

# Pendugaan Umur Simpan Kerupuk Opak Singkong Dengan Metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) Model Arrhenius

Muhammad Alghifari Ramadhan<sup>1\*</sup>, Elfiana<sup>2\*</sup>, Irwan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Kota Lhokseumawe

\*Koresponden email : [alghifarirmdn0@gmail.com](mailto:alghifarirmdn0@gmail.com)\*, [elfiana@pnl.ac.id](mailto:elfiana@pnl.ac.id)<sup>2</sup>

## ABSTRACT

Shortening is a fat product used in the food industry to improve the texture and quality of the final product. The use of vegetable fats and olein as raw materials offers a healthier and environmentally friendly alternative to animal fats. This research aims to develop a shortening emulsifier formula made from stearin and olein using lecithin, to increase product stability and quality. In this research, white butter (shortening) was made using raw materials that had gone through neutralization, bleaching, deodorization and fractionation methods, and the final result of the white butter product used a mixing method, namely by mixing olein and stearin produced from the Teaching Factory laboratory, with raw materials 50 g olein and 100 g stearin, by varying the lecithin content, namely 2.5 g, 3.0 g, 3.5 g, 4.0 g, 4.5 g and with stirring time for 3.5 minutes, 4.0 minutes, 4.5 minutes, 5.0 minutes, 5.5 minutes. The best results were obtained at a lecithin level of 3.0 grams and a stirring time of 5.0 minutes. With a melting point value of 49.5°C, water content of 0.19%, free fatty acids of 0.19%, these values meet SNI. and organoleptic with an average value of 4.3 (very bright) for color, 4.6 (very not rancid) for aroma, and 3.7 (very soft) for texture. From the results of the microbial contamination test, there were 7 colonies in the sample with a lecithin content of 3.0 g with a stirring time of 5.0 minutes, and 6 colonies in the 4.0 g sample with a stirring time of 5.5 minutes. This value still meets the SNI standard for shortening against microbial contamination, namely 10 Apm/gram.

Keywords--Shortening, Emulsifier, Olein, Stearin

## I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu wilayah yang kaya akan sumber daya alam, salah satu sektor kekayaan alam yang ada di Indonesia adalah sektor pertanian. Aceh merupakan suatu wilayah yang memiliki kekayaan alam dalam sektor pertanian seperti kelapa sawit, tanaman padi, singkong dan berbagai macam hortikultura lainnya. Provinsi Aceh juga dikenal sebagai wilayah penghasil singkong terbesar di Indonesia [1].

Singkong (*Manihot esculenta*) adalah tanaman umbi-umbian yang merupakan salah satu sumber karbohidrat yang baik untuk kesehatan tubuh. Setiap 100 g bahan terkandung berbagai nilai gizi didalamnya seperti kalori 146 kal, protein 1,20 g, karbohidrat 34,37 g [2]. Adapun produk turunan dari hasil pengolahan singkong yaitu keripik, kroket singkong, ketimus (Timpan Khas Aceh) dan opak singkong.

Opak singkong merupakan makanan tradisional hasil olahan singkong yang melalui proses pencampuran bahan baku singkong diberi garam yang telah digiling dan dilakukan penjemuran. Selain itu opak adalah makanan ringan (*snack food*) yang tergolong kedalam jenis makanan crackers yaitu makanan yang bersifat kering dan renyah dengan kandungan lemak yang tinggi [3]. Kandungan lemak yang cukup tinggi ini menyebabkan opak singkong mudah mengalami ketengikan apabila kontak langsung dengan oksigen, cahaya atau akibat perubahan suhu. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian untuk mengetahui tingkat ketahanan opak singkong selama masa penyimpanan dan pendugaan umur simpan opak singkong.

Pada penelitian pendugaan umur simpan keripik singkong dengan metode *Accelerated Self Life Testing* (ASLT) berpengaruh terhadap kualitas keripik yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa umur simpan keripik singkong berdasarkan nilai parameter FFA pada penyimpanan suhu ruang 25°C adalah 75 hari atau 2 bulan 15 hari [4]. Maka dari itu, pada penelitian ini metode ASLT dapat diterapkan pada menentukan masa simpan kerupuk opak singkong.

*Accelerated Self Life Testing* (ASLT) merupakan model *Arrhenius* yaitu dengan menyimpan produk pada kondisi lingkungan yang dapat mempercepat proses penurunan mutu produk pangan, baik dengan mengatur suhu atau kelembaban

ruang. Model *Arrhenius* umumnya digunakan untuk menduga umur simpan produk pangan yang sensitif terhadap perubahan suhu, seperti produk pangan yang mudah mengalami ketengikan [5]. Salah satunya yaitu produk pangan olahan kerupuk opak singkong.

Kadar air dalam produk pangan merupakan faktor penting dalam penentuan umur simpan. Kadar air dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia, perubahan tekstur makanan, kualitas serta kestabilan mutu dari makanan itu sendiri [6]. Selain kadar air, kerusakan produk pangan juga disebabkan oleh ketengikan akibat terjadinya oksidasi atau hidrolisis bahan pangan, tingkat kerusakan tersebut dapat diketahui melalui analisis *free fatty acid* (FFA). Umur simpan produk pangan merupakan informasi yang sangat penting dicantumkan pada label kemasan pangan. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi parameter mutu kritis dalam memprediksi umur simpan kerupuk opak singkong dengan menggunakan kemasan polypropylene [7.8.9].

