

BAB IV

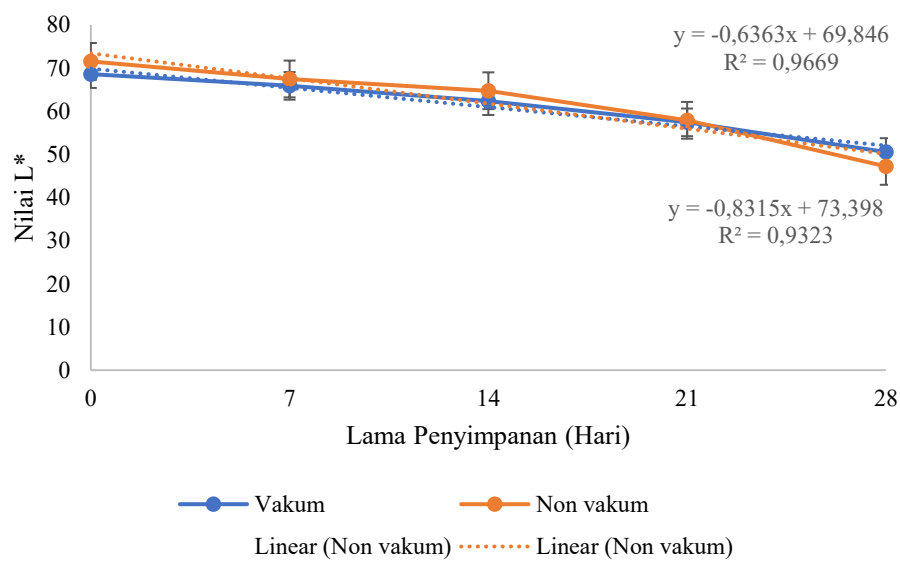
HASIL DAN PEMBAHASAN

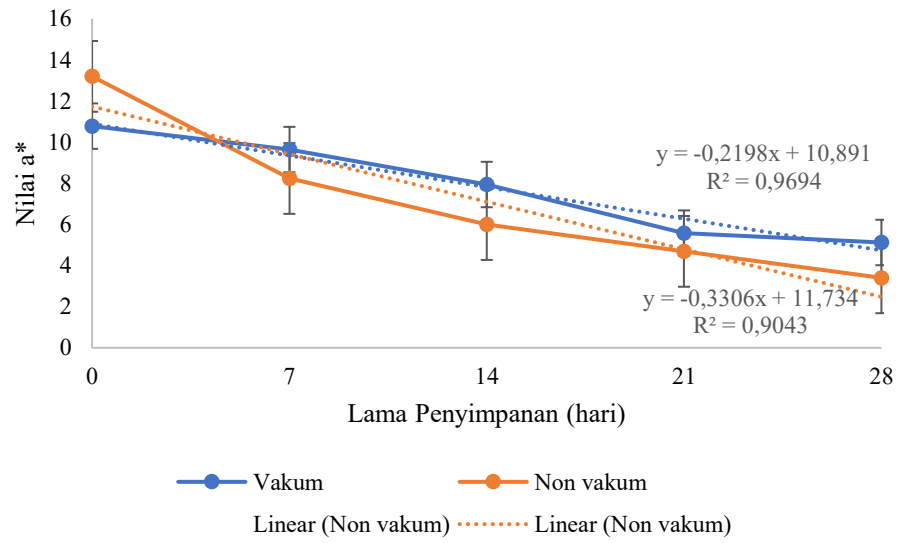
4.1. Warna

Perubahan warna sambal ikan manyung asap selama penyimpanan menunjukkan adanya penurunan kecerahan serta perubahan intensitas warna pada kedua perlakuan kemasan. Secara umum, kemasan vakum mampu mempertahankan stabilitas warna lebih baik dibandingkan non vakum. Perubahan dimungkinkan berkaitan dengan reaksi oksidasi dan pencoklatan non-enzimatis yang berlangsung selama penyimpanan. Hal ini sesuai dengan Maryati (2025) bahwa penyimpanan ikan asap dalam kemasan vakum mempertahankan warna lebih stabil, sementara non vakum menunjukkan pudar lebih cepat sejak hari ke-11 akibat degradasi lipid dan pertumbuhan mikroba. Untuk mengetahui perubahan warna yang terjadi secara lebih spesifik, analisis selanjutnya diuraikan berdasarkan masing-masing parameter warna (L^* , a^* , b^*) yang diamati selama penyimpanan. Hasil analisis nilai warna (L^* , a^* , b^*) ikan manyung asap dengan kemasan *retort pouch* vakum dan non vakum dapat dilihat pada Tabel 2. dan Ilustrasi 8, 9, 10.

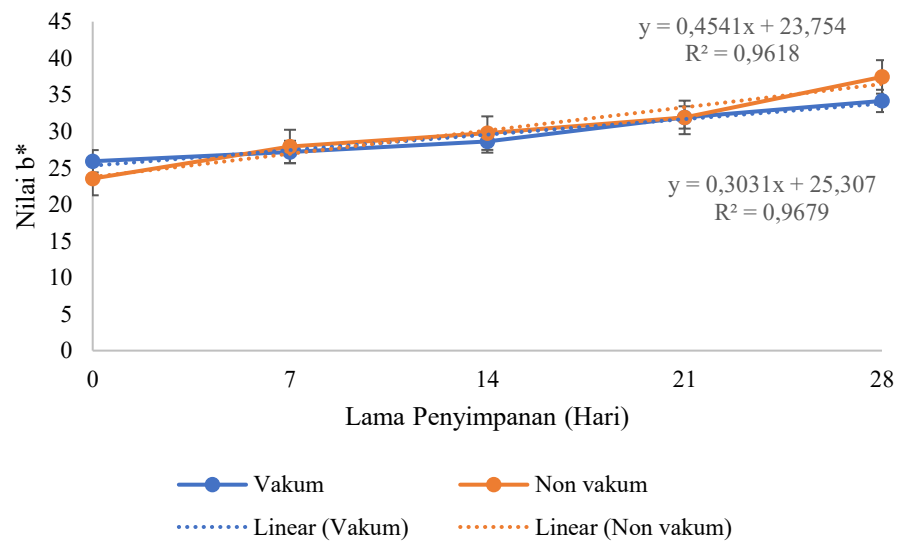
Tabel 2. Nilai L*, a*, b* Ikan Manyung Asap Selama Penyimpanan

Parameter	Perlakuan	Warna (L*, a*, b*)				
		Hari 0	Hari 7	Hari 14	Hari 21	Hari 28
L*	Vakum	68,58 ± 2,49	65,85 ± 2,56	62,31 ± 2,16	57,4 ± 3,45	50,53 ± 6,31
	Non vakum	71,52 ± 2,74	67,45 ± 0,95	64,73 ± 1,02	57,88 ± 4,16	47,2 ± 5,07
a*	Vakum	10,78 ± 0,15	9,64 ± 1,45	7,94 ± 1,03	5,58 ± 0,8	5,12 ± 0,74
	Non vakum	13,2 ± 3,35	8,24 ± 1,13	6 ± 0,5	4,69 ± 1,48	3,4 ± 1,19
b*	Vakum	25,91 ± 1,36	27,18 ± 0,34	28,61 ± 1,12	31,9 ± 1,84	34,16 ± 1,3
	Non vakum	23,54 ± 2,45	27,92 ± 0,56	29,75 ± 1,08	31,91 ± 2,19	37,44 ± 2,94

Ilustrasi 8. Grafik *Lightness* Ikan Manyung Asap Selama Penyimpanan



Ilustrasi 9. Grafik a^* Ikan Manyung Asap Selama Penyimpanan



Ilustrasi 10. Grafik b^* Ikan Manyung Asap Selama Penyimpanan

Berdasarkan Tabel 2. dan Ilustrasi 8. nilai L^* mengalami penurunan selama penyimpanan hingga hari ke-28 pada kedua perlakuan. Penurunan ini menunjukkan

terjadinya penggelapan warna produk seiring waktu simpan. Pada perlakuan vakum, nilai L^* menurun dari $68,58 \pm 2,49$ menjadi $50,53 \pm 6,31$ pada hari ke-28. Sementara itu, pada perlakuan non vakum, nilai L^* turun dari $71,52 \pm 2,74$ menjadi $47,2 \pm 5,07$. Persamaan regresi pada kemasan vakum adalah $y = -0,6363x + 69,846$ dengan $R^2 = 0,9669$, sedangkan pada kemasan non vakum adalah $y = -0,8315x + 73,3975$ dengan $R^2 = 0,9323$. Nilai R^2 menunjukkan pola penurunan L^* selama penyimpanan dapat dijelaskan dengan baik oleh model regresi terhadap waktu simpan. Nilai slope yang negatif pada kedua perlakuan menunjukkan bahwa kecerahan produk menurun seiring bertambahnya lama penyimpanan. Besarnya slope pada kemasan non vakum yang lebih tinggi secara absolut menunjukkan laju penurunan kecerahan yang lebih cepat dibandingkan kemasan vakum. Produk mengalami penggelapan warna (*darkening*) seiring bertambahnya waktu simpan. Penurunan kecerahan mungkin terjadi dipengaruhi oleh reaksi pencoklatan non-enzimatis seperti reaksi *Maillard* serta oksidasi lipid yang menghasilkan pigmen berwarna gelap. Reaksi *Maillard* terjadi antara gugus karbonil dari gula pereduksi dan gugus amina dari protein atau asam amino akan mengurangi nilai L^* (Fadhillah *et al.*, 2024). Produk sambal ikan manyung asap memiliki kandungan protein tinggi dari ikan serta komponen gula dan hasil degradasi karbohidrat dari bumbu, sehingga sangat memungkinkan terjadinya reaksi *Maillard* selama penyimpanan suhu ruang. Reaksi ini menghasilkan senyawa melanoidin yang berwarna coklat gelap dan menyebabkan penurunan nilai L^* (Darniadi *et al.*, 2021).

