Volume 7, No. 1, 2026

ISSN 2723-7583 (Online)

Pengaruh Ekstrak Daun Bakau Hitam (*Rhizophora mucronata*) Terhadap Komposisi Kimia *Fillet* Ikan Tenggiri Selama Penyimpanan Dingin

The Effect Of Black Mangrove (Rhizophora mucronata) Leaves Extract On The Chemical Composition Of Narrow-Barred Spanish Mackerel Fillets During Cold Storage

Bendi Sabela

Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, Jl.Gunung Tabur Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur, 75123

Corresponding author email: bendisabela@fpik.unmul.ac.id

Submitted: 2 January 2025 / Revised: 18 February 2026 / Accepted: 18 February 2026

http://doi.org/10.21107/juvenil.v7i1.33136

ABSTRAK

Ikan merupakan bahan pangan yang mudah mengalami kebusukan. Penggunaan ekstrak tumbuhan yang tinggi akan senyawa bioaktif juga diharapkan dapat membantu mempertahankan mutu ikan selama penyimpanan suhu rendah. Ekstrak daun Rhizophora mucronata memiliki kandungan senyawa bioaktif dan bioaktivitas yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan alami dalam pengawetan ikan terutama untuk mencegah kerusakan komposisi proksimat ikan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh penggunaan ekstrak daun R. mucronata terhadap komposisi proksimat fillet ikan tenggiri selama penyimpanan dingin. Daun R. mucronata diekstrak menggunakan etanol 70% dengan rasio 1:6 (b/v). Konsentrasi ekstrak yang digunakan untuk merendam fillet ikan tenggiri, yakni 0, 1, 3, dan 7%. Fillet ikan tenggiri disimpan selama 14 hari di dalam refrigerator (4 ± 2 °C) dan diamati pada hari ke- 0, 7, dan 14. Setiap waktu pengamatan, fillet dianalisis kadar air, kadar protein, kadar lemak, dan kadar abu. Hasil menunjukkan bahwa pemberian ekstrak daun R. mucronata tidak berpengaruh signifikan (p > 0,05) terhadap kadar air, kadar protein, kadar lemak, dan kadar abu fillet ikan tenggiri. Konsentrasi ekstrak daun R. mucronata yang digunakan belum cukup untuk mencegah dan menghambat kerusakan komposisi proksimat yang terjadi pada fillet ikan tenggiri selama penyimpanan dingin. Kadar protein dan lemak fillet ikan tenggiri menunjukkan kecenderungan menurun selama penyimpanan dingin karena adanya proses degradasi. Kadar abu penggunaan konsentrasi ekstrak 3% dan 7% menunjukkan kecenderungan meningkat karena adanya penurunan kadar air.

Kata Kunci: *Ekstrak mangrove, Kadar proksimat, Mutu ikan, Pengawet alami, Protein*

ABSTRACT

Fish is a type of food that is easily spoiled. The use of plant extracts high in bioactive compounds is expected to help maintain fish quality during low-temperature storage. Rhizophora mucronata leaves extract contains bioactive compounds and bioactivities that have the potential to be used as natural ingredients in fish preservation, especially to prevent damage to the proximate composition of fish. This study aims to determine the effect of the use of R. mucronata leaves extract on the proximate composition of narrow-barred spanish mackerel fillets during cold storage. R. mucronata leaves were extracted using 70% ethanol with a ratio of 1:6 (w/v). The extract concentrations used to soak narrow-barred spanish mackerel fillets were 0, 1, 3, and 7%. Narrow-barred spanish mackerel fillets were stored for 14 days in a refrigerator (4 ± 2 °C) and observed on days 0, 7, and 14. At each observation time, the fillets were analyzed for moisture content, protein content, fat content, and ash content. The results showed that the use of R. mucronata leaves extract had no significant effect (p > 0.05) on the moisture content, protein content, fat content, and ash content of narrow-barred spanish mackerel fillets. The concentration of R. mucronata leaves extract used was not sufficient to prevent and inhibit the damage to the proximate composition that occurred in narrow-barred spanish mackerel fillets during cold storage. The protein and fat content of narrow-barred spanish mackerel fillets showed a tendency to

decrease during cold storage due to the degradation process. The ash content at 3% and 7% extract concentrations showed a tendency to increase due to a decrease in water content.