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Satuan Proses Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe.

### 2.2 Alat dan bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerupuk opak singkong yang telah digoreng. Kemasan yang digunakan untuk pengujian adalah plastik *standing pouch* PP (*Polypropylene*). Bahan yang digunakan yaitu Bumbu balado, NaOH 0,1 N, alkohol 96% netral, pelarut heksan, aquades dan indikator PP (*phenolphthalein*). Peralatan yang digunakan adalah neraca analitik, autoclave, inkubator, tabung reaksi, cawan petri, buret, termometer, kertas saring dan peralatan uji organoleptik.

### 2.3 Prosedur penelitian

#### 2.3.1 Persiapan sampel

Menyiapkan kerupuk opak singkong rasa balado dan tanpa balado yang telah digoreng. Masing- masing sampel dikemas

dengan menggunakan plastik *standing pouch polypropylane* (PP) dengan bobot 100 g persampel. Melakukan analisa produk sebelum penyimpanan yaitu analisa kadar air, dan kadar Asam Lemak Bebas (ALB). Nilai yang didapat digunakan sebagai batas kritis dari parameter mutu dalam pendugaan umur simpan.

### 2.3.2 Penyimpanan produk pada beberapa kondisi

Sampel kerupuk opak singkong yang telah dikemas dalam plastik polypropylane (PP) disimpan dalam 3 tempat (*Flezer* (kulkas), lemari makanan, dan inkubator) dengan suhu yang berbeda yaitu 15°C, 35°C, dan 55°C. Analisa terhadap sampel dilakukan setiap 7, 14, 21, dan 28 hari sekali dan analisa yang dilakukan meliputi analisa Kadar air, asam lemak bebas.

## 2.4 Prosedur analisis

### 2.4.1 Analisis kadar air

Sebanyak 5 g sampel uji di timbang dalam cawan porselin. Selanjutnya dimasukkan kedalam oven dengan suhu 110°C selama 2 jam. Kemudian ditimbang bobot akhir sampel setelah pengeringan. Kadar air dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Bobot Awal Sampel} - \text{Berat Akhir Sampel}}{\text{Berat Awal Sampel}} \times 100\% \quad (1)$$

### 2.4.2 Analisis kadar asam lemak bebas

Menimbang 5 gr contoh uji yang digiling. Menambahkan 10 ml alkohol 96% netral dibiarkan selama sambil sekali-kali di kocok. Kemudian disaring. Menambahkan beberapa tetes indikator PP dan melakukan titrasi dengan menggunakan KOH 0,1 N hingga warna merah jambu (tidak berubah selama 5 detik). Asam Lemak Bebas (FFA) dinyatakan dengan rumus :

$$\text{FFA} = \frac{V \times N \times M}{W} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

- %FFA = Kadar asam lemak bebas
- V NaOH = Volume titran NaOH (ml)
- N = Normalitas NaOH hasil standarisasi (N)
- M = BM Minyak Goreng

### 2.4.3 Analisis organoleptik

Uji organoleptik pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan uji hedonik. Uji hedonik dilakukan dengan menilai penerimaan (kesukaan) yang meliputi rasa, bau, warna. Panelis yang digunakan adalah sebanyak 20 orang, dengan range umur dari 15- 40 tahun. Tingkat kesukaan/ skala hedonik yang digunakan adalah dengan 5 skala hedonik. Dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Kriteria skala hedonik (Uji kesukaan)

Skala Hedonik	Skala
Sangat tidak suka	1
Tidak suka	2
Netral	3
Agak suka	4
Sangat suka	5

### 2.4.4 Analisis dan perhitungan umur simpan

Data-data yang dihasilkan dari pengamatan kadar air, asam lemak bebas dan organoleptik digunakan untuk menentukan umur simpan kerupuk opak singkong. Metode penentuan umur simpan yang digunakan adalah metode akselerasi model

*Arrhenius*. Hasil pengamatan ini kemudia diperoleh dalam bentuk grafik sehingga didapatkan persamaan regresi liniernya. Data hasil pengamatan diperoleh pada suhu 15°C, 35°C, dan 55°C yang diperoleh diplotkan menjadi hubungan waktu penyimpanan (sumbu X) dan parameter mutu yaitu kadar air, kadar FFA dan sifat organoleptik (sumbu Y) pada setiap kondisi suhu penyimpanan sehingga diperoleh bentuk grafik yang menghasilkan persamaan regresi liniernya yaitu nilai slope (k), intercept (konstanta), dan koefisien korelasi (r).

