

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

Shelf Life Study of Cocoa Vinegar Using Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) Method Based on Arrhenius Approach

G.P. Ganda Putra dan Ni Made Wartini

PS. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Badung-Bali

Diterima 15 Pebruari 2018 / Disetujui 01 Maret 2018

ABSTRACT

Liquid pulp by-product of fermentation of cocoa beans can be processed into cocoa vinegar. Cocoa vinegar as a new food product needs to be determined its shelf life. The objectives of this study were: (1) to know the stability of cacao vinegar distillate products during storage, and (2) to determine the shelf life of cocoa vinegar distillate using Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) method based on Arrhenius approach for determination of expired period of product. In this study, the storage of cocoa vinegar distillate for 10 weeks at three different temperatures, namely: 28oC, 40oC, and 50oC, and each experiment was done twice repeated. Weekly observations were done on the characteristic parameter of cocoa vinegar distillate. The results obtained show that: (1) during storage there is a decrease in acetic acid concentration, but an increase in pH, TSS and clarity value (OD600) of cocoa vinegar distillate; (2) the determination of shelf life is based on pH characteristics with equation of $\ln k = -2217.2 (1/T) + 5.1875$, which shelf life at temperatures: 10oC, 20oC, 28oC, 40oC, and 50oC respectively: 35.28 weeks (8.23 months), 27.01 weeks (6.30 months), 22.09 weeks (5.15 months), 16.65 weeks (3.89 months), and 13.37 weeks (3.12 months). The data of shelf life may be used to specify the expiration period, which must be included in the packaging label.

Keywords : *cocoa vinegar, shelf life, ASLT, Arrhenius*

ABSTRAK

Cairan pulpa hasil samping fermentasi biji kakao dapat diproses menjadi produk cuka kakao. Cuka kakao sebagai produk pangan baru perlu ditentukan umur simpannya. Tujuan penelitian ini adalah : (1) mengetahui stabilitas produk distilat cuka kakao selama penyimpanan, dan (2) menentukan umur simpan distilat cuka kakao menggunakan metode Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) dengan pendekatan Arrhenius untuk penetapan masa kedaluwarsa produk. Pada penelitian ini dilakukan penyimpanan distilat cuka kakao selama 10 minggu pada tiga suhu yang berbeda, yaitu: 28oC, 40oC, dan 50oC, serta masing-masing percobaan dikerjakan dua kali ulangan. Pengamatan tiap minggu dilakukan terhadap parameter karakteristik distilat cuka kakao. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa: (1) selama penyimpanan terjadi penurunan kadar asam asetat, tetapi terjadi peningkatan pada pH, TPT dan nilai kejernihan (OD600) produk distilat cuka kakao, (2) penetapan umur simpan didasarkan atas

*Korespondensi Penulis:
Email: gandaputra@unud.ac.id

karakteristik pH dengan persamaan $\ln k = -2217,2 (1/T) + 5,1875$, yang menghasilkan umur simpan pada suhu: 10oC, 20oC, 28oC, 40oC, dan 50oC berturut-turut adalah: 35,28 minggu (8,23 bulan), 27,01 minggu (6,30 bulan), 22,09 minggu (5,15 bulan), 16,65 minggu (3,89 bulan), dan 13,37 minggu (3,12 bulan). Data umur simpan tersebut dapat digunakan untuk menetapkan masa kedaluwarsa, yang wajib dicantumkan dalam label kemasan.

Kata kunci : cuka kakao, umur simpan, ASLT, *Arrhenius*.

PENDAHULUAN

Cairan pulpa merupakan limbah hasil samping fermentasi biji kakao. Selama fermentasi dihasilkan cairan pulpa 12-17% dari berat biji kakao (Ganda-Putra *dkk.*, 2008; Ganda-Putra dan Wartini, 2014; Ganda-Putra dan Wartini, 2016). Potensi cairan pulpa yang cukup besar tersebut selama ini hanya dibuang begitu saja disekitar tempat pengolahan sehingga berdampak buruk dan mengotori lingkungan. Cairan pulpa dapat dimanfaatkan untuk membuat minuman terfermentasi, seperti asam cuka (Efendi, 2002), wine kakao, (Duarte *et al.*, 2010), dan minuman baru berbasis kakao kefir (Puerari *et al.*, 2012). Cuka kakao yang dihasilkan dari cairan pulpa juga mengandung senyawa bioaktif fenolik (Da-Silva *et al.*, 2014), sehingga dapat memberi efek fungsional yang bermanfaat positif bagi kesehatan. Asam cuka atau vinegar terutama digunakan sebagai bahan penimbul citarasa dan aroma, untuk pengawetan buah dan sayuran, dan digunakan sebagai bahan pengasam makanan (“acidulan”). Asam asetat sebagai produk fermentasi mempunyai banyak keunggulan dibandingkan dengan asam cuka atau asam asetat sintetik karena asam asetat sintetik tidak mempunyai senyawa-senyawa aseton, diasetil, etanol, dan beberapa macam ester asetat (Kunkee and Amerine, 1970).

