



Pendugaan Umur Simpan Sambal Gami Dikemas dalam Jar *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Ina Siti Nurminabari*, Sumartini dan Nadyne Kusumah

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Bandung, Indonesia

Diterima: 24 Februari 2022; Disetujui: 1 April 2022

Abstrak

Sambal gami merupakan sambal khas Bontang Kalimantan Timur, namun belum banyak penelitian tentang pendugaan umur simpannya. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan laju penurunan mutu dan pendugaan umur simpan sambal gami dengan metode *Accelerated Shelf Life Testing* berdasarkan pendekatan Arrhenius. Sambal dikemas dalam plastik *Polyethylene Terephthalate* bentuk jar dan dilakukan penyimpanan pada suhu 25°C, 30°C dan 40°C. Parameter yang diamati selama penyimpanan adalah kadar *Free Fatty Acid* (FFA) dan jumlah total mikrob. Hasil penelitian menunjukkan nilai energi aktivasi terkecil digunakan untuk penentuan umur simpan sambal gami, parameter kadar FFA, yaitu pada reaksi orde nol dengan regresi linear $y = 0,3404x + 1,5304$; nilai $R^2 = 0,9796$; konstanta penurunan mutu sebesar 0,336 dan mempunyai umur simpan selama 6 hari pada suhu 25°C. Sedangkan berdasarkan parameter jumlah total mikrob terjadi pada reaksi orde satu, dengan regresi linear $y = 0,2491x + 7,9356$; nilai $R^2 = 0,9854$; konstanta penurunan mutu sebesar 0,263 dan memiliki umur simpan selama 5 hari pada suhu 25°C. *Headspace* yang didapat pada kemasan sebesar 40,8%. Indeks standar yang baik untuk *headspace* adalah 10% dari tinggi kemasan.

Kata kunci: pengawetan makanan; penyimpanan; stabilitas

Estimation of Shelf Life of Sambal Gami Packed in Polyethylene Terephthalate (PET) Jar

Abstract

“Sambal gami” is a typical sauce from Bontang, East Kalimantan, but there has been no research estimating its shelf life. This study aimed to determine the rate of deterioration and estimate the shelf life of “sambal gami” using the *Accelerated Shelf Life Testing* method based on the Arrhenius approach. “Sambal” was packaged in a *Polyethylene Terephthalate* plastic jar and stored at 25°C, 30°C and 40°C. Parameters observed during storage *Free Fatty Acid* (FFA) levels and the number of microbes. The results showed the smallest activation energy value to activate the shelf life of sambal gami, the parameter of FFA levels, namely in the zero-order reaction with linear regression $y = 0.3404x + 1.5304$, R^2 value = 0.9796, quality constant of 0.336 and has shelf life of 6 days at 25°C. Based on the parameters of the total number of microbes that occur in the first-order reaction, with linear regression $y = 0.2491x + 7.9356$, R^2 value = 0.9854, the quality degradation constant is 0.263 and has a shelf life of 5 days at 25°C. The *headspace* obtained on the package is 40.8%. An excellent standard index for *headspace* is 10% of pack height.

Keywords: food preservation; stability; storage

* **Corresponding author:** inasitinurminabari@unpas.ac.id

Cite this as: Nurminabari, I. S., Sumartini, & Kusumah, N. (2022). Pendugaan Umur Simpan Sambal Gami Dikemas dalam Jar *Polyethylene Terephthalate* (PET). *AgriHealth: Journal of Agri-food, Nutrition and Public Health*, 3(1), 27-38. doi: <http://dx.doi.org/10.20961/agrihealth.v3i1.59678>

PENDAHULUAN

Sambal merupakan bagian dari budaya makan Bangsa Indonesia karena dapat menambah dan merangsang nafsu makan. Oleh karena itu masakan tertentu biasanya disertai dengan sambal yang sesuai. Tiap daerah memiliki rasa sambal sendiri yang dibuat dengan bahan-bahan lokal. Ada sambal jeruk mentah yang asam segar, sambal bajak atau sambal petis udang yang cenderung manis, ataupun sambal terasi yang gurih. Ada sambal yang biasanya mendampingi hidangan tertentu, ada pula yang bisa menemani nasi hangat sebagai lauk. Sambal di Indonesia cukup banyak dan beragam. Namun, orang kurang mengenal ragam sambal di Indonesia dan hanya terbiasa mengenal sambal yang terdapat di daerah tertentu saja. Sebenarnya banyak jenis sambal lain yang menarik untuk dicoba, salah satunya yaitu sambal gami khas Bontang, Kalimantan Timur, yang bisa dipadukan dengan berbagai macam sumber protein. Bahan baku pembuatan sambal gami yaitu cabai rawit, bawang merah, tomat, terasi, gula, garam dan minyak goreng yang biasanya dimasak menggunakan cobek tanah liat.

Sambal gami biasanya langsung disajikan setelah dimasak. Hal ini menyebabkan sambal tidak tahan lama. Pengemasan berguna agar sambal lebih awet dan lebih praktis. Sambal dalam kemasan cenderung dikonsumsi oleh ibu rumah tangga yang memiliki kesibukan di luar rumah. Jika dikemas dengan baik, sambal akan lebih tahan lama dan pemasarannya pun bisa lebih luas. Dengan luasnya pemasaran, maka sambal gami khas Bontang ini bisa dikenal oleh masyarakat daerah lain, bahkan seluruh Indonesia. Namun hal itu perlu didukung oleh pemerintah melalui dinas terkait. Sayangnya lagi umur simpan sambal gami ini belum diketahui, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian pendugaan umur simpannya.

Penelitian tentang umur simpan produk bumbu nasi kuning berdasarkan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) dengan model Arrhenius telah dilakukan oleh Kurniati (2016). Pada penelitian tersebut, pertama menentukan formulasi terbaik dari tiga formulasi yang berbeda, setelah itu bumbu nasi kuning disimpan pada suhu 25°C, 35°C dan 45°C selama 35 hari dan dilakukan pengamatan setiap 5 hari. Analisis yang dilakukan yaitu angka TBA, angka iodium dan jumlah total mikrob. Diketahui bahwa pada

suhu 25°C menghasilkan prediksi umur simpan bumbu nasi kuning yang paling lama, dengan respons angka TBA yaitu 150,93 mg MDA kg⁻¹ dengan respons angka iodium yaitu 0,95 hari dan respons jumlah total mikrob yaitu 26 hari. Prediksi umur simpan bumbu nasi kuning dengan respons organoleptik adalah 35 hari.