Persamaan tersebut kemudian diterapkan kedalam persamaan Arrhenius yaitu hubungan 1/T (sumbu x) dan ln k (sumbu y) untuk menghitung nilai umur simpan. Nilai umur simpan yang diperoleh kemudian dikonversi pada keadaan suhu ruang untuk menunjukkan umur simpan produk yang sebenarnya.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode pendugaan umur simpan produk kerupuk singkong original dan balado pada penelitian ini menggunakan pendekatan ASLT yang membutuhkan rentang waktu selama 28 hari untuk pengambilan sample uji perubahan kerupuk singkong original dan balado. Pada penelitian ini kualitas kerupuk singkong original dan balado menggunakan pengukuran kadar air pada variasi waktu penyimpanan setiap temperature dari 15°C, 35°C dan 55°C. Berikut tabel data untuk pengukuran kadar air pada kerupuk singkong original dan balado dalam Tabel 2 dan Tabel 3:

Tabel 2. Pengukuran kadar air kerupuk singkong original

Hari	Temperatur (°C)		
	15	35	55
0	3.53	3.53	3.53
7	3.75	3.86	3.67
14	3.9	4.11	3.89
21	4.4	4.54	4.3
28	4.74	4.86	4.56

Tabel di atas menunjukkan perubahan kadar air pada kerupuk singkong original selama 28 hari pada tiga suhu penyimpanan berbeda (15°C, 35°C, dan 55°C). Dari data tersebut terlihat bahwa kadar air cenderung meningkat seiring dengan waktu penyimpanan. Selain itu, semakin tinggi suhu penyimpanan, kadar air juga cenderung lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa suhu penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap kadar air kerupuk singkong.

Tabel 3. Pengukuran kadar air kerupuk singkong balado

Hari	Temperatur (°C)		
	15	35	55
0	3.87	3.87	3.87
7	4.13	4.21	4.11
14	4.57	4.53	4.48
21	5.01	5.19	4.96
28	5.21	5.29	5.16

Tabel di atas menampilkan perubahan kadar air pada kerupuk singkong balado selama 28 hari pada tiga suhu penyimpanan berbeda (15°C, 35°C, dan 55°C). Hasil

pengukuran menunjukkan bahwa kadar air kerupuk balado meningkat seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan. Selain itu, kenaikan suhu penyimpanan juga menyebabkan peningkatan kadar air yang lebih tinggi, yang menunjukkan bahwa suhu penyimpanan memiliki dampak signifikan terhadap kadar air kerupuk singkong balado.

### 3.1 Pendugaan umur simpan

Umur simpan atau *shelf life* didefinisikan sebagai rentang waktu yang dimiliki suatu produk mulai dari produksi hingga konsumsi sebelum produk mengalami penurunan kualitas/rusak dan tidak layak untuk di konsumsi. Pada penelitian ini pendugaan umur simpan dilakukan menggunakan metode langsung dengan cara meletakkan produk pada waktu tertentu yang dicek secara berkala untuk melihat perubahan yang mungkin terjadi baik secara *quality* maupun *safety* dan metode tidak langsung dilakukan dengan cara menempatkan produk pada sebuah ruangan dengan temperatur yang dapat mempercepat proses perusakan bahan pangan.

Pada penelitian ini menggunakan metode tidak langsung (*asselerasi*) dalam umur simpannya yaitu menggunakan metode *Asselerasi Self-Life Testing* (ASLT). Metode ASLT adalah metode pendekatan penentuan umur simpan produk pangan dengan cara menyimpan produk pada lingkungan yang bisa mempercepat terjadinya penurunan kualitas produk. Penentuan umur simpan produk dengan metode ini dilakukan dengan mengukur kadar air. Parameter penurunan kualitas produk dapat dilihat dari nilai kadar air, tingkat kerenyahan, kelengketan atau parameter air yang menunjukkan adanya penyerapan air pada produk pangan.

Dari data hasil pengukuran kadar air pada Tabel 2 dan Tabel 3, maka diperoleh pengolahan data perhitungan seperti di bawah ini:

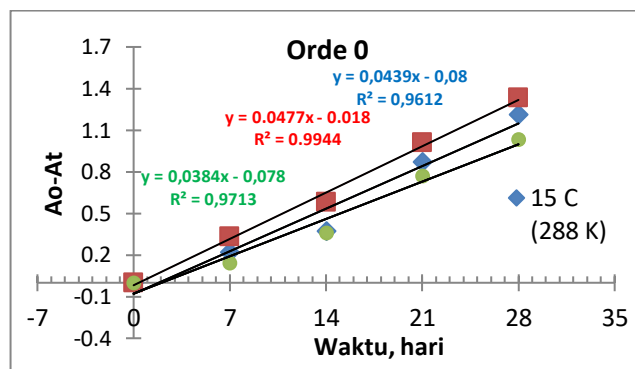
Tabel 4. Perubahan mutu kadar air kerupuk singkong original setiap waktu dan suhu pada setiap orde reaksi (orde 0 & orde 1)

Hari	Kadar Air (%)			Orde 0 At-Ao = kt		Orde 1 ln At - ln Ao = -kt			
	288	308	328	288	308	328	288	308	328
0	3.53	3.53	3.53	0	0	0	0.00	0.00	0.00
7	3.75	3.86	3.67	0.22	0.3	0.14	0.06	0.09	0.04
14	3.9	4.11	3.89	0.37	0.5	0.36	0.10	0.15	0.10
21	4.4	4.54	4.3	0.87	1.0	0.77	0.22	0.25	0.20
28	4.74	4.86	4.56	1.21	1.3	1.03	0.29	0.32	0.26

