memperoleh kerupuk dengan mutu yang optimal.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa suhu penggorengan memengaruhi kadar air, penyerapan minyak, warna, tekstur, dan sifat sensori produk pangan, termasuk produk berbasis ikan (NurSyahirah & Rozzamri, 2022; Tri et al., 2024; Zhai et al., 2024). Pada kerupuk atau *cracker* ikan, pengaruh suhu penggorengan telah dikaji pada ikan patin melalui optimasi waktu pengukusan dan suhu penggorengan (Hendrikayanti et al., 2022) serta pada ikan mas dengan pati tapioka pada suhu 160, 170, dan 180°C dengan fokus pada pengikatan lipid, komposisi asam lemak, dan mutu nutrisi (Tokarczyk et al., 2025). Adapun penelitian pada ikan tongkol umumnya berfokus pada formulasi, misalnya variasi penambahan tepung ikan tongkol terhadap sifat kimia *crackers* (Nalawati et al.,

Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan
E-ISSN : 2776-9887
Vol. 6 No. 2 Oktober 2026 : 300-312
DOI: *https://doi.org/10.55678/jikan.v6i2.3216*

2024), sedangkan penelitian pada produk ikan berbalut tepung lebih menyoroti perpindahan massa dan penetrasi minyak selama penggorengan (Zhai et al., 2024; Liu et al., 2024).

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada: (1) penggunaan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) yang diperoleh dari pasar ikan Kota Gunungsitoli, Pulau Nias, sebagai bahan utama kerupuk, yang dalam batas penelusuran di atas belum dikaji pengaruh suhu penggorengannya; (2) evaluasi mutu kimia (kadar air dan kadar lemak) dan mutu organoleptik (warna, aroma, rasa, tekstur, dan kesukaan keseluruhan) secara terpadu pada suhu 160, 170, dan 180°C, sehingga perlakuan terbaik ditetapkan berdasarkan keseimbangan mutu kimia dan penerimaan panelis, bukan berdasarkan satu parameter saja; (3) penilaian kesesuaian kadar air produk terhadap SNI 2713.1:2009; serta (4) penggunaan waktu penggorengan tetap (±45 detik) pada seluruh perlakuan sehingga pengaruh suhu dibandingkan pada durasi penggorengan yang sama. Berbeda dengan Tokarczyk et al. (2025) yang menggunakan rentang suhu yang sama pada ikan mas dengan penekanan pada komposisi lipid dan asam lemak, penelitian ini menitikberatkan pada mutu kimia dasar dan penerimaan organoleptik yang relevan bagi pelaku usaha kerupuk ikan. Penelitian ini penting dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai suhu penggorengan yang menghasilkan kerupuk ikan tongkol dengan mutu dan tingkat penerimaan konsumen yang lebih baik, sekaligus mendukung pemanfaatan ikan tongkol sebagai bahan baku produk olahan bernilai tambah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu penggorengan terhadap mutu kerupuk ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) serta menentukan suhu penggorengan yang menghasilkan mutu dan penerimaan organoleptik terbaik di antara suhu yang diuji.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan baku utama yang digunakan adalah ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) segar dengan berat ±500–800 g per ekor yang dibeli dari pasar ikan lokal di Kota Gunungsitoli, Pulau Nias. Ikan untuk ketiga ulangan dibeli pada hari yang sama, asal tangkapan ikan tidak ditelusuri. Ikan dipilih secara *purposive* berdasarkan keseragaman ukuran dan tingkat kesegaran (mata jernih, insang merah cerah, tekstur daging elastis, dan tidak berbau menyimpang). Bagian ikan yang digunakan adalah daging tanpa tulang dan kulit. Bahan tambahan untuk setiap *batch* (±500 g daging ikan) meliputi tepung tapioka 500 g sebagai bahan pengikat (rasio daging ikan : tapioka = 1:1, b/b), bawang putih 20g, garam 6g, dan penyedap rasa 6g, serta minyak goreng untuk penggorengan. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis kadar lemak adalah n-heksana p.a. sebagai pelarut ekstraksi Soxhlet.

Alat yang digunakan meliputi *deep fryer* dengan pengatur suhu, termometer digital, oven pengering, timbangan analitik, desikator, cawan porselen, seperangkat alat ekstraksi lemak Soxhlet beserta *thimble*, *rotary evaporator*, *stopwatch*, serta lembar penilaian uji organoleptik. Pembuatan kerupuk dan uji organoleptik dilaksanakan pada 20 April–4 Mei 2026 di Desa Ombolata Ulu,

Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan
E-ISSN : 2776-9887
Vol. 6 No. 2 Oktober 2026 : 300-312
DOI: *https://doi.org/10.55678/jikan.v6i2.3216*

Kecamatan Gunungsitoli, Kota Gunungsitoli, Sumatera Utara. Sampel kemudian dikirim ke Laboratorium Teknologi Pangan (PT Cipta Karya Pangan Pasundan, Kampus Universitas Pasundan), Bandung, untuk analisis kadar air dan kadar lemak; sampel diterima laboratorium pada 22 Mei 2026 dan dianalisis pada 22–26 Mei 2026 (Laporan Hasil Uji No. LTP-V-0037).

