



PENGARUH PELAPISAN DAUN JERUK PURUT DAN PATI TERFOTOOKSIDASI TERHADAP KARAKTERISTIK KIMIA DAN MIKROB IKAN LEMURU

Niken Widya Palupi*, Achmad Ithman Azhari, Sony Suwasono

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
Jalan Kalimantan No. 37 – Kampus Bumi Tegalboto Jember, Jawa Timur Indonesia 68121

Diterima: 13 Desember 2024/Disetujui: 19 Maret 2025

*Korespondensi: niken.ftp@unej.ac.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Palupi, N. W., Azhari, A. I., & Suwasono, S. (2025). Pengaruh pelapisan daun jeruk purut dan pati terfotooksidasi terhadap karakteristik kimia dan mikrob ikan lemuru. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(3), 270-283. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i3.61210>

Abstrak

Ikan lemuru segar mengalami penurunan kualitas yang cepat setelah kematian, yang mendukung pertumbuhan mikrob. Alternatif untuk menghambat penurunan kualitas ikan adalah melapisi permukaan ikan dengan bahan alami. Ekstrak daun jeruk purut mengandung senyawa antioksidan dan antibakteri, sementara pati terfotooksidasi bersifat perekat yang baik sehingga dapat digunakan sebagai bahan pelapis. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi terbaik ekstrak daun jeruk purut dan pati terfotooksidasi dalam aplikasi pengawetan ikan lemuru selama penyimpanan suhu dingin berdasarkan parameter kimia, mikrob, dan fisik. Penelitian ini menggunakan dua faktor, yaitu perbandingan ekstrak daun jeruk purut dengan pati terfotooksidasi (1:2, 1:3, 1:4) serta variasi konsentrasi pati terfotooksidasi dalam suspensi (15% dan 30%). Parameter yang dianalisis meliputi analisis angka lempeng total, TVBN, pH, TBA, dan tekstur. Perlakuan pelapisan secara signifikan memperlambat pertumbuhan mikrob dan degradasi mutu ikan lemuru dibandingkan dengan kontrol (tanpa perlakuan). Total bakteri pada ikan kontrol mencapai ambang batas dalam 48 jam, sementara ikan dengan perlakuan melebihi ambang batas setelah 96 jam. Tren serupa terlihat pada TVBN dan TBA, yaitu ikan kontrol mengalami peningkatan lebih cepat dibandingkan ikan berpelapis, yang tetap dalam batas aman hingga 96 jam. Ikan kontrol mencapai ambang batas pH pada 24 jam, sedangkan ikan dengan pelapisan setelah 72 jam. Perlakuan terbaik diperoleh pada kombinasi pati terfotooksidasi 15% dengan rasio ekstrak daun jeruk purut 1:3, yang efektif mempertahankan kualitas ikan lemuru hingga 72 jam.

Kata kunci: pengawetan, pH, TBA, TPC, TVBN

The Effect of Kaffir Lime Leaf and Photo-Oxidized Starch Coating on the Chemical and Microbial Characteristics of Bali Sardinella Fish

Abstract

Bali sardinella fish showed rapid deterioration after death, which promotes microbial growth. An alternative to slowing down this deterioration is coating it with natural materials. The extract from kaffir lime leaves contains antioxidant and antibacterial compounds, while photo-oxidized starch has excellent adhesive properties, so both are suitable as coating materials. The study aimed to determine the best combination of extract from kaffir lime leaves and photo-oxidized starch for preserving Bali sardinella fish during cold storage, based on chemical, microbial, and physical parameters. The study applied two factors; they were the ratio of extract from kaffir lime leaves to photo-oxidized starch (1:2, 1:3, 1:4) and the concentration of photo-oxidized starch in the suspension (15% and 30%). The parameters included TPC, TVBN, pH, TBA, and texture. The coating treatment significantly slowed down microbial growth and quality degradation of Bali sardinella fish compared to the control (untreated fish). The total bacterial count in the control fish reached the acceptable limit within 48 hours, whereas coated fish exceeded the limit after

96 hours. A similar trend was observed for TVBN and TBA, where the control fish showed a faster increase than coated fish, which remained within safe limits for up to 96 hours. The pH of the control fish reached the threshold at 24 hours, while coated fish maintained acceptable pH levels until 72 hours. The best treatment was obtained using a 15% photo-oxidized starch concentration with a 1:3 ratio of extract from kaffir lime leaves, effectively maintaining the quality of Bali sardinella fish for up to 72 hours.

Keywords: pH, preservation, TBA, TPC, TVBN

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia memiliki potensi kelautan yang sangat besar. Sektor kelautan yang penting salah satunya adalah perikanan, yang memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional. Nilai produksi perikanan tangkap Indonesia, khususnya lemuru mencapai 336.820 ton pada Oktober 2024 (Kementerian Kelautan dan Perikanan [KKP], 2024). Ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) merupakan hasil tangkapan utama yang bernilai ekonomi tinggi serta menjadi sumber protein penting bagi masyarakat terutama di daerah Jawa Timur (Hendiari *et al.*, 2020; Mutamimah *et al.*, 2024).

Ikan lemuru mengandung gizi yang tinggi, yaitu protein 20%, lemak 3%, serta kadar air 76% (Tabel Komposisi Pangan Indonesia, 2017). Ikan lemuru kaya akan asam lemak tak jenuh, yaitu EPA (11,22%) dan DHA (10,53%) (Putri *et al.*, 2022). Kadar air yang tinggi (70-80%) membuat ikan lemuru mudah rusak, bahkan dapat membusuk hanya dalam waktu beberapa jam setelah kematian pada suhu ruang (Mei *et al.*, 2019). Oleh karena itu, upaya pengawetan yang efektif sangat diperlukan.

Teknologi pengawetan ikan sudah banyak dikembangkan. Secara tradisional, pengawetan dilakukan menggunakan garam (Pattipeilohy *et al.*, 2023) dan es (Agustini *et al.*, 2017), tetapi metode ini memiliki keterbatasan misalnya sifatnya yang mudah mencair dan tidak dapat digunakan secara berulang (Asiah *et al.*, 2020). Selain itu, beberapa nelayan dan pedagang masih menggunakan bahan kimia berbahaya salah satunya formalin untuk memperpanjang masa simpan ikan, yang dapat menimbulkan risiko kesehatan jangka panjang (Siswanto *et al.*, 2019).

Alternatif pengawet alami untuk mempertahankan kesegaran ikan sudah dilaporkan dalam beberapa penelitian. Ikan

air tawar dapat diawetkan melalui penggunaan ekstrak daun mangga (Santoso *et al.*, 2017), ekstrak buah lobi-lobi pada konsentrasi 30% efektif dalam memperpanjang masa simpan ikan laut berdasarkan parameter pH, kadar air, dan *total volatile base nitrogen* (TVBN) (Pribadi *et al.*, 2018), serta ikan selar yang diberi perlakuan dengan ekstrak daun sirih pada konsentrasi 30% masih memiliki tingkat kesegaran 43,5% setelah penyimpanan selama 32 jam (Mentari, 2016; Anggraeni *et al.*, 2019). Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengeksplorasi bahan pengawet alami lainnya yang lebih efektif.