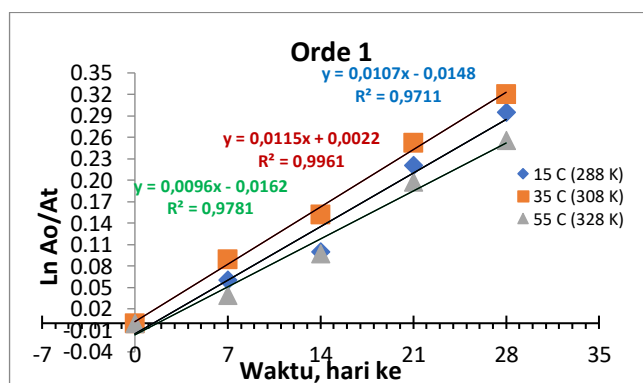
Tabel di atas menunjukkan perubahan kadar air kerupuk singkong original berdasarkan suhu penyimpanan (288K, 308K, 328K) pada berbagai waktu penyimpanan (0, 7, 14, 21, dan 28 hari). Analisis dilakukan dengan menggunakan dua model orde reaksi: Orde 0 ( $At - Ao = kt$ ) dan Orde 1 ( $\ln At - \ln Ao = -kt$ ). Pada Orde 0, perubahan kadar air ( $At - Ao$ ) meningkat seiring waktu pada setiap suhu. Semakin tinggi suhu, laju perubahan kadar air juga semakin tinggi. Pada Orde 1,  $\ln At - \ln Ao$  menunjukkan pola yang mirip, di mana nilai k (konstanta laju) lebih besar pada suhu yang lebih tinggi, mengindikasikan peningkatan laju reaksi dengan kenaikan suhu. Data ini mengonfirmasi bahwa suhu penyimpanan berperan penting dalam mempercepat perubahan kadar air kerupuk singkong original, sesuai dengan prinsip kinetika reaksi.

Gambar 1. menunjukkan perubahan kadar air kerupuk singkong original ( $Ao - At$ ) terhadap waktu penyimpanan pada suhu yang berbeda (15°C, 35°C, dan 55°C) menggunakan model reaksi Orde 0. Berdasarkan persamaan garis regresi dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) untuk masing-masing suhu, terlihat bahwa laju perubahan kadar air meningkat dengan kenaikan suhu. Pada suhu 15°C (288 K), persamaan regresinya adalah

( $y = 0.0439x - 0.08$ ) dengan  $R^2$  sebesar 0.9612, sedangkan pada suhu 35°C (308 K), persamaannya adalah ( $y = 0.0477x - 0.018$ ) dengan  $R^2$  sebesar 0.9944. Pada suhu 55°C (328 K), persamaannya adalah ( $y = 0.0384x - 0.078$ ) dengan  $R^2$  sebesar 0.9713. Nilai koefisien determinasi yang tinggi menunjukkan bahwa model regresi linear ini cukup akurat dalam memprediksi perubahan kadar air berdasarkan waktu penyimpanan. Selain itu, intercept pada setiap suhu menunjukkan kadar air awal yang relatif konsisten dengan nilai yang mendekati 0 pada saat waktu 0 hari. Secara keseluruhan, grafik ini mengonfirmasi bahwa perubahan kadar air kerupuk singkong original mengikuti model reaksi Orde 0 dengan laju yang meningkat pada suhu yang lebih tinggi.



Gambar 1. Orde 0 kerupuk singkong original



Gambar 2. Orde 1 kerupuk singkong original

Gambar 2. menunjukkan perubahan kadar air kerupuk singkong original ( $\ln Ao/At$ ) terhadap waktu penyimpanan pada suhu yang berbeda (15°C, 35°C, dan 55°C) menggunakan model reaksi Orde 1. Berdasarkan persamaan garis regresi dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) untuk masing-masing suhu, terlihat bahwa laju perubahan kadar air meningkat dengan kenaikan suhu. Pada suhu 15°C (288 K), persamaan regresinya adalah ( $y = 0.0107x - 0.0148$ ) dengan  $R^2$  sebesar 0.9711. Pada suhu 35°C (308 K), persamaan regresinya adalah ( $y = 0.0115x + 0.0022$ ) dengan  $R^2$  sebesar 0.9961. Sedangkan pada suhu 55°C

(328 K), persamaan regresinya adalah ( $y = 0.0096x - 0.0162$ ) dengan  $R^2$  sebesar 0.9781.

Nilai koefisien determinasi yang tinggi menunjukkan bahwa model regresi linear ini cukup akurat dalam memprediksi perubahan kadar air berdasarkan waktu penyimpanan. Secara keseluruhan, grafik ini mengonfirmasi bahwa perubahan kadar air kerupuk singkong original mengikuti model reaksi Orde 1 dengan laju yang meningkat pada suhu yang lebih tinggi.

Tabel 5. Persamaan regresi linier orde 0 & orde 1

Persamaan Linier		R2		Orde Terpilih
Orde 0	Orde 1	Orde 0	Orde 1	
$y = 0.0439x - 0.08$	$y = 0.0107x + 0.0148$	0.9612	0.9711	Orde 1
$y = 0.0477x + 0.018$	$y = 0.0115x + 0.0022$	0.9944	0.9961	
$y = 0.0384x + 0.078$	$y = 0.0096x + 0.016$	0.9713	0.9781	

Dari tabel di atas, terlihat bahwa nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) untuk model reaksi Orde 1 lebih tinggi dibandingkan dengan model reaksi Orde 0 pada semua suhu. Hal ini menunjukkan bahwa model reaksi Orde 1 lebih akurat dalam memprediksi perubahan kadar air kerupuk singkong original. Oleh karena itu, model reaksi Orde 1 dipilih sebagai model yang paling sesuai untuk menggambarkan perubahan kadar air pada kerupuk singkong original pada berbagai suhu penyimpanan. Berikut grafik orde terpilih.