Pemanasan suhu tinggi dapat mempercepat reaksi pencoklatan serta degradasi pigmen alami, sehingga selama penyimpanan reaksi lanjutan tetap

berlangsung walaupun dengan laju yang lebih lambat. Oksidasi lemak juga berperan dalam pembentukan pigmen sekunder yang mempergelap warna produk (Aprialdi *et al.*, 2024). Ikan manyung sebagai bahan baku memiliki kandungan lemak yang rentan terhadap oksidasi, terutama jika terdapat oksigen residu dalam kemasan. Selama penyimpanan, senyawa karbonil yang dihasilkan dari degradasi gula dan protein serta oksidasi lipid dapat bereaksi dengan gugus amino dan mengalami polimerisasi menjadi melanoidin berwarna gelap (Wang *et al.*, 2023). Perbandingan antara perlakuan vakum dan non vakum menunjukkan bahwa penurunan nilai L^* pada kemasan non vakum cenderung lebih besar dibandingkan vakum pada akhir penyimpanan. Hal ini disebabkan karena keberadaan oksigen dalam kemasan non vakum mempercepat reaksi oksidatif dan pembentukan pigmen coklat. Hasil sejalan dengan prinsip bahwa pengurangan oksigen dalam sistem pangan dapat memperlambat degradasi warna dan mempertahankan mutu visual produk (Mutiar *et al.*, 2025).

Koordinat warna merah hijau (a^*) berdasarkan Tabel 2. Ilustrasi 9. mengalami penurunan selama penyimpanan suhu ruang hingga hari ke-28. Pada perlakuan vakum, nilai a^* menurun dari $10,78 \pm 0,15$ pada hari ke-0 menjadi $5,12 \pm 0,74$ pada hari ke-28. Sementara itu, pada perlakuan non vakum, nilai a^* turun dari $13,2 \pm 3,35$ menjadi $3,4 \pm 1,19$ pada akhir penyimpanan. Persamaan regresi pada kemasan vakum yaitu $y = -0,2198x + 10,8905$ dengan $R^2 = 0,9694$, sedangkan pada kemasan non vakum yaitu $y = -0,3306x + 11,7335$ dengan $R^2 = 0,9043$. Nilai R^2 menunjukkan pola penurunan a^* selama penyimpanan dapat dijelaskan dengan baik oleh model regresi terhadap waktu simpan. Nilai slope negatif menunjukkan bahwa

intensitas warna merah menurun selama penyimpanan. Penurunan nilai a^* terlihat lebih nyata pada interval hari ke-14 hingga hari ke-21 terutama pada perlakuan non vakum yang mengindikasikan adanya peningkatan laju penurunan intensitas warna merah pada periode tersebut. Warna merah pada ikan manyung asap dipengaruhi oleh proses pengasapan seperti senyawa karbonil dan fenolik yang berkontribusi terhadap pembentukan warna coklat kemerahan melalui reaksi pencoklatan non-enzimatis, serta kandungan pigmen karotenoid dari cabai yang digunakan dalam formulasi produk sambal. Ikan manyung memiliki kandungan mioglobin yang relatif rendah (<1 mg/g) sehingga kontribusi pigmen heme terhadap warna merah tidak dominan, meskipun terdapat lapisan otot merah di bawah kulit yang tetap mengandung myoglobin (Putra dan Laksono, 2022). Pada kultivar *Capsicum annum*, intensitas warna merah terutama disumbangkan oleh pigmen capsantin dan capsorubin (Alpindo, 2016). Karotenoid diketahui sangat sensitif terhadap oksigen, cahaya, dan suhu. Oksidasi karotenoid selama penyimpanan menyebabkan terjadinya pemudaran warna merah-oranye secara bertahap akibat pemutusan ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur molekulnya (Ilmia S., 2023). Penurunan nilai a^* yang lebih besar pada perlakuan non vakum menunjukkan bahwa keberadaan oksigen dalam kemasan mempercepat oksidasi karotenoid.

Koordinat warna kuning biru (b^*) berdasarkan Tabel 2. dan Ilustrasi 10. diketahui bahwa nilai b^* mengalami peningkatan selama penyimpanan suhu ruang hingga hari ke-28. Pada perlakuan vakum, nilai b^* meningkat dari 23,54 pada hari ke-0 menjadi $34,16 \pm 1,3$ pada hari ke-28. Sementara itu, pada perlakuan non vakum, nilai b^* naik dari 25,91 menjadi $37,44 \pm 2,94$ pada akhir penyimpanan.

Persamaan regresi $y = 0,3031x + 25,307$ dengan $R^2 = 0,9679$ pada kemasan vakum dan $y = 0,4541x + 23,754$ dengan $R^2 = 0,9618$ pada kemasan non vakum. Nilai R^2 menunjukkan pola peningkatan b^* selama penyimpanan dapat dijelaskan dengan baik oleh model regresi terhadap waktu simpan. Nilai slope positif menunjukkan bahwa intensitas warna kuning meningkat seiring bertambahnya lama penyimpanan. Peningkatan nilai b^* terlihat lebih nyata setelah hari ke-14 hingga hari ke-28 terutama pada perlakuan non vakum yang mengindikasikan adanya peningkatan laju perubahan warna pada periode tersebut. Peningkatan nilai b^* selama penyimpanan dapat disebabkan oleh reaksi pencokelatan non-enzimatis, khususnya reaksi *Maillard* yang terjadi antara gugus karbonil dari gula pereduksi dan gugus amina dari protein atau asam amino (Trimedona *et al.*, 2026). Akumulasi senyawa melanoidin berkontribusi terhadap peningkatan intensitas warna kuning hingga coklat (El Hosry *et al.*, 2025) yang tercermin dari meningkatnya nilai b^* . Selain reaksi *Maillard*, oksidasi lipid selama penyimpanan juga dapat menghasilkan senyawa karbonil yang berkontribusi terhadap pembentukan pigmen coklat sekunder. Keberadaan oksigen pada perlakuan non vakum memungkinkan reaksi oksidatif berlangsung lebih intensif, sehingga peningkatan nilai b^* cenderung lebih tinggi dibandingkan perlakuan vakum.

Secara keseluruhan, tingginya nilai R^2 pada ketiga parameter warna menunjukkan bahwa perubahan warna sambal ikan manyung asap selama penyimpanan mengikuti pola linear yang kuat, dan kemasan vakum cenderung lebih mampu memperlambat laju perubahan warna dibandingkan kemasan non vakum (Mutiar *et al.*, 2025). Keterkaitan antar parameter L^* , a^* , dan b^* menunjukkan

bahwa perubahan warna sambal ikan manyung asap selama penyimpanan berlangsung secara simultan sebagai respons terhadap reaksi kimia dalam produk. Penurunan nilai L^* yang mencerminkan berkurangnya kecerahan umumnya diikuti oleh perubahan nilai a^* dan b^* , yang menunjukkan pergeseran intensitas warna merah dan kuning pada produk. Kondisi produk selama penyimpanan terjadi karena proses oksidasi pigmen, degradasi senyawa warna alami cabai, serta kemungkinan reaksi pencoklatan non-enzimatis yang menyebabkan warna produk menjadi semakin kusam, kurang cerah, dan cenderung berubah ke arah coklat gelap (Ilmia S., 2023). Pada kemasan vakum, laju perubahan ketiga parameter tersebut cenderung lebih lambat karena jumlah oksigen di dalam kemasan lebih rendah, sehingga reaksi oksidatif yang memengaruhi stabilitas pigmen merah-kuning sambal dapat ditekan.

4.2. Tekstur

Selama penyimpanan, tekstur ikan manyung asap cenderung mengalami perubahan yang ditandai dengan penurunan kekerasan dan perubahan elastisitas akibat proses degradasi komponen penyusun jaringan terutama protein dan matriks jaringan ikan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Setyastuti *et al.* (2021) bahwa semakin lama waktu penyimpanan, struktur morfologi daging ikan mengalami perubahan yang ditandai dengan munculnya benang-benang miosin akibat proses penyimpanan. Kondisi ini menyebabkan integritas jaringan otot terganggu karena sarkolema pada miofibril mulai terbuka sehingga struktur jaringan menjadi rusak. Untuk mengetahui perubahan tekstur yang terjadi secara lebih rinci, analisis

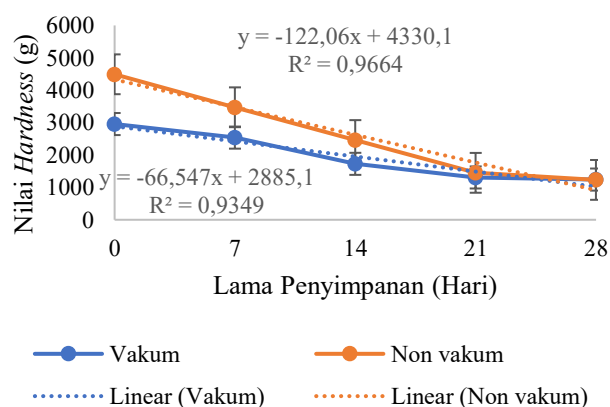
selanjutnya diuraikan berdasarkan masing-masing parameter tekstur yang diamati, yaitu *hardness*, *cohesiveness*, dan *springiness* selama periode penyimpanan.

4.2.1. *Hardness* (Kekerasan)

Parameter *hardness* atau kekerasan merupakan indikator gaya maksimum yang diperlukan untuk memberikan tekanan pada sampel pada kompresi pertama, mencerminkan ketahanan struktural produk terhadap gaya mekanik. *Hardness* pada ikan manyung asap sangat dipengaruhi oleh kepadatan serabut otot, kadar air, serta kondisi protein fungsional dalam jaringan daging setelah melalui proses sterilisasi komersial. Hasil analisis nilai *hardness* ikan manyung asap dengan kemasan *retort pouch* vakum dan non vakum dapat dilihat pada Tabel 3. dan Ilustrasi 11.

