

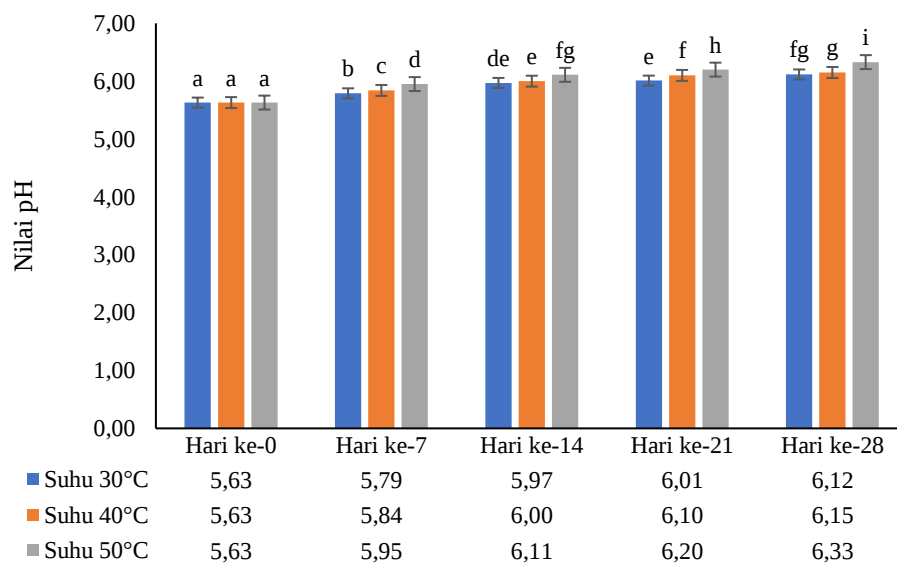
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perubahan Mutu Daging *Ready-To-Eat* Empal Gentong dalam Kemasan *Retort Pouch*

4.1.1. pH

Pengukuran pH bertujuan untuk mengetahui tingkat keasaman yang disebabkan oleh ion hidrogen (H^+). Perubahan pH pada daging *ready-to-eat* empal gentong dalam kemasan *retort pouch* pada penyimpanan berbagai suhu ditunjukkan pada Ilustrasi 4.



Ilustrasi 4. Perubahan pH Daging *Ready-To-Eat* Empal Gentong

Keterangan: ^{a-i} Nilai dengan superskrip huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan interaksi suhu dan lama penyimpanan ($p \leq 0,05$)

Berdasarkan hasil pengamatan, diperoleh bahwa suhu penyimpanan, lama penyimpanan, serta interaksi keduanya memberikan pengaruh nyata terhadap

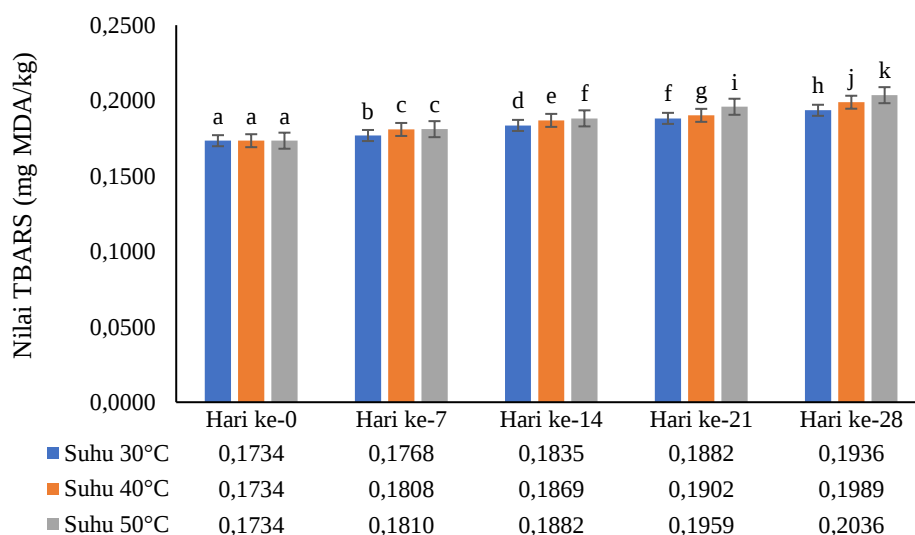
perubahan nilai pH ($p < 0,05$). Nilai pH relatif stabil pada awal penyimpanan karena komposisi bahan penyusun produk tidak mengandung komponen dengan pH rendah ($pH < 5$). Nilai pH meningkat dari 5,63 menjadi 6,10 pada suhu penyimpanan 30°C, sedangkan pada suhu 40°C nilai pH meningkat dari 5,63 menjadi 6,15. Nilai pH meningkat dari 5,63 menjadi 6,33 pada suhu penyimpanan 50°C. Kenaikan pH selama penyimpanan diduga dipengaruhi oleh suhu dan lama penyimpanan yang memengaruhi dinamika sistem protein dan air dalam matriks daging *retort*. Suhu yang lebih tinggi akan meningkatkan mobilitas molekul yang mempercepat tercapainya kembali kesetimbangan dalam jaringan pangan. *Myoglobin* yaitu protein berpigmen dalam otot hewan vertebrata bersifat dinamis sehingga dapat mengalami perubahan struktur molekul akibat suhu penyimpanan (Izzah *et al.*, 2024). Protein daging yang telah terdenaturasi pasca-*retort* masih memiliki gugus fungsional seperti $-COO^-$ dan $-NH_2$ yang berperan sebagai sistem *buffer* sehingga dapat berinteraksi reversibel dengan ion hidrogen. Denaturasi menyebabkan protein kehilangan struktur sekunder dan tersier (Al Awwaly, 2017). Interaksi ini menyebabkan sebagian H^+ berada dalam bentuk terikat dalam matriks protein sehingga menurunkan aktivitas H^+ bebas yang terukur.

Selain itu, semakin lama waktu penyimpanan, semakin besar peluang terjadinya pergeseran kesetimbangan tersebut secara bertahap sehingga perubahan pH menjadi lebih nyata. Penelitian Anggraeni *et al.* (2022) juga menunjukkan bahwa lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap nilai pH bakso daging ayam yang disimpan selama 12 hari. Meskipun terjadi peningkatan pH selama penyimpanan, perubahan yang terjadi masih berada dalam kisaran normal untuk

produk daging olahan. Nilai pH yang rendah (5,1-6,1) menyebabkan daging mempunyai struktur terbuka, berwarna merah muda cerah, *flavour* yang lebih disukai, dan memiliki stabilitas yang lebih baik terhadap mikroorganisme. Nilai pH yang tinggi (6,2-9,0) menyebabkan daging mempunyai struktur, padat, warna merah ungu tua, rasa kurang enak (Wete *et al.*, 2019).

4.1.2. Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS)

Analisis nilai *Thiobarbituric Acid Reactive Substances* (TBARS) dilakukan untuk mengetahui tingkat oksidasi lipid dengan menganalisis total malondialdehida pada daging *ready-to-eat* empal gentong dalam kemasan *retort pouch* selama penyimpanan. Perubahan nilai TBARS pada daging *ready-to-eat* empal gentong dalam kemasan *retort pouch* pada penyimpanan berbagai suhu ditunjukkan pada Ilustrasi 5.



Ilustrasi 5. Perubahan TBARS Daging *Ready-To-Eat* Empal Gentong

Keterangan: ^{a-k} Nilai dengan superskrip huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan interaksi suhu dan lama penyimpanan ($p \leq 0,05$)

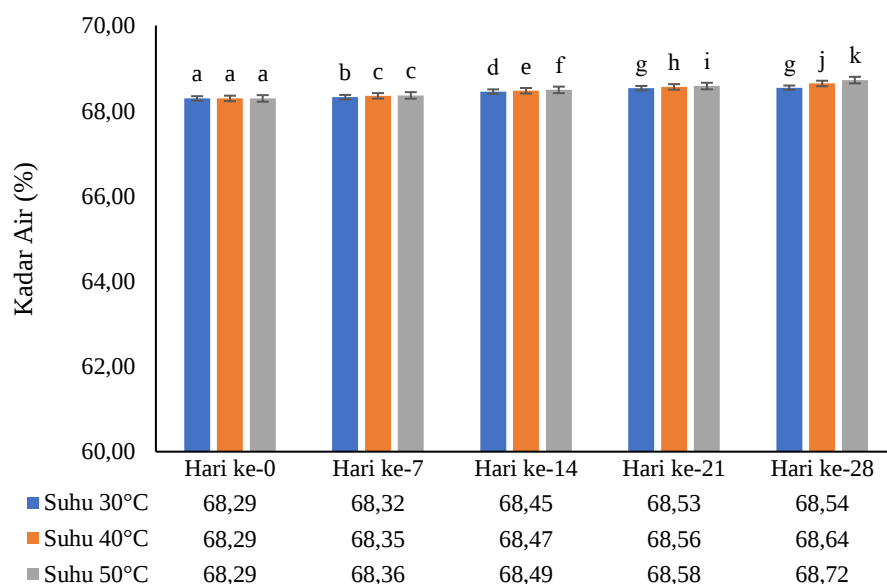
Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa suhu penyimpanan, lama penyimpanan, serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap nilai TBARS ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan peningkatan dipengaruhi secara simultan oleh suhu dan waktu. Nilai TBARS meningkat dari 0,1734 menjadi 0,1936 pada suhu penyimpanan 30°C, sedangkan pada suhu 40°C nilai TBARS meningkat dari 0,1734 menjadi 0,1989. Nilai TBARS meningkat dari 0,1734 menjadi 0,2036 pada suhu penyimpanan 50°C. Peningkatan nilai TBARS menunjukkan terjadinya oksidasi lipid, yaitu proses degradasi asam lemak tak jenuh melalui reaksi dengan oksigen yang menghasilkan senyawa oksidasi primer (hidroperoksida) dan selanjutnya terurai menjadi senyawa sekunder seperti malondialdehida (MDA). Produk daging mengandung kadar asam lemak tak jenuh yang tinggi sehingga rentan mengalami oksidasi lipid (Erfiza *et al.*, 2018). Proses sterilisasi juga menyebabkan kerusakan struktur sel dan pelepasan komponen prooksidan seperti ion logam (Fe^{2+} dan Fe^{3+}) dari protein heme yang dapat mengkatalisis pembentukan radikal bebas. Menurut Mutma'innah *et al.* (2022), suhu tinggi akan meningkatkan terjadinya oksidasi lemak dengan kerusakan struktur sel dan inaktivasi enzim.

