

## Prediksi masa simpan emulsi *virgin coconut oil*-sari jeruk berdasarkan perubahan bilangan peroksida menggunakan metode *accelerated shelf-life testing*

*Prediction of shelf-life of virgin coconut oil-orange juice emulsion based on changes in peroxide numbers using the accelerated shelf-life testing method*

Zakir Sabara<sup>1\*</sup>, Lastri Wiyani<sup>1</sup>, G Gusnawati<sup>1</sup>, Andi Aladin<sup>1</sup>, Vita Febrianti Mansyu<sup>1</sup>, Chusnul Azzahrah<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo Km. 5, Makassar 90231, Indonesia

\*Email korespondensi: [lastri.wiyani@umi.ac.id](mailto:lastri.wiyani@umi.ac.id)

### Informasi artikel:

Dikirim: 10 Januari 2026; disetujui: 25 Februari 2026; diterbitkan: 31 Maret 2026

### ABSTRACT

*Virgin Coconut Oil–Orange Juice Emulsion (EVCO-SJ) is formulated by mixing Virgin Coconut Oil with Orange Juice and other additives. EVCO-SJ was developed as an alternative form of VCO consumption to reduce the oily sensation in the mouth when consuming VCO directly. Determining the product's shelf life is a crucial aspect because it is closely related to determining the expiration date of food products. This study aims to predict the shelf life of EVCO-SJ based on changes in peroxide value using the Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) method. EVCO-SJ is made by mixing VCO and orange juice (8:2) using gum arabic (0.75%) as emulsifier and homogenized using a Tokebi device at 23,000 rpm for 2 minutes. EVCO-SJ is stored at three temperature variations, namely 30 °C, 45 °C, and 55 °C, with storage time intervals of 0, 7, 14, 21, 28, and 35 days. The observed quality parameter is the peroxide value as an early indicator of lipid oxidation. Data on changes in peroxide value are analyzed using the Arrhenius model in the ASLT method to predict shelf life. The results showed that increasing storage temperature accelerated the rate of lipid oxidation in EVCO-SJ, as indicated by an increase in the peroxide value during storage. Predicted shelf life of EVCO-SJ based on the ASLT method indicated that the shelf life at 30°C, 45°C, and 55°C was 146.34 days, 83.46 days, and 59.06 days, respectively. These results provide scientific information regarding the oxidative stability of EVCO-SJ and can serve as a basis for determining shelf life and developing VCO-based emulsion products with measurable quality and shelf life.*

**Keywords:** *emulsion, virgin coconut oil, orange juice, self-life, peroxide number*

### ABSTRAK

Emulsi *Virgin Coconut Oil*–sari jeruk (EVCO-SJ) diformulasikan melalui pencampuran *Virgin Coconut Oil* dengan sari jeruk serta bahan tambahan lain. Produk EVCO-SJ dikembangkan sebagai alternatif bentuk konsumsi VCO untuk mengurangi sensasi berminyak di rongga mulut ketika mengonsumsi VCO secara langsung. Penentuan umur simpan produk menjadi aspek yang sangat penting karena berkaitan erat dengan penetapan masa kedaluwarsa pangan. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi masa simpan EVCO-SJ berdasarkan perubahan bilangan peroksida menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT). EVCO-SJ dibuat dengan mencampurkan VCO

dan sari jeruk (8:2) menggunakan emulsifier gum arab (0,75%) dan dihomogenisasi menggunakan alat Tokebi dengan kecepatan 23.000 rpm selama 2 menit. EVCO-SJ disimpan pada tiga variasi suhu, yaitu 30 °C, 45 °C, dan 55 °C, dengan waktu penyimpanan 0, 7, 14, 21, 28, dan 35 hari. Parameter mutu yang diamati adalah bilangan peroksida sebagai indikator awal terjadinya oksidasi lipid. Data perubahan bilangan peroksida dianalisis menggunakan model Arrhenius pada metode ASLT untuk memprediksi masa simpan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu penyimpanan mempercepat laju oksidasi lipid pada EVCO-SJ yang ditandai dengan peningkatan bilangan peroksida selama penyimpanan. Prediksi masa simpan EVCO-SJ berdasarkan metode ASLT menunjukkan bahwa masa simpan pada suhu penyimpanan 30 °C, 45 °C, dan 55 °C masing-masing sebesar 146,34 hari, 83,46 hari dan 59,06 hari. Hasil penelitian ini memberikan informasi ilmiah mengenai stabilitas oksidatif EVCO-SJ serta dapat menjadi dasar dalam penentuan masa simpan dan pengembangan produk emulsi berbasis VCO yang memiliki mutu dan daya simpan yang terukur.

**Kata kunci** : emulsi, virgin coconut oil, sari jeruk, masa simpan, bilangan peroksida

## PENDAHULUAN

*Virgin Coconut Oil* (VCO) merupakan minyak nabati yang diperoleh dari daging kelapa segar melalui proses pengolahan basah tanpa pemanasan tinggi dan tanpa penggunaan bahan kimia, sehingga komponen bioaktif alaminya dapat dipertahankan secara optimal (Ghani *et al.*, 2018). VCO diketahui memiliki kandungan asam lemak rantai sedang, khususnya asam laurat, yang berperan penting dalam karakteristik fungsional dan stabilitas minyak. Selain itu, VCO juga mengandung senyawa fenolik yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan melalui mekanisme penangkapan radikal bebas dan penghambatan reaksi oksidasi lipid (Zeng *et al.*, 2024). Karakteristik tersebut menjadikan VCO banyak dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional serta bahan baku berbagai produk pangan inovatif (Prasanna *et al.*, 2024).