Kata Kunci: *Fish quality, Mangrove extract, Natural preservatives, Protein, Proximate content*

PENDAHULUAN

Ikan merupakan sumber pangan penting untuk memenuhi kebutuhan gizi dan mendukung kesehatan manusia. Ikan memiliki kandungan protein tinggi, kolesterol rendah, dan asam lemak tak jenuh ganda (omega-3) (de Alba *et al*., 2019; Saei-Dehkordi *et al*., 2010). Ikan merupakan komoditas pangan yang sangat mudah mengalami kerusakan karena mudah mengalami proses pembusukan. Ikan sangat mudah rusak karena memiliki pH yang mendekati netral, aktivitas air (a_w) yang tinggi, serta kandungan asam lemak tak jenuh, asam amino bebas, dan enzim autolitik yang tinggi. Hal tersebut menjadikan ikan sebagai substrat yang ideal untuk degradasi mikroba, oksidatif, dan autolisis. Selain itu, suhu lingkungan juga berperan dalam mempercepat proses pembusukan ikan. Suhu lingkungan yang tinggi akan mempercepat aktivitas bakteri, enzim, dan oksidasi lemak, sehingga penyimpanan pada suhu rendah dapat mencegah kebusukan ikan (Afrin *et al*., 2023; de Alba *et al*., 2019; Liu *et al*., 2025).

Penyimpanan ikan pada suhu rendah hanya berperan dalam menunda kerusakan enzimatik dan non-enzimatik, serta tidak sepenuhnya menghambat kerusakan oksidatif lemak. Selain itu, kerusakan ikan yang disebabkan oleh bakteri psikrofilik selama penyimpanan suhu rendah masih dapat terjadi (Afrin *et al*., 2023). Penggunaan ekstrak dari bahan alami dalam pengawetan ikan telah banyak digunakan untuk mempertahankan mutu dan memperpanjang umur simpan ikan selama penyimpanan suhu rendah. Afrin *et al*. (2023) melaporkan bahwa penggunaan ekstrak etanol rumput laut cokelat (*Padina tetrastromatica*, *Sargassum muticum*, dan *Spatoglossum asperum*) mampu mencegah peningkatan *total volatile basic-nitrogen* (TVB-N), *thiobarbituric acid reactive substances* (TBARS), dan *aerobic plate count* (APC) *fillet* ikan nila selama penyimpanan beku. Ini karena kandungan senyawa bioaktif dalam ekstrak rumput laut berperan menghambat pertumbuhan mikroba serta mengurangi pembentukan amonia dan produk oksidasi lipid *fillet* ikan nila beku. Ahmad *et al*. (2024) melaporkan bahwa penggunaan ekstrak daun *Barringtonia acutangula* dapat menghambat laju pembusukan udang vaname selama penyimpanan dingin. Umur simpan udang vaname mampu diperpanjang 12–15 hari pada perlakuan pemberian ekstrak daun *B. acutangula* dibandingkan kontrol (9 hari). Ini dikarenakan tingginya kandungan senyawa fenolik dan kuersetin pada ekstrak daun *B. acutangula*.

Rhizophora mucronata merupakan salah satu jenis tanaman mangrove yang termasuk ke dalam famili Rhizophoraceae. *R. mucronata* tersebar luas di sepanjang wilayah pesisir Indo-Pasifik (termasuk Indonesia), Afrika Selatan, dan Afrika Timur. Secara tradisional, daun *R. mucronata* telah digunakan sebagai sumber teh alternatif dan sebagai pakan ternak. Analisis fitokimia ekstrak daun *R. mucronata* menunjukkan adanya kandungan tanin, flavonoid, terpenoid, saponin, *cardiac glycosides*, dan polifenol. Ekstrak metanol daun *R. mucronata* juga dilaporkan tinggi akan kandungan senyawa fenolik dan flavonoid. Senyawa-senyawa bioaktif dalam ekstrak daun *R. mucronata* berperan dalam berbagai macam bioaktivitas, antara lain sebagai antivirus, antiinflamasi, antidiabetes, antikolinesterase, antiplasmodial, dan antioksidan (Suganthy *et al*., 2014; Suganthy & Pandima Devi, 2016). Kandungan senyawa bioaktif dan bioaktivitas ekstrak daun *R. mucronata* menunjukkan potensi bahwa ekstrak daun *R. mucronata* dapat dimanfaatkan sebagai bahan alami dalam pengawetan ikan.