Oksidasi lipid terus berlangsung selama penyimpanan meskipun dalam kondisi anaerob relatif sehingga menyebabkan akumulasi malondialdehida. Suhu selama penyimpanan meningkatkan energi kinetik molekul sehingga mempercepat reaksi autooksidasi lipid yang melibatkan pembentukan radikal bebas seperti radikal peroksil. Suhu yang semakin tinggi akan menaikkan kadar asam lemak bebas sehingga terjadi penurunan kualitas bahan pangan yang mengandung minyak dan lemak (Hasibuan *et al.*, 2019). Keberadaan oksigen residu dalam kemasan serta

komponen prooksidan seperti ion logam dari bahan baku turut mempercepat reaksi oksidasi (Ayu *et al.*, 2022). Namun, secara keseluruhan nilai TBARS pada semua perlakuan masih dalam kondisi normal. Batas maksimal nilai TBARS olahan daging sapi yang dapat ditoleransi dalam pangan adalah 2 mg malondialdehid/kg sampel (Wato *et al.*, 2024). Produk dengan nilai TBARS lebih besar dari 2 mg malondialdehid/kg sampel bersifat racun bagi tubuh dan tidak dapat dikonsumsi.

4.1.3. Kadar Air

Kadar air dalam produk pangan berperan penting dalam menentukan daya simpan produk karena mempengaruhi sifat fisik, organoleptik, dan sifat kimia produk. Perubahan kadar air daging *ready-to-eat* empal gentong dalam kemasan *retort pouch* dapat dilihat pada Ilustrasi 6.



Ilustrasi 6. Perubahan Kadar Air Daging *Ready-To-Eat* Empal Gentong

Keterangan: ^{a-k} Nilai dengan superskrip huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan interaksi suhu dan lama penyimpanan ($p \leq 0,05$)

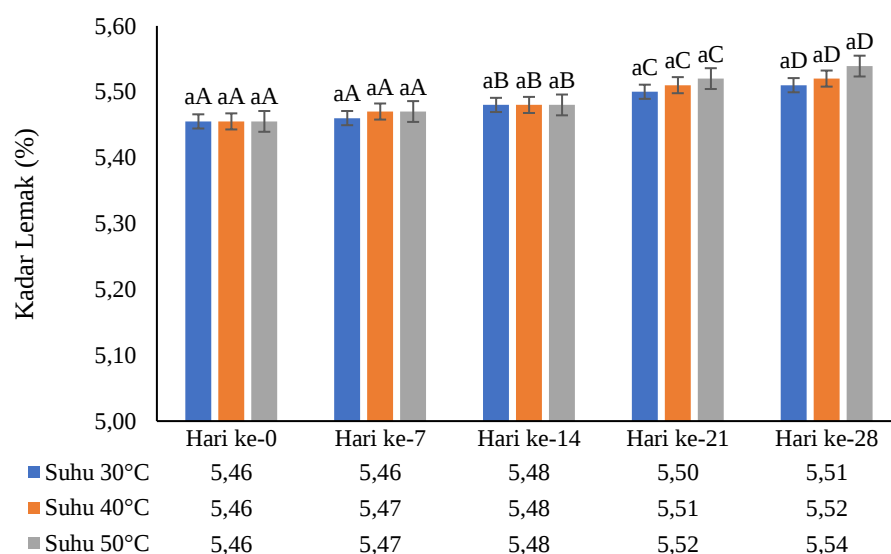
Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa suhu penyimpanan, lama penyimpanan, serta interaksi antara keduanya berpengaruh nyata terhadap kadar air ($p < 0,05$). Perlakuan suhu tinggi saat *retort* menyebabkan denaturasi protein yang mengakibatkan perubahan struktur jaringan daging. Jaringan daging menjadi lebih permeabel terhadap perpindahan massa selama penyimpanan sehingga air dari fase cair lebih mudah berdifusi ke dalam jaringan daging. Nilai kadar air meningkat dari 68,29% menjadi 68,54% pada suhu penyimpanan 30°C, sedangkan pada suhu 40°C nilai kadar air meningkat dari 68,29% menjadi 68,64%, dan 68,29% menjadi 68,72% pada suhu penyimpanan 50°C. Peningkatan ini diduga terjadi akibat migrasi air dari kuah yang mengandung santan ke jaringan daging yang dipicu oleh perbedaan konsentrasi. Kuah yang ditambahkan dapat berdifusi ke dalam produk. Hal ini sesuai dengan penelitian Tritisari *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa kadar air santan dapat mencapai 60%. Suhu yang lebih tinggi akan meningkatkan mobilitas molekul air dan mempercepat difusi sehingga perpindahan air dari kuah ke daging menjadi lebih intensif. Hal ini sesuai dengan pendapat Halid *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa kadar air dipengaruhi oleh suhu dan adanya interaksi antara penyusun makanan seperti protein, dan komponen lain yang ditambahkan.

Oksidasi lemak yang terjadi dalam produk juga mempengaruhi kadar air. Oksidasi lemak dapat menyebabkan pelepasan molekul air walaupun dalam jumlah kecil (Raharjo, 2018). Hal ini terjadi ketika senyawa hidroperoksida yang terbentuk saat reaksi oksidasi lemak mengalami reaksi lanjutan secara bimolekuler. Penelitian Ikrawan *et al.* (2025) juga menunjukkan adanya peningkatan kadar air dalam sop iga instan dalam kemasan *retort pouch* selama penyimpanan 21 hari. Daging sapi

umumnya mengandung 65-80% air dan kemungkinan besar empal gentong juga memerlukan adanya syarat mutu produk yang disepakati sebagai pedoman pembuatan empal gentong. Penentuan kriteria minimum harus dipenuhi guna menghasilkan produk yang layak konsumsi dan mencegah beredarnya barang yang tidak sesuai standar konsumsi manusia (Sari dan Azmi, 2025).

4.1.4. Kadar Lemak

Pengujian kadar lemak pada daging *ready-to-eat* empal gentong cenderung mengalami peningkatan selama penyimpanan. Perubahan kadar lemak *ready-to-eat* empal gentong dalam kemasan *retort pouch* dapat dilihat pada Ilustrasi 7.



Ilustrasi 7. Perubahan Kadar Lemak Daging *Ready-To-Eat* Empal Gentong

Keterangan: ^{a-d} Nilai dengan superskrip huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan suhu ($p \leq 0,05$); ^{A-D} Nilai dengan superskrip huruf besar yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan lama penyimpanan ($p \leq 0,05$)

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa suhu penyimpanan dan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap kadar lemak ($p < 0,05$), sedangkan

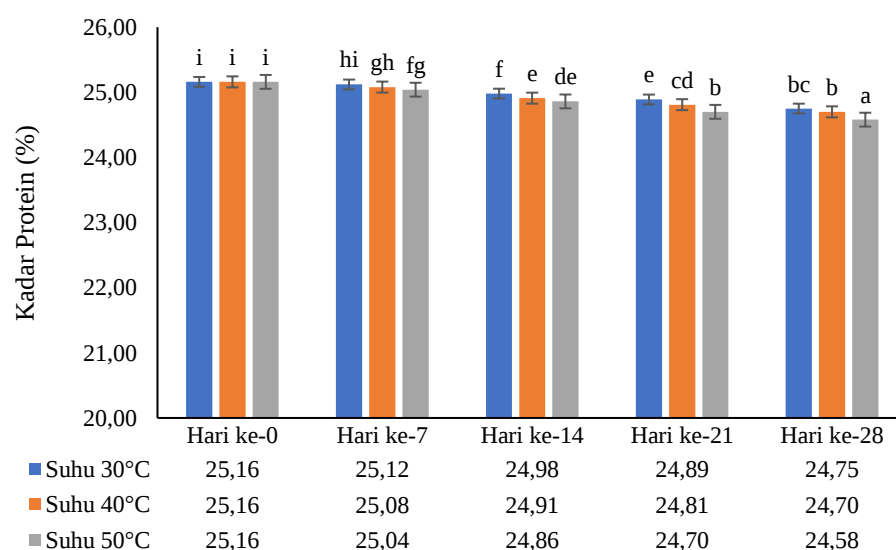
interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa perubahan kadar lemak dipengaruhi secara independen oleh suhu dan waktu penyimpanan. Kadar lemak meningkat dari 5,46% menjadi 5,51% pada suhu penyimpanan 30°C, sedangkan pada suhu 40°C kadar lemak meningkat dari 5,46% menjadi 5,52%. Kadar lemak meningkat dari 5,46% menjadi 5,54% pada suhu penyimpanan 50°C. Peningkatan kadar lemak diduga dipengaruhi oleh keberadaan kuah yang mengandung santan dan minyak sehingga memungkinkan terjadinya redistribusi komponen lipid antara fase kuah dan jaringan daging. Suhu yang semakin tinggi selama penyimpanan juga menunjukkan kenaikan yang lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Nurfiqih *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa kenaikan suhu akan menaikkan kecepatan suatu reaksi dan perubahan kimia. Lamanya penyimpanan berperan dalam mempercepat perubahan tersebut karena reaksi dalam bahan pangan berlangsung secara bertahap seiring waktu. Hal ini sesuai dengan pendapat Hariyadi (2019), yang menyatakan bahwa reaksi kimia dan perubahan mutu akan terus berlangsung dan meningkat selama penyimpanan.