Asam cuka dapat dibuat melalui fermentasi 2 tahap (anaerob dan aerob). Fermentasi anaerob menghasilkan alkohol dengan inokulum yeast *Saccharomyces cerevisiae*, sedangkan fermentasi aerob untuk merubah alkohol menjadi asam cuka digunakan bakteri *Acetobacter aceti*. Selain itu, asam cuka juga

dapat dihasilkan melalui fermentasi 1 tahap (aerob) dengan penambahan sumber karbon berupa alkohol. Seperti pada produksi cuka kakao, hasil terbaik diperoleh dari metode fermentasi 1 tahap (aerob) menggunakan inokulum *Acetobacter aceti* FNCC₀₀₁₆, dengan penambahan alkohol 10% pada suhu kamar selama 25 hari (Ganda-Putra *dkk.*, 2015) dan selama 30 hari pada skala industri rumah tangga (*scale up*) (Ganda-Putra *dkk.*, 2016).

Cuka kakao yang dihasilkan masih perlu dimurnikan untuk dapat dikonsumsi, diantaranya dengan proses distilasi untuk mendapatkan produk distilat cuka kakao. Cuka kakao sebagai produk pangan baru perlu ditetapkan umur simpannya untuk jaminan keamanan dan kualitas produk. Secara garis besar penentuan umur simpan produk dapat ditetapkan dengan dua metode yaitu *Extended Storage Studies* (ESS) dan *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT). ESS adalah penentuan umur simpan dengan cara menyimpan suatu seri produk pada kondisi normal sehari-hari sambil dilakukan pengamatan terhadap penurunan mutunya hingga mencapai mutu kadaluwarsa. Adapun pendugaan umur simpan dengan metode ASLT selain memiliki akurasi yang cukup tinggi juga bersifat lebih efisien karena melakukan percepatan (*acceleration*) reaksi penurunan mutu produk (Ellis, 1994). Dalam metode ASLT dengan pendekatan *Arrhenius*, suhu berperan sebagai parameter kunci penentu kerusakan, karena semakin tinggi suhu kerusakan semakin cepat. Beberapa kajian penetapan umur simpan dengan metode tersebut telah dilakukan, seperti: umur simpan cuka apel selama 24 bulan pada suhu ruang (25°C) (Sina dan Yuwono, 2013), minuman sari akar alang-alang selama 44 hari (27°C) dan 41

hari (30°C) (Anagari *dkk.*, 2011), tape ketan hitam khas Mojokerto selama 536.4 hari (30°C); 312.2 hari (40°C); dan 213.5 hari (50°C) (Haryati *dkk.*, 2015). Penentuan umur simpan akan dapat digunakan untuk penetapan masa kedaluwarsa produk yang akan dicantumkan dalam label kemasan, sehingga dapat memberi kepercayaan kepada konsumen.

Berkenaan dengan hal tersebut dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk : 1) mengkaji stabilitas produk cuka kakao selama penyimpanan dan 2) menentukan umur simpan cuka kakao menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) dengan pendekatan *Arrhenius*.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah cairan pulpa hasil samping fermentasi biji kakao selama 1-3 hari, yang diperoleh dari petani di Desa Angkah, Kecamatan Selemadeg Barat, Kabupaten Tabanan, Bali. Bahan lain adalah alkohol, isolat *Acetobacter acetii* FNCC₀₀₁₆ (diperoleh dari Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM, Yogyakarta), pepton, ekstrak khamir, media NA, NB dan media PDA merek "Oxoid", sukrosa, diamonium hidrogen fosfat, Nabisulfit, asam oksalat, indikator pp 1%, glukosa anhidrat, seta bahan kimia untuk analisis hasil.

Peralatan yang digunakan diantaranya : wadah fermentasi (ember plastik), timbangan, pengaduk magnetik, water bath, pH meter, spektrofotometer, hand refraktometer, oven inkubator, alat distilasi, kertas saring, aerator aquarium, botol sampel, dan alat-alat gelas untuk analisis.