Penggunaan ekstrak bahan alami dalam pengawetan ikan pada penelitian-penelitian sebelumnya masih berfokus pada analisis kesegaran ikan (TVB-N, mikrobiologi, dan sensori) dan masih terbatas dalam mengkaji pengaruhnya terhadap komposisi proksimat ikan. Penelitian Ahmad *et al*. (2024) menganalisis terkait pengaruh ekstrak daun *Barringtonia acutangula* terhadap perubahan mikrobiologi dan kimia (pH, TVB-N, TBARS) udang selama penyimpanan dingin. Afrin *et al*. (2023) menganalisis perubahan kimia (pH, TVB-N, TBARS, bilangan peroksida), mikrobiologi, dan sensori ikan nila yang di-*coating* dengan ekstrak rumput laut selama penyimpanan beku. Penelitian-penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa belum dianalisisnya pengaruh penggunaan ekstrak bahan alami terhadap komposisi proksimat ikan, antara lain penggunaan ekstrak *Garcinia* spp. terhadap ikan kembung (Apang *et al*., 2020), penggunaan ekstrak kulit buah delima terhadap ikan *Aristichthys nobilis* (Zhuang *et al*., 2019), penggunaan ekstrak propolis terhadap ikan *Barbus grypus* (Duman &

Özpolat, 2015), serta penggunaan ekstrak biji anggur dan kuncup bunga cengkeh terhadap ikan *Hypophthalmichthys molitrix* (Shi *et al*., 2014). Penelusuran literatur sebelumnya menunjukkan bahwa belum pernah dilakukan penelitian terkait pengaruh penggunaan ekstrak daun *R. mucronata* sebagai bahan alami terhadap komposisi proksimat *fillet* ikan tenggiri. Penelitian ini berbeda dari studi sebelumnya karena secara khusus mengevaluasi pengaruh ekstrak daun *R. mucronata* terhadap parameter proksimat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh penggunaan ekstrak daun *R. mucronata* terhadap komposisi proksimat *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan dingin.

MATERI DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan utama yang digunakan, yaitu daun bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) dan ikan tenggiri. Bahan-bahan tambahan yang digunakan, yaitu akuades, etanol (Merck), selenium (Merck), H_2SO_4 (Merck), H_3BO_3 (Merck), HCl (Merck), indikator *methyl red* dan *bromocresol green*, serta heksana (Merck). Alat-alat yang digunakan, yakni blender (Sharp), pisau, baskom, *orbital shaker* (WiseShake), *vacuum evaporator*, timbangan analitik (quattro), refrigerator (LG), termometer, plastik klip, cawan porselen, oven (DHG 9053A), dan desikator.

Metode Penelitian

Pengambilan dan preparasi daun bakau hitam

Daun bakau hitam (*R. mucronata*) didapatkan dari Kawasan Ekowisata Mangrove, Jakarta Utara. Daun yang dikumpulkan adalah daun yang berada di tengah-tengah antara ruas pertama dan pucuk daun. Lebar daun bervariasi dari 6 cm sampai 11,5 cm dan panjangnya dari 14,5 cm sampai 25,6 cm. Daun segar dibawa ke laboratorium dalam wadah terutup. Daun yang telah bersih dari kotoran dikecilkan ukurannya menggunakan blender.

Ekstraksi daun bakau hitam (Modifikasi Warsi & Sholichah, 2017)

Simplisa daun kering diekstraksi menggunakan *orbital shaker* selama 24 jam pada suhu ruang menggunakan pelarut etanol 70% dengan rasio 1:6 (b/v). Hasil ekstraksi disaring dengan kertas Whatman 42 untuk memisahkan filtrat dan residu. Ekstrak kasar kemudian diperoleh dengan mengevaporasi filtrat dalam *vacuum evaporator* pada suhu 40 °C hingga berbentuk kental atau *semi solid*. Ekstrak kasar disimpan pada suhu 4 °C.

Pengambilan dan preparasi ikan tenggiri

Sampel ikan tenggiri diperoleh dari TPI Muara Angke, Jakarta. Ikan dimasukkan ke dalam *cool box* yang diberi es dengan perbandingan ikan:es (1:2) untuk proses transportasi. Ikan dipreparasi hingga didapatkan *fillet*.

Perendaman fillet ikan (Modifikasi Viji et al., 2015)

Larutan ekstrak daun bakau hitam (*R. mucronata*) dengan konsentrasi 1%, 3% dan 7% (b/v) dibuat dengan mencampurkan ekstrak kasar ke dalam pelarut akuades. *Fillet* ikan tenggiri direndam dalam larutan ekstrak dengan rasio 1:2 (b/v) selama 60 menit pada suhu 7 °C. Ini hasil modifikasi yang mana Viji *et al*. (2015) menggunakan waktu perendaman selama 30 menit. *Fillet* ikan tenggiri disimpan dalam refrigerator (LG) pada suhu 4 ± 2 °C dimasukkan ke dalam plastik klip polietilen (PE). Pengamatan dilakukan setiap 7 hari (0, 7, dan 14) selama penyimpanan 14 hari. *Fillet* dianalisis kadar air, kadar protein, kadar lemak, dan kadar abu (AOAC, 2005) pada setiap waktu pengamatan.