Jenis bumbu yang digunakan dalam kuah berpengaruh pada kadar lemak produk. Penelitian Subekti *et al.* (2025) menunjukkan bahwa bumbu yang mengandung minyak dan santan akan meningkatkan kadar lemak. Minyak berfungsi sebagai media penghantar panas dan dapat diserap oleh bahan pangan. Olahan daging sapi berkuah kombinasi dalam kemasan (dengan santan) harus memiliki kadar lemak maksimal 15% menurut SNI. Kadar lemak yang terlalu tinggi dapat menyebabkan meningkatkan risiko ketengikan dan menurunkan daya simpan produk. Pembatasan kadar lemak juga berkaitan dengan aspek kesehatan karena

konsumsi lemak berlebih dapat meningkatkan risiko penyakit degeneratif. Kandungan lemak dalam sebuah produk sering menjadi perhatian konsumen karena jumlah yang tidak wajar dapat meningkatkan resiko gangguan kesehatan (Ariani *et al.*, 2024). Menurut *Institute of Medicine* (IOM) kadar lemak darurat pangan yang diizinkan adalah 35-45%. Nilai ini merupakan asupan lemak yang dianjurkan dari total energi harian. Daging empal gentong masih berada dalam batas mutu SNI dan IOM secara keseluruhan yaitu tidak melebihi 15%.

4.1.5. Kadar Protein

Kadar protein dapat mengalami penurunan selama penyimpanan karena terjadinya perubahan struktur protein akibat proses termal maupun penyimpanan. Perubahan kadar protein pada daging *ready-to-eat* empal gentong dalam kemasan *retort pouch* pada penyimpanan berbagai suhu ditunjukkan pada Ilustrasi 8.



Ilustrasi 8. Perubahan Kadar Protein Daging *Ready-To-Eat* Empal Gentong

Keterangan: ^{a-i} Nilai dengan superskrip huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan interaksi suhu dan lama penyimpanan ($p \leq 0,05$)

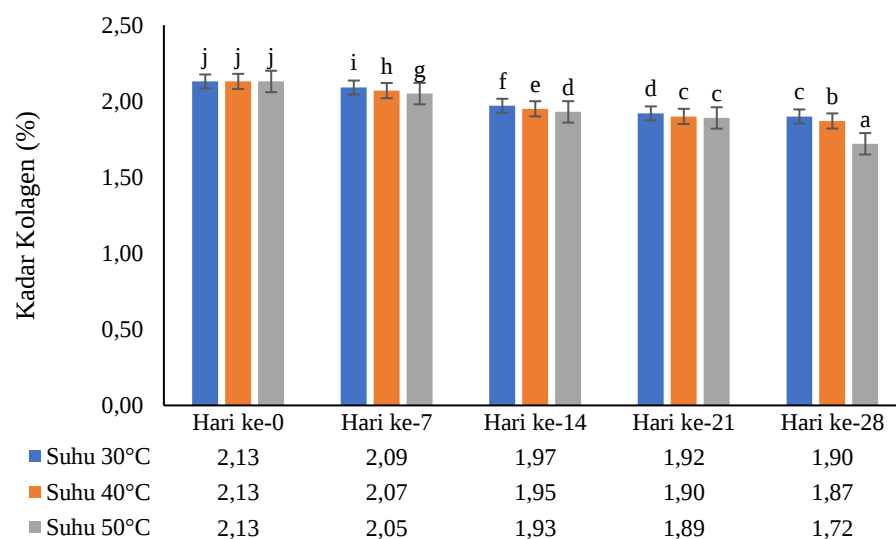
Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa suhu penyimpanan, lama penyimpanan, serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap kadar protein ($p < 0,05$). Kadar protein menurun dari 25,16% menjadi 24,75% pada suhu penyimpanan 30°C, sedangkan pada suhu 40°C kadar protein menurun dari 25,16% menjadi 24,70%. Kadar protein menurun dari 25,16% menjadi 24,58% pada suhu penyimpanan 50°C. Penurunan kadar protein selama penyimpanan diduga dipengaruhi oleh perubahan bertahap pada matriks protein produk pasca-*retort*. Protein sarkoplasma merupakan salah satu jenis protein dalam daging sapi yang dapat larut dalam air (Izzah *et al.*, 2024). Perubahan distribusi air dalam sistem (daging dan kuah) juga dapat menyebabkan efek pengenceran (*dilution effect*) sehingga kadar protein yang dinyatakan dalam basis persen menjadi menurun. Hal ini diperkuat dengan adanya peningkatan kadar air. Lama penyimpanan juga berperan dalam mempercepat perubahan tersebut, reaksi kimia dalam bahan pangan akan terus berlangsung dan terakumulasi seiring penyimpanan sehingga menyebabkan penurunan mutu termasuk perubahan kadar protein yang terukur (Hariyadi, 2019). Suhu penyimpanan yang lebih tinggi mempercepat laju reaksi sehingga penurunan kadar protein lebih besar pada suhu 50°C dibandingkan suhu yang lebih rendah.

Penurunan kadar protein juga dikaitkan dengan jenis bumbu yang digunakan pada produk. Penelitian Subekti *et al.* (2025) menyatakan bahwa jenis bumbu terutama minyak dan santan dapat berkontribusi pada peningkatan kadar lemak yang dapat mempercepat oksidasi pada lemak dan kandungan gizi lainnya seperti protein selama penyimpanan. Namun, secara keseluruhan produk masih dapat

memenuhi standar kadar protein darurat yang ditetapkan pada produk pangan. Menurut *Institute of Medicine* (IOM) kadar protein darurat adalah sebesar 10% pada pangan. Nilai ini merupakan kebutuhan minimum protein dalam pangan sebagai sumber energi dan zat pembangun tubuh. Penelitian ini sudah memenuhi standar kadar protein yaitu berkisar 24,58-25,16%. Satu produk empal gentong sudah dapat memenuhi kebutuhan protein hewani manusia dalam satu hari. Protein dalam satu potong ayam dengan kulit dan satu butir telur mengandung sekitar 7 gram protein dan sudah memenuhi kebutuhan protein manusia (Safitri *et al.*, 2024).

4.1.6. Kadar Kolagen

Analisis kadar kolagen dilakukan untuk mengetahui pengaruh pengolahan terhadap stabilitas protein jaringan ikat produk. Perubahan kadar kolagen daging empal gentong pada penyimpanan berbagai suhu ditunjukkan pada Ilustrasi 9.



Ilustrasi 9. Perubahan Kadar Kolagen Daging *Ready-To-Eat* Empal Gentong

Keterangan: ^{a-j} Nilai dengan superskrip huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan interaksi suhu dan lama penyimpanan ($p \leq 0,05$)

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa suhu penyimpanan, lama penyimpanan, serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap kadar kolagen ($p < 0,05$). Suhu tinggi dapat menyebabkan struktur *triple helix* kolagen terbuka dan terurai sehingga sifat fisik dan kimianya berubah secara signifikan (Junianto *et al.*, 2025). Denaturasi kolagen menjadi gelatin dapat terjadi saat proses *retort* akibat terputusnya ikatan hidrogen dan melemahnya ikatan silang antar rantai kolagen sehingga struktur kolagen berubah menjadi gelatin yang lebih larut dalam air (Al-Faraji *et al.*, 2023). Kadar kolagen menurun dari 2,13% menjadi 1,90% pada suhu penyimpanan 30°C, sedangkan pada suhu 40°C kadar kolagen menurun dari 2,13% menjadi 1,87%. Kadar kolagen menurun dari 2,13% menjadi 1,72% pada suhu penyimpanan 50°C. Perubahan ini diduga dipengaruhi oleh perubahan bertahap pada matriks protein daging pasca-*retort*. Penelitian Nofita *et al.* (2023) menunjukkan adanya penurunan nilai viskositas yang signifikan dan tetap pada dispersi kolagen ikan gabus (*channa striata bloch*) yang disimpan pada suhu 26°C dan 40°C selama 60 hari akibat denaturasi kolagen yang terjadi karena suhu tinggi.

Suhu penyimpanan yang lebih tinggi dapat meningkatkan mobilitas molekul dan mempercepat perubahan pada sistem protein pasca-*retort*, terutama perubahan interaksi antara protein dan air dalam jaringan daging. Peningkatan suhu akan menaikkan energi kinetik molekul (Ruhaeni *et al.*, 2025). Selain itu, selama penyimpanan terjadi redistribusi air dan perubahan matriks protein secara bertahap yang menyebabkan karakteristik fisik dan spektrum sampel berubah. Semakin lama penyimpanan berlangsung, perubahan tersebut menjadi semakin akumulatif sehingga nilai kolagen yang diprediksi cenderung menurun. Metode analisis yang

digunakan dalam penelitian ini adalah *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) yang mengukur kadar kolagen berdasarkan interaksi gelombang inframerah dengan ikatan kimia dalam sampel (Iskandar *et al.*, 2023). Perubahan struktur kolagen selama proses penyimpanan dapat mempengaruhi respon spektral yang dihasilkan. Hal ini menyebabkan kadar kolagen yang terdeteksi mengalami penurunan, meskipun sebagian komponen hasil degradasi masih berada dalam sistem pangan.