Sambal menjadi rusak akibat meningkatnya jumlah pertumbuhan mikroorganisme atau kenaikan Angka Lempeng Total (ALT). Menurut Wijaya *et al.* (2014) penambahan garam pada produk pangan (sambal) menjadikan air dan zat gizi seperti gula tertarik keluar secara osmosis dari sel-sel sayuran. Gula dari bahan pangan tersebut menjadi nutrisi bagi bakteri asam laktat. Mikrob kemudian melakukan aktivitas memecah protein, karbohidrat, lemak dan zat organik lainnya pada produk sehingga menjadi asam organik yang menyebabkan penurunan pH (Mirdalisa *et al.*, 2016). Khusus pada sambal tempoyak atau durian fermentasi, peningkatan jumlah asam atau penurunan pH disebabkan karena proses fermentasi yang kemungkinan masih berlanjut (Junita dan Novitasari, 2019).

Umur simpan adalah waktu yang dibutuhkan oleh produk pangan dalam kondisi penyimpanan tertentu untuk dapat mencapai tingkatan degradasi mutu tertentu. Umur simpan produk pangan dapat diduga dan ditetapkan waktu kedaluwarsanya menggunakan dua konsep studi penyimpanan produk pangan, yaitu *Extended Storage Studies* (ESS) dan ASLT (Anggraini *et al.*, 2019). Sistem penentuan umur simpan secara konvensional membutuhkan waktu yang lama karena metode ESS digunakan untuk menentukan tanggal kedaluwarsa suatu pangan dengan cara menyimpan rangkaian produk dalam kondisi normal sehari-hari dengan mengamati penurunan mutunya hingga mencapai tingkat mutu kedaluwarsa. Untuk mempercepat penentuan umur simpan, digunakan metode ASLT atau metode akselerasi dengan cara penyimpanan di luar kondisi normal sehingga produk dapat lebih cepat rusak dan umur simpan dapat ditentukan (Anggraini *et al.*, 2019).

Penggunaan metode akselerasi untuk menentukan umur simpan produk dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu: (1) pendekatan kadar air kritis dengan teori difusi menggunakan perubahan kadar air dan aktivitas air sebagai kriteria kedaluwarsa dan (2) pendekatan semi empiris dengan bantuan persamaan Arrhenius,

yaitu dengan teori kinetika yang pada umumnya menggunakan ordo nol atau satu untuk produk pangan (Mardhiyyah dan Ningsih, 2021).

Tujuan penelitian ini menentukan umur simpan sambal gami yang dikemas dengan *jar Polyethylene Terephthalate* (PET). Selain itu juga untuk memberikan informasi kepada khalayak tentang informasi nilai gizi dari sambal gami ini dengan menganalisis kandungan yang terdapat pada sambal.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Penelitian Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Bandung. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Januari tahun 2020.

Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan sambal gami adalah timbangan digital, pisau, talenan, blender, kompor, wajan, kemasan *jar* PET volume 250 ml. Alat-alat yang digunakan untuk analisis adalah timbangan digital, spatula, labu kjeldahl, erlenmeyer, gelas kimia merk, buret dan statif, pipet seukuran 10 ml, corong, tang krus, kaca arloji, kertas saring, oven, labu didih, tabung *Soxhlet*, labu takar, kompor, alat destilasi, spektrofotometer UV-Vis, tabung reaksi, inkubator dan cawan petri.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan sambal gami adalah cabai domba (umur panen 60 sampai 75 hari setelah tanam), cabai keriting (umur panen 60 sampai 75 hari setelah tanam), bawang merah varietas Bima Brebes (umur panen 60 sampai 70 hari setelah tanam) dan tomat varietas Intan (umur panen 130 sampai 140 hari setelah tanam) yang diperoleh di Pasar Kiaracondong. Bahan lain yang digunakan yaitu garam, gula pasir, terasi udang dan minyak goreng. Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis adalah garam kjeldahl, H₂SO₄ pekat, akuades, NaOH 30%, Na₂S₂O₃ 5%, HCl 0,1 N, indikator *phenolphthalein* (PP), NaOH 0,1 N, heksan, larutan Luff's, H₂SO₄ 6 N, KI bubuk, amilum, Na₂S₂O₃ 0,1 N, HCl pekat, DPPH, methanol, alkohol 95%, KOH 0,1 N, air steril dan *Plate Count Agar* (PCA).

Desain penelitian

Penelitian ini meliputi dua tahap yaitu (1) penentuan formulasi dan analisis produk

sambal gami, serta (2) penentuan umur simpan dengan metode ASLT pendekatan Arrhenius. Penentuan formulasi dan analisis untuk mengetahui komponen dari sambal gami. Sementara penentuan umur simpan dilakukan dengan pendekatan Arrhenius dilakukan pada tiga suhu yaitu 25°C, 30°C dan 40°C dengan penyimpanan selama 6 hari.

Terdapat dua tahapan penelitian yaitu, penentuan formulasi beserta analisis dan penentuan umur simpan dengan pendekatan Arrhenius. Penentuan formulasi dilakukan dengan cara *trial* dari beberapa resep yang berkembang di masyarakat. Kemudian melakukan analisis terhadap produk sambal gami yakni analisis kadar protein, kadar lemak, aktivitas antioksidan, kadar air dan kadar *Free Fatty Acid* (FFA).

Sambal gami dikemas dalam kemasan *jar* PET dan dilakukan penyimpanan pada tiga suhu berbeda yaitu 25°C, 30°C dan 40°C. Semua suhu dilakukan analisis pada waktu penyimpanan pada 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 hari. Analisis yang dilakukan adalah parameter kadar FFA dan jumlah total mikrob. Selanjutnya data yang didapat akan dianalisis menggunakan persamaan regresi linear.

Hasil analisis sambal gami akan diplotkan terhadap waktu dan didapatkan tiga persamaan regresi yang didapat dari tiga suhu penyimpanan yang berbeda. Tiap persamaan akan didapatkan nilai *slope* (b) dan nilai konstanta (k). Penentuan orde reaksi yang akan dipakai menggunakan grafik orde nol yang merupakan hubungan antara nilai k dengan lama penyimpanan dan orde satu yang merupakan hubungan antara ln k dengan lama penyimpanan. Dari dua persamaan tersebut akan didapat R² terbesar yang dipilih sebagai orde reaksi untuk pendekatan Arrhenius nilai k diplotkan dengan 1/T (K⁻¹) dan ln k merupakan intersep dan *slope* dari persamaan regresi linear. Regresi persamaan linear $\ln k = \ln k_0 - (E/R) (1/T)$ dengan $\ln k_0 =$ intersep, $Ea/R =$ slope, $Ea =$ energi aktivasi dan $R =$ konstanta gas ideal yaitu 1,986 kal mol⁻¹ K⁻¹. Setelah didapatkan nilai k₀ yang merupakan faktor pra-eksponensial dan nilai energi aktivasi reaksi perubahan karakteristik sambal gami di mana $Ea = E$, maka akan didapatkan persamaan Arrhenius yang merupakan persamaan laju reaksi perubahan karakteristik perubahan sambal gami dengan persamaan $k = k_0 \cdot e^{-E/RT}$ dengan T adalah suhu penyimpanan. Dengan persamaan