Metode Penelitian

a. Pembuatan inokulum *Acetobacter aceti*

Sebanyak 13 gram media NB di-larutkan dalam 1 liter akuades panas dan selanjutnya dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Biakan murni *Acetobacter acetii* yang berumur 48 jam

sebanyak 2 ose diinokulasikan dalam 10 ml media cair aktivasi secara aseptis kemudian diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C. Sebanyak 10 ml kultur dalam media cair aktivasi tersebut dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi 100 ml media cair aktivasi secara aseptis, diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C. Kultur tersebut kemudian diinokulasikan ke dalam 1000 ml cairan pulpa beralkohol, diinkubasi selama 36 jam pada 37°C dan digunakan sebagai inokulum, serta ditetapkan kerapatan sel pada OD₆₆₀.

b. Preparasi cairan pulpa

Cairan pulpa hasil samping fermentasi biji kakao selama 1-3 hari disiapkan sebanyak 60 l disiapkan untuk masing-masing ulangan/kelompok. Cairan pulpa disaring dengan kain saring untuk memisahkan kotoran-kotoran yang ada. Selanjutnya dipasteurisasi dalam panci pada suhu 65°C selama 30 menit untuk mematikan mikroba awal.

c. Fermentasi cairan pulpa

Substrat cairan pulpa tersebut difermentasi dengan metode fermentasi asam asetat (1 tahap), dengan penambahan alkohol 10% menggunakan inokulum *Acetobacter aceti* sebanyak 15% (v/v) selama 30 hari pada suhu kamar dalam kondisi aerob. Kondisi aerob dibuat dengan cara mengalirkan udara melalui selang plastik menggunakan aerator aquarium. Selanjutnya produk cuka kakao dikemas dalam botol sampel.

d. Distilasi cuka kakao

Produk sampel cuka kakao didistilasi pada suhu air mendidih (distilasi sederhana). Distilasi dihentikan setelah diperoleh sekitar 80-90% (v/v) distilat cuka kakao dari volume sampel awal.

e. Penetapan karakteristik mutu awal dan akhir penyimpanan

Produk distilat cuka kakao dimasukkan dalam botol plastik masing-masing 100 ml

disimpan pada suhu kritis (50°C) dan dilakukan analisis awal sebelum penyimpanan. Selama penyimpanan diamati secara berkala tiap 7 hari sekali mulai hari ke-0 hingga panelis menolak melalui uji organoleptik yang meliputi warna, aroma, dan rasa. Produk dinyatakan ditolak apabila lebih dari 50% panelis menolak. Jumlah panelis yang digunakan sebanyak 15 orang. Saat mutu cuka fermentasi ditolak, maka dilakukan analisis karakteristik mutunya. Karakteristik mutu yang dianalisis meliputi : kadar asam asetat, pH, TPT, dan kejernihan (OD_{600}) (SNI 01-4371-1996).

f. Penentuann umur simpan dengan metode ASLT pendekatan *Arrhenius*

Produk distilat cuka kakao dikelompokkan menjadi 3 dan disimpan pada suhu berbeda yaitu 28 (suhu kamar), 40 dan 50°C. Selanjutnya dilakukan analisis karakteristik mutu secara berkala pada masing-masing suhu penyimpanan setiap 7 hari sekali, meliputi : kadar asam asetat, pH, TPT, dan kejernihan (OD_{600}) (SNI 01-4371-1996).

Data hasil analisis produk diplotkan terhadap waktu dan diperoleh persamaan regresi liniernya, kemudian diperoleh tiga persamaan regresi untuk 3 kondisi suhu penyimpanan dengan menggunakan $y = a + bx$, dimana y = nilai karakteristik distilat cuka kakao, x = waktu penyimpanan (minggu), a = nilai karakteristik mutu distilat cuka kakao pada awal penyimpanan dan b = laju perubahan nilai karakteristik. Dari 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 yang mempunyai nilai R^2 terbesar.

Untuk 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 kal/mol.°K). Dari persamaan tahap kelima diperoleh nilai konstanta k_0 yang merupakan faktor eksponensial dan nilai energi aktivasi reaksi perubahan karakteristik distilat cuka kakao ($E_a = E$). Kemudian ditentukan model persamaan laju reaksi (k) perubahan karakteristik distilat cuka kakao dengan $k = k_0.e^{-E/RT}$. Setelah didapatkan persamaan *Arrhenius*, dapat dihitung nilai konstanta *Arrhenius* (k) pada suhu (T) penyimpanan yang ditentukan. Penentuan parameter kunci dengan melihat parameter yang mempunyai energi aktivasi terendah.

