

PENENTUAN UMUR SIMPAN CUKA KAKAO MENGGUNAKAN METODE ACCELERATED SHELF-LIFE TESTING (ASLT) DENGAN PENDEKATAN ARRHENIUS

Ni Wayan Sukmayanti¹, G.P. Ganda Putra², Lutfi Suhendra²

¹Mahasiswa Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Unud

²Dosen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Unud

Email: wayansukmayanti95@gmail.com¹

Email koresponden: gandaputra@unud.ac.id²

ABSTRACT

Cocoa vinegar is a fermented vinegar produced from a product of cocoa bean fermentation. The aims of this study were to determine quality change of cocoa vinegar during retention and determine its self-life by using Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) method by Arrhenius Equation Approach. This research was conducted by using one factor, and it was storage temperature treatment that consisting of 3 levels, 30, 40 and 50°C. Retention and observation start from 0 week until 16 weeks, with parameters that observe were acetic acid, pH, total suspended solid and turbidity. Cocoa vinegar has decreased quality during storage, at 30°C, 40°C and 50°C. During storage of the three temperatures, the temperature of 50°C suffered the most rapid deterioration with the characteristic of decreasing the acetic acid content by more than 50%, and the increase of pH, total suspended solid and turbidity on the 63rd day. Shelf life of cocoa vinegar by using the characteristic of acetic acid with linear regression equation $y = -4624.x + 10.30$ with $R^2 = 0.999$. at storage from temperature 10, 20, 30, 40, and 50°C respectively were 431 days (14.3 months). 246 days (8.20 months). 146 days (4.86 months). 89 days (2.96 months). and 56 days (1.86 months).

Keywords: vinegar of cocoa, self-life prediction, ASLT method

PENDAHULUAN

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L) adalah tanaman perkebunan yang berasal dari hutan tropis. Tanaman kakao dikelompokkan menjadi 3 jenis yaitu, *Forastero*, *Criollo*, dan *Trinitario* yang merupakan hasil persilangan antara *Forastero* dengan *Criollo*. Fermentasi biji kakao menghasilkan limbah cair berupa cairan pulpa yang mengandung asam asetat 1,6 %, etil alkohol 0,5 %, asam sitrat 0,5 % dan pH 6,5 (Case, 2004). Cairan pulpa biji kakao biasanya dianggap limbah dan jarang dimanfaatkan. Cairan yang keluar selama proses fermentasi berlangsung berkisar antara 15 – 20 % dari berat biji yang difermentasi (Ganda-Putra *et al.*, 2008). Berdasarkan penelitian Aridona *et al.* (2015), cairan pulpa dapat dimanfaatkan menjadi salah satu produk yang memiliki nilai jual lebih tinggi, salah satunya cuka fermentasi. Cuka fermentasi merupakan produk cair yang mengandung asam asetat, diperoleh melalui proses fermentasi bahan-bahan yang mengandung karbohidrat atau alkohol dengan atau tanpa penambahan bahan tambahan makanan yang diizinkan (SNI 01-4371-1996).

Industri makanan, menggunakan asam asetat sebagai pengatur keasaman. (Yellisa, 2014). Asam cuka adalah produk yang umumnya digunakan sebagai bahan pengawet makanan, namun jika penyimpanan produk tidak diperhatikan, cuka juga dapat mengalami kerusakan. Penyimpanan yang kurang baik dapat menyebabkan aroma cuka berkurang dan tingkat keasaman menurun. Setiap produk pangan memiliki masa simpan (*self life*) yang berbeda-beda. Penyimpanan sangat berpengaruh terhadap kualitas dan mutu dari produk. Penentuan umur simpan produk pangan dapat dilakukan dengan menyimpan produk pada kondisi penyimpanan yang sebenarnya hingga produk tersebut mengalami

kerusakan maksimal atau sering disebut dengan *Extended Storage Studies* (ESS). Cara ini dapat menghasilkan hasil yang tepat dan akurat, namun biasanya memerlukan waktu yang lama dan biaya yang besar. Selain itu pendugaan umur simpan pada produk juga dapat dilakukan dengan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT), yaitu dengan penyimpanan produk pangan pada lingkungan yang menyebabkan terjadinya kerusakan dengan cepat, baik pada kondisi suhu atau kelembaban ruang penyimpanan yang lebih tinggi dari pada kondisi sebenarnya. Metode ASLT yang sering digunakan adalah dengan model *Arrhenius* dan model kadar air kritis (Kusnandar, 2010). Menurut Herawati (2008), informasi umur simpan produk merupakan informasi yang wajib dicantumkan oleh produsen, pada label kemasan produk pangan. Umur simpan produk pangan berkaitan dengan keamanan produk pangan dan memberikan jaminan mutu pada saat produk sampai ke tangan konsumen. Penentuan umur simpan cuka kakao fermentasi dihitung dengan menggunakan persamaan kinetika reaksi berdasarkan orde reaksinya, yaitu jika reaksi berlangsung pada orde nol maka, $t_s = (A_0 - A_t)/k \dots \dots \dots (0)$ sedangkan untuk orde 1 adalah $t_s = (\ln A_0/A)/k \dots \dots \dots (1)$. Beberapa kajian pustaka produk pada penelitian sebelumnya yang menggunakan metode *accelerated shelf-life testing* (ASLT) dengan pendekatan *arrhenius* diantaranya.