**Prosedur Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen (*experimental research*) menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor, yaitu suhu penggorengan dengan tiga taraf perlakuan: 160°C (P1), 170°C (P2), dan 180°C (P3), dengan waktu penggorengan ditetapkan tetap selama ±45 detik pada seluruh perlakuan. Setiap perlakuan diulang tiga kali sehingga diperoleh 9 unit percobaan (3 perlakuan × 3 ulangan). Unit percobaan adalah satu *batch* kerupuk ikan tongkol yang dibuat dari ±500 g daging ikan dan digoreng pada satu taraf suhu. Setiap ulangan berasal dari *batch* adonan yang dibuat dan diproses secara terpisah (pencampuran, pengukusan, pengirisan, dan pengeringan), bukan pengukuran berulang dari satu *batch* yang sama, sehingga ketiga ulangan merupakan ulangan eksperimental yang independen dengan total bahan baku ±4,5 kg daging ikan. Penetapan suhu untuk setiap *batch* dilakukan secara berurutan yang dimana dimulai dari suhu 160°C, 170°C, dan 180°C, dan urutan penggorengan kesembilan *batch* ditentukan dengan mengikuti urutan suhu mulai dari suhu 160°C, 170°C, dan 180°C . Seluruh irisan dari satu *batch* digoreng dalam lima kali proses penggorengan pada suhu yang sama; hasil seluruh proses penggorengan kerupuk setiap per batch di pisah menjadi Sembilan tempat untuk memudahkan dalam proses pemberian label untuk pengambilan sampel analisis dan sampel organoleptik, sehingga setiap *batch* menghasilkan satu nilai pengamatan untuk setiap parameter dan analisis statistik didasarkan pada n = 3 per perlakuan. Jumlah ulangan ditetapkan berdasarkan penelitian yang akan dilakukan yang dimana penelitian ini dilkukan dengan menggunakan metode 3 perlakuan dan 3 ulangan , bukan berdasarkan perhitungan ukuran sampel apriori. Dengan n = 3 per perlakuan (derajat bebas galat = 6), daya uji 80% pada $\alpha = 0{,}05$ hanya tercapai untuk ukuran efek (Cohen's *f*) $\geq 1{,}36$; perbedaan yang lebih kecil dapat tidak terdeteksi sehingga hasil yang tidak nyata tidak diartikan sebagai ketiadaan pengaruh. Model matematis RAL satu faktor yang digunakan mengikuti Montgomery (2017): $Yij = \mu + \tau i + \varepsilon ij$, dengan Yij adalah nilai pengamatan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j, $\mu$ adalah nilai tengah umum, $\tau i$ adalah pengaruh perlakuan suhu ke-i, dan $\varepsilon ij$ adalah galat percobaan.

Pembuatan kerupuk dilakukan sebagai berikut. Ikan tongkol dibersihkan dari sisik, isi perut, tulang, dan kulit, dicuci dengan air bersih, kemudian dagingnya dihaluskan menggunakan blender atau *food processor*. Daging lumat (±500 g per *batch*) dicampur hingga homogen dengan tepung tapioka (500 g; rasio daging ikan : tapioka = 1:1) serta bumbu berupa bawang putih, garam, dan penyedap rasa dengan jumlah yang sama pada setiap *batch* (lihat Bahan dan Alat). Adonan dibentuk, dikukus selama 60 menit hingga matang, didinginkan, dan disimpan dalam lemari pendingin. Adonan kemudian diiris dengan ketebalan seragam (2,2 mm) dan irisan dikeringkan di bawah sinar matahari

Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan
E-ISSN : 2776-9887
Vol. 6 No. 2 Oktober 2026 : 300-312
DOI: *https://doi.org/10.55678/jikan.v6i2.3216*

selama ±1 minggu (kondisi pengeringan: kerupuk di keringkan dengan menggunakan wadah yaitu nampan , pengeringan dilakukan ±5-6 jam per hari dan juga tergantung kondisi cuaca, dan kriteria akhir pengeringan yaitu: irisan kering dan mudah dipatahkan). Karena pengeringan matahari bergantung pada cuaca dan kelembapan, kadar air irisan kering sebelum penggorengan tidak diukur, keseragaman antar-*batch* diupayakan melalui cara memastikan keseragaman antar-batch. Keterbatasan ini dibahas pada bagian Keterbatasan Penelitian.

Penggorengan dilakukan menggunakan *deep fryer* dengan minyak goreng ±200 g (±1/5 kg) untuk setiap proses penggorengan dengan 20g irisan kering per proses sehingga seluruh irisan terendam dan dapat mengembang. Minyak tidak diganti selama proses penggorengan mulai dari penggorengan sesi batch satu sampai batch yang kesembilan (hanya saja minyak di tambahkan sesuai kebutuhan sehingga selama proses penggorengan kerupuk dapat terendam langsung oleh minyak sehingga menghasilkan kerupuk yang tekstur nya bagus dan kemtangan kerupuk yang merata) . Minyak dipanaskan hingga mencapai suhu perlakuan (160°C, 170°C, atau 180°C) setelah suhu stabil, irisan dimasukkan dan digoreng selama ±45 detik, suhu diperiksa sebelum dan sesudah irisan dimasukkan dan proses berikutnya dimulai setelah suhu kembali ke nilai perlakuan. Suhu minyak dijaga konstan menggunakan termometer digital dan waktu penggorengan diukur dengan *stopwatch*. Kerupuk yang telah matang ditiriskan dan didinginkan pada suhu ruang sebelum diuji. Variabel yang dikendalikan meliputi jenis dan kesegaran ikan, komposisi adonan dan bumbu, ketebalan irisan, kondisi pengeringan, jenis dan jumlah minyak, serta waktu penggorengan.