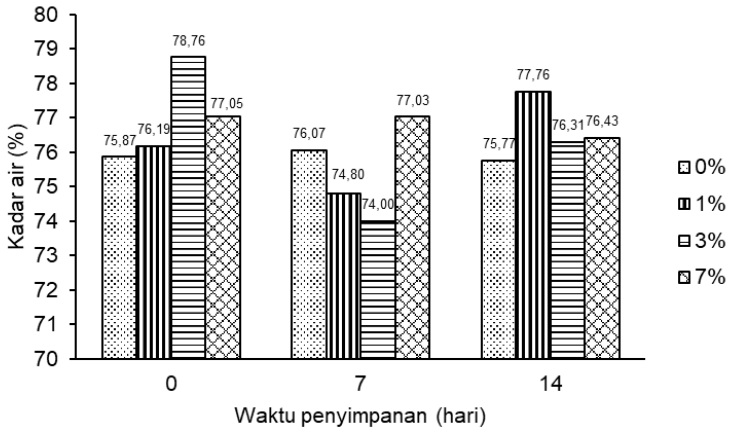
Analisis Data

Data dianalisis secara nonparametrik menggunakan uji Kruskal-Wallis. Analisis data dilakukan menggunakan *software* IBM SPSS Statistics 26 untuk mengetahui pengaruh pemberian ekstrak daun *R. mucronata* 0%, 1%, 3%, dan 7% pada *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan 14 hari dengan waktu pengamatan pada hari ke- 0, 7, dan 14. Setiap perlakuan diulang dua kali dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi mutu *fillet* ikan selama penyimpanan. Kadar air dapat menggambarkan kemampuan *fillet* ikan dalam menahan air selama penyimpanan (An *et al*., 2023). Kadar air *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan pada perlakuan perendaman ekstrak daun *R. mucronata* dapat dilihat pada **Gambar 1**.

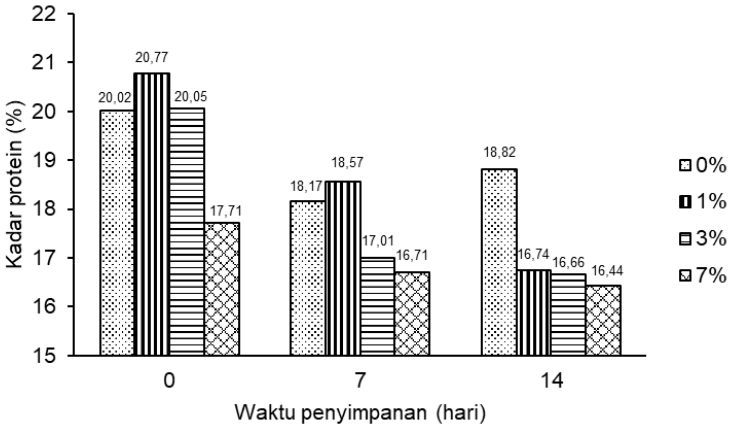


Gambar 1. Kadar air *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan dingin dengan perlakuan pemberian ekstrak daun *R. mucronata* 0, 1, 3, dan 7%

Kadar air *fillet* ikan tenggiri berdasarkan **Gambar 1** berkisar antara 74,00– 78,76%. Hasil uji Kruskal-Wallis di setiap waktu penyimpanan menunjukkan bahwa perlakuan pemberian ekstrak daun *R. mucronata* tidak memberikan pengaruh signifikan ($p > 0,05$) terhadap kadar air *fillet* ikan tenggiri. Hal ini didukung oleh Duan *et al*. (2010) yang melaporkan bahwa pengaruh *coating* dan kondisi pengemasan tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar air *fillet* ikan *Ophiodon elongates* selama penyimpanan dingin. Penggunaan plastik PE dalam pengemasan *fillet* ikan mampu bertindak sebagai *water vapour barrier*, sehingga mencegah keluarnya molekul air dari permukaan *fillet* ikan. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun *R. mucronata* tidak berperan dalam meningkatkan sifat *water vapour barrier*. Hasil ini berbeda dari penelitian Salari & Yazdany (2025) yang menunjukkan bahwa perlakuan *coating* mampu mencegah kehilangan air daging burung unta (*ostrich*) selama penyimpanan dingin dibandingkan perlakuan tanpa *coating*. Penggunaan *coating* dapat berperan sebagai penghalang fisik yang mencegah penguapan air dari permukaan daging dan mengurangi kehilangan air selama penyimpanan dingin. Ini menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi *coating* dengan ekstrak bahan alami lebih efektif dalam mencegah kehilangan air bahan pangan hewani selama penyimpanan dingin dibandingkan hanya dilakukan perendaman ke dalam larutan ekstrak.