Arrhenius yang didapat, maka dapat dihitung nilai konstanta Arrhenius dengan masing-masing suhu penyimpanan. Parameter yang memiliki nilai energi aktivasi yang terendah merupakan parameter kunci. Umur simpan dihitung menggunakan persamaan reaksi berdasarkan orde reaksinya, k . Untuk penentuan umur simpan sambal gami adalah dengan memasukkan nilai suhu ke dalam persamaan $\ln k = \ln k_0 - (E/R)(1/T)$. Jika telah diketahui besarnya penurunan mutu (k) tersebut, maka dihitung umur simpan, menggunakan ordo nol seperti pada Persamaan (1) dan atau menggunakan ordo satu seperti pada Persamaan (2).

$$\text{Ordo nol: } t_s = (Q_0 - Q_t)/k \quad (1)$$

$$\text{Ordo satu: } t_s = \ln(Q_0 - Q_t)/k \quad (2)$$

Di mana: Q_0 = mutu awal; Q_t = mutu akhir (mutu produk yang tidak layak konsumsi); t_s = waktu kedaluwarsa.

Analisis pendukung adalah menentukan *headspace* di dalam *jar*. *Headspace* dicari dari selisih volume *jar* dengan volume sambal gami. Volume sambal dipengaruhi oleh berat jenis, maka volume sambal dapat dihitung dengan Persamaan (3).

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ atau } V = \frac{m}{\rho} \quad (3)$$

Di mana: ρ = berat jenis (g cm^{-3}); m = massa (g); V = volume (cm^3).

Pengujian umur simpan dilihat dari aspek yaitu, analisis FFA metode Titrimetri (AOAC, 1995) dan analisis penentuan *Total Plate Count* (TPC) (Fardiaz, 1992).

Sampel sebanyak 2 g ditambah 25 ml alkohol 95% kemudian dipanaskan sampai mendidih dan ditutup kaca arloji. Setelah didinginkan kemudian ditambahkan sebanyak 3 tetes indikator *phenolphthalein* (PP) selanjutnya dititrasi dengan KOH 0,1 N hingga tepat warna merah jambu. Kadar FFA dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$\% \text{FFA} = \frac{(V.N) \text{ KOH} \times \text{BM}}{W_s \times 1000} \times 100\% \quad (4)$$

Di mana: V = volume titrasi (ml); Q_t = BM = berat molekul; W_s = berat sampel (g).

Penentuan jumlah total mikroba dilakukan dengan perhitungan jumlah mikroorganisme menggunakan metode TPC. Sterilisasi cawan petri, tabung reaksi dan pipet volumetri menggunakan oven pada suhu 210°C . Siapkan tabung reaksi steril yang sudah berisi akuades 9 ml. Masing-masing tabung diberi label 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , sampai 10^{-6} . Ambil 1 g sampel dan masukkan ke dalam tabung pertama lalu dikocok sampai homogen (10^{-1}). Pindahkan 1 ml larutan ke tabung kedua (10^{-2}) lalu dikocok hingga homogen. Demikian pula dilakukan pada tabung selanjutnya. Ambil 1 ml larutan dari tabung pengenceran 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , sampai 10^{-6} kemudian masukkan ke dalam cawan petri steril dan isilah dengan media agar PCA sesuai dengan label yang tertera pada tabung reaksi. Masing-masing cawan petri digoyang-goyang secara perlahan agar sampel tercampur rata. Biarkan dingin dan membeku. Masukkan dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam dengan posisi terbalik. Terakhir, koloni dihitung menggunakan Persamaan (5). Satu bintik merupakan satu koloni mikroba.

$$\text{CFU g}^{-1} = \text{jumlah koloni} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}} \quad (5)$$

Di mana syarat perhitungan: Jika Σ koloni ≤ 30 , maka ambil yang paling pekat; jika Σ koloni ≥ 300 , maka ambil yang paling encer; jika $30 < \Sigma$ koloni ≤ 300 , maka gunakan Persamaan (6).

$$\text{CFU g}^{-1} = \frac{\Sigma \text{ koloni/pengenceran terbesar}}{\Sigma \text{ koloni/pengenceran terkecil}} \quad (6)$$

$$\text{CFU g}^{-1} = A \quad (7)$$

Di mana: Jika $A \leq 2$, maka ambil rata-rata dari semua pengenceran; Jika $A > 2$, maka ambil yang paling pekat dari semua pengenceran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan formulasi dan analisis sambal gami

Tabel 1 menyajikan hasil penelitian pendahuluan yaitu penentuan formulasi sambal gami, kemudian dilakukan analisis meliputi pengujian kadar protein, kadar lemak, aktivitas antioksidan, kadar air dan kadar FFA yang hasilnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Formulasi sambal gami

Bahan baku	Formulasi	
	Berat (g)	Persentase (%)
Tomat merah	75,0	38,01
Minyak goreng	46,0	23,31
Bawang merah	37,5	19,01
Cabai rawit	12,5	6,34
Cabai keriting	12,5	6,34
Gula pasir	5,0	2,53
Terasi udang	5,0	2,53
Garam	3,8	1,93
Total	197,3	100,00

Tabel 2. Hasil analisis sambal gami

Analisis kimia	Hasil analisis
Kadar protein (%)	3,29
Kadar lemak (%)	12,31
Aktivitas antioksidan (ppm)	1442,39
Kadar air (%)	37,07
Kadar FFA (%)	1,56

Berdasarkan perhitungan analisis kadar protein sambal gami, nilai yang didapatkan yaitu 3,29%. Hasil ini lebih besar bila dibandingkan dengan SNI sambal terasi (SNI 2716:2016) di mana sambal terasi memiliki kadar protein minimal 15%. Jika dilihat dari bahan baku sambal gami menggunakan terasi udang, hal ini menyebabkan memiliki protein yang jauh di bawah standard. Kadar protein sambal gami yang didapatkan memenuhi standard minimal yang ditetapkan SNI.

Berdasarkan perhitungan analisis kadar lemak sambal gami, nilai yang diperoleh sebesar 12,31%. Namun sayangnya tidak bisa dibandingkan dengan SNI yang ada, karena dalam SNI tidak ada persyaratan kadar lemak. Sambal gami ini dibuat menggunakan minyak goreng merek Barco yang memiliki kandungan lemak cukup tinggi. Kadar lemak yang dimiliki dari minyak tersebut sebesar 13% menurut Fatsecret (2022). Selain itu, adanya kadar lemak yang cukup tinggi dari sambal gami juga berasal dari penggunaan terasi udang.