4.1.7. *Total Plate Count* (TPC)

Pengujian *Total Plate Count* dilakukan untuk mengetahui jumlah total mikroorganisme aerob mesofilik pada daging *ready-to-eat* empal gentong dalam kemasan *retort pouch*. Hasil perhitungan TPC dilampirkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perubahan *Total Plate Count* Daging *Ready-To-Eat* Empal Gentong selama Penyimpanan Suhu 30°C, 40°C, dan 50°C

Lama Penyimpanan	<i>Total Plate Count</i> (CFU/g)		
	Suhu 30°C	Suhu 40°C	Suhu 50°C
Hari ke-0	<10 ³	<10 ³	<10 ³
Hari ke-7	<10 ³	<10 ³	<10 ³
Hari ke-14	<10 ³	<10 ³	<10 ³
Hari ke-21	<10 ³	<10 ³	<10 ³
Hari ke-28	<10 ³	<10 ³	<10 ³

Berdasarkan hasil pengujian *Total Plate Count* (TPC) terhadap daging *ready-to-eat* empal gentong, tidak ditemukan pertumbuhan koloni mikroba pada pengenceran 10⁻³ dan 10⁻⁴ di seluruh sampel setelah masa inkubasi. Hasil ini menunjukkan bahwa jumlah mikroba pada sampel berada di bawah batas deteksi metode pada tingkat pengenceran yang digunakan, namun karena pengujian tidak dilakukan pada pengenceran yang lebih rendah, maka nilai TPC pada seluruh perlakuan suhu diperkirakan dibawah 1×10³ CFU/g. Nilai ini masih sesuai standar

nilai TPC maksimum yang ditetapkan SNI 3838:2021 yaitu 1×10^6 CFU/g untuk produk daging berkuah dalam kemasan. Jumlah mikroba tersebut menunjukkan bahwa proses sterilisasi berlangsung secara efektif. Proses sterilisasi mampu menginaktivasi mikroorganisme vegetatif maupun spora bakteri yang berpotensi menyebabkan kerusakan. Selain itu, kemasan *retort pouch* juga memungkinkan tidak adanya udara yang masuk sehingga produk tidak terkontaminasi selama penyimpanan (Budi *et al.*, 2024).

4.2. Analisis Kinetika Perubahan Mutu Daging *Ready-To-Eat* Empal Gentong dalam Kemasan *Retort Pouch*

Parameter pH, kadar air, kadar lemak, kadar protein, dan kadar kolagen tidak dipilih sebagai parameter penentu umur simpan karena perubahan tersebut lebih mencerminkan perubahan karakteristik fisik dan kimia pada produk *retort*. Parameter TBARS dipilih karena lebih sensitif dalam mendeteksi kerusakan oksidatif, berkaitan langsung dengan ketengikan, serta memiliki batas kritis yang dapat digunakan sebagai dasar penentuan umur simpan. Data pada Tabel 7, 8, dan 9 menunjukkan hasil persamaan regresi dari model kinetika orde nol, orde satu, dan orde dua pada perubahan TBARS daging pada berbagai suhu penyimpanan.

Tabel 7. Persamaan Regresi Parameter TBARS Orde 0

Suhu Penyimpanan	Orde 0		
	Regresi	R^2	Rerata R^2
Suhu 30°C	$y=0,0007x+0,1728$	0,9933	0,9924
Suhu 40°C	$y=0,0009x+0,1740$	0,9842	
Suhu 50°C	$y=0,0011x+0,1734$	0,9998	

Tabel 8. Persamaan Regresi Parameter TBARS Orde 1

Suhu Penyimpanan	Orde 1		
	Regresi	R ²	Rerata R ²
Suhu 30°C	$y=0,0040x+1,7550$	0,9937	0,9925
Suhu 40°C	$y=0,0046x+1,7478$	0,9841	
Suhu 50°C	$y=0,0057x+1,7506$	0,9996	

Tabel 9. Persamaan Regresi Parameter TBARS Orde 2

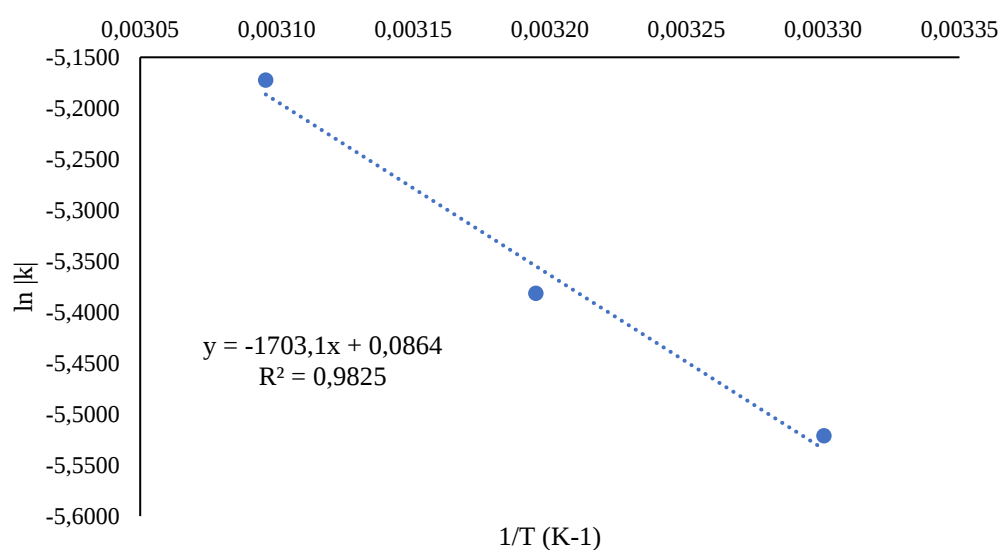
Suhu Penyimpanan	Orde 2		
	Regresi	R ²	Rerata R ²
Suhu 30°C	$y=-0,0220x+5,7788$	0,9936	0,9915
Suhu 40°C	$y=-0,0250x+5,7369$	0,9828	
Suhu 50°C	$y=-0,0304x+5,7499$	0,9982	

Prediksi umur simpan diawali dengan membuat grafik hubungan antara nilai parameter dan waktu penyimpanan pada kondisi suhu berbeda. Orde reaksi hasil analisis kinetika perubahan mutu parameter TBARS selanjutnya perlu ditentukan dengan membandingkan nilai R² antara model kinetika orde nol, orde satu, dan orde dua untuk melanjutkan perhitungan (Darniadi *et al.*, 2020). Berdasarkan hasil analisis, nilai koefisien determinasi (R²) berturut-turut untuk suhu penyimpanan 30°C, 40°C, dan 50°C adalah 0,9933, 0,9842, 0,9998 untuk orde 0; 0,9937, 0,9841, 0,9996 untuk orde 1; dan 0,9936, 0,9828, 0,9982 untuk orde 2. Nilai rerata masing-masing R² untuk suhu penyimpanan 30°C, 40°C, dan 50°C secara berturut-turut adalah 0,9924, 0,9925, dan 0,9915. Menurut Sanjaya *et al.* (2025), pemilihan orde reaksi dilihat dari nilai R² terbesar atau yang paling linier. Model dengan R² mendekati 1 memiliki *error* lebih kecil terhadap data aktual sehingga dapat merepresentasikan pola perubahan yang lebih akurat (Calligaris *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa nilai R² tertinggi terdapat pada model orde 1, maka perubahan mutu TBARS yang terjadi pada daging mengikuti model orde 1.

Hubungan antara mekanisme oksidasi lipid dengan kinetika reaksi orde 1 adalah ketergantungan laju reaksi terhadap konsentrasi substrat, yaitu asam lemak. Proses oksidasi lipid berlangsung melalui mekanisme radikal bebas yang dimulai dari tahap inisiasi akibat panas, kemudian tahap propagasi, yaitu radikal bebas bereaksi dengan asam tak jenuh dan oksigen secara berantai (Yuslianti, 2018). Jumlah asam lemak yang tersedia sebagai substrat oksidasi akan semakin berkurang karena bereaksi membentuk malondialdehida selama penyimpanan. Laju oksidasi berlangsung lebih cepat ketika konsentrasi asam lemak masih tinggi, namun semakin lambat ketika substrat yang dapat teroksidasi berkurang. Hal ini sesuai dengan pendapat yang menyatakan bahwa peningkatan kadar lemak yang tinggi akan rentan mengalami oksidasi (Erfiza *et al.*, 2018).