Kadar Protein

Ikan merupakan bahan pangan yang tinggi akan kandungan protein. Kandungan protein yang tinggi ini menjadikan ikan sebagai bahan pangan yang mudah mengalami kebusukan. Selama penyimpanan ikan, reaksi kimia dan enzimatik serta aktivitas mikroba dapat menyebabkan perubahan komposisi kimia termasuk protein (Izadi *et al*., 2024). Hasil analisis pengaruh perendaman ekstrak daun *R. mucronata* terhadap kadar protein *fillet* ikan tenggiri dapat dilihat pada **Gambar 2**.

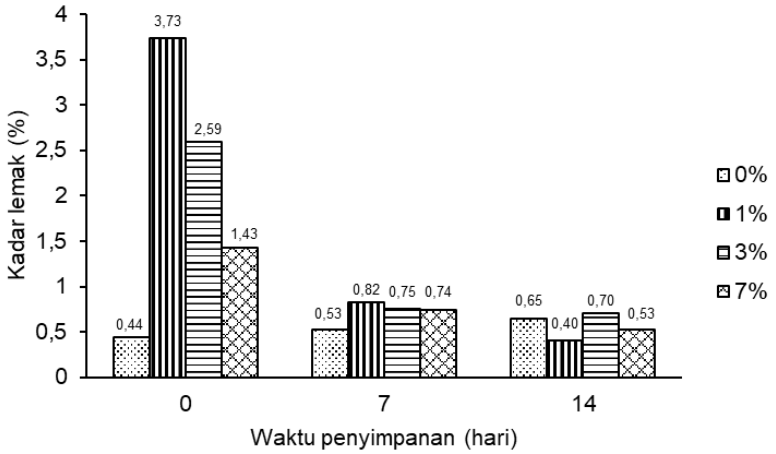


Gambar 2. Kadar protein *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan dingin dengan perlakuan pemberian ekstrak daun *R. mucronata* 0, 1, 3, dan 7%

Hasil kadar protein *fillet* ikan tenggiri, yakni 16,44 sampai 20,77%. Hasil pengaruh perendaman ekstrak daun *R. mucronata* terhadap kadar protein *fillet* ikan tenggiri tidak menunjukkan pengaruh signifikan ($p > 0,05$). Hasil ini serupa dengan Shi *et al*. (2014) yang melaporkan bahwa kadar protein larut garam mengalami penurunan signifikan selama penyimpanan, akan tetapi pengaruh pemberian ekstrak biji anggur dan kuncup bunga cengkeh tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar protein larut garam *fillet* ikan *Hypophthalmichthys molitrix*. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun *R. mucronata* tidak efektif dalam mencegah degradasi protein *fillet* ikan tenggiri. Penurunan kadar protein selama penyimpanan disebabkan oleh denaturasi protein dan juga karena adanya pelarutan/*leaching* sebagian fraksi protein larut (Ayeloja *et al*., 2020; Mahboob *et al*., 2019). Denaturasi protein menyebabkan turunnya *water holding capacity* dan meningkatkan kehilangan air selama pemasakan (An *et al*., 2023). Denaturasi protein juga berperan dalam menurunkan nilai *firmness* karena terjadinya pelemahan struktur jaringan ikan dan akan menghilangkan kekenyalan daging ikan (Solinho *et al*., 2025; Viji *et al*., 2017). Turgut *et al*. (2016) melaporkan bahwa penambahan antioksidan (sintetis dan alami) pada *beef meatballs* mampu mengurangi secara signifikan terbentuknya protein karbonil (hasil dari degradasi oksidatif protein). Bitalebi *et al*. (2019) juga melaporkan bahwa penambahan ekstrak kulit apel secara signifikan dapat mengurangi oksidasi protein daging cincang *rainbow trout* selama penyimpanan dingin. Data studi-studi sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan konsentrasi antioksidan atau ekstrak bahan alami yang sesuai dapat membantu mencegah degradasi protein *fillet* ikan tenggiri.

Kadar Lemak

Salah satu penyebab kemunduran mutu dan memperpendek umur simpan ikan adalah oksidasi lipid. Oksidasi lipid masih dapat terjadi pada penyimpanan dingin serta dapat meningkatkan penurunan flavor, pembusukan, dan kehilangan zat gizi (Kara *et al*., 2024; Zhang *et al*., 2024). Hasil kadar lemak *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan dingin dengan penggunaan ekstrak *R. mucronata* yang berbeda dapat dilihat pada **Gambar 3**.