Kadar air dan kadar lemak dianalisis oleh Laboratorium Teknologi Pangan (PT Cipta Karya Pangan Pasundan), Bandung, mengikuti SNI 01-2891-1992 tentang cara uji makanan dan minuman (Badan Standardisasi Nasional, 1992); laboratorium melaporkan satu nilai untuk setiap kode sampel (P1U1 hingga P3U3). Kadar air ditentukan secara gravimetri dengan pengeringan oven pada suhu 105°C hingga berat konstan menggunakan sampel sekitar 2–5 g (Quirino et al., 2023), dengan perhitungan kadar air (%) = ((W1−W2)/(W1−W0)) × 100, dengan W0 = berat cawan kosong, W1 = berat cawan berisi sampel sebelum pengeringan, dan W2 = berat cawan berisi sampel setelah pengeringan (Aro et al., 2021); hasil dinyatakan berbasis basah. Kadar lemak ditentukan dengan ekstraksi Soxhlet menggunakan pelarut n-heksana selama ±6 jam dengan sampel sekitar 2–5 g; kadar lemak (%) = (berat lemak/berat sampel) × 100, dengan berat lemak adalah selisih berat labu berisi lemak (setelah pelarut diuapkan dan labu dikeringkan hingga berat konstan) dan berat labu kosong, dan hasil dinyatakan sebagai persen bobot sampel.

Uji organoleptik dilakukan dengan metode uji hedonik skala 1–5 (1 = sangat tidak suka hingga 5 = sangat suka) terhadap warna, aroma, rasa, tekstur (kerenyahan), dan kesukaan keseluruhan, mengacu pada SNI 2346:2015 (Badan Standardisasi Nasional, 2015). Panelis berjumlah 20 orang semi-terlatih yang dipilih secara *purposive* dengan kriteria sehat (tidak flu, batuk, atau demam), tidak merokok minimal 30 menit sebelum pengujian, tidak memakai parfum beraroma tajam, tidak dalam

Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan
E-ISSN : 2776-9887
Vol. 6 No. 2 Oktober 2026 : 300-312
DOI: *https://doi.org/10.55678/jikan.v6i2.3216*

kondisi sangat lapar atau sangat kenyang, dan tidak memiliki alergi ikan; terdiri atas 2 orang dari Dinas Kesehatan Kota Gunungsitoli, 1 orang ahli gizi, 3 orang dosen, dan 14 orang mahasiswa Program Studi Sumber Daya Akuatik. Setiap panelis menilai seluruh sampel (3 suhu × 3 ulangan = 9 sampel) sehingga panelis yang sama menilai semua perlakuan dan ulangan. Sampel disajikan pada suhu ruang dengan kode acak tiga digit dalam urutan acak, di ruang yang tenang dengan pencahayaan cukup; panelis duduk terpisah dan diberi air mineral sebagai penetral rasa antarsampel. Dalam rancangan ini unit eksperimen adalah *batch* (n = 9), sedangkan unit observasi adalah penilaian setiap panelis terhadap setiap *batch* (20 panelis × 9 *batch* = 180 observasi); skor satu unit percobaan untuk analisis utama dihitung sebagai rata-rata penilaian 20 panelis.

Data kadar air dan kadar lemak dianalisis dengan ANOVA satu arah pada tingkat unit percobaan (n = 3 per perlakuan; F = kuadrat tengah perlakuan/kuadrat tengah galat, dengan derajat bebas perlakuan = 2 dan galat = 6 dari N = 9 unit) pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0{,}05$), dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) apabila terdapat pengaruh nyata. Data organoleptik tingkat panelis dirata-rata per *batch* lalu dianalisis dengan prosedur yang sama (rata-rata ± standar deviasi antar-*batch*), sehingga DMRT diterapkan pada unit eksperimen (*batch*), bukan pada 20 panelis, karena 20 panelis bukan 20 ulangan eksperimen (menghindari pseudoreplikasi). Asumsi diperiksa dengan uji normalitas Shapiro-Wilk (per kelompok dan pada residual) dan uji homogenitas Levene; karena n = 3 per kelompok, uji asumsi berdaya sangat rendah sehingga kekokohan kesimpulan diperiksa dengan dua analisis pembanding. Pertama, uji Kruskal-Wallis dan ANOVA Welch pada tingkat *batch* untuk seluruh parameter. Kedua, karena panelis yang sama menilai semua sampel, pada atribut yang tersedia data skor tingkat panelisnya (aroma, rasa, tekstur, dan kesukaan keseluruhan) dilakukan ANOVA campuran dengan suhu sebagai efek tetap serta *batch* (tersarang pada suhu) dan panelis sebagai efek acak, dengan uji F kuasi berderajat bebas Satterthwaite (Satterthwaite, 1946), serta uji Friedman pada rata-rata tiap panelis per suhu (n = 20 panelis) yang dilanjutkan uji Wilcoxon signed-rank dengan koreksi Holm. Pengaruh perlakuan dinyatakan nyata apabila $P<0{,}05$ dan tidak nyata apabila $P\geq0{,}05$; nilai P eksak dilaporkan, dan dituliskan $P<0{,}001$ bila nilainya di bawah 0,001. Analisis utama dilakukan dengan IBM SPSS Statistics, sedangkan analisis pembanding dihitung dengan Python 3 (SciPy).

Perlakuan terbaik ditetapkan secara deskriptif dan terpadu tanpa pembobotan numerik dengan aturan keputusan berikut: (i) kadar air digunakan sebagai syarat kelayakan terhadap SNI 2713.1:2009 (maksimum 11%) dan hanya membedakan perlakuan apabila ada perlakuan yang tidak memenuhi syarat; (ii) di antara perlakuan yang memenuhi syarat, dipilih perlakuan dengan kadar lemak terendah dan kesukaan keseluruhan tertinggi, dengan mempertimbangkan atribut organoleptik lainnya; dan (iii) apabila kedua kriteria tersebut tidak searah, keputusan tidak ditetapkan secara otomatis dan dibahas secara deskriptif. Perlakuan yang dipilih disebut “terbaik di antara suhu yang diuji”, bukan suhu optimum.

Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan
E-ISSN : 2776-9887
Vol. 6 No. 2 Oktober 2026 : 300-312
DOI: *https://doi.org/10.55678/jikan.v6i2.3216*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Mutu Kimia (Kadar Air dan Kadar Lemak)

Hasil analisis mutu kimia disajikan pada Tabel 1. Peningkatan suhu penggorengan menyebabkan penurunan kadar air dan peningkatan kadar lemak kerupuk ikan tongkol (*Euthynnus affinis*). Kadar air berturut-turut sebesar 3,12% pada P1 (160°C), 2,48% pada P2 (170°C), dan 1,51% pada P3 (180°C). Seluruh data kadar air dan kadar lemak berdistribusi normal (Shapiro-Wilk, P>0,05) dan memiliki varians homogen (Levene, P>0,05), meskipun daya uji asumsi rendah pada n = 3. Analisis ragam menunjukkan bahwa suhu penggorengan berpengaruh nyata terhadap kadar air ($F(2;6) = 484,746$; $P<0,001$), dan uji Duncan menunjukkan bahwa ketiga perlakuan berbeda nyata. Hasil ini didukung uji Kruskal-Wallis ($H = 7,20$; $P = 0,027$; Tabel 3).

**Tabel 1.** Kadar air dan kadar lemak kerupuk ikan tongkol pada berbagai suhu penggorengan (rata-rata ± SD, n = 3)

| Perlakuan | Suhu penggorengan (°C) | Kadar air (%) | Kadar lemak (%) |
|---|---|---|---|
| P1 | 160 | $3,12 \pm 0,05^{c}$ | $1,54 \pm 0,03^{a}$ |
| P2 | 170 | $2,48 \pm 0,09^{b}$ | $1,85 \pm 0,03^{b}$ |
| P3 | 180 | $1,51 \pm 0,05^{a}$ | $2,13 \pm 0,02^{c}$ |
| F-hitung (db 2;6) | | 484,746 | 306,413 |
| Nilai P | | <0,001 | <0,001 |

Keterangan: Rata-rata ± SD dari tiga unit percobaan (*batch*); setiap unit dianalisis satu kali oleh laboratorium. SD dilaporkan dengan dua desimal. Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Duncan (DMRT) pada taraf 5%. F = kuadrat tengah perlakuan/kuadrat tengah galat (derajat bebas 2 dan 6; N = 9). Acuan SNI 2713.1:2009 (kadar air maksimum 11%) hanya digunakan untuk kadar air; tidak ada batas kadar lemak yang dirujuk sehingga kadar lemak hanya dibandingkan antarperlakuan.

Penurunan kadar air menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu penggorengan, semakin besar kehilangan air selama proses pemanasan. Suhu yang lebih tinggi mempercepat perpindahan panas dan penguapan air dari bahan, sehingga kadar air akhir menjadi lebih rendah. Hasil ini sejalan dengan penelitian Zhai et al. (2024) yang melaporkan bahwa peningkatan suhu penggorengan dapat mempercepat kehilangan air pada produk pangan goreng. Dengan demikian, suhu 180°C menghasilkan kadar air akhir paling rendah, sedangkan suhu 160°C masih mempertahankan kadar air yang lebih tinggi. Perlu dicatat bahwa kadar air irisan kering sebelum penggorengan tidak diukur, sehingga selisih kadar air antarperlakuan tidak dapat sepenuhnya dipisahkan dari kemungkinan variasi kadar air awal antar-*batch*. Kadar air seluruh perlakuan (P1 = 3,12%; P2 = 2,48%; P3 = 1,51%) berada jauh di bawah batas maksimum 11% menurut SNI 2713.1:2009 (Badan Standardisasi Nasional, 2009), sehingga kadar air tidak menjadi faktor pembeda kelayakan mutu antarperlakuan. Acuan SNI ini hanya digunakan untuk kadar air; kesesuaian terhadap persyaratan mutu lainnya dalam standar tersebut tidak dinilai dalam penelitian ini.

Berbeda dengan kadar air, kadar lemak meningkat dari 1,54% pada P1 menjadi 1,85% pada P2 dan 2,13% pada P3. Analisis ragam menunjukkan bahwa suhu penggorengan berpengaruh nyata terhadap kadar lemak ($F(2;6) = 306,413$; $P<0,001$), dan hasil uji Duncan menunjukkan adanya

Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan
E-ISSN : 2776-9887
Vol. 6 No. 2 Oktober 2026 : 300-312
DOI: *https://doi.org/10.55678/jikan.v6i2.3216*

perbedaan nyata pada seluruh perlakuan. Tidak terdapat batas kadar lemak yang dirujuk dalam penelitian ini, sehingga kadar lemak hanya dibandingkan antarperlakuan.

