

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Mutu Awal Sambal Ikan Manyung Asap Setelah Proses Sterilisasi

Sambal ikan manyung asap memiliki tekstur berminyak dengan daging ikan yang sebagian masih berbentuk potongan utuh, lunak, dan menyatu dengan sambal, serta memiliki aroma asap yang khas dan rasa umami yang kuat. Karakteristik awal sambal ikan manyung asap pada awal penelitian harus diukur sebelum masuk ke penyimpanan dan mengalami perubahan kualitas. Affandi *et al.* (2018) menyatakan bahwa nilai dari kualitas awal produk akan digunakan dalam perhitungan umur simpan. Karakteristik awal dari sambal ikan manyung asap akan membantu menentukan perubahan kualitas dari produk setelah dilakukan penyimpanan pada kondisi suhu yang berbeda-beda. Karakteristik awal sambal ikan manyung asap dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Mutu Awal Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Vakum dan Non Vakum

Parameter	Nilai	
	Vakum	Non Vakum
Kadar Air (%)	67,44 ± 0,45	67,71 ± 0,28
Kadar Protein (%)	22,86 ± 0,88	22,75 ± 0,33
pH	5,57 ± 0,21	5,61 ± 0,04
TBARS (mg MDA/kg)	0,55 ± 0,18	0,56 ± 0,09

Kadar air awal sambal ikan manyung asap pada kemasan vakum sebesar 67,44%, sedangkan pada kemasan non vakum sebesar 67,71%. Berdasarkan SNI

4865:2018, batas maksimal kadar air pada produk sambal adalah 80%, sehingga nilai kadar air pada kedua perlakuan masih berada di bawah batas yang ditetapkan. Kadar air merupakan jumlah air dalam bahan pangan yang dinyatakan dalam persen dan berperan penting dalam menentukan stabilitas produk (Prasetyo *et al.*, 2025). Menurut Julian dan Sutedja (2024), kandungan air yang tinggi, khususnya pada produk berbasis daging, dapat mempercepat pembusukan dan menurunkan mutu selama penyimpanan. Perbedaan kadar air awal antara perlakuan vakum dan non vakum relatif kecil, yang menunjukkan bahwa proses pengemasan belum memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan air produk pada awal penyimpanan.

Nilai awal kadar protein sambal ikan manyung asap pada kemasan vakum sebesar 22,86%, sedangkan pada kemasan non vakum sebesar 22,75%. Berdasarkan SNI 9106:2022, kadar protein sambal ikan memiliki batas minimum 7% dan maksimum 50%, sehingga nilai awal pada kedua perlakuan masih memenuhi standar. Protein merupakan komponen penting dalam bahan pangan berbasis ikan yang berperan sebagai sumber asam amino esensial serta memengaruhi tekstur dan stabilitas produk (Lalopua *et al.*, 2022). Nilai kadar protein dapat dipengaruhi oleh proses pengolahan, menurut Setyastuti *et al.* (2021) pengasapan dapat meningkatkan kadar protein secara relatif akibat penurunan kadar air, sedangkan sterilisasi *retort* berpotensi menurunkan protein melalui proses hidrolisis akibat suhu tinggi dan uap panas (Mutma'innah *et al.*, 2022). Meskipun demikian, kadar protein awal pada kedua perlakuan masih tergolong tinggi sehingga menunjukkan

bahwa kandungan protein produk masih dapat dipertahankan setelah proses pengolahan.

Nilai pH awal sambal ikan manyung asap pada kemasan vakum sebesar 5,57, sedangkan pada kemasan non vakum sebesar 5,61. Nilai tersebut menunjukkan bahwa produk tergolong pangan berasam rendah serta masih berada dalam kisaran pH produk olahan ikan dalam kemasan *retort pouch* sebagaimana dilaporkan oleh Mutma'innah *et al.* (2022) dan Armanitya (2020). pH merupakan indikator konsentrasi ion hidrogen yang berperan dalam menentukan tingkat keasaman dan kestabilan produk terhadap pertumbuhan mikroorganisme (Rastika *et al.*, 2025). Produk dengan pH lebih tinggi cenderung lebih rentan mengalami penurunan mutu karena mendukung pertumbuhan mikroba (Angraeni *et al.*, 2021). Oleh karena itu, pada produk pangan berasam rendah diperlukan proses sterilisasi komersial untuk menjamin keamanan produk selama penyimpanan.

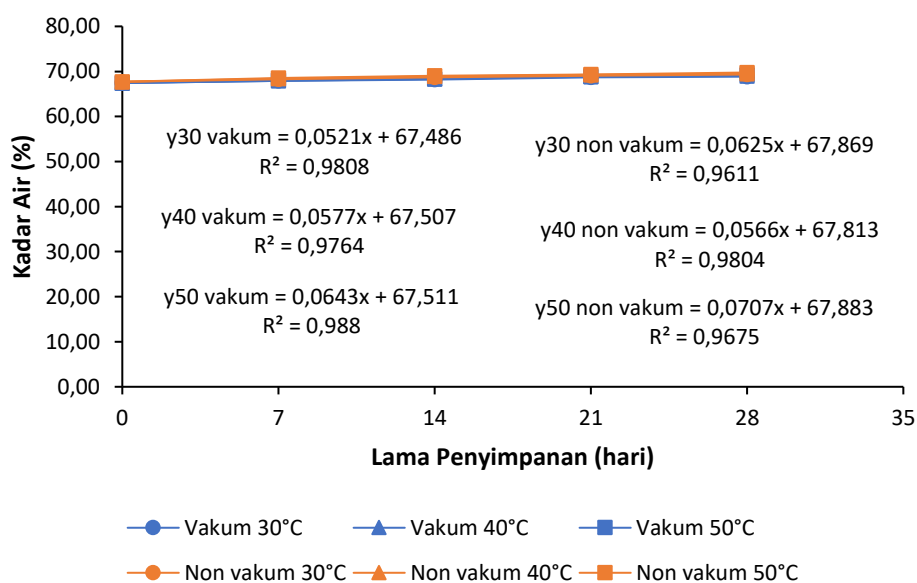
Nilai awal TBARS sambal ikan manyung asap pada kemasan vakum sebesar 0,55 mg MDA/kg, sedangkan pada kemasan non vakum sebesar 0,56 mg MDA/kg. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tingkat oksidasi lemak pada awal penyimpanan masih relatif rendah. Menurut FDA (*Food and Drug Administration*) US dalam Kurade dan Baranowski (1987), batas maksimum nilai TBARS pada produk pangan adalah 1,286 mg MDA/kg bahan. Oleh karena itu, nilai TBARS pada perlakuan vakum maupun non vakum masih berada di bawah batas ketengikan sehingga mutu produk pada awal penyimpanan masih tergolong baik. Rendahnya nilai TBARS pada awal penyimpanan menunjukkan bahwa proses pengolahan dan sterilisasi yang diterapkan belum menyebabkan oksidasi lemak secara signifikan.

4.2. Penurunan Mutu Sambal Ikan Manyung Asap Selama Penyimpanan

Selama penyimpanan pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C terjadi penurunan pada mutu sambal ikan manyung asap. Penurunan mutu sambal ikan manyung asap tersebut ditinjau dari berbagai parameter, meliputi kadar air, kadar protein, pH, nilai TBARS dan *Total Plate Count*.

4.2.1. Kadar Air

Hasil analisis kadar air sambal ikan manyung asap pada tiga suhu penyimpanan, yaitu suhu 30°C, 40°C, dan 50°C dirangkum dalam Ilustrasi 8. Data pengujian kadar air sambal ikan manyung asap selama penyimpanan, secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1.



Ilustrasi 8. Grafik Perubahan Mutu Kadar Air Selama Penyimpanan

Berdasarkan Ilustrasi 8, kadar air sambal ikan manyung asap pada kemasan vakum maupun non vakum menunjukkan peningkatan pada ketiga suhu selama penyimpanan. Pada kemasan vakum, kadar air awal sebesar 67,44% meningkat menjadi 68,85%; 69,00%; dan 69,27% berturut-turut pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C pada hari ke-28. Sementara itu, pada kemasan non vakum, kadar air awal sebesar 67,71% meningkat menjadi 69,31%; 69,49%; dan 69,77% pada kondisi yang sama. Berdasarkan SNI 4865:2018, batas maksimum kadar air sambal adalah 80%, sehingga kadar air pada kedua perlakuan, baik pada awal hingga akhir penyimpanan, masih berada dalam batas yang ditetapkan. Laju perubahan kadar air ditunjukkan oleh nilai konstanta laju reaksi (k) yang diperoleh dari kemiringan (*slope*) grafik. Menurut Sarungallo *et al.* (2025), nilai k menggambarkan laju reaksi pada masing-masing suhu penyimpanan. Nilai konstanta laju reaksi secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 9. Nilai k pada produk vakum berturut-turut sebesar 0,0521; 0,0577; dan 0,0643 pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C, sedangkan pada produk non vakum sebesar 0,0566; 0,0625; dan 0,0708. Nilai k yang lebih besar menunjukkan bahwa laju peningkatan kadar air semakin cepat, sehingga perubahan kadar air tertinggi terjadi pada suhu 50°C.

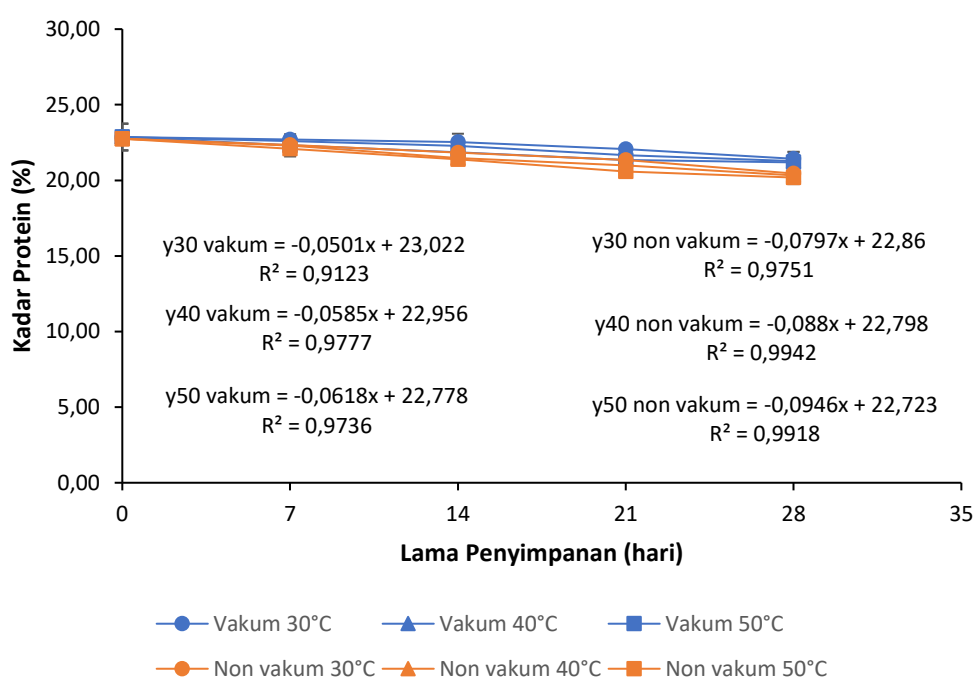
Sterilisasi *retort* pada suhu tinggi dapat mengubah proporsi air bebas dan air terikat dalam matriks pangan akibat perubahan struktur komponen penyusun, terutama protein, sehingga kadar air yang terukur setelah proses sterilisasi dapat mengalami peningkatan (Zhou *et al.*, 2003). Selama penyimpanan, kadar air sambal ikan manyung asap terus mengalami perubahan yang dipengaruhi oleh suhu penyimpanan dan dinamika interaksi antara air dengan komponen penyusun

produk. Protein yang telah mengalami denaturasi selama proses *retort* dapat mengalami agregasi dan perubahan struktur lanjutan sehingga kemampuan mengikat air (*water holding capacity*) menurun (Ratnawati *et al.*, 2022). Kondisi tersebut mendorong terjadinya redistribusi kelembapan antara fase sambal dan jaringan ikan hingga tercapai keseimbangan kadar air dalam sistem pangan. Perubahan distribusi air tersebut memengaruhi karakteristik spektrum NIR karena respons NIR sangat sensitif terhadap keberadaan dan kondisi ikatan O–H. Pergeseran proporsi air bebas dan air terikat dapat menyebabkan perubahan intensitas serapan pada daerah panjang gelombang sekitar 1400 nm dan 1900 nm yang berkaitan dengan vibrasi ikatan O–H (Zhou *et al.*, 2003).

Berdasarkan nilai konstanta laju reaksi (*k*) pada Lampiran 9, peningkatan kadar air pada kemasan non vakum berlangsung lebih cepat dibandingkan kemasan vakum. Keberadaan *headspace* yang lebih besar pada kemasan non vakum memungkinkan terjadinya kondensasi dan redistribusi kelembapan yang lebih intensif selama penyimpanan, sedangkan pada kemasan vakum perubahan kelembapan berlangsung lebih lambat karena volume *headspace* yang minimal (Chan *et al.*, 2021). Hasil ini sejalan dengan penelitian Putra (2025) yang melaporkan bahwa kadar air mangut ikan manyung asap dalam kemasan *retort pouch*, baik vakum maupun non vakum, mengalami peningkatan selama 35 hari penyimpanan pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C.

4.2.2. Kadar Protein

Hasil pengujian kadar protein sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum pada tiga suhu penyimpanan, yaitu suhu 30°C, 40°C, dan 50°C dirangkum dalam Ilustrasi 9. Data pengujian kadar protein sambal ikan manyung asap selama penyimpanan, secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2.



Ilustrasi 9. Grafik Perubahan Mutu Kadar Protein Selama Penyimpanan

Berdasarkan Ilustrasi 9, kadar protein sambal ikan manyung asap pada kemasan vakum maupun non vakum menunjukkan penurunan pada ketiga suhu selama penyimpanan. Pada kemasan vakum, kadar protein awal sebesar 22,86% menurun menjadi 21,43%; 21,27%; dan 21,19% berturut-turut pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C pada hari ke-28. Sementara itu, pada kemasan non vakum, kadar protein awal sebesar 22,75% menurun menjadi 20,45%; 20,33%; dan 20,19% pada kondisi penyimpanan yang sama. Berdasarkan SNI 9106:2022, kadar protein

minimum untuk sambal ikan adalah 7%, sehingga nilai kadar protein hingga akhir penyimpanan masih berada dalam batas yang ditetapkan. Laju penurunan kadar protein selama penyimpanan ditunjukkan oleh nilai konstanta laju reaksi (k) yang diperoleh dari kemiringan (*slope*) grafik. Nilai konstanta laju reaksi secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 9. Pada kemasan vakum, nilai k berturut-turut sebesar -0,0501; -0,0585; dan -0,0618 pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C. Sementara itu, pada kemasan non vakum, nilai k masing-masing sebesar -0,0797; -0,0880; dan -0,0946.

Nilai k yang semakin negatif menunjukkan bahwa laju penurunan kadar protein berlangsung lebih cepat, terutama pada suhu penyimpanan yang lebih tinggi. Proses sterilisasi komersial pada suhu 121°C dapat menyebabkan denaturasi protein, energi panas menyebabkan putusnya ikatan hidrogen pada protein sehingga struktur protein yang semula terlipat mengalami *unfolding* (Bhat *et al.*, 2021). Denaturasi ini mengakibatkan perubahan dan kerusakan struktur tersier serta kuaterner protein menjadi struktur yang lebih terbuka dan acak. Berdasarkan penelitian Tanaka dan Kimura (1988) pada ikan dalam *retort pouch*, sterilisasi tidak menyebabkan kehilangan protein total yang signifikan. Namun, terjadi perubahan kualitas protein berupa denaturasi, penurunan lisin tersedia, perubahan struktur peptida, dan sedikit penurunan daya cerna protein akibat suhu tinggi. Dengan demikian, jumlah protein relatif tetap, tetapi karakteristik dan kualitas biologis proteinnya dapat berubah.