Teknologi pengawetan modern yang menjanjikan dalam industri pangan, yaitu *edible coating*. *Edible coating* adalah lapisan tipis yang aman dikonsumsi dan berbahan dasar polisakarida salah satunya pati. Lapisan ini berfungsi sebagai pelindung pangan, menjaga kelembapan, mengatur permeabilitas gas tertentu, serta mengendalikan migrasi komponen larut air yang berpotensi mengubah komposisi nutrisi (Sulistiyana & Handayani, 2021). *Edible coating* dengan tambahan antimikrob ekstrak daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) mampu menghambat pertumbuhan bakteri penyebab kerusakan ikan (Astriani *et al.*, 2021). Daun jeruk purut mengandung senyawa bioaktif minyak atsiri, flavonoid, tanin, dan polifenol yang memiliki aktivitas antimikrob dan antioksidan (Milala & Nasution, 2023). Namun, pemanfaatan senyawa ini masih kurang optimal, karena sifatnya yang mudah terdegradasi oleh oksigen, cahaya, dan suhu (Inggrid *et al.*, 2018). Oleh karena itu, diperlukan bahan pelapis yang mampu melindungi senyawa bioaktif dari degradasi, salah satunya adalah pati yang sering digunakan dalam *edible coating*. Karakteristik alami pati masih memiliki keterbatasan sehingga diperlukan modifikasi untuk meningkatkan efektivitasnya dalam aplikasi *edible coating*. Kelemahan tapioka



yaitu tidak tahan proses mekanis dan terbatas di dalam air (Pratiwi *et al.*, 2022).

Modifikasi merupakan suatu proses perlakuan terhadap pati alami yang bertujuan untuk mengubah satu atau lebih sifat fisik maupun kimiawinya, sehingga meningkatkan karakteristik dan fungsionalitasnya dalam berbagai aplikasi (Gałkowska *et al.*, 2023). Modifikasi dapat dilakukan melalui metode fisik, kimia, enzimatis, atau kombinasi dari ketiganya. Modifikasi pati dilakukan dengan metode fotooksidasi. Fotooksidasi merupakan proses oksidasi pati yang menggunakan oksidator dengan katalis berupa sinar ultraviolet (UV) (Tethool *et al.*, 2017). Modifikasi pati dengan metode fotooksidasi dapat meningkatkan sifat fisik dan kimia bahan pelapis. Pati terfotooksidasi memiliki kejernihan pasta dan kelarutan suspensi yang baik, viskositas yang rendah, serta mempunyai kemampuan untuk mengurangi tegangan antarmuka minyak dan air sehingga berpotensi berperan sebagai emulsifier (Palupi *et al.*, 2020). Metode fotooksidasi menggunakan kombinasi sinar UV-C dan hidrogen peroksida (H_2O_2) terbukti mampu menghasilkan pati dengan kualitas yang lebih baik, misalnya ukuran partikel yang lebih kecil dan permukaan yang lebih luas, sehingga meningkatkan kemampuannya sebagai bahan pembawa bioaktif (Palupi *et al.*, 2020).

Ekstrak daun jeruk purut dikombinasikan dengan pati terfotooksidasi untuk menghasilkan material pelapis yang berpotensi digunakan dalam pengawetan ikan lemuru. Kombinasi ini diharapkan berfungsi sebagai *edible coating* yang efektif dalam memperpanjang umur simpan ikan lemuru segar pada suhu dingin ($\pm 10^\circ C$). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi terbaik ekstrak daun jeruk purut dan pati terfotooksidasi dalam aplikasi pengawetan ikan lemuru selama penyimpanan suhu dingin berdasarkan parameter kimia, mikrob, dan fisik.

BAHAN DAN METODE

Pembuatan Pati dengan Fotooksidasi (Palupi *et al.*, 2020)

Pati difotooksidasi menggunakan paparan sinar UV-C dan oksidator kuat, yaitu

hidrogen peroksida (H_2O_2). Proses dimulai dengan mencampurkan 40 g pati jagung, yang setara dengan larutan 5% (b/v), dengan 133,33 mL hidrogen peroksida (H_2O_2) 30% (v/v) dan 3.866,67 mL air suling untuk menghasilkan 4.000 mL larutan. Setelah homogenisasi, bahan-bahan ini dimasukkan ke dalam wadah sampel di dalam sistem fotooksidasi yang dilengkapi mekanisme pengadukan. Sistem sirkulasi digunakan untuk melakukan fotooksidasi pada suhu ruangan, dan air dituangkan ke dalam tangki jaket untuk menghentikan peningkatan suhu akibat keluaran lampu UV-C. Pompa kemudian mengalirkan suspensi melalui lampu UV-C untuk penyinaran. Pemaparan dilakukan dengan menekan tombol daya lampu UV-C pada alat fotooksidasi. Proses fotooksidasi berlangsung selama 2 jam. Suspensi hasil fotooksidasi dikeluarkan dari tabung wadah sampel melalui kran *output* bahan dan dituangkan pada loyang untuk dilanjutkan pengeringan menggunakan *drying cabinet* pada suhu $50^\circ C$ selama 24 jam. Pati yang telah kering dilakukan pemisahan agregat hingga menjadi butiran pati halus berupa pati terfotooksidasi.

Pembuatan Ekstrak Daun Jeruk Purut (Machfudloh *et al.*, 2019)

Daun jeruk purut segar 50 g dalam keadaan bersih dirajang hingga berukuran sekitar 1 cm. Proses ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut air hingga mencapai volume 500 mL. Daun jeruk purut direndam dalam pelarut air di dalam botol kaca dengan perbandingan bahan dan pelarut 1:10. Proses maserasi berlangsung selama 24 jam. Larutan yang telah direndam kemudian diblender, disaring, dan dipisahkan dari ampas untuk memperoleh ekstrak daun jeruk purut.

Pelarutan Pati Terfotooksidasi (Ritonga & Suarti, 2024)

Larutan pati terfotooksidasi disiapkan pada konsentrasi 15% dan 30%. Air suling ditambahkan ke dalam gelas kimia yang berisi pati terfotooksidasi hingga mencapai volume 500 mL. Campuran dipanaskan di atas pelat pemanas hingga suhu $80^\circ C$ selama 15 menit sambil diaduk menggunakan pengaduk

magnetik. Setelah tercampur sempurna, larutan pati terfotooksidasi didiamkan hingga suhu ruang sebelum dicampurkan dengan ekstrak daun jeruk purut.

Proses Pelapisan Ikan Lemuru (Utami *et al.*, 2014)

Tahap ini diawali dengan penyiapan ikan yang ditaruh dalam wadah perendaman. Setiap wadah berisi 3-4 ikan dengan berat total 300 g. Larutan pelapis dibuat dengan mencampurkan ekstrak daun jeruk purut dan larutan pati terfotooksidasi (konsentrasi 15% dan 30%) menggunakan perbandingan 1:2, 1:3, dan 1:4. Proses pencampuran dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Setelah larutan siap, ikan dicelupkan ke dalam larutan sebanyak dua kali, masing-masing selama 3 menit, kemudian ditiriskan hingga tidak ada air yang menetes. Ikan yang telah ditiriskan diletakkan dalam wadah plastik dan disimpan pada suhu dingin ($\pm 10^{\circ}\text{C}$). Pengamatan mutu kimia, fisik, dan mikrob pada ikan dilakukan selama 96 jam.

Analisis Angka Lempeng Total (TPC) (Mailoa *et al.*, 2017)

Ikan lemuru yang telah dihomogenisasi sebanyak 1 mL ditambahkan ke dalam tabung uji pertama yang berisi 9 mL air suling steril untuk menghasilkan pengenceran 10^{-1} . Pengenceran 10^{-2} dibuat dengan memindahkan 1 mL larutan dari pengenceran 10^{-1} ke tabung uji kedua. Proses ini diulangi hingga mencapai pengenceran 10^{-5} . Larutan 1 mL dari pengenceran 10^{-4} dan 10^{-5} dimasukkan ke dalam cawan petri yang berbeda menggunakan metode tuang. Cawan petri diisi dengan media agar *Plate Count Agar* (PCA) bersuhu 45°C , dicampur, dan dibiarkan memadat. Cawan petri kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Pertumbuhan koloni yang muncul dihitung menggunakan penghitung koloni setelah periode inkubasi selesai.