Dalam pengembangan produk pangan modern, VCO sering diformulasikan dalam bentuk emulsi minyak dalam air (oil-in-water) untuk meningkatkan fleksibilitas aplikasi, kemudahan konsumsi, serta karakteristik sensori produk (Wiyani *et al.*, 2016; Wiyani *et al.*, 2020a). Sistem emulsi memungkinkan minyak terdispersi secara merata dalam fase air sehingga menghasilkan tekstur yang lebih homogen. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa emulsi VCO

berpotensi diaplikasikan pada produk minuman fungsional, suplemen cair, dan produk semi-padat seperti saus dan mayones (Wiyani *et al.*, 2018; Wiyani *et al.*, 2021). Meskipun memiliki keunggulan dari sisi aplikasi, sistem emulsi juga menghadirkan tantangan terkait stabilitas fisik dan kimia selama penyimpanan.

Penambahan sari jeruk dalam formulasi emulsi VCO merupakan pendekatan yang dikembangkan untuk meningkatkan karakteristik sensori sekaligus memberikan nilai fungsional tambahan (Wiyani *et al.*, 2020b ; Wiyani *et al.*, 2021). Sari jeruk mengandung asam sitrat, vitamin, dan senyawa flavonoid yang diketahui memiliki aktivitas antioksidan. Kehadiran senyawa-senyawa tersebut berpotensi mempengaruhi stabilitas oksidatif emulsi, baik melalui aktivitas antioksidan maupun perubahan kondisi lingkungan reaksi, seperti pH sistem (Wiyani *et al.*, 2020b). Interaksi antara fase minyak VCO dan komponen aktif sari jeruk dalam sistem emulsi menjadi aspek penting yang perlu dikaji secara ilmiah.

Sistem emulsi minyak dalam air secara umum memiliki tingkat kerentanan yang lebih tinggi terhadap reaksi oksidasi lipid dibandingkan minyak murni. Hal ini berkaitan dengan meningkatnya luas permukaan antarmuka minyak dan air yang mempercepat kontak antara lipid, oksigen, dan senyawa prooksidan (Saragih *et al.*, 2023). Selain itu, distribusi droplet minyak

dalam fase air memungkinkan terjadinya reaksi oksidasi secara lebih intensif, terutama pada kondisi penyimpanan tertentu seperti suhu tinggi (Wang *et al.*, 2023; Ghelichi *et al.*, 2023). Reaksi oksidasi lipid pada emulsi berdampak langsung terhadap penurunan mutu sensori dan kimia produk pangan (Hennebelle *et al.*, 2024).

Evaluasi tingkat oksidasi lipid pada minyak dan produk berbasis emulsi umumnya dilakukan melalui pengukuran bilangan peroksida. Bilangan peroksida menggambarkan jumlah senyawa peroksida dan hidroperoksida yang terbentuk sebagai produk awal oksidasi lemak. Peningkatan bilangan peroksida selama penyimpanan menunjukkan berlangsungnya reaksi oksidasi yang dapat menurunkan kualitas produk secara bertahap (Nguyen *et al.*, 2023). Parameter ini banyak digunakan sebagai indikator awal penurunan mutu minyak nabati dan emulsi minyak dalam air, termasuk produk berbasis VCO (Merrx *et al.*, 2021).

Perubahan bilangan peroksida pada produk emulsi dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya suhu penyimpanan. Peningkatan suhu dapat meningkatkan energi kinetik molekul, sehingga mempercepat laju reaksi kimia yang terlibat dalam oksidasi lipid. Beberapa penelitian melaporkan bahwa kenaikan suhu penyimpanan menyebabkan peningkatan laju pembentukan peroksida pada minyak dan sistem emulsi minyak dalam air (Suhag *et al.*, 2024). Pengkajian pengaruh suhu penyimpanan terhadap perubahan bilangan peroksida menjadi bagian penting dalam studi stabilitas dan masa simpan produk emulsi VCO sari jeruk.

Penentuan masa simpan produk pangan secara konvensional membutuhkan waktu pengujian yang relatif lama dan sumber daya yang besar. Metode Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) dikembangkan sebagai pendekatan prediktif untuk memperkirakan masa simpan produk dalam waktu yang lebih singkat melalui penyimpanan pada kondisi yang dipercepat, terutama pada suhu yang lebih tinggi dari kondisi normal. Metode ASLT telah banyak diterapkan dalam

evaluasi umur simpan minyak nabati dan produk berbasis emulsi dengan parameter mutu berupa bilangan peroksida (Calligaris *et al.*, 2022).

Penerapan metode ASLT umumnya dikombinasikan dengan model kinetika reaksi, seperti model Arrhenius, yang menggambarkan hubungan antara suhu penyimpanan dan laju reaksi penurunan mutu. Model Arrhenius memungkinkan perhitungan konstanta laju reaksi serta energi aktivasi reaksi oksidasi lipid, sehingga masa simpan produk pada kondisi penyimpanan normal dapat diperkirakan secara matematis (Ardyanti *et al.*, 2024; Hennebelle *et al.*, 2024). Pendekatan ini telah digunakan secara luas dalam studi pendugaan umur simpan minyak dan emulsi minyak dalam air karena tingkat akurasi dan efisiensinya (Nurhasanah *et al.*, 2022; Fitriani *et al.*, 2025; ). Tujuan dari penelitian ini untuk memprediksi masa simpan EVCO-sari jeruk berdasarkan perubahan bilangan peroksida menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT), sehingga diperoleh informasi mengenai laju oksidasi lipid, pengaruh suhu penyimpanan terhadap stabilitas oksidatif emulsi, serta estimasi masa simpan produk pada kondisi penyimpanan normal.

## METODE

### Bahan

VCO diperoleh dari produsen VCO lokal (CV. Avcol, Makassar). Buah jeruk diperoleh dari pasar setempat di kota Makassar. Pemanis berupa sirup fruktosa serta gum arab yang digunakan sebagai emulsifier dibeli dari pemasok bahan kimia setempat.

### Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan emulsi VCO meliputi homogenizer Tokebi, timbangan analitik, gelas piala, gelas ukur, labu ukur, batang pengaduk, hot plate, termometer, dan oven.

### Pembuatan sari jeruk

Jeruk Sebanyak 3 kg diperas untuk diambil sari jeruk dengan menggunakan alat

pemeras jeruk lalu disaring dan diambil sari jeruknya. Kemudian sari jeruk yang didapatkan siap digunakan untuk pembuatan emulsi VCO.