Kemudian selama penyimpanan pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C, protein dapat mengalami perubahan lanjutan berupa agregasi dan oksidasi protein sehingga

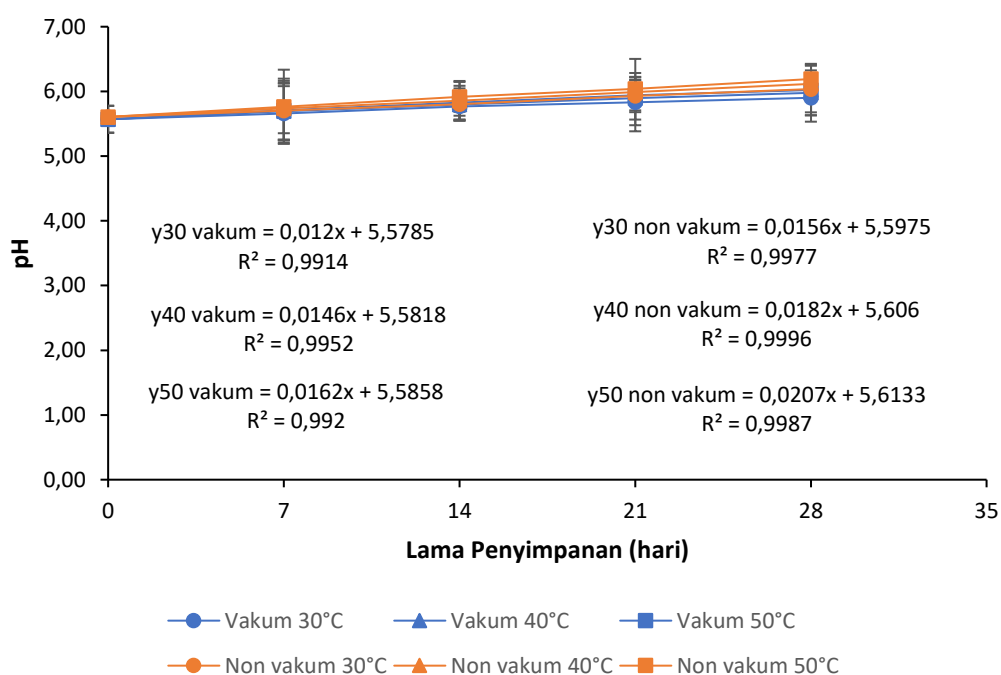
memengaruhi kualitas protein yang terkandung dalam produk (Alyani *et al.*, 2016). Protein ikan secara alami mengandung mineral logam transisi seperti Fe yang dapat mengkatalisis pembentukan radikal bebas (Husain *et al.*, 2018). Radikal bebas tersebut dapat menyerang gugus asam amino sehingga menyebabkan perubahan struktur protein dan pembentukan senyawa karbonil yang merupakan indikator oksidasi protein (Husain *et al.*, 2018). Menurut Husain *et al.* (2018), perlakuan suhu 20–40°C meningkatkan kerusakan oksidasi tersebut, sehingga kadar protein terukur mengalami penurunan. Penurunan kadar protein juga berkaitan dengan peningkatan kadar air selama penyimpanan. Terdapat hubungan berbanding terbalik antara kadar air dan protein, di mana peningkatan kadar air dapat menurunkan persentase protein akibat efek pengenceran (Hadinoto *et al.*, 2018). Menurut Handayani *et al.* (2019), peningkatan kadar air berkaitan dengan pelunakan jaringan dan pelarutan komponen protein selama penyimpanan.

Berdasarkan data nilai konstanta laju reaksi (k) pada Lampiran 9, diketahui bahwa penurunan kadar protein terjadi lebih cepat pada kemasan non vakum dibandingkan dengan kemasan vakum. Kemasan vakum pada *retort pouch* dengan lapisan aluminium berfungsi sebagai penghambat difusi oksigen sehingga dapat menekan laju oksidasi protein selama penyimpanan (Wahyuni *et al.*, 2021). Sebaliknya, pada kemasan non vakum, keberadaan oksigen yang lebih tinggi dapat mempercepat reaksi oksidatif yang berkontribusi terhadap penurunan mutu protein (Salim dan Triana, 2017). Penelitian Puspasari *et al.* (2025) juga menunjukkan bahwa kadar protein telur puyuh bacem, pindang, dan balado *retort pouch*

cenderung menurun selama penyimpanan pada suhu 40°C, 50°C, dan 60°C, dengan penurunan terbesar terjadi pada suhu 60°C dibandingkan suhu yang lebih rendah.

4.2.3. Nilai pH

Hasil pengujian pH sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum pada tiga suhu penyimpanan, yaitu suhu 30°C, 40°C, dan 50°C dirangkum dalam Ilustrasi 10. Data pengujian pH sambal ikan manyung asap selama penyimpanan, secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 3.



Ilustrasi 10. Grafik Perubahan Mutu pH Selama Penyimpanan

Berdasarkan Ilustrasi 10, nilai pH sambal ikan manyung asap pada kemasan vakum maupun non vakum menunjukkan peningkatan pada ketiga suhu selama penyimpanan. Pada kemasan vakum, nilai pH awal sebesar 5,57 meningkat menjadi 5,90; 5,98; dan 6,02 berturut-turut pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C pada hari ke-

28. Sementara itu, pada kemasan non vakum, nilai pH awal sebesar 5,61 meningkat menjadi 6,04; 6,12; dan 6,19 pada kondisi penyimpanan yang sama. Berdasarkan penelitian Mutma'innah *et al.* (2022) pada ikan patin asam pedas dan Armanitya (2020) pada ikan lele asap bumbu sambal goreng dalam kemasan *retort pouch*, produk olahan ikan hasil sterilisasi komersial umumnya memiliki pH 5,4–6,5. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sambal ikan manyung asap, baik vakum maupun non vakum, memiliki pH 5,5–6,2. Nilai tersebut masih berada dalam kisaran yang sama dengan produk *retort* lainnya dan menunjukkan bahwa produk termasuk dalam kategori makanan rendah asam (*low acid food*). Laju peningkatan pH selama penyimpanan ditunjukkan oleh nilai konstanta laju reaksi (k) yang diperoleh dari kemiringan (*slope*) grafik. Nilai konstanta laju reaksi secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 9. Pada kemasan vakum, nilai k berturut-turut sebesar 0,0120; 0,0146; dan 0,0162 pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C. Sementara itu, pada kemasan non vakum, nilai k masing-masing sebesar 0,0156; 0,0182; dan 0,0207 pada suhu yang sama. Nilai k yang lebih tinggi menunjukkan laju peningkatan pH yang lebih cepat. Hal ini menunjukkan bahwa laju peningkatan pH berlangsung lebih cepat terutama pada suhu yang lebih tinggi.

Peningkatan pH pada sambal ikan manyung asap dalam kemasan *retort* diduga telah dimulai sejak proses sterilisasi. Perlakuan panas pada suhu tinggi menyebabkan perubahan struktur jaringan dan komponen penyusun produk, termasuk penyusutan jaringan, perubahan distribusi air, denaturasi protein, serta perubahan distribusi ion dalam matriks pangan (Pursito *et al.*, 2022). Kenaikan pH selama penyimpanan selanjutnya dipengaruhi oleh kombinasi suhu dan lama

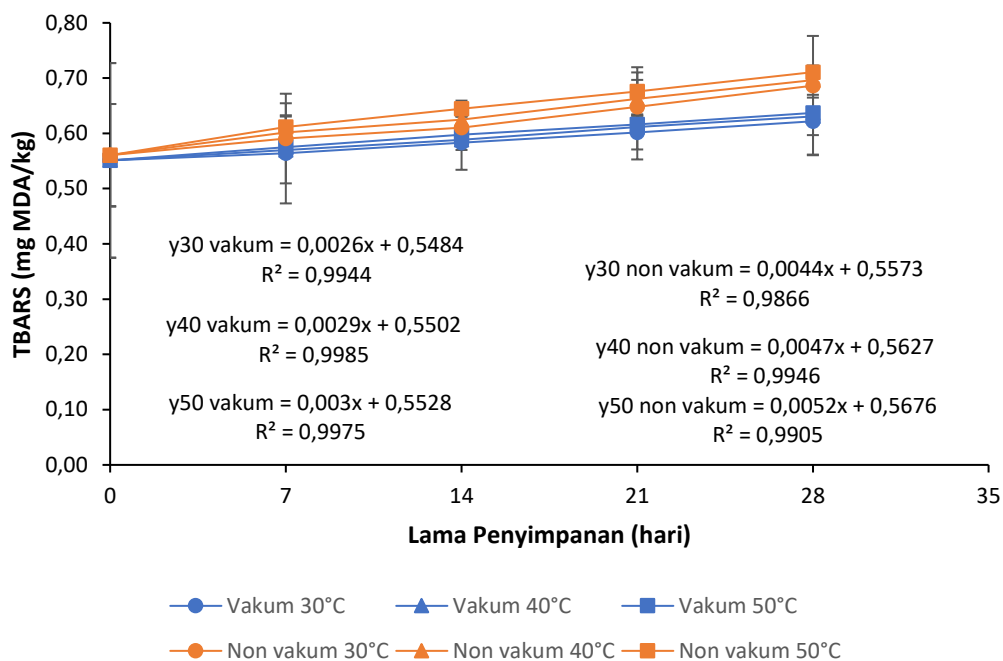
penyimpanan yang memengaruhi dinamika sistem protein, air, serta komponen hasil pengasapan dalam matriks produk (Pursito *et al.*, 2022). Suhu penyimpanan yang lebih tinggi meningkatkan energi kinetik molekul sehingga mempercepat redistribusi air, perpindahan ion, dan interaksi antarkomponen dalam sistem pangan (Murda *et al.*, 2016). Protein seperti *myoglobin* yang terdapat pada jaringan otot bersifat dinamis dan dapat mengalami perubahan struktur molekul akibat pengaruh suhu penyimpanan. Pada produk berbasis ikan asap, protein miofibril dan sarkoplasma yang telah mengalami denaturasi akibat proses pengasapan dan sterilisasi *retort* tetap memiliki gugus fungsional seperti COO^- dan NH_2 yang berperan sebagai sistem penyangga (*buffer*) (Anggraeni *et al.*, 2022).

Proses denaturasi akibat perlakuan panas, baik dari pengasapan maupun *retort*, menyebabkan hilangnya struktur sekunder dan tersier protein, namun tidak sepenuhnya menghilangkan kemampuan gugus fungsionalnya dalam berinteraksi dengan ion H^+ (Bozic dan Podgornik, 2017). Interaksi antara gugus protein tersebut dengan ion hidrogen dapat menyebabkan sebagian H^+ terikat dalam matriks protein sehingga menurunkan aktivitas H^+ bebas yang terukur sebagai pH (Niu *et al.*, 2017). Selain itu, keberadaan senyawa hasil pengasapan seperti fenol dan karbonil serta komponen lipid ikan juga turut membentuk sistem matriks yang kompleks, yang dapat memengaruhi distribusi asam-basa dalam fase air dan lemak selama penyimpanan. Semakin lama waktu penyimpanan, semakin besar peluang terjadinya pergeseran kesetimbangan dalam sistem tersebut secara bertahap, sehingga perubahan pH menjadi lebih nyata (Niu *et al.*, 2017).

Berdasarkan data nilai konstanta laju reaksi (k) pada Lampiran 9, diketahui bahwa peningkatan pH terjadi lebih cepat pada kemasan non vakum dibandingkan kemasan vakum. Pada kemasan non vakum, keberadaan oksigen mempercepat reaksi oksidasi dan degradasi komponen pangan sehingga pembentukan senyawa basa berlangsung lebih cepat (Nofreeana *et al.*, 2017). Sementara itu, pada kemasan vakum kondisi rendah oksigen memperlambat perubahan tersebut, sehingga peningkatan pH berlangsung lebih lambat (Nofreeana *et al.*, 2017). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya, penelitian Putra (2025) menunjukkan bahwa pH mangut manyung asap meningkat selama 35 hari penyimpanan pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C. Selain itu, Jannah *et al.* (2018) melaporkan peningkatan pH pada ikan pindang bumbu kuning yang disterilisasi selama 10, 20, dan 25 menit setelah penyimpanan pada suhu 30°C selama 42 hari.

4.2.4. Thiobarbituric Acid Reactive Substances

Hasil pengujian TBARS sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum pada tiga suhu penyimpanan, yaitu suhu 30°C, 40°C, dan 50°C dirangkum dalam Ilustrasi 11. Data pengujian TBARS sambal ikan manyung asap selama penyimpanan, secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 4.



Ilustrasi 11. Grafik Perubahan Mutu TBARS Selama Penyimpanan

Berdasarkan Ilustrasi 11, nilai TBARS sambal ikan manyung asap pada kemasan vakum maupun non vakum menunjukkan peningkatan pada ketiga suhu selama penyimpanan. Pada kemasan vakum, nilai TBARS awal sebesar 0,55 mg MDA/kg meningkat menjadi 0,62; 0,63; dan 0,64 mg MDA/kg berturut-turut pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C pada hari ke-28. Sementara itu, pada kemasan non vakum, nilai TBARS awal sebesar 0,56 mg MDA/kg meningkat menjadi 0,69; 0,70; dan 0,71 mg MDA/kg pada kondisi penyimpanan yang sama. Berdasarkan FDA (*Food and Drug Administration*) US dalam Kurade dan Baranowski (1987), batas maksimum nilai TBARS pada produk pangan adalah 1,286 mg MDA/kg bahan. Dengan demikian, nilai TBARS sambal ikan manyung asap hingga akhir penyimpanan masih berada di bawah batas maksimum sehingga mutu produk masih tergolong baik.

Laju peningkatan nilai TBARS selama penyimpanan ditunjukkan oleh nilai konstanta laju reaksi (k) yang diperoleh dari kemiringan (*slope*) grafik. Nilai konstanta laju reaksi secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 9. Pada kemasan vakum, nilai k berturut-turut sebesar 0,0026; 0,0029; dan 0,0030 pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C. Sementara itu, pada kemasan non vakum, nilai k masing-masing sebesar 0,0044; 0,0047; dan 0,0052. Semakin besar nilai k menunjukkan bahwa laju peningkatan TBARS berlangsung semakin cepat. Hal ini menunjukkan bahwa suhu penyimpanan yang lebih tinggi mempercepat reaksi oksidasi lemak pada produk. Menurut Chu *et al.* (2025), peningkatan nilai TBARS selama penyimpanan menunjukkan terjadinya oksidasi lemak pada bahan pangan. Pada proses sterilisasi komersial, suhu tinggi diduga memicu pembentukan senyawa peroksida sebagai produk oksidasi primer (Chu *et al.*, 2025). Selanjutnya, selama penyimpanan, senyawa hidroperoksida yang bersifat tidak stabil akan terdegradasi menjadi produk oksidasi sekunder seperti aldehid, terutama malonaldehid, yang berkontribusi terhadap peningkatan nilai TBARS (Efendi *et al.*, 2021).

Dalam analisis TBARS, malonaldehid bereaksi dengan *thiobarbituric acid* membentuk kompleks berwarna merah yang diukur secara spektrofotometri sebagai indikator tingkat oksidasi lemak (Afifah *et al.*, 2024). Produk berbasis ikan umumnya lebih rentan mengalami oksidasi karena mengandung asam lemak tidak jenuh, khususnya asam lemak tak jenuh ganda (*polyunsaturated fatty acids*/PUFA) seperti *eikosapentaenoat* (EPA) dan *dokosaheksaenoat* (DHA), yang memiliki banyak ikatan rangkap sehingga lebih mudah mengalami serangan radikal bebas dan oksidasi dibandingkan asam lemak jenuh (Josef *et al.*, 2019). Selama proses

sterilisasi *retort*, suhu tinggi dapat mempercepat pembentukan radikal lipid dan menginisiasi reaksi autooksidasi pada PUFA (Cardenia *et al.*, 2013). Hidroperoksida yang terbentuk sebagai produk oksidasi primer kemudian mengalami dekomposisi menjadi berbagai senyawa karbonil, termasuk malonaldehid, yang terdeteksi sebagai peningkatan nilai TBARS selama penyimpanan (Chu *et al.*, 2025). Oleh karena itu, keberadaan PUFA dalam daging ikan merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan produk ikan rentan mengalami oksidasi lipid selama pengolahan termal dan penyimpanan.

Meskipun demikian, nilai TBARS pada sambal ikan manyung asap dalam kemasan *retort pouch* masih tergolong rendah. Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh kombinasi perlakuan pengolahan dan sistem pengemasan yang digunakan. Proses pengasapan pada bahan baku ikan sebelum sterilisasi diketahui menghasilkan senyawa fenolik yang bersifat antioksidan, sehingga masih dapat berkontribusi dalam menghambat laju oksidasi lemak melalui mekanisme donasi atom hidrogen dan penekanan reaksi autooksidasi selama penyimpanan (Setyastuti *et al.*, 2022). Selain itu, penerapan kemasan *retort pouch* yang bersifat hermetis serta memiliki struktur *multilayer* juga berperan dalam menekan paparan oksigen dan cahaya, sehingga laju oksidasi lemak dapat diminimalkan (Purnamayati *et al.*, 2018).

Berdasarkan nilai konstanta laju reaksi (k) pada Lampiran 9, peningkatan TBARS pada kemasan non vakum berlangsung lebih cepat dibandingkan kemasan vakum. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan oksigen dalam kemasan berperan penting dalam mempercepat oksidasi lemak (Gargouri *et al.*, 2015). Pada kemasan vakum, kadar oksigen yang lebih rendah mampu memperlambat reaksi oksidasi,

sedangkan pada kemasan non vakum keberadaan *headspace* memungkinkan kontak oksigen lebih tinggi sehingga mempercepat pembentukan senyawa peroksida maupun produk oksidasi sekunder (Gargouri *et al.*, 2015). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Praharastini *et al.* (2019) yang menunjukkan adanya peningkatan nilai TBARS pada produk rendang daging sapi dalam kemasan *retort pouch* selama penyimpanan 6 minggu pada suhu 35°C, 45°C, dan 55°C.