Analisis Total Volatile Base Nitrogen (TVBN) (BSN, 2009)

Daging ikan 5 g ditimbang, dihaluskan dalam lumpang, dicampur dengan 100 mL larutan TCA 5% dan ditambahkan dengan 10

mL larutan NaOH 2 M di dalam unit distilasi *Kjeldahl*. Hasil distilat dilarutkan ke dalam 15 mL larutan HCl 0,01 M dan dititrasi dengan larutan NaOH 0,01 M hingga mencapai titik akhir. Fenol beberapa tetes ditambahkan untuk menandai titik akhir titrasi. Larutan formaldehida 16% sebanyak 1 mL ditambahkan untuk setiap 10 mL campuran. Campuran dihomogenkan dan dititrasi ulang menggunakan larutan NaOH 0,01 M.

Analisis Derajat Keasaman (pH) (Suprayitno, 2020)

Sampel ikan lemuru 10 g yang telah dipotong halus dicampurkan dengan 20 mL air suling dan diaduk selama satu menit. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam gelas kimia berkapasitas 10 mL untuk pengukuran. Pengukur pH digunakan setelah dikalibrasi secara cermat menggunakan larutan penyangga pH 7. Pembacaan dilakukan setelah jarum pengukur pH stabil, dan nilai pH dicatat.

Analisis Thiobarbituric Acid (TBA) (Umi *et al.*, 2020)

Sampel ikan lemuru 1 g dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan dicampur dengan 2,5 mL larutan TCA 10% (b/v). Campuran diaduk selama 1 menit dan disentrifugasi selama 5 menit. Supernatan dipindahkan ke tabung tutup ulir, ditambahkan 2,5 mL larutan TBA 0,02 M, dipanaskan dalam bak air pada suhu 100°C selama 15 menit, didinginkan, dan disentrifugasi selama 15 menit. Absorbansi larutan merah muda yang dihasilkan diukur pada panjang gelombang 532 nm menggunakan spektrofotometer. Nilai TBA yang dinyatakan dalam miligram *malondialdehyde* per kilogram sampel, dihitung dengan mengalikan absorbansi sampel dengan konstanta yang diperoleh dari standar.

Analisis Tekstur (Herlina *et al.*, 2021)

Tekstur diukur menggunakan alat *RheoTex type SD 700* dengan metode *distance*. Proses pengukuran dimulai dengan menekan tombol daya pada alat, kemudian bahan ditempatkan di bawah jarum pengukur.



Bahan dengan ketebalan ± 1 cm diukur dengan memasukkan jarum sedalam 0,5 mm. Beban yang dibutuhkan untuk menusuk bahan (dinyatakan dalam gram) mencerminkan nilai tekstur dari ikan tersebut. Pengukuran dilakukan pada tiga titik berbeda untuk setiap sampel.

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan dua faktor, yaitu rasio ekstrak daun jeruk purut dengan pati terfotooksidasi dan variasi konsentrasi pati terfotooksidasi dalam suspensi. Rasio antara ekstrak daun jeruk purut dan pati terfotooksidasi adalah 1:2, 1:3, dan 1:4. Variasi konsentrasi pati terfotooksidasi dalam suspensi ekstrak daun jeruk purut terdiri atas 15% dan 30%. Analisis mutu dilakukan sebanyak tiga kali ulangan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Jika terdapat perbedaan yang nyata, analisis dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf nyata $\leq 5\%$. Data hasil penelitian diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Mikrob

Total bakteri ikan lemuru dengan perlakuan pelapisan ekstrak daun jeruk purut dan pati terfotooksidasi selama penyimpanan

disajikan pada *Table 1*. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa nilai TPC pada kontrol dan semua perlakuan pelapisan dari jam ke-0 hingga jam ke-96 berbeda nyata ($p < 0,05$). Batas maksimum cemaran mikrob pada ikan adalah $5,0 \times 10^5$ atau 5,69 log cfu/mL berdasarkan BSN 2729:2013. Jumlah mikrob pada ikan lemuru tanpa perlakuan (kontrol) sudah melebihi batas maksimum pada jam ke-48 (5,74 log cfu/mL). Jumlah mikrob pada ikan lemuru dengan pelapisan ekstrak daun jeruk purut dan pati terfotooksidasi melebihi batas maksimum pada jam ke-96. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan pelapisan ekstrak daun jeruk purut dan pati terfotooksidasi lebih efektif dalam mencegah pertumbuhan mikrob dibandingkan ikan lemuru tanpa perlakuan (kontrol).

Total mikrob pada ikan lemuru tanpa perlakuan (kontrol) lebih tinggi dibandingkan ikan lemuru yang dilapisi dengan ekstrak daun jeruk purut. Hal ini disebabkan oleh kandungan senyawa aktif dalam ekstrak daun jeruk purut, yaitu *sitronelal*, *linalool*, dan *sitronelil asetat* memiliki aktivitas antibakteri (Warsito *et al.*, 2018). Senyawa antibakteri bekerja dengan menghambat sintesis dinding sel, mengganggu jalur metabolisme bakteri, menghambat sintesis asam nukleat, mengganggu sintesis protein, serta merusak membran plasma, sehingga menyebabkan kematian atau penghambatan pertumbuhan bakteri (Asril *et al.*, 2024).

Table 1 Total plate count of Bali sardinella stored at chilled temperature ($\pm 10^\circ\text{C}$) for 96 hours
Tabel 1 Total mikrob ikan lemuru disimpan pada suhu dingin ($\pm 10^\circ\text{C}$) selama 96 jam

Sample treatments (log cfu/g)	Time (h)				
	0	24	48	72	96
Control	3.69 $\pm$ 0.032 ^a	5.03 $\pm$ 0.002 ^d	5.74 $\pm$ 0.008 ^f	5.93 $\pm$ 0.003 ^f	6.51 $\pm$ 0.019 ^g
S15C2	3.77 $\pm$ 0.055 ^a	4.28 $\pm$ 0.330 ^b	4.54 $\pm$ 0.023 ^c	5.33 $\pm$ 0.013 ^e	5.81 $\pm$ 0.032 ^f
S15C3	3.72 $\pm$ 0.040 ^a	4.19 $\pm$ 0.011 ^b	4.51 $\pm$ 0.025 ^c	5.32 $\pm$ 0.046 ^e	5.72 $\pm$ 0.004 ^f
S15C4	3.78 $\pm$ 0.034 ^a	4.30 $\pm$ 0.041 ^b	4.55 $\pm$ 0.032 ^c	5.45 $\pm$ 0.072 ^d	5.88 $\pm$ 0.011 ^f
S30C2	3.75 $\pm$ 0.028 ^a	4.35 $\pm$ 0.028 ^{bc}	4.58 $\pm$ 0.021 ^c	5.39 $\pm$ 0.014 ^e	5.86 $\pm$ 0.004 ^f
S30C3	3.75 $\pm$ 0.041 ^a	4.24 $\pm$ 0.026 ^b	4.50 $\pm$ 0.014 ^c	5.35 $\pm$ 0.071 ^e	5.74 $\pm$ 0.006 ^f
S30C4	3.78 $\pm$ 0.010 ^a	4.28 $\pm$ 0.051 ^b	4.55 $\pm$ 0.018 ^c	5.46 $\pm$ 0.077 ^e	5.87 $\pm$ 0.004 ^f

The ratios of kaffir lime leaf extract to photo-oxidized starch are represented as 1:2 (C2), 1:3 (C3), and 1:4 (C4). The concentrations of photo-oxidized starch in the kaffir lime leaf extract suspension are 15% (S15) and 30% (S30). Values with different superscript letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$). Data are presented as mean $\pm$ standard error (SE) from three replications.

