

Pengaruh *Edible Coating* Kitosan Cangkang Udang Pada Mutu *Fillet* Ikan Nila

[Effect of *Edible coating* Chitosan from Shrimp Shells on The Quality of Tilapia *Fillet*s]

Gusti Ayu Made Sri Darma Sari¹, Rufnia Ayu Afifah¹, Randi B.S. Salampessy¹,
Luchiandini Ika Pamaharyani²

¹Politeknik Ahli Usaha Perikanan

Jl. Raya Pasar Minggu, Kec. Ps. Minggu, Jakarta Selatan, Jakarta

²Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai

I. Wan Amir No.1, Pangkalan Sesai, Kec. Dumai Bar., Kota Dumai, Riau

Diterima: 11 November 2025

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui alur proses pengolahan kitosan, proses pembuatan *edible coating* kitosan, dan pengaruh dari penggunaan *edible coating* kitosan cangkang udang yang diaplikasikan pada *fillet* ikan nila dan disimpan pada suhu rendah (4°C) serta untuk mengetahui konsentrasi terbaik *edible coating* kitosan yang digunakan pada daya simpan *fillet* ikan nila. Penelitian dilakukan dengan menggunakan. Hasil penelitian yang didapatkan yaitu pada alur proses pembuatan kitosan cangkang udang yaitu persiapan bahan baku, tahap demineralisasi, tahap deproteinasi, dan tahap deasetilasi. Mutu dan karakteristik kitosan cangkang udang berwarna putih kekuningan, bentuk bubuk, kadar air $9,14 \pm 1,74$, kadar abu $5,13 \pm 0,08$, nitrogen total $1,82 \pm 0,02$, kelarutan $98,2 \pm 0,02$, derajat deasetilasi $79,65 \pm 2,63$, dan rendemen demineralisasi $64,11 \pm 0,03$, deproteinasi $59,65 \pm 0,81$, dan deasetilasi $70,93 \pm 0,39$. Nilai sensori dapat diterima konsumen hingga hari ke-10, dengan konsentrasi terbaik pada kenampakan K3 (1,5%) dan K4 (2%) yaitu $7,72 \pm 0,268$, bau K3 (1,5%) yaitu $7,86 \pm 0,485$, dan K4 (2%) yaitu $7,86 \pm 0,585$, tekstur K4 (2%) yaitu $7,69 \pm 0,224$, TVB pada konsentrasi K3 (1,5%) yaitu $18,68 \text{ mgN}/100\text{g}$, kadar pH 7, ALT $> 5 \times 10^5$.

Kata kunci : *edible coating*, *fillet* ikan nila, kemunduran mutu ikan, suhu *chilling*

Abstract

This study aimed to determine the processing flow of chitosan production, the preparation of chitosan-based *edible coating*, and the effect of shrimp shell-derived chitosan *edible coating* applied to tilapia (*Oreochromis niloticus*) *fillets* stored at low temperature (4°C). In addition, this study sought to identify the optimal concentration of chitosan *edible coating* for extending the shelf life of tilapia *fillets*. The results showed that the chitosan production process from shrimp shells consisted of raw material preparation, demineralization, deproteinization, and deacetylation stages. The quality and characteristics of the produced chitosan were as follows: yellowish-white color, powder form, moisture content of $9.14 \pm 1.74\%$, ash content of $5.13 \pm 0.08\%$, total nitrogen of $1.82 \pm 0.02\%$, solubility of $98.2 \pm 0.02\%$, degree of deacetylation of $79.65 \pm 2.63\%$, and yields of $64.11 \pm 0.03\%$ (demineralization), $59.65 \pm 0.81\%$ (deproteinization), and $70.93 \pm 0.39\%$ (deacetylation). Sensory evaluation indicated that the *fillets* remained acceptable to consumers up to day 10 of storage. The best treatment was observed at K3 (1.5%) and K4 (2%) for appearance (7.72 ± 0.268), K3 (1.5%) and K4 (2%) for odor (7.86 ± 0.485 and 7.86 ± 0.585 , respectively), and K4 (2%) for texture (7.69 ± 0.224). The total volatile base nitrogen (TVB-N) value at K3 (1.5%) was $18.68 \text{ mg N}/100 \text{ g}$, with a pH value of 7 and total plate count exceeding $5 \times 10^5 \text{ CFU/g}$.

Keywords : *chilling temperature*, *deterioration of fish quality*, *edible coating*, *tilapia fillets*

Penulis Korespondensi

Rufnia Ayu Afifah | rufniafi@gmail.com

PENDAHULUAN

Indonesia mengekspor udang 41,56% dari total ekspor produk perikanan pada tahun 2020 dengan nilai ekspor mencapai USD 725, 98 juta (Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2021). Indonesia mengekspor udang beku, dengan bagian kepala, ekor, dan cangkang yang telah dibuang. Proses ini menghasilkan limbah cangkang dalam jumlah besar yang pemanfaatannya masih terbatas, yang hanya dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar pabrik sebagai pembuatan terasi, petis ataupun pakan ternak (Mahatmanti et al., 2022).

Limbah cangkang udang memiliki potensi yang tinggi untuk diolah menjadi produk bernilai tambah, salah satunya merupakan bahan penting dalam pembuatan kitin dan kitosan. Limbah cangkang udang mengandung tiga komponen utama, yaitu protein (25-44%), kalsium karbonat (45-50%), dan kitin (20-30%) yang merupakan bahan dasar dalam produksi kitosan (Mahatmanti et al., 2022). Kitosan dapat dimanfaatkan sebagai biological activity, biocompatibility, biodegradability pada industri makanan, farmasi, bioteknologi (Mahatmanti et al., 2022). Salah satu aplikasinya dalam bidang pangan adalah

sebagai bahan dasar pelapis yang dapat dimakan (edible coating), yang berfungsi sebagai alternatif kemasan ramah lingkungan. Edible coating merupakan alternatif kemasan plastik karena dapat terurai secara hayati dan juga bertindak sebagai penghalang untuk mengontrol perpindahan uap air, penyerapan oksigen, dan perpindahan lipid. Berbagai zat seperti polisakarida, protein dan lipid dapat dimanfaatkan untuk membuat pelapis yang dapat dimakan yang dapat diaplikasikan langsung pada bahan makanan atau diubah menjadi edible coating yang dapat dimakan untuk pelindung pada permukaan makanan (Wulandari et al., 2015).