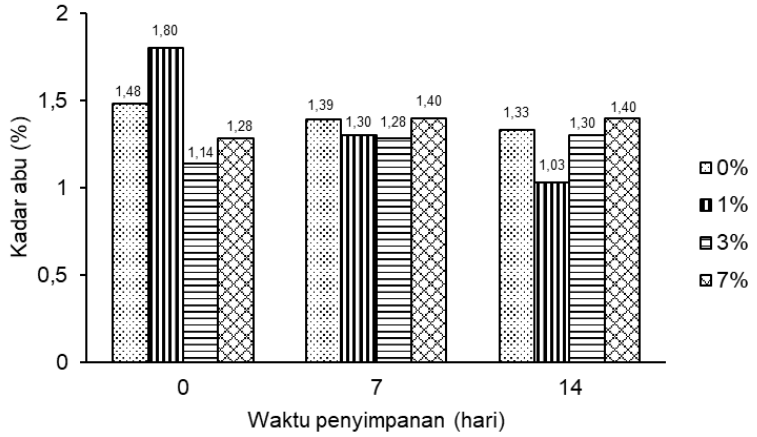
Gambar 3. Kadar lemak *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan dingin dengan perlakuan pemberian ekstrak daun *R. mucronata* 0, 1, 3, dan 7%

Kadar lemak ikan tenggiri selama penyimpanan dingin berkisar antara 0,44– 3,73%. Kadar lemak yang berbeda dapat dipengaruhi oleh penggunaan bagian *fillet* ikan yang berbeda. Pengaruh penggunaan ekstrak daun *R. mucronata* tidak berpengaruh signifikan ($p > 0,05$) terhadap kadar lemak ikan tenggiri selama penyimpanan dingin. Hasil ini didukung oleh Attouchi & Sadok (2010) yang melaporkan bahwa pemberian serbuk *thyme* tidak berpengaruh terhadap kadar lemak ikan *Sparus aurata* selama penyimpanan dingin. Ini juga didukung oleh Viji *et al*. (2017) yang melaporkan bahwa ekstrak daun mint dan ekstrak kulit jeruk tidak berpengaruh signifikan terhadap kenaikan asam lemak bebas ikan *indian mackerel* selama penyimpanan beku. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak *R. mucronata* yang digunakan tidak dapat mencegah kerusakan lemak selama penyimpanan dingin. Penelitian Salari & Yazdany (2025) menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak *fennel* pada daging burung unta selama penyimpanan dingin mampu memperlambat proses oskidasi lipid. Ini menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak

daun *R. mucronata* yang digunakan belum efektif dalam memperlambat oksidasi lipid *fillet* ikan tenggiri selama penyimapanan dingin.

Kadar Abu

Kadar abu pada ikan memberikan gambaran terkait jumlah mineral yang ada di dalam jaringan ikan. Kadar abu pada ikan sangat dipengaruhi oleh spesies ikan (Egun & Oboh, 2022; Tilami & Sampels, 2018) Kadar abu *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan dalam dilihat pada **Gambar 4**. Kadar abu *fillet* ikan tenggiri, yakni 1,03–1,80%. Penambahan ekstrak daun *R. mucronata* tidak berpengaruh signifikan ($p > 0,05$) terhadap kadar abu *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan dingin. Namun demikian, kadar abu *fillet* ikan tenggiri pada penambahan ekstrak (3% dan 7%) cenderung meningkat yang dapat dipengaruhi oleh adanya penurunan kadar air *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan. Penurunan kadar air dapat disebabkan karena adanya perpindahan uap air dari permukaan ikan ke udara selama penyimpanan dingin (Mahboob *et al*., 2019). Penambahan ekstrak dengan konsentrasi 3% dan 7% juga diduga meningkatkan *total soluble solids* (TSS). Mashau *et al*. (2021) melaporkan bahwa penambahan serbuk daun kelor dapat meningkatkan TSS daging giling dan berpengaruh terhadap penurunan kadar air selama penyimpanan dingin.