4.2.5. Total Plate Count

Berikut ini merupakan tabel hasil analisis total mikroba dengan metode *Total Plate Count* terhadap sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum dengan perlakuan suhu penyimpanan 30°C, 40°C, dan 50°C. Analisis dilakukan pada hari ke-0, 7, 14, 21, dan 28 selama 28 hari penyimpanan.

Tabel 4. Nilai *Total Plate Count* Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Vakum

Hari ke-	Vakum 30°C	Vakum 40°C	Vakum 50°C
0	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$
7	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$
14	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$
21	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$
28	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$

Tabel 5. Nilai *Total Plate Count* Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Non Vakum

Hari ke-	Vakum 30°C	Vakum 40°C	Vakum 50°C
0	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$
7	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$
14	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$
21	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$
28	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^3$

Berdasarkan data *Total Plate Count*, hasil pengujian produk vakum tidak menunjukkan adanya pertumbuhan mikroba pada pengenceran 10^{-3} dan 10^{-4} . Hal ini menunjukkan bahwa jumlah mikroba pada produk vakum dan non vakum berada di bawah deteksi metode pengujian pada tingkat pengenceran yang digunakan. Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5, nilai *Total Plate Count* (TPC) pada produk kemasan vakum maupun non vakum di seluruh perlakuan suhu masih berada di bawah 10^4 CFU/g. Nilai ini memenuhi batas maksimum cemaran mikroba yang ditetapkan dalam SNI 9106:2022 untuk produk sambal ikan, yaitu 10^4 CFU/g, sehingga produk sambal ikan manyung asap dalam kemasan *retort pouch* masih memenuhi persyaratan keamanan mikrobiologis hingga akhir penyimpanan. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa produk non vakum cenderung mengalami peningkatan nilai TPC yang lebih tinggi dibandingkan produk vakum. Pada kemasan vakum, kondisi rendah oksigen yang terbentuk setelah proses penghampaan udara dan penyegelan mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme aerob. Sebaliknya, pada kemasan non vakum terdapat ruang kosong (*headspace*) yang lebih besar sehingga ketersediaan oksigen di dalam kemasan lebih tinggi dan dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme aerob (Wahyuni *et al.*, 2021).

Karakteristik kemasan *retort pouch* juga berperan dalam mempertahankan mutu mikrobiologis produk selama penyimpanan (Nursafira *et al.*, 2021). Kemasan *retort pouch* berbasis aluminium foil memiliki permeabilitas yang sangat rendah terhadap oksigen dan uap air dibandingkan bahan kemasan seperti *polypropylene* atau *polyethylene*, sehingga mampu mempertahankan kondisi produk selama

penyimpanan (Nursafira *et al.*, 2021). Selain itu, proses sterilisasi komersial pada suhu 121°C berperan dalam menginaktivasi mikroorganisme vegetatif dan menurunkan jumlah mikroorganisme yang berpotensi menyebabkan kerusakan produk (Hasibuan, 2020). Oleh karena itu, kombinasi proses *retort* dan penggunaan kemasan *retort pouch*, terutama dengan perlakuan vakum, terbukti lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme serta mempertahankan mutu sambal ikan manyung asap selama penyimpanan.

4.3. Analisis Kinetika Perubahan Mutu Sambal Ikan Manyung Asap

Model Arrhenius merupakan metode pendugaan umur simpan berbasis kinetika reaksi, di mana penurunan mutu produk dipercepat melalui penyimpanan pada suhu yang lebih tinggi dari kondisi normal (Jassin *et al.*, 2024). Perubahan mutu pangan umumnya mengikuti model kinetika orde nol, orde satu, atau orde dua. Reaksi orde nol ditandai dengan perubahan mutu yang berlangsung secara konstan dan linier terhadap waktu (Jamaludin *et al.*, 2025), sedangkan reaksi orde satu menunjukkan perubahan yang bersifat logaritmik atau mengikuti pola eksponensial (Jamaludin *et al.*, 2025). Menurut Nuraini dan Widanti (2020), reaksi orde nol umumnya terjadi pada degradasi enzimatis, pencoklatan non enzimatis, dan oksidasi lemak, sedangkan reaksi orde satu banyak ditemukan pada ketengikan, pertumbuhan mikroorganisme, pembentukan off-flavor, kerusakan vitamin, dan penurunan mutu protein. Namun, tidak semua perubahan mutu dapat dijelaskan menggunakan model orde nol atau orde satu.

Beberapa parameter dapat mengikuti kinetika orde dua, seperti yang dilaporkan Tambunan *et al.* (2023) pada perubahan kadar vitamin C brokoli selama penyimpanan. Reaksi orde dua menggambarkan laju reaksi yang dipengaruhi oleh interaksi antar komponen reaktan atau reaksi bimolekuler (Hariyadi, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan ketiga model kinetika, yaitu orde nol, orde satu, dan orde dua, untuk menentukan model yang paling sesuai dalam menggambarkan perubahan mutu sambal ikan manyung asap selama penyimpanan. Penentuan orde reaksi dilakukan melalui pembuatan grafik hubungan perubahan mutu terhadap waktu penyimpanan. Pada orde nol, data diplot langsung terhadap waktu penyimpanan (Hasany *et al.*, 2017). Pada orde satu, data ditransformasikan dalam bentuk $\ln$ kemudian diplot terhadap waktu (Simbolon *et al.*, 2019), sedangkan pada orde dua data diubah menjadi bentuk $1/Q$ sebelum diplot terhadap waktu (Tambunan *et al.*, 2023). Nilai koefisien determinasi (R^2) pada analisis regresi digunakan untuk menunjukkan tingkat kesesuaian model dalam merepresentasikan data perubahan mutu selama penyimpanan.

Orde reaksi yang dipilih adalah model dengan nilai R^2 tertinggi atau paling mendekati satu, karena menunjukkan tingkat ketepatan yang lebih baik dalam menggambarkan perubahan parameter mutu (Hanidah *et al.*, 2021). Setelah orde reaksi ditentukan, tahap selanjutnya adalah membuat plot hubungan antara $\ln k$ dan $1/T$ berdasarkan persamaan Arrhenius. Nilai k diperoleh dari kemiringan (slope) persamaan regresi pada masing-masing suhu penyimpanan. Selanjutnya, nilai k dikonversi menjadi $\ln k$ dan diplot terhadap $1/T$ (K^{-1}) untuk menghasilkan persamaan regresi linier Arrhenius. Persamaan ini digunakan untuk menentukan

nilai energi aktivasi (E_a) yang menggambarkan sensitivitas laju kerusakan produk terhadap perubahan suhu penyimpanan (Sayuti *et al.*, 2020).

4.3.1. Parameter Kinetika Perubahan Kadar Air

Data pada Tabel 6 menunjukkan hasil analisis model kinetika orde nol, orde satu, dan orde dua berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) pada perubahan mutu parameter kadar air sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum pada berbagai suhu penyimpanan.

Tabel 6. Penentuan Orde Reaksi Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Vakum dan Non Vakum Parameter Kadar Air

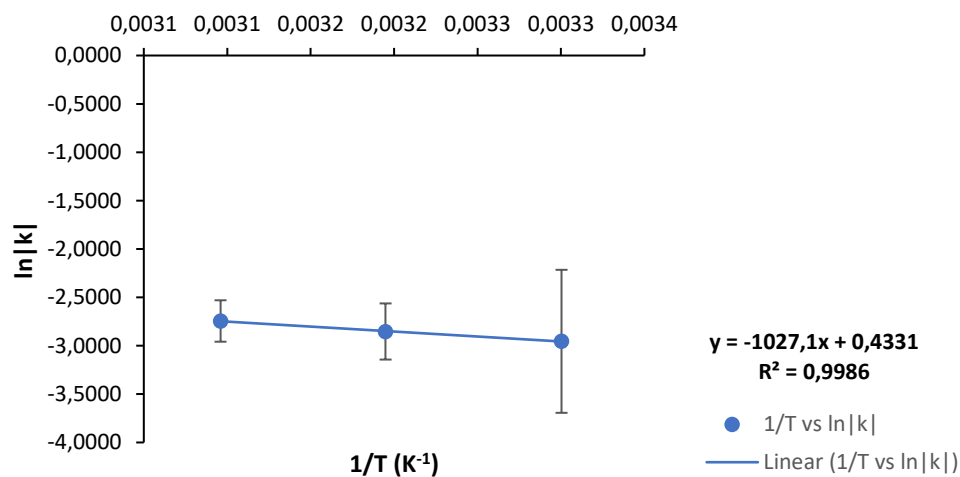
Parameter	Suhu (°C)	Orde 0		Orde 1		Orde 2		Orde yang dipilih
		R^2	Rerata R^2	R^2	Rerata R^2	R^2	Rerata R^2	
Vakum	30°C	0,9808		0,9804		0,9800		Orde 0
	40°C	0,9764	0,9817	0,9758	0,9812	0,9752	0,9807	
	50°C	0,9880		0,9875		0,9869		
Non vakum	30°C	0,9804		0,9794		0,9784		Orde 0
	40°C	0,9611	0,9697	0,9596	0,9684	0,9581	0,9670	
	50°C	0,9677		0,9661		0,9645		

Berdasarkan data pada Tabel 6, parameter kadar air pada sambal ikan manyung asap kemasan vakum memiliki nilai rerata koefisien determinasi (R^2) terbesar pada orde nol dibandingkan orde satu dan orde dua. Demikian pula pada kemasan non vakum, nilai rerata R^2 tertinggi juga diperoleh pada orde nol sehingga parameter kadar air mengikuti kinetika reaksi orde nol. Reaksi orde nol menunjukkan bahwa perubahan kadar air berlangsung relatif konstan selama penyimpanan dan laju perubahannya tidak dipengaruhi oleh konsentrasi awal kadar air produk. Nilai R^2 yang mendekati satu menunjukkan bahwa model kinetika orde

nol mampu menggambarkan perubahan kadar air produk dengan baik selama penyimpanan.

Tabel 7. Nilai k dan ln k Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Vakum
Parameter Kadar Air

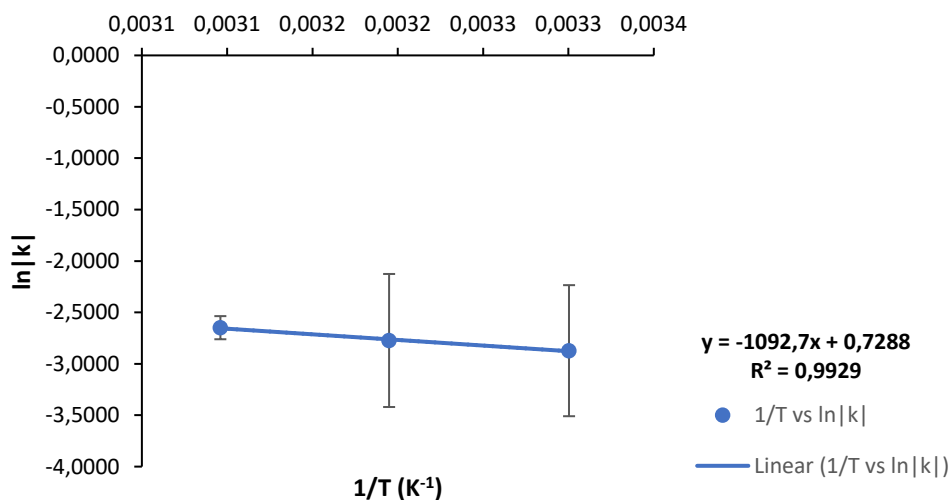
Suhu (°C)	T(K)	1/T	Slope (k)	ln k
30°C	303	0,003300	0,0521	-2,95445324
40°C	313	0,003195	0,0577	-2,85286955
50°C	323	0,003095	0,0643	-2,74441785



Ilustrasi 12. Hubungan antara ln k dan 1/T Produk Vakum pada Parameter Kadar Air

Tabel 8. Nilai k dan ln k Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Non Vakum
Parameter Kadar Air

Suhu (°C)	T(K)	1/T	Slope (k)	ln k
30°C	303	0,003300	0,0566	-2,87225122
40°C	313	0,003195	0,0625	-2,77316031
50°C	323	0,003095	0,0708	-2,64860274



Ilustrasi 13. Hubungan antara $\ln k$ dan $1/T$ Produk Non Vakum pada Parameter Kadar Air

Berdasarkan grafik pada Ilustrasi 12 dan Ilustrasi 13, dihasilkan persamaan regresi linier $y = -1027,1x + 0,4331$ untuk produk vakum dan $y = -1092,7x + 0,7288$ untuk produk non vakum. Persamaan regresi tersebut diperoleh dari grafik hubungan $\ln k$ dengan $1/T$. Persamaan tersebut setara dengan persamaan arrhenius $\ln k = \ln k_0 - E_a/RT$ di mana nilai derajat kemiringan (*slope*) dari persamaan tersebut yaitu -1027,1 untuk produk vakum dan -1092,7 untuk produk non vakum yang setara dengan nilai $-E_a/R$ dari persamaan arrhenius. Oleh karena itu, nilai energi aktivasi dapat ditentukan dengan mensubstitusikan nilai konstanta gas ($R=8,314472 \text{ J/mol K}$) ke dalam persamaan $-E_a/R$. Perhitungan energi aktivasi parameter kadar air produk sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum dapat dilihat pada Lampiran 19. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai energi aktivasi (E_a) parameter kadar air pada produk vakum sebesar 8539,71 J/mol, sedangkan pada produk non vakum sebesar 9085,34 J/mol. Nilai energi aktivasi yang lebih tinggi pada kemasan non vakum menunjukkan bahwa perubahan kadar

air pada produk non vakum membutuhkan energi yang lebih besar untuk memulai reaksi perubahan mutu dibandingkan produk vakum. Perubahan kadar air selama penyimpanan diduga dipengaruhi oleh interaksi produk dengan udara di dalam kemasan serta kondisi suhu penyimpanan yang dapat meningkatkan mobilitas molekul air selama penyimpanan.

4.3.2. Parameter Kinetika Perubahan Kadar Protein

Data pada Tabel 9 menunjukkan hasil analisis model kinetika orde nol, orde satu, dan orde dua berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) pada perubahan mutu parameter kadar protein sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum pada berbagai suhu penyimpanan.

Tabel 9. Penentuan Orde Reaksi Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Vakum dan Non Vakum Parameter Kadar Protein

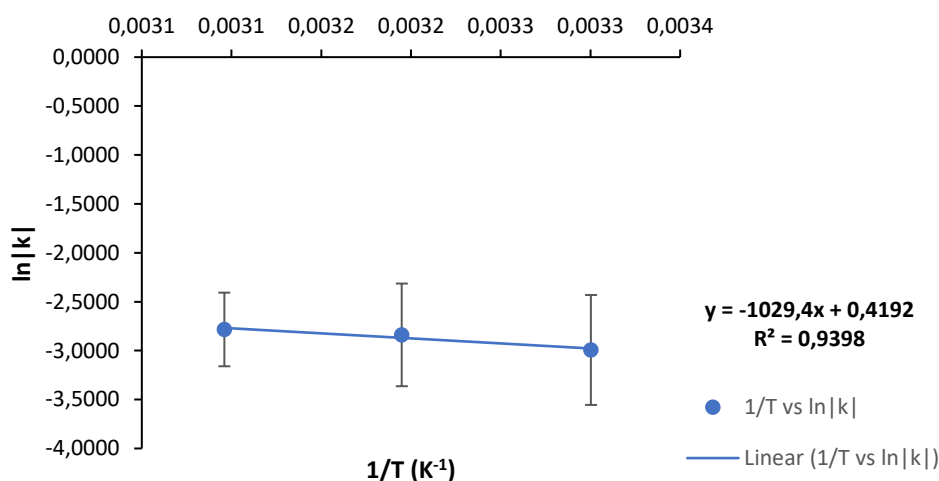
Parameter	Suhu (°C)	Orde 0		Orde 1		Orde 2		Orde yang dipilih
		R^2	Rerata R^2	R^2	Rerata R^2	R^2	Rerata R^2	
Vakum	30°C	0,9123		0,9077		0,9030		Orde 0
	40°C	0,9777	0,9545	0,9757	0,9530	0,9734	0,9513	
	50°C	0,9736		0,9756		0,9774		
Non vakum	30°C	0,9751		0,9699		0,9641		Orde 0
	40°C	0,9942	0,9870	0,9938	0,9855	0,9930	0,9835	
	50°C	0,9918		0,9928		0,9934		

Berdasarkan data pada Tabel 9, parameter kadar protein pada sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum memiliki nilai rerata koefisien determinasi (R^2) terbesar pada orde nol dibandingkan orde satu maupun orde dua. Oleh karena itu, parameter kadar protein pada kedua perlakuan mengikuti kinetika reaksi orde nol. Reaksi orde nol menunjukkan bahwa penurunan kadar protein berlangsung relatif konstan selama penyimpanan dan laju penurunannya tidak

dipengaruhi oleh konsentrasi awal protein di dalam produk. Nilai R^2 yang mendekati satu menunjukkan bahwa model kinetika orde nol mampu menggambarkan perubahan kadar protein selama penyimpanan dengan baik.

