

**PENDUGAAN UMUR SIMPAN EKSTRAK KERING BEKU
BIJI MELINJO KERIKIL (*GNETUM GNEMON* L. ‘KERIKIL’)
BERDASARKAN KADAR SENYAWA RESVERATROL
DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN**

Bambang Kunarto^{1,2}, Sutardi², Supriyanto² dan Chairil Anwar³

¹Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Semarang, Jl. Soekarno-Hatta Semarang 50196

²Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora No. 1 Bulaksumur Yogyakarta 55281

³Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, Jl. Sekip Utara Yogyakarta 55281

Email: bbkunarto@gmail.com

ABSTRAK

Biji melinjo kerikil mengandung resveratrol yang merupakan senyawa turunan stilbenoid dan mempunyai aktivitas antioksidan. Selama penyimpanan, senyawa resveratrol dapat mengalami perubahan berupa oksidasi dan degradasi yang berdampak pada aktivitas antioksidannya. Penelitian ini bertujuan menduga umur simpan ekstrak kering beku biji melinjo kerikil berdasarkan kadar resveratrol dan aktivitas antioksidan (penghambatan radikal DPPH) sebagai indikator kerusakan. Pendugaan umur simpan dilakukan dengan metoda accelerated shelf life test (ASLT). Metoda ini didasarkan pada penyimpanan pada kondisi yang direkayasa sehingga mempercepat yang terjadinya kerusakan. Penyimpanan dilakukan selama 35 hari pada suhu simpan 35°C, 45°C dan 55°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter mutu kritis pada penyimpanan ekstrak kering beku melinjo kerikil adalah aktivitas antioksidan (penghambatan radikal DPPH) karena memiliki energi aktivasi (1301,09 kal/mol) yang lebih rendah dibandingkan energi aktivasi kadar senyawa resveratrol. Umur simpan ekstrak kering beku biji melinjo kerikil pada penyimpanan 35; 45; 55 dan 28°C berturut turut adalah 13,57 hari, 12,67 hari, 11,83 hari dan 14,56 hari.

Kata kunci: melinjo kerikil, umur simpan, resveratrol, antioksidan

ABSTRACT

Bambang Kunarto, Sutardi, Supriyanto dan Chairil Anwar. 2019. Shelf life estimation of melinjo kerikil seeds freeze-dried extract based on resveratrol and antioxidant activity

Melinjo kerikil seeds contain resveratrol which is a stilbenoid derivative compound and has antioxidant activity. During storage, resveratrol can be degraded which have an impact on their antioxidant activity. The aim of this study was to estimate the shelf life of melinjo kerikil seed freeze-dried extract based on resveratrol content and inhibition of DPPH radicals as an indicator of damage. Estimation of shelf life is carried out by the accelerated shelf life test (ASLT). This method is based on storage in conditions that are engineered so as to speed up the occurrence of damage. Storage is carried out for 35 days at the temperature of 35°C, 45°C, and 55°C. The results showed that the critical quality parameter in the storage of melinjo kerikil seed freeze-dried extracts was inhibition of DPPH radicals. This is because the activation energy of inhibition of DPPH radicals is lower than the resveratrol activation energy. The Shelf life of melinjo kerikil seed freeze-dried extract at storage 35; 45; 55 and 28°C respectively were 13.57 days, 12.67 days, 11.83 days and 14.56 days.

Key words: melinjo kerikil, shelf life, resveratrol, antioxidant

PENDAHULUAN

Tanaman melinjo (*Gnetum gnemon* L.) merupakan tanaman tahunan yang dapat tumbuh dengan baik di dataran rendah maupun tinggi dan tersebar luas di Indonesia. Produksi melinjo tahun 2017 sebesar 201.048 ton, yang mana pulau Jawa merupakan pulau penghasil melinjo terbesar¹. Produksi melinjo provinsi Jawa Tengah sebesar 46.009 ton (22,88 persen), Jawa Timur sebesar 33.164 ton (16,50 persen), dan Jawa Barat sebesar 31.324 ton (15,58 persen). Hasil utama tanaman melinjo adalah biji melinjo yang dapat diolah menjadi berbagai ragam produk seperti tepung, kripik, emping atau produk olahan lainnya. Berapa peneliti menyatakan bahwa biji melinjo ternyata mengandung senyawa bioaktif yang berkhasiat antioksidan.

Hasil penelitian Bath dan Yahya² dan Kato et al.³ menunjukkan bahwa biji melinjo mengandung resveratrol yang merupakan senyawa turunan stilbenoid dan bermanfaat bagi kesehatan, antara lain: sebagai antioksidan, antimikroba, anti-karsinogenik, anti-inflamasi, anti-obesitas dan protektor jantung. Brown et al⁴ juga menyatakan bahwa resveratrol dapat membantu mencegah penyakit jantung koroner, menghambat miokard infark, hipertensi, hipertrofi, fibrosis, arterosklerosis dan trombosis. Resveratrol dapat digunakan untuk melawan stres oksidatif pada atherosclerosis, karena mampu mencegah peroksidasi lipid, menghambat penyerapan teroksidasi LDL dan menghambat aktivitas lipoksigenase^{5,6} (Maccarrone et al.⁵; Kovanen dan Pentikäinen⁶).

Pemanfaatan biji melinjo ke dalam makanan atau minuman dalam upaya penerapan resveratrol, baik dalam bentuk utuh maupun irisan sangat tidak efisien. Untuk itu perlu dilakukan ekstraksi resveratrol biji melinjo. Penerapan resveratrol dalam pangan dalam bentuk ekstrak kental masih mempunyai kelemahan, antara lain tidak mudah larut dalam air, sulit terdispersi dalam bahan pangan dan bentuknya pekat sehingga sulit ditangani dan ditimbang secara tepat. Allan et al.⁷ menyatakan bahwa apabila dilarutkan dalam air, resveratrol tidak stabil dan cenderung mengalami isomerisasi. Untuk mengatasi berbagai kendala tersebut hasil ekstrak kental dapat dikeringbekukan, sehingga menjadi ekstrak kering beku biji melinjo.