Pengamatan penelitian ini adalah peningkatan kadar lemak yang terjadi bersamaan dengan penurunan kadar air pada suhu yang lebih tinggi. Struktur pori dan penyerapan minyak tidak diukur secara langsung, sehingga penjelasan mekanistik berikut merupakan dugaan berdasarkan literatur dan bukan mekanisme yang telah dibuktikan dalam penelitian ini. Menurut literatur, penguapan air selama penggorengan dapat membentuk ruang atau pori pada struktur produk yang kemudian terisi minyak, terutama selama proses pendinginan (NurSyahirah & Rozzamri, 2022; Zhai et al., 2024). Pola searah juga dilaporkan oleh Tokarczyk et al. (2025), yang menunjukkan bahwa peningkatan suhu penggorengan pada *fish crackers* dapat meningkatkan kerenyahan sekaligus kadar lemak, serta Zhai et al. (2024) yang melaporkan hubungan antara peningkatan suhu, kehilangan air, dan penyerapan minyak.

Secara keseluruhan, hasil mutu kimia menunjukkan adanya imbal balik antara kadar air dan kadar lemak. Suhu 180°C menghasilkan kadar air paling rendah, tetapi juga kadar lemak paling tinggi. Sebaliknya, suhu 160°C menghasilkan kadar lemak paling rendah dengan kadar air yang masih memenuhi batas SNI. Kondisi tersebut menjadi salah satu pertimbangan dalam menentukan perlakuan terbaik.

**Mutu Organoleptik (Warna, Aroma, Rasa, Tekstur, dan Kesukaan Keseluruhan)**

Hasil uji organoleptik disajikan pada Tabel 2. Peningkatan suhu penggorengan cenderung menurunkan tingkat kesukaan panelis terhadap warna, aroma, rasa, dan penerimaan keseluruhan. Penilaian dilakukan oleh 20 panelis menggunakan skala hedonik 1–5 dan dianalisis pada tingkat unit percobaan (rata-rata 20 panelis per *batch*; n = 3 per perlakuan). Seluruh atribut memiliki varians homogen (Levene, P>0,05). Data warna pada P1 menyimpang dari normalitas (Shapiro-Wilk, P<0,05); namun uji normalitas pada n = 3 dengan nilai berulang (3,75; 3,75; dan 3,90) berdaya sangat rendah, residual gabungan ANOVA warna tidak menyimpang dari normalitas (Shapiro-Wilk, W = 0,955; P = 0,748), serta uji Kruskal-Wallis (H = 7,26; P = 0,027) dan ANOVA Welch (F(2; 3,72) = 123,74; P<0,001) menghasilkan kesimpulan yang sama, sehingga kesimpulan mengenai warna tidak bergantung pada asumsi normalitas. Analisis ragam menunjukkan bahwa suhu penggorengan berpengaruh nyata terhadap warna (F(2;6) = 64,865; *P*<0,001), aroma (F = 34,644; P<0,001), rasa (F = 32,600; *P*<0,001), dan kesukaan keseluruhan (F = 27,369; *P*<0,001), tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap tekstur (F = 4,027; *P* = 0,078). Uji Duncan menunjukkan bahwa ketiga perlakuan berbeda nyata pada warna, aroma, rasa, dan kesukaan keseluruhan.

Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan
E-ISSN : 2776-9887
Vol. 6 No. 2 Oktober 2026 : 300-312
DOI: *https://doi.org/10.55678/jikan.v6i2.3216*

**Tabel 2.** Nilai organoleptik kerupuk ikan tongkol pada berbagai suhu penggorengan (skor hedonik 1–5; rata-rata ± SD, n = 3)

| Atribut | P1 (160°C) | P2 (170°C) | P3 (180°C) | F (db 2;6) | Nilai P |
|---|---|---|---|---|---|
| Warna | 3,80 ± 0,09$^{c}$ | 3,13 ± 0,21$^{b}$ | 2,47 ± 0,10$^{a}$ | 64,865 | <0,001 |
| Aroma | 3,92 ± 0,13$^{c}$ | 3,42 ± 0,13$^{b}$ | 3,05 ± 0,13$^{a}$ | 34,644 | <0,001 |
| Rasa | 3,63 ± 0,19$^{c}$ | 3,13 ± 0,13$^{b}$ | 2,75 ± 0,05$^{a}$ | 32,600 | <0,001 |
| Tekstur | 3,83 ± 0,18 | 3,53 ± 0,25 | 3,37 ± 0,18 | 4,027 | 0,078 |
| Kesukaan keseluruhan | 3,78 ± 0,19$^{c}$ | 3,23 ± 0,10$^{b}$ | 2,87 ± 0,15$^{a}$ | 27,369 | <0,001 |

Keterangan: Rata-rata ± SD antar-*batch* dari tiga unit percobaan (setiap unit percobaan = rata-rata penilaian 20 panelis). Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Duncan (DMRT) pada taraf 5%; tanpa huruf = tidak berbeda nyata (P≥0,05). F = kuadrat tengah perlakuan/kuadrat tengah galat (derajat bebas 2 dan 6; N = 9). Nilai P eksak dihitung dari distribusi F(2;6).

Karena panelis yang sama menilai seluruh sampel, kekokohan hasil diperiksa dengan analisis yang memperhitungkan panelis (Tabel 3). ANOVA campuran mengonfirmasi pengaruh nyata suhu terhadap aroma, rasa, dan kesukaan keseluruhan (semuanya $P$<0,001), dan uji Friedman dengan uji lanjut Wilcoxon-Holm menunjukkan seluruh pasangan suhu berbeda nyata pada ketiga atribut tersebut ($P$ Holm<0,05). Untuk tekstur, ANOVA campuran tidak nyata ($P$ = 0,091), sejalan dengan analisis utama, sedangkan uji Friedman, yang hanya memperhitungkan variasi antarpanelis, menunjukkan perbedaan nyata ($\chi^2(2) = 7,16$; $P$ = 0,028) yang terbatas pada P1 dibandingkan P3 ($P$ Holm = 0,035). Dengan demikian terdapat indikasi kecenderungan penurunan kesukaan tekstur pada 180°C, tetapi bukti tersebut tidak konsisten antarpendekatan; pengaruh suhu terhadap tekstur dinyatakan tidak nyata pada tingkat *batch*, dengan catatan bahwa daya uji pada n = 3 terbatas.