### Pembuatan emulsi VCO

Proses pembuatan emulsi VCO didasarkan atas penelitian (Wiyani *et al.*, 2020a) yang dimodifikasi. Sebanyak 80 ml VCO dengan 20 ml sari jeruk (yang telah berisi 3 ml fruktosa), dimasukkan ke dalam gelas piala 250 ml. Kemudian ditambahkan bahan pengemulsi gum arab sebanyak 0,75 gram dalam 100 ml campuran emulsi, kemudian campuran dihomogenisasi dengan menggunakan alat Tokebi dan waktu homogenisasi selama 2 menit. Emulsi dimasukkan dalam botol bening dan ditutup rapat. Emulsi yang dihasilkan selanjutnya disimpan dalam oven pada suhu 30°C, 45°C dan 55°C selama satu bulan. Pengukuran bilangan peroksida dan viskositas dilakukan secara berkala setiap 7 hari, yaitu pada hari ke-7, 14, 21, 28 dan 35.

### Analisa data

#### 1. Stabilitas Emulsi

Ke dalam wadah botol kaca dimasukkan 60 ml EVCO-SJ dan disimpan pada suhu 5°C selama 12 jam lalu dipindahkan pada suhu 35°C selama 12 jam. Hal ini diulangi sampai total 10 siklus (5 siklus suhu 5°C dan 5 siklus suhu 35°C). Emulsi yang dianalisa diukur volume pemisahannya dan dikonversi ke persen pemisahan.

$$\begin{aligned} \% \text{Stabilitas} &= \frac{\text{volume emulsi stabil}}{\text{volume emulsi total}} \times 100\% \\ &= \frac{\pi r^2 \times t \text{ emulsi stabil}}{\pi r^2 \times t \text{ emulsi total}} \times 100\% \end{aligned}$$

#### 2. Bilangan Peroksida (SNI 7381:2008)

Analisis bilangan peroksida dilakukan dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia SNI 01-3555-1994 tentang cara uji minyak dan lemak. Sebanyak 0,3 g sampel ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 10 mL kloroform hingga sampel terlarut. Selanjutnya, larutan ditambahkan 15 mL

asam asetat glasial dan 1 mL larutan kalium iodida jenuh, kemudian dikocok selama 5 menit pada kondisi gelap dengan suhu 15–25 °C.

Setelah reaksi berlangsung, ke dalam campuran ditambahkan 75 mL akuades dan dikocok hingga homogen. Larutan kemudian dititrasi menggunakan larutan standar natrium tiosulfat 0,02 N hingga warna larutan menjadi kuning pucat. Beberapa tetes larutan indikator kanji ditambahkan, kemudian titrasi dilanjutkan hingga warna biru tepat menghilang. Prosedur yang sama dilakukan pada larutan berikut.

$$\text{Bilangan peroksida} \left( \frac{mg}{kg} \right) = \frac{(V1-V0) \times N}{m} \times 1000$$

Keterangan:

V0 = volume titran yang digunakan untuk titrasi blanko (ml)

V1 = volume titran yang digunakan untuk titrasi contoh (ml)

m = bobot contoh (g)

### Penentuan umur simpan

Penentuan umur simpan dilakukan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT), yaitu metode pendugaan umur simpan yang memanfaatkan pengaruh suhu untuk mempercepat terjadinya kerusakan produk dengan pendekatan persamaan Arrhenius. Tahapan penentuan umur simpan menggunakan metode ASLT dengan pendekatan Arrhenius adalah sebagai berikut. Data hasil analisis produk terhadap waktu diplot dalam bentuk grafik, kemudian dihitung persamaan regresi linear. Dari proses ini diperoleh tiga persamaan regresi untuk tiga kondisi suhu penyimpanan produk yang berbeda, dengan menggunakan persamaan  $Y = a + bx$ , di mana:

Y merupakan nilai karakteristik produk,

X adalah waktu penyimpanan (hari),

a adalah nilai karakteristik produk pada awal penyimpanan, dan

b adalah laju perubahan nilai karakteristik, di

mana nilai  $b$  sama dengan nilai konstanta laju reaksi ( $k$ ).

Dari masing-masing persamaan regresi tersebut diperoleh nilai kemiringan ( $b$ ) yang menunjukkan konstanta laju perubahan karakteristik produk atau laju degradasi mutu ( $k$ ). Nilai konstanta degradasi mutu ( $k$ ) per hari diperoleh dari kemiringan kurva regresi linear pada masing-masing suhu penyimpanan. Setelah nilai  $k$  diperoleh, selanjutnya dihitung nilai  $\ln k$  untuk setiap suhu penyimpanan.

Selanjutnya dibuat plot Arrhenius dengan sumbu  $x$  menyatakan  $1/T$  ( $K^{-1}$ ) dan sumbu  $y$  menyatakan  $\ln k$  pada masing-masing suhu penyimpanan yang digunakan, yaitu  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dan  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nilai gradien dari regresi linear yang dihasilkan pada plot Arrhenius digunakan untuk menggambarkan hubungan antara konstanta laju reaksi dan suhu penyimpanan. Berdasarkan regresi linear pada kurva Arrhenius tersebut, umur simpan produk dapat diprediksi menggunakan persamaan Arrhenius sebagai berikut:

$$k = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

dengan keterangan:

$k$  = konstanta perubahan mutu,

$k_0$  = konstanta yang tidak bergantung pada suhu,

$E_a$  = energi aktivasi,

$T$  = suhu mutlak (K),

$R$  = konstanta gas ( $1,986\text{ kal/mol}\cdot\text{K}$  atau  $8,314\text{ J/mol}\cdot\text{K}$ ).

Persamaan tersebut dapat diturunkan menjadi bentuk linear sebagai berikut:

$$\ln k = \ln k_0 + (-E_a/R) 1/T$$

Nilai  $k_0$  merupakan konstanta degradasi mutu produk yang tidak bergantung pada suhu, sedangkan  $k$  merupakan konstanta penurunan mutu pada salah satu suhu penyimpanan yang digunakan ( $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dan  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Nilai

$E_a/R$  diperoleh dari gradien grafik Arrhenius. Melalui perhitungan menggunakan persamaan tersebut, nilai  $k_0$  dapat ditentukan.