Pati terfotooksidasi juga berpengaruh terhadap mutu ikan lemuru yang dilapisi selama penyimpanan dibandingkan ikan tanpa perlakuan. Pelapisan memberikan manfaat untuk menurunkan aktivitas air (Aw) pada permukaan bahan, sehingga mengurangi kemungkinan pertumbuhan mikrob. Selain itu, pelapisan dapat menghambat proses oksidasi dan mencegah ketengikan dengan mengurangi permeasi oksigen (Sahraee *et al.*, 2019). Aplikasi pelapisan berbasis polisakarida dapat mencegah dehidrasi, oksidasi lemak, dan mengurangi laju respirasi sehingga dapat meningkatkan stabilitas selama masa penyimpanan dan mengurangi tingkat kebusukan (Hartoyo, 2023).

Total Volatile Base Nitrogen (TVBN)

Hasil uji TVBN ikan lemuru dengan perlakuan pelapisan ekstrak daun jeruk purut dan pati terfotooksidasi selama penyimpanan dingin disajikan pada *Table 2*. Hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$) antara kontrol dan semua perlakuan pelapisan selama penyimpanan dari jam ke-0 hingga jam ke-96. Hasil pada waktu penyimpanan yang sama, perlakuan pelapisan dengan berbagai konsentrasi ekstrak daun jeruk purut menghasilkan kadar TVBN lebih rendah dibandingkan kontrol. Flavonoid yang

terkandung dalam daun jeruk purut mampu menekan aktivitas bakteri. Deviyanti *et al.* (2015) juga menyatakan bahwa flavonoid yang larut dalam air dan mudah meresap ke dalam jaringan ikan memiliki kemampuan menekan aktivitas biokimia, sehingga dapat menurunkan kadar TVBN.

Kadar TVBN ikan masih dianggap layak dikonsumsi apabila berada di rentang 20–30 mgN/100 g. Kadar TVBN lebih dari 30 mgN/100 g mengindikasikan ikan sudah tidak layak konsumsi (Fadhli *et al.*, 2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan lemuru dengan perlakuan pelapisan masih layak dikonsumsi pada penyimpanan hingga 72 jam. Sebaliknya, ikan tanpa perlakuan (kontrol) sudah tidak layak dikonsumsi pada penyimpanan 48 jam.

Kadar TVBN pada ikan lemuru meningkat seiring bertambahnya durasi penyimpanan pada semua sampel. Arista *et al.* (2022) menyatakan bahwa peningkatan kadar TVBN disebabkan oleh pemecahan protein dan aktivitas mikrob selama penyimpanan. Molekul volatil seperti amonia dan trimethylamine (TMA) dihasilkan ketika protein dalam daging ikan terus mengalami degradasi.

Kadar TVBN ikan lemuru kontrol lebih tinggi dibandingkan ikan lemuru dengan perlakuan pelapisan. Nilai tertinggi ditemukan

Table 2 TVBN levels of Bali sardinella stored at chilled temperature ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) for 96 hours

Tabel 2 Kadar TVBN ikan lemuru disimpan pada suhu dingin ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) selama 96 jam

Sample treatments (mgN/100g)	Time (h)				
	0	24	48	72	96
Control	4.77 $\pm$ 0.24 ^a	23.22 $\pm$ 0.45 ^h	38.05 $\pm$ 0.67 ⁱ	44.96 $\pm$ 0.48 ^m	55.50 $\pm$ 0.96 ⁿ
S15C2	4.78 $\pm$ 0.25 ^a	9.72 $\pm$ 0.53 ^c	15.50 $\pm$ 0.28 ^{fh}	21.27 $\pm$ 0.22 ^g	34.59 $\pm$ 0.46 ^{jk}
S15C3	4.77 $\pm$ 0.24 ^a	5.60 $\pm$ 0.23 ^a	12.59 $\pm$ 0.45 ^d	20.52 $\pm$ 0.48 ^g	31.63 $\pm$ 0.68 ⁱ
S15C4	4.79 $\pm$ 0.26 ^a	9.89 $\pm$ 0.47 ^c	14.84 $\pm$ 0.68 ^{ef}	23.71 $\pm$ 0.35 ^h	34.44 $\pm$ 0.91 ^j
S30C2	4.67 $\pm$ 0.36 ^a	7.65 $\pm$ 0.34 ^b	12.03 $\pm$ 0.68 ^d	20.42 $\pm$ 0.44 ^g	34.90 $\pm$ 0.73 ^{jk}
S30C3	4.78 $\pm$ 0.25 ^{ab}	12.50 $\pm$ 1.02 ^{de}	14.36 $\pm$ 0.35 ^{ef}	20.15 $\pm$ 0.82 ^g	31.70 $\pm$ 0.91 ⁱ
S30C4	4.77 $\pm$ 0.24 ^a	12.03 $\pm$ 0.90 ^d	14.84 $\pm$ 0.82 ^{ef}	23.41 $\pm$ 0.94 ^h	36.20 $\pm$ 0.56 ^k

The ratios of kaffir lime leaf extract to photo-oxidized starch are represented as 1:2 (C2), 1:3 (C3), and 1:4 (C4). The concentrations of photo-oxidized starch in the kaffir lime leaf extract suspension are 15% (S15) and 30% (S30). Values with different superscript letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$). Data are presented as mean $\pm$ standard error (SE) from three replications.



pada ikan kontrol (tanpa perlakuan) yaitu 55,5 mgN/100 g pada jam ke-96. Sebaliknya, nilai terendah ditemukan pada ikan dengan perlakuan pelapisan yaitu 33,8 mgN/100 g pada jam ke-96. Peningkatan kadar TVBN lebih rendah pada ikan lemuru yang diberi perlakuan dibandingkan kontrol. Hasil ini sesuai dengan penelitian Mísir & Koral (2019), yang melaporkan bahwa kadar TVBN filet ikan bonito yang diberi pelapis *fish protein hydrolysate* (FPH) lebih rendah dibandingkan dengan ikan yang tidak diberikan pelapis apapun (sampel kontrol).

Kadar TVBN dipengaruhi oleh jumlah bakteri yang meningkat pada ikan. Pengujian TPC menunjukkan bahwa jumlah bakteri pada ikan lemuru dengan perlakuan pelapisan pati terfotooksidasi lebih rendah dibandingkan ikan kontrol, sehingga kadar TVBN juga lebih rendah. Bakteri menciptakan senyawa basa volatil, sehingga peningkatan populasi bakteri menjadi penyebab utama peningkatan kadar TVBN (Angela *et al.*, 2015).

pH (Derajat Keasaman)

Hasil pengujian pH ikan lemuru dengan perlakuan pelapisan ekstrak daun jeruk purut dan pati terfotooksidasi selama penyimpanan disajikan pada *Table 3*. Hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$) antara kontrol dan semua

perlakuan pelapisan untuk nilai pH selama penyimpanan dari jam ke-0 hingga jam ke-96. Ikan tidak segar cenderung memiliki nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan ikan yang masih segar (Untari *et al.*, 2023). Patty *et al.* (2015) menyatakan bahwa pH 2,0–5,5 merupakan kisaran ideal untuk ikan yang diawetkan, sedangkan pH 6,0–8,0 mendorong pertumbuhan mikrob. Berdasarkan hasil penelitian, ikan lemuru kontrol dikategorikan sebagai ikan berkualitas buruk setelah 48 jam penyimpanan. Sebaliknya, ikan lemuru dengan pelapisan masih memiliki kualitas sangat baik dengan nilai pH berkisar antara 6,0–6,2 selama penyimpanan.

Nilai pH ikan lemuru hasil penelitian cenderung basa seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Peningkatan ini berkaitan erat dengan aktivitas mikrob dan proses degradasi protein yang terjadi selama penyimpanan (Duarte *et al.*, 2020). Penurunan total asam disebabkan oleh aktivitas enzim proteolitik yang menghasilkan senyawa-senyawa bersifat basa seperti amonia (NH_3) dan *trimethylamine* (TMA) (Petalia *et al.*, 2017). Makin meningkat kandungan senyawa basa, maka makin menurun jumlah asam dalam daging ikan dan menyebabkan kenaikan pH.