**Tabel 3.** Analisis pembanding untuk seluruh parameter mutu kerupuk ikan tongkol (nilai statistik uji; P)

| Parameter | ANOVA satu arah F(2;6); *P* | Kruskal-Wallis H(2); *P* | ANOVA campuran F′ (db); *P* | Friedman $\chi^2$(2); *P* |
|---|---|---|---|---|
| Kadar air | 484,746; <0,001 | 7,20; 0,027 | – | – |
| Kadar lemak | 306,413; <0,001 | 7,20; 0,027 | – | – |
| Warna | 64,865; <0,001 | 7,26; 0,027 | – | – |
| Aroma | 34,644; <0,001 | 7,20; 0,027 | 17,68 (2; 12,7); <0,001 | 19,03; <0,001 |
| Rasa | 32,600; <0,001 | 7,20; 0,027 | 13,69 (2; 16,7); <0,001 | 13,13; 0,001 |
| Tekstur | 4,027; 0,078 | 4,62; 0,099 | 3,26 (2; 8,2); 0,091 | 7,16; 0,028 |
| Kesukaan keseluruhan | 27,369; <0,001 | 7,20; 0,027 | 16,42 (2; 11,8); <0,001 | 19,97; <0,001 |

Keterangan: ANOVA satu arah dan Kruskal-Wallis dihitung pada tingkat *batch* (n = 3 per suhu; derajat bebas 2 dan 6 untuk ANOVA). ANOVA campuran: suhu sebagai efek tetap, *batch* (tersarang pada suhu) dan panelis sebagai efek acak, uji F kuasi dengan derajat bebas Satterthwaite. Friedman: n = 20 panelis. – = tidak berlaku atau tidak dihitung.

Kesukaan terhadap warna menurun dari 3,80 pada P1 menjadi 3,13 pada P2 dan 2,47 pada P3. Warna tidak diukur secara instrumental dan reaksi pencokelatan (Maillard dan karamelisasi) tidak dianalisis dalam penelitian ini, sehingga penjelasan berikut bersifat hipotesis berdasarkan literatur: pada suhu yang lebih tinggi pencokelatan diduga berlangsung lebih intens sehingga produk menjadi

Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan
E-ISSN : 2776-9887
Vol. 6 No. 2 Oktober 2026 : 300-312
DOI: *https://doi.org/10.55678/jikan.v6i2.3216*

lebih gelap, dan warna yang terlalu gelap dapat menurunkan penerimaan (Tri et al., 2024). Hasil pengamatan penelitian ini terbatas pada penurunan skor kesukaan warna seiring kenaikan suhu.

Pada atribut aroma, perlakuan P1 memperoleh nilai kesukaan tertinggi (3,92), sedangkan skor menurun hingga 3,05 pada P3. Senyawa volatil dan oksidasi lipid tidak dianalisis, sehingga penyebab penurunan tersebut belum dapat dipastikan. Menurut literatur, pemanasan pada suhu tinggi dapat mempercepat perubahan dan oksidasi lipid pada produk ikan sehingga memengaruhi aroma dan cita rasa (NurSyahirah & Rozzamri, 2022); penjelasan ini diajukan sebagai kemungkinan, bukan sebagai mekanisme yang terbukti pada penelitian ini. Secara deskriptif, P1 menghasilkan aroma yang paling disukai panelis.

Pada atribut rasa, nilai rata-rata menurun dari 3,63 pada P1 menjadi 3,13 pada P2 dan 2,75 pada P3 ($F(2;6) = 32{,}600$; $P<0{,}001$). Penurunan kesukaan pada suhu yang lebih tinggi dapat dikaitkan, secara hipotetis, dengan perubahan komponen cita rasa akibat pemanasan yang lebih intens dan dengan kadar lemak yang lebih tinggi, tetapi komponen cita rasa tidak diukur sehingga hubungan sebab-akibat belum dapat ditetapkan. Secara deskriptif, suhu 160°C memperoleh skor rasa tertinggi dibandingkan suhu 170°C dan 180°C.

Berbeda dengan atribut lainnya, suhu penggorengan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tekstur pada tingkat *batch* ($F(2;6) = 4{,}027$; $P = 0{,}078$). Meskipun demikian, berdasarkan nilai rata-rata, P1 memperoleh nilai kesukaan tekstur tertinggi (3,83 dibandingkan 3,53 pada P2 dan 3,37 pada P3). Hasil non-signifikan ini tidak dapat diartikan sebagai ketiadaan pengaruh karena daya uji pada $n = 3$ terbatas dan tekstur hanya dinilai secara sensori (tanpa pengukuran instrumental kekerasan atau kerenyahan). Variasi suhu 160–180°C pada kondisi penelitian ini tampaknya belum menghasilkan perubahan tekstur yang cukup besar secara statistik; hal ini dapat berkaitan dengan komposisi adonan dan kondisi proses yang dibuat sama pada setiap perlakuan, tetapi dugaan ini tidak diuji. Temuan ini berbeda dengan Hendrikayanti et al. (2022) yang melaporkan bahwa suhu penggorengan berpengaruh terhadap kerenyahan kerupuk ikan patin, serta Tri et al. (2024) yang menunjukkan bahwa peningkatan suhu dapat memengaruhi ekspansi dan sifat tekstur produk *snack* berbasis talas. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa respons tekstur terhadap suhu dapat dipengaruhi oleh jenis bahan baku, formulasi, dan kondisi proses pengolahan.