Antioksidan pada bahan pangan dapat ditemukan dalam buah-buahan, sayuran, biji-bijian, maupun pada hewani. Pembuatan sambal gami pada penelitian ini menggunakan cabai rawit, cabai keriting, bawang merah dan tomat sebagai bahan bakunya. Masing-masing bahan pangan tersebut memiliki antioksidan. Antioksidan yang terkandung pada

cabai adalah vitamin C dan pada bawang merah adalah senyawa polifenol. Pada tomat, yang bertindak sebagai antioksidan adalah senyawa polifenol (sebagian besar terdiri dari flavonoid), karotenoid (sebagian besar terdiri dari pigmen likopen) dan vitamin C (Eveline *et al.*, 2014; Ramdhan dan Aminah, 2014; Budiarti dan Kurnianingrum, 2015).

Antioksidan pada bahan pangan terdapat secara alami dan umumnya ditemukan pada makanan yang segar dan belum diproses. Sebelum dikonsumsi, sebagian besar bahan pangan dilakukan pengolahan dengan panas. Jika dilakukan pemasakan, maka kandungannya akan berkurang akibat terjadinya degradasi kimia dan fisik. Kelemahandari senyawa antioksidan yaitu mudah rusak bila terpapar oleh oksigen, cahaya, suhu tinggi dan pengeringan (Aisyah *et al.*, 2015). Oleh karena itu, dilakukan analisis aktivitas antioksidan pada sambal gami karena dilakukan pemasakan dalam pembuatannya.

Berdasarkan hasil perhitungan analisis aktivitas antioksidan sambal gami, nilai *inhibitor concentration* 50% (IC_{50}) yang didapatkan yaitu 1442,39 ppm. Menurut Agnesty (2017), jika nilai IC_{50} lebih besar dari 500 ppm, artinya memiliki intensitas yang lemah. Khairunnisa *et al.* (2018) mengemukakan bahwa semakin besar nilai IC_{50} artinya semakin rendah aktivitas antioksidannya. Agnesty (2017) mengemukakan bahwa penggolongan tingkat kekuatan antioksidan suatu senyawa menurut nilai IC_{50} yaitu dikatakan sangat kuat jika nilai $IC_{50} < 50$ ppm, kuat jika IC_{50} bernilai 50 sampai 100 ppm, sedang jika IC_{50} bernilai 100 sampai 500 ppm dan lemah jika nilai $IC_{50} > 500$ ppm.

Akibat dilakukan pemasakan dari cabai, bawang merah dan tomat untuk membuat sambal gami, maka kandungan antioksidan pada bahan tersebut akan berkurang sehingga aktivitas antioksidan dari produk sambal gami rendah.

Berdasarkan hasil perhitungan analisis kadar air sambal gami, nilai yang didapatkan yaitu 37,07%. Hasil memenuhi standard SNI sambal (SNI 4865:2018), di mana sambal memiliki persyaratan kadar air maksimal 45%. Kadar air yang tinggi akan memacu pertumbuhan mikroorganisme dan merusak kualitas produk sehingga produk tersebut tidak terlalu awet. Dengan kadar air sambal gami sebesar 37,07% dan memenuhi standar (di bawah 45%),

dapat dikatakan bahwa kadar air ini tidak terlalu tinggi dan sambal gami cukup awet.

Berdasarkan hasil perhitungan analisis kadar FFA sambal gami, nilai yang didapatkan yaitu 1,56%. Nilai ini akan dibandingkan dengan produk yang sejenis. Permatasari *et al.* (2017) melakukan penelitian dan melakukan analisis kadar FFA pada pasta bawang merah. Nilai yang didapatkan yaitu 2,70%. Dari nilai tersebut, hasil yang didapatkan tidak terlalu jauh. FFA terbentuk karena proses oksidasi dan hidrolisis selama pengolahan. Dalam bahan pangan, kadar asam lemak melebihi 0,2% dari berat lemak dapat menimbulkan *flavor* yang tidak diinginkan dan terkadang bisa meracuni tubuh (Wulandari dan Fatmariyanti, 2021). Pada penelitian ini, hasil analisis dari kadar lemak yang didapat yaitu 12,31%. Dapat dihitung bahwa 0,2% dari berat lemak adalah sebesar 2,462%. Jika dibandingkan dengan kadar FFA pada sambal gami sebesar 1,56%, maka dapat dikatakan bahwa kadar FFA ini masih di bawah batas dan masih aman untuk dikonsumsi.

Penentuan umur simpan dengan pendekatan Arrhenius

Dalam penentuan pendugaan umur simpan sambal gami, sambal yang telah dikemas dalam *jar* plastik PET, disimpan pada suhu penyimpanan 25°C, 30°C dan 40°C selama 6 hari. Analisis terhadap sambal gami yakni penentuan kadar FFA dan jumlah total mikrob. Analisis dilakukan setiap hari selama 6 hari penyimpanan. Sebagai tambahan dari penelitian ini dilakukan perhitungan besarnya *headspace* pada kemasan.

Kadar FFA

Data hasil analisis kadar FFA sambal gami menunjukkan bahwa kadar FFA mengalami kenaikan selama penyimpanan baik pada suhu 25°C, 30°C dan 40°C seperti yang terlihat pada Tabel 3. Kadar FFA yang dikatakan dapat meracuni tubuh yaitu mulai penyimpanan hari ke-3 pada suhu 25°C serta mulai penyimpanan hari ke-2 pada suhu 30°C dan 40°C. Sesuai dengan pernyataan Wulandari dan Fatmariyanti (2021) bahwa asam lemak yang melebihi kadar 0,2% dari berat lemak dapat meracuni tubuh.

Menurut Ketaren (2008), kadar FFA yang tinggi menunjukkan terbentuknya asam lemak yang bebas akibat hidrolisis, oksidasi, pemanasan, atau pengolahan yang kurang baik.

Proses hidrolisis adalah penguraian lemak atau trigliserida oleh molekul air dalam bahan pangan yang menghasilkan FFA dan gliserol. Adanya panas menyebabkan penguraian asam lemak tidak jenuh, yang mengakibatkan putusnya rantai ikatan rangkap dan akan meningkatkan jumlah FFA. Semakin tinggi kadar FFA, semakin rendah kualitas produknya.