Berdasarkan orde terpilih dapat diperoleh nilai tabel dan grafik hubungan  $1/T$  dan  $\ln k$  yang merupakan persamaan Arrhenius untuk parameter pengukuran kadar air kerupuk singkong original seperti yang ditunjukkan dibawah ini:

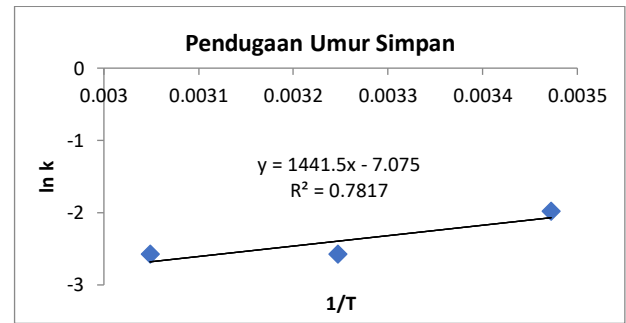
Tabel 6. Hasil pendugaan umur simpan kerupuk singkong original

T	k	0 hari	Kadar air (%)	Ln At/Ao	t = (Ln At/Ao)/k	t rata-rata	t rata-rata
288	0.011109722	0	3.53	0.000	0.000		
288	0.011109722	7	3.75	0.060	5.442		
288	0.011109722	14	3.9	0.100	8.972	12.155	hari
288	0.011109722	21	4.4	0.220	19.830		
288	0.011109722	28	4.74	0.295	26.530		
308	0.010517208	0	3.53	0.000	0.000		
308	0.010517208	7	0.33	0.089	8.497		
308	0.010517208	14	0.58	0.152	14.464	15.458	hari
308	0.010517208	21	1.01	0.252	23.925		
308	0.010517208	28	1.33	0.320	30.402		
328	0.010023065	0	3.53	0.000	0.000		
328	0.010023065	7	0.04	0.039	3.880		
328	0.010023065	14	0.10	0.097	9.689	11.760	hari
328	0.010023065	21	0.20	0.197	19.686		
328	0.010023065	28	0.26	0.256	25.544		

Tabel di atas menunjukkan data perubahan kadar air dalam bahan pada tiga suhu yang berbeda (288 K, 308 K, dan 328 K) selama periode 28 hari. Data ini juga mencakup perhitungan logaritma natural (Ln) dari rasio absorbansi ( $At/Ao$ ), yang digunakan untuk menentukan laju perubahan kadar air ( $k$ ), dan waktu ( $t$ ) yang diperlukan untuk mencapai perubahan kadar air tertentu berdasarkan nilai ( $\ln At/Ao$ ).

Gambar 4. menunjukkan hubungan antara nilai konstanta laju reaksi ( $k$ ) yang telah dilogaritma ( $\ln k$ ) dengan kebalikan dari suhu absolut ( $1/T$ ) untuk pendugaan umur simpan kerupuk

singkong original. Persamaan regresi yang dihasilkan adalah  $y = 1441.5x - 7.075$  dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.7817.



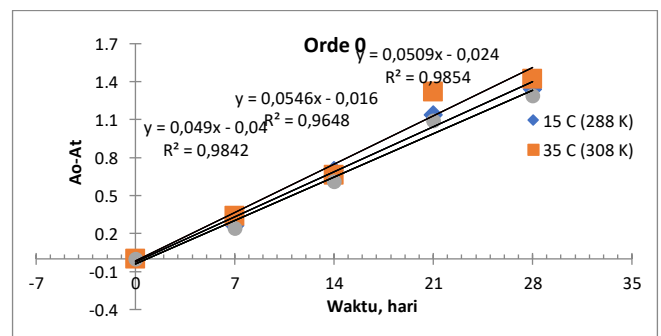
Gambar 4. Persamaan Arrhenius

Dari persamaan tersebut, dapat dilihat bahwa nilai  $\ln k$  meningkat seiring dengan peningkatan nilai  $1/T$ , yang berarti bahwa laju reaksi meningkat dengan penurunan suhu. Nilai  $R^2$  sebesar 0.7817 menunjukkan bahwa sekitar 78.17% variasi dalam data dapat dijelaskan oleh model regresi ini, yang mengindikasikan tingkat kecocokan yang cukup baik.

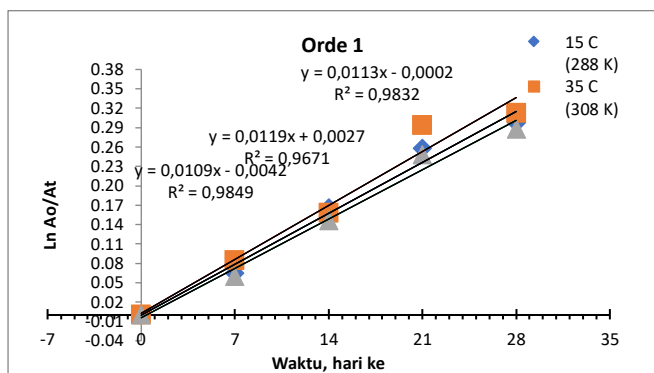
Tabel 7. Perubahan mutu kadar air kerupuk singkong balado setiap waktu dan suhu pada setiap orde reaksi (orde 0 & orde 1)