Jumlah mikrob terus bertambah selama penyimpanan, yang menyebabkan meningkatnya aktivitas proteolitik dan

Table 3 pH levels of Bali sardinella stored at chilled temperature ($\pm 10^\circ\text{C}$) for 96 hours

Table 3 Nilai pH ikan lemuru disimpan pada suhu dingin ($\pm 10^\circ\text{C}$) selama 96 jam

Sample treatments	Time (h)				
	0	24	48	72	96
Control	5.82±0.03 ^{ab}	6.19±0.05 ^{ij}	6.76±0.04 ^k	7.66±0.05 ⁱ	8.16±0.02 ^m
S15C2	5.83±0.04 ^{abc}	5.87±0.02 ^{abcde}	5.89±0.01 ^{abcde}	5.92±0.08 ^{bcdef}	6.23±0.01 ^{ij}
S15C3	5.82±0.02 ^{ab}	5.84±0.02 ^{abc}	5.88±0.01 ^{abcde}	5.93±0.01 ^{cdefb}	6.09±0.07 ^{gh}
S15C4	5.82±0.05 ^{ab}	5.85±0.05 ^{abc}	5.92±0.06 ^{abcde}	6.02±0.09 ^{fg}	6.25±0.03 ^j
S30C2	5.83±0.03 ^{abc}	5.87±0.03 ^{abcde}	5.92±0.02 ^{bedef}	5.97±0.01 ^{efb}	6.23±0.04 ^{ij}
S30C3	5.80±0.09 ^a	5.84±0.02 ^{abcd}	5.89±0.01 ^{abcde}	5.96±0.01 ^{deff}	6.14±0.07 ^{hi}
S30C4	5.81±0.04 ^{ab}	5.85±0.04 ^{abc}	5.90±0.04 ^{abcde}	6.09±0.09 ^{gh}	6.27±0.01 ^j

The ratios of kaffir lime leaf extract to photo-oxidized starch are represented as 1:2 (C2), 1:3 (C3), and 1:4 (C4). The concentrations of photo-oxidized starch in the kaffir lime leaf extract suspension are 15% (S15) and 30% (S30).

Values with different superscript letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$). Data are presented as mean $\pm$ standard error (SE) from three replications.

produksi senyawa volatil yang dilihat dari hasil TPC. Makin tinggi jumlah mikrob maka makin besar pula degradasi protein yang diikuti dengan peningkatan kadar TVBN (Duarte *et al.*, 2020). TVBN merupakan indikator utama dari proses dekomposisi protein akibat aktivitas bakteri, dimana makin tinggi nilai TVBN, makin tinggi pula kandungan amonia dan TMA dalam ikan (Arista *et al.*, 2022). Makin lama penyimpanan, laju dekomposisi protein dan akumulasi senyawa volatil makin meningkat sehingga tidak hanya menyebabkan kenaikan pH tetapi juga mempercepat penurunan kualitas sensoris dan kesegaran ikan lemuru.

Hasil pH menunjukkan bahwa ikan lemuru kontrol memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan ikan lemuru dengan perlakuan pelapisan seiring dengan meningkatnya lama waktu penyimpanan. Komponen dalam ekstrak daun jeruk purut memiliki sifat antibakteri (Kawiji & Utami, 2014). Kandungan daun jeruk purut meliputi senyawa bioaktif steroid, flavonoid, minyak atsiri, dan saponin (Rathamy *et al.*, 2019). Flavonoid memiliki aktivitas antibakteri dengan mekanisme mengganggu membran sitoplasma, mencegah produksi asam nukleat, dan mengubah metabolisme energi mikrob (Sholikhatin, 2014).

Hasil uji TPC menunjukkan bahwa ikan lemuru dengan pelapisan pati terfotooksidasi

memiliki jumlah mikrob yang lebih rendah dibandingkan ikan tanpa perlakuan pelapisan. Rachmawati *et al.* (2024) melaporkan bahwa nilai TPC dan pH meningkat seiring waktu penyimpanan. Fenomena ini terjadi akibat pemecahan protein menjadi asam amino selama autolisis. Asam amino ini digunakan oleh bakteri pengurai, yang kemudian mengubahnya menjadi senyawa amonia basa. Nilai pH meningkat akibat zat kimia basa yang dihasilkan oleh bakteri pengurai.

Mekanisme bioaktif dari ekstrak daun jeruk purut membantu membentuk hubungan antara protein larut dan dinding sel bakteri, sehingga menghambat pertumbuhan mikrob (Saifuddin & Husnidar, 2018). *Table 3* menunjukkan bahwa ikan lemuru dengan perlakuan pelapisan lebih efektif menahan peningkatan pH, sehingga memperpanjang umur simpan. Perlakuan terbaik ditemukan dengan perlakuan konsentrasi pati terfotooksidasi 15% dan rasio ekstrak daun jeruk purut terhadap pati terfotooksidasi sebesar 1:3, yang memiliki nilai pH stabil di sekitar 6,0 hingga penyimpanan 96 jam.

Thiobarbituric Acid (TBA)

Hasil pengujian kadar TBA pada ikan lemuru selama penyimpanan disajikan pada *Table 4*. Hasil uji ANOVA menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) antara kelompok kontrol dan semua perlakuan

Table 4 TBA levels of Bali sardinella stored at chilled temperature ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) for 96 hours

Tabel 4 Kadar TBA ikan lemuru disimpan pada suhu dingin ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) selama 96 jam

Sample treatments (log cfu/g)	Time (h)				
	0	24	48	72	96
Control	0.026 $\pm$ 0.00005 ^{ab}	0.035 $\pm$ 0.00008 ^{ab}	0.473 $\pm$ 0.00006 ⁿ	0.624 $\pm$ 0.00001 ^p	0.657 $\pm$ 0.00028 ^q
S15C2	0.022 $\pm$ 0.00005 ^{ab}	0.032 $\pm$ 0.00011 ^{ab}	0.080 $\pm$ 0.00013 ^{de}	0.126 $\pm$ 0.00010 ^{fg}	0.208 $\pm$ 0.00029 ⁱ
S15C3	0.021 $\pm$ 0.00011 ^{ab}	0.09 $\pm$ 0.00027 ^e	0.114 $\pm$ 0.00013 ^f	0.132 $\pm$ 0.00008 ^{fg}	0.170 $\pm$ 0.00020 ^h
S15C4	0,019 $\pm$ 0.00008 ^a	0.024 $\pm$ 0.00014 ^{ab}	0.071 $\pm$ 0.00008 ^{de}	0.115 $\pm$ 0.00008 ^f	0.198 $\pm$ 0.00025 ⁱ
S30C2	0.025 $\pm$ 0.00014 ^{ab}	0.065 $\pm$ 0.00013 ^{cd}	0.302 $\pm$ 0.00010 ^k	0.367 $\pm$ 0.00010 ⁱ	0.417 $\pm$ 0.00010 ^m
S30C3	0.023 $\pm$ 0.00013 ^{bc}	0.119 $\pm$ 0.00048 ^g	0.207 $\pm$ 0.00013 ⁱ	0.278 $\pm$ 0.00008 ^j	0.54 $\pm$ 0.00013 ^o
S30C4	0.024 $\pm$ 0.00013 ^{ab}	0.124 $\pm$ 0.00051 ^f	0.187 $\pm$ 0.00098 ^{hi}	0.283 $\pm$ 0.00035 ^{jk}	0.524 $\pm$ 0.00022 ^o

The ratios of kaffir lime leaf extract to photo-oxidized starch are represented as 1:2 (C2), 1:3 (C3), and 1:4 (C4). The concentrations of photo-oxidized starch in the kaffir lime leaf extract suspension are 15% (S15) and 30% (S30).