Tabel 10. Nilai Kinetika Perubahan Parameter TBARS Selama Penyimpanan

Suhu (K)	1/T	k	ln k
303	0,00330	0,0040	-5,5215
313	0,00319	0,0046	-5,3817
323	0,00310	0,0057	-5,1726



Ilustrasi 10. Pemodelan Arrhenius Parameter TBARS

Berdasarkan hasil analisis kinetika perubahan mutu parameter TBARS, penentuan energi aktivasi (E_a) dilakukan menggunakan pendekatan persamaan Arrhenius melalui hubungan antara $\ln k$ dan $1/T$. Nilai k menunjukkan laju perubahan mutu sehingga dapat dihitung nilai k_0 dan E_a (Wiyani *et al.*, 2022). Data pada Tabel 10 menunjukkan bahwa nilai konstanta laju reaksi (k) meningkat seiring dengan kenaikan suhu penyimpanan yang kemudian disajikan dalam bentuk $\ln k$ untuk mempermudah analisis linier. Hasil plot antara $\ln k$ terhadap $1/T$ menunjukkan hubungan linier dengan persamaan regresi $y = -1703,1x + 0,0864$ dan R^2 sebesar 0,9825. Kemiringan garis (*slope*) dari grafik $\ln k$ terhadap $1/T$ adalah sebesar $-E_a/R$ sehingga berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai E_a sebesar 14160,38 J/mol. Nilai E_a menunjukkan energi minimum yang dibutuhkan untuk memulai reaksi oksidasi lipid sebagai akibat dari pertemuan molekul-molekul di dalam tumbukan selama penyimpanan (Ruhaeni *et al.*, 2025). Hubungan linier antara $\ln k$ dan $1/T$ menunjukkan bahwa suhu penyimpanan memberikan pengaruh signifikan terhadap percepatan laju reaksi oksidasi lipid. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya energi kinetik molekul pada suhu yang lebih tinggi sehingga reaksi lebih efektif.

4.3. Prediksi Umur Simpan Daging *Ready-To-Eat* Empal Gentong dalam Kemasan *Retort Pouch*

Prediksi umur simpan daging *ready-to-eat* empal gentong dalam kemasan dilakukan dengan pendekatan *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT) menggunakan parameter kemunduran mutu yang diamati selama penyimpanan. Analisis kinetika yang telah dilakukan sebelumnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan

prediksi umur simpan. Hasil perhitungan energi aktivasi parameter disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Nilai Energi Aktivasi Parameter Kemunduran Mutu

Parameter Kemunduran Mutu	Nilai Energi Aktivasi
TBARS	14160,38 J/mol

Berdasarkan perhitungan nilai energi aktivasi (E_a), diperoleh nilai E_a pada parameter TBARS adalah 14160,38 J/mol. Nilai E_a merupakan besarnya energi minimum yang diperlukan untuk memulai suatu reaksi kimia. Hal ini menggambarkan sensitivitas suatu parameter terhadap perubahan selama penyimpanan (Wiyono *et al.*, 2026). Parameter dengan nilai E_a rendah menunjukkan bahwa reaksi perubahan berlangsung lebih mudah karena membutuhkan energi yang lebih kecil (Ruhaeni *et al.*, 2025).

Tabel 12. Prediksi Umur Simpan Produk *Ready-To-Eat* Empal Gentong

Produk	Q0	Qt	T (Celcius)	T (Kelvin)	k	Umur Simpan (hari)
<i>Ready-To-Eat</i>	-1,75	0,69	30	303	0,0039	619,43
Empal Gentong dalam Kemasan	-1,75	0,69	40	313	0,0047	517,61
<i>Retort Pouch</i>	-1,75	0,69	50	323	0,0056	437,36

Berdasarkan Tabel 12, prediksi umur simpan yang disajikan dilakukan menggunakan model Arrhenius dengan parameter TBARS sebagai indikator penurunan mutu. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (5) karena sebelumnya mengikuti orde 1, yaitu hubungan antara nilai parameter dan waktu penyimpanan dinyatakan dalam bentuk logaritma natural. Nilai k pada berbagai suhu penyimpanan menunjukkan peningkatan seiring dengan kenaikan suhu yang mengindikasikan bahwa laju oksidasi lipid berlangsung lebih cepat pada

suhu yang lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan pendapat Nurfiqih *et al.* (2021), bahwa peningkatan suhu akan meningkatkan energi kinetik molekul sehingga mempercepat terjadinya reaksi kimia. Penentuan umur simpan produk dihitung berdasarkan batas kritis nilai TBARS yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu sebesar 2 mg MDA/kg (Wato *et al.*, 2024). Nilai batas kritis (Q_t) sebesar 2 mg MDA/kg dan nilai awal (Q_0) sebesar 0,17 kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk ln, yaitu 0,69 dan -1,75. Umur simpan (t) kemudian dihitung berdasarkan selisih antara ln Q_t dan ln Q_0 dibagi dengan konstanta laju reaksi (k). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa umur simpan produk pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C secara berturut-turut adalah 619,43 hari, 517,61 hari, dan 437,36 hari.

Tabel 13. Perbandingan Umur Simpan berdasarkan Model Arrhenius dan Q_{10}

Produk	T (Celcius)	T (Kelvin)	Umur Simpan berdasarkan Model Arrhenius (hari)	Umur Simpan berdasarkan Q_{10} (hari)
<i>Ready-To-Eat</i>	30	303	619,43	619,43
Empal Gentong dalam Kemasan	40	313	517,61	517,61
<i>Retort pouch</i>	50	323	437,36	437,36

Berdasarkan hasil perhitungan, umur simpan berdasarkan nilai Q_{10} pada interval suhu 30°C, 40°C, dan 50°C adalah sebesar 619,43 hari, 517,61 hari, dan 437,36 hari yang dihitung berdasarkan perbandingan konstanta laju reaksi (k) pada dua suhu berbeda. Nilai tersebut merupakan peningkatan laju reaksi kimia saat produk mengalami kenaikan suhu sebesar 10°C (Oceanic *et al.*, 2017). Penurunan ini sejalan dengan peningkatan nilai konstanta laju reaksi (k) yang menunjukkan bahwa reaksi oksidasi lipid berlangsung lebih cepat pada suhu tinggi. Kesamaan

tersebut diduga disebabkan oleh rentang suhu penyimpanan yang (30°C, 40°C, dan 50°C) serta hubungan antara suhu dan laju kerusakan yang konsisten sehingga asumsi dasar metode Q_{10} masih sesuai dengan model Arrhenius. Dengan demikian, kedua metode menghasilkan estimasi umur simpan yang sangat mendekati sehingga meningkatkan kepercayaan terhadap hasil prediksi yang diperoleh. Penelitian Wiyani *et al.* (2022) juga menunjukkan kemiripan hasil perhitungan antara model Arrhenius dengan model Q_{10} pada pendugaan umur simpan asam lemak (*ulva lactuca*).

Verifikasi dan *monitoring* adalah tahap akhir yang penting dilakukan setelah melakukan prediksi umur simpan. Menurut Hariyadi (2019), verifikasi dapat dilakukan dengan menyimpan produk pada kondisi yang mendekati kondisi aktual selama distribusi dan penyimpanan kemudian dilakukan pengamatan terhadap perubahan mutu produk secara berkala. Data hasil pengamatan tersebut selanjutnya digunakan untuk membandingkan serta mengevaluasi kesesuaian antara hasil prediksi dengan kondisi nyata sehingga dapat dilakukan koreksi apabila terdapat perbedaan yang signifikan. Berdasarkan hasil prediksi umur simpan pada daging *ready-to-eat* empal gentong dalam kemasan *retort pouch*, diperoleh kisaran umur simpan sekitar 437,36 hari hingga 619,43 hari, tergantung pada suhu penyimpanan yang digunakan. Penelitian yang dilakukan oleh Shah *et al.* (2017) mengungkapkan bahwa produk daging rogan josh yang dikemas dalam *retort pouch* menunjukkan tingkat penerimaan sensori yang baik dan keamanan mikrobiologis selama periode 12 bulan. 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 (Maulidya dan Rahmah, 2026). Namun demikian, durasi umur simpan yang cukup panjang tersebut menyebabkan tahap verifikasi secara langsung belum dapat dilaksanakan dalam penelitian ini mengingat keterbatasan waktu.

Penelitian yang dilakukan beberapa peneliti menunjukkan adanya perbedaan antara hasil prediksi dan kondisi aktual. Penelitian Diani *et al.* (2017) menunjukkan bahwa prediksi umur simpan produk loloh cemcem menggunakan metode ASLT model Arrhenius menghasilkan nilai yang berbeda dibandingkan dengan pengujian langsung. Penelitian tersebut menyampaikan umur simpan yang diperoleh pada suhu 15°C adalah 18,2 jam, sedangkan pengujian langsung menunjukkan umur simpan selama 15 jam pada parameter sensori rasa. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa faktor lain di luar model, seperti kondisi distribusi, fluktuasi suhu, serta interaksi antar komponen pangan, dapat mempengaruhi laju penurunan mutu produk. Hal ini sesuai dengan pendapat Estiasih *et al.* (2022), bahwa produk pangan mengandung berbagai komponen yang dapat mengalami reaksi selama penanganan, pengolahan, dan penyimpanan. Daging *ready-to-eat* empal gentong dalam kemasan *retort pouch* kemungkinan dapat dipengaruhi faktor seperti stabilitas kemasan, potensi oksidasi lipid lanjutan, serta perubahan karakteristik sensori yang dapat mempengaruhi umur simpan aktual. Oleh karena itu, tahap verifikasi tetap diperlukan pada penelitian lanjutan untuk memastikan kesesuaian antara hasil prediksi dengan kondisi nyata selama distribusi dan penyimpanan.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa daging *ready-to-eat* empal gentong dalam kemasan *retort pouch* diprediksi memiliki umur simpan selama satu tahun delapan bulan empat belas hari pada suhu tiga puluh derajat celcius. Perlakuan suhu dan lama penyimpanan berpengaruh terhadap mutu produk, yaitu peningkatan pH, TBARS, kadar air, dan kadar lemak. Namun sebaliknya, kadar protein dan kadar kolagen mengalami penurunan yang menunjukkan adanya kemunduran mutu.