Tingkat kesukaan keseluruhan memperlihatkan pola yang sama dengan sebagian besar atribut organoleptik. P1 (160°C) memperoleh nilai tertinggi sebesar 3,78, diikuti P2 sebesar 3,23 dan P3 sebesar 2,87; ketiga perlakuan berbeda nyata berdasarkan uji Duncan. Tingginya penerimaan pada P1 menunjukkan bahwa pada kondisi penelitian ini suhu 160°C menghasilkan kombinasi atribut yang paling disukai panelis, sedangkan penerimaan terendah pada 180°C dapat berkaitan dengan skor warna, aroma, dan rasa yang lebih rendah (hubungan statistik antaratribut tidak diuji). Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Tokarczyk et al. (2025) yang menunjukkan bahwa suhu penggorengan dapat

Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan
E-ISSN : 2776-9887
Vol. 6 No. 2 Oktober 2026 : 300-312
DOI: *https://doi.org/10.55678/jikan.v6i2.3216*

memberikan keuntungan terhadap karakteristik fisik *fish crackers*, tetapi peningkatan suhu juga dapat meningkatkan kadar lemak.

**Penentuan Perlakuan Terbaik**

Penentuan perlakuan terbaik dilakukan secara deskriptif dan terpadu tanpa pembobotan numerik, mengikuti aturan keputusan pada bagian Metode Penelitian. Seluruh perlakuan memenuhi batas kadar air SNI 2713.1:2009 (maksimum 11%), sehingga kadar air tidak digunakan sebagai pembeda; parameter yang membedakan perlakuan adalah kadar lemak dan penerimaan organoleptik. P1 (160°C) menghasilkan kadar lemak terendah (1,54%) serta nilai tertinggi pada warna, aroma, rasa, dan kesukaan keseluruhan yang berbeda nyata dibandingkan perlakuan lain, dengan nilai tertinggi secara numerik pada tekstur meskipun perbedaan tekstur tidak nyata secara statistik. Satu-satunya parameter yang lebih rendah pada suhu yang lebih tinggi adalah kadar air, tetapi standar yang dirujuk hanya menetapkan batas maksimum sehingga kadar air yang lebih rendah tidak dinilai sebagai keunggulan mutu. Karena kriteria pembeda (kadar lemak dan penerimaan organoleptik) searah, penetapan P1 tidak bergantung pada bobot yang diberikan pada masing-masing parameter.

Dengan demikian, P1 (160°C) selama ±45 detik ditetapkan sebagai perlakuan terbaik di antara suhu yang diuji. Perlu dicatat bahwa 160°C merupakan batas terendah dari rentang suhu yang diuji (160–180°C) dan penelitian ini tidak menggunakan analisis optimasi (misalnya *response surface methodology*), sehingga titik optimum yang sesungguhnya, yang mungkin berada pada suhu di bawah 160°C, belum dapat ditentukan; istilah "terbaik" pada artikel ini tidak berarti suhu optimum universal. Hasil tersebut juga memperlihatkan bahwa pemilihan suhu penggorengan tidak semata-mata ditentukan oleh rendahnya kadar air, tetapi perlu mempertimbangkan keseimbangan antara mutu kimia dan penerimaan konsumen.

**Keterbatasan Penelitian**

Beberapa keterbatasan perlu dipertimbangkan dalam menafsirkan hasil. Pertama, jumlah ulangan hanya tiga per perlakuan sehingga daya uji terbatas dan pengujian asumsi berdaya rendah. Kedua, irisan dikeringkan di bawah sinar matahari sehingga kondisi pengeringan dapat bervariasi antar-*batch* akibat perubahan cuaca dan kelembapan, dan kadar air irisan sebelum penggorengan tidak diukur variasi ini dapat memengaruhi kadar air dan kadar lemak setelah penggorengan serta menjadi bagian dari galat percobaan. Ketiga, waktu penggorengan, jenis dan kondisi minyak, formulasi, dan ketebalan irisan dibuat tetap dan tidak diuji sebagai faktor, sehingga interaksinya dengan suhu tidak diketahui. Keempat, pencokelatan, perubahan senyawa volatil, struktur pori, dan penyerapan minyak tidak diukur secara langsung sehingga penjelasan mekanistik bersifat hipotetis. Kelima, tekstur dinilai secara sensori tanpa pengukuran instrumental, dan penilaian dilakukan oleh panelis semi-terlatih yang tidak mewakili konsumen umum. Keenam, bahan baku berasal dari satu daerah pengadaan sehingga generalisasi ke sumber ikan lain terbatas.

Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan
E-ISSN : 2776-9887
Vol. 6 No. 2 Oktober 2026 : 300-312
DOI: *https://doi.org/10.55678/jikan.v6i2.3216*