Tabel 3. Nilai *Hardness* Ikan Manyung Asap Selama Penyimpanan

Perlakuan	<i>Hardness</i>				
	Hari 0	Hari 7	Hari 14	Hari 21	Hari 28
Vakum	2955,68 ± 714,98	2536,66 ± 862,69	1726,57 ± 376,779	1306,57 ± 138,591	1241,46 ± 169,909
Non vakum	4491,34 ± 973,233	3473,19 ± 1277,48	2461,22 ± 1235	1449,3 ± 133,576	1231,2 ± 98,72



Ilustrasi 11. Grafik *Hardness* Ikan Manyung Asap Selama Penyimpanan

Berdasarkan hasil pengujian tekstur yang disajikan pada Tabel 3. dan Ilustrasi 11. perubahan *hardness* selama penyimpanan, diketahui bahwa nilai *hardness* ikan manyung asap mengalami penurunan selama 28 hari penyimpanan, baik pada perlakuan kemasan *retort pouch* vakum maupun non vakum. Pada awal penyimpanan (hari ke-0), sampel dengan kemasan non vakum memiliki nilai *hardness* yang lebih tinggi yaitu $4491,34 \pm 973,233$, sedangkan sampel dengan kemasan vakum sebesar $2955,68 \pm 714,98$ yang menunjukkan bahwa struktur jaringan daging ikan pada awal penyimpanan masih relatif kompak dan memiliki daya tahan terhadap gaya tekan. Persamaan regresi pada kemasan vakum adalah $y = -66,5471x + 2885,0914$ dengan $R^2 = 0,9349$, sedangkan pada kemasan non vakum adalah $y = -122,0595x + 4330,0847$ dengan $R^2 = 0,9664$. Slope negatif menunjukkan bahwa kekerasan produk menurun seiring bertambahnya waktu simpan. Seiring bertambahnya waktu penyimpanan hingga hari ke-28, kedua perlakuan menunjukkan penurunan nilai *hardness* secara bertahap. Studi oleh Ahmad *et al.*, (2024) menjelaskan bahwa penyimpanan yang lebih lama dapat menyebabkan penurunan kualitas tekstur pada ikan asap. Perubahan *hardness* ikan asap dari kondisi keras menjadi lebih lembek menunjukkan terjadinya penurunan mutu yang umumnya juga disertai dengan perubahan warna serta penampakan fisik (Mbalur *et al.*, 2022).

Penurunan nilai *hardness* disebabkan oleh hilangnya kelembapan dan degradasi struktur jaringan akibat aktivitas enzimatis dan mikroba (Putri *et al.*, 2025). Selama penyimpanan, terjadi migrasi air dari bagian jaringan otot ke ruang

antar serat serta penetrasi minyak dari matriks sambal ke dalam jaringan daging. Proses ini menyebabkan struktur serat otot menjadi lebih renggang sehingga kekompakan jaringan berkurang dan tekstur menjadi lebih lunak. Perubahan *hardness* berkaitan dengan degradasi protein miofibril pada jaringan ikan. Degradasi protein struktural seperti aktin dan miosin selama penyimpanan ikan, baik oleh enzim residual maupun mikroorganisme, menyebabkan kepadatan jaringan otot menurun dan tekstur menjadi lebih lunak (Junianto *et al.*, 2025) . Aktivitas mikroba menguraikan protein menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga kemampuan protein dalam mengikat air menurun dan mengakibatkan tekstur produk menjadi lebih lunak (Ahmad *et al.*, 2024). Degradasi protein tersebut menyebabkan melemahnya ikatan antar serat otot sehingga kemampuan jaringan untuk mempertahankan struktur rigidnya menurun. Fenomena ini sejalan dengan penelitian Maryati (2025) yang menyatakan bahwa selama penyimpanan produk ikan asap terjadi kerusakan struktur jaringan otot akibat degradasi protein, sehingga tekstur produk menjadi lebih lunak dan mudah terdeformasi.

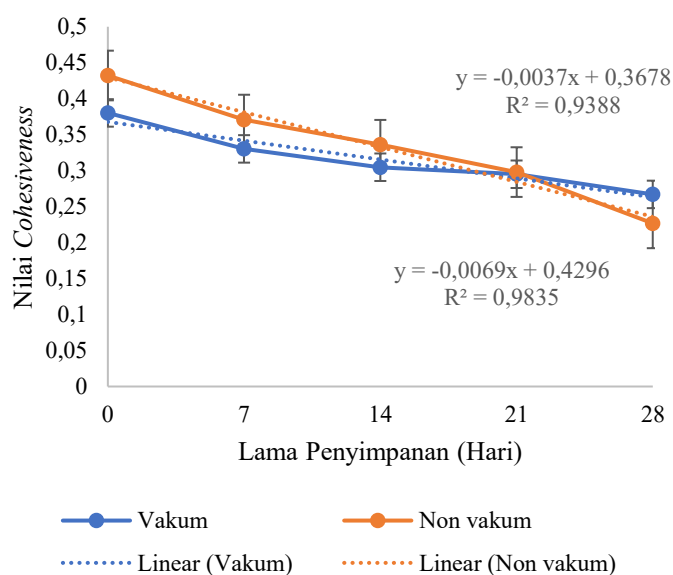
4.2.2. Cohesiveness (Kekompakan)

Uji *cohesiveness* atau kohesivitas dilakukan untuk mengukur seberapa kuat ikatan internal dalam struktur jaringan daging ikan manyung asap setelah mengalami deformasi pertama. Parameter ini merepresentasikan kekompakan antar partikel penyusun produk yang sangat bergantung pada integritas protein miofibril dan kekuatan matriks otot ikan. Hasil analisis nilai *cohesiveness* ikan manyung asap

dengan kemasan *retort pouch* vakum dan non vakum dapat dilihat pada Tabel 4. dan Ilustrasi 12.

Tabel 4. Nilai *Cohesiveness* Ikan Manyung Asap Selama Penyimpanan

Perlakuan	<i>Cohesiveness</i>				
	Hari 0	Hari 7	Hari 14	Hari 21	Hari 28
Vakum	$0,38 \pm 0,06$	$0,33 \pm 0,01$	$0,30 \pm 0,03$	$0,29 \pm 0,03$	$0,27 \pm 0,02$
Non vakum	$0,43 \pm 0,03$	$0,37 \pm 0,05$	$0,34 \pm 0,05$	$0,29 \pm 0,04$	$0,23 \pm 0,03$



Ilustrasi 12. Grafik *Cohesiveness* Ikan Manyung Asap Selama Penyimpanan

Berdasarkan hasil pengujian tekstur yang disajikan pada Tabel 4. dan Ilustrasi 12. nilai *cohesiveness* ikan manyung asap menunjukkan tren penurunan selama 28 hari penyimpanan, baik pada perlakuan kemasan vakum maupun non vakum. Data menunjukkan bahwa nilai *cohesiveness* tertinggi terdapat pada awal penyimpanan (hari ke-0), yaitu sebesar $0,38 \pm 0,06$ pada kemasan vakum dan $0,43 \pm 0,03$ pada kemasan non vakum yang menunjukkan bahwa pada kondisi awal struktur jaringan

daging ikan masih memiliki daya ikat internal relatif kuat sehingga mampu mempertahankan integritasnya ketika mengalami deformasi. Seiring bertambahnya waktu penyimpanan, nilai *cohesiveness* mengalami penurunan secara bertahap hingga mencapai nilai terendah pada hari ke-28, yaitu sebesar $0,27 \pm 0,02$ pada kemasan vakum dan $0,23 \pm 0,03$ pada kemasan non vakum. Persamaan regresi pada kemasan vakum adalah $y = -0,003739x + 0,3678$ dengan $R^2 = 0,9388$, sedangkan pada kemasan non vakum adalah $y = -0,006914x + 0,4296$ dengan $R^2 = 0,9835$. Nilai slope yang negatif menunjukkan bahwa kemampuan produk mempertahankan integritas internalnya menurun selama penyimpanan. Penurunan nilai *cohesiveness* menunjukkan bahwa kemampuan struktur internal produk untuk mempertahankan bentuknya semakin berkurang selama penyimpanan. Penurunan kemampuan ekstraksi protein dan denaturasi protein selama penyimpanan menurunkan *cohesiveness* (Setyastuti *et al.*, 2021).

Penurunan *cohesiveness* berkaitan erat dengan perubahan struktur jaringan ikan yang terjadi selama proses pengolahan dan penyimpanan. Hal ini sesuai dengan pendapat Fadhillah *et al.* (2024) yang menyatakan angka *cohesiveness* yang menurun disebabkan gelatinisasi kolagen otot dan destruksi sel otot selama pemasakan. Penurunan nilai *cohesiveness* selama penyimpanan disebabkan oleh degradasi protein struktural pada jaringan otot ikan. Kerusakan pada struktur sarkomer tersebut menyebabkan berkurangnya kekuatan ikatan antar serat otot sehingga jaringan menjadi kurang kompak dan mudah terpecah ketika diberikan tekanan mekanik. Kondisi ini menunjukkan bahwa degradasi protein miofibril berkaitan erat dengan penurunan atribut tekstur seperti kohesivitas pada produk

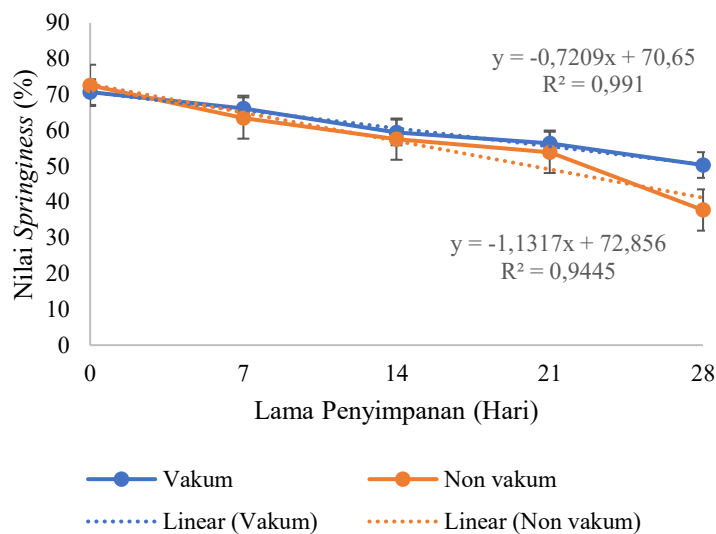
ikan selama penyimpanan (Yao dan Xie, 2026). Selain degradasi protein, penurunan *cohesiveness* selama penyimpanan juga berkaitan dengan perubahan distribusi air di dalam jaringan otot. Migrasi air dari ruang antar miofibril menuju permukaan otot selama penyimpanan menyebabkan terbentuknya ruang kosong antar serat otot, sehingga struktur jaringan menjadi lebih longgar dan kekompakan jaringan otot berkurang (Suyatno, 2022). Perubahan mikrostruktur ini menurunkan kemampuan jaringan dalam mempertahankan bentuk dan kekompakan internalnya, sehingga nilai kohesivitas produk cenderung menurun seiring bertambahnya waktu penyimpanan (Xiong *et al.*, 2025).