Tabel 3. Hasil analisis kadar FFA sambal gami selama penyimpanan

Lama penyimpanan (hari)	Kadar FFA (%)		
	25°C	30°C	40°C
0	1,56	1,56	1,56
1	1,71	1,93	2,19
2	2,37	2,50	2,58
3	2,62	2,62	2,70
4	2,81	2,96	3,10
5	3,18	3,26	3,45
6	3,61	3,69	3,99

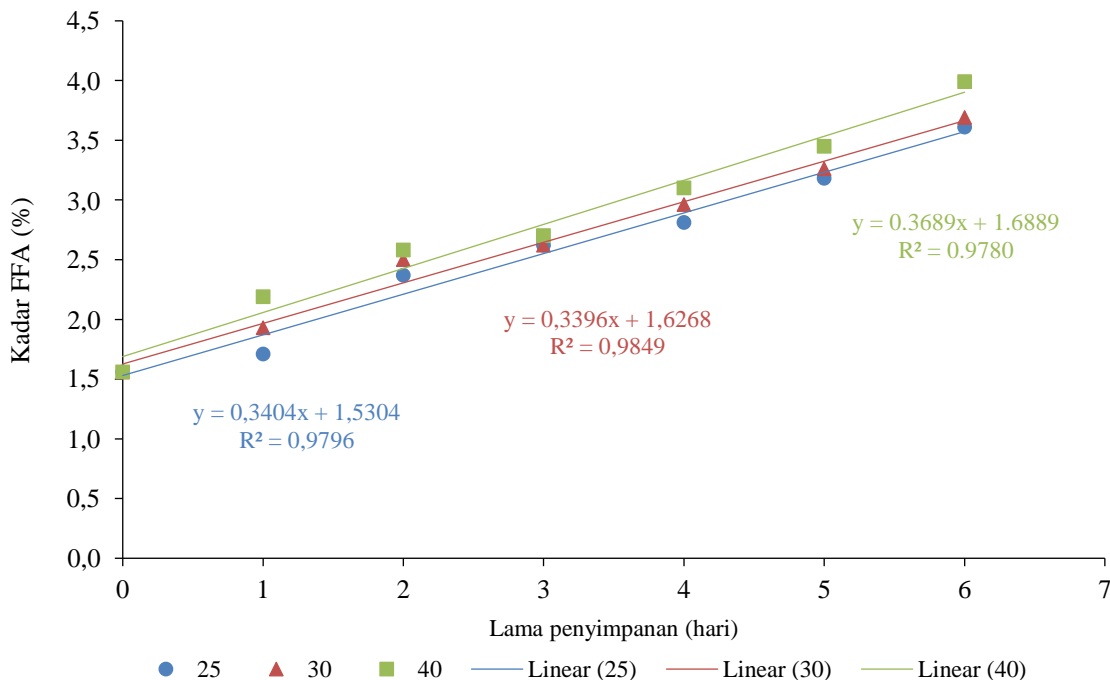
Peningkatan jumlah FFA merupakan tanda adanya proses ketengikan dalam bahan pangan. FFA dihasilkan melalui proses hidrolisis. Selain mengakibatkan bau yang tidak enak, hasil dari hidrolisis lemak dapat menurunkan nilai gizi akibat rusaknya vitamin yang larut lemak dan asam lemak esensial dalam lemak (Wulandari dan Fatmariyanti, 2021). Dari data yang didapat, dilakukan perhitungan analisis regresi linear untuk ordo nol dan ordo satu. Perhitungan ini akan menghasilkan persamaan regresi dan R^2 dari setiap suhu penyimpanan (Tabel 4).

Ordo reaksi yang akan digunakan adalah ordo reaksi dengan nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi. Semakin tinggi nilai determinasi, semakin akurat hasil analisis data yang didapat. Dari data pada Tabel 4, nilai R^2 paling tinggi yaitu ordo nol. Tipe-tipe kerusakan yang mengikuti kinetika reaksi orde nol adalah reaksi kerusakan enzimatik dan oksidasi lemak (Anggraini *et al.*, 2019). Sebagai contoh, nilai R^2 pada suhu 25°C menunjukkan bahwa 97,96% variasi kadar FFA dapat dijelaskan oleh variabel lama penyimpanan melalui hubungan linear (Gambar 1). Kemudian, didapatkan nilai k dari masing-masing persamaan regresi ordo nol. Nilai k kemudian diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 2 dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y .

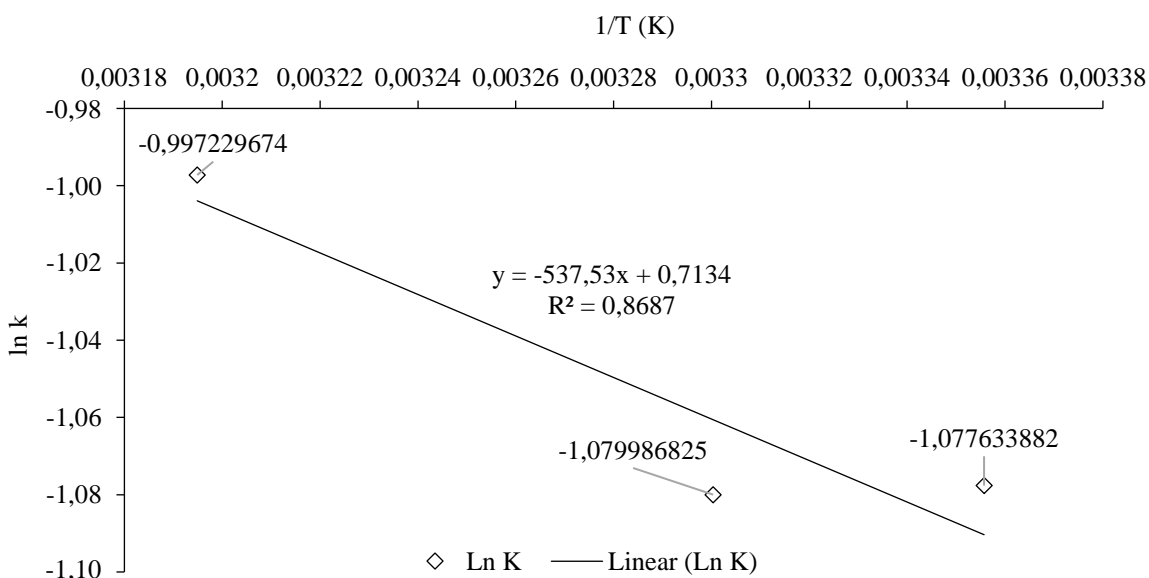
Tabel 4. Persamaan regresi linear parameter kadar FFA sambal gami

Suhu (°C)	Persamaan reaksi		R ²	
	Ordo nol	Ordo satu	Ordo nol	Ordo satu
25	$y = 0,3404x + 1,5304$	$y = 0,1403x + 0,4764$	0,9796	0,9572
30	$y = 0,3396x + 1,6268$	$y = 0,1357x + 0,5292$	0,9849	0,9563
40	$y = 0,3689x + 1,6889$	$y = 0,1396x + 0,5701$	0,9780	0,9440

Keterangan: Ordo yang digunakan adalah ordo dengan nilai R² terbesar



Gambar 1. Grafik analisis kadar FFA sambal gami ordo nol



Gambar 2. Grafik hubungan antara ln k dengan 1/T berdasarkan kadar FFA

Selanjutnya dilakukan perhitungan sehingga didapatkan konstanta penurunan mutu (k) dan umur simpan (ts) yang disajikan pada Tabel 5. Penurunan mutu mengikuti reaksi ordo nol yang

kemudian didapatkan umur simpan (ts) sambal gami dengan menggunakan Persamaan (1), rumus persamaan kinetika untuk ordo nol.