Umur simpan distilat cuka kakao 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 $t_s = (\ln A_0/A)/k$. Untuk penentuan umur simpan pada suhu normal adalah dengan memasukan nilai suhu (konversi °C menjadi °K) ke dalam persamaan $\ln k = \ln k_0 - (E/R) (1/T)$ dan didapat nilai, kemudian nilai k dimasukkan ke dalam persamaan orde reaksi untuk mendapatkan umur simpan distilat cuka kakao. Data umur simpan akan digunakan untuk penetapan masa kedaluwarsa produk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Awal dan Akhir Penyimpanan

Penetapan karakteristik mutu akhir penyimpanan didasarkan atas hasil uji organoleptik, yaitu produk dinyatakan ditolak apabila lebih dari 50% panelis menolak. Hasil uji organoleptik distilat cuka kakao berupa penerimaan atau penolakan berdasarkan atribut warna, aroma, dan rasa selama penyimpanan pada suhu kritis (50°C) oleh 15 orang panelis, disajikan pada Tabel 3.1.

Dari Tabel 3.1. dapat dikemukakan bahwa terjadi peningkatan prosentase penolakan

terhadap produk distilat cuka kakao dengan makin lama waktu penyimpanan. Hal demikian terjadi karena makin lama waktu penyimpanan, lebih-lebih pada suhu kritis, akan menyebabkan kerusakan produk meningkat. Penolakan produk yang melebihi 50% panelis terjadi pada penyimpanan 10 minggu, sehingga karakteristik mutu produk tersebut dapat digunakan sebagai mutu akhir penyimpanan. Sementara itu karakteristik mutu awal distilat cuka kakao adalah karakteristik produk hasil distilasi cuka kakao atau karakteristik mutu pada penyimpanan 0 minggu.

Tabel 3.1. Data uji organoleptik distilat cuka kakao selama penyimpanan pada suhu kritis (50°C) oleh 15 orang panelis

Waktu Penyimpanan (minggu)	Menerima	Menolak	% Menolak
0	15	0	0,00
1	15	0	0,00
2	14	0	0,00
3	14	1	6,67
4	13	2	13,33
5	12	3	20,00
6	11	4	26,67
7	10	5	33,33
8	9	6	40,00
9	8	7	46,67
10	7	8	53,33

Karakteristik distilat cuka kakao pada awal (0 minggu) sebagai Ao dan akhir penyimpanan (10 minggu) sebagai At, meliputi : kadar asam asetat, pH, Total Padatan Terlarut (TPT) dan

kejernihan (OD_{600}), seperti disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Karakteristik distilat cuka kakao pada awal dan akhir penyimpanan

No.	Karakteristik	Nilai awal (Ao)	Nilai akhir (At)
1.	Kadar asam asetat (%)	3,20	1,47
2.	pH	2,30	4,80
3.	TPT (°Brix)	0,10	1,90
4.	Kejernihan (OD_{600})	-0,030	0,039

Dari Tabel 3.2. menunjukkan terjadinya perubahan nilai dari tiap karakteristik mutu saat akhir penyimpanan pada suhu kritis jika dibandingkan dengan nilai awal atau saat sebelum disimpan pada suhu kritis (50°C). Kadar asam asetat turun dari 3,20% menjadi 1,47%; pH naik dari 2,30 menjadi 4,80; TPT naik dari 0,10 °Brix menjadi 1,90 °Brix; dan kejernihan (OD_{600}) naik dari nilai A = -0,030 menjadi A = 0,039.

Stabilitas Karakteristik Cuka Kakao Selama Penyimpanan

a. Kadar asam asetat

Kadar asam asetat distilat cuka kakao yang disimpan selama 10 minggu pada tiga kondisi suhu penyimpanan semakin menurun. Suhu penyimpanan lebih tinggi mengakibatkan laju penurunan kadar asam asetat juga makin tinggi. Persamaan regresi penurunan kadar asam asetat distilat cuka kakao selama penyimpanan pada orde nol dan satu disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Persamaan regresi penurunan kadar asam asetat cuka kakao selama penyimpanan 10 minggu pada orde nol dan orde satu

Suhu		Persamaan Regresi		R^2	
(°C)	(°K)	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu
28	301	$y = -0,0612x + 3,1716$	$y = -0,0213x + 1,1570$	0,9738	0,9757
40	313	$y = -0,1378x + 3,1414$	$y = -0,0566x + 1,1639$	0,9888	0,9931
50	323	$y = -0,1663x + 3,0047$	$y = -0,0766x + 1,1298$	0,9717	0,9932