4.2.3. *Springiness* (Kelenturan)

Parameter *springiness* merupakan salah satu indikator penting dalam pengujian tekstur yang menggambarkan kemampuan sampel untuk kembali ke bentuk semula setelah gaya tekan pertama dilepaskan. Perubahan nilai *springiness* yang teramati memberikan gambaran mengenai sejauh mana degradasi komponen struktural terjadi akibat pengaruh jenis pengemasan dan durasi penyimpanan pada suhu ruang. Hasil analisis nilai *springiness* ikan manyung asap dengan kemasan *retort pouch* vakum dan non vakum dapat dilihat pada Tabel 5. dan Ilustrasi 13.

Tabel 5. Nilai *Springiness* Ikan Manyung Asap Selama Penyimpanan

Perlakuan	<i>Springiness</i>				
	Hari 0	Hari 7	Hari 14	Hari 21	Hari 28
Vakum	70,67 ± 9,08	66,08 ± 5,74	59,39 ± 5,27	56,35 ± 5,38	50,3 ± 2,99
Non vakum	72,55 ± 6,19	63,42 ± 5,19	57,53 ± 4,44	53,83 ± 6,4	37,74 ± 4,33



Ilustrasi 13. Grafik *Springiness* Ikan Manyung Asap Selama Penyimpanan

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 5. dan Ilustrasi 13. nilai *springiness* ikan manyung asap menunjukkan kecenderungan penurunan selama 28 hari penyimpanan, baik pada perlakuan kemasan vakum maupun non vakum. Pada awal penyimpanan (hari ke-0), nilai *springiness* berada pada tingkat tertinggi yaitu sebesar $70,67 \pm 9,08$ pada kemasan vakum dan $72,55 \pm 6,19$ pada kemasan non vakum yang menunjukkan bahwa pada kondisi awal, jaringan daging ikan masih memiliki elastisitas yang baik sehingga mampu kembali ke bentuk semula setelah mengalami tekanan. Persamaan regresi pada kemasan vakum adalah $y = -0,7209x + 70,6498$ dengan $R^2 = 0,9910$, sedangkan pada kemasan non vakum adalah $y = -1,1317x + 72,8556$ dengan $R^2 = 0,9445$. Nilai slope negatif menunjukkan bahwa elastisitas produk menurun selama penyimpanan. Seiring bertambahnya waktu penyimpanan, nilai *springiness* mengalami penurunan secara bertahap hingga mencapai nilai terendah pada hari ke-28. Penurunan ini

menunjukkan bahwa kemampuan elastis jaringan daging ikan semakin berkurang selama penyimpanan (Setyastuti *et al.*, 2021). Penurunan nilai *springiness* selama penyimpanan menunjukkan adanya perubahan pada struktur jaringan otot ikan yang berkaitan dengan stabilitas protein penyusun. Selama proses pengolahan termal dengan suhu tinggi, terjadi denaturasi protein otot ikan akibat putusnya ikatan hidrogen serta perubahan interaksi hidrofobik struktur sekunder dan tersier, sehingga protein kehilangan konformasi yang teratur dan menjadi lebih terbuka dan longgar (Ciptawati *et al.*, 2021). Perubahan konformasi ini menyebabkan berkurangnya ikatan antar molekul protein yang sebelumnya berfungsi menjaga kekompakan jaringan otot. Selama penyimpanan, terjadi penurunan kadar air produk olahan ikan yang berkaitan erat dengan penurunan WHC, karena air mengalir keluar dari dalam serat otot menuju ruang interstisial dan permukaan, sehingga jaringan otot kehilangan kekompakan dan elastisitasnya (Subuhi *et al.*, 2023). Kondisi ini menyebabkan struktur jaringan menjadi lebih longgar, menurunkan elastisitas, serta membuat produk lebih mudah mengalami deformasi sehingga teksturnya menjadi lebih lembek dan kurang kenyal. Hal ini sejalan dengan penelitian Yu *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa perubahan konformasi protein selama pemanasan dapat menyebabkan struktur protein ikan menjadi lebih longgar disertai peningkatan migrasi air dalam jaringan otot, sehingga menurunkan kemampuan menahan air dan mempengaruhi karakteristik tekstur seperti *springiness*.

Penurunan nilai *springiness* yang terjadi selama penyimpanan menunjukkan pola yang sejalan dengan perubahan parameter tekstur lainnya, yaitu *hardness* dan

cohesiveness. Ketiga parameter tersebut saling berkaitan karena sama-sama merepresentasikan perubahan struktur mekanis jaringan ikan selama penyimpanan. Penurunan *hardness* menunjukkan bahwa jaringan menjadi lebih lunak, sedangkan penurunan *cohesiveness* menandakan melemahnya ikatan internal antar komponen penyusun jaringan. Kombinasi kedua perubahan tersebut pada akhirnya menyebabkan berkurangnya kemampuan jaringan untuk mempertahankan elastisitasnya yang terlihat dari penurunan nilai *springiness*. Perubahan konformasi protein dan migrasi air diketahui memiliki hubungan erat dengan karakteristik tekstur ikan, karena kerusakan jaringan protein miofibril dapat menyebabkan jaringan menjadi lebih longgar dan menurunkan kemampuan menahan air, sehingga mempengaruhi parameter tekstur seperti *hardness*, *cohesiveness*, dan *springiness* (Yu *et al.*, 2022). Penelitian Ramadhan *et al.* (2025) melaporkan bahwa selama penyimpanan *fillet* ikan terjadi penurunan signifikan pada parameter tekstur seperti *hardness*, *springiness*, dan *cohesiveness* yang berkaitan dengan degradasi serat otot akibat aktivitas enzimatis dan mikrobiologis, sehingga tekstur ikan menjadi semakin lunak dan kurang kompak

Secara keseluruhan, hasil analisis tekstur menunjukkan bahwa parameter *hardness*, *cohesiveness*, dan *springiness* pada sambal ikan manyung asap mengalami perubahan selama penyimpanan yang dipengaruhi oleh kondisi pengemasan. Sampel dengan kemasan vakum cenderung menunjukkan stabilitas tekstur yang lebih baik dibandingkan dengan kemasan non vakum. Hal ini berkaitan dengan rendahnya kandungan oksigen dalam kemasan vakum yang mampu menghambat terjadinya reaksi oksidasi lipid selama penyimpanan. Oksidasi lipid

diketahui dapat menghasilkan senyawa peroksida dan produk oksidasi sekunder yang berpotensi merusak struktur protein dan jaringan otot ikan, sehingga menyebabkan melemahnya ikatan antar serat otot dan penurunan sifat mekanis produk. Hasil penelitian Zhang *et al.* (2020) menunjukkan bahwa oksidasi lipid dapat memicu terjadinya oksidasi protein yang berdampak pada kemampuan otot dalam menahan air akibat perubahan struktur dan fungsi protein, terutama pada integritas strukturnya. Dengan demikian, oksidasi lipid dapat dianggap sebagai salah satu faktor eksternal utama yang berperan dalam menurunkan kualitas tekstur ikan. Sebaliknya, pada kemasan non vakum masih terdapat oksigen dalam ruang udara kemasan (*headspace*) yang dapat mempercepat proses oksidasi lipid (Maryati, M., Rumatoras, M.F.K., Sriwijaya, 2025). Kondisi tersebut mempercepat kerusakan komponen struktural jaringan ikan sehingga tekstur produk menjadi lebih lunak, kurang kompak, dan kehilangan elastisitasnya selama penyimpanan. Dengan demikian, penggunaan kemasan vakum pada sistem *retort pouch* berperan penting dalam memperlambat reaksi oksidatif serta membantu mempertahankan karakteristik tekstur sambal ikan manyung asap selama masa simpan.