Hari	Kadar Air (%)	Orde 0 $At - A_o = kt$			Orde 1 $\ln At - \ln A_o = -kt$				
		288	308	328	288	308	328		
0	3.87	3.87	3.87	0	0	0	0.00	0.00	0.00
7	4.13	4.21	4.11	0.26	0.34	0.24	0.07	0.08	0.06
14	4.57	4.53	4.48	0.7	0.66	0.61	0.17	0.16	0.15
21	5.01	5.19	4.96	1.14	1.32	1.09	0.26	0.29	0.25
28	5.21	5.29	5.16	1.34	1.42	1.29	0.30	0.31	0.29

Tabel di atas menyajikan data perubahan mutu kadar air kerupuk singkong balado selama penyimpanan pada suhu yang berbeda (15°C, 35°C, dan 55°C) menggunakan model reaksi Orde 0 dan Orde 1. Perubahan kadar air ( $At - A_o$ ) dihitung dengan persamaan  $At - A_o = kt$  untuk Orde 0, sementara perubahan logaritma kadar air ( $\ln At - \ln A_o$ ) dihitung dengan persamaan  $\ln At - \ln A_o = -kt$  untuk Orde 1. Dari data tersebut, terlihat bahwa kadar air kerupuk singkong balado meningkat seiring dengan waktu penyimpanan pada semua suhu. Kenaikan kadar air juga lebih signifikan pada suhu yang lebih tinggi. Ini menunjukkan bahwa suhu penyimpanan memiliki pengaruh besar terhadap kadar air kerupuk, yang dapat mempengaruhi mutu dan umur simpan produk tersebut.



Gambar 5. Orde 0 kerupuk singkong balado



Gambar 6. Orde 1 kerupuk singkong balado

Tabel 7 Persamaan regresi linier orde 0 & orde 1

Persmaan Linier		R2		Orde Terpilih
Orde 0	Orde 1	Orde 0	Orde 1	
$y = 0,0509x - 0,024$	$y = 0,0113x - 0,0002$	0,9854	0,9832	Orde 1
$y = 0,0546x - 0,016$	$y = 0,0119x + 0,0027$	0,9648	0,9671	
$y = 0,049x - 0,04$	$y = 0,0109x - 0,0042$	0,9842	0,9849	

Tabel ini menampilkan hasil analisis regresi linier untuk dua model (Orde 0 dan Orde 1) yang digunakan untuk memprediksi perubahan kadar air berdasarkan waktu. Tabel ini mencakup persamaan linier yang dihasilkan, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), dan pemilihan orde model terbaik berdasarkan nilai  $R^2$ . Maka, diperoleh grafik sebagai berikut:

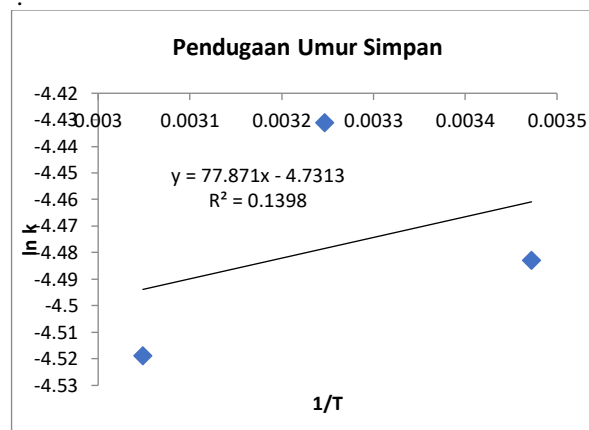
Berdasarkan orde terpilih dapat diperoleh nilai tabel dan grafik hubungan  $1/T$  dan  $\ln k$  yang merupakan persamaan Arrhenius untuk parameter pengukuran kadar air kerupuk singkong balado seperti yang ditunjukkan dibawah ini:

Tabel 8. Hasil pendugaan umur simpan kerupuk singkong balado

T	k	0 hari	Kadar air(%)	Ln At/Ao	t = (Ln At/Ao)/k	t rata-rata	t rata-rata
288	0.011507888	0	3.87	0.000	0.000		
288	0.011507888	7	4.13	0.065	5.650		
288	0.011507888	14	4.57	0.166	14.447	13.674	hari
288	0.011507888	21	5.01	0.258	22.435		
288	0.011507888	28	5.21	0.297	25.837		
308	0.011307476	0	3.87	0.000	0.000		
308	0.011307476	7	4.21	0.084	7.447		
308	0.011307476	14	4.53	0.157	13.926	14.994	hari
308	0.011307476	21	5.19	0.293	25.954		
308	0.011307476	28	5.29	0.313	27.642		
328	0.011134384	0	3.87	0.000	0.000		
328	0.011134384	7	4.11	0.060	5.404		
328	0.011134384	14	4.48	0.146	13.146	13.335	hari
328	0.011134384	21	4.96	0.248	22.287		
328	0.011134384	28	5.16	0.288	25.837		

Tabel di atas menunjukkan perubahan kadar air kerupuk singkong balado dalam bahan pada tiga suhu yang berbeda (288 K, 308 K, dan 328 K) selama periode 28 hari. Setiap baris mencatat suhu (T), laju perubahan kadar air (k), hari

pengamatan, kadar air (%), logaritma natural dari rasio absorptansi ( $\ln At/Ao$ ), dan waktu (t) yang dihitung berdasarkan nilai  $\ln At/Ao$  dibagi dengan k. Tabel juga mencantumkan waktu rata-rata dalam satuan hari dan bulan.