Values with different superscript letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$). Data are presented as mean $\pm$ standard error (SE) from three replications.



pelapisan selama penyimpanan dari jam ke-0 hingga jam ke-96. Ambang batas nilai TBA yang mengindikasikan ketengikan berkisar antara 0,6 hingga 2,0 mg *malondialdehyde*/kg (Utami *et al.*, 2014). Nilai TBA ikan lemuru tanpa perlakuan menunjukkan indikasi ketengikan pada jam ke-72 (0,642 mg *malondialdehyde*/kg), sedangkan ikan dengan perlakuan pelapisan masih berada di bawah ambang batas ketengikan. Data ini menunjukkan bahwa perlakuan pelapisan ekstrak daun jeruk purut dan pati terfotooksidasi efektif dalam menahan peningkatan nilai TBA dibandingkan ikan lemuru tanpa perlakuan.

Hasil uji TBA menunjukkan peningkatan kadar TBA pada semua sampel ikan lemuru seiring bertambahnya lama penyimpanan. Febriana *et al.* (2021) menyatakan bahwa peningkatan kadar TBA disebabkan oleh perubahan fisik pada daging akibat oksidasi lemak, yang juga dapat terjadi pada ikan. Peningkatan lipid peroksida dan oksidasi lemak secara bersamaan selama penyimpanan merupakan penyebab utama fenomena ini (Nayeem *et al.*, 2017).

Berdasarkan hasil uji TBA, setelah 96 jam penyimpanan, nilai TBA ikan lemuru tanpa perlakuan lebih tinggi dibandingkan ikan lemuru dengan perlakuan pelapisan. Penggunaan ekstrak daun jeruk purut efektif dalam mengurangi laju kenaikan kadar TBA. Flavonoid dalam ekstrak daun jeruk purut bertindak sebagai antioksidan yang menangkal oksigen reaktif (Kawiji *et al.*, 2014). Ekstrak daun jeruk purut bekerja sebagai antioksidan dengan mencegah lemak tak jenuh teroksidasi dan menunda proses ketengikan daging. Antioksidan dapat berinteraksi dengan oksidan (radikal bebas) untuk mengubahnya menjadi produk yang lebih stabil dan tidak reaktif, sehingga mencegah terjadinya oksidasi (Ayoka *et al.*, 2022). Flavonoid memiliki gugus hidroksil yang terikat pada cincin karbon aromatik, sehingga dapat berikatan dengan radikal bebas hasil oksidasi lipid, menjadikannya zat dengan potensi antioksidan tinggi (Arbi *et al.*, 2017).

Hasil uji TBA menunjukkan bahwa ikan lemuru dengan perlakuan pelapisan pati

terfotooksidasi memiliki kadar TBA lebih rendah dibandingkan ikan tanpa perlakuan. Kerusakan hidroperoksida teroksidasi yang berubah menjadi berbagai bahan kimia selama oksidasi lipid diduga menjadi penyebab rendahnya nilai TBA. *Malondialdehyde*, produk utama dari proses oksidasi, memiliki afinitas kuat terhadap protein dan asam amino (Arbi *et al.*, 2017).

Tekstur

Hasil analisis tekstur ikan lemuru selama penyimpanan disajikan pada *Table 5*. Hasil uji ANOVA pada taraf nyata ($p < 0,05$) menunjukkan bahwa perlakuan rasio ekstrak daun jeruk purut dan pati terfotooksidasi memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai tekstur ikan lemuru. Pelapisan dengan pati terfotooksidasi meningkatkan tekstur ikan lemuru dibandingkan ikan tanpa perlakuan.

Data dari *Table 5* menunjukkan bahwa nilai tekstur ikan lemuru pada semua sampel menurun selama 96 jam penyimpanan. Penurunan ini mengindikasikan menurunnya kualitas ikan lemuru. Wibowo *et al.* (2014) melaporkan bahwa aktivitas enzimatis selama hidrolisis protein menyebabkan kerusakan jaringan otot, sehingga daging ikan menjadi lebih lunak ketika kualitasnya menurun.

Nilai tekstur pada sampel kontrol menurun lebih cepat dibandingkan sampel dengan perlakuan pelapisan. Penurunan yang lebih lambat pada sampel perlakuan disebabkan oleh kandungan flavonoid dan tanin dalam ekstrak daun jeruk purut, yang memiliki sifat antibakteri. Flavonoid adalah kelompok senyawa fenolik terbesar yang dapat mengganggu permeabilitas dinding sel bakteri, mikrosom, dan lisosom akibat interaksi antara flavonoid dan DNA bakteri (Rumanti *et al.*, 2021).

Winarti (2013) melaporkan bahwa penggunaan bahan polisakarida untuk pelapis memiliki beberapa manfaat, termasuk memperbaiki tekstur, meningkatkan stabilitas penyimpanan, dan mengurangi tingkat pembusukan. Husain *et al.* (2018) menyebutkan bahwa ikan memiliki jaringan lemak tak jenuh yang tinggi, sehingga rentan terhadap perubahan oksidatif, terutama yang memengaruhi rasa dan tekstur.

Table 5 Texture values of Bali sardinella stored at chilled temperature ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) for 96 hoursTabel 5 Nilai tekstur ikan lemuru disimpan pada suhu dingin ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) selama 96 jam

Sample treatments (log cfu/g)	Time (h)				
	0	24	48	72	96
Control	59.5 $\pm$ 0.11 ^q	36.4 $\pm$ 0.73 ^{hq}	27.6 $\pm$ 1.51 ^{eq}	22.2 $\pm$ 0.76 ^{bq}	17.5 $\pm$ 1.01 ^{aq}
S15C2	58.4 $\pm$ 0.79 ^{pq}	56.1 $\pm$ 0.50 ^{oq}	46.5 $\pm$ 0.81 ^{jq}	33.6 $\pm$ 1.31 ^{ef}	27.9 $\pm$ 1.35 ^{cq}
S15C3	58.5 $\pm$ 0.77 ^{pq}	54.5 $\pm$ 0.86 ^{nq}	49.8 $\pm$ 0.55 ^{kq}	38.4 $\pm$ 0.97 ^{iq}	29.6 $\pm$ 0.91 ^{dq}
S15C4	57.9 $\pm$ 0.78 ^{pq}	51.9 $\pm$ 0.56 ^{iq}	46.3 $\pm$ 0.50 ^{iq}	37.0 $\pm$ 0.57 ^{hi}	32.2 $\pm$ 0.57 ^{eq}
S30C2	58.4 $\pm$ 0.83 ^{pq}	51.9 $\pm$ 0.59 ^{iq}	47.2 $\pm$ 0.68 ^{iq}	35.8 $\pm$ 0.39 ^{gh}	29.2 $\pm$ 0.58 ^{cq}
S30C3	58.4 $\pm$ 0.88 ^{op}	54.0 $\pm$ 0.76 ^{im}	49.6 $\pm$ 1.38 ^{kq}	34.5 $\pm$ 0.90 ^{fg}	27.7 $\pm$ 1.12 ^{cq}
S30C4	58.4 $\pm$ 0.80 ^{pq}	53.7 $\pm$ 1.45 ^{mn}	46.6 $\pm$ 0.88 ^{iq}	36.3 $\pm$ 0.59 ^{hq}	28.1 $\pm$ 0.56 ^{cq}

The ratios of kaffir lime leaf extract to photo-oxidized starch are represented as 1:2 (C2), 1:3 (C3), and 1:4 (C4). The concentrations of photo-oxidized starch in the kaffir lime leaf extract suspension are 15% (S15) and 30% (S30).