Dari Tabel 3.3. nampak bahwa perubahan kadar asam asetat distilat cuka kakao pada suhu penyimpanan 28, 40, dan 50°C (301, 308 dan 318°K) mengikuti reaksi orde satu, karena semua nilai R^2 orde satu lebih besar daripada orde nol. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi perubahan kadar asam asetat cuka kakao selama penyimpanan mengikuti kinetika eksponensial. Kinetika eksponensial berarti pada awal penyimpanan sampai satu titik akan mengalami penurunan kadar asam asetat yang sebanding dengan waktu penyimpanan dan setelah

beberapa waktu tertentu (titik tertentu) kadar asam asetat akan cenderung konstan,

b. pH

Derajat keasaman (pH) distilat cuka kakao yang disimpan pada tiga kondisi suhu penyimpanan semakin meningkat. Suhu penyimpanan lebih tinggi mengakibatkan laju peningkatan pH juga makin tinggi. Persamaan regresi linier peningkatan pH distilat cuka kakao selama penyimpanan orde nol dan orde satu disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Persamaan regresi linier peningkatan pH cuka kakao selama penyimpanan orde nol dan orde satu

Suhu		Persamaan Regresi		R ²	
(°C)	(°K)	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu
28	301	$y = 0,1022x + 2,2941$	$y = 0,0335x + 0,8541$	0,9917	0,9851
40	313	$y = 0,1669x + 2,3471$	$y = 0,0467x + 0,9037$	0,9967	0,9852
50	323	$y = 0,1853x + 2,4588$	$y = 0,0484x + 0,9566$	0,9892	0,9777

Dari Tabel 3.4 nampak bahwa perubahan pH cuka kakao pada suhu penyimpanan 30, 40, dan 50°C (303, 308 dan 318°K) mengikuti reaksi orde nol, karena semua nilai R^2 orde nol lebih besar daripada orde satu. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi perubahan pH distilat cuka kakao selama penyimpanan mengikuti kinetika linier atau laju peningkatan pH-nya konstan dan bila diplotkan akan membentuk garis linier.

c. Total padatan terlarut (TPT)

TPT distilat cuka kakao yang disimpan pada tiga kondisi suhu penyimpanan semakin meningkat. Suhu penyimpanan lebih tinggi mengakibatkan laju peningkatan TPT juga makin tinggi. Persamaan regresi linier peningkatan TPT distilat cuka kakao selama penyimpanan orde nol dan orde satu disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Persamaan regresi linier peningkatan TPT cuka kakao selama penyimpanan orde nol dan orde satu

Suhu		Persamaan Regresi		R ²	
(°C)	(°K)	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu
28	301	$y = 0,1027x + 0,0409$	$y = 0,2282x - 1,9633$	0,9777	0,9465
40	313	$y = 0,1427x + 0,1045$	$y = 0,2302x - 1,5830$	0,9931	0,8721
50	323	$y = 0,1718x + 0,2682$	$y = 0,2184x - 1,1878$	0,9835	0,7351

Dari Tabel 3.5 nampak bahwa perubahan TPT distilat cuka kakao pada suhu penyimpanan 30, 40, dan 50°C (303, 308 dan 318°K) mengikuti reaksi orde nol, karena semua nilai R^2 orde nol lebih besar daripada orde satu. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi perubahan TPT distilat cuka kakao selama penyimpanan mengikuti kinetika linier atau laju peningkatan TPT-nya konstan dan bila diplotkan akan membentuk garis linier,

c. Kejernihan (OD_{600})

Kejernihan (OD_{600}) distilat cuka kakao yang disimpan pada tiga kondisi suhu penyimpanan semakin meningkat nilai absorbansinya (Lampiran 1.4). Suhu penyimpanan lebih tinggi mengakibatkan laju peningkatan nilai OD_{600} juga makin tinggi. Persamaan regresi linier peningkatan nilai OD_{600} distilat cuka kakao selama penyimpanan orde nol dan orde satu disajikan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6. Persamaan regresi linier peningkatan nilai absorbansi pada OD_{600} cuka kakao selama penyimpanan orde nol dan orde satu