Tabel 10. Nilai k dan ln k Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Vakum Parameter Kadar Protein

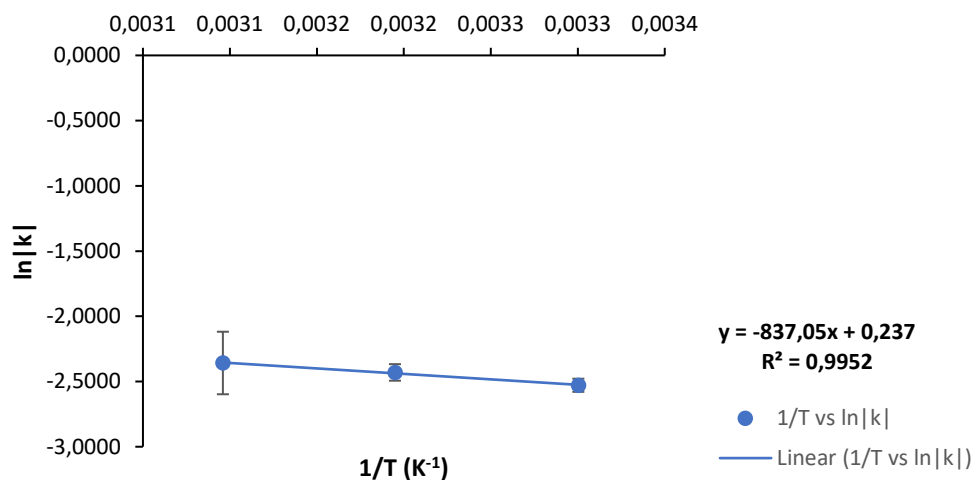
Suhu (°C)	T(K)	1/T	Slope (k)	ln k
30°C	303	0,003300	-0,0501	-2,99287920
40°C	313	0,003195	-0,0585	-5,83872852
50°C	323	0,003095	-0,0618	-2,78350523



Ilustrasi 14. Hubungan antara ln k dan 1/T Produk Vakum pada Parameter Kadar Protein

Tabel 11. Nilai k dan ln k Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Non Vakum Parameter Kadar Protein

Suhu (°C)	T(K)	1/T	Slope (k)	ln k
30°C	303	0,003300	-0,0797	-2,52885854
40°C	313	0,003195	-0,0880	-2,43041846
50°C	323	0,003095	-0,0946	-2,35802230



Ilustrasi 15. Hubungan antara $\ln k$ dan $1/T$ Produk Non Vakum pada Parameter Kadar Protein

Berdasarkan grafik pada Ilustrasi 14 dan Ilustrasi 15, dihasilkan persamaan regresi linier $y = -1029,4x + 0,4192$ untuk produk vakum dan $y = -837,05x + 0,237$ untuk produk non vakum. Persamaan regresi tersebut diperoleh dari grafik hubungan $\ln k$ dengan $1/T$. Persamaan tersebut setara dengan persamaan arrhenius $\ln k = \ln k_0 - E_a/RT$ di mana nilai derajat kemiringan (*slope*) dari persamaan tersebut yaitu -1029,4 untuk produk vakum dan -837,05 untuk produk non vakum yang setara dengan nilai $-E_a/R$ dari persamaan arrhenius. Oleh karena itu, nilai energi aktivasi dapat ditentukan dengan mensubstitusikan nilai konstanta gas ($R=8,314472 \text{ J/mol K}$) ke dalam persamaan $-E_a/R$. Perhitungan energi aktivasi parameter kadar protein produk sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum dapat dilihat pada Lampiran 20. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai energi aktivasi (E_a) parameter kadar protein pada produk vakum sebesar 8558,64 J/mol, sedangkan pada produk non vakum sebesar 6959,64 J/mol. Nilai energi aktivasi yang lebih rendah pada kemasan non vakum menunjukkan bahwa reaksi

kerusakan protein pada produk non vakum lebih mudah terjadi selama penyimpanan dibandingkan produk vakum. Kondisi tersebut diduga disebabkan oleh keberadaan oksigen di dalam kemasan non vakum yang dapat mempercepat proses oksidasi dan denaturasi protein selama penyimpanan. Sementara itu, perlakuan vakum mampu menghambat kontak produk dengan oksigen sehingga perubahan kadar protein berlangsung lebih lambat.

4.3.3. Parameter Kinetika Perubahan pH

Data pada Tabel 12 menunjukkan hasil analisis model kinetika orde nol, orde satu, dan orde dua berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) pada perubahan mutu parameter pH sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum pada berbagai suhu penyimpanan.

Tabel 12. Penentuan Orde Reaksi Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Vakum dan Non Vakum Parameter pH

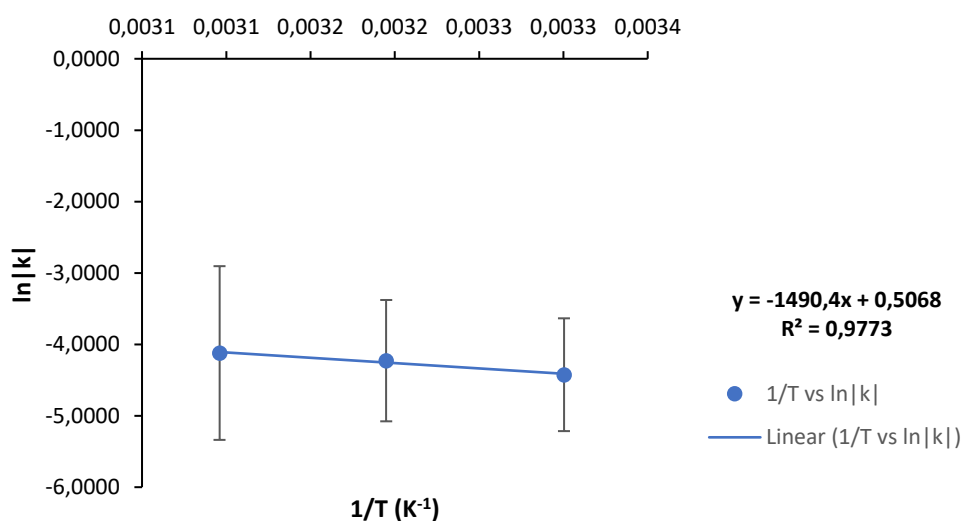
Parameter	Suhu (°C)	Orde 0		Orde 1		Orde 2		Orde yang dipilih
		R^2	Rerata R^2	R^2	Rerata R^2	R^2	Rerata R^2	
Vakum	30°C	0,9914		0,9900		0,9885		Orde 0
	40°C	0,9952	0,9929	0,9937	0,9912	0,9919	0,9893	
	50°C	0,9920		0,9899		0,9876		
Non vakum	30°C	0,9977		0,9984		0,9988		Orde 0
	40°C	0,9996	0,9987	0,9996	0,9986	0,9992	0,9981	
	50°C	0,9987		0,9977		0,9964		

Berdasarkan data pada Tabel 12, parameter pH pada sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum memiliki nilai rerata koefisien determinasi (R^2) terbesar pada orde nol dibandingkan orde satu maupun orde dua. Oleh karena itu, perubahan mutu parameter pH pada kedua perlakuan mengikuti kinetika reaksi orde nol. Reaksi orde nol menunjukkan bahwa perubahan nilai pH berlangsung

relatif konstan selama penyimpanan dan laju perubahannya tidak dipengaruhi oleh konsentrasi awal komponen di dalam produk. Nilai R^2 yang mendekati satu menunjukkan bahwa model kinetika orde nol mampu menggambarkan perubahan pH produk dengan baik selama penyimpanan.

Tabel 13. Nilai k dan ln k Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Vakum Parameter pH

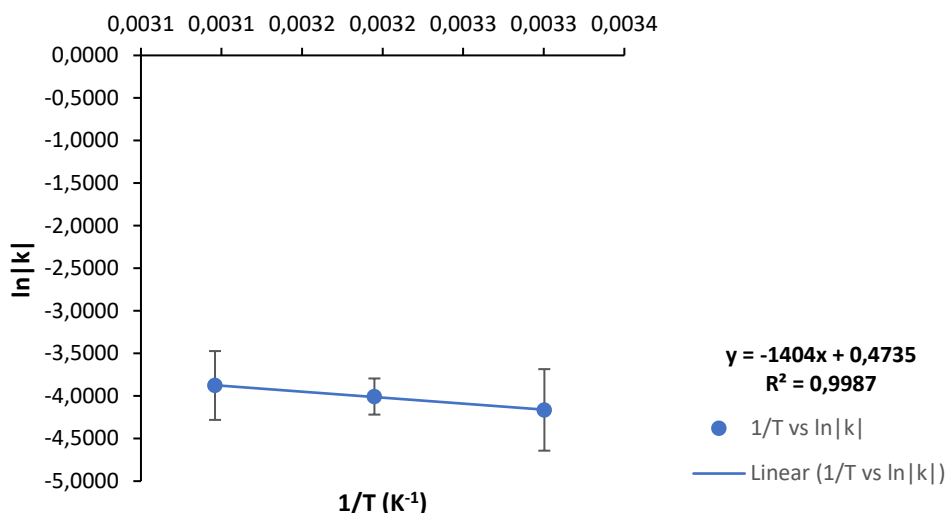
Suhu (°C)	T(K)	1/T	Slope (k)	ln k
30°C	303	0,003300	0,0120	-4,42483473
40°C	313	0,003195	0,0146	-4,22787595
50°C	323	0,003095	0,0162	-4,12112865



Ilustrasi 16. Hubungan antara ln k dan 1/T Produk Vakum pada Parameter pH

Tabel 14. Nilai k dan ln k Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Non Vakum Parameter pH

Suhu (°C)	T(K)	1/T	Slope (k)	ln k
30°C	303	0,003300	0,0156	-4,16308236
40°C	313	0,003195	0,0182	-4,00620287
50°C	323	0,003095	0,0207	-3,87635714



Ilustrasi 17. Hubungan antara $\ln k$ dan $1/T$ Produk Non Vakum pada Parameter pH

Berdasarkan grafik pada Ilustrasi 16 dan Ilustrasi 17, dihasilkan persamaan regresi linier $y = -1490,4x + 0,5068$ untuk produk vakum dan $y = -1404x + 0,4735$ untuk produk non vakum. Persamaan regresi tersebut diperoleh dari grafik hubungan $\ln k$ dengan $1/T$. Persamaan tersebut setara dengan persamaan arrhenius $\ln k = \ln k_0 - E_a/RT$ di mana nilai derajat kemiringan (*slope*) dari persamaan tersebut yaitu -1490,4 untuk produk vakum dan -1404 untuk produk non vakum yang setara dengan nilai $-E_a/R$ dari persamaan arrhenius. Oleh karena itu, nilai energi aktivasi dapat ditentukan dengan mensubstitusikan nilai konstanta gas ($R=8,314472 \text{ J/mol K}$) ke dalam persamaan $-E_a/R$. Perhitungan energi aktivasi parameter pH produk sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum dapat dilihat pada Lampiran 21. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai energi aktivasi (E_a) parameter pH pada produk vakum sebesar 12391,60 J/mol, sedangkan pada produk non vakum sebesar 11673,57 J/mol. Nilai energi aktivasi yang lebih rendah pada kemasan non vakum menunjukkan bahwa perubahan pH pada produk non vakum lebih mudah terjadi selama penyimpanan dibandingkan produk vakum.

Kondisi tersebut diduga disebabkan oleh keberadaan oksigen di dalam kemasan non vakum yang memungkinkan terjadinya reaksi kimia lebih cepat selama penyimpanan. Sementara itu, perlakuan vakum mampu menghambat keberadaan oksigen di dalam kemasan sehingga perubahan mutu produk berlangsung lebih lambat.

4.3.4. Parameter Kinetika Perubahan TBARS

Data pada Tabel 15 menunjukkan hasil analisis model kinetika orde nol, orde satu, dan orde dua berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) pada perubahan mutu parameter TBARS sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum pada berbagai suhu penyimpanan.

Tabel 15. Penentuan Orde Reaksi Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Vakum dan Non Vakum Parameter TBARS

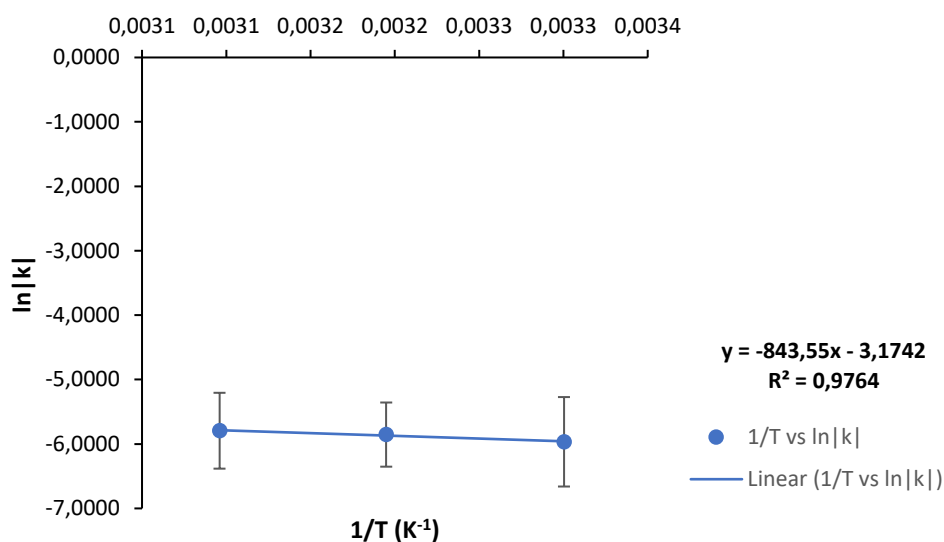
Parameter	Suhu (°C)	Orde 0		Orde 1		Orde 2		Orde yang dipilih
		R^2	Rerata R^2	R^2	Rerata R^2	R^2	Rerata R^2	
Vakum	30°C	0,9944		0,9962		0,9975		Orde 0
	40°C	0,9985	0,9968	0,9989	0,9967	0,9986	0,9960	
	50°C	0,9975		0,9951		0,9918		
Non vakum	30°C	0,9866		0,9913		0,9941		Orde 0
	40°C	0,9946	0,9906	0,9930	0,9890	0,9890	0,9852	
	50°C	0,9905		0,9828		0,9724		

Berdasarkan data pada Tabel 15, parameter TBARS pada sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum memiliki nilai rerata koefisien determinasi (R^2) terbesar pada orde nol dibandingkan orde satu maupun orde dua. Oleh karena itu, parameter TBARS pada kedua perlakuan mengikuti kinetika reaksi orde nol. Reaksi orde nol menunjukkan bahwa peningkatan nilai TBARS berlangsung relatif konstan selama penyimpanan dan laju perubahannya tidak

dipengaruhi oleh konsentrasi awal senyawa yang bereaksi. Nilai R^2 yang mendekati satu menunjukkan bahwa model kinetika orde nol mampu menggambarkan perubahan nilai TBARS selama penyimpanan dengan baik.