Penentuan umur simpan untuk reaksi orde satu dihitung menggunakan persamaan:

$$t = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{K_0}$$

dengan keterangan:

$t$  = perkiraan umur simpan (hari),

$A_0$  = nilai mutu awal produk,

$A_t$  = nilai kritis produk setelah waktu  $t$ ,

$k_0$  = konstanta laju reaksi.

Berdasarkan persamaan tersebut, umur simpan produk dapat diperkirakan dalam satuan hari atau bulan. Apabila reaksi penurunan mutu mengikuti reaksi orde nol, maka umur simpan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$t = \frac{A_0 - A_t}{k_0}$$

dengan keterangan:

$t$  = perkiraan umur simpan (hari),

$A_0$  = nilai mutu awal produk,

$A_t$  = nilai kritis produk setelah waktu  $t$

$k_0$  = tetapan laju reaksi.

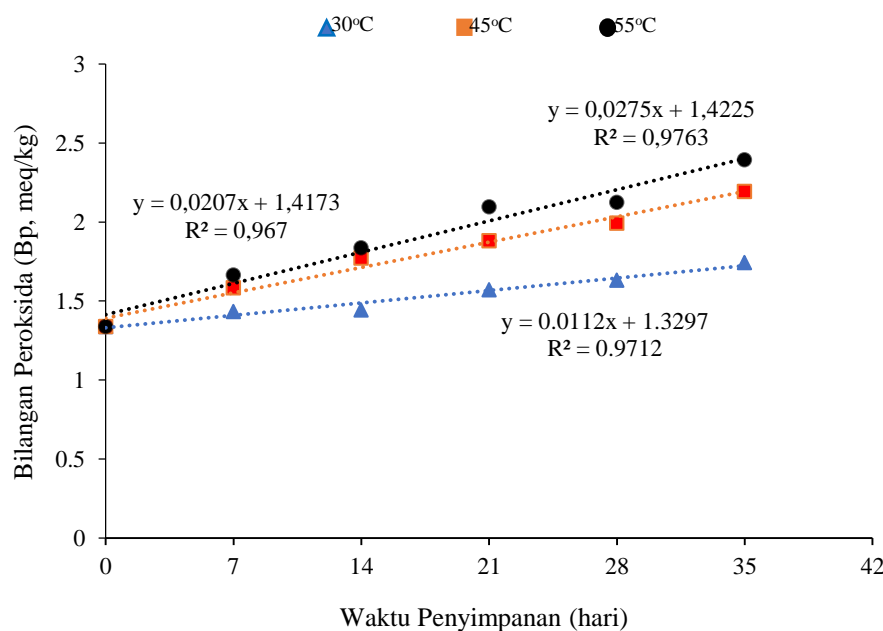
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Bilangan peroksida

Bilangan peroksida merupakan salah satu indikator mutu minyak dimana peningkatan nilai peroksida menunjukkan bahwa minyak semakin mendekati kondisi tengik. Bilangan peroksida pada minyak dapat digunakan sebagai penanda tingkat oksidasi dan kecenderungan menjadi tengik. Hasil pengamatan bilangan peroksida EVCO-SJ selama penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 1 dan grafik hubungannya disajikan pada Gambar 1.

Tabel 1. Kandungan bilangan peroksida pada berbagai suhu dan waktu penyimpanan.

Waktu Penyimpanan (Hari)	Rata-Rata		
	Suhu 30°C	Suhu 45°C	Suhu 55°C
0	1,337	1,337	1,337
7	1,4333	1,5825	1,6632
14	1,4431	1,7711	1,8351
21	1,5705	1,8815	2,0955
28	1,6315	1,9925	2,1229
35	1,7437	2,1917	2,3921



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Bilangan Peroksida dengan Lama Penyimpanan.

Berdasar pada Tabel 1 dan Gambar 1 perubahan bilangan peroksida EVCO-SJ selama penyimpanan menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya waktu pada seluruh suhu pengujian (30 °C, 45 °C, dan 55 °C). Peningkatan bilangan peroksida ini mengindikasikan terjadinya reaksi oksidasi lipid, yang ditandai dengan pembentukan senyawa peroksida sebagai produk oksidasi primer. Laju peningkatan bilangan peroksida semakin besar pada suhu penyimpanan yang lebih tinggi, sebagaimana tercermin dari nilai konstanta laju reaksi yang meningkat dari 0,0112 pada suhu 30 °C menjadi 0,0275 pada suhu 55 °C. Hasil ini sejalan dengan penelitian Fitriani *et al.* (2025) dan Nurhasanah *et al.* (2022) yang melaporkan

bahwa peningkatan suhu penyimpanan mempercepat laju oksidasi pada produk berbasis minyak, termasuk VCO, akibat meningkatnya energi kinetik molekul dan laju pembentukan radikal bebas. Pagei *et al.*, (2025) menyebutkan bahwa bilangan peroksida berkorelasi positif dengan lama waktu penyimpanan, semakin lama waktu penyimpanan maka bilangan peroksida yang dihasilkan akan semakin tinggi pula. Bilangan peroksida dapat menentukan derajat kerusakan minyak sebagai akibat terjadinya reaksi oksidasi. Hal ini akan berpengaruh terhadap cita rasa minyak, sehingga, semakin lama waktu penyimpanan maka semakin besar kemungkinan emulsi menjadi tengik (Nguyen, *et al.*, 2023). Menurut APCC batas maksimum yang masih