4.3. Total Plate Count (TPC)

Berdasarkan hasil pengujian, kemasan *retort pouch* vakum dan non vakum memiliki fungsi pertahanan yang cukup untuk melindungi sampel dari mikroba. Hasil pengujian menunjukkan sampai hari ke-28, mikroba yang terdeteksi dalam sambal ikan manyung asap dalam batas SNI. Berikut analisis TPC sambal ikan manyung asap kemasan *retort pouch* vakum dan non vakum selama penyimpanan

28 hari di suhu ruang. Hasil analisis nilai TPC ikan manyung asap dengan kemasan *retort pouch* vakum dan non vakum dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisis Total Mikroba Sambal Ikan Manyung Asap *Retort Pouch* Vakum dan Non Vakum Selama Penyimpanan

Perlakuan	Hari	TPC	Standar SNI	Keterangan
Vakum	Hari 0	$<1 \times 10^3$	1×10^4	MS
	Hari 7	$<1 \times 10^3$	1×10^4	MS
	Hari 14	$<1 \times 10^3$	1×10^4	MS
	Hari 21	$<1 \times 10^3$	1×10^4	MS
	Hari 28	$<1 \times 10^3$	1×10^4	MS
Non vakum	Hari 0	$<1 \times 10^3$	1×10^4	MS
	Hari 7	$<1 \times 10^3$	1×10^4	MS
	Hari 14	$<1 \times 10^3$	1×10^4	MS
	Hari 21	$2,4 \times 10^3$	1×10^4	MS
	Hari 28	$5,4 \times 10^3$	1×10^4	MS

Keterangan: MS (Memenuhi Syarat) dan TM (Tidak Memenuhi). Standar menurut SNI No 4865:2018

Berdasarkan Tabel 6. nilai TPC sebesar 0 CFU/g sejak hari ke-0 hingga hari ke-28 untuk seluruh ulangan. Seluruh sampel dinyatakan Memenuhi Syarat (MS) karena berada di bawah batas maksimum SNI sebesar 1×10^4 CFU/g. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi proses sterilisasi termal dalam kemasan *retort pouch* dan sistem pengemasan vakum efektif dalam menekan pertumbuhan mikroorganisme aerobik selama penyimpanan suhu ruang. Proses vakum mengeluarkan oksigen (O_2) dalam *headspace* kemasan, sehingga menciptakan kondisi yang tidak mendukung respirasi bakteri aerob pembusuk (Hanafi *et al.*, 2021). Oksigen merupakan akseptor elektron utama dalam metabolisme mikroba aerob, sehingga ketiadaannya akan menghambat fase pertumbuhan eksponensial mikroorganisme (Wahyuni *et al.*, 2021). Selain itu, produk telah melalui proses sterilisasi termal dalam kemasan *retort pouch* yang berfungsi menginaktivasi sel vegetatif mikroorganisme. Kombinasi antara sterilisasi termal dan pengemasan

vakum menghasilkan hambatan ganda (*multiple hurdle effect*) terhadap pertumbuhan mikroba. Dengan demikian, kestabilan nilai TPC pada angka nol hingga hari ke-28 menunjukkan bahwa produk tetap aman secara mikrobiologis selama periode penyimpanan tersebut.

Sampel non vakum menunjukkan pola pertumbuhan mikroba yang meningkat seiring bertambahnya waktu simpan. Pada hari ke-0 hingga hari ke-14, nilai TPC masih tercatat 0 CFU/g pada seluruh ulangan, yang menunjukkan bahwa proses sterilisasi awal efektif menekan cemaran mikroba. Namun, pada hari ke-21 mulai terdeteksi pertumbuhan koloni hingga $2,4 \times 10^3$ CFU/g. Peningkatan ini berlanjut pada hari ke-28, dengan nilai $5,4 \times 10^3$ CFU/g. Meskipun terjadi peningkatan jumlah mikroba selama penyimpanan, seluruh sampel non vakum hingga hari ke-28 masih berstatus Memenuhi Syarat (MS) karena belum melampaui ambang batas SNI sebesar 1×10^4 CFU/g. Munculnya pertumbuhan mikroba dapat dikaitkan dengan keberadaan oksigen dalam ruang kemasan (*headspace*). Ketersediaan oksigen memungkinkan mikroorganisme yang tersisa atau mengalami kontaminasi sekunder untuk berkembang selama penyimpanan. Lonjakan nilai TPC pada hari ke-28 yang mendekati batas kritis SNI menunjukkan bahwa tanpa perlakuan vakum, masa simpan produk cenderung lebih pendek apabila penyimpanan dilanjutkan melebihi 28 hari. Faktor waktu penyimpanan dan keberadaan oksigen menjadi determinan utama dalam dinamika pertumbuhan mikroba pada produk (Nur Wahyuni *et al.*, 2021). Hal tersebut disebabkan oleh bakteri-bakteri yang tumbuh (*recovery*) selama penyimpanan, dengan didukung suhu optimal untuk pertumbuhannya selama penyimpanan (Affandi dan Sanjaya, 2020). Mikroba

mesofil tumbuh optimum pada suhu 30°C-40°C. Meskipun masih memenuhi standar, tren peningkatan ini menunjukkan bahwa kemasan non vakum memiliki potensi masa simpan yang lebih pendek dibandingkan vakum.

4.4. *Salmonella sp.*

Evaluasi terhadap sterilitas komersial produk dilakukan melalui uji keberadaan bakteri patogen untuk memvalidasi apakah proses termal yang diberikan telah cukup untuk mengeliminasi mikroba target. *Salmonella sp.* dipilih sebagai indikator karena sifatnya yang patogen dan sensitivitasnya terhadap panas. Penelitian oleh Dora-liyana *et al.* (2023) menunjukkan bahwa *Salmonella sp.* sangat sensitif terhadap pemanasan, sehingga ketiadaan *Salmonella* setelah perlakuan panas termal dapat digunakan sebagai indikator keberhasilan proses sterilisasi produk pangan. Secara rinci, hasil uji *Salmonella sp.* ikan manyung asap dengan kemasan *retort pouch* vakum dan non vakum selama 28 hari penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji *Salmonella sp.* Sambal Ikan Manyung Asap *Retort Pouch* Vakum dan Non Vakum Selama Penyimpanan

Perlakuan	Hari				
	0	7	14	21	28
Vakum	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Non vakum	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif

Berdasarkan hasil pengujian kualitatif terhadap bakteri patogen *Salmonella sp.* yang disajikan pada Tabel 7. diketahui bahwa seluruh sampel baik dengan perlakuan kemasan vakum maupun non vakum menunjukkan hasil negatif sejak hari ke-0 hingga hari ke-28 penyimpanan. Tidak ditemukan adanya pertumbuhan

koloni khas *Salmonella sp.* pada media selektif maupun pada tahap uji konfirmasi biokimia. Hasil ini menunjukkan bahwa produk sambal ikan manyung asap berada dalam kondisi aman dan tidak terkontaminasi oleh bakteri patogen tersebut selama periode penyimpanan suhu ruang. Hasil negatif pada seluruh interval waktu penyimpanan menunjukkan bahwa kombinasi proses sterilisasi termal dan penggunaan kemasan *retort pouch* telah mencapai kondisi sterilitas komersial yang memadai. Proses sterilisasi termal menyebabkan kerusakan komponen sel bakteri sehingga mikroorganisme patogen tidak mampu bertahan hidup (Yuniastri dan Putri, 2018). *Salmonella sp.* merupakan bakteri Gram negatif yang relatif sensitif terhadap perlakuan panas dibandingkan bakteri pembentuk spora. Oleh karena itu, proses *retort* yang dirancang dengan parameter suhu dan waktu yang tepat mampu mengeliminasi bakteri ini secara efektif. Penelitian Sasongko dan Masi (2023) menyatakan bahwa sterilisasi menggunakan kemasan *retort pouch* efektif menginaktivasi bakteri patogen termasuk *Salmonella* melalui mekanisme kerusakan protein seluler akibat pemanasan terkontrol. Selain faktor termal, kemasan *retort pouch* juga berperan sebagai sistem penghalang (*barrier system*) terhadap kontaminasi ulang. Struktur *multilayer* pada *retort pouch* mampu mencegah penetrasi oksigen, uap air, dan mikroorganisme dari lingkungan luar (Ikrawan dan Laverta, 2025). Dengan demikian, tidak terdeteksinya *Salmonella sp.* hingga hari ke-28 menunjukkan bahwa tidak terjadi kontaminasi sekunder selama penyimpanan. Berdasarkan Peraturan BPOM No. 13 Tahun 2019 tentang Batas Maksimal Cemarkan Mikroba dalam Pangan Olahan, parameter *Salmonella sp.* harus menunjukkan hasil negatif dalam 25 gram sampel. Hasil pengujian memenuhi

ketentuan tersebut pada seluruh perlakuan dan waktu penyimpanan. Dengan demikian, baik kemasan vakum maupun non vakum pada penelitian ini mampu mempertahankan keamanan produk dari kontaminasi *Salmonella sp.* selama penyimpanan hingga hari ke-28.

4.5. *Clostridium sp.*

Keamanan mikrobiologis produk pangan berasam rendah atau menengah dalam kemasan sangat bergantung pada efektivitas sterilisasi komersial dalam mengeliminasi spora tahan panas. *Clostridium sp.* digunakan sebagai parameter kritis karena kemampuannya membentuk spora yang dapat bertahan pada suhu tinggi jika proses termal tidak mencapai standar yang ditentukan. Penelitian oleh Azhari *et al.* (2023) melakukan sterilisasi produk olahan ikan cakalang siap saji dengan *retort* menunjukkan bahwa proses termal harus dirancang untuk mencapai reduksi ≥ 12 log spora *Clostridium botulinum*, ketiadaan bakteri ini setelah perlakuan menjadi indikator keberhasilan aplikasi suhu dan tekanan pada alat *retort*. Adapun hasil uji *Clostridium sp.* ikan manyung asap dengan kemasan *retort pouch* vakum dan non vakum selama penyimpanan hari ke-28 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji *Clostridium sp.* Sambal Ikan Manyung Asap *Retort Pouch* Vakum dan Non Vakum Selama Penyimpanan