Menurut Wijaya (2007) pendugaan umur simpan produk kopi instan menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) dengan pendekatan *Arrhenius*, diperoleh hasil, suhu 30°C, 45°C dan 50°C berturut-turut 632 hari, 430 hari, dan 381 hari. Menurut penelitian Haryati *et al.* (2015) mengenai pendugaan umur simpan pada produk tape ketan hitam Mojokerto hasil sterilisasi, pada suhu 30°C, 40°C dan 50°C berturut-turut 536,4 hari, 312,2 hari dan 213,5 hari. Sandana *et al.* (2011), pada produk sirup pala di masing-masing suhu penyimpanan, pada suhu 30°C, 35°C dan 40°C berturut-turut 12,7, 11,4 dan 10,3 minggu.

Cuka kakao yang terbuat dari hasil samping fermentasi biji kakao belum diketahui umur simpannya. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, dengan tujuan : mengetahui perubahan karakteristik mutu cuka kakao selama penyimpanan dan menentukan umur simpan cuka kakao selama penyimpanan.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioindustri, Laboratorium Rekayasa Proses dan Pengendalian Mutu, Laboratorium Analisis Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana. Penelitian ini dilaksanakan pada Agustus – November 2017.

Bahan dan Alat

Bahan utama pada penelitian ini adalah cuka kakao yang didapat pada penelitian sebelumnya yang difermentasi selama 30 hari. Cuka kakao tersebut kemudian di pasteurisasi pada suhu 65°C dan dikemas pada botol kaca kemudian disimpan untuk mengetahui umur simpan produk cuka fermentasi tersebut.

Peralatan yang digunakan diantaranya: botol kaca kapasitas 100 ml, gunting, kertas label, timbangan analitik (*Shimadzu*), kertas saring, biuret, pH meter (*Ditech*), labu ukur (*Iwaki*), *aluminium foil*, tisu, botol sampel, lemari pendingin, *spektrofotometer (Genesys 10S UV-VIS)*, *autoclave (Hirayama)*, sentrifuse (*Centurion Scientific*), pipet tetes, tabung reaksi (*Iwaki*), erlenmeyer (*Iwaki*), *Inkubator (Mettler)*, plastik.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT)* berdasarkan pendekatan semi empiris dengan bantuan persamaan *Arrhenius*, dengan teori kinetika yang pada umumnya menggunakan ordo nol atau satu untuk pangan. Penelitian ini merupakan eksperimen yang dilakukan dengan menyimpan cuka kakao pada inkubator yang suhunya diatur untuk mengetahui perubahan karakteristik cuka kakao. Suhu yang digunakan adalah 30 °C, 40 °C dan 50 °C.

Pelaksanaan Penelitian

Persiapan Bahan dan Penyimpanan Cuka Kakao

Cuka kakao yang digunakan pada penelitian ini yaitu cuka yang diperoleh pada penelitian yang dilakukan sebelumnya, yaitu cuka fermentasi cairan pulpa kakao dari hasil fermentasi selama 30 hari. Cuka kakao yang telah selesai difermentasi dan dipasteurisasi terlebih dahulu selama 30 menit pada suhu 65°C, kemudian didinginkan. Cuka kakao di kemas ke dalam botol kaca bening sebanyak 100 ml dan disimpan masing-masing pada suhu 30, 40, dan 50°C. Skema pelaksanaan penelitian disajikan pada Gambar 1.

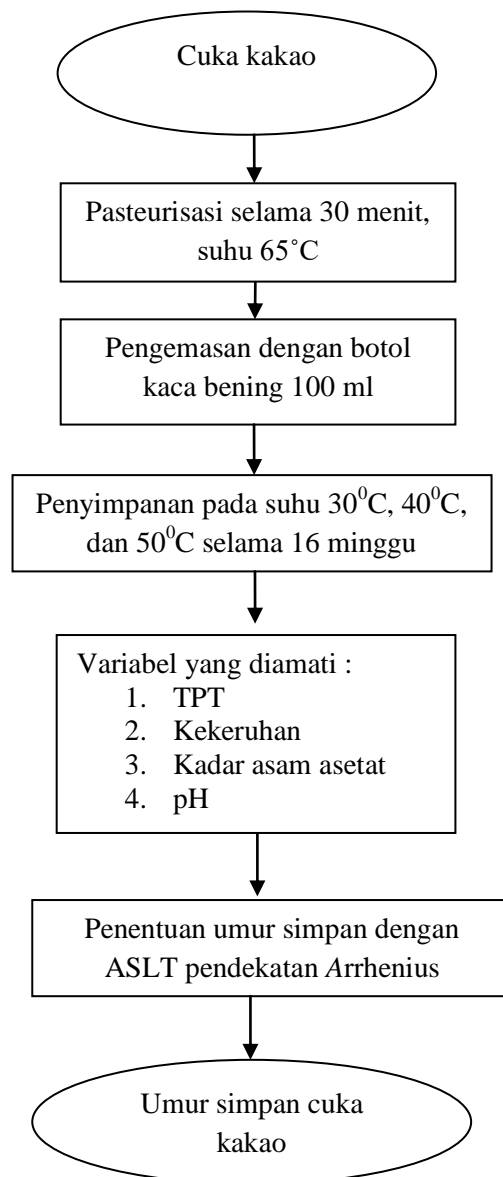
Penentuan Karakteristik Mutu Awal dan Mutu Akhir cuka kakao cairan pulpa kakao

Cuka kakao hasil samping cairan pulpa kakao perlu diuji sebelum dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik awalnya. Karakteristik yang dianalisis pada cuka kakao adalah kadar asam asetat, pH, total padatan terlarut dan kekeruhan. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui keadaan mutu awal (A_0) dan mutu akhir (A_t) produk cuka kakao sebelum disimpan sehingga dapat dilakukan penentuan umur simpan melalui identifikasi kerusakan-kerusakan selama proses penyimpanan pada cuka kakao. Karakteristik mutu akhir yang ditentukan apabila kadar asam asetat telah mengalami penurunan lebih dari 50% dari mutu awal (A_0) pada penyimpanan dan suhu kritis (50°C).