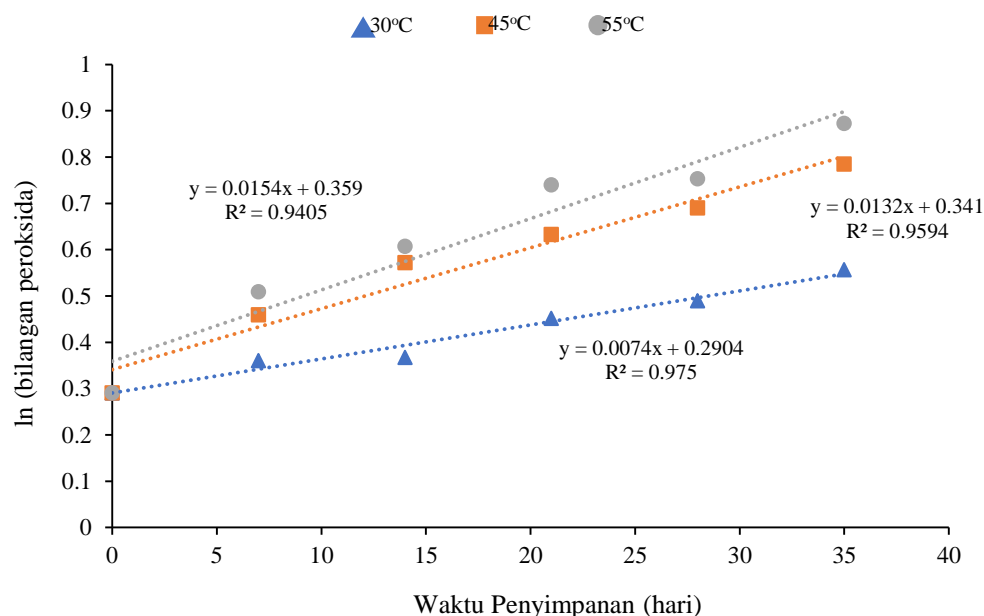
dapat diterima untuk parameter bilangan peroksida pada VCO yaitu 3 meq/kg (Malingkas *et al.*, 2023; Gajendiran *et al.*, 2025).

Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang tinggi ( $>0,96$ ) pada seluruh suhu menunjukkan bahwa perubahan bilangan peroksida memiliki hubungan linier terhadap waktu penyimpanan, sehingga dapat didekati menggunakan model kinetika reaksi ordo nol. Model kinetika ini umum digunakan pada pendugaan umur simpan produk pangan berbasis lipid ketika laju peningkatan parameter mutu berlangsung relatif konstan selama periode penyimpanan (Puspitasari *et al.*, 2020; Nuraini & Widanti, 2020). Selain faktor suhu, karakteristik sistem emulsi juga berperan terhadap percepatan oksidasi lipid, karena keberadaan fase air dapat meningkatkan difusi oksigen ke fase minyak, sebagaimana dilaporkan pada emulsi VCO dengan berbagai bahan tambahan (Wiyani *et al.*, 2016; Wiyani *et al.*, 2021). Oleh karena itu, bilangan peroksida dinilai sebagai parameter yang representatif untuk pendugaan umur simpan emulsi VCO–sari jeruk menggunakan metode *Accelerated*

*Shelf Life Testing* (ASLT) dengan pendekatan Arrhenius.

### Pendugaan umur simpan

Gambar 1 menyajikan grafik hubungan antara bilangan peroksida dan waktu penyimpanan (hari), yang menunjukkan pola kinetika reaksi ordo nol, sedangkan Gambar 2 menampilkan grafik kinetika ordo satu, yaitu hubungan antara  $\ln$  bilangan peroksida dan waktu penyimpanan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada model kinetika ordo nol lebih tinggi dibandingkan dengan model ordo satu, sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Oleh karena itu, pendugaan umur simpan EVCO–SJ dalam penelitian ini dilakukan menggunakan model kinetika reaksi ordo nol. Temuan ini sejalan dengan pernyataan Calligaris *et al.*, (2022), yang menyatakan bahwa penurunan mutu akibat oksidasi lemak yang memicu ketengikan umumnya mengikuti kinetika reaksi ordo nol. Perbandingan nilai  $R^2$  antara model kinetika ordo nol dan ordo satu ditampilkan secara rinci pada Tabel 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara  $\ln$  Bilangan Peroksida dengan Lama Penyimpanan

Berdasarkan Tabel 2 terlihat reaksi orde satu yang menunjukkan bahwa perbandingan nilai  $R$  reaksi orde nol dan nilai  $R^2$  pada reaksi ordo nol lebih besar

dibandingkan dengan nilai R2 pada reaksi ordo satu, sehingga penentuan ordo reaksi didasarkan pada ordo nol. Nilai slope (kemiringan) yang diperoleh dari persamaan regresi linier yang menghubungkan antara

bilangan peroksida dan lamanya masa simpan pada berbagai suhu dinyatakan sebagai nilai penurunan mutu (k) untuk masing-masing suhu penyimpanan. Nilai k dari berbagai suhu disajikan pada Tabel 3.

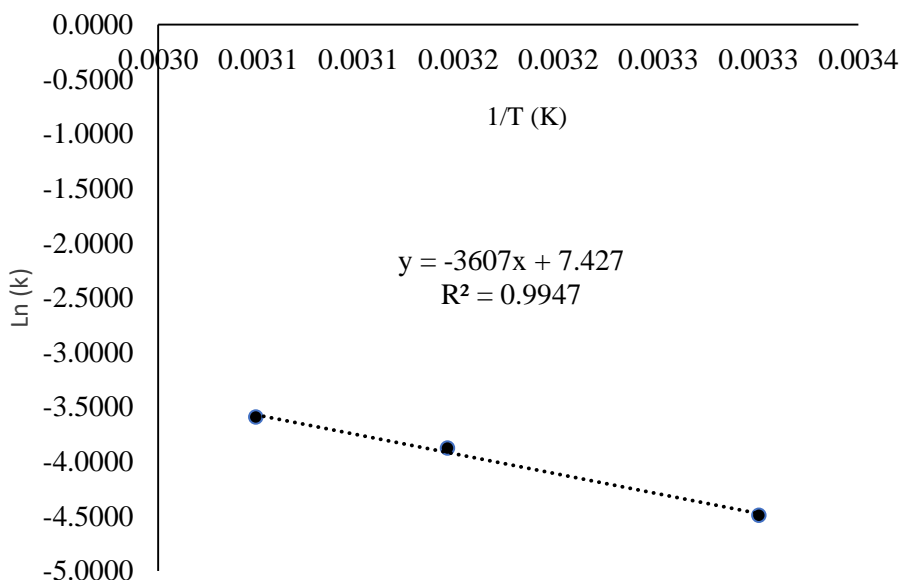
Tabel 2. Perbandingan nilai R2 pada orde nol dan orde satu