Tabel 16. Nilai k dan $\ln k$ Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Vakum Parameter TBARS

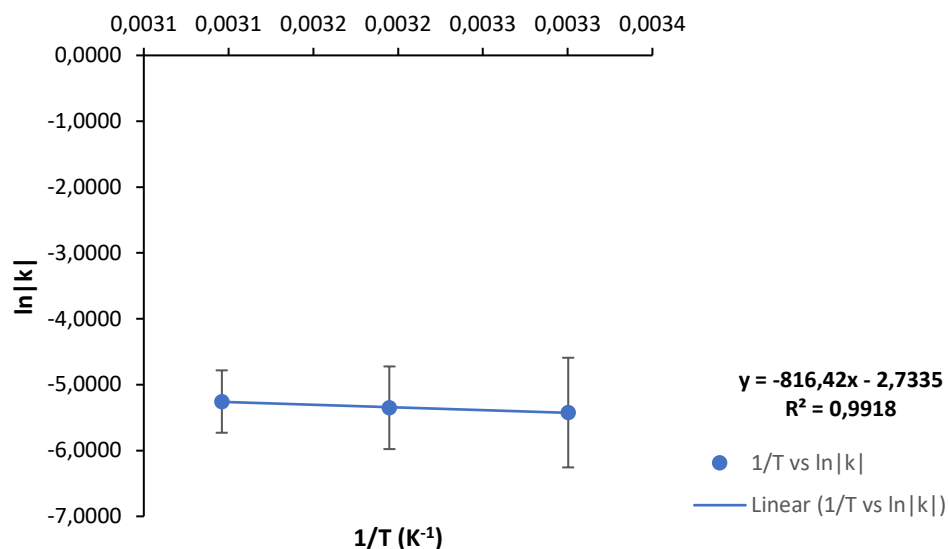
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	T(K)	1/T	Slope (k)	$\ln k$
30 $^{\circ}\text{C}$	303	0,003300	0,0026	-5,96563928
40 $^{\circ}\text{C}$	313	0,003195	0,0029	-5,85373100
50 $^{\circ}\text{C}$	323	0,003095	0,0030	-5,79374983



Ilustrasi 18. Hubungan antara $\ln k$ dan $1/T$ Produk Vakum pada Parameter TBARS

Tabel 17. Nilai k dan $\ln k$ Sambal Ikan Manyung Asap Kemasan Non Vakum Parameter TBARS

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	T(K)	1/T	Slope (k)	$\ln k$
30 $^{\circ}\text{C}$	303	0,003300	0,0044	-5,42373066
40 $^{\circ}\text{C}$	313	0,003195	0,0047	-5,35067503
50 $^{\circ}\text{C}$	323	0,003095	0,0052	-5,25660995



Ilustrasi 19. Hubungan antara $\ln k$ dan $1/T$ Produk Non Vakum pada Parameter TBARS

Berdasarkan grafik pada Ilustrasi 18 dan Ilustrasi 19, dihasilkan persamaan regresi linier $y = -843,55x - 3,1742$ untuk produk vakum dan $y = -816,42x - 2,7335$ untuk produk non vakum. Persamaan regresi tersebut diperoleh dari grafik hubungan $\ln k$ dengan $1/T$. Persamaan tersebut setara dengan persamaan arrhenius $\ln k = \ln k_0 - E_a/RT$ di mana nilai derajat kemiringan (*slope*) dari persamaan tersebut yaitu -843,55 untuk produk vakum dan -816,42 untuk produk non vakum yang setara dengan nilai $-E_a/R$ dari persamaan arrhenius. Oleh karena itu, nilai energi aktivasi dapat ditentukan dengan mensubstitusikan nilai konstanta gas ($R=8,314472 \text{ J/mol K}$) ke dalam persamaan $-E_a/R$. Perhitungan energi aktivasi parameter TBARS produk sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum dapat dilihat pada Lampiran 22. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai energi aktivasi (E_a) parameter TBARS pada produk vakum sebesar 7013,69 J/mol, sedangkan pada produk non vakum sebesar 6788,14 J/mol. Nilai energi aktivasi

yang lebih rendah pada kemasan non vakum menunjukkan bahwa reaksi oksidasi lemak pada produk non vakum lebih mudah terjadi selama penyimpanan dibandingkan produk vakum. Keberadaan oksigen di dalam kemasan non vakum diduga mempercepat pembentukan senyawa hasil oksidasi sekunder seperti malondialdehida (MDA) selama penyimpanan. Sebaliknya, perlakuan vakum mampu mengurangi jumlah oksigen di dalam kemasan sehingga laju oksidasi lemak dapat dihambat.

4.4. Penentuan Umur Simpan

Tahap berikutnya dalam penentuan umur simpan sambal ikan manyung asap adalah menetapkan parameter kritis yang tepat agar diperoleh estimasi umur simpan yang akurat. Parameter kritis ditentukan berdasarkan atribut mutu yang paling berperan dalam menyebabkan kerusakan produk selama penyimpanan. Penentuan parameter tersebut dilakukan menggunakan pendekatan persamaan Arrhenius melalui hubungan antara $\ln k$ dan $1/T$ untuk melihat sensitivitas laju kerusakan terhadap perubahan suhu penyimpanan. Hubungan linear antara $\ln k$ dan $1/T$ menunjukkan bahwa peningkatan suhu penyimpanan menyebabkan peningkatan konstanta laju reaksi kerusakan (k), sehingga reaksi deteriorasi berlangsung lebih cepat. Parameter TBARS dipilih sebagai parameter kritis karena paling merepresentasikan mekanisme kerusakan utama pada sambal ikan manyung asap, yaitu oksidasi lemak. Produk berbasis ikan dan minyak rentan mengalami oksidasi lemak selama penyimpanan yang menyebabkan ketengikan dan penurunan mutu sensoris produk.

Tabel 18. Persamaan Arrhenius dan Energi Aktivasi Produk Vakum

Parameter	Persamaan Arrhenius	R ²	Ea (J/mol)	Slope
Kadar Air	$y = -1027,1x + 0,4331$	0,9986	8539,71	1027,09
Kadar Protein	$y = -1029,4x + 0,4192$	0,9398	8558,64	1029,37
pH	$y = -1490,4x + 0,5068$	0,9773	12391,60	1490,36
TBARS	$y = -843,55x - 3,1742$	0,9764	7013,69	843,55

Tabel 19. Persamaan Arrhenius dan Energi Aktivasi Produk Non Vakum

Parameter	Persamaan Arrhenius	R ²	Ea (J/mol)	Slope
Kadar Air	$y = -1092,7x + 0,7288$	0,9929	9085,34	1092,71
Kadar Protein	$y = -837,05x + 0,237$	0,9952	6959,64	837,05
pH	$y = -1404x + 0,4735$	0,9987	11673,57	1404,01
TBARS	$y = -816,42x - 2,7335$	0,9918	6788,14	816,42

Berdasarkan Tabel 18 dan Tabel 19, parameter TBARS ditetapkan sebagai parameter mutu kritis dalam penentuan umur simpan sambal ikan manyung asap karena paling merepresentasikan mekanisme kerusakan utama produk selama penyimpanan, yaitu oksidasi lemak. Sebelum menghitung umur simpan, terlebih dahulu ditentukan nilai konstanta laju reaksi (k) menggunakan persamaan Arrhenius $k = k_0 \cdot e^{-E_a/RT}$ yang ditransformasikan menjadi bentuk linear $\ln k = \ln k_0 - E_a/RT$. Perhitungan umur simpan sambal ikan manyung asap kemasan vakum dilakukan menggunakan persamaan yang diperoleh dari grafik hubungan $\ln k$ terhadap $1/T$ untuk parameter TBARS yaitu $y = -843,55x - 3,1742$ yang setara dengan persamaan Arrhenius $\ln k = -843,55 (1/T) - 3,1742$, dimana $\ln k_0 = -3,1742$ dan $E_a/RT = 843,55x$. Untuk memperoleh nilai k atau laju penurunan mutu pada setiap suhu penyimpanan, maka suhu (K) perlu diganti dengan masing-masing suhu penyimpanan. Perhitungan nilai k produk sambal ikan manyung asap kemasan vakum dapat dilihat pada Lampiran 23.

Perhitungan umur simpan sambal ikan manyung asap kemasan non vakum dilakukan menggunakan persamaan yang diperoleh dari grafik hubungan $\ln k$ terhadap $1/T$ untuk parameter TBARS yaitu $y = -816,42x - 2,7335$ yang setara dengan persamaan Arrhenius $\ln k = -816,42 (1/T) - 2,7335$ dimana $\ln k_0 = -2,7335$ dan $E_a/RT = 816,42x$. Untuk memperoleh nilai k atau laju penurunan mutu pada setiap suhu penyimpanan, maka suhu (K) perlu diganti dengan masing-masing suhu penyimpanan. Perhitungan nilai k produk sambal ikan manyung asap kemasan non vakum dapat dilihat pada Lampiran 24. Nilai k yang telah diperoleh lalu digunakan untuk menghitung umur simpan sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum menggunakan rumus Arrhenius orde nol dengan parameter TBARS sebagai indikator penurunan mutu. Prediksi umur simpan dilakukan pada suhu ruang (27°C) dan suhu ruangan ber-AC (18°C) sebagai simulasi kondisi penyimpanan produk selama distribusi dan penyimpanan. Perhitungan umur simpan produk sambal ikan manyung asap kemasan vakum dan non vakum secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 26. Berdasarkan perhitungan umur simpan menggunakan rumus Arrhenius, diperoleh estimasi umur simpan sambal ikan manyung asap kemasan *retort pouch* sebagai berikut:

Tabel 20. Prediksi Umur Simpan Sambal Ikan Manyung Asap Berdasarkan Parameter TBARS

Produk	Q_0	Q_t	T (celcius)	T (kelvin)	k	Umur simpan (hari)
Vakum	0,55	1,286	27	300	0,002514	292,37
	0,55	1,286	18	291	0,002304	318,94
Non Vakum	0,56	1,286	27	300	0,004275	169,69
	0,56	1,286	18	291	0,003930	184,59

Keterangan: Q_t = nilai batas kritis; Q_0 = nilai mutu awal; T = suhu penyimpanan; k = konstanta laju kerusakan mutu

Perhitungan umur simpan dihitung berdasarkan batas kritis nilai TBARS pada produk pangan yaitu sebesar 1,286 mg MDA/kg. Nilai batas kritis (Q_t) sebesar 1,286 mg MDA/kg dan nilai mutu awal (Q_0) untuk produk vakum sebesar 0,55 sedangkan produk non vakum sebesar 0,56. Umur simpan (t) kemudian dihitung berdasarkan selisih antara Q_t dan Q_0 dibagi dengan konstanta laju reaksi (k). Perhitungan umur simpan dilakukan pada suhu ruang (27°C) dan suhu ruangan ber-AC (18°C) sebagai simulasi kondisi penyimpanan produk selama distribusi dan penyimpanan. Berdasarkan tabel 18, hasil prediksi umur simpan produk vakum pada suhu 27°C dan 18°C secara berturut-turut adalah 292,37 hari dan 318,94 hari. Sementara itu, hasil prediksi umur simpan produk non vakum pada suhu 27°C dan 18°C secara berturut-turut adalah 169,69 hari dan 184,59 hari.

Berdasarkan hasil prediksi umur simpan, diperoleh kisaran umur simpan produk vakum sekitar 292,37 hari hingga 318,94 hari sedangkan produk non vakum sekitar 169,69 hari dan 184,59 hari, tergantung pada suhu penyimpanan. Penelitian Manju *et al.* (2004) pada pendugaan umur simpan kari ikan dalam kemasan *retort pouch* menunjukkan bahwa produk dapat bertahan hingga 18 bulan dalam suhu ruang (27°C) dan 10 bulan pada suhu 37°C . Rentang umur simpan yang relatif panjang ini disebabkan oleh proses sterilisasi *retort* yang mampu menginaktivasi mikroorganisme serta memperlambat reaksi kerusakan sehingga produk memiliki stabilitas yang lebih baik selama penyimpanan (Sinaga dan Moentamaria, 2024).

Perlakuan kemasan vakum dan non vakum juga memengaruhi hasil umur simpan. Produk vakum cenderung memiliki umur simpan yang lebih panjang daripada produk non vakum. Rendahnya kandungan oksigen di dalam kemasan

vakum dapat menekan terjadinya reaksi oksidasi lemak, degradasi protein, dan pertumbuhan mikroorganisme selama penyimpanan (Nofreana *et al.*, 2017). Sebaliknya, keberadaan oksigen pada kemasan non vakum dapat mempercepat reaksi oksidatif dan penurunan mutu produk sehingga umur simpan menjadi lebih pendek (Arsyad dan Habi, 2021). Faktor lain seperti kondisi selama pengolahan, fluktuasi suhu, serta interaksi antar komponen pangan juga dapat memengaruhi laju penurunan mutu produk sehingga berpengaruh terhadap hasil umur simpan (Nofreana *et al.*, 2017).

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, disimpulkan bahwa selama penyimpanan terjadi penurunan mutu produk. Penentuan umur simpan produk berdasarkan parameter TBARS menunjukkan bahwa produk dengan kemasan vakum memiliki umur simpan lebih lama dibandingkan produk non vakum. Pada suhu penyimpanan 27°C, umur simpan produk vakum mencapai 292,37 hari, sedangkan produk non vakum 169,69 hari. Sementara itu, pada suhu penyimpanan 18°C, umur simpan produk vakum mencapai 318,94 hari dan produk non vakum 184,59 hari. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan kemasan *retort pouch* dengan perlakuan vakum serta proses sterilisasi pada suhu 121°C selama 20 menit efektif dalam memperlambat laju penurunan mutu dan memperpanjang umur simpan produk.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan dilakukan uji nilai F_0 pada proses *retort* sambal ikan manyung asap guna memastikan kecukupan proses sterilisasi, mengingat penelitian ini masih mengacu pada kondisi *retort* dari penelitian sebelumnya. Selain itu dapat dilakukan verifikasi hasil umur simpan dengan menyimpan produk pada kondisi aktual dan mengamati perubahan mutu secara berkala untuk mengevaluasi kesesuaian dengan hasil prediksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F. A. 2023. Penentuan Nilai D, Lama Pemasakan, dan Perubahan Mutu selama Penyimpanan Produk *Retort Pouch* Coto Makassar. Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Makassar. (Skripsi)
- Adawiyah, R., Widyastuti, S., dan Werdiningsih, W. 2016. Pengaruh pengemasan vakum terhadap kualitas mikrobiologis ayam bakar asap selama penyimpanan. *Pro Food*. 2(2): 152-157. <http://jurnal.unram.ac.id/index.php/profood/index>.
- Adeyeye, S. A. O. 2019. Smoking of fish: a critical review. *Journal of Culinary Science and Technology*. 17(6): 559-575. <https://doi.org/10.1080/15428052.2018.1495590>.
- Affandi, D. R., Sanjaya, A. P., dan Mardiana, S. R. 2020. Umur simpan sambal pari (*Dasyatis sp.*) asap yang dikemas jar pada beberapa cara pemasakan dengan metode pendugaan *accelerated shelf-life testing* (ASLT). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 13(2): 111-123. <https://doi.org/10.20961/jthp.v13i2.43120>.
- Afiqah, N., Hartanti, L., dan Rahayuni, T. 2024. Kajian lama penyimpanan asam pedas ikan lele menggunakan standing pouch aluminium foil. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*. 16(1): 36-43. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v16i1.32205>.
- Afriani., Arnim., Marlida, Y., dan Yuherman. 2017. Potensi antibakterial bakteri asam laktat proteolitik dari bekasam sebagai biopreservatif daging sapi. *Jurnal Peternakan Indonesia*. 19(3): 165-173. <https://doi.org/10.25077/jpi.19.3.161-169.2017>.
- Agustini, F. D., Setha, B., dan Lokollo, E. 2025. Mutu kimia dan organoleptik daging tuna (*Thunnus albacares*) bentuk saku yang diinjeksi *gas filtered smoke*. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*. 5(2): 50-56. <https://doi.org/10.30598/jinasua.2025.5.2.50>.
- Al Umar, A. U. A., Mustofa, M. T. L., Fitria, D., Jannah, A. M., dan Arinta, Y. N. 2021. Pengaruh label halal dan tanggal kadaluarsa terhadap keputusan pembelian produk Sidomuncul. *Jurnal Ekonomi Dan Ekonomi Syariah*. 4(1): 641-647. <https://doi.org/10.36778/jesya.v4i1.348>.
- Alyani, F., Ma'ruf, W. F., dan Anggo, A. D. 2016. Pengaruh lama perebusan ikan bandeng (*Chanos chanos Forsk*) pindang goreng terhadap kandungan lisin

- dan protein terlarut. Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan. 5(1): 88-93. <http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jpbhp>.
- Amalia, M., Raharjo, D., dan Priyono, S. 2019. Pengaruh konsentrasi ekstrak kunyit dan lama perendaman terhadap daya simpan kerupuk basah. Jurnal Teknologi Pangan. 3(2): 273-280. <https://doi.org/10.14710/jtp.2019.23549>.
- Amdani, R. Z., Kusumaningrum, A., Amri, A. F., Nurhikmat, A., Susanto, A., Siswoprayogi, S., dan Praharasti, A. S. 2024. Evaluating the food properties of canned beef rendang to determine the product quality. Agritech. 44(3): 218-231. <https://doi.org/10.22146/agritech.73815>.
- Anderson, S. 2007. Determination of fat, moisture, and protein in meat and meat products by using the FOSS FoodScan near-infrared spectrophotometer with FOSS artificial neural network calibration model and associated database: collaborative study. Journal of AOAC international. 90(4): 1073-1083. <https://doi.org/10.1093/jaoac/90.4.1073>.
- Anggraeni, W., Lukman, H., dan Pramusintha, B. 2022. Pengaruh lama simpan dan metoda pengemasan terhadap sifat fisik bakso daging ayam pada penyimpanan di suhu rendah ($\pm 5^{\circ}\text{C}$). Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan. 25(1): 91-99. <https://doi.org/10.22437/jiip.v25i1.12471>.
- Angraeni, P. D., Marhamah, dan Djayasinaga, R. 2021. Pengaruh pemanasan berulang terhadap kualitas media *plate count agar* (PCA) di laboratorium bakteriologi jurusan analisis kesehatan. Jurnal Medika Malahayati. 6(4):220-226. <https://doi.org/10.33024/jmm.v5i4.5936>.
- Arguelo, N. N., Garcia, E. R. M., Ferreira de Lara, J. A., dan Ferraz, A. L. J. 2016. Physicochemical characteristics and lipid oxidation of chicken inner fillets subjected to different thermal processing types. Revista Brasileira de Ciência Avícola. 18(03): 443-450. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2015-0150>.
- Arif, A. B. 2016. Metode *accelarated shelf life test* (aslt) dengan pendekatan arrhenius dalam pendugaan umur simpan sari buah nanas, pepaya dan cempedak. Informatika Pertanian. 25(2): 189-198. <https://doi.org/10.21082/ip.v25n2.2016.p189-198>.
- Arifin, T. S. M. 2021. Aktivitas Antioksidan dan Warna Bakso Daging Sapi dengan Penambahan Bubuk Daun Cemba (*Albizia lebbbeckoides* (DC.) Benth.). Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin. Makassar. (Skripsi)