Penentuan Laju Penurunan Mutu dan Perhitungan Umur Simpan Cuka Kakao

Data hasil analisis produk cuka kakao diplotkan terhadap waktu dan diperoleh persamaan regresi liniernya, kemudian diperoleh tiga persamaan regresi untuk 3 kondisi suhu penyimpanan dengan menggunakan $y = a + bx$, jika y = nilai karakteristik cuka fermentasi, x = waktu penyimpanan (hari), a = nilai karakteristik mutu cuka kakao pada awal penyimpanan dan b = laju perubahan nilai karakteristik. Berdasarkan masing-masing persamaan tersebut diperoleh nilai slope (b) yang merupakan konstanta laju reaksi perubahan karakteristik produk atau laju penurunan mutu (k). Untuk menentukan orde reaksi yang digunakan dibuat grafik orde nol yaitu hubungan antara nilai k dengan lama penyimpanan dan orde satu yaitu hubungan antara $\ln k$ dengan lama penyimpanan. Dari kedua persamaan tersebut dipilih R^2 terbesar.

Pendekatan Arrhenius, nilai k diplotkan terhadap $1/T$ (K^{-1}) dan $\ln k$, didapatkan nilai intersep dan slope dari persamaan regresi linier $\ln k = \ln k_0 - (E/R) (1/T)$. Dimana $\ln k_0 =$ intersep, $E/R =$ slope, $E_a =$ energi aktivasi dan $R =$ konstanta gas ideal ($1,986 \text{ kal/mol}$). Dari persamaan tahap kelima diperoleh nilai konstanta k_0 yang merupakan faktor eksponensial dan nilai energi aktivasi reaksi perubahan karakteristik cuka fermentasi ($E_a = E$). Kemudian ditentukan model persamaan laju reaksi (k) perubahan karakteristik cuka fermentasi dengan $k = k_0 \cdot e^{-E/RT}$. Setelah didapatkan persamaan Arrhenius, dapat dihitung nilai konstanta Arrhenius (k) pada suhu (T) penyimpanan yang ditentukan. Penentuan karakteristik kunci dengan melihat karakteristik yang mempunyai energi aktivasi terendah. Umur simpan cuka fermentasi dihitung dengan menggunakan persamaan kinetika reaksi berdasarkan orde reaksinya, yaitu jika reaksi berlangsung pada orde nol maka $t_s = (A_0 - A_t)/k$, sedangkan untuk orde satu adalah $t_s = (\ln A_0/A)/k$. Penentuan umur simpan pada suhu normal adalah dengan memasukan nilai suhu (konversi $^{\circ}C$ menjadi $^{\circ}K$) ke dalam persamaan $\ln k = \ln k_0 - (E/R) (1/T)$ dan kemudian nilai k dimasukkan ke dalam persamaan orde reaksi untuk mendapatkan umur simpan cuka fermentasi kakao. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pelaksanaan penelitian.

Variabel yang diamati

Variabel yang diamati yaitu kadar asam asetat (SNI 01-3711-1995), pH (Apriyanto *et al.*, 1988), total padatan terlarut (Wartini *et al.*, 2014), dan Kekeruhan (Yanlinastuti, 2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Mutu Awal (A₀) dan Mutu Akhir (A_t) Cuka Kakao

Selama proses penyimpanan berlangsung, terjadi penurunan kadar asam asetat pada cuka kakao di masing-masing suhu penyimpanan, yang diikuti dengan adanya peningkatan kadar pH, TPT, dan kekeruhan. Mutu akhir cuka kakao (A_t) ditentukan apabila kadar asam asetatnya mengalami penurunan lebih dari 50% dari mutu awalnya (A₀). Karakteristik mutu akhir (A_t) cuka kakao ditentukan apabila kadar asam asetat mengalami penurunan terdapat pada hari ke-63. dapat di lihat pada Tabel 1.