T(°C)	R2(orde 0)	R2(Orde1)
30	0,9712	0,975
45	0,9763	0,9594
55	0,967	0,9405

Berdasarkan Tabel 3. Terlihat laju perubahan kandungan bilangan kemiringan persamaan rekresi linear (k) pada peroksida seperti yang disajikan pada 3 suhu penyimpanan kemudian dibuat kurva Gambar 3. hubungan antara ln k dengan nilai 1/T pada

Tabel 3. Nilai k dan ln k pada tiga suhu penyimpanan untuk parameter bilangan peroksida

t (°C)	T (K)	1/T	k	ln k
30	303	0,0033	0,0112	-4,4918
45	318	0,0031	0,0207	-3,8776
55	328	0,0030	0,0275	-3,5936



Gambar 3. Grafik hubungan nilai k dari uji bilangan peroksida dengan suhu (1/T).

Hubungan antara konstanta laju reaksi (k) hasil uji bilangan peroksida dengan suhu penyimpanan EVCO-SJ ditunjukkan melalui plot Arrhenius pada Gambar 3, yaitu grafik

hubungan antara ln k dan kebalikan suhu absolut (1/T). Hasil analisis regresi linear menghasilkan persamaan Arrhenius  $y = -3607x + 7,427$  yang menunjukkan adanya

hubungan linier yang kuat antara  $\ln k$  dan  $1/T$ . Hubungan linier ini mengindikasikan bahwa laju reaksi kerusakan emulsi mengikuti model Arrhenius, sehingga pendekatan *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) layak digunakan untuk memprediksi umur simpan produk berdasarkan parameter bilangan peroksida.

Nilai kemiringan garis regresi ( $-3607$ ) merepresentasikan nilai  $-E_a/R$ , sehingga diperoleh energi aktivasi ( $E_a$ ) sebesar  $7163,502 \text{ kal/mol}\cdot\text{K}$ . Nilai  $E_a$  tersebut mencerminkan besarnya energi minimum yang dibutuhkan untuk memulai reaksi oksidasi lipid dalam sistem emulsi EVCO–SJ. Energi aktivasi yang relatif moderat menunjukkan bahwa reaksi oksidasi lipid pada EVCO–SJ cukup sensitif terhadap perubahan suhu, di mana peningkatan suhu penyimpanan akan secara signifikan mempercepat laju pembentukan peroksida sebagai produk oksidasi primer. Nilai energi aktivasi yang berada pada kisaran ini juga sejalan dengan berbagai penelitian pada produk pangan berbasis minyak dan sistem emulsi, yang melaporkan bahwa reaksi oksidasi lipid umumnya memiliki energi aktivasi sedang hingga rendah, sehingga sangat dipengaruhi oleh kondisi suhu penyimpanan.

Selain itu, nilai intersep kurva Arrhenius sebesar  $\ln k_0 = 7,427$  menghasilkan nilai faktor pra-eksponensial  $k_0$  sebesar  $1680,757729$ . Nilai  $k_0$

menggambarkan frekuensi tumbukan efektif molekul reaktan pada kondisi ideal dan menunjukkan bahwa mekanisme reaksi oksidasi lipid dalam emulsi EVCO–SJ relatif konsisten pada rentang suhu yang diuji. Dengan demikian, peningkatan laju kerusakan yang terjadi terutama disebabkan oleh efek suhu terhadap energi kinetik molekul, bukan perubahan mekanisme reaksi. Hasil ini memperkuat bahwa model Arrhenius dapat digunakan secara andal untuk memprediksi konstanta laju reaksi pada suhu penyimpanan aktual dan selanjutnya menghitung umur simpan EVCO–SJ secara kuantitatif.

Jika dibandingkan dengan penelitian lain seperti kripik ubi rasa balado (Sari & Juwitaningtyas, 2022) diperoleh data penurunan mutu kripik mengikuti ordo nol pula dan energi aktivasi sebesar  $2282,1126 \text{ kalori/mol}\cdot\text{K}$ , sedangkan pada terigu dan dedak gandum mempunyai energi aktivasi berturut-turut sebesar  $1781,56 \text{ kalori/mol}$  dan  $774,54 \text{ kalori/mol}$  (Adisti, et al., 2021). Hal ini menunjukkan produk yang berbeda mempunyai energi aktivasi yang berbeda terhadap penurunan mutu selama penyimpanan.

Setelah mendapatkan nilai  $k_0$  maka laju peningkatan bilangan peroksida ( $k$ ) pada masing–masing suhu dapat ditentukan dengan persamaan Arrhenius,  $e^{E/RT}$ . Nilai-nilai tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Prediksi masa simpan EVCO–SJ pada berbagai suhu penyimpanan

T (°C)	T (K)	$k_0$	$e^{E/RT}$	$k$	Shelf-life (Hari)
30	303	1680,757729	6,76133	0,11364	146,34
45	318	1680,757729	1,18549	0,01993	83,46
55	328	1680,757729	1,07527	0,02816	59,06

Prediksi masa simpan emulsi EVCO–SJ pada berbagai suhu penyimpanan ditentukan berdasarkan pendekatan kinetika reaksi menggunakan metode ASLT dengan model Arrhenius, sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Penentuan umur simpan memerlukan penetapan nilai kritis parameter mutu sebagai batas penerimaan produk.