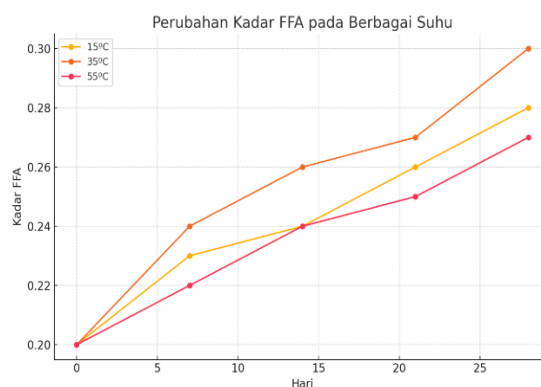
Gambar 8. Persamaan Arrhenius

### 3.2 Kadar asam lemak bebas

Tabel 9. Hasil kadar FFA kerupuk singkong original

Hari	Suhu (°C)		
	15	35	55
0	0.2	0.2	0.2
7	0.23	0.24	0.22
14	0.24	0.26	0.24
21	0.26	0.27	0.25
28	0.28	0.3	0.27

Data Tabel 9 di atas menunjukkan peningkatan nilai parameter dari hari ke-0 hingga ke-28 pada tiga suhu berbeda: 15°C, 35°C, dan 55°C. Pada suhu 15°C, nilai meningkat dari 0.2 ke 0.23, pada suhu 35°C dari 0.2 ke 0.24, dan pada suhu 55°C dari 0.2 ke 0.22. Ini menunjukkan suhu yang lebih tinggi mempercepat perubahan nilai parameter.



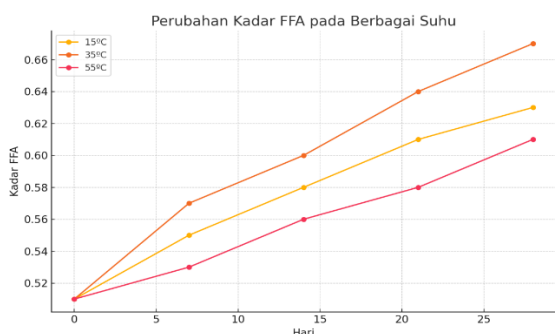
Gambar 9. Kadar FFA original

Grafik tersebut menggambarkan perubahan kadar Free Fatty Acid (FFA) pada berbagai suhu (15°C, 35°C, dan 55°C) selama periode 28 hari. Sumbu horizontal (X) menunjukkan waktu dalam hari (0, 7, 14, 21, 28), sementara sumbu vertikal (Y) menunjukkan kadar FFA. Tiga garis berwarna berbeda mewakili suhu yang berbeda: garis kuning untuk suhu 15°C, garis oranye untuk suhu 35°C, dan garis merah untuk suhu 55°C

Tabel 10. Hasil kadar FFA kerupuk singkong balado

Hari	Suhu (°C)		
	15	35	55
0	0.51	0.51	0.51
7	0.55	0.57	0.53
14	0.58	0.6	0.56
21	0.61	0.64	0.58
28	0.63	0.67	0.61

Tabel 10 di atas menunjukkan peningkatan nilai parameter dari hari ke-0 hingga ke-28 pada suhu 15°C, 35°C, dan 55°C. Pada suhu 15°C, nilai naik dari 0.51 menjadi 0.63. Pada suhu 35°C, nilai meningkat dari 0.51 menjadi 0.67. Pada suhu 55°C, nilai bertambah dari 0.51 menjadi 0.61. Ini menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi cenderung mempercepat peningkatan nilai parameter.



Gambar 10. Kadar FFA balado

Dari grafik tersebut, terlihat bahwa kadar FFA meningkat seiring berjalannya waktu pada semua suhu. Pada suhu 35°C, peningkatan kadar FFA paling tinggi dibandingkan dengan suhu lainnya. Suhu 15°C menunjukkan peningkatan yang moderat, sedangkan suhu 55°C menunjukkan peningkatan yang lebih lambat namun stabil. Pada hari ke-28, suhu 35°C memiliki kadar FFA tertinggi, diikuti oleh suhu 15°C, dan kemudian suhu 55°C. Grafik ini mengindikasikan bahwa suhu yang lebih tinggi mempercepat peningkatan kadar FFA dalam bahan yang diuji, menunjukkan bahwa baik suhu maupun waktu berpengaruh signifikan terhadap kenaikan kadar FFA.

Penelitian ini mengevaluasi umur simpan kerupuk singkong original dan balado dengan fokus pada perubahan kadar air selama penyimpanan pada suhu yang berbeda. Hasil pengukuran kadar air menunjukkan bahwa kadar air kerupuk singkong meningkat seiring waktu penyimpanan, dengan laju peningkatan yang lebih tinggi pada suhu yang lebih tinggi (35°C dan 55°C). Kadar air kerupuk singkong balado juga lebih tinggi dibandingkan dengan kerupuk singkong original pada waktu penyimpanan yang sama, kemungkinan disebabkan oleh bumbu tambahan yang mempengaruhi penyerapan air. Pengujian kadar air mengacu pada standar SNI 01-3840-1995 [10], yang menetapkan batas kadar air maksimum untuk produk pangan seperti kerupuk. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar air kerupuk singkong pada suhu penyimpanan yang berbeda berada dalam batas yang diterima oleh standar tersebut.

Analisis kinetika reaksi menggunakan model Orde 0 dan Orde 1 menunjukkan bahwa model Orde 1 memberikan prediksi yang lebih akurat tentang perubahan kadar air, dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang lebih tinggi dibandingkan model Orde 0. Ini menandakan bahwa perubahan kadar air mengikuti kinetika Orde 1. Analisis persamaan Arrhenius menunjukkan bahwa nilai konstanta laju reaksi ( $\ln k$ ) meningkat seiring penurunan suhu,

mengonfirmasi bahwa suhu penyimpanan yang lebih tinggi mempercepat penurunan kualitas kadar air. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu penyimpanan dan jenis kerupuk berpengaruh signifikan terhadap kadar air dan umur simpan produk. Kerupuk singkong yang disimpan pada suhu lebih tinggi memiliki umur simpan yang lebih pendek akibat peningkatan kadar air yang lebih cepat. Penelitian ini, dengan rujukan pada SNI 01-3840-1995, memberikan wawasan tentang pengaruh suhu terhadap kualitas kerupuk singkong dan membantu dalam menentukan kondisi penyimpanan yang optimal untuk memperpanjang umur simpan produk.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan diantaranya adalah

1. Kadar air kerupuk opak singkong meningkat seiring dengan waktu penyimpanan, dengan peningkatan yang lebih signifikan pada suhu penyimpanan yang lebih tinggi.
2. Semakin tinggi suhu penyimpanan dan lamanya waktu penyimpanan dapat mempercepat kerusakan pada parameter mutu keripik singkong baik varian original dan balado sehingga umur simpan lebih pendek. Parameter mutu utama yang sangat rentan terhadap peningkatan suhu dan lama penyimpanan yaitu kadar asam lemak bebas (ALB) dilihat dari perubahan nilai slope ( $k$ ) yang konsisten terhadap perubahan suhu dan nilai korelasi ( $R^2$ ) terbesar dibanding dengan parameter mutu yang lain yaitu 0,998 untuk original dan 0,995 untuk balado.
3. Dari hasil penelitian pendugaan umur simpan keripik singkong dengan metode ASLT model Arrhenius, pada suhu penyimpanan 15°C mencapai 15 hari untuk varian original dan 10 hari untuk varian balado berdasarkan parameter mutu kadar asam lemak bebas (ALB) dengan menggunakan kemasan polipropilen (PP).

#### V. REFERENSI

- [1] Isma L., Deli A. dan Safrida. (2022). Pengaruh Ekspor Pertanian, Luas Areal Pertanian Dan Upah Pertanian Terhadap Penyerapan Tenaga Kerja Di Provinsi Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, Volume 7, Nomor 4, 367-376. [www.jim.unsyiah.ac.id/JFP](http://www.jim.unsyiah.ac.id/JFP).
- [2] Saraswati TI., Adawiyah DR, Rungkat FZ. (2022). Pengaruh Pengolahan pada Sifat Fisik dan Kimia Singkong-Goreng Beku. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, Vol. 27 (4) 528-535. DOI: 10.18343/jipi.27.4.528
- [3] Nursiti, (2018) Pendugaan Umur Simpan Keripik Singkong Menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) Model Arrhenius. *Tesis Teknologi Industri Pertanian*. Universitas Lampung.
- [4] Rambe MS., Siregar AR., Chaniago MH., Feby A., Ramadhani N., Sitepu RB., Aulia W., Abadi R. (2025). Proses Pembuatan Opak Ubi/Singkong Sebagai Jajanan Tradisional. *Inovasi, Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, Volume 2 Nomor 2, 22-26. <https://journal.staittd.ac.id/index.php/inv/article/view/318>
- [5] Herawati. (2008). Penentuan Umur Simpan Pada Produk Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(4), 124-130. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah.
- [6] Novi Alfiani, Nur Wulandari, Dede R. Adawiyah, 2019 "Validasi Metode Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan Renyah Dengan Metode Kadar Air Kritis" *Departemen ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknik Industri Pertanian*, vol 6 No 1-8. <https://doi.org/10.29244/JMPI.2019.6.1.1>
- [7] Dewi Fortuna Ayu, Budi Lombok Situmorong. (2023). Pendugaan Umur Simpan Kerupuk Sagu Goreng Dengan Pendekatan Kurva Isoterm Sorpsi Air. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*, Vol 29 No1: 22-34.
- [8] Fitri Hasanah. (2021). Pendugaan Umur Simpan Kerupuk Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus Coomerson*) Dengan Proses Penirisan Dan Tanpa Penirisan Dengan Metode Akselerasi Kadar Air Kritis. *Departemen*

*Teknologi Industri Pangan Fakultas Teknik Industri Pertanian*, vol 38 No 132-141.

- [9] Rosalina, Silvia, 2015. "Kajian Perubahan Mutu Selama Penyimpanan Dan Pendugaan Umur Simpan Keripik Ikan Beledang Dalam Kemasan Polypropilene Rigid". *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian*.
- [10] SNI 1996, Standar Nasional Indonesia 01-4305-1996, keripik Singkong. Badan Standarisasi Nasional.