Suhu		Persamaan Regresi		R^2	
(°C)	(°K)	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu
28	301	$y = 0,0034x - 0,0236$	$y = 0,8047x - 12,554$	0,9290	0,9574
40	313	$y = 0,0050x - 0,0245$	$y = 0,1928x - 5,6273$	0,9815	0,9918
50	323	$y = 0,0062x - 0,0205$	$y = 0,1657x - 4,9014$	0,9643	1,0000

Dari Tabel 3.6 nampak bahwa perubahan nilai OD_{600} distilat cuka kakao pada suhu penyimpanan 30, 40, dan 50°C (303, 308 dan 318°K) mengikuti reaksi orde satu, karena semua nilai R^2 orde satu lebih besar daripada orde nol. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi perubahan nilai OD_{600} cuka kakao selama penyimpanan mengikuti kinetika eksponensial. Kinetika eksponensial berarti pada awal penyimpanan sampai satu titik akan mengalami peningkatan nilai OD_{600} yang sebanding dengan waktu penyimpanan dan setelah

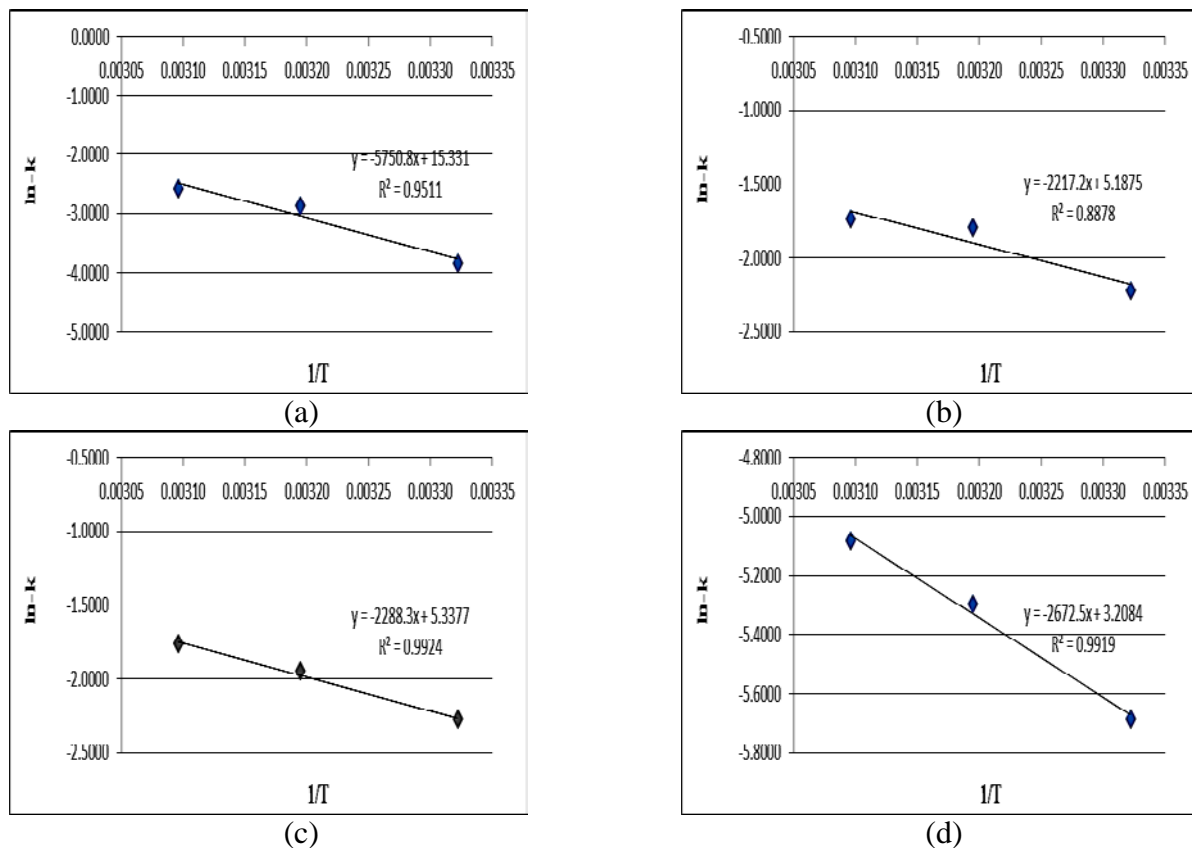
beberapa waktu tertentu (titik tertentu) nilai OD_{600} akan cenderung konstan.

d. Penentuan Umur Simpan

Pada pendekatan *Arrhenius*, nilai k diplotkan terhadap $1/T$ ($^{\circ}K^{-1}$) dan $\ln k$, dimana k adalah nilai slope persamaan regresi untuk karakteristik kadar asam asetat, pH, TPT dan OD_{600} pada masing-masing suhu penyimpanan (Tabel 3.7), sehingga didapatkan persamaan regresi linier, seperti disajikan pada Gambar 3.1.