5.2. Saran

Pengembangan produk *ready-to-eat* empal gentong dalam kemasan *retort pouch* diharapkan dapat terus dioptimalkan, terutama pada proses pengolahan untuk meningkatkan kestabilan mutu selama masa simpan. Dalam pengembangan lebih lanjut, diharapkan dilakukan verifikasi terhadap hasil pendugaan umur simpan guna mengurangi potensi kesalahan dalam estimasi umur simpan yang diperoleh. Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan penambahan parameter mutu lainnya untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Awwaly, K. U. 2017. Protein Pangan Hasil Ternak dan Aplikasinya. Universitas Brawijaya Press.
- Al-Faraji, D. S., Sabrina, M., Sumiardi, A., Suryani, N., dan Indriatmoko, D. D. 2023. Karakterisasi Gelatin Tulang Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) dengan Penghidrolisat Asam Asetat. Jurnal Kartika Kimia. 6(1): 78-85. <https://doi.org/10.26874/jkk.v6i1.206>.
- Alves, V. R., Gonçalves, S., Daguer, H., Micke, G. A., dan Vitali, L. 2023. Development of a New Method for The Determination of 4-Hydroxyproline as a Measurement of Collagen Content in Meat Products and Dietary Supplements by Cyclodextrin-Assisted Electrokinetic Chromatography. Journal of Food Composition and Analysis, 122: 105-431. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105431>.
- Amdayani, S., Dalimu, M., Annazili, H., dan Ningsih, W. 2026. Laju Reaksi: STEM-PjBL Berbasis Augmented Reality Terintegrasi Green Chemistry. CV Eureka Media Aksara.
- 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. Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan. 25(1): 91-99. <https://doi.org/10.22437/jiip.v25i1.12471>.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists. AOAC Inc. Washington, DC.
- AOAC. 2007. Fat, Moisture, and Protein in Meat and Meat Products. Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Apriantini, A., Adinata, S., dan Endrawati, Y. C. 2021. Karakteristik Fisikokimia dan Aktivitas Antioksidan Daging Itik yang Dilapisi Ekstrak Propolis Selama Penyimpanan Suhu Ruang. Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan. 9(3): 151-157. <https://doi.org/10.29244/jipthp.9.3.151-157>.
- Ariani, F., Rohani, S., Sukanty, N. M. W., Yunita, L., Solehah, N. Z., dan Nursafia, B. I. 2024. Penentuan Kadar Lemak pada Tepung Terigu dan Tepung Maizena menggunakan Metode Soxhlet. Jurnal Ganec Swara. 18(1):172-176.
- 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>.
- Arpi, I. N., Aisyah, I. Y., TP, S., Indarti, I. E., Irfan, I., Sulaiman, I. I., Muzaifa, M. 2025. Teknologi Industri Pangan Modern. USK Press.

- Arsyi, H., Hasbullah, H., dan Rasulu, H. 2025. Optimization of Sterilization Time in Canned Vegetable Candle (*Saccharum edule*) Production: Effect on F0 Value and Organoleptic Quality. *Agrikan Jurnal Agribisnis Perikanan*. 18(2): 130-139. <https://doi.org/10.52046/agrikan.v18i2.10-139>.
- Asiah, N., Astuti, R. M., Susilawati, W., dan Khairina, A. M. 2025. Teori dan Praktik Pengujian Masa Simpan Produk Pangan. Universitas Bakrie Press.
- Asmara, R. A., Puspitasari, D., RomLah, S., Hasanah, Q., dan Romario, R. 2017. Identifikasi Kesegaran Daging Sapi berdasarkan Citranya dengan Ekstraksi Fitur Warna dan Teksturnya menggunakan Metode Gray Level Cooccurrence Matrix. *SENTIA*. 9 :89-94.
- Ayu, D. F., Efendy, R., Nopiani, Y., Saputra, E., dan Haryani, S. 2022. Pendugaan Umur Simpan Ikan Patin Salai menggunakan Metode Akselerasi dengan Kemasan HDPE dan Teknik Pengemasan Aluminium Foil. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 14(2): 86-95. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v14i2.23128>.
- Azhari, E., Aliredjo, M. S., Dharmayanti, N., dan Purnomo, A. H. 2023. Sterilisasi Produk Siap Saji: Cakalang (*Katsuwonus pelamis Linnaeus 1778*) dalam Kemasan Retort Pouch. *Indonesian Fisheries Processing Journal/Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 26(1). <https://doi.org/10.17844/jphpi.v26i1.41863>.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. Metode pengujian cemaran mikroba dalam daging, telur, dan susu, serta hasil olahannya. SNI 2897. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. Standar Mutu Karkas dan Daging Sapi. SNI 3932. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2021. Daging berkuah dalam Kemasan. SNI 3838. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Budi, F. S., Fadhillah, A. A., dan Kusumaningrum, H. D. 2024. Karakteristik dan Pengaruh Proses Sterilisasi terhadap Mutu Fisik Produk Lauk Berkuah dalam Kemasan Retort Pouch. *Journal of Science and Technology*. 17(3): 484-500. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v17i3.26978>.
- Calligaris, S., Lucci, P., Milani, A., Rovellini, P., Lagazio, C., Conte, L., dan Nicoli, M. C. 2022. Application of Accelerated Shelf-Life Test (ASLT) Procedure for The Estimation of The Shelf-Life of Extra Virgin Olive Oils: A Validation Study. *Food Packaging and Shelf life*. 34: 100990. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100990>.
- Darniadi, S., Rachmat, R., Luna, P., Purwani, W., dan Sandrasari, D. A. 2020. Penentuan Umur Simpan menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT) pada Bubuk Minuman Instan Stroberi Foam-Mat Drying. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 9(4): 151-157. <https://doi.org/10.17728/jatp.7539>.

- Dewi, F. A. C., Kurniawati, A. D., Pratiwi, E. Z. D., Salsabila, D. C., dan Qolbiyah, S. 2025. Pengaruh Penambahan Minyak Atsiri Kapulaga (*elettaria cardamomum*) sebagai Antioksidan Alami dalam Peningkatan Stabilitas Oksidatif Minyak Kedelai selama Proses Penyimpanan. Jurnal Sains dan Teknologi Pangan. 10(2): 8252-8262. <https://doi.org/10.63071/rqetm854>.
- Diani, N. N. A. T., Gunadnya I. B. P., dan Yulianti N. L. 2017. Penentuan Umur Simpan Minuman Loloh Cemcem menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) dengan Pendekatan Model Arrhenius. Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian). 5(1): 103-110.
- Erfiza, N. M., Hasni, D., dan Syahrina, U. 2018. Evaluasi Nilai Gizi Masakan Daging Khas Aceh (Sie Reuboh) berdasarkan Variasi Penambahan Lemak Sapi dan Cuka Aren. Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia. 10(1): 28-35. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v10i1.10202>.
- Estiasih, T., Waziroh, E., dan Fibrianto, K. 2022. Kimia dan Fisik Pangan. Bumi Aksara.
- Eva, Y., Syska, K., dan Nurhayati, A. D. 2023. Pendugaan Umur Simpan Jambu Kristal (*Psidium Guajava L.*) Terolah Minimal Menggunakan Metode ASLT (Accelerated Shelf Life Test) Model Arrhenius. Jurnal Agritechno. 16(2): 132-140. <https://doi.org/10.70124/at.v16i2.1194>.
- Fahdri, I. U., Ilham, D., Nur, A., dan Septriani, F. 2025. The Role of Social Capital in Preserving The Traditional Cuisine of Empal Gentong in Cirebon. Journal of Social Science and Education. 6(1): 97-104. <https://jurnal.iainponorogo.ac.id/index.php/asanka>.
- Fahreza, I. A. A. A., Sriyani, N. L. P., dan Sukmawati, N. M. S. 2025. Perbedaan Kualitas Organoleptik Daging Sapi Bali Pada Pasar Tradisional, Swalayan, dan Distributor Daging Di Kota Denpasar. Jurnal Peternakan Tropika. 13(4): 54-66.
- Fausiah, A., dan Al Buqhori, I. P. 2019. Karakteristik Kualitas Kimia Daging Sapi Bali di Pasar Tradisional. Jurnal Ilmu Pertanian. 3(1): 8-10. <http://dx.doi.org/10.35329/agrovital.v3i1.213>.
- Günel-Köroğlu, D., Yılmaz, H., Subasi, B. G., dan Capanoglu, E. 2025. Protein Oxidation: The Effect of Different Preservation Methods or Phenolic Additives During Chilled and Frozen Storage of Meat/Meat Products. Food Research International. 200: 115378. <https://doi-org.proxy.undip.ac.id/10.1016/j.foodres.2024.115378>.
- Halid, S. A., Gobel, M., dan Loulembah, F. 2023. Mutu Bakso Daging Sapi Ditinjau Dari Kadar Protein, Kadar Lemak, Kadar Air, Total Mikroba, Kandungan Boraks, dan Formalin Yang Dijual di Depot-Depot Bakso Daging Sapi di Kota Palu. Jurnal Pengolahan Pangan. 8(1): 60-65. <https://doi.org/10.31970/pangan.v8i1.119>.

- Hariyadi, P. 2019. Masa Simpan dan Batas Kedaluwarsa Produk Pangan: Pendugaan, Pengelolaan, dan Penandaannya. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hasanuddin, S. 2025. Kajian Aktivitas Antioksidan pada Bahan Pangan Hasil Pengawetan Metode Termal dan Non Termal. *Jurnal Riset Pangan*. 3(4): 563-573. <https://doi.org/10.63071/jrp.v3i4.173>.
- Hasibuan, M. N., Indarti, E., dan Erfiza, N. M. 2019. Analisis Organoleptik (Aroma dan Warna) dan Nilai TBA dalam Pendugaan Umur Simpan Bumbu Mi Aceh dengan Metode Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) menggunakan Persamaan Arrhenius. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 11(2): 69-74. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v11i2.14534>.
- Hidayah, L. N., Najwan, J., Raffles, R., Herlina, N., dan Fatni, I. 2022. Upaya Peningkatan Pemahaman Tentang Pentingnya Pencantuman Label pada Kemasan melalui Penyuluhan Hukum Bagi Siswa SMA 2 Di Muara Bungo. *Jurnal Karya Abdi Masyarakat*. 6(1): 27-38. <https://doi.org/10.22437/jkam.v6i1.19367>.
- 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.
- Indriyani, R. Optimasi Metode Precooking Daging terhadap Kualitas Kimia dan Ketengikan Ready-To-Eat Empal Gentong. Skripsi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- IOM (Institute of Medicine). 2002. High Energy, Nutrient Dense Emergency Relief Food Product. National Press Academy, Washington, DC.
- IOM (Institute of Medicine). 2002. Dietary Reference Intake for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. National Academies Press, Washington, DC.
- Iskandar, C. D., Zainuddin, Z., Munawar, A. A., dan Barus, R. A. 2023. Robust Prediction of Meat Quality Attributes Using Near Infrared Spectroscopy. *Jurnal Kedokteran Hewan March*. 17(1): 42-47. <https://doi.org/10.21157/j.ked.hewan.v17i1.30204>.
- Izzah, A. N., Nurtiana, W., Ningrum, M. A., Anggraeni, S., Nugroho, I., Hasanah, A. S., Alfidah, R., dan Febriyani, R. 2024. Pengaruh Perlakuan Daging Sapi Pada Suhu Berbeda Terhadap Perubahan Mioglobin. *Journal of Tropical Food and Agroindustrial Technology*. 5(1): 1-8. <https://doi.org/10.21070/jtfat.v5i01.1620>.
- Jayatri, U. F., Jerusalem, M. A., dan Mahmud, D. P. 2025. Analisis Perilaku Pembelian Makanan Segar dan Ready-To-Eat berdasarkan Karakteristik Sosio-Demografis Mahasiswa. *Jurnal Terapan Teknik Industri*. 6(2): 222-232. <https://doi.org/10.37373/jenius.v6i2.1790>.

- Jeyapriya, S., Pal, U. K., Rajkumar, V., dan Mandal, P. K. 2024. Storage Stability of Retort Pouch Processed Mini Chevron Patties Incorporated with Sesame Seed Paste. *Journal of Animal Research*. 14(4): 279-286. <https://doi.org/10.30954/2277-940X.04.2024.6>.
- Junianto, J., Margareta, D., Fauzan, F., Ali, H., Marzaputri, G. Z., dan Azzahra, N. 2025. Ekstraksi Gelatin Dari Kulit Ikan: Proses, Karakterisasi, dan Potensi Industri. *Serasi Media Teknologi*.
- Khasanah, N., Triyannanto, E., dan Muhlisin, M. 2023. Pengaruh Pre-Cooking terhadap Kualitas Fisik dan Total Bakteri Dakgalbi Kaleng. *Jurnal Triton*. 14(1): 276-284. <https://doi.org/10.47687/jt.v14i1.430>.
- Kumalasari, R., Desnilasari, D., dan Wadhesnoeriba, S. P. 2018. Evaluasi Mutu Kimia dan Organoleptik Mi Kering Bebas Gluten dari Tepung Komposit Jagung-Singkong selama Penyimpanan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 23(3): 173-182. <https://doi.org/10.18343/jipi.23.3.173>
- 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.
- Kurniaditya, V., Rizkaprilisa, W., Luwidharto, J., Bumi, S., dan Aristawati, T. 2025. Pengembangan Sistem HACCP untuk Meningkatkan Standar Keamanan Pangan di UMKM PS MAS. *Science Technology and Management Journal*. 5(2): 107-113. <https://doi.org/10.53416/stmj.v5i2.406>.
- Kusnandar, F. 2019. Kimia Pangan Komponen Makro. Bumi Aksara.
- 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>.
- Li, H., Ge, F., Li, F., Zhen, R., Feng, L., Sun-Waterhouse, D., dan Wang, Y. 2026. Effects of Electron Beam Irradiation on Lipid Oxidation and Myofibrillar Protein Oxidation in Vacuum-Packaged Fresh Pork During Chilled Storage. *Radiation Physics and Chemistry*. 242: 113611. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2026.113611>.
- Li, X., Oey, I., Leong, S. Y., dan Kebede, B. 2023. Understanding The Volatile Flavour Changes During Accelerated Shelf-Life Testing of Oats Using Chemometrics and Kinetic Modelling. *Food Chemistry*. 405: 134864. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134864>.
- Liur, I. J., Veerman, M., dan Mahakena, A. 2019. Kualitas Sensoris dan Kimia Daging Sapi yang Beredar di Beberapa Tempat Penjualan di Kota Ambon. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 8(2): 42-47. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2019.8.2.42>.

- Maulidya, F., dan Rahmah, D. F. 2026. Respons Mutu Daging Unggas terhadap Variasi Perlakuan Pengolahan dan Kondisi Termal. *Jurnal Bina Gizi Indonesia*. 1(1): 36-47.
- Min DB., dan Boff JM. 2002. Chemistry and Reaction of Singlet Oxygen in Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 1(2): 58-72.
- Muchtar, F., Hastian, H., dan Ruksanan, R. 2023. Analisis Kadar Air, Kadar Protein dan Karakteristik Organoleptik Kerupuk Stik dengan Penambahan Konsentrasi Ikan Layang yang Berbeda. *Jurnal Agribisnis dan Teknologi Pangan*. 3(2): 94-105. <https://doi.org/10.32627/agritekh.v3i2.630>.
- Muhandri, T., Zahra, P. A., Herawati, D., dan Fadhilatunnur, H. 2024. Penentuan Kecukupan Panas serta Evaluasi Sensori Produk Opor Ayam Steril PT XYZ. *Indonesian Journal of Food Quality*. 11(2): 114-120. <https://doi.org/10.29244/jmpi.2024.11.2.114>.
- Mustakim, Z., Fitria, E. A., Budaraga, I. K., dan Yessirita, N. 2025. Pendugaan Umur Simpan Sosis Ikan Patin (*Pangasius sp*) yang Dilapisi Edible Coating Pati Talas Antimikroba Sari Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L*). *Jurnal Research Ilmu Pertanian*. 5(2): 199-210. <https://doi.org/10.31933/8c0esz19>.
- Mustika, S. 2019. Keracunan Makanan: Cegah, Kenali, Atasi. Universitas Brawijaya Press.
- Mutma'innah, M. N., Maherawati, M., dan Rahayuni, T. 2022. Nutrition Change of Ikan Asam Pedas in Retort Pouch with Variation of Sterilization TIME. *Jurnal Agrotek Ummat*. 9(2): 75-85. <https://doi.org/10.31764/jau.v9i2.8247>.
- Nguju, A. L., Kale, P. R., dan Sabtu, B. 2018. Pengaruh Cara Memasak yang Berbeda terhadap Kadar Protein, Lemak, Kolesterol dan Rasa Daging Sapi Bali. *Jurnal Nukleus Peternakan*. 5(1): 17-23.
- Nofita, R., Agustin, R., dan Fajrin, M. I. 2023. Pengaruh Variasi Suhu dan Lama Waktu Penyimpanan terhadap Karakteristik Fisikokimia Kolagen Kulit Ikan Gabus (*Channa striata Bloch*). *Jurnal Sains Farmasi dan Klinis*. 10(1): 89-99. <https://doi.org/10.25077/jsfk.10.1.89-99.2023>.
- Nurfiqih, D., Hakim, L., dan Muhammad, M. 2021. Pengaruh Suhu, Persentase Air, dan Lama Penyimpanan terhadap Persentase Kenaikan Asam Lemak Bebas (ALB) pada Crude Palm Oil (CPO). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 10(2): 1-14. <https://doi.org/10.29103/jtku.v10i2.4955>.
- Nurlela, N. 2020. Analisa Bilangan Peroksida terhadap Kualitas Minyak Goreng Sebelum dan Sesudah Dipakai Berulang. *Jurnal Redoks*. 5(1): 65-71.
- Oceanic, I. A. M., Gunadnya, I. B. P., dan Widia, I. W. 2017. Pendugaan Waktu Kedaluwarsa Pendistribusian Manisan Salak Menggunakan Metode Q10. *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*. 5(1): 1-11. <https://doi.org/10.24843/JBETA.2017.v05.i01.p01>.