Values with different superscript letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$). Data are presented as mean $\pm$ standard error (SE) from three replications.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ikan lemuru dengan perlakuan pelapisan menggunakan ekstrak daun jeruk purut dan pati terfotooksidasi mampu mempertahankan nilai tekstur lebih baik dibandingkan dengan ikan tanpa perlakuan.

Perlakuan Terbaik

Perlakuan terbaik dipilih berdasarkan perlakuan yang mampu menghambat kerusakan ikan lemuru yang disimpan dingin. Perlakuan terbaik diperoleh pada kombinasi pati terfotooksidasi 15% dengan rasio ekstrak daun jeruk purut terhadap pati sebesar 1:3 (S15C3), yang menunjukkan pertumbuhan mikrob lebih rendah (TPC), peningkatan TVBN dan pH lebih lambat, kadar TBA yang lebih terkendali, serta stabilitas tekstur yang lebih baik dibandingkan ikan tanpa perlakuan.

KESIMPULAN

Perlakuan terbaik diperoleh pada kombinasi pati terfotooksidasi 15% dengan rasio ekstrak daun jeruk purut terhadap pati sebesar 1:3. Kombinasi ekstrak daun jeruk purut dan pati terfotooksidasi terbukti mampu menghambat pertumbuhan mikrob secara efektif hingga penyimpanan 72 jam, demikian juga dengan perlambatan peningkatan TVBN dan pH serta penurunan laju oksidasi lemak (TBA).

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, T. W., Nur, M., & Kusdiyantini, E. (2017). Application of ozone-slurry ice combined system for maintaining the freshness of red tilapia and short-bodied mackerel during cold storage. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 424-431. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.18363>
- Angela, G. C., Mentang, F., & Sanger, G. (2015). Kajian mutu ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*, l.) asap dari tempat pengasapan Desa Girian Atas yang dikemas vakum dan non vakum selama penyimpanan dingin. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 3(2), 29-40. <https://doi.org/10.35800/mthp.3.2.2015.9219>
- Anggraeni, D., Nurjanah, Asmara, D. A., & Hidayat, T. (2019). Kelayakan industri pengolahan ikan dan mutu produk UMKM pindang tongkol di Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(1), 14-23.
- Arbi, B., Ma'ruf, W. F., & Romadhon, R. (2017). Aktivitas senyawa bioaktif selada laut (*Ulva lactuca*) sebagai antioksidan pada minyak ikan. *Saintek Perikanan*, 12(1), 12-18. <https://doi.org/10.14710/ijfst.12.1>
- Arista, Y. L. V., Witono, Y., & Fauzi, M. (2022). Karakteristik organoleptik, kimia, dan total mikrob pindang ikan tongkol



- terawetkan garam dan serbuk biji picung (*Pangium edule* Reinw) selama penyimpanan. *Jurnal Agroteknologi*, 15(02), 138-158.
- Asiah, N., Cempaka, L., Ramadhan, K., & Matatula, S. H. (2020). Prinsip dasar penyimpanan pangan pada suhu rendah. Penerbit Nas Media Pustaka.
- Asril, M., Rini, A., Junairiah, A., Hidayah, N., Fatiha, L., Lestari, W., Ikerismawati, S., & Novianto, E. (2024). *Bioteknologi Senyawa Antimikrob*. Penerbit Yayasan Kita Menulis.
- Astriani, N. K., Chusniasih, D., & Marcellia, S. (2021). Uji aktivitas antibakteri ekstrak daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*, 8(3), 291-301.
- Ayoka, T. O., Ezema, B. O., Eze, C. N., & Nnadi, C. O. (2022). Antioxidants for the prevention and treatment of non-communicable diseases. *Journal of Exploratory Research in Pharmacology*, 7(3), 179-189. <https://doi.org/10.14218/JERP.2022.00028>
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2009. Penentuan kadar Total Volatile Base Nitrogen (TVB-N) dan Trimetil Amin Nitrogen (TMA-N) pada produk perikanan No. 2354.8: 2009. Jakarta.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2013. Persyaratan Mutu Ikan Segar. No. 2729:2013. Jakarta.
- Deviyanti, P. N., Dewi, E. N., & Anggo, A. D. (2015). Efektivitas daun kemangi (*Ocimum sanctum* L.) sebagai antibakteri pada ikan kembung lelaki (*Rastrelliger kanagurta*) selama penyimpanan dingin. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 4(3), 1-6.
- Duarte, A. M., Silva, F., Pinto, F. R., Barroso, S., & Gil, M. M. (2020). Quality assessment of chilled and frozen fish-mini review. *Foods*, 9(12), 1-26. <https://doi.org/10.3390/foods9121739>
- Fadhli, I., Dewi, E. N., & Fahmi, A. S. (2022). Aplikasi *methylred* sebagai label indikator kesegaran ikan bandeng (*Chanos chanos*) pada suhu penyimpanan dingin yang berbeda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 4(1), 15-23.
- Febriana, I., Mashithah, E., & Pramono, H. (2021). Adding kaffir lime (*Citrus hystrix*) Leaf essential oil to gelatin coating for extending the shelf life of red snapper fillet. *World's Veterinary Journal*, 11, 718-724. <https://doi.org/10.54203/scil.2021.wvj91>
- Gałkowska, D., Kapuśniak, K., & Juszczak, L. (2023). Chemically modified starches as food additives. *Molecules*, 28(22), 1-19.
- Hartoyo, B. (2023). Potensi pengemas ramah lingkungan untuk mempertahankan mutu dan keamanan pangan. *Jurnal Agrifoodtech*, 2(1), 35-48.
- Hendiari, I. G. A. D., Sartimbul, A., Arthana, I. W., & Kartika, G. R. A. (2020). Keragaman genetik ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) di wilayah perairan Indonesia. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 7(1), 28-36.
- Herlina, H., Bayu A. S., & Purnomo, B. (2021). Physical, chemical, and sensory characteristics of chicken sausage with analog meat substitution. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 10(1), 67-77. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2021.010.01.8>
- Husain, R., Suparmo, S., Harmayani, E., & Hidayat, C. (2018). Komposisi asam lemak, angka peroksida, dan angka TBA fillet ikan kakap (*Lutjanus* sp.) pada suhu dan lama penyimpanan berbeda. *Agritech*, 37(3), 319-326.
- Inggred, M., Hartanto, Y., & Widjaja, J. (2018). Karakteristik antioksidan pada kelopak bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa* Linn.). *Jurnal Rekayasa Hijau*, 2(3), 283-289. <https://doi.org/10.26760/jrh.v2i3.2517>
- Kawiji, K., & Utami, R. (2014). Pengaruh penambahan oleoresin daun jeruk purut (*Citrus hystrix* Dc) pada edible coating terhadap penghambatan kerusakan oksidatif dan mikrobiologis daging sapi yang disimpan di suhu rendah. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 7(1), 39-47.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2024). Rilis data tanggal 15 Oktober 2024. Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. Diakses

- pada 24 Maret 2025. <https://portaldata.kkp.go.id/portals/data-statistik/prod-ikan/summary>
- Machfudloh, M., Awaliyah, I. N., & Takwanto, A. (2019). Pengaruh suhu *spray drying* dan penambahan maltodextrin terhadap aktivitas antioksidan (IC₅₀) pada bayam hijau (*Amaranthus hybridus* L.). *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 5(2), 52-57. <https://doi.org/10.33795/distilat.v5i2.52>.
- Mailoa, M. N., Tapotubun, A. M., & Matruttu, T. E. (2017, August, 22-24). Analysis total plate count (TPC) on fresh steak tuna applications edible coating *Caulerpa* sp during stored at chilling temperature. The 2nd International Conference on Applied Marine Science and Fisheries Technology (MSFT) Langgur City, Southeast Maluku, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/89/1/012014>
- Mei, J., Ma, X., & Xie, J. (2019). Review on natural preservatives for extending fish shelf life. *Foods*, 8(10), 1-23. <https://doi.org/10.3390/foods8100490>
- Mentari, N. L. (2016). Potensi pemberian ekstrak daun sirih (*Piper betle* L) sebagai pengawet alami ikan selar (*Selaroides leptolepis*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*, 1(1), 1-9.
- Milala, S. C. B. S., & Nasution, M. P. (2023). Uji antibakteri formulasi sediaan *hand soap* ekstrak etanol daun jeruk purut (*Citrus hystrix* DC) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. *Journal of Health and Medical Science*, 2(2), 16-27.
- Misir, G., & Koral, S. (2019). Effects of edible coatings based on ultrasound-treated fish proteins hydrolysate in quality attributes of chilled bonito fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28, 1-14. <https://doi.org/10.1080/10498850.2019.1681572>
- Mutamimah, D., Arista, Y. L. V., Untari, D., & Liasari, A. (2024). Nutritional enrichment from Bali sardinella (*Sardinella lemuru*) head meal in fish crackers as emergency food. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(12), 1146-1155. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v27i12.59233>
- Nayeem, M., Chauhan, K., Khan, M., & Siddiqui, M. (2017). Development and shelf life studies of buffalo meat sausages incorporated with foxtail millet (*Setaria italica*). *International Journal of Chemical Studies*, 5(3), 648-654.
- Palupi, N. W., Pranoto, Y., & Sutardi, S. (2020). Pembuatan nanopartikel pati jagung dengan teknik fotooksidasi menggunakan H₂O₂ dan lampu UV-C pada sistem tersirkulasi. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 9(3), 118-125.
- Pattipeilohy, F., Moniharapon, T., & Seulalae, A. V. (2023). Aplikasi perendaman bertingkat garam dan larutan serbuk biji atung terhadap kualitas ikan tuna asin kering. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(3), 535-544. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v26i3.48679>
- Patty, C. N., Dotulong, V., & Suwetja, I. K. (2015). Mutu ikan roa (*Hemirhamphus* sp.) asap yang ada di pasar tradisional di Kota Manado yang disimpan pada suhu ruang. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 3(2), 45-54.
- Petalia, P., Julianti, E., & Lubis, L. M. (2017). Pengaruh berbagai jenis asam jeruk terhadap perubahan mutu ikan mas naniura selama waktu display. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*, 5, 109-123.
- Pratiwi, M. S., Legowo, A. M., & Pratama, Y. (2022). Pengaruh oksidasi menggunakan ozon terhadap sifat fisik pati. *Jurnal Teknologi Pangan*, 5(1), 24-26. <https://doi.org/10.14710/Jtp.2021.23461>
- Pribadi, A., Nurhamidah, N., & Elvinawati, N. (2018). Pemanfaatan ekstrak air buah *Flacourtia inermis* roxb.(lobi-lobi) sebagai pengawet ikan laut. *Alotrop J. Pendidikan dan Ilmu Kimia*, 2(1), 1-7.
- Putri, S. N., Suci, D. M., & Hermana, W. (2022). Fatty acid profile and cholesterol levels of quail eggs fed with kayambang flour (*Salvinia molesta* D.S Mitchell) in Ration based on lemuru fish oil and palm oil combination. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 17(1), 22-28.
- Rachmawati, N. F., Sulthoniyah, S. T. M., Ulfa, R., & Amalia, D. (2024). Analisis



- total plate count* (TPC) dan pH pada ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) dengan perbedaan suhu dan lama penyimpanan. *Jambura Fish Processing Journal*, 6(1), 32-41.
- Rathamy, M. A., Haryati, S., & Becti, E. (2019). Konsentrasi kulit bawang putih (*Allium sativum*) dan daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) terhadap sifat fisiko kimia dan organoleptik pada bandeng presto. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 14(1), 32-41.
- Ritonga, W. L., & Suarti, B. (2024). Modification of starch using cross-linking method on the physical and chemical properties of yam (*Dioscorea alata*). *Journal of Global Sustainable Agriculture*, 5(1), 33-42. <https://doi.org/10.32502/jgsa.v5i1.357>
- Rumanti, R. M., Tarigan, J., & Ramadani, A. M. S. (2021). Potensi antibakteri kombinasi *Zingiber officinale* var. Rubrum dengan *Cinnamomum burmannii* terhadap *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Indah Sains dan Klinis*, 2(1), 6-10.
- Sahraee, S., Milani, J. M., Regenstein, J. M., & Kafil, H. S. (2019). Protection of foods against oxidative deterioration using edible films and coatings: A review. *Food Bioscience*, 32(100451), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100451>
- Saifuddin, F., & Husnidar, H. (2018). Uji konsentrasi hambat minimal daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus* pada ikan bandeng (*Chanos chanos*) (studi *in vitro*). Prosiding Seminar Nasional Biologi, Teknologi dan Kependidikan, Vol 6 (1). Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, E-ISSN: 2828-1675 P-ISSN: 978-602-60401-9- <http://dx.doi.org/10.22373/pbio.v6i1.4299.g2837>
- Santoso, M. A. R., Liviawaty, E., & Afrianto, E. (2017). Efektivitas ekstrak daun mangga sebagai pengawet alami terhadap masa simpan filet nila pada suhu rendah. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Unpad*, 8(2), 57-67.
- Sholikhatin, E. (2014). Ekstrak etanol daun kersen (*Muntingia Calabura L.*) sebagai antimikrob terhadap bakteri *Streptococcus agalactiae* pada sapi perah di daerah Ngantang, Malang. [Skripsi]. Universitas Brawijaya.
- Siswanto, D., Syauqy, D., & Budi, A. S. (2019). Sistem Klasifikasi ikan tongkol yang mengandung formalin dengan sensor HCHO dan sensor pH menggunakan Metode K-Nearest Neighbor berbasis Arduino. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(10), 9993-9997.
- Sulistiyana, E., & Handayani, M. N. (2021). Aplikasi *edible coating* pati buah sukun (*Artocarpus altilis*) pada buah belimbing (*Averrhoa carambola L.*). *Edufortech*, 6(1), 58-69.
- Suprayitno, E. (2020). Kajian kesegaran ikan di pasar tradisional dan modern Kota Malang. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(2), 289-295.
- Tethool, E. F., Dewi, A. M. P., & Jading, A. (2017). Pengaruh fotooksidasi UV-C terhadap sifat fisikokimia dan baking expansion pati sagu (*Metroxylon sago*). *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 11(2), 45-52.
- Umi, L., Sri, I., & Rifa, N. (2020). Penentuan tingkat ketengikan secara spektrofotometri pada produk pangan berwarna melalui metode ekstraksi asam cair. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 12, 19-30. <https://doi.org/10.33749/jpti.v12i1.6259>
- Untari, D. S., Wibowo, T. A., & Pamungkas, I. W. (2023). Identifikasi kualitas kesegaran dan nilai keasaman (pH) ikan laut di Kota Metro Provinsi Lampung. *Jurnal Ilmiah AgriSains*, 24(3), 159-169.
- Utami, R., Khasanah, L. U., & Utami, A. W. (2014). Pengaruh oleoresin daun jeruk purut pada *edible coating* terhadap kualitas sosis beku. 7(2), 119-129. <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13020>
- Warsito, W., Hidayat, N., & Putri, A. Y. (2018). Activity test of essential lime oil of leaves, twigs, and rind against *Escherichia coli* and *Bacillus cereus*. *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, 2(3), 126-132.
- Wibowo, I., Darmanto, Y., & Anggo, A. (2014). The effect of killing methods and fish

freshness degradation on the quality of fish paste Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(3), 95-103.

Winarti, C. (2012). Teknologi produksi dan aplikasi pengemas *edible* antimikrob berbasis pati. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 31(3), 85-93.