Hari	Perlakuan	
	Vakum	Non Vakum
Hari ke 28	Negatif	Negatif

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 8. sampel sambal ikan manyung asap baik dengan kemasan vakum maupun non vakum menunjukkan hasil

negatif pada hari ke-28 penyimpanan suhu ruang. Tidak ditemukan pertumbuhan koloni bakteri *Clostridium sp.* pada media selektif maupun pada tahap konfirmasi. Hasil ini menunjukkan bahwa produk berada dalam kondisi aman dari cemaran bakteri anaerob pembentuk spora hingga akhir periode pengamatan. Hasil negatif pada parameter *Clostridium sp.* menjadi aspek penting karena produk dikemas menggunakan kemasan *retort pouch* yang bersifat hermetik dan menciptakan kondisi rendah oksigen. Lingkungan anaerob terutama pada perlakuan vakum, merupakan kondisi ideal bagi pertumbuhan bakteri dari genus *Clostridium*, termasuk spesies patogen seperti *Clostridium botulinum* yang mampu menghasilkan toksin *botulinum* bersifat neurotoksik dan mematikan (Tjampakasari dan Hanifah, 2022). Dengan tidak ditemukannya *Clostridium sp.* menunjukkan bahwa proses sterilisasi termal yang diterapkan telah mencapai tingkat legalitas panas yang memadai untuk menginaktivasi spora bakteri tahan panas. Hasil penelitian ini sejalan dengan Wahyu *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa proses sterilisasi komersial harus mampu menginaktivasi spora *Clostridium botulinum*. Mekanisme inaktivasi terjadi melalui kerusakan struktur protein spora, gangguan sistem enzimatik, serta ketidakmampuan spora untuk berkecambah kembali selama penyimpanan. Berdasarkan Peraturan BPOM No. 13 Tahun 2019 tentang Batas Maksimal Cemaran Mikroba dalam Pangan Olahan, produk pangan dalam kemasan hermetik harus bebas dari cemaran bakteri patogen anaerob, termasuk *Clostridium perfringens* dan mikroorganisme sejenis. Hasil pengujian yang menunjukkan nilai negatif hingga hari ke-28 menandakan bahwa sambal ikan manyung asap telah memenuhi persyaratan keamanan mikrobiologis nasional.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, disimpulkan bahwa perbedaan kemasan *retort pouch* vakum dan non vakum berpengaruh terhadap mutu fisik dan mikrobiologi sambal ikan manyung asap selama penyimpanan suhu ruang hingga 28 hari. Penurunan mutu fisik berupa perubahan warna dan tekstur terjadi lebih cepat pada kemasan non vakum, sedangkan kemasan vakum lebih mampu mempertahankan stabilitas mutu karena minimnya paparan oksigen yang memicu oksidasi dan degradasi struktur produk. Pada parameter mikrobiologi, kemasan vakum menunjukkan nilai *Total Plate Count* (TPC) yang lebih rendah dibandingkan non vakum, serta seluruh perlakuan menunjukkan hasil negatif terhadap *Salmonella sp.* dan *Clostridium sp.*, sehingga produk masih memenuhi aspek keamanan pangan. Meskipun kemasan non vakum memberikan tampilan produk yang lebih penuh dan menarik secara visual, kemasan vakum tetap menjadi perlakuan yang lebih optimal dalam mempertahankan mutu fisik dan keamanan produk selama penyimpanan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan bagi UMKM untuk mempertimbangkan penggunaan kemasan *retort pouch* vakum guna meningkatkan stabilitas mutu dan memperpanjang daya simpan selama distribusi dan

penyimpanan suhu ruang, meskipun kemasan non vakum sebelumnya dipilih karena memberikan tampilan produk yang lebih penuh dan menarik secara visual. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan uji nilai F_0 pada proses *retort* sambal ikan manyung asap untuk memastikan kecukupan proses sterilisasi, mengingat penelitian ini mengacu pada kondisi *retort* dari penelitian sebelumnya. Selain itu, pengujian *Total Plate Count* (TPC) pada produk yang telah disterilisasi menggunakan seri pengenceran yang lebih rendah, yaitu pengenceran 10^{-1} dan 10^{-2} , sehingga jumlah koloni mikroba yang masih sangat rendah pasca-sterilisasi tetap dapat terdeteksi dan dihitung dengan lebih akurat. Selain itu, perlu ditambahkan pengujian mikrobiologi terhadap bakteri *Escherichia coli* sebagai indikator sanitasi dan kontaminasi fekal, sehingga evaluasi keamanan mikrobiologis sambal ikan manyung asap dalam kemasan *retort pouch* dapat dilakukan secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrian, S., Widiyanto, D. I., Iskandar, A., Pangestika, W., & Yusman, D. 2021. Kadar Protein dan Karakteristik Fisik Fishtick Ikan Manyung (*Arius thalassinus*) yang dibalur Coklat. Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan (agrikan UMMU-Ternate), 14(2).
- Affandi, D.R., and Sanjaya, A.P. 2020. Umur Simpan Sambal Pari (*Dasyatis* Sp.) Asap yang Dikemas Jar pada Beberapa Cara Pemasakan dengan Metode Pendugaan Accelerated Shelf-Life Testing (Aslt). J. Teknol. Has. Pertan. 13(2), 111–123.
- Ahmad, Z.A., Lekahena, V.N.J., Laitupa, I.W. 2024. Karakteristik Sensori dan Mikrobiologi Ikan Cakalang Asap pada Penyimpanan Suhu Ruang Menggunakan Kemasan Vakum. J. Biosaintek 6(1), 61–75.
- Alamu, O.E., Teeken, B., Ayetigbo, O., Adesokan, M., Kayondo, I., Chijioke, U., Madu, T., Okoye, B., Abolore, B., Njoku, D., Rabbi, I., Egesi, C., Ndjouenkeu, R., and Bouniol, A. 2023. Establishing the Linkage Between Eba ' S Instrumental and Sensory Descriptive Pro Fi Les and Their Correlation with Consumer Preferences : Implications For Cassava Breeding. J. Sci. Food Agric. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12518>.
- Alpindo, A. 2016. Peningkatan Kualitas Sambal Fermentasi Melalui Penambahan Garam dan Bahan Penstabil Improving. Agritepa 3(1).
- Anjelifa, R., Rusidah, Y., Kurnia, S.D., Sholikhati, A., Mundriyastutik, Y. 2025. Isolation and Identification of Salmonella Sp . on Broiler Chicken Meat in the Traditional Market. J. Pangan dan Gizi 15(1), 1–13.
- Aprialdi, M.A., Kartikaratri, T.R., Hariyanto, I., Zein, F., and Kurniawan, M.F. 2024. Analisis Praduga Frozen food Rabokki Terhadap Umur Simpan dan Penurunan Nilai Mutu produk Menggunakan Metode Arrhenius 3, 9714–9726.
- Arifin, M.H., Purnamayati, L. 2024. Pengaruh Penambahan Coating Kitosan terhadap Kualitas Ikan Salem Pindang (*Scomber Japonicus*) yang Dikemas Vakum selama Penyimpanan. J. Sains dan Teknol. Pangan 9(5), 7706–7719.
- Arsyi, H., Hasbullah, Rasulu, H. 2025. Optimization of Sterilization Time in Canned Vegetable Candle (*Saccharum edule*) Production: Effect on F0 Value and Organoleptic Quality. J. Agribisnis Perikan. 18(2), 130–139.
- Azhari, E., Aliredjo, M.S., Dharmayanti, N., and Purnomo, A.H. 2023. Sterilisasi Produk Siap Saji : Cakalang (*Katsuwonus Pelamis* Linnaeus 1778) dalam Kemasan Retort Pouch. J. Pengolah. Has. Perikan. Indones. 26(1), 77–86.

- Bakhtiary, F., Reza, H., and Marlene, S. 2018. Identification of *Clostridium* Spp . Derived from a Sheep and Cattle Slaughterhouse by Matrix-Assisted Laser Desorption and Ionization- Time of Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF MS) and 16S rDNA Sequencing. *J. Food Sci. Technol.* 55(8), 3232–3240. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3255-2>.
- Bland, J.M., Bett-garber, K.L., Li, C.H., Brashear, S.S., Lea, J.M., and Bechtel, P.J. 2018. Comparison of sensory and instrumental methods for the analysis of texture of cooked individually quick frozen and frozen catfish fillets. *Food Sci. Nutr.* 1692–1705. <https://doi.org/10.1002/fsn3.737>.
- Carolina, A., Septier, C., Denimal, E., and Salles, C. 2025. Oral Processing of Meat-Flavour Textured Soy Proteins – Part I : Bolus Properties and Relationships with the Texture Profile Analysis of the Products. *Food Res. Int. J.* 208. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116169>.
- Ciptawati, E., Budi, I., Oktiyan, H., and Alvionita, M. 2021. Analisis Perbandingan Proses Pengolahan Ikan Lele terhadap Kadar nutrisinya. *Indones. J. Chem. Anal.* 4(1), 40–46.
- Darniadi, S., Handoko, D.D., Sunarmani, S. and Widowati, S. 2021. Determination of Shelf-Life Using Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) Method and Characterization of the Flavour Components of Freeze-Dried Durian (*Durio Zibethinus*) Products. *Food Res.* 5(2), 98–106.
- Dora-liyana, A.L., Mahyudin, N.A., and Ismail-fitry, M.R. 2023. Thermal Inactivation D- and z-Values of *Salmonella* Enteritidis and *Salmonella* Typhimurium in Whole Muscle Beef. *Malaysian Appl. Biol.* 52(6), 119–126.
- El Hosry, L., Elias, V., Chamoun, V., Halawi, M., Cayot, P., Nehme, A., Maroun, E. 2025. Maillard Reaction : Mechanism , Influencing Parameters , Advantages , Disadvantages , and Food Industrial Applications : A Review. *Foods* 14, 1–43.
- Fadhillah, A.A., Budi, F.S., and Kusumaningrum, H.D. 2024. Karakteristik dan Pengaruh Proses Sterilisasi terhadap Mutu Fisik Produk Lauk Berkuah dalam Kemasan Retort Pouch : Tinjauan Sistematis. *J. Sci. Technol.* 17(3), 484–500.
- Febriyanti, R., and Qomariyah, O.N. 2020. Diversifikasi Produk Olahan Berbahan Sambal Desa Kedungrawan Kecamatan Krembung Kabupaten Sidoarjo. *SELAPARANG J. Pengabd. Masy. Berkemajuan* 4(1), 451–454. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i1.2858>.
- Gao, Y., Liu, Y., Kan, C., Chen, M., and Chen, J. 2019. *Scientia Horticulturae* Changes of Peel Color and Fruit Quality in Navel Orange Fruits under Different Storage Methods. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 256, 108522. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.049>.