Gambar 4. Kadar abu *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan dingin dengan perlakuan pemberian ekstrak daun *R. mucronata* 0, 1, 3, dan 7%

KESIMPULAN DAN SARAN

Perlakuan pemberian ekstrak daun bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar proksimat *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan dingin. Ini menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak daun *R. mucronata* yang diberikan tidak efektif dalam mencegah perubahan kadar proksimat *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan. Kadar protein dan kadar lemak menunjukkan kecenderungan menurun selama penyimpanan. Ini terjadi karena adanya degradasi pada kadar protein dan kadar lemak *fillet* ikan tenggiri selama penyimpanan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak daun *R. mucronata* pada konsentrasi rendah hingga sedang belum cukup efektif sebagai agen protektif terhadap perubahan komposisi proksimat selama penyimpanan dingin. Penelitian kedepannya disarankan untuk menggunakan konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi dan meperbanyak pengulangan untuk meningkatkan validitas hasil yang didapatkan.

DAFTAR PUSTAKA

Afrin, F., Ahsan, T., Mondal, M. N., Rasul, M. G., Afrin, M., Silva, A. A., Yuan, C., & Shah, A. K. M. A. (2023). Evaluation of antioxidant and antibacterial activities of some selected seaweeds from Saint Martin's Island of Bangladesh. *Food Chemistry Advances*, *3*, 100393. https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100393

Ahmad, A. S., Sae-leaw, T., Zhang, B., & Benjakul, S. (2024). Antioxidant and antimicrobial activities of ethanolic Jik (*Barringtonia acutangula*) leaf extract and its application for shelf-life extension of Pacific white shrimp meat during refrigerated storage. *Food Control*, *155*. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110037

An, Y., Liu, N., Xiong, J., Li, P., Shen, S., Qin, X., Xiong, S., Wu, D., & Huang, Q. (2023). Quality changes and shelf-life prediction of pre-processed snakehead fish fillet seasoned by yeast extract: Affected by

packaging method and storage temperature. *Food Chemistry Advances*, *3*. https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100418

AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (W. Horwitz & G. W. Latimer, Eds.; 18th ed.). AOAC International.

Apang, T., Xavier, K. A. M., Lekshmi, M., Kannuchamy, N., Layana, P., & Balange, A. K. (2020). *Garcinia* spp. extract incorporated icing medium as a natural preservative for shelf life enhancement of chilled Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). *LWT*, *133*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110086

Attouchi, M., & Sadok, S. (2010). The effect of powdered thyme sprinkling on quality changes of wild and farmed gilthead sea bream fillets stored in ice. *Food Chemistry*, *119*(4), 1527–1534. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.038

Ayeloja, A. A., Jimoh, W. A., Adetayo, M. B., & Abdullahi, A. (2020). Effect of storage time on the quality of smoked *Oreochromis niloticus*. *Heliyon*, *6*(1). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03284

Bitalebi, S., Nikoo, M., Rahmanifarah, K., Noori, F., & Ahmadi Gavlighi, H. (2019). Effect of apple peel extract as natural antioxidant on lipid and protein oxidation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) mince. *International Aquatic Research*, *11*(2), 135–146. https://doi.org/10.1007/s40071-019-0224-y

de Alba, M., Pérez-Andrés, J. M., Harrison, S. M., Brunton, N. P., Burgess, C. M., & Tiwari, B. K. (2019). High pressure processing on microbial inactivation, quality parameters and nutritional quality indices of mackerel fillets. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *55*, 80–87. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.05.010

Duan, J., Jiang, Y., Cherian, G., & Zhao, Y. (2010). Effect of combined chitosan-krill oil coating and modified atmosphere packaging on the storability of cold-stored lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets. *Food Chemistry*, *122*(4), 1035–1042. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.065

Duman, M., & Özpolat, E. (2015). Effects of water extract of propolis on fresh shibuta (*Barbus grypus*) fillets during chilled storage. *Food Chemistry*, *189*, 80–85. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.091

Egun, N. K., & Oboh, I. P. (2022). Potential contribution of captured fishes to the recommended nutrient intakes (RNIs): A case study of commercial fish species from Ikpoba reservoir, Edo State, Nigeria. *Measurement: Food*, *5*. https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2021.100014

Izadi, H., Zandi, M., Rafeiee, G., & Bimakr, M. (2024). Effect of tomato seed mucilage coating enriched with shallot essential oil on frozen rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet quality. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *57*. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103082

Kara, A., Akkose, A., Gelen, S. U., Uçar, A., Parlak, V., Kocaman, E. M., Atamanalp, M., Şuţan, N. A., Albadrani, G. M., Al-Ghadi, M. Q., Abdel-Daim, M. M., & Alak, G. (2024). A solution for fillet quality: Slaughter age's effect on protein mechanism and oxidation. *Heliyon*, *10*(10). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31146

Liu, X., Yin, Q., Zhu, F., Cheng, D., Tang, H., Yang, N., & Liu, Y. (2025). Antimicrobial effect and mechanism of *Sargassum carpophyllum* extract against fish spoilage *Pseudomonas* sp. CL2. *Food Bioscience*, *71*. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107041