- Arifin, M. H., dan Purnamayati, L. 2024. Pengaruh penambahan coating kitosan terhadap kualitas ikan salem pindang (*Scomber japonicus*) yang dikemas vakum selama penyimpanan suhu ruang. Jurnal Sains dan Teknologi Pangan. 9(5): 7706-7719. <https://doi.org/10.63071/h0afyh35>.
- Ariyana, M. D., Widyastuti, S., Amro, M., Perdhana, F. F., Rahayu, T. I., Handayani, B. R., Sinaga, Y. M. R., Werdiningsih, W., Zuhdia, L. D., dan Wati, H. 2024. Introduksi teknologi pengemasan vakum sebagai upaya untuk meningkatkan masa simpan produk di kawasan wisata kuliner sate Kelurahan Rembiga. Alamtana: Jurnal Pengabdian Masyarakat UNW Mataram. 5(3): 146-156. <https://doi.org/10.51673/jaltn.v5i3.2328>.
- Armanitya, A. W. 2020. Karakteristik Kimiawi dan Mikrobiologis Lele Asap *Retort Pouch* dengan Berbagai Bumbu Tradisional Indonesia Selama Penyimpanan. Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. (Skripsi)
- Arsyad, M., dan Habi, S. H. B. 2021. Analisis kimia dan organoleptik terhadap formulasi sambal ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis* L.) asap. Gorontalo Agriculture Technology Journal. 4(1): 11-21. <https://doi.org/10.32662/gatj.v4i1.1463>.
- Asiah, N., Cempaka, L., dan David, W. 2018. Panduan Praktis Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan. UB Press, Jakarta.
- Astuti, S., Setyani, S., Suharyono, S., dan Hidayat, M. N. 2018. Pendugaan umur simpan tepung jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) pada kemasan plastik polietilen dengan metode akselerasi. Jurnal Penelitian Pertanian Terapan. 19(2): 95-107. <https://doi.org/10.25181/jppt.v19i2.1405>.
- Audrey, N. K., Purnomo, E. H., dan Wulandari, N. 2026. Kinetics of thermal-induced physical quality alterations in chicken meat processing. Jurnal Teknik Pertanian Lampung. 15(1): 110-123. <https://doi.org/10.23960/jtepl.v15i1.110-123>.
- Aulia, S. S., Setiawan, B., Sinaga, T., dan Sulaeman, A. 2020. Penurunan mutu dan pendugaan umur simpan sup krim instan labu kuning diperkaya tempe untuk lansia dengan metode *accelerated shelf life testing* (ASLT). Jurnal Gizi Indonesia. 8(2): 134-142. <https://doi.org/10.14710/jgi.8.2.134-142>.
- Azis, R. dan Akolo, I. R. 2019. Karakteristik mutu kadar air, kadar abu dan organoleptik pada penyedap rasa instan. Journal Of Agritech Science. 3(2): 60-77. <https://doi.org/10.30869/jasc.v3i2.396>.

- Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2021. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 27 Tahun 2021 tentang Persyaratan Pangan Olahan Berasam Rendah Kemasan Hermetis. BPOM, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2006. (SNI 01-2332.3-2006). Penentuan Angka Lempeng Total (ALT) pada Produk Perikanan. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. 2009. (SNI 7388:2009). Batas Maksimum Cemaran Mikroba Dalam Pangan. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. 2018. (SNI 4865:2018). Sambal. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. 2022. (SNI 9106:2022). Sambal Ikan. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Bozic, A. L., dan Podgornik, R. 2017. pH dependence of charge multipole moments in proteins. *Biophysical journal*. 113(7): 1454-1465. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2017.08.017>.
- Bhat, Z. F., Morton, J. D., Bekhit, A. E. D. A., Kumar, S., dan Bhat, H. F. 2021. Thermal processing implications on the digestibility of meat, fish and seafood proteins. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 20(5): 4511-4548. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12802>.
- Cahyo, M. F. N., Hastuti, S., dan Maflahah, I. 2016. Penentuan umur simpan terasi instan dalam kemasan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 10(1): 55-61. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v10i1.2026>.
- Cardenia, V., Rodriguez-Estrada, M. T., Baldacci, E., dan Lercker, G. 2013. Health-related lipids components of sardine muscle as affected by photooxidation. *Food and chemical toxicology*. 57: 32-38. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.02.053>.
- Chan, S. S., Skare, M., Rotabakk, B. T., Sivertsvik, M., Lerfall, J., Løvdal, T., dan Roth, B. 2021. Evaluation of physical and instrumentally determined sensory attributes of Atlantic salmon portions packaged in modified atmosphere and vacuum skin. *Lwt*. 146: 111404. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111404>.
- Chandravanshi, N. K., Dhruw, P., dan Bharti, R. K. 2019. Nutritional quality of fish food. *International Journal of Fauna and Biological Studies*. 6(2): 82-86.

<https://www.faunajournal.com/archives/2019.v6.i2.B.594/nutritional-quality-of-fish-food>.

- Chu, B., Zhang, C., Song, Y., Zhou, H., Chen, X., dan Gu, Q. 2025. Effects of thermal sterilization conditions on flavor and lipid oxidation of sauced duck necks. *Foods*. 14(17): 1-19. <https://doi.org/10.3390/foods14173136>.
- Darmawati, D., Putri, S. K., Rizki, Z., dan Yenni, Y. 2024. Pengaruh waktu pemanasan terhadap protein pada susu. *Journal of Medical Laboratory Technology*. 1(2): 13-18. <https://www.journal.poltekkesaceh.ac.id/index.php/jomlat/article/view/596>.
- Desvita, H., Faisal, M., Mahidin, M., dan Suhendrayatna. 2023. Natural antimicrobial properties of liquid smoke derived from cocoa pod shells in meatball preservation. *South African Journal of Chemical Engineering*. 46(2023): 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2023.08.003>.
- Efendi, R., Ayu, D. F., dan Nofaren, N. 2021. Pendugaan umur simpan rendang telur yang dikemas plastik high density polyetilen (HDPE) dan aluminium foil dengan teknik pengemasan berbeda menggunakan metode akselerasi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 13(1): 1-8. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v13i1.17093>.
- Fadhillah, A. A., Budi, F. S., dan Kusumaningrum, H. D. 2024. Karakteristik dan pengaruh proses sterilisasi terhadap mutu fisik produk lauk berkuah dalam kemasan retort pouch: tinjauan sistematis. *Rekayasa*. 17(3): 484-500. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v17i3.26978>.
- Febrianti, F. N., Puspitasari, D., dan Alfitri, K. N. 2025. Pendekatan kadar air kritis untuk evaluasi umur simpan cookies kacang merah dan bayam merah sebagai snack pencegah anemia. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*. 24(2): 88-96. <https://doi.org/10.33508/jtpg.v24i2.7692>.
- Fratama, R. F., Hetrik, M., Ramadhan, A., Cahyuda, N., dan Aliwasa, A. 2024. Uji kandungan protein pada mie sagu. *Jurnal Agroindustri Pangan*. 3(3): 162-174. <https://doi.org/10.47767/agroindustri.v3i3.895>.
- Gargouri, B., Zribi, A., dan Bouaziz, M. 2015. Effect of containers on the quality of Chemlali olive oil during storage. *Journal of Food Science and Technology*. 52(4): 1948-1959. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1273-2>.
- Gomes, N. E. E., Malelak, G.E.M., Armadioanto, H., dan Oematan, G. 2022. Nilai mikrobiologis dan oksidasi lemak sosis darah (ta'bu) yang diberi tambahan

- pasta asam (*Tamarindus indica*). Jurnal Nukleus Peternakan. 9(1): 101-106. <https://doi.org/10.35508/nukleus.v9i1.6727>.
- Hadi, A., Khazanah, W., Andriani, A., dan Husna, H. 2022. Pengaruh berbagai sumber pengasapan terhadap kadar protein, mikrobiologis dan organoleptik ikan nila (*Oreochromis niloticus*) asap. Aceh Nutrition Journal. 7(2): 179-186. <https://doi.org/10.30867/action.v7i2.724>.
- Hadinoto, S., dan Idrus, S. 2018. Proporsi dan kadar proksimat bagian tubuh ikan tuna ekor kuning (*Thunnus albacares*) dari perairan Maluku. Majalah Biam. 14(2): 51-57. <https://doi.org/10.29360/mb.v14i2.4212>.
- Hamdan, A., Suswanto, H., Sujit, S., Taufani, A. R., Syah, A. I., dan Pratama, R. D. 2023. Pemanfaatan teknologi *vacum sealer* sebagai peningkatan kualitas packing produk *frozen food* pada komunitas UMKM Shingkara. Pengabdian Kepada Masyarakat. 6(1): 61-65. <https://doi.org/10.35335/abdimas.v6i1.4058>.
- Hanidah, I. I., Sumanti, D. M., Mulyono, A. T., dan Yusuf, N. P. 2021. Shelf life estimation of instant pempek rajungan (*Portunus pelagicus*) rancidity with the Arrhenius acceleration method. Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri. 10(1): 59-66. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2021.010.01.7>.
- Hariono, B., Kurnianto, M. F., dan Brilliantina, A. 2023. Pendugaan Umur Simpan Ikan dalam Kaleng Metode Arrhenius. In: NaCIA (National Conference on Innovative Agriculture). Hal. 44-51. <https://ocs.polije.ac.id/index.php/pnacia/article/view/59>.
- Hariyadi, P. 2019. Masa Simpan dan Batas Kedaluwarsa Produk Pangan: Pendugaan, Pengelolaan, dan Penandaannya. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Harjan, I., Rasulu, H., dan Saleh, E. R. M. 2018. Penentuan umur simpan ikan Roa asap (ikan Julung-Julung asap) (*Hemirhampus Sp*) menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) dengan pendekatan Arrhenius. Techno: Jurnal Penelitian. 7(1): 105-115. <https://doi.org/10.33387/tk.v7i01.612>.
- Harmayani, R., dan Fajri, N. A. 2021. Pengaruh penambahan jamur tiram (*Pleurotus sp.*) terhadap nilai komposisi kimia dan organoleptik bakso ayam broiler. Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan. 7(1): 78-90. <https://doi.org/10.29303/jstl.v7i1.181>.

- Hartati, F. K. 2016. Evaluasi metode pengujian angka lempeng total menggunakan metode *petrifilm aerobic count plate* terhadap metode uji SNI 01.2332. 2006 pada produk perikanan di LPPMHP Surabaya. Jurnal Teknik Industri Heuristic. 13(02): 89-105. <https://doi.org/10.30996/he.v13i02.877>.
- Harti, A. S. 2015. Mikrobiologi Kesehatan: Peran Mikrobiologi dalam Bidang Kesehatan. Andi Offset, Jakarta.
- Harvyandha, A., Kusumawardani, M., dan Rosyid, A. 2019. Telemetri pengukuran derajat keasaman secara realtime menggunakan raspberry pi. Jurnal Jaringan Telekomunikasi. 9(4): 519-524. <https://doi.org/10.33795/jartel.v9i4.158>.
- Hasany, M. R., Afrianto, E., dan Pratama, R. I. 2017. Pendugaan umur simpan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT) model arrhenius pada fruit nori. Jurnal Perikanan Kelautan. 8(1): 48-55. <https://jurnal.unpad.ac.id/jpk/article/view/13887>.
- Hasibuan, H. A. 2020. Review jenis, aspek perlindungan dan migrasi bahan kemasan dalam pengemasan minyak nabati. Jurnal Pangan. 29(3): 243-252. <https://doi.org/10.33964/jp.v29i3.475>.
- Haurissa, E. R., Yunita, M., dan Sulfiana, S. 2024. Total plate count analysis and food-contaminating bacterial identification of smoked Tatihi (*Thunnus albacares*) sold in several traditional markets in Ambon, Indonesia. Folia Medica Indonesiana. 60(3): 232-239. <https://doi.org/10.20473/fmi.v60i3.62231>.
- Hawa, L. C., Setiawan, W. P., dan Ahmad, A. M. 2018. Aplikasi teknik penyimpanan menggunakan pengemas vakum pada berbagai jenis beras. Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems. 6(2): 145-156.
- Heinz, G. dan Hautzinger, P. 2007. *Meat Processing Technology for Small- to Medium-Scale Producers*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok.
- Hidayat, K. R. A., Nurhadi, E., dan Harya, G. I. 2025. Analisis komparatif metode produksi moderen dan tradisional pada usaha ikan asap di Sidoarjo. Berkala Ilmiah Agribisnis. 14(1): 64-76. <https://doi.org/10.33005/agridevina.v14i1.4832>.
- Huang, L. 2018. Growth of non-toxigenic *Clostridium botulinum* mutant LNT01 in cooked beef: one-step kinetic analysis and comparison with *C. sporogenes*

- and *C. perfringens*. Food Research International. 107: 248-256.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.028>.
- Husain, R., Suparmo, S., Harmayani, E., dan Hidayat, C. 2016. Kinetika oksidasi minyak ikan tuna (*Thunus SP*) selama penyimpanan. Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM. 36(2): 176-181.
<https://doi.org/10.22146/agritech.12862>.
- Husain, R., Suparmo, S., Harmayani, E., dan Hidayat, C. 2018. Komposisi asam lemak, angka peroksida, dan angka TBA fillet ikan kakap (*Lutjanus sp*) pada suhu dan lama penyimpanan berbeda. Agritech. 37(3): 319-326.
<https://doi.org/10.22146/agritech.11212>.
- Hutabarat, M. A., Mohwadati, A. R., Nainggolan, E. P., Lumbantobing, F. N., Avanza, M. R., Bachtiar, N., dan Ananda, R. 2025. Pengaruh jenis kemasan dan suhu penyimpanan terhadap kualitas mutu organoleptik dan fisik buah salak pondoh. Jurnal Agrokompleks Tolis. 5(3): 231-242.
<https://doi.org/10.56630/jago.v5i3.1037>.
- Hutapea, H. P., Sembiring, Y. S., dan Ahmadi, P. 2021. Uji kualitas minyak goreng curah yang dijual di pasar tradisional Surakarta dengan penentuan kadar air, bilangan asam dan bilangan peroksida. Jurnal Kimia Sains Dan Terapan. 3(1): 6-11. <https://doi.org/10.33059/jq.v3i1.3311>.
- Ikrawan, Y., Laverta, T., dan Yelliantty, Y. 2025. Pengaruh jenis kemasan *retort pouch* terhadap karakteristik daging iga dalam sop iga *ready to eat*. Pasundan Food Technology Journal. 12(1): 29-35.
<https://doi.org/10.23969/pftj.v12i1.24884>.
- Imelda, F., Purwandani, L., dan Mustangin, A. 2023. Uji Mikrobiologi. Politeknik Negeri Pontianak. Pontianak.
- Ishiwatari, N., Fukuoka, M., dan Sakai, N. 2013. Effect of protein denaturation degree on texture and water state of cooked meat. Journal of Food engineering. 117(3): 361-369.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.03.013>.
- Ismah, N. N., Hapsari, D. R., Amalia, L., dan Kurniawan, M. F. 2024. Proses produksi 'Gaga Otak-Otakku' ready to eat di PT. Jakarana Tama, Ciawi-Bogor. Karimah Tauhid. 3(10): 11157-11166.
<https://doi.org/10.30997/karimahtauhid.v3i10.15602>.