Tabel 5. Umur simpan sambal gami untuk parameter kadar FFA

Suhu °C	Konstanta penurunan K	Umur simpan (hari)
25	298	6,09
30	303	6,15
40	313	7

Jumlah total mikrob

Aspek mikrobiologi mempunyai peranan penting dalam penilaian mutu produk pangan, karena beberapa jenis produk pangan cepat mengalami penurunan mutu akibat aktivitas mikroorganisme, oleh karena itu dilakukan pendugaan umur simpan. Data hasil jumlah total mikrob sambal menunjukkan bahwa jumlah total mikrob mengalami kenaikan selama penyimpanan pada suhu 25°C, 30°C dan 40°C (Tabel 6).

Syarat mutu sambal terasi berdasarkan SNI 2716:2016 mengacu pada mutu mikrobiologi-nya. Jenis uji untuk persyaratannya yaitu ALT (maksimal 1×10^4 CFU g^{-1}), *Coliform* (maksimal 3 APM g^{-1}), *Salmonella sp.* (negatif 25 g^{-1}). Oleh karena itu, penentuan

umur simpan sambal gami mengacu pada respons mikrobiologi, yaitu ALT. Jika dilihat dari hasil pengamatan, diketahui bahwa berdasarkan jumlah total mikrob, sambal gami masih memenuhi syarat SNI sampai penyimpanan hari ke-4 pada suhu 25°C serta penyimpanan hari ke-3 pada suhu 30°C dan 40°C. Dari data yang didapat, dilakukan perhitungan analisis regresi linear untuk ordo nol dan ordo satu. Perhitungan ini akan menghasilkan persamaan regresi dan R^2 dari setiap suhu penyimpanan. Hasil perhitungan analisis regresi linear dapat dilihat pada Tabel 7.

Berdasarkan data dari Tabel 7, nilai R^2 paling tinggi yaitu ordo satu. Semakin tinggi nilai R^2 , maka semakin akurat hasil analisis data yang didapat. Menurut Anggraini et al. (2019), salah satu tipe kerusakan yang mengikuti kinetika reaksi orde satu adalah pertumbuhan mikrob. Sebagai contoh, nilai R^2 pada suhu 25°C menunjukkan bahwa 98,54% variasi jumlah total mikrob dapat dijelaskan oleh variabel lama penyimpanan melalui hubungan linear. Gambar 3 menunjukkan grafik jumlah total mikroba sambal gami ordo satu. Kemudian, didapatkan nilai k dari masing-masing persamaan regresi ordo satu. Nilai k kemudian diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4 dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y.

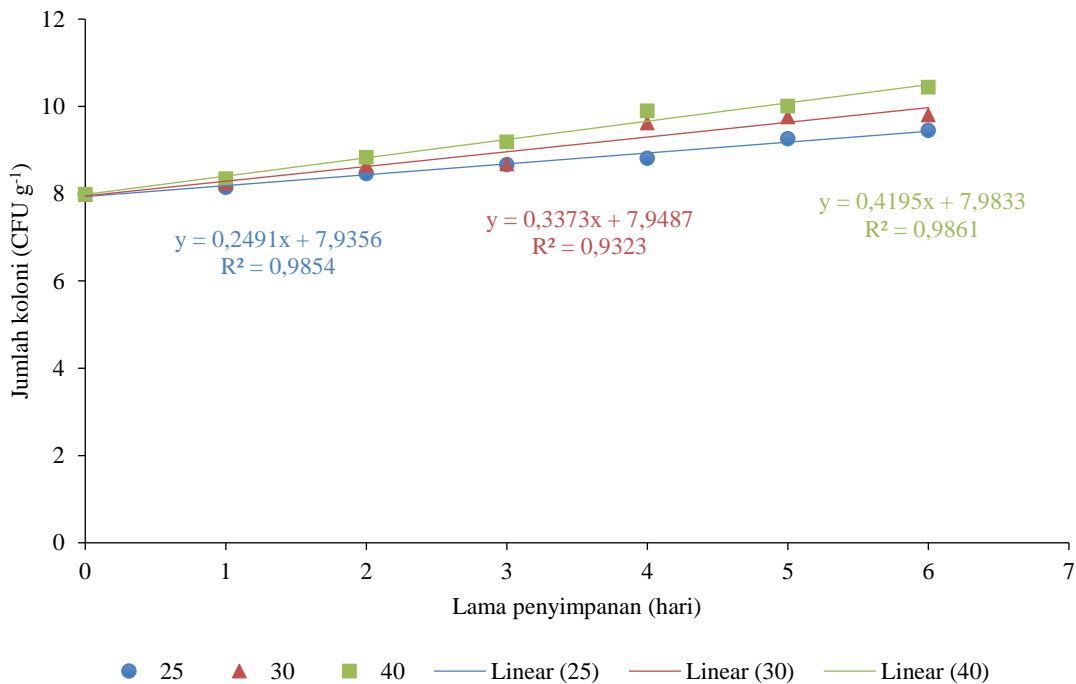
Tabel 6. Hasil pengamatan jumlah total mikrob sambal gami selama penyimpanan

Lama penyimpanan (hari)	Jumlah koloni (CFU g^{-1})					
	Ordo nol			Ordo satu (ln)		
	25°C	30°C	40°C	25°C	30°C	40°C
0	$2,94 \times 10^3$	$2,94 \times 10^3$	$2,94 \times 10^3$	7,986	7,986	7,986
1	$3,44 \times 10^3$	$3,78 \times 10^3$	$4,21 \times 10^3$	8,143	8,238	8,345
2	$4,73 \times 10^3$	$5,71 \times 10^3$	$6,86 \times 10^3$	8,462	8,650	8,833
3	$5,80 \times 10^3$	$5,87 \times 10^3$	$9,77 \times 10^3$	8,666	8,678	9,187
4	$6,73 \times 10^3$	$1,50 \times 10^4$	$1,98 \times 10^4$	8,814	9,616	9,893
5	$1,05 \times 10^4$	$1,73 \times 10^4$	$2,22 \times 10^4$	9,259	9,759	10,008
6	$1,27 \times 10^4$	$1,80 \times 10^4$	$3,42 \times 10^4$	9,449	9,798	10,440