- Oktavia, A. A., Hariono, B., Suryaningsih, W., Brilliantina, A., Kautsar, S., dan Wijaya, R. 2022. Pengaruh Suhu dan Waktu Proses Precooking Ikan Lemuru terhadap Sifat Fisik, Mikrobiologi dan Organoleptik. *Jurnal Ilmiah Inovasi*. 22(3): 251-258. <https://doi.org/10.25047/jii.v22i3.3429>.
- Pratiwi, I. D. P. K., Suter, I. K., Widpradnyadewi, P. A. S., dan Wiadnyani, A. A. I. S. 2019. Perubahan Fisiko-Kimiawi dan Mikrobiologis Minuman Tradisional Bali (Loloh) Selama Penyimpanan. *Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*. 39(1): 70-77.
- Prayogo, A., dan Mazda, C. N. 2021. Inovasi Teknologi Plecing Kaleng Sebagai Pemulihan Ekonomi Pasca Gempa Lombok. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains*. 3(3): 376-383.
- 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>.
- Rachmawati, P., dan Farm, S. 2024. *Formulasi dan Teknologi Sediaan Steril*. Penerbit Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya.
- Raharjo, S. 2018. *Kerusakan Oksidatif pada Makanan*. Ugm Press.
- Rasa, I. N. M. A. G., Astiti, M. P., Eryani, I. A. A. P., Yudiastari, I. N. M., dan Semaryani, I. A. A. M. 2023. Pentingnya kemasan dalam pemasaran produk. Scopindo Media Pustaka.
- Ratnawulan, Y., Yahya, C. A., Mayshafuroh, I., dan Abdullah, N. 2024. Strategi Pengembangan Kuliner Empal Gentong Haji Apud sebagai Kuliner Khas Cirebon. *Jurnal Dinamika Sosial dan Sains*. 1(2): 130-135. <https://doi.org/10.60145/jdss.v1i2.61>.
- Reiza M. A. R. 2025. *Teknologi Pengelolaan Pangan*. CV Azzia Karya Bersama.
- Ruhaeni, R., Zainuri, Z., dan Utama, Q. D. 2025. Pendugaan Umur Simpan Sale Lilit Menggunakan Metode Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) Model Arrhenius. *Jurnal Teknologi Dan Mutu Pangan*. 3(2): 121-135. <https://doi.org/10.30812/jtmp.v3i2.4810>.
- Safitri, I. M., Rakhma, L. R., dan Mardiyati, N. L. 2024. Hubungan Asupan Energi dan Asupan Protein dengan Kebugaran Jasmani pada Mahasiswa Pendidikan Jasmani Universitas Muhammadiyah Surakarta. *Journal of Multidisciplinary Research and Development*. 7(1): 184-196.
- Sanjaya, Y. A., Rosida, R., dan Fitriana, A. W. 2025. Pendugaan Umur Simpan Tiwul dan Gatot menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) Model Arrhenius. *Jurnal Teknologi Pangan*. 19(1): 26-35. <https://doi.org/10.33005/jtp.v19i1.5132>.
- Sari, Y. I., dan Azmi, M. R. 2025. Perlindungan Hukum Konsumen terhadap Produk UMKM yang Tidak Bersertifikat SNI dan BPOM. *Jurnal Usm Law Review*. 8(2): 639-655. <https://doi.org/10.26623/julr.v8i2.11064>.

- Sembor, S. M., dan Tinangon, R. 2022. Industri pengolahan daging. Bandung: CV. Patra Media Grafindo.
- Shah, M. A., Bosco, S. J. D., Mir, S. A., dan Sunooj, K. V. 2017. Evaluation of Shelf Life of Retort Pouch Packaged Rogan Josh, A Traditional Meat Curry of Kashmir, India. Food packaging and shelf life. 12: 76-82. <https://doi-org.proxy.undip.ac.id/10.1016/j.fpsl.2017.04.001>.
- 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 BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian). 8(1): 45-54. <https://doi.org/10.24843/JBETA.2020.v08.i01.p06>.
- Subekti, H., Puspasari, D. A., Kirmanto, F. Y. A., dan Laksana, F. F. 2025. Penentuan Umur Simpan Telur Puyuh Bacem dan Pindang "Ready to Eat" Kemasan Steril Retort Pouch dalam Upaya Pencegahan Stunting. Jurnal Sains dan Teknologi Pangan. 10(1): 8193-8209. <https://doi.org/10.63071/s2g25660>.
- Suhono, L., Trowulan, E., Prawesti, N., Harsanto, S., Wahyu, Y. I., Suseno, S., dan Lailatussifa, R. 2024. Pelatihan Pengolahan Rica-Rica Ikan Pari Asap dalam Kemasan Retort Pouch di Desa Bulumeduro, Tuban. Jurnal Pengabdian Perikanan dan Kelautan. 2(1): 44-52. <https://doi.org/10.21776/ub.piskarias.2024.002.01.6>.
- Susilo, A., Rosyidi, D., Jaya, F., dan Apriliyani, A. W. 2019. Dasar Teknologi Hasil Ternak. Universitas Brawijaya Press.
- Syahrul, Syarief, R., Hermanianto, J., dan Nurtama, B. 2020. Kinetics of quality changes and shelf life estimation of frozen coated Tumpi-Tumpi using accelerated shelf-life testing (ASLT) method with Arrhenius approach, in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, p. 012048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/564/1/012048>.
- Syihabbudin, Y. H., Sipahutar, Y. H., Sayuti, M., Siregar, A. N., dan Napitupulu, R. J. 2024. Karakteristik Mutu Pengolahan Lemuru (*Sardinella Lemuru*) dengan Media Saus Tomat dalam Kaleng Di PT. STP, Negara-Bali. In Proceedings of The Vocational Seminar on Marine dan Inland Fisheries, pp. 19-32. http://dx.doi.org/10.15578/voc_seminar.v1i1.15187.
- Tahir, M. M., Jumriah, J., dan Ramadani, D. 2025. Penanganan Daging Sapi Potong Pasca Panen: Teknik, Keamanan dan Kualitas. CV Eureka Media Aksara.
- Timung, M. A., Sabtu, B., dan Malelak, G. E. M. 2021. Fat Content, Tba Value, Antioxidant Activity and Organoleptic Quality of Carcass Cull Laying Hens after Marinated With Binahong Leaves Extract (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis). Jurnal Peternakan Lahan Kering. 3(1): 228-239. <https://doi.org/10.57089/jplk.v3i1.542>.

- Tiven, N. C., dan Simanjorang, T. M. 2022. Kualitas Kimia Bakso Daging Sapi Tersubstitusi Daging Ikan Tuna (*Thunnus sp*). Agrinimal Jurnal Ilmu Ternak Dan Tanaman. 10(2): 65-70. <https://doi.org/10.30598/ajitt.2022.10.1.65-70>.
- Tritisari, A. 2023. Pengujian Kadar Air, Kadar Asam Lemak Bebas dan Tingkat Asam Basa (pH) pada Santan Kelapa Cream (Coconut Cream). Jurnal Agroindustri Pangan. 2(3): 125-135. <https://doi.org/10.47767/agroindustri.v2i3.541>.
- 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.
- Wahyu, Y. I., dan Ariadi, P. S. 2024. Pengendalian Produk Sterilisasi Komersial Tuna dalam Kemasan Kaleng dengan Menggunakan Penerapan Sistem Hazard Analysis Critical Control Point. Jurnal Sains dan Teknologi Pangan. 9(6): 7891-7902. <https://doi.org/10.63071/tj8hee05>.
- Wati, R. Y. 2018. Pengaruh Pemanasan Media Plate Count Agar (PCA) Berulang terhadap Uji Total Plate Count (TPC) di Laboratorium Mikrobiologi Teknologi Hasil Pertanian Unand. Journal Tampela, 1(2): 44-47.
- Wato, T. M., Malelak, G. E., dan Sipahelut, G. M. 2024. Kualitas Organoleptik, Oksidasi Lemak, dan Total Bakteri pada Pengolahan Daging Babi yang Diawetkan dengan Metode Pengawetan Tradisional Sui Wu'u. Jurnal Sains Peternakan. 12(2): 135-141. <https://doi.org/10.21067/jsp.v12i2.10565>.
- Wete, E. M., Sio, S., dan Kia, K. W. 2019. Aktivitas Antioksidan, Kadar Air, Nilai pH dan Total Fenolik Dendeng Sapi yang di Curing Menggunakan Ekstrak Rosella (*Hibiscus sabdariffa L.*). Journal of Animal Science. 4(4): 56-59. <https://doi.org/10.32938/ja.v4i4.705>.
- 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(1): 9-19. <https://doi.org/10.55180/biofoodtech.v1i1.232>.
- Wiyono, A. E., Amilia, W., Wardana, W., dan Kharisma, D. N. 2026. Kinetika Degradasi Warna Serbuk Kopi Hijau Berklorofil Daun Suji pada Berbagai Jenis Bahan Kemasan. NEI Journal. 1(1): 1-12. <https://nrri-journal.com/index.php/nei-j/article/view/7>.
- Wu, H., Kong, Y., Zhao, W., dan Wang, F. 2024. Measurement of Cellular MDA Content Through MTBE-Extraction based TBA Assay by Eliminating Cellular Interferences. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 248: 116332. <https://doi-org.proxy.undip.ac.id/10.1016/j.jpba.2024.116332>.

- Yang, L., Yuan, F., Zhou, M., Zhou, X., Ahmmed, M. K., dan Wu, H. 2025. Insights Into Low-Temperature Strategies for Preserving Cooked Pork Quality in Ready-To-Eat Meat Products Through Processing and Reheating Studies. *Food Chemistry*. 487: 144696. <https://doi-org.proxy.undip.ac.id/10.1016/j.foodchem.2025.144696>.
- Yuslianti, E. R. 2018. Pengantar Radikal Bebas dan Antioksidan. Deepublish.
- Yusuf, H. 2026. Panduan Praktis Pemeriksaan Malondialdehyde (MDA) dengan Metode TBARS untuk Laboratorium Pendidikan dan Riset. Idebuku.
- Yuwono, S. S., dan Immaroh, N. Z. 2023. Pendugaan Umur Simpan dan Perubahan Asam Lemak Abon Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) Selama Penyimpanan. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 24(3): 229-240.
- Yuwono, S. S., Istianah, N., dan Mubarak, A. Z. 2022. Kinetika Reaksi pada Bahan Pangan dan Produk Fermentasi. Universitas Brawijaya Press.