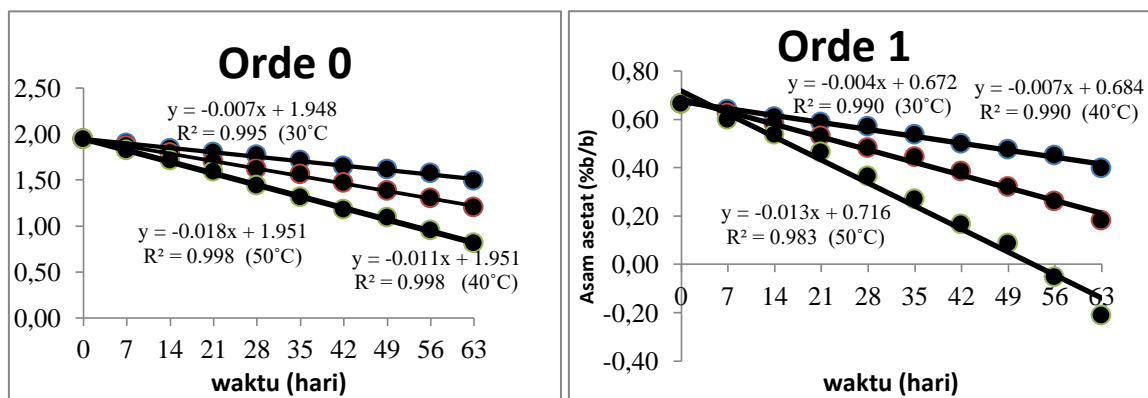
Tabel 1. Karakteristik mutu awal (A₀) dan mutu akhir (A_t) cuka kakao

Karakteristik Mutu	A ₀	A _t
Asam Asetat (% b/b)	1,95	0,81
pH	4,12	5,03
TPT (°Brix)	4,70	5,18
Kekeruhan	2,90	7,90

Laju Perubahan Karakteristik Asam Asetat (% b/b)

Kadar asam asetat pada cuka kakao dari cairan pulpa hasil samping kakao mengalami penurunan selama penyimpanan, seperti pada Gambar 2. Perubahan kadar asam asetat selama penyimpanan berkisar 1,95 - 0,81 (% b/b).

Perubahan kadar asam asetat dipengaruhi oleh kenaikan suhu dan lama penyimpanann sehingga menyebabkan kadar asam mengalami penurunan dan kerusakan. Hal ini terjadi karena asam asetat mengalami oksidasi menjadi CO₂ dan H₂O. (Leasa dan Matdoan, 2015). Laju perubahan kadar asam asetat cuka kakao hasil samping cairan kakao orde 0 dan orde 1 dapat dilihat pada Gambar 2. Persamaan regresi karakteristik asam asetat dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2 Perubahan mutu asam asetat cuka kakao orde 0 dan orde 1.

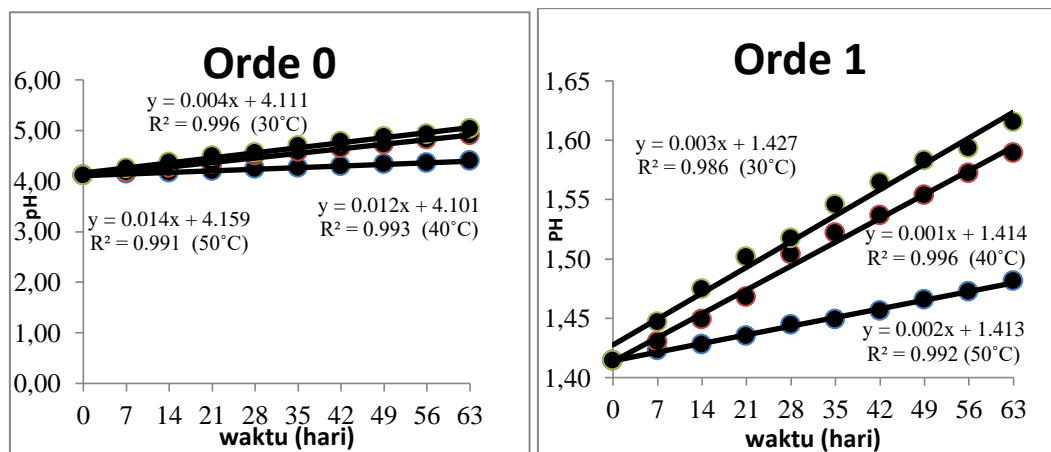
Tabel 2. Persamaan regresi linear karakteristik kadar asam asetat

Parameter	Suhu (°C)	Persamaan Regresi		R ² (R square)	
		Orde 0	Orde 1	Orde 0	orde 1
Asam Asetat	30	$y = -0.007x + 1.9487$	$y = -0.0041x + 0.6721$	0.9950	0.9906
	40	$y = -0.0117x + 1.9518$	$y = -0.0075x + 0.6848$	0.9987	0.9906
	50	$y = -0.018x + 1.9511$	$y = -0.0136x + 0.7165$	0.9989	0.9833

Tabel 2, menunjukkan penentuan umur simpan cuka kakao asam asetat dilakukan dengan menentukan orde reaksi persamaan regresi (R²). Penentuan orde reaksi yang digunakan dapat dilihat dengan membandingkan nilai R², yaitu dipilih R² yang lebih tinggi sebagai orde yang akan digunakan. Tabel 4. menunjukkan R² dari orde 0 lebih tinggi dibanding orde 1, sehingga dipilih orde 0 yang artinya bersifat linier.

Laju Perubahan Mutu pH

pH menunjukkan konsentrasi ion hidrogen yang merupakan gambaran tingkat keasaman cuka. pH yang semakin tinggi menunjukkan tingkat keasaman cuka semakin rendah (Dewi, 2015). Laju perubahan mutu pH cuka kakao hasil samping cairan pulpa kakao orde 0 dan orde 1 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Laju perubahan mutu pH cuka kakao orde 0 dan orde 1.