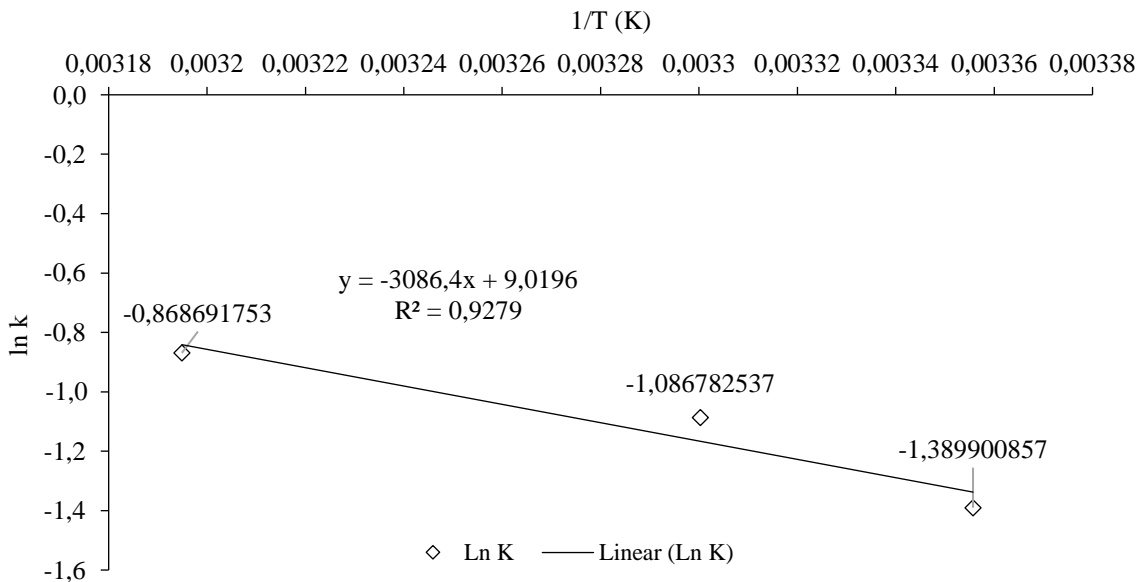
Keterangan: Ordo yang digunakan adalah ordo dengan nilai R^2 terbesar

Tabel 7. Persamaan regresi linear untuk parameter jumlah mikrob sambal gami

Suhu (°C)	Persamaan reaksi		R^2	
	Ordo nol	Ordo satu	Ordo nol	Ordo satu
25	$y = 1621,4x + 1827,1$	$y = 0,2491x + 7,9356$	0,9214	0,9854
30	$y = 2011,1x + 1066,8$	$y = 0,3373x + 7,9487$	0,8920	0,9323
40	$y = 5096,4x - 1006,4$	$y = 0,4195x + 7,9833$	0,9143	0,9861



Gambar 3. Grafik jumlah total mikroba sambal gami ordo satu



Gambar 4. Grafik hubungan antara ln k dengan 1/T berdasarkan jumlah total mikroba

Hasil pengamatan jumlah total mikroba sambal gami yang dikemas menggunakan jar PET dan disimpan selama 6 hari pada suhu berbeda didapat Q_0 dan Q_t (Tabel 6). Selanjutnya dilakukan perhitungan sehingga didapatkan konstanta penurunan mutu (k) dan umur simpan (t_s) yang disajikan pada Tabel 8. Penurunan mutu mengikuti reaksi ordo satu yang kemudian didapatkan umur simpan (t_s) sambal gami dengan menggunakan

Persamaan (2), rumus persamaan kinetika untuk ordo satu.

Tabel 8. Umur simpan sambal gami berdasarkan jumlah total mikroba

Suhu °C	K	Konstanta penurunan mutu (k)	Umur simpan (hari)
25	298	0,26251502	5
30	303	0,31144310	4
40	313	0,43123466	3

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kenaikan suhu dapat menyebabkan terjadinya kecepatan reaksi yang lebih besar di mana hal tersebut ditunjukkan oleh konstanta penurunan mutu yang semakin besar. Jika kecepatan reaksi besar maka produk akan semakin cepat mengalami kerusakan dan semakin pendek umur simpan-nya.

Headspace dalam kemasan

Penelitian pendugaan umur simpan sambal gami yang dikemas menggunakan *jar* PET, perlu memerhatikan ruang kosong pada bagian dalam atas kemasan (*headspace*). *Headspace* adalah ruang kosong antara permukaan produk dengan tutup (Adawyah, 2008). Untuk mengukur *headspace* terkait dengan volume kemasan (*jar*) dan volume sambal gami (produk). Volume *jar* yang digunakan berukuran 250 ml. Volume produk tergantung pada berat produk dan berat jenis. Berat jenis sambal dan bumbu Indonesia menurut United States Departement of Agriculture (USDA) (2019) adalah $1,15 \text{ g cm}^{-3}$ dan berat sambal gami 170 g. Dengan menggunakan Persamaan (3) maka volume sambal gami didapat 148 ml.

Makanan yang dikemas menggunakan *jar* memiliki batas volume *headspace*, di mana volumenya tidak boleh melebihi 10% dari total volume *jar* (Badan Pengawas Obat dan Makanan, 2016). Pada penelitian ini, dengan volume kemasan 250 ml dan volume sambal gami 148 ml, dapat dihitung persen *headspace*. *Headspace* yang didapat sebesar 40,8%, jauh melebihi batas *headspace* yang dianjurkan. Hal ini tidak diharapkan karena dapat memengaruhi umur simpan sambal gami. *Headspace* yang terlalu besar mengakibatkan kesulitan memperoleh kondisi vakum di dalam *jar*. Udara ini dapat memacu pertumbuhan mikroba serta meningkatkan kadar FFA akibat oksidasi. Aji (2015) mengemukakan bahwa *headspace* yang terlalu besar menyebabkan berkumpulnya udara di dalam *headspace* dan terjadinya oksidasi, perubahan warna dan rasa pada makanan.