Tabel 3.7. Parameter *Arrhenius* untuk karakteristik kadar asam asetat, pH, TPT dan OD_{600} pada masing-masing suhu penyimpanan

T(°C)	T(°K)	1/T	k				ln k			
			Ase-tat	pH	TPT	OD_{600}	Asetat	pH	TPT	OD_{600}
28	301	0,00332	0,0213	0,1082	0,1027	0,0034	-3,8490	-2,2238	-2,2759	-5,6840
40	313	0,00319	0,0566	0,1664	0,1427	0,0050	-2,8717	-1,7934	-1,9470	-5,2983
50	323	0,00310	0,0766	0,1764	0,1718	0,0062	-2,5692	-1,7350	-1,7614	-5,0832



Gambar 3.1. Plot regresi linier hubungan antara perubahan (ln-k) kadar asam asetat (a), pH (b), TPT (c), dan OD₆₀₀ (d) selama penyimpanan (1/T)

Berdasarkan persamaan regresi linier plot 1/T (°K) dan ln k yang merupakan persamaan Arrhenius (Gambar 5.1), selanjutnya dapat ditentukan nilai energi aktivasi (Ea) yang diperoleh dari slope persamaan tersebut, Slope

= Ea/R dengan nilai R = 1,986 kal/mol.K, maka Ea = nilai Slope x R. Persamaan Arrhenius dan hasil perhitungan energi aktivasi untuk setiap karakteristik distilat cuka kakao disajikan pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8. Persamaan Arrhenius dan energi aktivasi pada masing-masing karakteristik distilat cuka kakao

No.	Karakteristik	Persamaan Arrhenius	Energi aktivasi (kal/mol)
1.	Kadar asam asetat (%)	$\ln k = -5750,8 (1/T) + 15,331$	11421,0888
2.	pH	$\ln k = -2217,2 (1/T) + 5,1875$	4403,3592
3.	TPT (°Brix)	$\ln k = -2288,3 (1/T) + 5,3377$	4544,5638
4.	Kejernihan (OD ₆₀₀)	$\ln k = -2672,5 (1/T) + 3,2084$	5307,5850

Penentuan umur simpan distilat cuka kakao dihitung menggunakan persamaan regresi linier dari karakteristik yang memiliki nilai energi

aktivasi paling rendah (4403,3592 kal/mol), yaitu pH dengan persamaan Arrhenius $\ln k = -2217,2 (1/T) + 5,1875$. Dari persamaan

tersebut, maka akan diperoleh nilai k sesuai suhu penyimpanan tertentu. Setelah diperoleh nilai k maka dimasukkan ke persamaan untuk menghitung umur simpan sesuai orde reaksi,

yaitu orde nol atau linier, dengan rumus : $t_s = (A_o - A_t)/k$. Hasil perhitungan umur simpan distilat cuka kakao pada suhu penyimpanan tertentu dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9. Hasil perhitungan umur simpan distilat cuka kakao pada suhu penyimpanan tertentu

Suhu Penyimpanan		Nilai k	Umur Simpan (ts)		
T (°C)	T (°K)		Minggu	Hari	Bulan
10	283	0,00353	35,28	247	8,23
20	293	0,00341	27,01	189	6,30
28	301	0,00332	22,09	155	5,15
40	313	0,00319	16,65	117	3,89
50	323	0,00310	13,37	94	3,12

Dari Tabel 3.9, dapat dikemukakan bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan, makin singkat umur simpan produk distilat cuka kakao. Hal demikian terjadi karena pada suhu yang lebih tinggi akan lebih cepat mengalami kerusakan. Kenaikan suhu dapat menyebabkan terjadinya kecepatan reaksi yang lebih besar dimana hal tersebut ditunjukkan oleh kemiringan garis yang semakin tajam dan harga konstanta penurunan mutu yang semakin besar. Jika kecepatan reaksi makin besar maka konsentrasi reaktan dan hasil reaksi akan makin besar pula sehingga produk menjadi semakin cepat rusak atau makin pendek umur simpannya.