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) adalah jenis ikan air tawar yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat karena kemampuan mereka untuk beradaptasi dengan berbagai lingkungan dan kemampuan mereka untuk berkembang biak dan tahan terhadap penyakit. Komoditas hasil budidaya perikanan ikan nila yang melimpah, membuat ikan nila banyak dimanfaatkan sebagai fillet ikan segar (Indra et al., 2015). Kandungan protein dan lemak yang cukup tinggi pada ikan nila, membuat ikan nila segar cepat mengalami penurunan mutu

apabila tidak dilakukan penanganan dengan cepat akibat aktivitas bakteri dan enzim pada fillet ikan nila. Salah satu penanganan fillet ikan nila segar adalah dengan memberikan coating (pelapis) dari kitosan, sehingga dapat menghambat aktifitas bakteri yang dapat menurunkan mutu dari fillet ikan nila (Indra et al., 2015).

Dengan latar belakang tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pemanfaatan kitosan yang berasal dari limbah cangkang udang sebagai bahan edible coating dalam upaya meningkatkan kualitas dan memperpanjang umur simpan fillet ikan nila, serta mengevaluasi efektivitasnya dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan menjaga karakteristik mutu produk selama penyimpanan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan kimia yang digunakan dalam pembuatan kitosan yaitu HCl 1 M, NaOH 3,5% dan NaOH 60% dan bahan yang digunakan dalam pembuatan *edible coating* kitosan adalah gliserol (komersil), karagenan (komersil), kitosan, dan aquades. Sedangkan alat yang digunakan berupa pH meter, hotplate, saringan 60 mesh dan oven.

Pembuatan Kitosan

Pembuatan kitosan dari cangkang udang mengacu pada penelitian (Mahatmanti et al., 2022). Cangkang udang yang telah dipersiapkan selanjutnya melalui beberapa tahapan proses, yaitu demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Tahap demineralisasi dilakukan untuk menghilangkan kandungan mineral, terutama kalsium karbonat, menggunakan larutan HCl 1 M dengan perbandingan 1:10 (b/v). Campuran kemudian dipanaskan pada suhu 75°C diatas *hotplate* selama 4 jam dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* 500 rpm. Larutan kemudian disaring menggunakan kertas Whatman No. 1. Padatan kemudian dicuci dengan akuades hingga mendapatkan pH netral. Setelah itu, padatan dikeringkan dalam oven selama 6 jam pada suhu 70±1°C. Proses deproteinasi dilakukan dengan membuat larutan NaOH 3,5% yang dicampurkan dengan bubuk cangkang udang hasil dari proses demineralisasi dengan perbandingan 1:10. Campuran kemudian dipanaskan menggunakan *hotplate* selama 4 jam pada suhu 68±1°C dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* 500 rpm. Larutan selanjutnya disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 1, kemudian residu dicuci dengan akuades hingga mencapai pH

Tabel 1 Rendemen kitosan

Tahapan	Rendemen (%)	Referensi ^a	Referensi b	Referensi c
Demineralisasi (%)	61,11 ± 0,03	53,08	30	47,50
Deproteinasi (%)	59,65 ± 0,81	53,08	50	36,76
Deasetilasi (%)	70,93 ± 0,39	62,22	63	67,08

Sumber:

^aPenelitian Mahatmanti et al. (2022)^bPenelitian Dompeipen et al. (2016)^cPenelitian Agustina et al. (2015)

Tabel 2 Mutu dan karakteristik kitosan

Parameter	Hasil	SNI 7949 :2013	Referensi a	Referensi b
Warna	Putih - kekuningan	Coklat muda-putih	Putih kekuningan	Coklat muda-putih
Air (%)	9,14 ± 1,47	Maks 12	1,92	0,29
Abu (%)	5,13 ± 0,08	Maks 5	2,06	11,14
Nitrogen (cps)	1,86 ± 0,02	Min 5	-	5,36
Kelarutan (%)	98,2 ± 0,02	Min 99	-	-
Derajat Deasetilasi(%)	79,65 ± 2,63	Min 75	71,20	84,61

Sumber:

^aPenelitian Mahatmanti et al. (2022)^bPenelitian Zahiruddin et al. (2018)

netral. Padatan dikeringkan dengan oven pada suhu 80±1°C selama 6 jam.

Tahap deasetilasi dilakukan dengan merefluks serbuk cangkang udang dalam NaOH 60% selama 4 jam menggunakan *hotplate* pada suhu 120±1°C dan diaduk dengan *magnetic stirrer* 500 rpm lalu disaring. Padatan yang didapatkan kemudian dicuci dengan akuades hingga pH netral lalu dikeringkan dengan oven pada suhu 80±1°C selama 6 jam. Padatan yang telah dihasilkan kemudian diayak menggunakan saringan 60 mesh. Kitosan yang dihasilkan kemudian diuji warna, rendemen, kadar air, kadar abu, nitrogen total dan derajat deasetilasi (Badan Standardisasi Nasional, 2013).

Pembuatan edible coating

Pembuatan *edible coating* mengacu pada Kinasih et al. (2019). Alur proses pembuatan *edible coating* dilakukan dengan memanaskan aquades 100 ml pada suhu 80°C selama 3 menit diatas *hotplate*, menambahkan karagenan 2%, gliserol 2%, dan kitosan 0%, 1%, 1,5%, dan 2%

Penambahan *edible coating* pada *fillet* nila

Aplikasi *edible coating* dilakukan dengan metode pencelupan (*dipping*), yaitu *fillet* ikan nila direndam selama 1-2 menit dalam larutan kitosan sesuai konsentrasi perlakuan hingga seluruh

permukaan terlapisi secara merata. *Fillet* kemudian ditiriskan dan disimpan pada suhu rendah ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) selama 0, 5, 10, dan 15 hari. Pengamatan mutu dilakukan selama penyimpanan meliputi uji organoleptik (kenampakan, bau, dan tekstur) serta analisis kimia seperti pH dan TVB untuk menentukan efektivitas *edible coating* terhadap mutu *fillet* ikan nila (Indra et al., 2015). Penelitian ini berdasar pada rancangan faktorial dengan 4 variasi konsentrasi kitosan K1 (0%), K2 (1%), K3 (1,5%), dan K4 (2%)

yang di simpan pada 0, 5, 10, dan 15 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Rendemen dan Mutu Kitosan

Rendemen kitosan ditentukan berdasarkan persentase berat kitosan yang dihasilkan terhadap berat bahan baku udang kering sebelum diproses. Rendemen kitosan yang diperoleh pada tahap demineralisasi 61,11%, tahap deproteinasi 59,65%, dan deasetilasi 70,93%. Rendemen kitosan dapat dilihat

Tabel 3 Nilai sensori kenampakan *fillet* ikan nila pada suhu 4°C

Lama Penyimpanan	Kenampakan			
	K1	K2	K3	K4
Hari ke-0	8,65 $\pm$ 0,360 ^a	8,62 $\pm$ 0,418 ^a	8,73 $\pm$ 0,351 ^a	8,73 $\pm$ 0,351 ^a
Hari ke-5	8,62 $\pm$ 0,418 ^a	8,58 $\pm$ 0,412 ^a	8,61 $\pm$ 0,385 ^a	8,61 $\pm$ 0,358 ^a
Hari ke-10	7,58 $\pm$ 0,268 ^a	7,68 $\pm$ 0,387 ^a	7,72 $\pm$ 0,268 ^a	7,72 $\pm$ 0,268 ^a
Hari ke-15	5,62 $\pm$ 0,387 ^a	5,69 $\pm$ 0,316 ^b	5,72 $\pm$ 0,347 ^b	5,83 $\pm$ 0,343 ^b

*Perbedaan huruf superskrip pada baris yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik ($p < 0,05$)

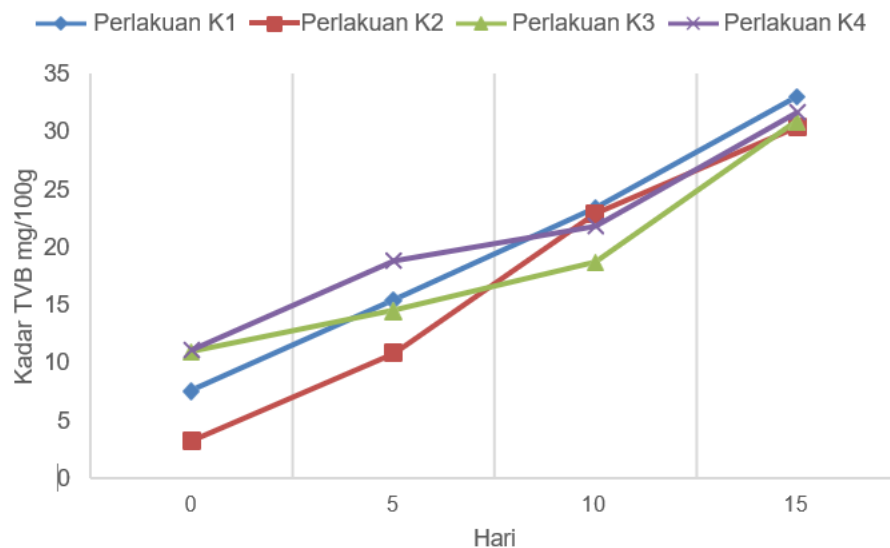
Tabel 4 Nilai rata – rata bau daging *fillet* ikan nila pada suhu 4°C

Lama Penyimpanan	Bau			
	K1	K2	K3	K4
Hari ke-0	8,81 $\pm$ 0,323 ^a	8,77 $\pm$ 0,340 ^a	8,84 $\pm$ 0,299 ^a	8,77 $\pm$ 0,340 ^a
Hari ke-5	8,38 $\pm$ 0,317 ^a	8,73 $\pm$ 0,351 ^a	8,77 $\pm$ 0,340 ^a	8,66 $\pm$ 0,419 ^a
Hari ke-10	7,66 $\pm$ 0,165 ^a	7,61 $\pm$ 0,445 ^a	7,86 $\pm$ 0,485 ^a	7,86 $\pm$ 0,585 ^a
Hari ke-15	5,58 $\pm$ 0,268 ^a	5,61 $\pm$ 0,445 ^a	5,86 $\pm$ 0,485 ^a	5,86 $\pm$ 0,585 ^a

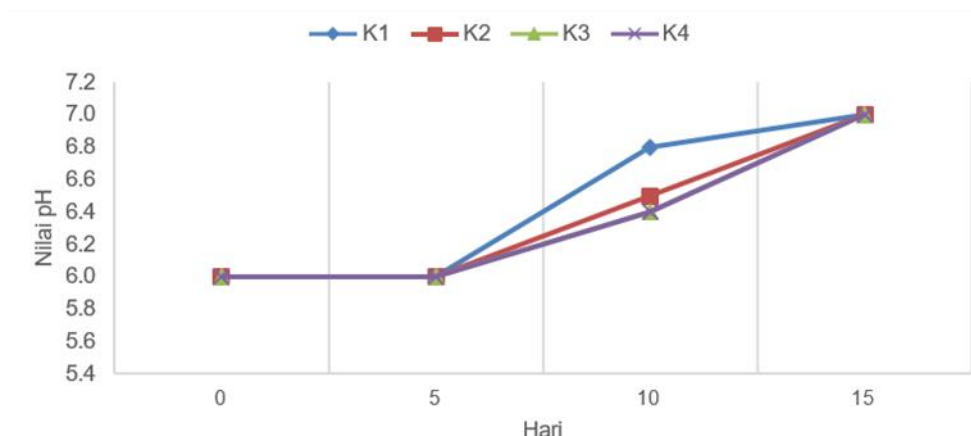
*Perbedaan huruf superskrip pada baris yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik ($p < 0,05$)

Tabel 5 Nilai rata – rata tekstur *fillet* ikan nila pada suhu 4°C

Lama Penyimpanan	Tekstur			
	K1	K2	K3	K4
Hari ke-0	8,84 $\pm$ 0,299 ^a	8,84 $\pm$ 0,299 ^a	8,84 $\pm$ 0,299 ^a	8,77 $\pm$ 0,340 ^a
Hari ke-5	8,69 $\pm$ 0,385 ^a	8,73 $\pm$ 0,351 ^a	8,62 $\pm$ 0,418 ^a	8,65 $\pm$ 0,360 ^a
Hari ke-10	7,49 $\pm$ 0,497 ^a	7,47 $\pm$ 0,340 ^a	7,54 $\pm$ 0,371 ^a	7,69 $\pm$ 0,224 ^a
Hari ke-15	5,49 $\pm$ 0,497 ^a	5,43 $\pm$ 0,351 ^a	5,62 $\pm$ 0,317 ^a	5,69 $\pm$ 0,224 ^a



Gambar 1 Nilai TVB pada suhu 4°C



Gambar 2 Nilai pH pada penyimpanan suhu 4°C

pada Tabel 1. Pada tahap demineralisasi, diperoleh nilai rendemen $61,11 \pm 0,03\%$. Nilai tersebut menunjukkan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Mahatmanti et al., (2022) yang melaporkan rendemen kitin sebesar 53,08%. Tahapan deproteinasi, dari 198,45 g bubuk kitin yang telah didemineralisasi diperoleh bubuk kitin sebesar 118,37 g, nilai ini masih lebih tinggi dari rendemen pada penelitian

Mahatmanti et al. (2022), sebesar 53,08%. Tahapan deasetilasi didapatkan bubuk kitosan 83,96 g dari 118,37 g bubuk kitin. Nilai ini masih lebih tinggi dibandingkan dengan nilai rendemen pada penelitian Mahatmanti et al. (2022) yaitu 62,22%.

Mutu dan karakteristik kitosan didapatkan melalui data primer yang didapatkan dari penelitian sebelumnya yaitu mengacu pada penelitian

Tabel 6 Nilai ALT pada *fillet* ikan nila dengan penyimpanan suhu 4°C

Konsentrasi	Hari Ke-			
	1	5	10	15
K0 %	> 5x10 ⁵	> 5x10 ⁵	> 5x10 ⁵	> 5x10 ⁵
K1 %	> 5x10 ⁵	> 5x10 ⁵	> 5x10 ⁵	> 5x10 ⁵
K1,5 %	> 5x10 ⁵	> 5x10 ⁵	> 5x10 ⁵	> 5x10 ⁵
K2 %	> 5x10 ⁵	> 5x10 ⁵	> 5x10 ⁵	> 5x10 ⁵

(Mahatmanti et al., 2022). Pengujian mutu yang dilakukan pada kitosan meliputi kadar air, kadar abu, kelarutan, nitrogen total, warna, dan derajat deasetilasi. Mutu dan karakteristik kitosan dapat dilihat pada Tabel 2.

Pengaruh Pengaplikasian Edible Coating pada Fillet Ikan Nila terhadap Kemunduran Mutu Sensori

Parameter yang digunakan dalam uji sensori meliputi kenampakan, bau, dan tekstur selama penyimpanan. Pengujian sensori dilakukan dengan mengisi *scoresheet* yang mengacu pada SNI 2729:2021 dengan menggunakan 6 (enam) orang panelis. Hasil penilaian rata – rata kenampakan *fillet* ikan nila dengan pelapisan *edible coating* dan *edible coating* kitosan dapat dilihat pada Tabel 3.

Pengaruh Pengaplikasian Edible Coating pada Fillet Ikan Nila terhadap Nilai Total Volatile Base (TVB)

Senyawa-senyawa basa *volatile* yang terdapat pada ikan disebut *Total Volatile Base* (TVB). Aktivitas mikroorganisme dan enzim autolisis ikan menghasilkan senyawa-senyawa basa *volatile* (Lestari et al., 2020). Adapun grafik nilai TVB *fillet* ikan nila pada

penyimpanan suhu 4°C dapat dilihat pada Gambar 1.

Pengaruh Pengaplikasian Edible Coating pada Fillet Ikan Nila terhadap pH Fillet Ikan Nila

Nilai pH merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk memenuhi tingkat kesegaran ikan. Pada proses pembusukan ikan, perubahan pH daging ikan sangat besar peranannya karena berpengaruh terhadap proses autolisis dan serangan bakteri (Silvia et al., 2015). Adapun grafik nilai pH pada *fillet* ikan nila dapat dilihat pada Gambar 2.

Pengaruh Pengaplikasian Edible Coating pada Fillet Ikan Nila terhadap Total Mikroba

Salah satu parameter untuk melihat kemunduran mutu ikan secara mikrobiologi adalah analisis Angka Lempeng Total (ALT). Nilai ALT yang didapatkan tersebut dapat menunjukkan berapa banyak total bakteri yang bertumbuh dan menjadi penyebab utama pembusukan dalam suatu bahan pangan (Vatria et al., 2021). Hasil analisis ALT nilai rata-rata pada *fillet* ikan nila pada

setiap konsentrasi yang disimpan pada suhu 4°C dapat dilihat pada Tabel 6.

Pembahasan

Pada proses pengolahan kitosan, didapatkan nilai rendemen yang cukup tinggi. Tingginya rendemen yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa proses demineralisasi berlangsung efektif dalam menghilangkan komponen anorganik tanpa menyebabkan degradasi yang signifikan terhadap struktur kitin, sehingga fraksi kitin yang tersisa masih relatif tinggi. Proses demineralisasi bertujuan menghilangkan kandungan mineral, terutama kalsium karbonat (CaCO_3), yang merupakan komponen utama dalam cangkang udang, sehingga penurunan kadar abu menjadi indikator keberhasilan proses tersebut (Mahatmanti et al., 2022). Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya bahwa dalam proses demineralisasi kandungan mineral yang terdapat dalam kulit udang akan lebih mudah terpisah karena hanya terikat secara fisik (Agustina et al., 2015). Selanjutnya, tingginya rendemen yang dihasilkan pada tahap deproteinase ini diduga karena partikel bubuk cangkang udang yang digunakan memiliki ukuran yang besar. Hal ini sejalan dengan penelitian Agustina et al. (2015) dimana kitosan yang dihasilkan memiliki nilai rendemen

yang rendah dikarenakan ukuran partikel cangkang udang yang digunakan lebih besar yaitu 100 mesh. Menurut Vatria et al. (2021) bahwa rendemen kitosan dipengaruhi oleh jenis bahan baku yang digunakan.

Selain itu, kualitas kitosan yang diperoleh selanjutnya dianalisis melalui parameter mutu dan karakteristiknya. Kadar mutu dan karakteristik kitosan cangkang udang yang mengacu pada penelitian (Mahatmanti et al., 2022) menunjukkan hasil memenuhi standar yang telah ditetapkan. Namun, pada parameter kelarutan menunjukkan hasil yang dibawah standar yaitu 98 %. Hal ini dikarenakan senyawa asam asetat merupakan asam yang lemah dan hanya dapat terionisasi sebagian dalam larutan dan dapat menyebabkan terjadinya kesetimbangan antara ion yang dihasilkan dari asam tersebut, molekul asam terlarut dan molekul air. Akibatnya, kemampuan melarutkan senyawa menjadi menghilang (Vatria et al., 2021).

Kitosan yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki warna putih kekuningan hal ini disebabkan karena adanya NaOH yang merupakan indikator kuat untuk mengoksidasi warna pigmen dari kulit udang (Nurhikmawati et al., 2014). Kitosan pada penelitian ini menghasilkan warna putih kekuningan, hal ini sejalan dengan penelitian Setha et al., (2019) dimana kitosan memiliki sifat

polielektrolit berbentuk padatan amorf sehingga memiliki warna putih kekuningan. Kadar air pada penelitian ini diperoleh $9,14 \pm 1,47$ % nilai ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian Mahatmanti et al. (2022) yaitu 1,92%. Menurut Laili et al. (2019), kadar air yang terdapat pada kitosan tidak dipengaruhi oleh jumlah bahan dan waktu proses, akan tetapi dipengaruhi oleh proses pengeringan terhadap kitosan yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan penelitian Laili et al. (2019) bahwa tidak adanya interaksi antara perlakuan konsentrasi NaOH yang digunakan dan waktu terhadap kadar air pada kitosan.

Kadar abu yang dihasilkan dari penelitian ini yaitu $5,13 \pm 0,08$ %, nilai ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian Mahatmanti et al. (2022) yaitu 2,06%. Tingginya nilai kadar abu pada kitosan dapat dipengaruhi oleh tingkat efektifitas demineralisasi yang rendah (Laili et al., 2019). Hal ini sejalan dengan penelitian Laili et al. (2019) bahwa proses demineralisasi yang rendah menghasilkan nilai kadar abu yang tinggi hal ini dikarenakan proses demineralisasi yang terjadi kurang sempurna. Nitrogen total yang dihasilkan dalam penelitian ini yaitu $1,86 \pm 0,02$ cps, nilai ini lebih rendah bila dibandingkan dengan penelitian Zahiruddin et al. (2018) yaitu 5,36 cps. Menurut Laili et al. (2019) kadar total

nitrogen pada kitosan berupa protein yang dipengaruhi oleh konsentrasi NaOH dan waktu ekstraksi. Faktor pengadukan yang konstan mempengaruhi jumlah protein yang terdapat dalam bubuk cangkang udang melalui reaksi antara larutan NaOH dengan bahan.

Derajat deasetilasi kitosan pada penelitian ini dihasilkan $79,65 \pm 2,63$ %, nilai ini lebih rendah bila dibandingkan dengan penelitian Zahiruddin et al. (2018) yaitu 84,61%. Derajat deasetilasi merupakan faktor penting dalam karakteristik kitosan. Menurut Laili et al. (2019), konsentrasi NaOH dan waktu ekstraksi dapat mempengaruhi derajat deasetilasi kitosan, karena dipengaruhi oleh gugus asetil ion H^+ pada gugus amina menjadikan kitosan mudah berinteraksi dengan air melalui ikatan hidrogen.

Perubahan mutu *fillet* ikan nila selama penyimpanan dapat diamati melalui parameter sensori, kimia, dan mikrobiologi yang saling berkaitan. Parameter sensori seperti kenampakan, bau, dan tekstur menjadi indikator awal penurunan kualitas, yang kemudian didukung oleh perubahan kimia seperti pH dan TVB, serta pertumbuhan mikroorganisme.

Kenampakan merupakan parameter sensori yang mencerminkan tingkat kesegaran *fillet* ikan selama penyimpanan. Menurut Widayarsi et al.

(2007) selama masa simpan terjadi perubahan baik secara fisik maupun kimiawi. Penurunan nilai kenampakan pada *fillet* ikan disebabkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme dalam memecah protein menjadi mioglobin sehingga kenampakan daging menjadi kusam dan tidak menarik (Rachmawati et al., 2016). Loppies et al. (2021) menyatakan bahwa mioglobin merupakan pigmen utama daging sehingga berperan dalam perubahan warna pada daging ikan. Hasil uji Kruskal–Wallis pada parameter kenampakan menunjukkan bahwa pada hari ke-0 hingga hari ke-10 tidak terdapat perbedaan yang signifikan antarperlakuan (K1, K2, K3, dan K4) ($p > 0,05$). Namun, pada hari ke-15 terdapat perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$), di mana perlakuan K1 berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan K2, K3, dan K4. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kitosan memberikan pengaruh terhadap kenampakan *fillet* ikan nila dibandingkan tanpa penambahan kitosan. Hasil uji Mann–Whitney menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) pada parameter kenampakan *fillet* ikan nila antara perlakuan K2 dan K3, K2 dan K4, serta K3 dan K4, sehingga penambahan kitosan pada konsentrasi tersebut tidak berpengaruh nyata. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan tanpa

penambahan kitosan (K0) berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan kitosan, sedangkan antar perlakuan dengan kitosan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini sejalan dengan penelitian Naiu et al. (2022) yang menyatakan bahwa penggunaan *edible coating* tanpa kitosan selama penyimpanan mempengaruhi nilai kenampakan *fillet* ikan nila.

Hasil nilai rata – rata bau *fillet* ikan nila dengan pelapisan *edible coating* dan *edible coating* kitosan dapat dilihat pada Tabel 4. Variasi konsentrasi *edible coating* dengan penambahan kitosan sebesar 0%, 1%, 1,5%, dan 2% menunjukkan adanya perbedaan nilai rata-rata parameter bau pada *fillet* ikan nila selama penyimpanan. Setiap konsentrasi didapatkan perbedaan nilai rata – rata batas aman produk yaitu pada hari ke-10 konsentrasi K1 0% diperoleh nilai rata – rata $7,66 \pm 0,165^a$, konsentrasi K2 1% diperoleh nilai rata – rata $7,61 \pm 0,445^a$, konsentrasi K3 1,5% diperoleh nilai rata – rata $7,86 \pm 0,485^a$, konsentrasi K4 2% diperoleh nilai rata – rata $7,86 \pm 0,585^a$. Hasil uji Kruskal Wallis parameter bau menunjukan $P > 0,05$ sehingga tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan (K1, K2, K3 dan K4) pada hari ke-0 hingga hari ke 15, sehingga *fillet* ikan nila dengan perlakuan *edible coating* kitosan dan *edible coating* tanpa kitosan tidak berbeda nyata sehingga tidak dilakukan

uji lanjut Mann-Whitney. Hal ini sejalan dengan penelitian Naiu et al. (2022) interaksi perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap bau *fillet* ikan. Meskipun kitosan memiliki sifat antimikroba, pengaruhnya terhadap parameter sensori seperti bau tidak selalu langsung terlihat, terutama pada kondisi di mana pertumbuhan mikroba masih terkendali, sehingga tidak memberikan perbedaan yang nyata antarperlakuan Naiu et al. (2022).

Aroma pada *fillet* ikan nila yang disimpan akan mengalami penurunan nilai sensori. Hal ini disebabkan karena proses oksidasi yang memicu aroma *fillet* ikan nila menjadi tidak segar, serta kemungkinan terjadinya proses metabolisme mikroba yang mengurai protein menjadi senyawa – senyawa turunan yang menimbulkan aroma seperti ammonia (Naiu et al., 2022). Menurut Dalle et al. (2021), aktivitas enzim proteolitik yang diproduksi oleh bakteri dalam menguraikan protein ikan menjadi senyawa nitrogen sederhana menggunakan trimetil amin oksida menjadi trimetil amin penyebab bau tengik. Menurut Dangur et al. (2020), aktivitas metabolisme bakteri mengakibatkan terbentuknya ammonia (NH_3) yang menyebabkan daging berbau busuk. Pada Tabel 4 berdasarkan hasil pengamatan nilai rata – rata bau *fillet* ikan nila menunjukkan jumlah nilai rata -

rata yang semakin meningkat pada setiap penyimpanan sehingga turut meningkatkan jumlah enzim pengurai protein ataupun lemak. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Naiu et al. (2022) yang menyatakan bahwa hubungan antara nilai aroma dan lama penyimpanan berlapis *edible coating* berkolerasi tinggi.

Pelapisan *edible coating* pada *fillet* ikan nila dapat mempengaruhi tekstur hal ini disebabkan peran *edible coating* dalam menghambat masuknya oksigen dan uap air. Keterbatasan oksigen dan uap air mencegah pertumbuhan mikroba sehingga menghambat penguraian protein dan proses hidrolisis yang berpengaruh terhadap kemampuan pengikat air dalam *fillet* ikan yang dapat mempengaruhi tekstur (Naiu et al., 2022). Menurut Anward et al. (2013), laju pertumbuhan *film* kitosan akan berkurang seiring dengan penambahan konsentrasinya dalam larutan karena terjadinya peningkatan viskositas larutan menyebabkan pori – pori film yang terbentuk menjadi lebih kecil. Pengaruh penambahan *edible coating* kitosan pada *fillet* ikan nila memiliki perbedaan nilai rata - rata pada masa simpan *fillet* ikan nila. Hal ini sejalan dengan penelitian Indra et al. (2015) pada penilaian sensori K0%, K1%, K1,5%, dan K2% mengalami penurunan seiring dengan masa simpan *fillet* ikan nila. Penambahan *edible*

coating pada *fillet* ikan nila dapat mempertahankan masa simpan ikan nila hingga hari ke-10.

Hasil uji Kruskal Wallis parameter tekstur menunjukkan $P > 0,05$ sehingga tidak ada perbedaan nyata perlakuan (K1, K2, K3 dan K4) pada hari ke-0 hingga hari ke 15, sehingga *fillet* ikan nila dengan perlakuan *edible coating* kitosan dan *edible coating* tanpa kitosan tidak berbeda nyata sehingga tidak dilakukan uji lanjut Mann-Whitney. Hal ini sejalan dengan penelitian Suptijah et al. (2008) perbedaan perlakuan tidak memberikan terhadap parameter tekstur pada *fillet* ikan. Tidak adanya perbedaan tersebut diduga karena perubahan tekstur lebih dipengaruhi oleh proses autolisis dan denaturasi protein selama penyimpanan, yang berlangsung relatif seragam pada semua perlakuan, terutama pada kondisi suhu rendah ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) yang mampu memperlambat aktivitas enzim dan mikroorganisme. Selain itu, lapisan *edible coating* berbasis kitosan lebih berperan sebagai penghambat pertukaran gas dan aktivitas mikroba, sehingga pengaruhnya terhadap sifat fisik seperti tekstur tidak selalu signifikan dalam jangka waktu penyimpanan tertentu (Suhandana & Nurhayati, 2018).

Fillet ikan yang dilapisi *edible coating* berbasis kitosan dengan konsentrasi 0%, 1%, 1,5%, dan 2% pada

penyimpanan hari ke-0 memiliki nilai rata – rata TVB 8,21 mgN/100g, dimana nilai yang didapatkan menunjukkan bahwa produk *fillet* ikan nila masih dapat diterima. Pada penyimpanan hari ke-5 dengan nilai rata – rata konsentrasi kitosan 0%, 1%, 1,5%, dan 2% didapatkan nilai 14,87 mgN/100g, yang menunjukkan bahwa produk *fillet* ikan nila memiliki kenaikan secara signifikan berdasarkan nilai rata- rata. Pada penyimpanan *fillet* ikan nila hari ke-10 dengan konsentrasi kitosan 0%, 1%, 1,5 %, dan 2% diperoleh nilai rata – rata TVB 22,93 mgN/100g. Dapat dilihat bahwa penyimpanan *fillet* ikan nila pada penyimpanan hari ke-10 memiliki kenaikan signifikan berdasarkan nilai rata-rata TVB *fillet* ikan nila. Pada penyimpanan hari ke-15 dengan konsentrasi kitosan 0%, 1% 1,5% dan 2%, didapatkan nilai rata – rata TVB 31,51 mgN/100g dimana hasil nilai rata – rata menunjukkan terdapat peningkatan nilai TVB secara signifikan terhadap penyimpanan.

Lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap penurunan tingkat kesegaran *fillet* ikan nila. Penyimpanan pada suhu dingin menyebabkan nilai TVB yang cenderung meningkat seiring waktu. Peningkatan nilai TVB ikan selama penyimpanan dapat terjadi akibat degradasi protein atau derivatnya yang menghasilkan sejumlah basa yang

mudah menguap seperti amonia, histamin, hidrogen, sulfida, dan trimetilamin, sehingga dapat menyebabkan penurunan kesegaran pada ikan (Suptijah et al. 2008).

Berdasarkan hasil uji *Two Way* ANOVA dengan taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$), Nilai TVB pada penyimpanan suhu 4°C menyatakan bahwa perlakuan kitosan pada tiap penyimpanan berpengaruh nyata terhadap nilai TVB pada *fillet* ikan nila, sedangkan perbedaan konsentrasi pada lama penyimpanan tidak berbeda nyata sehingga dilakukan uji lanjut Tukey, dari konsentrasi 0%, 1%, 1,5%, dan 2% tidak berpengaruh nyata atau tidak signifikan. Hal ini sejalan dengan penelitian Suptijah et al. (2008) bahwa interaksi antara perbedaan konsentrasi dengan lama penyimpanan tidak berpengaruh nyata.

Penyimpanan *fillet* ikan nila berpengaruh terhadap nilai kenampakannya. Menurut Widyasari et al. (2007) selama masa simpan terjadi perubahan baik secara fisik maupun kimiawi. Menurut Rachmawati et al. (2016), penurunan nilai kenampakan pada *fillet* ikan disebabkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme dalam memecah protein menjadi mioglobin sehingga kenampakan daging menjadi kusam dan tidak menarik. Loppies et al. (2021) menyatakan bahwa mioglobin merupakan pigmen utama daging

sehingga berperan dalam perubahan warna pada daging ikan.

Pada variasi konsentrasi kitosan 0%, 1%, 1,5%, dan 2%, nilai pH *fillet* ikan nila relatif stabil pada hari ke-0 dan ke-5 (pH 6), kemudian meningkat pada hari ke-10 (pH 6,5) dan mencapai sekitar pH 7 pada hari ke-15. Umumnya ikan yang memasuki fase *post rigor* atau busuk akan memiliki pH dengan nilai 7,5 – 8,0 atau lebih tinggi jika mengalami pembusukan yang sangat parah hal ini disebabkan oleh timbulnya senyawa-senyawa yang bersifat basa, misalnya amoniak, trimetilamin dan senyawa – senyawa volatil lainnya yang terdapat pada tubuh ikan dan dipengaruhi oleh suhu penyimpanan yang digunakan (Nurimala et al., 2022).

Pengukuran nilai pH pada *fillet* ikan nila dengan penambahan *edible coating* dan *edible coating* kitosan didapatkan rata – rata hingga hari ke-15 memiliki kategori belum busuk berdasarkan parameter pH ikan segar. Pengukuran nilai pH pada penelitian ini menggunakan indikator pH, sehingga ada kemungkinan human eror atau ketidak telitian pada pengukuran pH yang dilakukan. Semakin tinggi nilai pH maka ikan akan semakin cepat mengalami pembusukan, hal ini disebabkan oleh aktifitas bakteri yang semakin meningkat karena peran mikroorganisme yang memecah senyawa organik seperti lemak, protein,

gula atau senyawa alami yang menyebabkan meningkatnya nilai pH (Indra et al., 2015). Hal ini sejalan dengan penelitian Indra et al. (2015) yaitu penambahan *edible coating* kitosan pada *fillet* ikan nila penambahan kitosan dapat mempertahankan nilai pH pada *fillet* ikan nila dengan nilai terendah pada setiap kelompok harinya dengan perlakuan K3 2%.

Berdasarkan hasil uji *Two Way* ANOVA dengan taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$), nilai kadar pH pada penyimpanan suhu 4°C menyatakan bahwa perlakuan kitosan pada lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap *fillet* ikan nila, sedangkan perbedaan konsentrasi pada lama penyimpanan berbeda nyata. Berdasarkan uji lanjut Tukey, *fillet* ikan nila antara konsentrasi 0% dan 1% berbeda nyata dengan konsentrasi 1,5% dan 2%. Hal ini sejalan dengan penelitian Indra et al. (2015), yang menunjukkan bahwa penggunaan *edible coating* berbasis kitosan memberikan pengaruh nyata terhadap nilai pH *fillet* ikan.

Berdasarkan pada hasil uji yang dilakukan menunjukan bahwa keberadaan mikroba pada *fillet* ikan nila pada penyimpanan suhu 4°C pada hari ke-1 hingga hari ke-15 dengan konsenrasi berbeda (K0%, K1%, K1,5%, dan K2%) didapatkan 5×10^6 yang menyatakan bahwa *fillet* ikan nila dengan

penambahan *edible coating* kitosan tidak memenuhi standar SNI 2729:2021 yaitu 5×10^5 . Hasil ALT yang tidak memenuhi SNI pada penelitian ini dapat disebabkan oleh kontaminasi silang pada saat penyimpanan bahan baku *fillet* ikan nila selama didalam *cold storage* dan es yang digunakan pada saat pengiriman sampel ke laboratorium.

Pertumbuhan mikroba pada *fillet* ikan dapat dipengaruhi oleh kontaminasi silang pada saat proses penyimpanan atau air dan es yang digunakan. Menurut Oliveira et al., (2020) udara mungkin mengandung mikrodroplet yang dapat tersuspensi berupa cairan, padatan, dan zat hidup seperti mikroorganisme. *Fillet* ikan nila dengan perlakuan *edible coating* kitosan disimpan dalam ruangan pendingin (*cold storage*) yang bercampur dengan bahan baku sehingga dapat terjadi adanya kontaminasi silang pada produk melalui udara. Roth et al., (2018) menyatakan bahwa keberadaan bakteri pada makanan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor – faktor yang dapat memengaruhi kondisi tersebut meliputi suhu, kelembapan relatif (RH), dan keberadaan bahan organik di dalam ruang penyimpanan. Griffiths & DeCosemo (1994) menyatakan bahwa kehadiran bakteri dan spora jamur pada makanan yang disimpan dapat disebabkan oleh bahan baku, pergerakan peralatan, jarak antara area

yang kecil, saluran air yang terbuka, tingkat polusi yang tinggi, kelembapan, tata letak, pergerakan orang pada suatu area, dan kebersihan. Hal ini sejalan dengan Oliveira et al., (2020), kontaminasi udara pada lingkungan penyimpanan dingin dapat mempengaruhi keamanan pangan dan jumlah mikroba dalam pangan.

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kitosan yang diekstraksi dari cangkang udang melalui tahapan demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi memiliki mutu yang sesuai dengan standar SNI 7949:2013, dengan karakteristik warna putih kekuningan, rendemen 70%, kadar air 9,14%, kadar abu 5,13%, total nitrogen 1,82% dan derajat deasetilasi 79,65%. Aplikasi *edible coating* kitosan dengan berbagai konsentrasi (0%, 1%, 1,5%, dan 2%) pada *fillet* ikan nila yang disimpan pada suhu dingin (4°C) menunjukkan bahwa perlakuan kitosan dapat memperlambat kemunduran mutu ikan. Berdasarkan hasil uji sensori (kenampakan, bau, dan tekstur), nilai TVB, pH, dan ALT, *fillet* ikan nila dengan pelapisan *edible coating* kitosan konsentrasi 1,5%–2% masih diterima secara sensori hingga hari ke-10 penyimpanan, sedangkan tanpa pelapisan mulai menurun mutunya sebelum itu. Dengan demikian, *edible*

coating berbahan kitosan cangkang udang efektif sebagai pelapis alami untuk memperpanjang daya simpan dan mempertahankan mutu *fillet* ikan nila selama penyimpanan pada suhu dingin. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan mencoba kombinasi *edible coating* kitosan dengan bahan alami lain, seperti minyak atsiri atau ekstrak tumbuhan antimikroba, guna meningkatkan efektivitas penghambatan pertumbuhan mikroorganisme dan menerapkan hasil penelitian ini pada skala industri pengolahan ikan sebagai inovasi kemasan ramah lingkungan yang dapat menekan limbah plastik dan memanfaatkan limbah perikanan secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., I. M. D. Swantara, and I. N. Suartha. 2015. "Isolasi Kitin, Karakterisasi, dan Sintesis Kitosan dari Kulit Udang." *Jurnal Kimia* 9(2):271-278.
- Anward, G., Hidayat, and Y. Nur Rokhati. 2013. "Pengaruh Konsentrasi serta Penambahan Gliserol terhadap Karakteristik Film Alginat dan Kitosan." *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 2(3):51–56.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Standar Nasional Indonesia: Kitosan—Syarat Mutu dan Pengolahan*.

- Dalle, D., H. Natsir, and S. Dali. 2021. "Analisis Total Volatile Base (TVB) dan Uji Organoleptik Nugget Ikan dengan Penambahan Kitosan 2,5%." *Indonesian Journal of Chemical Analysis* 4(1):1–10. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol4.is1.art1>.
- Dangur, S. T., N. H. G. Kallau, and D. A. Wuri. 2020. "Pengaruh Infusa Daun Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Preservatif Alami terhadap Kualitas Daging Babi." *Jurnal Kajian Veteriner* 8(1):1–23. <https://doi.org/10.35508/jkv.v8i1.2241>.
- Dompeipen, E. J., M. Kaimudin, and R. P. Dewa. 2016. "Isolasi Kitin dan Kitosan dari Limbah Kulit Udang." *Majalah BIAM* 12(1):32–38.
- Griffiths, W., and G. DeCosemo. 1994. "The Assessment of Bioaerosols: A Critical Review." *Journal of Aerosol Science* 25(8):1425–1458. [https://doi.org/10.1016/0021-8502\(94\)90218-6](https://doi.org/10.1016/0021-8502(94)90218-6).
- Indra, M. R., M. Sukrino, and K. Rahman. 2015. "Pengaruh Edible Coating dari Kitosan terhadap Mutu Fillet Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Disimpan pada Suhu Rendah." *Jurnal Online Mahasiswa Faperika*. <https://jom.unri.ac.id/index.php/jomfaperika/article/download/7165/6848>.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2021. *Statistik Ekspor Hasil Perikanan Tahun 2016–2020*. <https://kkp.go.id>.
- Kinasih, T. H., W. Sumarni, and E. B. Susatyo. 2019. "Pemanfaatan Cangkang Kepiting Bakau dan Plasticizer Gliserol sebagai Edible Coating Buah Jambu Biji Merah." *Jurnal MIPA* 42(1):7–15.
- Laili, I. N., S. Sukardi, and N. Harini. 2019. "Karakteristik Fisik Kimia Kitosan dari Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) melalui Proses Deasetilasi dengan Variasi Konsentrasi NaOH dan Waktu Ekstraksi serta Aplikasinya sebagai Pengawet Alami pada Fillet Ikan Nila." *Food Technology and Halal Science Journal* 2(1):154. <https://doi.org/10.22219/fths.v2i1.12972>.

- Lestari, S., A. Baehaki, and I. M. Rahmatullah. 2020. "Pengaruh Kondisi Post Mortem Ikan Patin (*Pangasius djambal*) dengan Kematian Menggelepar yang Disimpan pada Suhu Berbeda terhadap Mutu Filletnya." *Jurnal Fishtech* 9(1):34–44. <https://doi.org/10.36706/fishtech.v9i1.11005>.
- Loppies, C. R. M., D. A. N. Apituley, R. B. D. Sormin, and B. Setha. 2021. "Kandungan Mioglobin Ikan Tuna (*Thunnus albacares*) dengan Pemakaian Karbon Monoksida dan Filter Smoke selama Penyimpanan Beku." *Inasua: Jurnal Teknologi Hasil Perikanan* 1(1):12–20. <https://doi.org/10.30598/jinasua.2021.1.1.12>.
- Mahatmanti, F. W., E. Kusumastuti, J. Jumaeri, M. Sulistyani, A. Susiyanti, U. Haryati, and P. S. Dirgantari. 2022. "Pembuatan Kitin dan Kitosan dari Limbah Cangkring Udang sebagai Upaya Memanfaatkan Limbah Menjadi Material Maju." *Inovasi Kimia* 1:1–38. <https://doi.org/10.15294/ik.v1i1.60>.
- Naiu, A. S., L. Mile, and T. Rondonuwu. 2022. "Pengaruh Konsentrasi Larutan Edible Coating Kitosan–Air Kelapa dan Lama Penyimpanan terhadap Mutu Fillet Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*).\" *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan* 11(1):1–10.
- Nurhikmawati, F., M. Manurung, and A. A. I. A. M. Laksmiwati. 2014. "Penggunaan Kitosan dari Limbah Kulit Udang sebagai Inhibitor Keasaman Tuak." *Jurnal Kimia* 8(2):191–197.
- Nurilmala, M., N. Nurjanah, A. Fatriani, A. R. Indarwati, and R. M. Pertiwi. 2022. "Kemunduran Mutu Ikan Baronang (*Siganus javus*) pada Penyimpanan Suhu Chilling." *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan* 12(1):93–101. <https://doi.org/10.24319/jtpk.12.93-101>.
- Oliveira, M., B. K. Tiwari, and G. Duffy. 2020. "Emerging Technologies for Aerial Decontamination of Food Storage Environments to Eliminate Microbial Cross-Contamination." *Foods* 9(12):1779. <https://doi.org/10.3390/foods9121779>.

- Rachmawati, S., Sumardianto, and Romadhon. 2016. "Potensi Ekstrak *Caulerpa racemosa* sebagai Antibakteri pada Fillet Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) selama Penyimpanan Dingin." *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 5(2).
- Roth, Y., and S. Jerry. 2003. "Feasibility of Aerosol Vaccination in Humans." *Otolaryngology–Head and Neck Surgery* 112(3). <https://doi.org/10.1177/000348940311200313>.
- Setha, B., F. Rumata, and B. Sillaban. 2019. "Karakteristik Kitosan dari Kulit Udang Vaname dengan Variasi Suhu dan Waktu dalam Proses Deasetilasi." *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 22(3):498–507.
- Silvia, R., S. W. Waryani, and F. Hanum. 2015. "Pemanfaatan Kitosan dari Cangkang Rajungan (*Portunus sanguinolentus*) sebagai Pengawet Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*) dan Ikan Lele (*Clarias batrachus*)." *Jurnal Teknik Kimia USU* 3(4):18–24. <https://doi.org/10.32734/jtk.v3i4.1651>.
- Suhandana, M., and T. Nurhayati. 2018. "Total Volatile Base, Glycogen, Cathepsin, and Water Holding Capacity of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) on Deterioration Phase." *Marinade* 1(1):27–35. <https://doi.org/10.31629/marinade.v1i01.829>.
- Suptijah, P., Y. Gushagia, and D. R. Sukarsa. 2008. "Kajian Efek Daya Hambat Kitosan terhadap Kemunduran Mutu Fillet Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*) pada Penyimpanan Suhu Ruang." *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 11:89–101.
- Vatria, B., V. Primadini, and K. Novalina. 2021. "Pemanfaatan Limbah Kulit Udang sebagai Edible Coating Kitosan dalam Menghambat Kemunduran Mutu Fillet Ikan Kakap Skinless." *Manfish Journal* 1(3):174–182. <https://doi.org/10.31573/manfish.v1i03.307>.
- Widyasari, R. A. H. E., J. Haluan, and E. S. Heruwati. 2007. "Pengaruh Pengawetan Menggunakan Biji Picung (*Pangium edule* Reinw.) terhadap Kesegaran dan Keamanan Ikan Kembung (*Rastrelliger brachysoma*)." <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/9892>.

Wulandari, K., R. Sulistijowati, and L. Mile. 2015. "Kitosan Kulit Udang Vaname sebagai Edible Coating pada Bakso Ikan Tuna." *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan* 3(3):118–121.

<https://core.ac.uk/download/pdf/233374314.pdf>.

Zahiruddin, W., and A. Ariesta. 2018. "Karakteristik Mutu dan Kelarutan Kitosan dari Ampas Silase Kepala Udang Windu (*Penaeus monodon*).\" *Jurnal Perikanan* 11:140–151.