Dalam penelitian ini, parameter bilangan peroksida digunakan sebagai indikator utama kerusakan oksidatif, dengan nilai kritis maksimum mengacu pada standar Asian and Pacific Coconut Community (APCC), yaitu sebesar  $3 \text{ meq/kg}$ . Nilai batas ini umum digunakan sebagai persyaratan mutu VCO dan produk turunannya, karena bilangan

peroksida merepresentasikan pembentukan senyawa oksidasi primer yang berhubungan langsung dengan penurunan mutu dan stabilitas minyak (Malingkas *et al.*, 2023; Gajendiran *et al.*, 2025).

Berdasarkan analisis kinetika (Tabel 2 dan 3), perubahan bilangan peroksida EVCO–SJ mengikuti model reaksi ordo nol, yang ditunjukkan oleh hubungan linier antara bilangan peroksida dan waktu penyimpanan. Model ini mengindikasikan bahwa laju peningkatan bilangan peroksida berlangsung relatif konstan selama periode pengamatan, sehingga sesuai digunakan untuk pendugaan umur simpan produk emulsi berbasis minyak. Nilai konstanta laju reaksi ( $k$ ) pada masing-masing suhu dihitung menggunakan persamaan Arrhenius dengan faktor pra-eksponensial ( $k_0$ ) sebesar 1680,757729. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai  $k$  meningkat seiring dengan kenaikan suhu penyimpanan, yang mencerminkan percepatan laju reaksi oksidasi lipid pada suhu yang lebih tinggi.

Hasil prediksi umur simpan yang disajikan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa EVCO–SJ memiliki masa simpan terpanjang pada suhu penyimpanan 30 °C, yaitu 146,34 hari atau setara dengan 4,88 bulan. Pada suhu 45 °C, masa simpan produk menurun menjadi 83,46 hari (2,78 bulan), sedangkan pada suhu 55 °C umur simpan semakin berkurang hingga 59,06 hari atau sekitar 1,97 bulan. Penurunan masa simpan ini berkorelasi langsung dengan peningkatan nilai konstanta laju reaksi ( $k$ ), yang menunjukkan bahwa kenaikan suhu mempercepat laju pembentukan peroksida sebagai produk oksidasi primer. Fenomena ini sejalan dengan prinsip kinetika reaksi dan teori Arrhenius, di mana peningkatan suhu meningkatkan energi kinetik molekul sehingga memperbesar frekuensi tumbukan efektif dan mempercepat reaksi kerusakan.

Selain faktor suhu, karakteristik sistem emulsi EVCO–SJ juga berkontribusi terhadap laju oksidasi lipid. Keberadaan fase air dalam sistem emulsi dapat meningkatkan difusi oksigen ke fase minyak, sehingga mempercepat proses oksidasi dibandingkan

dengan sistem minyak murni. Oleh karena itu, penyimpanan pada suhu yang lebih rendah menjadi faktor penting dalam mempertahankan stabilitas oksidatif dan memperpanjang masa simpan EVCO–SJ. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa pendekatan ASLT dengan model Arrhenius dan parameter bilangan peroksida merupakan metode yang efektif dan aplikatif untuk memprediksi umur simpan EVCO–SJ serta dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan kondisi penyimpanan dan pelabelan kedaluwarsa produk.

Di samping itu, prediksi masa simpan produk kripik ubi rasa balado dengan menggunakan metode ASLT diperoleh masa simpan selama 20,5 hari pada suhu ruang (Sari & Juwitaningtyas, 2022). Tepung terigu dan dedak gandum mempunyai masa simpan pada suhu 35 °C berturut-turut selama 22,2 bulan dan 15,1 bulan (Adisti, *et al.*, 2021). Sedangkan senyawa aktif pada sistem emulsi pangan mempunyai masa simpan selama 3 bulan pada suhu 35 °C (Feofilaktova *et al.*, 2024). Berdasarkan data-data dari produk yang bervariasi tersebut, maka penggunaan metode ASLT akurat untuk diterapkan. Lamanya masa simpan produk sangat tergantung pada jenis produk, suhu penyimpanan dan kemasan yang digunakan.

## KESIMPULAN

Masa simpan emulsi Virgin Coconut Oil–sari jeruk yang ditentukan berdasarkan parameter bilangan peroksida menggunakan metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) dengan pendekatan Arrhenius pada suhu penyimpanan 30 °C, 45 °C, dan 55 °C masing-masing adalah 146,34 hari (4,88 bulan), 83,46 hari (2,78 bulan), dan 59,06 hari (1,97 bulan).

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Muslim Indonesia melalui Lembaga Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya (LP2S) atas dukungan pendanaan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana

dengan baik. Penelitian ini didanai melalui skema Penelitian Unggulan Fakultas Universitas Muslim Indonesia pada Tahun Anggaran 2025.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adisti AZ, R., Wijayanti, I. & Retnaini, Y. (2021). Estimation of shelf life on pollard and bran with arrhenius model on storage at different temperatures. *Jurnal Ternak*, 12 (2), 61– 67. <http://www.jurnalpeternakan.unisla.ac.id/index.php/ternak/index>
- Ardyanti, D. K., Yuwono, S. S., & Septifani, R. (2024). Pendugaan umur simpan kukis kecambah kedelai terelitisasi dengan metode Accelerated Shelf Life Testing model Arrhenius. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 12(3), 165–174. <https://doi.org/10.21776/ub.jp.a.2024.012.03.5>
- Calligaris, S., Lucci, P., Milani, A., Rovellini, P., Lagazio, C., & Conte, L. (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*, 33, 100990. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100990>
- Feofilaktova, O., Zavorokhina, N., & Makarova, E. 2024. Application of Accelerated Shelf-Life Testing for Determination of Bioactive Emulsion Food Systems' Shelf Life. E3S Web of Conferences, 537(10017), 1-6. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453710017>
- Fitriani, N., Aladin, A., & Kalsum, U. (2025). Laju penurunan kualitas virgin coconut oil (VCO) dalam wadah botol kaca bening dengan metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT). *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(1), 1151–1160.
- Gajendiran, V., Alkathiri, D. S. M. S., Jashaool, A. A. S., Alkathiri, H. B. S., & Chellakannu, M. (2025). Optimizing virgin coconut oil production: A comparative study of extraction methods and quality parameters. *International Journal of Engineering Research and Development*, 21(6), 93–97. <https://ijerd.com/paper/vol21-issue6/21069397.pdf>
- Ghani, N. A. A., Channip, A. A., Hwa, P. C. H., Ja'afar, F., & Yasin, H. M. (2018). Physicochemical properties, antioxidant capacities, and metal contents of virgin coconut oil produced by wet and dry processes. *Food Science and Nutrition*, 6, 1298–1306. <https://doi.org/10.1002/fsn3.671>
- Ghelichi, S., Hajfathalian, M., Yesiltas, B., Sørensen, A. D. M., García-Moreno, P. J., & Jacobsen, C. (2023). Oxidation and oxidative stability in emulsions. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(3), 1864–1911.
- Hennebelle, M., Villeneuve, P., Durand, E., Lecomte, J., & van Duynhoven, J. P. M. (2024). Lipid oxidation in emulsions: New insights from the past two decades. *Progress in Lipid Research*, 95, 101275. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2024.101275>
- Malingkas, T. D., Tongkeles, N. S., Manesi, D., Fadillah, R., Lele, O. K., Martini, D. K. T., & Banamtuan, E. (2023). VCO rancidity analysis refers to fermentation time that produced by gradual heating method. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 10(4), 63–67. <https://doi.org/10.22161/ijaers.104.7>
- Merrx, D. W. H., Swager, A., van Velzen, E. J. J., van Duynhoven, J. P. M., & Hennebelle, M. (2021). Quantitative and predictive modelling of lipid oxidation in food emulsions. *Antioxidants*, 10(2), 287. <https://doi.org/10.3390/antiox10020287>
- Nguyen, K. A., Hennebelle, M., van Duynhoven, J. P. M., Dubbelboer, A., Boerkamp, V. J. P., & Wierenga, P. A. (2023). Mechanistic kinetic modelling of lipid oxidation in vegetable oils to

- estimate shelf-life. *Food Chemistry*, 433, 137266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137266>
- Nuraini, V. & Widanti, Y. A. (2020). Pendugaan umur simpan makanan tradisional berbahan dasar beras dengan metode accelerated shelf-life testing (ASLT) melalui pendekatan arrhenius dan kadar air kritis. *Jurnal Agroteknologi*, 14 (02), 189.
- Nurhasanah, S., Setyadi, A., Munarso, S. J., Subroto, E. & Filianty, F. (2022). Shelf-life prediction of peanut oil (*arachis hypogaea* L) using an accelerated shelf-life testing (ASLT) method in the polypropylene packaging. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1024 (1), 1–12.
- Pagey, S. V., Landge, B. P., & Nakhale, S. (2025). Lipid oxidation in food systems: Mechanisms, detection methods, and prevention strategies. *International Journal of Applied Research*, 11(5), 82–88.
- Prasanna, N. S., Selvakumar, M., Choudhary, N., & Raghavarao, K. S. M. S. (2024). Virgin coconut oil: Wet production methods and food applications – A review. *Sustainable Food Technology*, 5(2), 1391–1408. <https://doi.org/10.1039/D4FB00093E>
- Puspitasari, E., Sutan, S.M., & Lastriyanto, A. (2020). Pendugaan umur simpan kripik kelapa (*Cocos nucifera*) menggunakan metode accelerated shelf-life testing (ASLT) model pendekatan persamaan arrhenius. *Journal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem* 8(1), 36-45.
- Saragih, M. H., Silaban, S., & Eddiyanto. (2023). The impact of temperature and antioxidants on oxidation and the formation of trans fatty acids in several palm oil derivatives. *Al Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 10(2), 74–86. <http://dx.doi.org/10.15575/ak.v10i2.25256>
- Sari, Y., & Juwitaningtyas, T. (2022). Estimating the shelf life of balado “DR” cassava chips based on free fatty acid parameters with the Accelerated Shelf-Life Test method arrhenius model. *Jurnal Teknologi Pangan Terapan* 9(2), 47-52.
- Suhag, R., Kellil, A., Ferrentino, G., Morozova, K., Zatelli, D., & Scampicchio, M. (2024). Lipid oxidation kinetics and antioxidant efficiency in foods using isothermal calorimetry. *Trends in Food Science & Technology*, 145, 104801. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104801>
- Wang, D., Xiao, H., Lyu, X., Chen, H., & Wei, F. (2023). Lipid oxidation in food science and nutritional health: A comprehensive review. *Oil Crop Science*, 8(1), 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.02.002>
- Wiyani, L., Aladin, A. Yani, S. & Rahmawati. (2016). Stability of virgin coconut oil emulsion with mixed emulsifiers Tween 80 and Span 80. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 11(8), 5198-5202.
- Wiyani, L., Aladin, A., Rahmawati, & Mustafiah. (2020a). Characteristics of virgin coconut oil with honey and citric acid. *Advances in Engineering Research*, 194, 246–250. <https://doi.org/10.2991/aer.k.200325.048>
- Wiyani, L., Aladin, A., Rahmawati, & Mustafiah. (2021). The physical and chemical properties of VCO emulsion with citrus extract. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 712(1), 012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/712/1/012046>
- Wiyani, L., Aladin, A., Sabara, Z., Mustafiah, & Rahmawati. (2020b). Pengaruh waktu dan kecepatan homogenisasi terhadap emulsi virgin coconut oil–sari jeruk dengan emulsifier gum arab. *Journal of Chemical Process Engineering*, 5(2), 50–55. <https://jurnal.fti.umi.ac.id/index.php/JCPE/article/view/903>
- Wiyani, L., Aladin, A., Yani, S., Muthmainnah, S., & Mandang,

- H.,2018. Effect of sucrose and citric acid addition in the virgin coconut oil emulsion. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* Vol 175.: 1315.
- Zeng, Y.-Q., He, J.-T., Hu, B.-Y., Li, W., Deng, J., Lin, Q.-L., & Fang, Y. (2024). Virgin coconut oil: A comprehensive review of antioxidant activity and mechanisms contributed by phenolic compounds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(4), 1052–1075. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2113361>