- Jamaludin, C., Muflihati, I., Affandi, A. R., dan Nurdyansyah, F. 2025. Pendugaan umur simpan mi instan labu kuning menggunakan pendekatan model Arrhenius pada kemasan yang berbeda. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 13(4): 225-235. <https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2025.013.04.3>.
- Jannah, M., Handayani, B. R., Dipokusumo, B., dan Werdiningsih, W. 2018. Peningkatan mutu dan daya simpan ikan pindang kuning “pindang rumbuk” dengan perlakuan lama sterilisasi. *Pro Food*. 4(1): 311-323. <https://doi.org/10.29303/profood.v4i1.80>.
- Jassin, E., Laylah, N., Ahmad, I., dan Rahayu, S. 2024. Pendugaan umur simpan lada putih pada berbagai kemasan menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Test*). *Elektriase: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*. 14(02): 264-275. <https://doi.org/10.47709/elektriase.v14i02.4929>.
- Jeyapriya, S. dan Kantale, R. A. 2022. Retort packaging technology, its market and future prospective. *Vigyan Varta*. 3(6): 65-69. <https://vigyanvarta.in/Archives/2022/June2022.php>.
- Johnson, D. R., Inchingolo, R., dan Decker, E. A. 2018. The ability of oxygen scavenging packaging to inhibit vitamin degradation and lipid oxidation in fish oil-in-water emulsions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 47: 467-475. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.04.021>.
- Josef, I. R., Kapahang, A., dan Gumolung, D. 2019. Penghambatan oksidasi lipid minyak ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) oleh air jahe (*Zingiber officinale var. rubrum*) selama penyimpanan dingin. *Fullerene Journal of Chemistry*. 4(2): 66-71. <https://doi.org/10.37033/fjc.v4i2.90>.
- Julian, G. J., dan Sutedja, A. M. 2024. *Dry aging* pada daging sapi dan babi. *Zigma*. 39(1): 1-12. <https://journal.ukwms.ac.id/index.php/zigma/article/view/5562>.
- Kaban, D. H., Timbowo, S., Pandey, E., Mewengkang, H., Palenewen, J., Mentang, F., dan Dotulong, V. 2019. Analisa kadar air, ph, dan kapang pada ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis, L*) asap yang dikemas vakum pada penyimpanan suhu dingin. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*. 7(3): 72-79. <https://doi.org/10.35800/mthp.7.3.2019.23624>.
- Khamidah, S., Swastawati, F., dan Romadhon, R. 2019. Efek perbedaan lama perendaman asap cair kulit durian terhadap kualitas ikan manyung (*Arius thalassinus*) asap. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*. 1(1): 21-29. <https://doi.org/10.14710/jitpi.2019.5241>.

- Khatimah, K., Purwati, S., Rambitan, V. M. M., dan Serena, N. A. 2025. Perhitungan angka lempeng total (ALT) dan identifikasi keberadaan bakteri *escherichia coli* pada mie basah yang dijual di Pasar Segiri Kota Samarinda. *Biocaster: Jurnal Kajian Biologi*. 5(4): 706-716. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v5i4.656>.
- Kristanti, D., Setiaboma, W., Sarifudin, A., Desnilasari, D., Surahman, D. N., dan Putri, D. P. 2023. Chemical composition and amino acid profile of manyung fish (*Arius thalassinus*) from Subang, Indonesia. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 17(4): 908–914. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i4.17050>.
- Kurade, S. A., dan Baranowski, J. D. 1987. Prediction of shelf-life of frozen minced fish in terms of oxidative rancidity as measured by TBARS number. *Journal of food science*. 52(2): 300-302. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb06598.x>.
- Kurniadi, M., Kusumaningrum, A., Nurhikmat, A., dan Susanto, A. 2019. Proses termal dan penggunaan umur simpan nasi goreng dalam kemasan *retort pouch*. *Indonesian Journal of Industrial Research*. 11(1): 9-21. <https://doi.org/10.26578/jrti.v13i1.4177>.
- Kusnandar, F., P. Hariyadi., dan N. Wulandari. 2010. *Parameter Kecukupan Proses Termal*. Dian Rakyat, Jakarta.
- Laila, U., Indriani, S., dan Nurhayati, R. 2021. Penentuan tingkat ketengikan secara spektrofotometri pada produk pangan berwarna melalui metode ekstraksi asam cair. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*. 12(1): 19-30. <https://doi.org/10.33749/jpti.v12i1.6259>.
- Lalopua, V. M. N., br. Silaban, B., Gaspersz, F. F., dan Labobar, S. 2022. Profil asam amino dan kualitas protein lobster bambu (*Panulirus versicolor*) segar. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*. 2(1): 22-28. <https://doi.org/10.30598/jinasua.2022.2.1.121>.
- Larasati, D., Lutfianti, F. A., Melinda, S., Sadiyyah, K., Fitriani, D. A. N., dan Yulianti, F. 2023. Strategi inovasi kemasan (*packaging*) untuk meningkatkan pemasaran produk olahan madu. *Jurnal Ilmiah Pengabdian dan Inovasi*. 2(2): 301-308. <https://doi.org/10.57248/jilpi.v2i2.296>.
- Lestari, D., Rukmiasih, Suryati, T., Hardjosworo, P. S., dan Lase, J. A. 2020. Komposisi asam lemak dan kadar malondialdehida daging itik lokal yang diberi antioksidan alami. *Jurnal Produksi dan Teknologi Hasil Pertanian*. 8(3): 117-123. <https://doi.org/10.29244/jipthp.8.3.117-123>.

- Mailoa, M. N., Lokollo, E., Nendissa, D. M., dan Harsono, P. I. 2019. Karakteristik mikrobiologi dan kimiawi ikan tuna asap. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 22(1): 89-99. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i1.25882>.
- Mansyur, M. H. 2021. Tingkat kesukaan sambal ikan teri (*Stolephorus* sp) secara organoleptik. *Gorontalo Agriculture Technology Journal*. 4(2): 85-92. <https://doi.org/10.32662/gatj.v4i2.1815>.
- Marbun, A. Y., Ghofar, A., dan Solichin, A. 2017. Analisis morfometri, jenis dan sebaran tangkapan ikan manyung di Pelabuhan Perikanan Nusantara Pekalongan. *Management of Aquatic Resources Journal*. 6(4): 470-479. <https://doi.org/10.14710/marj.v6i4.21338>.
- Maulidi, D. Y., Yuniarti, E., Arumsari, K., dan Nadi, R. 2022. Karakteristik fisik dan kimia ikan lele asap menggunakan bahan baku asap dari limbah kelapa dan kayu jengkol. *Media Teknologi Hasil Perikanan*. 10(2): 76-79. <https://doi.org/10.35800/mthp.10.2.2022.37703>.
- Mawardi, Y. S. A., Pramono Y. B., dan Setiani, B. E. 2016. Kadar air, tanin, warna dan aroma *off-flavour* minuman fungsional daun sirsak (*Annona muricata*) dengan berbagai konsentrasi jahe (*Zingiber officinale*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 5(3): 94-98. <https://doi.org/10.17728/jatp.179>.
- Muliapriyayani, A., Santoso, H., dan Syauqi, A. 2018. Analisis kadar air surimi ikan layang (*Decapterus russelli*) setelah pembekuan dan potensi pembusukannya. *Jurnal Ilmiah Biosaintropis*. 3(3): 26-31. <https://doi.org/10.33474/e-jbst.v3i3.156>.
- Mulyati, S. 2010. Geometri Euclid. Universitas Negeri Malang. Malang.
- Mutma'innah, M. N., Maherawati, M., dan Rahayuni, T. 2022. Perubahan nutrisi ikan asam pedas dalam *retort pouch* dengan variasi waktu sterilisasi. *Jurnal Agrotek Ummat*. 9(2): 75-85. <https://doi.org/10.31764/jau.v9i2.8247>.
- Murda, Y. K., Husni, A., Budhiyanti, S. A., dan Herwati, E. R. N. 2016. Karakteristik kimia dan mikrobiologi filet lele dumbo asap berbumbu dalam kaleng. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 19(2): 140-147. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v19i2.13459>.
- Murniyati, M. 2009. Penggunaan retort pouch untuk produk pangan siap saji. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology* 4(2): 55-60. <https://doi.org/10.15578/squalen.v4i2.148>.

- Nafilawati, W. O., Mariani, L., Elvira, I., dan Purwanti, R. E. 2025. Efektivitas daun pisang manuru sebagai bahan pengawet alami dalam pengolahan sambal ikan teri kemasan. *Jurnal Ilmiah Inovasi dan Komunikasi Pembangunan Pertanian*. 4(3): 1-8. <https://doi.org/10.56189/jiikpp.v4i3.101>.
- Naiu, A.S., Y. Koniyo, S. Nursinar, dan F. Kasim. 2018. *Penanganan dan Pengolahan Hasil Perikanan*. CV Athra Samudra. Gorontalo.
- Nauli, A. P., Siahaan, R. Y., dan Sibuea, P. 2024. Analisis cemaran mikroba angka lempeng total ikan manyung (*Arius thalassinus*) asap dari sentra pengasapan Bandarharjo Kota Semarang. *Jurnal Riset Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*. 5(1): 49-56. <https://doi.org/10.54367/retipa.vi.4393>.
- Ningrum, F., Susanti, S., dan Legowo, A. M. 2021. Pengaruh waktu sterilisasi terhadap mutu nasi kuning kemasan *retort pouch*. *Jurnal Teknologi Pangan*. 5(2): 57-63. <https://doi.org/10.14710/jtp.2021.24380>.
- Niu, F., Zhang, Y., Chang, C., Pan, W., Sun, W., Su, Y., dan Yang, Y. 2017. Influence of the preparation method on the structure formed by ovalbumin/gum arabic to observe the stability of oil-in-water emulsion. *Food Hydrocolloids*. 63: 602-610. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.10.007>.
- Nofreeana, A., Masi, A., dan Deviarni, I. M. 2017. Pengaruh pengemasan vakum terhadap perubahan mikrobiologi, aktifitas air dan pH pada ikan pari asap. *Jurnal Teknologi Pangan*. 8(1): 66-73. <https://doi.org/10.35891/tp.v8i1.537>.
- Nopandi, H., Pratama, R. I., Suryana, A. A. H., dan Rostini, I. 2019. Penambahan ekstrak kunyit terhadap karakteristik presto ikan nila yang disimpan pada suhu kamar. *Jurnal Perikanan Kelautan*. 10(2): 50-55. <https://jurnal.unpad.ac.id/jpk/article/view/26095>.
- Nugraha, A. 2024. Identifikasi kadar air pada keripik talas. *Journal of Food Security and Agroindustry*. 2(3): 74-79. <https://doi.org/10.58184/jfsa.v2i3.477>.
- Nugroho, S. G. P. 2024. Pendugaan Umur Simpan Mangut Ikan Pari Asap dalam Kemasan *Retort Pouch* dengan Metode *Accelerated Shelf-Life Test* melalui Model Arrhenius. Fakultas Pertanian, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. (Skripsi)
- Nuraini, V., dan Widanti, Y. A. 2020. Pendugaan umur simpan makanan tradisional berbahan dasar beras dengan metode *accelerated shelf-life testing* (ASLT)

- melalui pendekatan Arrhenius dan kadar air kritis. *Jurnal Agroteknologi*. 14(2): 189-198. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v14i02.20337>.
- Nurakhirawati, N., Nurhaeni, N., dan Irgan, I. 2016. Retensi fenolat bubur instan fungsional selama penyimpanan pada suhu ruang. *Kovalen*. 2(2): 77-78. <https://doi.org/10.22487/j24775398.2016.v2.i2.6728>.
- Nurhasanah, S., Sobarina, A., Huda, S., dan Sukri, N. 2024. Kajian sifat oksidasi oseng mercon steril menggunakan kemasan *retort pouch*. *Biomass, Biorefinery and Bioeconomy*. 2(1): 123-126. <https://jurnal.unpad.ac.id/tribio/article/view/53345>.
- Nurhikmat, A., Suratmo, B., Bintoro, N., dan Suharwadi, S. 2016. Pengaruh suhu dan waktu sterilisasi terhadap nilai f dan kondisi fisik kaleng kemasan pada pengalengan gudeg. *Agrotech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*. 36(1): 71-78. <https://doi.org/10.22146/agrotech.10714>.
- Nursafira, J., Munandar, A., dan Surilayani, D. 2021. Pengaruh bahan kemasan berbeda terhadap mutu bandeng presto dengan pengemasan vakum pada suhu dingin. *Media Teknologi Hasil Perikanan*. 9(2): 59-68. <https://doi.org/10.35800/mthp.9.2.2021.33963>.
- Pachira, P., Hartanti, L., dan Syamsi, W. W. 2021. Sterilisasi pacri nanas menggunakan kemasan *retort pouch*. *Jurnal Teknologi Pangan*. 4(2): 50-57. <https://doi.org/10.26418/jft.v4i2.56719>.
- Pal, U. S., Das, M., Nayak, R. N., Sahoo, N. R., Panda, M. K., dan Dash, S. K. 2019. Development and evaluation of retort pouch processed chhenapoda (Cheese base baked sweet). *Journal of Food Science and Technology*. 56(1): 302-309. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3490-6>.
- Pamudji, E. O. 2021. Review: Teknik Pemrosesan untuk Peningkatan Umur Simpan dan Keamanan Pangan Produk Ready To Eat (RTE) Berbasis Ikan. *Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Soegijapranata*. (Skripsi)
- Pangajow, S. E. M., Wuntu, A. D., dan Sangi, M. S. 2019. Kinetika fotodegradasi methylene blue menggunakan komposit Ag₃PO₄/Ag/HAp tulang ikan kakap merah (*Lutjanus* sp.). *Chemistry Progress*. 12(2): 93-95. <https://doi.org/10.35799/cp.12.2.2019.27930>.
- Pangastuti, H. A., Permana, L., Mareta, D. T., Fitriani, V., dan Wahyuningtyas, A. 2020. Kajian sifat fisik, kimia, dan sensoris sambal tempoyak (durian

- terfermentasi) berkemasan *retort pouch*. Jurnal Teknologi Pertanian Andalas. 24(2): 157-165. <https://doi.org/10.25077/jtpa.24.2.157-165.2020>.
- Papastergiadis, A., Mubiru, E., Van Langenhove, H., dan De Meulenaer, B. 2012. Malondialdehyde measurement in oxidized foods: Evaluation of the spectrophotometric thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) Test in various foods. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 60(38): 9589-9594. <https://doi.org/10.1021/jf302451c>.
- Praharasti, A. S., Herawati, E. R. N., Nurhikmat, A., Susanto, A., dan Angwar, M. 2014. Optimasi proses sterilisasi rendang daging dengan menggunakan kemasan retort pouch. Dalam: Seminar Nasional Sinergi Pangan Pakan Dan Energi Terbarukan. Hal. 463-467. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.10.5.8149>.
- Praharasti, A. S., Kusumaningrum, A., Khasanah, Y., Nurhayati, R., Nurhikmat, A., Susanto, A., dan Suprapedi. 2019. Physicochemical properties and its relations of beef rendang inside retort pouch packaging in various temperature storage conditions. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Hal. 1-9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/251/1/012043>.
- Prasetyo, T. F., Isdiana, A. F., dan Sujadi, H. 2019. Implementasi alat pendeteksi kadar air pada bahan pangan berbasis *internet of things*. Smartics Journal. 5(2): 81-96. <https://doi.org/10.21067/smartics.v5i2.3700>.
- Prastowo, A. 2019. Nilai Sterilitas Lele Asap Bumbu Tradisional yang Dikemas Menggunakan *Retort pouch*. Fakultas Pertanian, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. (Skripsi)
- Pratiwi, N. T. M., Hariyadi, S., Ayu, I. P., Apriadi, T., Iswantari, A., dan Wulandari, D. Y. 2019. Pengelolaan kandungan bahan organik pada limbah cair laboratorium *Profiling MSP-IPB* dengan berbagai kombinasi agen bioremediasi. Jurnal Biologi Indonesia. 15(1): 89-95. <https://doi.org/10.47349/jbi/15012019/89>.
- Purnamasari, H. B., Hidayah, N., dan Dyahpurnamasari, A. 2026. Perhitungan umur simpan sambal ikan tuna (*Thunnus sp.*) dengan tiga jenis kemasan yang berbeda. Dalam: Prosiding Seminar Nasional Perikanan Indonesia. Hal. 229-252. <https://doi.org/10.15578/psnp.18771>.
- Purnamayati, L., Wijayanti, I., Anggo, A. D., Amalia, U., dan Sumardianto, S. 2018. Pengaruh pengemasan vakum terhadap kualitas bandeng presto selama penyimpanan. Jurnal Teknologi Hasil Pertanian. 11(2): 63-68. <https://doi.org/10.20961/jthp.v11i2.29052>.