Mahboob, S., Al-Ghanim, K. A., Alkahem Al-Balawi, H. F., F. Al-Misned, & Ahmed, Z. (2019). Study on assessment of proximate composition and meat quality of fresh and stored *Clarias gariepinus* and *Cyprinus carpio*. *Brazilian Journal of Biology*, *79*(4), 651–658. https://doi.org/10.1590/1519-6984.187647

Mashau, M. E., Ramatsetse, K. E., & Ramashia, S. E. (2021). Effects of adding *Moringa oleifera* leaves powder on the nutritional properties, lipid oxidation and microbial growth in ground beef during cold storage. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*(7). https://doi.org/10.3390/app11072944

Saei-Dehkordi, S. S., Fallah, A. A., & Nematollahi, A. (2010). Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf: Influence of season and habitat. *Food and Chemical Toxicology*, *48*(10), 2945–2950. https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.07.031

Salari, M., & Yazdany, M. (2025). Shelf life extension and quality improvement of fresh ostrich meat by active chitosan coating enriched with fennel extract. *Food Science and Nutrition*, *13*(5). https://doi.org/10.1002/fsn3.70262

Shi, C., Cui, J., Yin, X., Luo, Y., & Zhou, Z. (2014). Grape seed and clove bud extracts as natural antioxidants in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during chilled storage: Effect on lipid and protein oxidation. *Food Control*, *40*(1), 134–139. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.12.001

Solinho, J., Santos, J., Vázquez, M., & Pinheiro, R. (2025). Comparative study of preservation techniques for refrigerated Atlantic bonito Fillets: Effects of modified atmosphere packaging, vacuum packaging, and alginate coating on shelf life and quality. *Food Packaging and Shelf Life*, *50*. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2025.101556

Suganthy, N., Karthikeyan, K., Archunan, G., Karutha Pandian, S., & Pandima Devi, K. (2014). Safety and toxicological evaluation of *Rhizopora mucronata* (a mangrove from Vellar estuary, India): Assessment of mutagenicity, genotoxicity and in vivo acute toxicity. *Molecular Biology Reports*, *41*(3), 1355–1371. https://doi.org/10.1007/s11033-013-2981-9

Suganthy, N., & Pandima Devi, K. (2016). In vitro antioxidant and anti-cholinesterase activities of *Rhizophora mucronata*. *Pharmaceutical Biology*, *54*(1), 118–129. https://doi.org/10.3109/13880209.2015.1017886

Tilami, S. K., & Sampels, S. (2018). Nutritional value of fish: lipids, proteins, vitamins, and minerals. *In Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 26(2), 243–253. https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1399104

Turgut, S. S., Soyer, A., & Işıkçı, F. (2016). Effect of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during refrigerated storage. *Meat Science*, *116*, 126–132. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.011

Viji, P., Binsi, P. K., Visnuvinayagam, S., Bindu, J., Ravishankar, C. N., & Srinivasa Gopal, T. K. (2015). Efficacy of mint (*Mentha arvensis*) leaf and citrus (*Citrus aurantium*) peel extracts as natural preservatives for shelf life extension of chill stored Indian mackerel. *Journal of Food Science and Technology*, *52*(10), 6278–6289. https://doi.org/10.1007/s13197-015-1788-1

Viji, P., Binsi, P. K., Visnuvinayagam, S., Mohan, C. O., Venkateshwarlu, G., & Srinivasa Gopal, T. K. (2017). Lipid oxidation and biochemical quality of indian mackerel during frozen storage: effect of previous treatment with plant extracts. *Journal of Food Biochemistry*, *41*(1). https://doi.org/10.1111/jfbc.12308

Warsi, & Sholichah, A. R. (2017). Phytochemical screening and antioxidant activity of ethanolic extract and ethyl acetate fraction from basil leaf (*Ocimum basilicum* L.) by DPPH radical scavenging method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *259*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/259/1/012008

Zhang, L., Yu, Y., Tan, C., Nie, S., Wen, Q., & Tu, Z. (2024). Exploration of changes in sensory, physicochemical properties and microbial metabolic activities of grass carp meat with five thermal processing treatments during refrigerated storage. *Food Chemistry: X*, *23*. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101662

Zhuang, S., Li, Y., Jia, S., Hong, H., Liu, Y., & Luo, Y. (2019). Effects of pomegranate peel extract on quality and microbiota composition of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets during chilled storage. *Food Microbiology*, *82*, 445–454. https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.03.019