- Habib, K.A., Shafi, S.K., Sakib, N., Habib, F.B., Azam, M.S. 2025. Canning Process of Hilsa Shad (*Tenualosa ilisha*) in Bangladeshi Style Mustard Curry Medium: Assessment of Thermal Sterilization and Shelf-Life Evaluation. *Appried Food Res.* 5(2), 101230.
- Hanafi, S., Limonu, M., and Maspeke, P.N. 2021. Studi Penggunaan Kemasan Vakum dan Non Vakum terhadap Mutu Olahan Bola Singkong Sagela (Hot Boss) pada Penyimpanan Beku. *Jambura J. Food Technol.* 3(1), 10–18. <https://doi.org/10.37905/jjft.v3i1.7302>.
- Harris, R.A., and Dabritz, H.A. 2024. Infant Botulism : In Search of *Clostridium botulinum* Spores. *Curr. Microbiol.* 81(10), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s00284-024-03828-0>.
- Ikrawan, Y., and Laverta, T. 2025. Pengaruh Jenis Kemasan Retort Pouch terhadap Karakteristik Daging Iga dalam Sop Iga Ready To Eat. *Pas. Food Technol. J. (PFTJ)* 12(1), 29–35.
- Ilmia, S., E. 2023. Pengaruh Natrium Benzoat terhadap Mutu Sambal Ikan Tuna (*Thunnus sp.*) Asap Selama Penyimpanan di UMKM Dapur Bunda Byan Kecamatan Lamongan. *Ronggolawe Fish. Mar. Sci. J.* 3(2), 47–52.
- Jeujan, S. 2022. Identifikasi Bakteri pada Ikan Asap yang Dipasarkan di Pasar Pharaa Kabupaten Jayapura. *J. Sumberd. Akuatik Indopasifik* 6(3), 239–246.
- Junianto, Herlina, D., Nuryadi, M.H., Putra, G.K.P., Ghifari, D.N., Aziz, A.A. 2025. Identifikasi Tingkat Kesegaran Ikan Kembung (*Rastrelliger Kanagurta*) dan Ikan Makarel (*Scomber Japonicus*) di Pasar Sumedang Kota. *J. Ilm. Wahana Laut Lestari* 3(1), 31–39.
- Khairina, R., Sari, D.K., Fitrial, Y., Khotimah, I. 2024. Thermal Process Technology Transfer of Masak Habang Snakehead Fish in Poklahsar, Lepas Village, Barito Kuala. *J. Apl. Tek. dan Pengabd. Masy.* 8(4), 4–9.
- Khamidah, S., and Swastawati, F. 2019. Effects of Different Dipping Duration into Durian Skin Liquid Smoke on the Quality of Catfish (*Arius thalassinus*) Smoked. *J. Ilmu dan Teknol. Perikan.* 1(1), 21–29.
- Kurniadi, M., Kusumaningrum, A., Nurhikmat, A., and Susanto, A. 2019. Proses Termal dan Pendugaan Umur Simpan Nasi Goreng dalam Kemasan Retort Pouch. *J. Ris. Teknol. Ind.* 13(1), 9–21.
- Kurniawan, H. 2020. Pengaruh Kadar Air terhadap Nilai Warna Cie pada Gula Semut. *J. Tek. Pertan. Lampung* 9(3), 213–221.
- Kusnandar, F., Dafi, H.H., Rahayu, W.P., and Irmawan, D. 2023. Evaluasi Kecukupan Panas dan Pengembangan Proses Alternatif dalam Sterilisasi Komersial Jamur Kancing dalam Kaleng. *J. Mutu Pangan* 10(2), 100–107.

<https://doi.org/10.29244/jmpi.2023.10.2.100>.

- Laksono, U.T., Nurhayati, T., and Romli, M. 2019. Enhancement of Textural Quality From Daggertooth Pike Conger Fish Surimi with Sodium Tripolyphosphate and Transglutaminase Activator. *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.* 22, 198–208.
- Leiwakabessy, J., Batmomolin, W., Silaban, B., and Mailoa, M.N. 2024. Penurunan Mutu Ikan Segar Hasil Budidaya Keramba Jaring Apung di Teluk Ambon pada Suhu Kamar. *AGRITEKNO J. Teknol. Pertan.* 13, 102–109.
- Marbun, A.Y., and Ghofar, A. 2017. Analisis Morfometri, Jenis dan Sebaran Tangkapan Ikan Manyung di Pelabuhan Perikanan Nusantara Pekalongan. *J. Maquares* 6(4), 470–479.
- Marlien, R.A., Liana, L., Santoso, I.H., Suteja, B., Ma'sum, M.A. 2022. Perluasan Pangsa Pasar Produk Ikan Asap Melalui Disain Kemasan Usaha Mikro Ikan Asap Kota Semarang. *J. Pengabd. Kpd. Masy.* 51(1), 2022.
- Maryati, M., Rumatoras, M.F.K., Sriwijaya, R.R. 2025. Pengaruh Kemasan Vakum dan Non Vakum yang Dikombinasikan dengan Penyimpanan Dingin terhadap Umur Simpan Ikan Tongkol Komo Asap (*Euthynnus affinis*). *Nekt. J. Perikan. dan Ilmu Kelaut.* 5(2), 142–155. <https://doi.org/10.47767/nekton.v5i2.1040>.
- Masdar, L., Sukhadi, Teixeira, C.G., Lestari, N.P.A. 2023. Evaluasi Kualitas dan Penerimaan Konsumen Terhadap Nugget Pisang dengan Varian Rasa Yang Berbeda Lalu. *Zent. Econ. Business, Manag. Account. Res.* 2(2), 43–49.
- Mbalur, A.Y.D., Kencana, P.K.D., Wijaya, I.M.A.S.W. 2022. Penentuan Umur Simpan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Asap pada Konsentrasi Asap Cair Bambu Tabah dan Suhu Pengovenan yang Berbeda. *J. Biosist. dan Tek. Pertanian* 10(1), 81–92.
- Mohammadzadeh, Z., Shojaeiyan, A., Mahfeli, M., and Ayyari, M. 2025. Predictive Modeling of CIELAB Color Parameters in Okra Accessions Based on Phytochemical Composition and Antioxidant Activity : A Non-Destructive Imagej and RSM Approach. *Food Sci. Technol.* 228.
- Muchtar, F., Hartati, B., Nurmaladewi, L. 2022. Identifikasi Bahaya dan Penentuan Titik Kendali Kritis Proses Pengasapan Ikan Tuna di Desa Malalanda Kecamatan Kulisusu Kabupaten Buton Utara. *KOLONI J. Multidisiplin Ilmu* 1(2), 2828–6863.
- Mutiar, S., Arziyah, D., and Kasim, A. 2025. Aplikasi Modified Atmosphere Packaging (MAP) Berbasis Nitrogen terhadap Mutu Fisik Cabai Merah (*Capsicum annuum* L .) selama Penyimpanan. *J. Pertan. Terpadu* 13(2), 331–342.

- Mutiara, U., Athiefah, F., Rajih, R.M., Rina, R., Eko, S., Endah, Y. 2023. Quality Retention by Hot Fill Method for Glass Jar-Packaged Shallot-Based Chili Sauce. *Russ. J. Agric. Socio-Economic Sci.* 7(139), 193–200. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2023-07.20>.
- Mutma'innah, M.N., Maherwati, and Rahayuni, T. 2022. Perubahan Nutrisi Ikan Asam Pedas dalam Retort Pouch dengan Variasi Waktu. *J. Agrotek UMMAT* 9(2), 75–86.
- Nasution, H., Harahap, H., Julianti, E., and Safitri, A. 2024. Heliyon Properties of Active Packaging of PLA-PCL Film Integrated with Chitosan as An Antibacterial Agent and Syzygium Cumini Seed Extract as An Antioxidant Agent. *Heliyon* 10(1), e23952. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23952>.
- Nauli, A.P., Siahaan, R.Y., and Sibuea, P. 2024. Analisis Cemaran Mikroba Angka Lempeng Total Ikan Manyung (*Arius thalassinus*) Asap dari Sentra Pengasapan Bandarharjo Kota Semarang. *J. Ris. Teknol. Pangan Dan Has. Pertan.* 5(1), 49–56. <https://doi.org/10.54367/retipa.vi.4393>.
- Negara, J.K., Sio, A.K., Rifkhan, Arifin, M., Oktaviana, A.Y., Wihansah, R.R.S., Yusuf, M. 2016. Aspek Mikrobiologis serta Sensori (Rasa , Warna , Tekstur , Aroma) pada Dua Bentuk Penyajian Keju yang Berbeda. *J. Ilmu Produksi dan Teknol. Has. Peternak.* 4(2), 286–290.
- Nofreeana, A., and Lasmi, L. 2021. Kajian Mutu dan Umur Simpan Produk Pengasapan Ikan Tongkol (*Euthynnus Affinis*) dengan Aplikasi Asap Cair. *Manfish J.* 1(3), 168–173.
- Poernomo, D., Suseno, S.H., Supriyono, E., Arifah, F., Sriwahyuni, D., Rahmadhiani, P., Ichwalludin, M., and Sinta, N. 2019. Pengolahan Ikan Tuna menjadi Sambal Ikan Tuna (Sauna) Sebagai Produk Bernilai Jual Tinggi di Desa Sukaraja, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. *J. Pus. Inov. Masy.* 1(1), 50–58.
- Putra, Y.P., and Laksono, U.T. 2022. Pengembangan Produk Olahan Ikan Smoked Catfish Kabayaki Berbahan Baku Ikan Lokal Dengan Metode Pengasapan Cair. *Manfish J.* 2(3), 143–150.
- Putri, D., Oktavia, N., Perikanan, T.H., Perikanan, F., Oleo, U.H., Mokodompit, J.H.E.A., Bumi, K., Andounohu, T., and Tenggara, S. 2025. Pengaruh Pengemasan dan Lama Penyimpanan terhadap Mutu Kimia dan Sensori Produk Ikan Tuna (*Thunnus sp.*) Asap. *J. Fish Protech* 8(2), 172–182.
- Putri, V.M., Prayitno, S.A., Novita, S., Putri, A., Studi, P., Pangan, T., Pertanian, F., Gresik, U.M., and Artikel, I. 2024. Analisis Mikrobiologi pada Produk Garam yang Diproduksi Oleh PT.UNICChemCandi Indonesia Berdasarkan Regulasi di Indonesia (SNI & BPOM). *J. Food Saf. Process. Technol.* 1(2),

64–72. <https://doi.org/10.30587/jfspt.v1i2.7440>.