Perubahan pH terjadi karena kondisi suhu dan lama penyimpanan menyebabkan pH mengalami peningkatan, antosianin dalam cuka mengalami degradasi sehingga menyebabkan pH menjadi meningka. Suhu yang semakin tinggi menyebabkan konformasi struktur antosianin, yang tidak stabil (Fennema, 2008). Persamaan regresi linier karakteristik pH dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Persamaan Regresi Linear Karakteristik pH

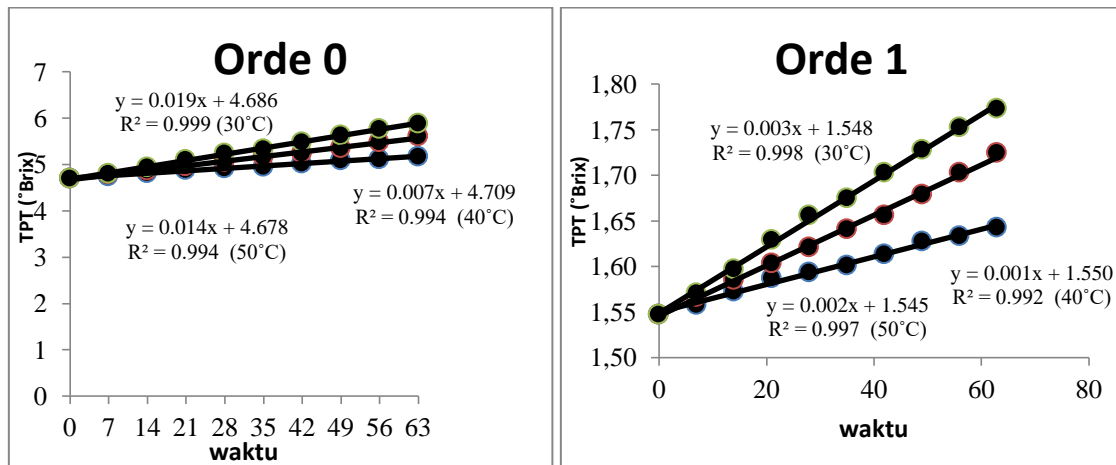
Parameter	Suhu (°C)	Persamaan Regresi		R ² (R square)	
		Orde 0	Orde 1	Orde 0	orde 1
pH	30	$y = 0.0044x + 4.1117$	$y = 0.001x + 1.4142$	0.9961	0.9968
	40	$y = 0.0129x + 4.1012$	$y = 0.0029x + 1.4137$	0.9937	0.992
	50	$y = 0.0142x + 4.1595$	$y = 0.0031x + 1.4278$	0.9916	0.9864

Berdasarkan Tabel 3, Menunjukkan koefisien R² dari orde 0 lebih besar dari koefisien orde 1, sehingga perhitungan untuk mendapatkan umur simpan cuka kakao hasil samping cairan pulpa

menggunakan persamaan reaksi pada orde 0 yang bersifat linier dimana pH mengalami peningkatan secara garis lurus. (Haryati *et al.*, 2015).

Laju Perubahan Total Padatan Terlarut (° Brix)

Total Padatan Terlarut menunjukkan peningkatan padatan terlarut terjadi karena penurunan kadar asam asetat yang dipengaruhi oleh suhu dan lama penyimpanan. Semakin tinggi suhu dan lama simpan maka akan menyebabkan peningkatan total padatan terlarut. (Haumasse 2009). Laju perubahan total padatan terlarut orde 0 dan orde 1 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perubahan total padatan terlarut pada orde 0 dan orde 1

Gambar 4. Menunjukkan total padatan terlarut °Brix, mengalami peningkatan seiring dengan kondisi suhu dan lama penyimpanan. Hal ini disebabkan karena aktifitas khamir mulai terhambat pada konsentrasi yang lebih tinggi. Persamaan regresi linier karakteristik TPT (°Brix) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Persamaan Regresi Linear Karakteristik Total Padatan Terlarut (°Brix)

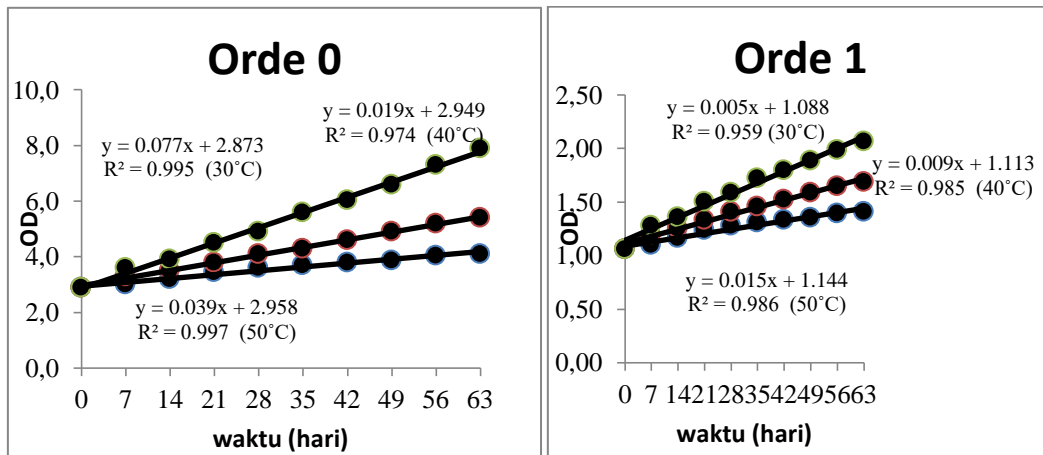
Parameter	Suhu (°C)	Persamaan Regresi		R ² (R square)	
		Orde 0	Orde 1	Orde 0	orde 1
Total padatan terlarut	30	y = 0.0074x + 4.7095	y = 0.0015x + 1.5502	0.9942	0.9929
	40	y = 0.0142x + 4.6787	y = 0.0028x + 1.5456	0.9949	0.9976
	50	y = 0.0192x + 4.6869	y = 0.0036x + 1.5488	0.9991	0.9982