- Pursito, D. J., Purnomo, E. H., Fardiaz, D., dan Hariyadi, P. 2022. Effect of sterility values and retort temperatures on the antioxidant activities, soluble protein, and pH of canned mushroom. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. 10(2): 553-565. <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.10.2.12>.
- Puspasari, D. A., Hartiningsih, S., dan Mariani, E. 2025. Evaluation of nutritional content of quail eggs bacem, pindang, and balado in retort pouch for stunting prevention. *Journal of Food and Agricultural Product*. 5(2): 170-177. <https://doi.org/10.32585/jfap.v5i2.7246>.
- Puspitasari, E., Sutan, S. M., dan Lastrianto, A. 2020. Pendugaan umur simpan keripik kelapa (*Cocos nucifera L.*) menggunakan metode *accelerated shelf-life testing* (ASLT) model pendekatan persamaan Arrhenius. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 8(1): 36-45. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2020.008.01.04>.
- Putra, T. T. T. 2025. Metode *Accelerated Shelf Life Testing* dengan Model Arrhenius untuk Memprediksi Umur Simpan Mangut Manyung Asap dalam Kemasan *Retort Pouch*. Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. (Skripsi)
- Rahmawati, Z. N., Mulyani, R. I., dan Utami, K. D. 2022. Pengaruh suhu dan waktu penyimpanan dengan masa simpan sosis ikan gabus (*Channa striata*) dan bayam merah (*Amaranthus sp.*). *Formosa Journal of Science and Technology*. 1(6): 663-672. <https://doi.org/10.55927/fjst.v1i6.1558>.
- Rastika, K. D., Handayani, B. R., Amaro, M., dan Jannah, M. 2025. Kajian mutu fisik, kimia dan mikrobiologi gula aren bumbung menggunakan metode studi deskriptif komparatif. *Jurnal Teknologi dan Mutu Pangan*. 4(1): 57-70. <https://doi.org/10.30812/jtmp.v4i1.5090>.
- Ratnawati, L., Indrianti, N., Karim, M. A., Afifah, N., dan Sarifudin, A. 2022. Pengaruh waktu penggilingan dan teknik pemasakan terhadap kinetika pengeringan daging giling. *Jurnal Pangan*. 31(1); 45-54. <https://doi.org/10.33964/jp.v31i1.543>.
- Ricci, A., Martelli, F., Razzano, R., Cassi, D., Lazzi, C., Neviani, E., dan Bernini, V. 2020. Service temperature preservation approach for food safety: microbiological evaluation of ready meals. *Food Control*. 115: 107297. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107297>.
- Rika, D. N., Tahuk, P. K., dan Kia, K. W. 2019. Pengaruh penggunaan beberapa pakan sumber energi terhadap komposisi kimia daging kambing kacang

- jantan yang digemukkan. *Journal of Tropical Animal Science and Technology*. 1(1): 32-39. <https://doi.org/10.32938/jtast.v1i1.299>.
- Robles-Martinez, C., Cervantes, E., dan Ke, P. J. 1982. Recommended method for testing the objective rancidity development in fish based on TBARS formation. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1089: 1-27. <https://publications.gc.ca/site/eng/453925/publication.html>.
- Ross, T., Zhang, D., dan McQuestin, O. J. 2008. Temperature governs the inactivation rate of vegetative bacteria under growth-preventing conditions. *International journal of food microbiology*. 128(1): 129-135. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.07.023>.
- Safutra, R., Puspasari, D. A., dan Hartiningsih, S. 2024. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap karakteristik fisik dan kimia telur puyuh bacem kemasan steril *retort pouch*. *Jurnal Teknologi Pangan*. 18(2): 1-9. <https://doi.org/10.33005/jtp.v18i2.4775>.
- Sahupala, M., Une, S., dan Limonu, M. 2019. Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap sifat kimia dan organoleptik bumbu iloni instan. *Jambura Journal of Food Technology*. 1(2): 32-42. <https://doi.org/10.37905/jjft.v1i2.7670>.
- Salim, M., dan Triana, L. 2017. Pengaruh variasi waktu simpan terhadap kadar protein pada ikan tongkol. *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa*. 1(1): 1-7. <https://doi.org/10.30602/jlk.v1i1.87>.
- Santoso, M. A. R., Liviawaty, E., dan Afrianto, E. 2017. Efektivitas ekstrak daun mangga sebagai pengawet alami terhadap masa simpan filet nila pada suhu rendah. *Jurnal Perikanan Kelautan*. 8(2): 57-67. <https://jurnal.unpad.ac.id/jpk/article/view/15488>.
- Saragih, D. S., Adawiyah, D. R., dan Rungkat, F. Z. 2021. Sterilisasi komersial *cassava chunk* pada kemasan hermetis *standing pouch* dan perubahan sifat fisikokimianya. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 26(2): 184-191. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.2.184>.
- Sarungallo, Z. L., Santoso, B., Tethool, E. F., Situngkir, R. U., dan Tupamahu, J. 2018. Kinetika perubahan mutu minyak buah merah (*Pandanus conoideus*) selama penyimpanan. *Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*. 38(1): 64-70. <https://doi.org/10.22146/agritech.25216>.
- Sayuti, K., Yenrina, R., dan Febri, Y. 2020. Characteristic of analogue jerky made from moringa leaves (*Moringa oleivera L*) with the addition of tapioca flour.

In: IOP Conferences Series: Earth and Environmental Science. Hal. 1-10.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/515/1/012057>.

Serullo, N. E., dan Suprijono, M. M. 2024. Pengaruh ultra high pressure homogenization terhadap karakteristik mikroorganisme dan sifat fisikokimia susu nabati. *Zigma*. 39(1): 23-36.
<https://jurnal.ukwms.ac.id/index.php/zigma/article/view/5565>.

Setiawan, D. 2016. Kajian Aplikasi Mol Berbahan Ikan Otek Pada Budiaya Tanaman Sawi. Fakultas Pertanian, Universitas Borneo Tarakan. Tarakan. (Skripsi)

Setiawan, A., Gunawan, A., Nada, D. A. Q., Fauni, E. M., Charyani, I., Yusuf, I., Oktasani, N., Ratnasari, N. I., Trisnawati, Q. D., Nugroho, S. A., dan Aditya, T. A. 2024. Optimalisasi pemanfaatan ikan manyung asap menjadi abon ikan manyung dalam upaya pencegahan stunting di Kelurahan Pasarbatang Brebes. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 9(1): 97-106.
<https://doi.org/10.34128/mediteg.v9i1.196>.

Setyastuti, A. I., Ayu, R. N., dan Sarmin, S. 2022. Antioxidant activity of corncob liquid smoke and traditional to smoked milkfish (*Chanos chanos* Forsk) during frozen storage. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*. 9(3): 216-221. <https://doi.org/10.29103/aa.v9i3.8778>.

Setyastuti, A. I., Prasetyo, D. Y. B., Kresnasari, D., Ayu, N., dan Andhikawati, A. 2021. Karakteristik kualitas ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) asap dengan asap cair bonggol jagung selama penyimpanan beku. *Akuatika Indonesia*. 6(2): 62-69. <https://doi.org/10.24198/jaki.v6i2.35703>.

Sihmawati, R. R., Maduwinarti, A., dan Panjaitan, T. W. S. 2025. Pelatihan untuk meningkatkan kualitas produksi sayur blendi bagi masyarakat Yumisari di Desa Minggirsari Blitar melalui teknologi tepat guna. *Abdi Massa: Jurnal Pengabdian Nasional*. 5(06): 23-29.
<https://doi.org/10.69957/abdimass.v4i02.966>.

Silaturahmi, A., dan Moentamaria, D. 2024. Penentuan kecukupan panas (F0) pada olahan pangan melalui uji *Salmonella* sp. *Jurnal Teknologi Separasi*. 10(3): 693-703. <https://doi.org/10.33795/distilat.v10i3.6247>.

Simbolon, N. P. E., Setiani, B. E., dan Legowo, A. M. 2019. Estimation of shelf life pasta spice for dekke mas na niura with the accelerated shelf life test (ASLT) method arrhenius equation. *Journal of Applied Food Technology*. 6(2): 22-27. <https://doi.org/10.17728/jaft.5170>.

- Sinaga, R. U. Y. G., dan Moentamaria, D. 2024. Pengaruh kadar air terhadap masa simpan olahan pangan dengan teknologi sterilisasi suhu tinggi. *Jurnal Teknologi Separasi*. 10(4): 849-858. <https://doi.org/10.33795/distilat.v10i4.6640>.
- Sitanggang, S., Pudja, I. A. R. P., dan Gunadnya, I. B. P. 2020. Pendugaan umur simpan metode *extended storage studies* ikan kakap putih olahan dengan pengaplikasian asap cair bambu tabah (*Gigantochloa nigrociliata* Buse-Kurz) dalam berbagai metode pengemasan. *Jurnal Biosistem dan Teknik Pertanian*. 8(1): 45-54. <https://doi.org/10.24843/JBETA.2020.v08.i01.p06>.
- Sorapukdee, S., Jansa, S., dan Tangwatcharin, P. 2019. Partial replacement of pork backfat with konjac gel in Northeastern Thai fermented sausage (Sai Krok E-san) to produce the healthier product. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 32(11): 1763-1775. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0811>.
- Sugiarto, Muslich, dan Widiaputri, F. F. 2024. Design of retort pouch packaging and shelf life estimation for commercial sterilized mutton tongseng by MSMEs. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Hal. 1-10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1399/1/012018>.
- Suhaemi, E., Basuki, E., dan Prarudiyanto, A. 2018. Pengaruh kombinasi jenis dan teknik pengemasan terhadap sifat kimia, mikrobiologi dan organoleptik bumbu ayam Taliwang khas Lombok selama penyimpanan. *Jurnal Teknologi Pangan*. 11(2): 51-61. <https://doi.org/10.33005/jtp.v11i2.897>.
- Sulistijowati, R., Ladja, T. J., dan Harmain, R. M. 2020. Perubahan nilai pH dan jumlah bakteri ikan nila (*Oreochromis niloticus*) hasil pengawetan larutan daun matoa (*Pometia pinnata*). *Media Teknologi Hasil Perikanan*. 8(2): 76-81. <https://doi.org/10.35800/mthp.8.2.2020.28589>.
- Sunyoto, M., Djali, M., dan Syafaah, M. 2017. Pendugaan umur simpan kerupuk ikan dalam berbagai jenis kemasan dengan metode akselerasi melalui pendekatan kadar air kritis. *Jurnal Penelitian Pangan*. 2(1): 55-63. <https://doi.org/10.24198/jp2.2017.vol2.1.08>.
- Suprpto, H., Kumalaningsih, S., Wignyanto, W., Santoso, I., dan Sucipto, S. 2022. Chemical and microbial changes of stingray fish (*Trygon sephen*) during soaking in salt solution before smoking process. *Food Research*. 6(5): 68-75. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(5\).445](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(5).445).
- Sutrisno, D. M., Herwanto, D., dan Wahyudin, W. 2022. Analisis pengaruh disiplin kerja terhadap kinerja karyawan pada PT XYZ di Karawang. *Jurnal Teknik*

- Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri. 8(2): 91-100. <https://doi.org/10.24014/jti.v8i2.19351>.
- Suwandono, P., Hermawan, D., dan Wicaksono, H. 2021. Peningkatan produktivitas usaha sambal kemasan bagi usaha kecil menengah. Jurnal Aplikasi Dan Inovasi Ipteks Soliditas. 4(2): 93-100. <https://doi.org/10.31328/js.v4i2.2675>.
- Swastawati, F. 2018. Teknologi Pengasapan Ikan Tradisional. Intimedia. Malang.
- Syafira, S., Supardianningsih, S., dan Nugraha, M. 2018. Identification of water vapour transmission rate (WVTR) of aluminum foil packaging barrier using the gravimetric testing method. Jurnal Ilmiah Publipreneur. 6(1): 49-54. <https://doi.org/10.46961/jip.v6i1.80>.
- Syamsuddin, N., Rusmina, C., dan Kaifasyah, T. 2025. Pengaruh diversifikasi produk terhadap profitabilitas dan efisiensi usaha mikro di sektor perikanan. Jurnal Serambi Engineering. 10(4): 16140-16153.
- Tandri, A., Malelak, G. E., dan Sulmiyati, S. 2023. Kualitas mikrobiologi, oksidasi lemak, aktivitas antioksidan, dan kolesterol se'i daging sapi yang diasapi dengan cara berbeda. Journal of Animal Science. 8(2): 38-42. <https://doi.org/10.32938/ja.v8i2.3798>.
- Tambunan, I. J., Sulasmi, S., dan Julianty, S. M. 2023. Kajian kinetika penentuan laju reaksi penetapan kadar vitamin C pada brokoli (*Brassica oleracea L*) dengan metode titrasi titrimetri. Journal of Pharmaceutical and Sciences. 6(1): 1-7. <https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v6i1.1>.
- Triyani, T., Rahmawati, I., dan Indrayati, A. 2025. Pengaruh konsentrasi, suhu dan waktu fermentasi kombucha bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa L.*) terhadap aktivitas antibakteri *escherichia coli*. Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia. 11(2): 511-523. <https://ejournal-mandalanursa.org/index.php/JMPI/article/view/742>.
- Triyannanto, E., Arizona, A. S., Rusman, R., Suryanto, E., Sujarwanta, R. O., Jamhari, J., dan Widyastuti, I. 2020. Pengaruh kemasan *retorted* dan penyimpanan pada suhu ruang terhadap kualitas fisik dan mikrobiologi sate ayam. Jurnal Sain Peternakan Indonesia. 15(3): 265-272. <https://doi.org/10.31186/jspi.id.15.3.265-272>.
- 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., dan 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. *Jurnal Pengabdian, Riset, Kreativitas, Inovasi, Dan Teknologi Tepat Guna*. 3(1): 193–201. <https://doi.org/10.22146/parikesit.v3i1.17916>.
- Triyannanto, E., Febrisiantosa, A., Kusumaningrum, A., Amri, A. F., Fauziah, S., Sulistyono, E. P., Dewandaru, B. M., Nurhikmat, A., dan Susanto, A. 2022. The quality characteristics of ready-to-eat empal gentong affected by meat pre-cooking. *Food Science of Animal Resources*. 42(4): 557-565. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e70>.
- Triyannanto, E., Fauziah, S., Rahmatulloh, S., Diqna, H. I., Putra, T. I. D., dan Rusman. 2019. Application of conventional, vacuum, and retort packaging on the physicochemical and sensory evaluation of ready-to-eat (RTE) ayam kalasan at ambient temperature during two weeks. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Hal. 1-6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/355/1/012062>.
- Utami, D. P., Rochima, E., dan Pratama, R. I. 2019. Perubahan karakteristik ikan nilem pada berbagai pengolahan suhu tinggi. *Jurnal Perikanan Kelautan*. 10(1): 39-45. <https://jurnal.unpad.ac.id/jpk/article/view/23071>.
- Utami, H. D., Kamsiah, K., dan Siregar, A. 2020. Hubungan pola makan, Tingkat kecukupan energi, dan protein dengan status gizi pada remaja. *Jurnal Kesehatan*. 11(2): 279-286. <https://doi.org/10.26630/jk.v11i2.2051>.
- Wahyuni, N. N., Rianingsih, L., dan Romadhon, R. 2021. Pengaruh pengemasan vakum dan non vakum terhadap kualitas bekasam instan ikan mas (*Cyprinus Carpio*) selama penyimpanan suhu ruang. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*. 3(1): 26-33. <https://doi.org/10.14710/jitpi.2021.11445>.
- Wiyani, A. K., Budhiyanti, S. A., dan Adisetya, E. 2022. Pendugaan umur simpan asam lemak (*Ulva lactuca*) dengan metode *accelerated shelflife testing*. *Journal of Bioenergy and Food Technology*. 1(01): 9-19. <https://doi.org/10.46356/jakk.v7i2.346>.
- Yoelianto, Y. A., Safari, W. F., dan Achmadi. 2025. Nilai *Total Plate Count* (TPC) pada jajanan pasar di Pasar Pondok Gede Kota Bekasi. *Jurnal Analisis Kesehatan Kendari*. 7(2): 51-56. <https://doi.org/10.46356/jakk.v7i2.346>.
- Yuliantoro, N. 2017. Pembotolan *sauce* sekunder guna menjaga kualitas rasa, warna, aroma dan tekstur. *Jurnal Khasanah Ilmu*. 8(2): 1–6. <https://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/khasanah/article/view/2325>.

- Yuwono, S. S., Immaroh, N. Z., dan Harijono. 2023. Pendugaan umur simpan dan perubahan asam lemak abon jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) selama penyimpanan. Jurnal Teknologi Pertanian. 24(3): 229-240. <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2023.024.03.7>.
- Zakaria, H., Yusuf, N., dan Harmain, R. M. 2021. Karakteristik mutu ikan deho (*Euthynnus affinis*) yang diasapi menggunakan tongkol jagung (*Zea mays*) pada lama pengasapan berbeda. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan. 6(4): 288-297. <https://repository.ung.ac.id/karyailmiah/show/6656>.
- Zeng, Z., Li, C., dan Ertbjerg, P. 2017. Relationship between proteolysis and water-holding of myofibrils. Meat Science. 131: 48-55. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.232>.
- Zhou, G. X., Ge, Z., Dorwart, J., Izzo, B., Kukura, J., Bicker, G., dan Wyvratt, J. 2003. Determination and differentiation of surface and bound water in drug substances by near infrared spectroscopy. Journal of pharmaceutical sciences. 92(5): 1058-1065. <https://doi.org/10.1002/jps.10375>.
- Ziliwu, Y. M., dan Lase, N. K. 2025. Peran mikroorganisme dalam proses degradasi bahan organik. Jurnal Ilmu Pertanian dan Teknologi dalam Ilmu Tanaman. 2(1): 132-141. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.235>.