- Ramadhan, A.H., Yu, D., Hlaing, K.S.S., Jiang, Q., Xu, Y., Xia, W. 2025. Effects of Packaging and Storage Time on Lipid and Protein Oxidation and Modifications in Texture Characteristics of Refrigerated Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*) Fish Muscles. *Int. J. Food Sci. Technol.* 60(1).
- Resti, N., Ayustaningwarno, F., Anjani, G., Syauqy, A., Chasanah, E., Purwani, E.Y., and Afifah, D.N. 2025. Organoleptic Quality and Shelf-Life of Dry Noodle from Maize Flour and Fish Hydrolysate Protein (Mizepi) for Emergency Food. *Canrea J. Food Technol. Nutr. Culin.* 8(1), 154–169. <https://doi.org/10.20956/canrea.v8i1.1262>.
- Ricketts, A., Onoja, S., Blessing, U., and Idoko, D. 2024. Proximate Composition , Microbial , and Sensory Assessment of Smoked *Clarias gariepinus* Packaged in Retort Pouch. *Aquat. Food Stud.* 4(1).
- Rizkita, E., Karo, B., Widanarti, I., and Mangera, Y. 2021. Rancang Bangun Alat Pengasapan Ikan dengan Metode Pengasapan Panas (Hot Smoking) dan Pengasapan Dingin (Cold Smoking) Design of Fish Smoking with Hot and Cold Smoking Methods. *Jur. Tek. Pertan.* 10(4), 504–514.
- Salehi, F., and Kashaninejad, M. 2018. Modeling of Moisture Loss Kinetics and Color Changes in the Surface of Lemon Slice During the Combined Infrared-Vacuum Drying. *Inf. Process. Agric.* 5(4), 516–523. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.05.006>.
- Sasongko, L.W., and Masi, A. 2023. Mutu Hedonik dan Cemarkan Mikrobiologi Olahan Sambal Ikan Tongkol Asap (*Euthynnus affinis*) dengan Kemasan Retort Pouch. *Manfish J.* 4(1), 33–38. <https://doi.org/10.31573/manfish.v4i1.551>.
- Setiaboma, W.-, Desnilasari, D., Iwansyah, A.C., Putri, D.P., Agustina, W., Sholichah, E., and Herminiati, A. 2021. Karakterisasi Kimia dan Uji Organoleptik Bakso Ikan Manyung (*Arius thalassinus*, Ruppell) dengan Penambahan Daun Kelor (*Moringa oleifera* lam) Segar dan Kukus. *Biopropal Ind.* 12(1), 9–18. <https://doi.org/10.36974/jbi.v12i1.6372>.
- Setiawan, A., Gunawan, A., Ayu, D., Nada, Q., Fauni, E.M., Yusuf, I., Oktasani, N., Ratnasari, N.I., Dewi, Q., Nugroho, S.A., Aditya, T.A., Informatika, S.T., Alma, U., and Yogyakarta, A. 2024. Optimalisasi Pemanfaatan Ikan Manyung Asap Menjadi Abon Ikan Manyung dalam Upaya Pencegahan Stunting di Kelurahan Pasarbatang Brebes. *J. Pengabd. Kpd. Masy. MEDITEG* 9(1), 97–106.
- Setyastuti, A.I., Prasetyo, D.Y.B., Kresnasari, D., Kurniawati, A., Sarmin, A.A. 2021. Kualitas Fisikokimia dan Nutrisi Ikan Lele (*Clarias gariepinus*) Asap

- dengan Asap Cair Tempurung Kelapa Selama Penyimpanan Beku. *Aquat. Sci. J.* 3, 192–196. <https://doi.org/10.29103/aa.v8i3.5099>.
- Setyastuti, A.I., Prasetyo, D.Y.B., Kresnasari, D., Ayu, N., and Andhikawati, A. 2021. Karakteristik Kualitas Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) Asap dengan Asap Cair Bonggol Jagung Selama Penyimpanan Beku. *J. Akuatika Indones.* 6(2), 62–69.
- Soedarmadji, W., Ernawati, Hidayati, N.I. 2025. Diversifikasi Olahan Ikan Asap Guna Peningkatan Ekonomi Kelompok PKK di Paciran Lamongan. *J. Abdi Panca Marga* 6(1), 59–69.
- Subuhi, S., Silvana, A., and Mile, L. 2023. Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Tingkat Penerimaan dan Kadar Air Fillet Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commersonii*) yang Dikemas Edible Coating Kitosan Diperkaya Pati Jahe (*Zingiber Officinale*). *J. Teknol. Pangan dan Gizi* 22(1), 44–51.
- Sulistijowati, R., Ali, M.K., and Suherman, S.P. 2022. Karakteristik Kimia dan Total Bakteri Saus Sambal dari Serbuk Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) Asap. *Jambura Fish Process. J.* 4(1), 37–45. <https://doi.org/10.37905/jfpj.v4i1.12526>.
- Suranaya, I.G., Naya, A., and Permatananda, K. 2022. The Effect of Vacuum Packaging on The Quality and Shelf Life of Pindang Frigate Mackarel (*Auxis tharad*, Lac). *J. Teknol. Pangan dan Giz* 21(1), 19–31.
- Suyatno, D. 2022. Perubahan Fisik Surimi Ikan Mujair (*Oreochromis Mossambicus*.L) Efek Lama dan Jenis Penyimpanan Dingin. *J. Penelit. Ilmu-ilmu Teknol. Pangan* 11(2), 23–30.
- Swastawati, F., Syakur, A., Wijayanti, I., and Riyadi, P.H. 2020. Teknologi Pengeringan Ikan Modern, Undip Press Semarang.
- Teklemariam, A.D., Al-hindi, R.R., Albiheyri, R.S., Alharbi, M.G., Alghamdi, M.A., Filimban, A.A.R., Mutiri, A.S. Al, Al-alyani, A.M., Alseghayer, M.S., Almaneea, A.M., Albar, A.H., and Khormi, M.A. 2023. Human Salmonellosis : A Continuous Global Threat in the Farm-to-Fork Food Safety Continuum. *Foods* 12.
- Tjampakasari, C.R., and Hanifah, R. 2022. Bakteri Anaerob *Clostridium botulinum* dan Toksin yang Dihasilkannya. *Cermin Dunia Kedokt.* 49(5), 260–264.
- Trimedona, N., Handayani, T.D., Zebua, E.A. 2026. Karakteristik Fisikokimia Dadih Bubuk dengan Metode Foam Mat Drying. *J. Sains dan Teknol. Pangan* 11(1), 123–136.
- Triyannanto, E., Kusuma, R.J., Muflikhun, M.A., Kusuma, A.H.A., Suryanto, E., Rusman, Qutb, A.A., Sujarwanta, R.O., Husen, D.M., Ramadhan, M.S.,

- Darmawan, O., and Sitaresmi, P.I. 2025. Aplikasi Metode Pengemasan Retort untuk Meningkatkan Masa Simpan Produk Jadah Abon Tempe di Sentra Industri Jadah Tempe, Kaliurang, Hargobinangun, Sleman, Yogyakarta. *J. Pengabdian, Riset, Kreat. Inovasi, dan Teknol. Tepat Guna* 3(1), 193–201. <https://doi.org/10.22146/parikesit.v3i1.17916>.
- Wahyu, Y.I., Pengolahan, T., and Perikanan, P. 2024. Pengendalian Produk Sterilisasi Komersial Tuna dalam Kemasan Kaleng dengan Menggunakan Penerapan Sistem Hazard Analysis Critical Control Point. *J. Sains dan Teknol. Pangan* 9(6), 7891–7902.
- Wahyuni, N.N., Rianingsih, L., R. 2021. Pengaruh Pengemasan Vakum dan Non Vakum terhadap Kualitas Bekasam Instan Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*) selama Penyimpanan Suhu Ruang. *J. Ilmu dan Teknol. Perikan.* 3(1), 26–33.
- Wang, B., Zhong, Y., Wang, D., Meng, F., Li, Y., and Deng, Y. 2023. Formation, Evolution, and Antioxidant Activity of Melanoidins in Black Garlic under Different Storage Conditions. *Foods* 12, 1–25.
- Xiong, X., Zhang, H., Chen, L., Dou, P., Huang, T., Zhuang, S., Tan, Y., Ma, H., Hong, H., and Luo, Y. 2025. Actin – Myosin Complex Dissociation Initiates Programmed Cell Death During Cold Storage of Grass Carp Muscle. *Food Res. Int.* 217, 116744. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116744>.
- Yao, P., and Xie, J. 2026. Texture Deterioration in Fish During Cold Storage : Mechanistic Pathways and Evaluation of Preservation Strategies. *Food Res. Int.* 228, 118359. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2026.118359>.
- Yu, Y., Tang, M., Dai, H., Feng, X., Ma, L., and Zhang, Y. 2022. Dominating Roles of Protein Conformation and Water Migration in Fish Muscle Quality : The Effect of Freshness and Heating Process. *Food Chem.* 388, 132881. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132881>.
- Yuniastri, R., I., and Putri, R.D. 2018. Mikroorganisme dalam Pangan. *J. Pertan. Cemara* 15(2), 15–20.
- Zelpina, E., Walyani, S., Niasono, A.B., and Hidayati, F. 2020. Dampak Infeksi *Salmonella* Sp . dalam Daging Ayam dan Produknya terhadap Kesehatan Masyarakat. *J. Heal. Epidemiol. Commun. Dis.* 6(1), 25–34.
- Zhang, D., Li, H., Emara, A.M., Hu, Y., Wang, Z., Wang, M., and He, Z. 2020. Effect of in Vitro Oxidation on the Water Retention Mechanism of Myofibrillar Proteins Gel from Pork Muscles. *Food Chem.* 315, 126226. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126226>.
- Zhao, W., Fang, Y., Zhang, Q., Guo, Y., Gao, G., and Yi, X. 2017. Correlation Analysis Between Chemical or Texture Attributes and Stress Relaxation

Properties of 'Fuji' Apple. *Postharvest Biol. Technol.* 129(620), 45–51.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.03.010>.