Umur simpan cuka untuk karakteristik total padatan terlarut dilakukan dengan menentukan orde reaksi R² nya. Penentuan umur simpan cuka kakao berdasarkan karakteristik total padatan terlarut, digunakan persamaan orde 0 karena R² orde 0 lebih besar dibanding orde 1.

Laju Perubahan Kekeruhan

Kekeruhan menunjukkan peningkatan kekeruhan pada cuka kakao yang terbaca melalui absorbansi yang dihasilkan mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena pengaruh suhu dan lama penyimpanan menyebabkan total padatan terlarut meningkat dan nilai absorbansi meningkat. Menurut Febriyansari (2008), panjang gelombang digunakan untuk melihat tingkat kekeruhan pada larutan yang

berwarna kuning sampai coklat. Laju perubahan mutu nilai kekeruhan cuka kakao hasil samping cairan pulpa kakao orde 0 dan orde 1 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perubahan mutu kejernihan cuka kakao orde 0 dan orde 1.

Gambar 5. menunjukkan terjadinya peningkatan kekeruhan (OD) selama penyimpanan. Persamaan regresi linier kekeruhan (OD) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Persamaan Regresi Linear Karakteristik Kekeruhan (OD)

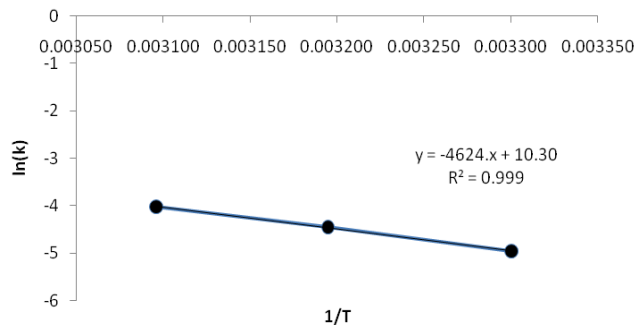
Parameter	Suhu (°C)	Persamaan Regresi		R ² (R square)	
		Orde 0	Orde 1	Orde 0	Orde 1
Kekeruhan	30	$y = 0.0196x + 2.9493$	$y = 0.0056x + 1.0882$	0.9742	0.9592
	40	$y = 0.0394x + 2.9584$	$y = 0.0096x + 1.1132$	0.9976	0.9859
	50	$y = 0.0777x + 2.8735$	$y = 0.0153x + 1.1447$	0.9959	0.986

Berdasarkan Tabel 5, Kekeruhan (OD) dilakukan dengan menentukan orde reaksi R²nya untuk penentuan umur simpan cuka karakteristik kejernihan, digunakan persamaan orde 0 karena nilai R² orde 0 lebih besar dari orde 1. Terjadinya peningkatan kekeruhan secara garis lurus yang bersifat linier.

Persamaan Arrhenius dan Energy Aktivasi

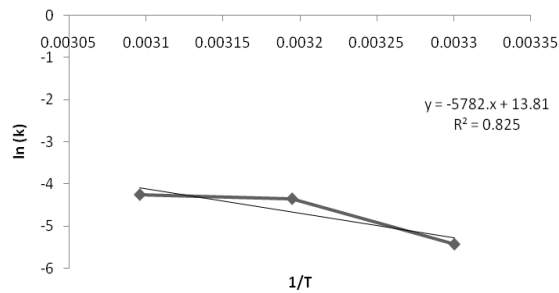
Karakteristik yang ditentukan berdasarkan penurunan mutu cuka selama penyimpanan yang telah diamati dengan beberapa karakteristik adalah, kadar asam asetat, pH, padatan terlarut (TPT) dan kekeruhan. Untuk dapat menentukan karakteristik mana yang memiliki energi aktivasi (Ea) terendah. Dapat dilihat pada grafik persamaan Arrhenius dari masing-masing suhu. Grafik persamaan Arrhenius cuka kakao (kadar asam asetat, pH, total padatan terlarut dan kekeruhan) dapat dilihat pada Gambar 6, 7, 8, dan 9.

Persamaan regresi linear dari plot ln k dan 1/T pada perubahan kadar asam asetat cuka kakao yaitu $y = -4624.x + 10,30$ dengan $R^2 = 0,999$. Untuk memulai terjadinya perubahan kadar asam asetat, Energi aktivasinya (Ea) sebesar 9219806,4 kal/mol.



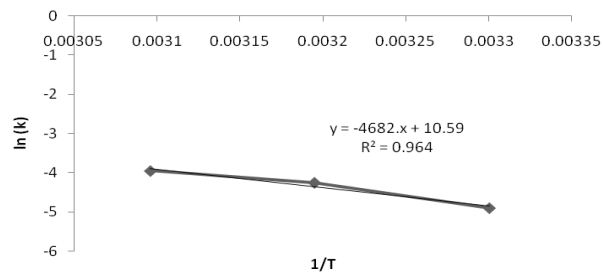
Gambar 6. Grafik persamaan Arrhenius Kadar Asam Asetat

Persamaan regresi linear dari plot ln k dan 1/T pada perubahan pH cuka kakao yaitu $y = -5782.x + 13,81$ dengan $R^2 = 0,825$. Dimana, untuk memulai terjadinya perubahan pH, Energi aktivasinya (E_a) sebesar 11094987,6 kal/mol.



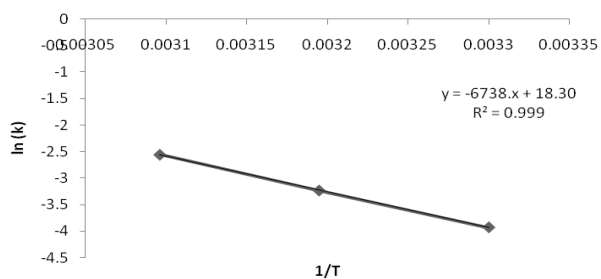
Gambar 7. Grafik persamaan Arrhenius pH cuka kakao

Persamaan regresi linear dari plot ln k dan 1/T pada perubahan TPT cuka kakao yaitu $y = -4682x + 10,59$ dengan $R^2 = 0,964$. Dimana, untuk memulai terjadinya perubahan TPT, Energi aktivasinya (E_a) sebesar 9298849,2 kal/mol.



Gambar 8. Grafik persamaan Arrhenius TPT cuka kakao

Persamaan regresi linear dari plot ln k dan 1/T pada perubahan kekeruhan cuka kakao yaitu $y = -6738x + 18,30$ dengan $R^2 = 0,999$. Dimana, untuk memulai terjadinya perubahan OD, Energi aktivasinya (E_a) sebesar 13382860 kal/mol.



Gambar 9. Grafik persamaan Arrhenius OD cuka kakao

Karakteristik penentuan umur simpan cuka kakao hasil samping cairan pulpa kakao ditentukan berdasarkan karakteristik yang memiliki Energi Aktivasi (E_a) terendah (Kusnandar, 2010). Diketahui bahwa kadar asam asetat memiliki Energi aktivasi (E_a) terendah. Persamaan linier untuk karakteristik asam asetat adalah $y = -4624.x + 10,30$ dengan $R^2 = 0,999$. Berdasarkan persamaan regresi *arrhenius* dan energy aktivasi (E_a) cuka kakao hasil samping cairan pulpa dapat dilihat pada Tabel 6,

Tabel 6. Persamaan *Arrhenius* dan Energi Aktivasi (E_a) cuka kakao hasil samping cairan pulpa

Parameter	Persamaan	Energi Aktivasi (E_a)
Asam Asetat	$\ln(k) = 10,309 - 4624,4(1/T)$	9219806,40
pH	$\ln(k) = 11,685 - 5586,6(1/T)$	1109498,76
TPT	$\ln(k) = 10,598 - 4682,2(1/T)$	9298849,20
Kekeruhan	$\ln(k) = 18,303 - 6738,6(1/T)$	1338286,00

Penentuan Umur Simpan Cuka Kakao

Penentuan umur simpan cukakakao dihitung menggunakan persamaan regresi linier berdasarkan karakteristik yang terpilih. Berdasarkan perhitungan didapatkan karakteristik untuk penentuan umur simpan cuka kakao berada pada kadar asam asetat dengan orde reaksi ke-0. Persamaan regresi linier kadar asam asetat cuka kakao adalah $y = -4624.x + 10,30$ dengan $R^2 = 0,999$ dan Energi Aktivasi (E_a) sebesar 9219806,4 kal/mol. Persamaan yang didapat kemudian digunakan untuk mendapatkan nilai k pada setiap suhu penyimpanan sehingga akan diperoleh umur simpan cuka kakao pada Tabel 7. yang menunjukkan hasil perhitungan umur simpan cuka kakao pada berbagai suhu penyimpanan.

Tabel 7. Umur simpan cuka kakao

Suhu ($^{\circ}C$)	($^{\circ}K$)	Umur Simpan		
		Hari	Minggu	Bulan
10	0.002253569	431	61,57	14,3
20	0.003944754	246	35,14	8,20
30	0.006654565	146	20,85	4,86
40	0.010856961	89	12,71	2,96
50	0.017184363	56	8,00	1,86

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Cuka kakao hasil samping cairan pulpa kakao mengalami penurunan mutu selama penyimpanan. pada suhu $30^{\circ}C$, $40^{\circ}C$ dan $50^{\circ}C$. Selama penyimpanan dari ketiga suhu tersebut, suhu $50^{\circ}C$ mengalami kerusakan paling cepat dengan karakteristik penurunan kadar asam asetat lebih dari 50%, serta adanya peningkatan pH, TPT dan kekeruhan pada hari ke-63.
2. Hasil penentuan umur simpan cuka kakao dengan menggunakan karakteristik kadar asam asetat dengan persamaan regresi linier $y = -4624.x + 10,30$ dengan $R^2 = 0,999$, pada penyimpanan suhu $10^{\circ}C$, $20^{\circ}C$, $30^{\circ}C$, $40^{\circ}C$, dan $50^{\circ}C$ berturut-turut adalah 431 (14,3 bulan), 246 hari (8,20 bulan), 146 hari (4,86 bulan), 89 hari (2,96 bulan), dan 56 hari (1,86 bulan).