KESIMPULAN

Hasil analisis dari formulasi sambal gami adalah kadar protein 3,29%, lemak 12,31%, aktivitas antioksidan 1442,39 ppm, kadar air 37,07% dan FFA 1,56%. Berdasarkan parameter kadar FFA, nilai energi aktivasi terkecil

pada penentuan umur simpan dengan pendekatan Arrhenius adalah pada reaksi orde nol dengan regresi linear $y = 0,3404x + 1,5304$, nilai $R^2 = 0,9796$, konstanta penurunan mutu sebesar 0,336 dan mempunyai umur simpan sebesar 6 hari, apabila disimpan pada suhu 25°C . Berdasarkan parameter jumlah total mikroba terjadi pada reaksi orde satu, dengan regresi linear $y = 0,2491x + 7,9356$, nilai $R^2 = 0,9854$, konstanta penurunan mutu sebesar 0,263 dan mempunyai umur simpan 5 hari pada suhu 25°C . *Headspace* yang didapat pada pengemasan sambal gami dalam *jar* PET sebesar 40,8%. Saran pada penelitian ini umur simpan terlalu singkat, alangkah baiknya bila dilakukan penelitian dengan penggunaan pengawet.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawyah, R. (2008). *Pengolahan dan pengawetan ikan*. Jakarta: Bumi Aksara. Tersedia dari https://scholar.google.com/scholar?cluster=10378744896825063842&hl=id&as_sdt=2005&scioldt=0,5
- Agnesty, D. (2017). *Pengaruh perbandingan andaliman dengan batang Kecombrang dan suhu pengeringan terhadap mutu bubuk sambal andaliman*. Skripsi Medan: Universitas Sumatera Utara. Tersedia dari <https://docplayer.info/65138693-Pengaruh-perbandingan-andaliman-dengan-batang-kecombrang-dan-suhu-pengeringan-terhadap-mutu-bubuk-sambal-andaliman-skripsi-oleh.html>
- Aisyah, Y., Rasdiansyah, & Muhaimin. (2015). Pengaruh pemanasan terhadap aktivitas antioksidan pada beberapa jenis sayuran. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 6(2), 28–32. Tersedia dari <http://jurnal.unsyiah.ac.id/TIPI/article/view/2063/2018>
- Aji, A. S. (2015). *Teknik pengalengan Bekicot (Achatina fulica) di CV. Keong Mas Permai, Kapas, Kabupaten Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur*. Surabaya: Universitas Airlangga. Tersedia dari <http://repository.unair.ac.id/id/eprint/57948>
- Anggraini, A., Sayuti, K., & Yenrina, R. (2019). Accelerated shelf life test (Aslt) method with arrhenius approach for shelf life estimation of sugar palm fruit jam with addition of

- asian melastome (*Melastoma malabathricum*, L.) on jar packaging and pouch. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 3(2), 268–279. <https://doi.org/10.32530/jaast.v3i2.114>
- AOAC. (1995). Official methods of analysis. In *Association of Official Analytical Chemists*.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2016). *Plastik sebagai kemasan pangan*. Tersedia dari <https://www.kemasansinergy.com/artikel/plastik-sebagai-bahan-pengemas-makanan>
- Budiarti, A., & Kurnianingrum, D. A. E. (2015). Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap kandungan vitamin C dalam cabai merah (*Capsicum annuum*, L) dan aktivitas antioksidannya. *Prosiding Seminar Nasional Peluang Herbal Sebagai Alternatif Medicine*. Semarang: Universitas Wahid Hasyim. Tersedia dari <https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/Farmasi/article/view/1356>
- Eveline, Siregar, T. M., & Sanny. (2014). Studi aktivitas antioksidan pada tomat (*Lycopersicon esculentum*) konvensional dan organik selama penyimpanan. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Ke-5 Tahun 2014*. Semarang: Universitas Wahid Hasyim. Tersedia dari https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/969
- Fardiaz, S. (1992). *Mikrobiologi pangan I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama. Tersedia dari https://scholar.google.com/scholar?q=related:KBukgseztUQJ:scholar.google.com/&scioq=mikrobiologi+pangan+1+fardiaz&hl=id&as_sdt=0,5
- Fatsecret. (2022). *Informasi gizi minyak goreng barco*. Tersedia dari <https://www.fatsecret.co.id/kalori-gizi/barco/minyak-goreng/1-porsi>.
- Junita, D., & Novitasari, M. (2019). Analisis masa simpan produk sambal tempoyak berpotensi sebagai produk oleh-oleh baru. *Jurnal Akademika Baiturrahim Jambi*, 8(1), 50–57. <https://doi.org/10.36565/jab.v8i1.102>
- Ketaren, S. (2008). *Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan. cetakan pertama*. Depok: Universitas Indonesia Press. Tersedia dari https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&scioq=mikrobiologi+pangan+1+fardiaz&q=Pengantar+teknologi+minyak++da
- n+lemak+pangan%2C+Ketaren&btnG=
- Khairunnisa, Ridwansyah, & Rusmarilin., H. (2018). Pengaruh perbandingan jumlah cabai merah dengan andaliman terhadap mutu sambal andaliman dan penentuan umur simpan. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 6(4), 724–733. Tersedia dari <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jrpp/article/view/Khairunnisa>
- Kurniati, T. (2016). *Pendugaan umur simpan terhadap produk bumbu nasi kuning dengan metode accelerated shelf-life testing (ASLT) Model Arrhenius*. Skripsi Bandung: Universitas Pasundan. Tersedia dari <http://repository.unpas.ac.id/id/eprint/5935>
- Mardhiyyah, Y. S., & Ningsih., I. (2021). Masa simpan aneka sambal dari bahan nabati menggunakan metode *accelerated shelf life testing*: Kajian literatur. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(2), 459-468. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i2.9290>
- Mirdalisa, C. A., Zakaria, Y., & Nurliana. (2016). Efek suhu dan masa simpan terhadap aktivitas antimikrob susu fermentasi dengan *Lactobacillus casei*. *Jurnal Agripet*, 16(1), 49–55. Tersedia dari <http://jurnal.unsyiah.ac.id/agripet/article/view/3639>
- Permatasari, N. A., Yuliasih, I., & Suryani, A. (2017). Proses pembuatan pasta bawang merah (*Allium cepa var. aggregatum*) dan penentuan umur simpannya dalam kemasan gelas. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 27(2), 200–208. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2017.27.2.200>
- Ramdhan, T., & Aminah, S. (2014). Pengaruh pemasakan terhadap kandungan antioksidan sayuran. *Buletin Pertanian Perkotaan*, 4(2), 7–13. Tersedia dari <http://jakarta.litbang.pertanian.go.id/ind/artikel%20btp/buletin%20anti%20oksidan%20sayuran%20vol4%20no.2%202014.pdf>
- United States Departement of Agriculture (USDA). (2019). *National nutrient database for standard reference of bumbu & sambal, Indonesian Spicy Seasoning*. Tersedia dari <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html?query=169074#/food-details/381566/nutrients>
- Wijaya, I. M. A. S., Suter, I. K., & Yusa, N. M. (2014). Karakteristik isotermis sorpsi air dan

umur simpan ledok. *Agritech*, 34(1), 29–35. Tersedia dari <https://media.neliti.com/media/publications/94122-ID-karakteristik-isotermis-sorpsi-air-dan-u.pdf>

Wulandari, N., & Fatmariyanti., R. (2021). *Memilih minyak goreng: pertimbangan karakteristk kimia dan stabilitasnya selama penggorengan*. Bogor: IPB Press.