## KESIMPULAN

Pada kondisi penelitian ini, suhu penggorengan berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap kadar air, kadar lemak, serta warna, aroma, rasa, dan kesukaan keseluruhan kerupuk ikan tongkol (*Euthynnus affinis*), tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap tekstur (P = 0,078). Peningkatan suhu dari 160°C hingga 180°C menurunkan kadar air serta nilai kesukaan warna, aroma, dan rasa, namun meningkatkan kadar lemak. Suhu penggorengan 160°C selama ±45 detik merupakan perlakuan terbaik di antara suhu yang diuji (160–180°C) berdasarkan pertimbangan deskriptif terpadu: kadar lemak terendah, kadar air yang memenuhi batas SNI 2713.1:2009, dan tingkat penerimaan panelis tertinggi. Rekomendasi bagi pelaku usaha dibatasi pada kondisi percobaan ini (formulasi adonan, ketebalan irisan 2,2 mm, pengeringan matahari ±1 minggu, waktu penggorengan ±45 detik, serta jenis dan jumlah minyak yang digunakan), karena perubahan pada faktor-faktor tersebut dapat menghasilkan respons yang berbeda dan tidak diuji dalam penelitian ini. Penelitian lanjutan perlu menguji suhu di bawah 160°C, menambah jumlah ulangan, mengukur kadar air awal irisan, serta mengoptimasi waktu penggorengan, jenis minyak, dan ketebalan irisan untuk menentukan kondisi optimum.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Sumber Daya Akuatik, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, serta Laboratorium Teknologi Pangan (PT Cipta Karya Pangan Pasundan), Bandung, atas dukungan pengujian kadar air dan kadar lemak. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh panelis yang telah berpartisipasi dalam pengujian organoleptik pada penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Aro, R., Wajdi, M., Ayoub, B., Leito, I., & Georgin, É. (2021). Calibration and uncertainty estimation for water content measurement in solids. *International Journal of Thermophysics*, *42*, Article 42. https://doi.org/10.1007/s10765-021-02796-y

Badan Standardisasi Nasional. (1992). *SNI 01-2891-1992. Cara uji makanan dan minuman*. Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2009). *SNI 2713.1:2009. Kerupuk ikan*. Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 2346:2015. Pedoman pengujian sensori pada produk perikanan*. Badan Standardisasi Nasional.

Hendrikayanti, R. H., Fahmi, A. S., & Kurniasih, R. A. (2022). Optimasi waktu pengukusan dan suhu penggorengan kerupuk ikan patin menggunakan response surface methodology. *Journal of Fisheries and Marine Research*, *6*(1), 78–90. https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2022.006.01.10

Idayanti, F., Lumbessy, S. Y., Pawestri, S., & Perdhana, F. (2025). Potensi dan kualitas pindang ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) di Bangko-Bangko, Sekotong: Analisis proses pengolahan, sanitasi dan keamanan. *Jurnal Pengabdian Perikanan Indonesia*, *5*(2), 40–50. https://doi.org/10.29303/jppi.v5i2.6656

Liu, S., Zhang, L., Guo, Y., Wang, M., Cai, H., Hong, P., Zhong, S., & Lin, J. (2024). Study on quality characteristics, shelf-life prediction and frying mass transfer of breaded tilapia nuggets. *Heliyon*, *10*(17), e36528. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36528

Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments* (9th ed.). John Wiley & Sons.

Nalawati, A. N., Wardhana, D. I., Rita, A. I., & Triyudhani, I. L. (2024). Karakterisasi sifat kimia crackers ikan tongkol dengan variasi penambahan tepung ikan tongkol (*Euthynnus affinis*). *Journal of Food Industrial Technology*, *1*(2), 52–58. https://doi.org/10.25047/jofit.v1i2.4914

NurSyahirah, S., & Rozzamri, A. (2022). Effects of frying on fish, fish products and frying oil – a review. *Food Research*, *6*(5), 14–32. https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(5).608

Puspita, A. R., Syamsuddin, M. L., Syamsudin, F., & Purba, N. P. (2023). Predictive modeling of eastern little tuna (*Euthynnus affinis*) catches in the Makassar Strait using the generalized additive model. *Journal of Marine Science and Engineering*, *11*(1), 165. https://doi.org/10.3390/jmse11010165

Quirino, D. F., Lima, N. S. A., Palma, M. N. N., Franco, M. O., & Detmann, E. (2023). Evaluation of heating times for loss on drying at 105°C for estimation of laboratory dry matter in animal feeds. *Journal of AOAC International*, *106*(2). https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsad004

Satterthwaite, F. E. (1946). An approximate distribution of estimates of variance components. *Biometrics Bulletin*, *2*(6), 110–114. https://doi.org/10.2307/3002019

Sianturi, P. J., Handoco, E., & Siburian, T. E. (2023). Pendugaan stok ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) yang didaratkan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Sibolga. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, *19*(2), 132–141. https://doi.org/10.30598/TRITONvol19issue2page132-141

Tavares, J., Martins, A., Fidalgo, L. G., Lima, V., Amaral, R. A., Pinto, C. A., Silva, A. M., & Saraiva, J. A. (2021). Fresh fish degradation and advances in preservation using physical emerging technologies. *Foods*, *10*(4), 780. https://doi.org/10.3390/foods10040780

Tokarczyk, G., Bienkiewicz, G., Biernacka, P., & Przybylska, S. (2025). Effect of frying temperature on lipid binding, fatty acid composition, and nutritional quality of fish crackers prepared from carp (*Cyprinus carpio* L.) and tapioca starch (*Manihot esculenta*). *Molecules*, *30*(5), 1139. https://doi.org/10.3390/molecules30051139

Tri, N. M., Quyen, T. T. H., & Hong, N. T. T. (2024). Impact of temperature and frying time on texture and physiochemical properties of taro snack. *JST: Engineering and Technology for Sustainable Development*, *34*(5). https://doi.org/10.51316/jst.178.etsd.2024.34.5.5

Zhai, J., Chen, J., Chen, C., Peng, L., & Zhang, P. (2024). Understanding changes in moisture state, wheat gluten structure and oil penetration of breaded fish nuggets during frying. *LWT*, *198*, 115967. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115967