KESIMPULAN

Selama penyimpanan produk distilat cuka kakao terjadi penurunan kadar asam asetat, tetapi terjadi peningkatan pada pH, TPT dan nilai kejernihan (OD_{600}). Penetapan umur simpan distilat cuka kakao menggunakan metode ASLT dengan pendekatan *Arrhenius*, didasarkan atas karakteristik pH dengan persamaan $\ln k = -2217,2 (1/T) + 5,1875$, yang menghasilkan umur simpan pada suhu: 10°C, 20°C, 28°C, 40°C, dan 50°C berturut-turut adalah: 35,28 minggu (8,23 bulan), 27,01 minggu (6,30 bulan), 22,09 minggu (5,15

bulan), 16,65 minggu (3,89 bulan), dan 13,37 minggu (3,12 bulan).

DAFTAR PUSTAKA

- Anagari, H., Mustaniroh, S.A. dan Wigyantyo. 2011. Penentuan umur simpan minuman fungsional sari akar alang-alang dengan metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) (Studi Kasus di UKM "R.ROVIT", Batu – Malang). *Agointek* 5 (2) ; 118-125.
- Duarte, W. F., Dias, D. R., Oliveira, J. M., Teixeira, J. A., de Almeida e Silva, J. B., and Schwan, R. F. 2010. Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabirola, jaboticaba and umbu. *LWT— Food Science and Technology*, **43** (10) : 1564–1572.
- Efendi, M. S. 2002. Kinetika fermentasi asam asetat (vinegar) oleh bakteri *Acetobacter aceti* B₁₂₇ dari etanol hasil fermentasi limbah cair pulp kakao. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, **13** (2) : 125 – 135.
- Ellis M.J.. 1994. The Methodology of Shelf Life Determination. *In Shelf Life Evaluation of Foods*. C.M.D. Man and A.A.D. Jones. Blackie Academic and Professional Inc., London .
- Ganda-Putra, G.P., Harijono, Susanto, T., Kuamalaningsih, S., dan Aulani'am 2008.

- Optimasi kondisi depolimerisasi pulp biji kakao oleh enzim poligalakturonase endojinus. *Jurnal Teknik Industri FT-UMM* 9 (1): 24-34.
- Ganda-Putra, G.P., dan Wartini, N.M. 2014. Kajian kuantitas dan karakteristik cairan pulpa hasil samping fermentasi biji kakao menggunakan wadah sistem “termos” sebagai bahan baku asam asetat. *Media Ilmiah Teknologi Pangan* 1 (1) : 31 – 40.
- Ganda-Putra, G.P. Wartini, N.M. dan Darmayanti, L.P.T. 2015. Kajian metode dan waktu fermentasi cairan pulpa hasil samping fermentasi biji kakao untuk produksi cuka fermentasi. Prosiding Semnas Hasil Penelitian Pangan dan Hasil Pertanian. Gajah Mada University Press, ISBN: 978-602-386-074-6, Hal: 223 – 231.
- Ganda-Putra, G.P., Wartini, N.M. dan Ina, P.T. 2015. Pengaruh suhu dan waktu distilasi cairan pulpa hasil samping fermentasi biji kakao terhadap karakteristik distilat cuka fermentasi. *Media Ilmiah Teknologi Pangan* 2 (2) : 55 – 64.
- Ganda-Putra, G.P., dan Wartini, N.M. 2016. Pengaruh penambahan ragi tape selama fermentasi terhadap karakteristik cairan pulpa hasil samping fermentasi kakao untuk produksi cuka makan. *Agrotechno* 1 (1) : 46-50.
- Ganda-Putra, G.P. Wartini, N.M. dan Darmayanti, L.P.T. 2016. Karakteristik produk cuka kakao dan distilat hasil scale up fermentasi dari cairan pulpa. Prosiding Senastek III-2016.
- Haryati, Estiasih, T., Heppy, F. dan Ahmadi, Kgs. 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.
- Kunkee, R.E. and Amerine. M.A. 1970. Yeast technology: yeasts in wine-making. In Rose. A.H. and J.S. Harrison (editors). The Yeasts. Academic Press, London.
- Puerari, C., Magalhães, K.T., and Schwan, R.F. 2012. New cocoa pulp-based kefir beverages: Microbiological, chemical composition and sensory analysis. *Food Research International* 48 : 634–640.
- Sina, M.I. dan Yuwono, S.S. 2013. Pendugaan Umur Simpan Cuka Apel dengan Metode Accelerated Shelf Life Testing dengan Pendekatan Arrhenius. *Majalah Ilmiah Teknologi Pertanian* : 1-8.
- SNI 01-4371-1996. Standar Nasional Indonesia (SNI) Cuka Fermentasi. Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta..