

## PENDUGAAN UMUR SIMPAN HALUA KENARI MENGGUNAKAN METODE ACCELERATED SHELF LIFE TESTING (ASLT) MODEL ARRHENIUS PADA UKM KEPULAUAN SITARO

[*Estimation of Shelf Life “Halua Kenari” using Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) Method Arrhenius Model at Small And Medium Enterprises at Sitaro Archipelago*]

Novke J. Pongajow<sup>1</sup>), Gregoria S. S. Djarkasi<sup>2</sup>), Lucia C. Mandey<sup>2</sup>)

<sup>1</sup>Badan Pelaksana Penyuluhan Pertanian, Perikanan dan Kehutanan,  
Kabupaten Kepulauan Sitaro

<sup>2</sup>Program Studi Ilmu Pangan, Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi, Manado

### ABSTRAK

Halua kenari merupakan salah satu produk unggulan Sulawesi Utara khususnya daerah Siau dan Minahasa. Proses oksidasi minyak dan lemak menyebabkan *flavor* dan rasa yang tidak disukai serta menurunnya karakteristik fungsional dan nutrisi. Selain komposisi kimia, kerusakan halua kenari dipercepat karena pengemasan dan penanganan yang tidak tepat selama transportasi, distribusi, dan penyimpanan oleh penjual dan pembeli.

Tujuan penelitian ini untuk menduga umur simpan produksi halua kenari pada usaha kecil dan menengah (UKM) di Kepulauan Sitaro dengan menggunakan metode *accelerated shelf life testing* model Arrhenius.

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap yaitu penentuan karakteristik kualitas halua kenari dengan uji organoleptik dan analisis kimia serta umur simpan halua kenari dengan menggunakan ASLT. Produk disimpan pada suhu ekstrim untuk mempercepat kerusakan. Data diekstrapolasi dengan model matematika Arrhenius.

Karakteristik pembuatan, suhu, dan penyimpanan sangat berpengaruh terhadap penurunan kualitas dan umur simpan halua kenari. Umur simpan produk halua kenari dengan kandungan minyak dan lemak rendah yang disimpan pada suhu 30 adalah 106 hari, sedangkan umur simpan produk halua kenari dengan kandungan minyak dan lemak tinggi yang disimpan pada suhu yang sama adalah A2 memiliki umur simpan 18 hari, A3 memiliki umur simpan 23 hari, dan A4 memiliki umur simpan 17 hari.

**Kata Kunci:** halua kenari, umur simpan, model Arrhenius, kandungan air, dan FFA

### ABSTRACT

*The halua kenari is one of the signature product from North Sulawesi especially Minahasa and Siau. Fat and oil oxidation processes lead to taste and flavor dislike and degradation of nutrition and functional characteristics. Beside chemical composition, halua kenari degradation accelerated by improper handling and packing during transportation, distribution, and storage by consumer and seller.*

*The aims of this research is to predict shelf life of halua kenari production of Small And Medium Enterprises at District of Sitaro Archipelago with accelerated shelf life testing model (Arrhenius) and to get shelf life model of halua kenari production at small and medium enterprises at Sitaro Archipelago.*

*This research was done in two stages which is determination of quality characteristic of halua kenari by chemical analysis and organoleptic test and shelf life of halua kenari by Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) Model. Product was stored at extreme temperature to fasten deterioration. Data extrapolated to mathematical model Arrhenius.*

*The processing characteristic, temperature, and storage are very significant to quality degradation and shelf life of halua kenari. The shelf life of halua kenari product with low fat*

and oil (A1) that stored at 30 ° C is 106 days, as halua kenari with high fat and oil stored in the same temperature and days, found : A2 with 18 days shelf life, A3 with 23 days shelf life, and A4 with 17 days shelf life.

**Keywords:** the halua kenari, the shelf life, Arrhenius model, water content, and FFA

## PENDAHULUAN

Halua kenari (HK) merupakan salah satu produk khas Sulawesi Utara khususnya Minahasa dan Siau. Halua kenari rasanya gurih, manis membuat penganan ini disukai juga kaya manfaat, aman dan dapat dikonsumsi oleh semua orang karena mengandung zat gizi yang tinggi antara lain protein 13, 08%, Karbohidrat 16,59 %, namun yang tertinggi adalah lemak, yakni, 65-70 % Djarkasi (2007). Lemak biji kenari terdiri dari lemak jenuh dan tidak jenuh. Asam lemak tidak jenuh peka mengalami oksidasi. Proses oksidasi minyak dan lemak menyebabkan *flavor* dan rasa yang tidak disukai serta penurunan sifat fungsional dan zat gizi (Djarkasi dkk, 2008). Tanda kerusakan lemak yang utama adalah timbulnya bau dan rasa tengik. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor yang dapat mempercepat reaksi salah satunya adalah suhu ekstrim. Sebagai makanan yang bersifat mudah rusak maka informasi daya simpan merupakan hal yang penting. Sebagaimana telah diatur dalam undang-undang pangan No. 7/1996 serta Peraturan Pemerintah No. 69 /1999 tentang Label dan Iklan Pangan, dimana setiap industri pangan wajib mencantumkan tanggal kadaluwarsa (Expired date) pada setiap kemasan produk pangan.

Pendugaan umur simpan produk HK dapat dilakukan dengan mengevaluasi perubahan mutunya selama penyimpanan. Metode konvensional yang dilakukan dengan menyimpan produk hingga rusak memerlukan waktu cukup lama. Oleh karena itu, dikembangkan metode pendugaan umur simpan produk pangan, metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT). Metode ASLT dapat memperpendek waktu penentuan umur

simpan, yaitu dengan cara mempercepat terjadinya reaksi penurunan mutu produk pada suatu kondisi penyimpanan ekstrim. Salah satu metode ASLT adalah model Arrhenius yang umum digunakan untuk menduga umur simpan produk pangan yang kerusakannya banyak dipengaruhi oleh perubahan suhu, yaitu dengan memicu terjadinya reaksi-reaksi kimia yang berkontribusi pada kerusakan produk (Kusnandar, 2008).

HK berbahan baku biji kenari yang tinggi lemak, kemungkinan kerusakan akibat perubahan suhu ekstrim (oksidasi asam lemak) menjadi tengik. Adanya proses oksidasi lemak akibat tingginya kandungan lemak pada halua kenari dapat dipicu oleh kenaikan suhu dan paparan sinar matahari selama penyimpanan atau suhu udara pada saat distribusi dan transportasi. Oleh karena itu, pendugaan umur simpan produk HK berpotensi mengalami oksidasi asam lemak dengan metode akselerasi pendekatan model Arrhenius. Pada prinsipnya, pendugaan umur simpan model Arrhenius dilakukan dengan menyimpan produk pangan pada suhu ekstrim. dimana kerusakan produk pangan lebih cepat terjadi. Kemudian, umur simpan ditentukan berdasarkan ekstrapolasi ke suhu penyimpanan (Kusnandar, 2010).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan umur simpan produk halua kenari dan untuk mendapatkan model umur simpan produk halua kenari.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah halua kenari (Kenari dari spesies *Canarium indicum*) diperoleh dari 4 (empat) IKM di Kab. Kepl. Sitaro. Bahan kimia yang digunakan alkohol netral panas, indikator phenophtalein (PP), NaOH dan Aquades

Alat yang akan digunakan untuk mengkondisikan penyimpanan adalah timbangan analitis, oven, petridish, desikator, alat destilasi, mortal dan pastel, gelas arloji, dan erlenmeyer.

### Metode

Analisa penentuan karakteristik awal mutu halua kenari dilakukan terhadap parameter yang dianggap paling mempengaruhi laju penurunan mutu halua kenari (kadar air, dan FFA) dan uji organoleptik terhadap aroma, rasa dan tekstur. Produk disimpan pada suhu ekstrim untuk mempercepat deteriorasi. Data hasil analisis selanjutnya diekstrapolasi kedalam perhitungan matematis model Arrhenius. Jenis penelitian yang digunakan adalah *Eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL)* yang disusun secara faktorial dengan variabel independen yaitu produsen halua kenari, dan variable dependen suhu penyimpanan dari 3 taraf perlakuan, yaitu : B0 = mutu awal B1 = 30 °C, B2 = 35 °C dan B3 = 40 °C. Masing-masing taraf perlakuan dilakukan replikasi sebanyak 2 kali, sehingga jumlah unit percobaan adalah 24 unit percobaan. Waktu pengamatan dilakukan pada penyimpanan hari ke -3, hari ke -6 dan hari ke -9.

### Penentuan kadar air

Timbang sampel 2 gr dalam wadah yang telah diketahui beratnya. Kemudian dimasukan kedalam oven selama 3-5 jam dengan suhu 100-105 0 C. Setelah itu didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Dipanaskan lagi selama 60

menit. Didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Perlakuan ini diulang sampai bobotnya tidak lebih dari 0,05% atau konstan. % kadar air perhitungan menggunakan persamaan berikut :

$$\%KA = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\%$$

### Penentuan kadar asam lemak bebas (FFA)

Timbang sampel halua kenari 18 gr yang telah dihaluskan, masukkan ke dalam Erlenmeyer, Tambahkan 50 ml alkohol netral panas. Biarkan selama 30 menit, saring tambahkan 2 ml indikator phenophtalein (PP). Titrasi dengan larutan 0,1 N NaOH yang telah distandarlisasi sampai warna merah jambu tercapai dan tidak hilang selama 30 detik. Persen asam lemak bebas dinyatakan sebagai oleat pada kebanyakan minyak dan lemak. Untuk minyak kelapa dinyatakan sebagai laurat. Asam lemak bebas dinyatakan sebagai % FFA atau sebagai angka asam.

### Perhitungan umur simpan

Untuk mendapatkan umur simpan dilakukan analisis sesuai suhu penyimpanan. Data dari analisis setiap parameter diplotkan terhadap waktu (hari) dan didapatkan persamaan regresi linearnya sehingga diperoleh tiga persamaan untuk tiga kondisi suhu penyimpanan produk sebagai berikut :

$$y = b x + a \quad [1]$$

Dimana :

y = nilai karakteristik produk,

x = waktu penyimpanan (hari),

b = laju perubahan karakteristik (slope=laju penurunan mutu=k),

a = nilai karakteristik awal produk.

Penetapan orde reaksi untuk suatu parameter ditetapkan dengan cara membandingkan koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) tiap persamaan regresi linear pada suhu yang sama). Orde reaksi dengan nilai R<sup>2</sup> yang lebih besar merupakan orde reaksi yang digunakan.

Nilai  $\ln k$  dan  $1/T(K-1)$  yang merupakan parameter Arrhenius ditabulasikan, selanjutnya nilai  $\ln k$  diplotkan terhadap  $1/T(K-1)$  dan didapatkan nilai intersep dan slope dari persamaan regresi linier sebagai berikut:

$$\ln k = \ln k_0 (E_a/R) (1/T) \quad [1]$$

dimana :  $\ln k_0$  = intersep,  $E_a/R$  = slope,  $E_a$  = energi aktivasi,  $R$  = konstanta gas ideal (1,986 kal/mol).

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai konstanta  $k_0$  yang merupakan faktor eksponensial dan nilai energi aktivasi ( $E_a$ ) reaksi perubahan karakteristik produk kemudian ditentukan model persamaan laju reaksi ( $k$ ) perubahan karakteristik produk siap pakai dengan :

$$K=k_0.e^{-E/RT} \quad [3]$$

Penentuan parameter kunci dengan melihat parameter yang mempunyai energi aktivasi terendah. Umur simpan halua kenari akan dihitung dengan persamaan kinetika reaksi berdasarkan orde reaksi yang lebih besar.

$$T=(A_0-A_t)/k \text{ (persamaan Orde Nol)} \quad [4]$$

$$T=(\ln A_0 - \ln A_t)/At \text{ (Pers. Orde Satu)} \quad [5]$$

dengan :  $t$  = umur simpan produk (hari),  $A_0$  = nilai atribut mutu di awal (hari ke-0),  $A_t$  = nilai atribut mutu di akhir (hari ke- $t$ ),  $K$  = konstanta penurunan mutu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penentuan karakteristik mutu kritis

Menurut Kusnandar (2010) penentuan mutu kritis produk dilakukan dengan mengidentifikasi ingredien yang ada dalam produk. Mana ingredien kritis yang berpotensi untuk mengalami interaksi dengan komponen lain atau Berubah / rusak selama penyimpanan.

Halua kenari mengandung lemak yang tinggi dan mudah mengalami peningkatan kadar air yang dapat meningkatkan laju deteriorasi selama penyimpanan. Tumbale (2006),

menyatakan bahwa produk halua kenari mempunyai tekanan uap air lebih rendah dari pada tekanan uap air di udara sekitarnya sehingga halua kenari mengalami adsorpsi. Peningkat kadar air pada bahan pangan yang mengandung lemak akan cenderung mudah rusak melalui proses hidrolisis. Menurut Winarno (1989) dengan adanya air, lemak dapat terhidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak. Demikian juga dengan lemak yang mudah teroksidasi pada suhu tinggi.

Tabel 1. Karakteristik awal halua kenari

Faktor A	Kadar Air % Bb	Asam Lemak Bebas (% FFA)
A1	0,72	0,06
A2	0,74	0,07
A3	0,83	0,12
A4	0,84	0,13

Berdasarkan tabel 1 diketahui A1 kandungan KA 0.72 % dan FFA 0.06 %; A2 KA 0,74 dan FFA 0,07 % ; A3 KA 0.83 % dan FFA 0.12 %, sedangkan A4 KA 0.84% dan FFA 0,13. Persentasi kadar air A1 dan A2 memiliki jumlah kadar air yang hampir sama, demikian juga yang terdapat pada taraf A3 dan A4 hal ini disebabkan oleh cara pengolahan yang sama antara A1 dan A2, demikian juga dengan A3 dan A4 memiliki kesamaan pada cara pengolahan.

Tabel 4. Karakteristik Akhir Halua Kenari

Produsen	Kadar Air (%)		Kadar FFA (%)	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
A1	0.7	7.4	0.18	0.35
A2	0.7	7.2	0.07	0.37
A3	0.8	6.4	0.12	0.52
A4	0.8	7.1	0.13	0.39

Dari tabel 4 di atas diketahui terjadi penurunan mutu halua kenari selama penyimpanan pada suhu kritis. Pada persentasi nilai kadar air akhir halua kenari

produsen A1 dan A2 meningkat dari 0.7 % menjadi 7.4 % dan 7.2 %, sedangkan nilai persentasi kadar air pada halua kenari produsen A3 meningkat dari 0.8 menjadi 6.4, dan halua kenari produsen A4 meningkat dari 0.8 menjadi 7.1. Dari data tersebut di ketahui bahwa terjadi peningkatan kadar air di dalam bahan selama penyimpanan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan Tumbale (2006), yang menyatakan bahwa produk halua kenari mempunyai tekanan uap air lebih rendah dari pada tekanan uap air di udara sekitarnya sehingga halua kenari menyerap uap air dari udara sekitar atau mengalami adsorpsi. Proses ini terjadi sampai kondisi bahan dan udara sekitar bahan relative setimbang.

Nilai rata-rata % FFA untuk setiap Produsen halua kenari mengalami peningkatan selama penyimpanan. Pada suhu kritis 40 °C penyimpanan selama 9 hari dari hasil analisa di peroleh untuk halua kenari produsen A1, A2, dan A4 secara berturut – turut adalah 0.35 %, 0.37 % dan 0.39 %. Dari nilai % FFA tersebut diketahui telah melebihi batas persentasi FFA berdasarkan SNI 01-3741-2002 yang berisi syarat kandungan asam lemak bebas maksimal adalah 0,30%. Sedangkan % FFA halua kenari tertinggi didapat pada halua kenari produsen A3 yakni 0.52,

Salah satu indikator deteriorasi halua kenari adalah adanya perubahan rasa dari rasa gurih dan manis menjadi tengik. Rasa tengik terjadi karena adanya kenaikan kadar asam lemak bebas yang disebabkan oleh factor intrinsik, eksterinsik dan lamanyapenyimpanan. Selama penyimpanan, minyak dan lemak mengalami perubahan fisiko - kimia yang dapat disebabkan oleh proses hidrolisis maupun oksidasi. Penyimpanan yang salah dalam jangka waktu tertentu dapat menyebabkan pecahnya ikatan trigliserida pada minyak.

**Kinetika reaksi dasar untuk menduga umursimpan**

Kinetika rekasi dasar melalui analisis kimia meliputi Persentasi Kadar Air dan FFA Kadar Air halua kenari. Kedua parameter tersebut dipilih karena keduanya sangat mempengaruhi mutu halua kenari selama penyimpanan.

**Kadar air A1**

Setelah plot regresi linier di dapat, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) tiap persamaan regresi linier untuk mendapatkan plot ordo satu pada suhu yang sama. Setelah nilai koefisien masing-masing ordo didapat, selanjutnya dilakukan penetapan kinetika ordo reaksi. Ordo reaksi dengan nilai  $R^2$  lebih besar adalah ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur simpan. Pemilihan ordo reaksi perubahan nilai presentasi kadar air halua kenari produsen A1 dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Persamaan regresi linier nilai presentasi kadar air A1

Suhu	Persamaan Regresi		$R^2$	
	Ordo Nol	Ordo Satu	Ordo Nol	Ordo Satu
30	$y = -0.056x + 0.78$	$y = -0.136x - 0.139$	0.862	0.797
35	$y = 0.296x + 0.79$	$y = 0.171x - 0.173$	0.978	0.910
40	$y = 0.75x + 0.6$	$y = 0.257x - 0.089$	0.998	0.922

Berdasarkan tabel 5 diatas dapat diketahui bahwa koefisien determinasi ordo nol lebih besar dari koefisien determinasi ordo satu. Dengan demikian ordo nol merupakan ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur simpan halua kenari produsen A1. Plot Ordo Nol dapat dilihat pada gambar 6. Selanjutnya penentuan persamaan Arrhenius dilakukan dengan membuat plot

nilai  $\ln k$  dan  $1/T$  pada reaksi perubahan nilai kadar air.

**Nilai persentasi FFA halua kenari produsen A1**

Pemilihan kinetika ordo reaksi terhadap peningkatan kada FFA dilakukan dengan membandingkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) tiap persamaan regresi linier pada suhu yang sama dari reaksi ordo nol dan ordo satu. Ordo reaksi yang memiliki  $R^2$  yang lebih besar merupakan ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur simpan. Pemilihan ordo perubahan atau peningkatan kadar FFA dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Persamaan Regresi Linier untuk perubahan % FFA

Suhu	Persamaan Regresi		$R^2$	
	Ordo Nol	Ordo Satu	Ordo Nol	Ordo Satu
30	$y = 0.013x + 0.061$	$y = 0.123x - 2.737$	0.991	0.961
35	$y = 0.032x + 0.076$	$y = 0.189x - 2.551$	0.980	0.873
40	$y = 0.186x - 2.649$	$y = 0.186x - 2.649$	1	0.945

Dari tabel 6 di atas dapat diketahui bahwa koefisien determinasi ordo nol lebih besar dari pada koefisien determinasi ordo satu, maka laju peningkatan kadar FFA halua kenari produsen A1 mengikuti reaksi ordo nol. Plot reaksi ordo nol dapat di lihat pada gambar 8. Selanjutnya penentuan persamaan Arrhenius dilakukan dengan membuat plot nilai  $\ln k$  dan  $1/T$  pada reaksi peningkatan kadar FFA halua kenari produsen A1.

**Penentuan umur simpan halua kenari produsen A1**

Pada tabel 7 disajikan persamaan Regresi Linier Plot  $1/T$  dan  $\ln k$  yang merupakan persamaan Arrhenius untuk

parameter Kadar Air dan FFA Halua Kenari Produsen A1.

Tabel 7. Regresi Linier Plot  $1/T$  dan  $\ln k$  untuk parameter Kadar Air dan FFA Halua Kenari Produsen A1

Parameter	Persamaan	$R^2$
Kadar Air	$Y = - 24644x + 22.14$	0.976
FFA	$y = -7979x + 22.14$	0.701

Dari persamaan Arrhenius di atas selanjutnya ditentukan nilai energi aktivasi ( $E_a$ ) yang diperoleh dari kemiringan slop ke dua parameter dan dipilih satu yang paling berpengaruh pada penurunan mutu halua kenari produsen A1 selama penyimpanan yaitu parameter dengan Energi aktivasi ( $E_a$ ) terkecil. Hal ini sesuai dengan Teori Arrhenius dalam Tahir (2000) bahwa untuk menghasilkan produk dalam suatu reaksi kimia maka molekul harus memiliki sejumlah energi untuk dapat bereaksi atau dengan kata lain Supaya dapat menghasilkan molekul produk, maka ikatan dalam reaktan harus ada yang terpecah. Pemecahan ikatan kimia akan memerlukan energi yang disebut dengan energi aktivasi ( $E_a$ ). Energi aktivasi dapat didefinisikan sebagai energi minimum yang diperlukan untuk menginisiasi reaksi kimia. Dengan demikian semakin rendah energi aktivasi yang didapat, maka suatu reaksi akan berlangsung lebih cepat, sehingga dapat lebih cepat pula mempengaruhi deteriorasi halua kenari.

Tabel 8. Perhitungan energi aktivasi

Parameter	Energi Aktivasi
% Kadar Air	48942.984 kal/mol
% FFA	15846.294 kal/mol

Dari hasil perhitungan energi aktivasi pada tabel 8 di atas diketahui bahwa parameter yang memiliki  $E_a$  terkecil adalah parameter % kadar air maka,

presentasi kadar air digunakan untuk menghitung umur simpan Halua kenari produsen A1. Setelah nilai  $E_a$  diketahui, maka umur simpan halua kenari produsen A1 dapat dihitung dengan menggunakan kinetika reaksi ordo nol, yaitu

$$T = (A_0 - A_t) / K$$

Perhitungan umur simpan ini dilakukan pada masing-masing suhu penyimpanan yaitu 30 °C, 35 °C dan 40 °C dan diekstrapolasi terhadap suhu ruang (27 °C). Hasil perhitungan halua kenari produsen A1 dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Umur simpan halua kenari pada tiga suhu penyimpanan

Suhu	Umur Simpan
30 °C	106 hari
35 °C	29 hari
40 °C	9 hari

**Kadar air A2**

Plot data hasil analisa kadar air halua kenari produsen A2 selama penyimpanan pada tiga suhu dapat dilihat pada gambar 9 dibawah ini.

Setelah plot regresi linier di dapat, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) tiap persamaan regresi linier untuk mendapatkan plot ordo satu pada suhu yang sama terhadap suhu peenyimpanan halua kenari produsen A2. Setelah nilai koefisien Determinasi masing-masing ordo didapat, dilanjutkan dengan penetapan kinetika ordo reaksi. Ordo reaksi dengan nilai  $R^2$  lebih besar adalah ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur simpan. Pemilihan ordo reaksi perubahan nilai presentasi kadar air halua kenari produsen A2 dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Persamaan regresi linier nilai presentasi kadar air A2

Suhu	Persamaan Regresi		$R^2$	
	Ordo Nol	Ordo Satu	Ordo Nol	Ordo Satu
30	$y = -0.023x + 0.73$	$y = -0.038x - 0.304$	0.890	0.881
35	$y = 0.496x + 0.64$	$y = 0.216x - 0.148$	0.986	0.935
40	$y = 0.723x + 0.82$	$y = 0.251x - 0.025$	0.997	0.883

Berdasarkan tabel 10 dapat diketahui bahwa koefisien determinasi ordo nol lebih besar dari koefisien determinasi ordo satu. Dengan demikian ordo nol merupakan ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur simpan halua kenari produsen A2. Selanjutnya penentuan persamaan Arrhenius dilakukan dengan membuat plot nilai  $\ln k$  dan  $1/T$  pada reaksi perubahan nilai kadar air.

**Nilai FFA halua kenari produsen A1**

Pemilihan kinetika ordo reaksi terhadap peningkatan kadar FFA halua kenari produsen A2 dilakukan dengan membandingkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) tiap persamaan regresi linier pada suhu yang sama dari reaksi ordo nol dan ordo satu. Ordo reaksi yang memiliki  $R^2$  yang lebih besar merupakan ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur simpan. Pemilihan ordo perubahan atau peningkatan kadar FFA dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Persamaan regresi linier untuk perubahan % FFA

Suhu	Persamaan Regresi		R <sup>2</sup>	
	Ordo Nol	Ordo Satu	Ordo Nol	Ordo Satu
30	y = 0.018x + 0.069	y = 0.178x - 2.430	0.967	0.961
35	y = 0.033x + 0.084	y = 0.136x - 2.491	0.986	0.873
40	y = 0.02x + 0.08	y = 0.132x - 2.587	0.998	0.945

Dari tabel 11 di atas dapat diketahui bahwa koefisien determinasi ordo nol lebih besar dari pada koefisien determinasi ordo satu, maka laju peningkatan kadar FFA halua kenari produsen A2 mengikuti reaksi ordo nol. Plot reaksi ordo nol dapat di lihat pada gambar 11. Selanjutnya penentuan persamaan Arrhenius dilakukan dengan membuat plot nilai ln k dan 1/T pada reaksi peningkatan kadar FFA halua kenari produsen A2.

**Penentuan umur simpan halua kenari produsen A2**

Pada tabel 12 berikut disajikan output persamaan Arrhenius untuk parameter Kadar Air dan FFA Halua Kenari Produsen A2.

Tabel 12. Persamaan regresi linier plot 1/T dan ln k untuk parameter kadar air dan FFA halua kenari produsen A2

Parameter	Persamaan	
Kadar Air	y = -32835x + 105.0	0.837
FFA	y = -5727.x + 14.82	0.869

Dari persamaan Arrhenius pada tabel 12. Selanjutnya ditentukan nilai energi aktivasi (Ea) yang diperoleh dari kemiringan slop ke dua parameter dan dipilih satu yang paling berpengaruh pada

penurunan mutu halua kenari produsen A2 selama penyimpanan yaitu parameter dengan Energi aktivasi (Ea) terkecil. Dengan demikian semakin rendah energy aktivasi yang didapat, maka suatu reaksi akan berlangsung lebih cepat, sehingga dapat lebih cepat pula mempengaruhi deteriorasi halua kenari. Hal ini sejalan dengan pernyataan Tahir (2014) bahwa pada kerusakan pangan, Molekul – molekul dalam suatu bahan pangan harus memiliki sejumlah energi tertentu untuk dapat bereaksi supaya dapat menghasilkan molekul produk, maka ikatan dalam reaktan harus ada yang terpecah. Pemecahan ikatan kimia akan memerlukan energi yang akan menginisiasi reaksi kimia.

Tabel 13. Perhitungan energi aktivasi

Parameter	Energi Aktivasi
% Kadar Air	65210.31 kal/mol
% FFA	11373.822 kal/mol

Dari hasil perhitungan Energi aktivasi pada tabel 13 di atas diketahui bahwa parameter yang memiliki Ea terkecil adalah parameter % FFA maka, presentasi kadar FFA yang digunakan untuk menghitung umur simpan Halua kenari produsen A2. Setelah nilai Ea diketahui, maka umur simpan halua kenari produsen A2 dapat dihitung dengan menggunakan kinetika reaksi ordo nol, yaitu

$$T = (A_0 - A_t) / K$$

Perhitungan umur simpan ini dilakukan pada masing-masing suhu penyimpanan yaitu 30 °C, 35 °C dan 40 °C dan diekstrapolasi terhadap suhu ruang (27 °C). Hasil perhitungan halua kenari produsen A2 dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. Umur Simpan Halua Kenari Produsen A2 Pada Tiga Suhu Penyimpanan

Suhu	Umur Simpan
30 °C	= 17.7 hari = 18 hari
35 °C	= 13.2 hari
40 °C	= 10 hari

**Penentuan umur simpan halua kenari produsen A3**

**Kadar air A3**

Setelah plot regresi linier didapat, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) tiap persamaan regresi linier untuk mendapatkan plot ordo reaksi pada suhu yang sama terhadap suhu penyimpanan halua kenari produsen A2. Setelah nilai koefisien determinasi masing-masing ordo reaksi didapat, dilanjutkan dengan penetapan kinetika ordo reaksi. Ordo reaksi dengan nilai  $R^2$  lebih besar adalah ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur simpan.

Tabel 15. Persamaan Regresi Linier Nilai Presentasi Kadar Air A3

Suhu	Persamaan Regresi		$R^2$	
	Ordo Nol	Ordo Satu	Ordo Nol	Ordo Satu
30	$y = 0.016x + 0.125$	$y = 0.089x - 2.055$	0.992	0.959
35	$y = 0.034x + 0.143$	$y = 0.138x - 1.943$	0.939	0.876
40	$y = 0.044x + 0.142$	$y = 0.157x - 1.921$	0.981	0.893

Berdasarkan tabel 15 dapat diketahui bahwa koefisien determinasi ordo nol lebih besar dari koefisien determinasi ordo satu. Dengan demikian ordo nol merupakan ordo reaksi yang akan digunakan untuk menentukan umur simpan halua kenari produsen A3. Selanjutnya penentuan persamaan Arrhenius dilakukan dengan membuat plot nilai  $\ln k$  dan  $1/T$  pada

reaksi perubahan nilai kadar air halua kenari A3.

**Nilai persentasi FFA halua kenari produsen A3**

Pemilihan kinetika ordo reaksi terhadap peningkatan kadar FFA halua kenari produsen A3 dilakukan dengan membandingkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) tiap persamaan regresi linier pada suhu yang sama dari reaksi ordo nol dan ordo satu. Ordo reaksi yang memiliki  $R^2$  yang lebih besar merupakan ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur simpan. Pemilihan ordo perubahan atau peningkatan kadar FFA halua kenari A3 dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 16. Plot Ordo nol dan satu untuk perubahan % FFA Halua Kenari Produsen A3

Su hu	Persamaan Regresi		$R^2$	
	Ordo Nol	Ordo Satu	Ordo Nol	Ordo Satu
30	$y = -0.02x + 0.74$	$y = -0.028x - 0.309$	0.6	0.6
35	$y = 0.553x + 1.41$	$y = 0.209x + 0.185$	0.914	0.779
40	$y = 0.603x + 1.36$	$y = 0.217x + 0.181$	0.939	0.795

Dari tabel 16 diketahui bahwa koefisien determinasi ordo nol lebih besar dari pada koefisien determinasi ordo satu, maka laju peningkatan kadar FFA halua kenari produsen A3 mengikuti reaksi ordo nol. Plot reaksi ordo nol dapat di lihat pada tabel. Selanjutnya penentuan persamaan Arrhenius dilakukan dengan membuat plot nilai  $\ln k$  dan  $1/T$  pada reaksi peningkatan kadar FFA halua kenari produsen A3.

**Penentuan umur simpan halua kenari produsen A3**

Tabel 17. Plot Arrhenius HK A3

Parameter	Persamaan	R <sup>2</sup>
Kadar Air	$y = -32467.x$	0.776
	$+ 103.7$	
FFA	$Y = -9618.x$	0.930
	$+27.68$	

Dari persamaan Arrhenius di atas selanjutnya ditentukan nilai energy aktivasi (Ea) yang diperoleh dari kemiringan slop ke dua parameter dan dipilih satu yang paling berpengaruh pada penurunan mutu halua kenari produsen A3 selama penyimpanan yaitu parameter dengan Energi aktivasi (Ea) terkecil. Dengan demikian semakin rendah energy aktivasi yang didapat, maka suatu reaksi akan berlangsung lebih cepat, sehingga dapat lebih cepat pula mempengaruhi deteriorasi halua kenari.

Dari hasil perhitungan Energi aktivasi pada tabel di atas diketahui bahwa parameter yang memiliki Ea terkecil adalah parameter % FFA maka, presentasi kadar FFA yang digunakan untuk menghitung umur simpan Halua kenari produsen A3. Setelah nilai Ea diketahui, maka umur simpan halua kenari produsen A3 dapat dihitung dengan menggunakan kinetika reaksi ordo nol, yaitu

$$T = \ln (A_0 - A_t) / K$$

Perhitungan umur simpan ini dilakukan pada masing – masing suhu penyimpanan yaitu 30 °C, 35 °C dan 40 °C dan diekstrapolasi terhadap suhu ruang (27 °C).

**Penentuan umur simpan halua kenari produsen A4**

**Kadar air A4**

Setelah plot regresi linier di dapat, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) tiap persamaan regresi linier untuk mendapatkan plot ordo reaksi pada suhu yang sama terhadap suhu

penyimpanan halua kenari produsen A4. Setelah nilai koefisien determinasi masing -masing ordo reaksi didapat, dilanjutkan dengan penetapan kinetika ordo reaksi. Ordo reaksi dengan nilai R<sup>2</sup> lebih besar adalah ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur simpan. Pemilihan ordo reaksi perubahan nilai presentasi kadar air halua kenari produsen A4 dapat dilihat pada tabel 15

Tabel 15. Persamaan Regresi Linier Nilai Presentasi Kadar Air A4

Suhu	Persamaan Regresi		R <sup>2</sup>	
	Ordo Nol	Ordo Satu	Ordo Nol	Ordo Satu
30	$y = -$	$y = -$	1	0.995
	$0.033x$	$0.052x -$		
35	$+ 0.8$	$0.211$	0.968	0.930
	$y =$	$y =$		
40	$0.506x$	$0.210x -$	0.988	0.964
	$+ 0.77$	$0.058$		
	$y =$	$y =$		
	$0.706x$	$0.241x -$		
	$+ 0.52$	$0.062$		

Berdasarkan tabel 15 diatas diketahui bahwa koefisien determinasi ordo nol lebih besar dari pada koefisien determinasi ordo satu. Dengan demikian ordo nol merupakan ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur simpan halua kenari produsen A4. Selanjutnya penentuan persamaan Arrhenius dilakukan dengan membuat plot nilai ln k dan 1/T pada reaksi perubahan nilai kadar air halua kenari A4.

**Nilai persentasi FFA halua kenari produsen A4**

Pemilihan kinetika ordo reaksi terhadap peningkatan kadar FFA halua kenari produsen A4 dilakukan dengan membandingkan nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) tiap persamaan regresi linier pada suhu yang sama dari reaksi ordo nol dan ordo satu. Ordo reaksi yang memiliki R<sup>2</sup> yang lebih besar merupakan ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur

simpan. Pemilihan ordo perubahan atau peningkatan kadar FFA halua kenari A4 dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 16. Plot ordo nol dan ordo satu untuk perubahan % FFA Halua Kenari Produsen A4

Suhu	Persamaan Regresi		R <sup>2</sup>	
	Ordo Nol	Ordo Satu	Ordo Nol	Ordo Satu
30	$y = 0.015x + 0.122$	$y = 0.082x - 2.055$	0.979	0.959
35	$y = 0.019x + 0.134$	$y = 0.094x - 1.976$	0.996	0.876
40	$y = 0.027x + 0.158$	$y = 0.115x - 1.859$	0.929	0.893

Dari tabel 16 di atas dapat diketahui bahwa koefisien determinasi ordo nol lebih besar dari pada koefisien determinasi ordo satu, maka laju peningkatan kadar FFA halua kenari produsen A4 mengikuti reaksi ordo nol. Plot reaksi ordo nol dapat di lihat pada gambar 16 di atas. Selanjutnya penentuan persamaan Arrhenius dilakukan dengan membuat plot nilai ln k dan 1/T pada reaksi peningkatan kadar FFA halua kenari produsen A4 (gambar 18).

**Penentuan umur simpan halua kenari produsen A4**

Pada tabel 17 berikut disajikan persamaan Regresi Linier Plot 1/T dan ln k yang merupakan persamaan Arrhenius untuk parameter Kadar Air dan FFA Halua Kenari Produsen A4.

Tabel 17. Persamaan Regresi Linier Plot 1/T dan ln k

Parameter	Persamaan	R <sup>2</sup>
Kadar Air	$y = -7216.x + 22.72$	0.996
FFA	$Y = -5568.x + 14.15$	0.985

Dari persamaan Arrhenius pada tabel 17 selanjutnya ditentukan nilai energy aktivasi (Ea) yang diperoleh dari kemiringan slop ke dua parameter dan dipilih satu yang paling berpengaruh pada penurunan mutu halua kenari produsen A3 selama penyimpanan yaitu parameter dengan Energi aktivasi (Ea) terkecil. Dengan demikian semakin rendah energy aktivasi yang didapat, maka suatu reaksi akan berlangsung lebih cepat, sehingga dapat lebih cepat pula mempengaruhi deteriorasi halua kenari.

Tabel 18. Hasil perhitungan energi aktivasi

Parameter	Energi Aktivasi
% Kadar Air	14330.976 kal/mol
% FFA	11058.048 kal/mol

Dari hasil perhitungan Energi aktivasi pada tabel 18 di atas diketahui bahwa parameter yang memiliki Ea terkecil adalah parameter % FFA maka, presentasi kadar FFA yang digunakan untuk menghitung umur simpan Halua kenari produsen A4. Setelah nilai Ea diketahui, selanjutnya umur simpan halua kenari produsen A4 dapat dihitung dengan menggunakan kinetika reaksi ordo nol, yaitu

$$T = \ln (A_0 - A_t) / K$$

Perhitungan umur simpan ini dilakukan pada masing-masing suhu penyimpanan yaitu 30 °C, 35 °C dan 40 °C dan diekstrapolasi terhadap suhu ruang (27 °C). Hasil perhitungan halua kenari produsen A4 dapat dilihat pada tabel 19.

Tabel 19. Umur Simpan Halua Kenari Produsen A4 Pada Tiga Suhu Penyimpanan

Suhu	Umur Simpan
30 °C	17.2 hari
35 °C	12.8 hari = 13
40 °C	9.8 hari = 10 hari

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Cara pengolahan, suhu dan lama penyimpanan sangat berpengaruh pada laju penurunan mutu dan umur simpan produk halua kenari.
2. Pendugaan Umur Simpan Halua Kenari menggunakan pendekatan Arrhenius untuk masing-masing produsen halua kenari terhadap suhu penyimpanan adalah sebagai berikut : A1 pada suhu 30°C adalah 106 hari, suhu 35°C, dan pada suhu 40°C adalah 9 hari. Umur simpan halua kenari produsen A2 di dapat pada suhu 30°C 18 hari, pada suhu 35°C mendapat 13 hari dan pada suhu 40°C didapat 10 hari. Produsen A3 pada suhu 30°C mendapat 23 hari, pada suhu 35°C mendapat umur simpan 14 hari umur simpan, dan pada suhu 40°C mendapat 9 hari umur simpan. Sedangkan produsen A4 pada suhu 30°C diperoleh umur simpan 17, pada suhu 35°C mendapat 12 hari dan pada suhu 40°C mendapat 9 hari.
3. Model pengolahan dan teknik penyimpanan yang dapat memperpanjang umur simpan produk halua kenari adalah:
  - Pengolahan; kenari digoreng dan ditiriskan untuk mengurangi minyak yang terikat pada produk, tidak menggunakan minyak pada tahap pencampuran gula.
  - menggunakan kemasan yang memiliki permeabilitas rendah seperti jenis polipropilen dengan ketebalan 0,05 mm dan di tutup rapat, disimpan pada suhu ruang (27°C) dengan RH maksimal 75,21%, dalam kemasan yang tidak tembus cahaya.

### Saran

1. Penjualan produk halua kenari harus mencantumkan umur simpan atau waktu kadaluarsa.
2. Perlu penelitian lanjutan tentang Karakteristik Nilai Gizi berdasarkan Formula Pengolahan halua kenari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Djarkasi G.S.S, S. Raharjo., Z. Noor., dan S. Sudarmadji. 2007. Sifat Fisik Dan Kimia Minyak Kenari AGRITECH, Vol. 27, No. 4 hal 165, 166
- Djarkasi S.S, S. Raharjo., Z. Noor., dan S. Sudarmadji. 2008. Stabilitas Oksidatif Minyak Biji Kenari (*Canarium indicum* dan *Canarium vulgare*) Selama Penyimpanan Pada Suhu 30 dan 40°C Jurnal Teknologi dan Industri Pangan Vol.XIX No. 2 Hal. 133
- Herawati,H. 2008.Umur Simpan Pada Produk Pangan. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah,Bukit Tegalepek. Jurnal LitbangVol. 27 hal 124 s/d 128
- Kusnandar F. 2010. Pendugaan Umur Simpan Metode ASLT Aplikasi Program Komputer. Copyright © Dept Food Science and Technology 2010. Institut Pertanian Bogor.