Saran

Penelitian lebih lanjut mengenai proses penyimpanan cuka kakao hasil samping dari cairan pulpa kakao dengan menggunakan metode *Accelerated Self-Life Testing* (ASLT) dengan pendekatan Arrhenius perlu dilakukan menggunakan suhu dan lama penyimpanan dengan tingkatan yang berbeda serta penggunaan kemasan produk yang berbeda pula. Kepada para pelaku industri, diharapkan dapat menentukan umur simpan cuka dengan menekankan pada perubahan asam asetat sebagai parameter mutu kritis, sehingga pelaku industri dapat mengamati perubahan mutu cuka selama proses penyimpanan berlangsung, untuk mengurangi resiko kerusakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aridona, P.M., N.M. Wartini dan I W. Arnata. 2015. Pengaruh Lama Fermentasi Alami Cairan Pulpa Hasil Samping Fermentasi Biji Kakao terhadap Rendemen dan Karakteristik Cuka Fermentasi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*. 3(3):85-92.
- Case, C.L. 2004. The Microbiology of Chocolate. <https://accounts.smccd.edu/case/chocolate.html>. Diakses tanggal 01 Januari 2017.
- Ganda-Putra, G.P., Harijono, S. Kumalaningsih dan Aulani'am. 2008. Optimasi Kondisi Depolimerisasi Pulp Biji Kakao oleh Enzim Poligalakturonase Endojinus. *Jurnal Teknik Industri*. 9 (1):24-34.
- Haumasse, M. 2009. Pemanfaatan Pulpa Kakao untuk Memproduksi Asam Asetat dengan Menggunakan Ragi Roti dan Aerasi. Tesis S2. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Haryati. 2014. Penentuan Suhu dan Waktu Sterilisasi pada Produk Tape Ketan Hitam Khas Mojokerto. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Haryati, E.Teti, H. Feronika, dan K.Ahmadi. 2015. Pendugaan Umur Simpan Menggunakan Metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) Dengan Pendekatan Arrhenius Pada Produk Tape Ketan Hitam Khas Mojokerto Hasil Sterilisasi. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(1):156-165
- Herawati, H. 2008. Penentuan Umur Simpan pada Produk Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*. 27:4
- James, C.S. 1995. *Analytical Chemistry of Foods*. Blackie Academic & Professional, London.
- Kwartiningsih, E. dan L.N.S. Mulyati. 2005. Fermentasi Buah Nanas Menjadi *Vinegar*. *Ekulilibrium*. 4(1): 8-12.
- Luwihana, S., K.R. Kuswanto, E.S. Rahayu dan S. Sudarmadji. 2010. Fermentasi Asam Asetat Dengan Sel *Acetobacter pasteurianus* INT-7 dengan Variasi pH Awal Dan Kadar Etanol. *Agritech*. 30(2): 123-132.
- Nurismanto, R., T. Mulyani dan D.I.N. Tias. 2014. Pembuatan Asam Cuka Pisang Kepok (*Musaparadisiaca L.*) dengan Kajian Lama Fermentasi Dan Konsentrasi Inokulum (*Acetobacteracetii*). *Jurnal Rekapangan*. 8(2):149-155.
- Putri, A.G.S.I.M., G.P. Ganda-Putra dan W. Arnata. 2016. Pengaruh Penambahan Inokulum *Saccharomyces cerevisiae* Dan Lama Fermentasi terhadap Karakteristik Cuka Fermentasi dari Cairan Pulpa Hasil Samping Fermentasi Biji Kakao (*Theobroma Cacao L.*). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 4(3):71-84.

- Sandana, F.B., D, Rawung., M, Lodong., dan C, Mamuja. 2011. Penentuan Umur Simpan Sirup Pala Menggunakan Metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) Dengan Pendekatan Arrhenius. Skripsi S1. Tidak dipublikasikan. Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Sam Ratulangi, Sulawesi Utara.
- SNI 01-3711-1995. Standar Nasional Indonesia (SNI) Cuka Makan. Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- SNI 01-4371-1966. Standar Nasional Indonesia (SNI) Cuka Fermentasi. Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- Sudarmadji, S., B. Haryono dan Suhardi. 1989. Analisis Bahan Pangan dan Hasil Pertanian. Liberty, Yogyakarta.
- Susilowati, A., dan P. A. Wati. 2001. Kajian Awal Pembuatan "Vinegar" dari Air Kelapa dan Limbah Cair Pembuatan "Nata de Coco" dengan Metode "Quick Process". Biosmart. 3(2):13-17.
- Waluyo, S. 1984. Beberapa Aspek Tentang Pengolahan Vinegar. Dewaruci Press, Jakarta.
- Wartini, N.M., L.P. Wrasati dan A.A.M.D. Anggreni. 2014. Petunjuk Praktikum Pengetahuan Bahan Pangan. Jurusan Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Udayana. Bukit Jimbaran.
- Yellisa, M. 2014. Produksi Asam Asetat Secara Fermentasi. http://www.slideshare.net/meidina_yellisa/produksi-asam-asetat-secara-fermentasi. Diakses tanggal 7 Februari 2017.