Selama penyimpanan, senyawa resveratrol dalam ekstrak kering beku biji melinjo dapat mengalami perubahan berupa oksidasi dan degradasi yg berdampak pada aktivitas antioksidannya. Salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi antioksidan adalah suhu.

Peningkatan suhu dapat meningkatkan energi kinetik molekul sehingga molekul bergerak lebih cepat dan berakibat reaksi lebih cepat terjadi. Rahmawati⁸ telah meneliti umur simpan ekstrak beku daun kakao. Hasil penelitian menunjukkan bahwa umur simpan ekstrak kering beku daun kakao pada suhu 28°C selama 35,14 hari pada sampel terpapar UV-C dan 51 hari pada sampel tidak terpapar UV-C.

Pada penelitian ini akan diprediksi umur simpan ekstrak kering beku biji melinjo kerikil pada berbagai suhu berdasarkan pada kadar senyawa resveratrol dan aktivitas antioksidan (penghambatan radikal DPPH) sebagai indikator kerusakan. Menurut Floros dan Gnanasekharan⁹, umur simpan adalah waktu yang diperlukan oleh produk pangan dalam kondisi penyimpanan untuk sampel pada level atau tingkatan degradasi mutu tertentu. Salah satu cara yang digunakan untuk memperkirakan umur simpan adalah metoda *accelerated shelftime test* (ASLT). Metoda ini didasarkan pada penyimpanan pada kondisi yang direkayasa sehingga mempercepat terjadinya kerusakan. Prinsip metode ASLT adalah menyimpan produk pangan pada suhu ekstrim, dimana kerusakan produk pangan terjadi lebih cepat, kemudian umur simpan ditentukan berdasarkan ekstrapolasi ke suhu penyimpanan¹⁰

BAHAN DAN METODA

Bahan dan Alat

Penelitian dilaksanakan bulan Februari sampai Agustus 2018 di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada dan PAU Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Biji melinjo kerikil diperoleh dari daerah Klaten, Jawa Tengah, Indonesia. Melinjo kerikil adalah salah satu varietas melinjo lokal Indonesia yang berbentuk agak bulat dan berukuran sekitar 1,5 cm dan lebar sekitar 1,1 cm. Pada penelitian ini dipilih biji melinjo kerikil yang sudah matang (berumur 75 hari setelah pembungaan) yang ditandai dengan kulit luar berwarna merah. Bahan kimia yang digunakan antara lain: aquadest, etanol (Merck), resveratrol standart (Sigma-Aldrich), toluen (Merck), etil asetat (Merck), asam asetat (Merck) dan DPPH (Sigma-Adrich).

Peralatan yang digunakan antara lain: petridish, inkubator (Mettler IN 175), freeze drier (Edwards Modulyo, United Kingdom), grinder (Maksindo, Indonesia), ayakan (ASTM Standart, Indonesia), timbangan analitik PA 214 (Ohaus, USA), spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Japan), rotary vacuum evaporator (Heidolph, Germany) dan CAMAG TLC Scanner 4 (Mettler, Switzerland)

Metode Penelitian

Maserasi

Kulit luar melinjo kerikil dikupas menggunakan pisau, sedangkan kulit kerasnya dikupas menggunakan kaci. Biji melinjo tanpa kulit dikeringkan menggunakan freeze drier selama 60 jam pada suhu -40°C dan tekanan 10-1 torr. Biji melinjo kerikil kering beku dikecilkan ukurannya menggunakan grinder sampai diperoleh bubuk biji melinjo kerikil berukuran 30 mesh. Bubuk biji melinjo kerikil dikemas dalam wadah kedap udara dan disimpan pada suhu 4°C sampai dipergunakan pakai untuk perlakuan selanjutnya.

Bubuk biji melinjo kerikil dimaserasi sesuai dengan metoda ekstraksi maserasi yang dilakukan oleh Kato *et. al.*³ dengan sedikit modifikasi. Lima puluh gram bubuk biji melinjo kerikil dimaserasi dalam 500 ml etanol 50% selama 48 jam pada suhu ruang. Selanjutnya difiltrasi dan dievaporasi pada kondisi vakum sampai diperoleh ekstrak kental bubuk biji melinjo kerikil. Ekstrak kental dikeringbekukan menggunakan *freeze drier* selama 36 jam pada suhu -40 dan tekanan 10-1 torr. Ekstrak kering beku biji melinjo kerikil disimpan dalam wadah gelap dan kering, sampai dianalisis.

Penetapan kadar resveratrol

Sejumlah 0,1 ml ekstrak dimasukkan ke dalam microtube, lalu ditambah dengan 0,9 ml etanol. Selanjutnya divortex selama 2 menit dan disentrifuge selama 5 menit. Sejumlah 20 µl ekstrak dispoting pada plate silica gel F254 dan dimasukkan dalam fase gerak jenuh sesuai dengan fase gerak yang digunakan oleh Liu *et al.*¹¹, yaitu toluen:etil asetat:asam asetat (15:3:1). Pembacaan densitas dilakukan dengan TLC scanner pada panjang gelombang 303 nm.

Aktivitas antioksidan

Uji aktivitas antioksidan menggunakan penghambatan radikal DPPH sesuai dengan metoda yang dilakukan oleh Savic-Gajic *et al.*¹² dengan sedikit modifikasi. Sejumlah 1 ml larutan etanol-DPPH ditambahkan ke dalam 2,5 ml ekstrak kering beku biji melinjo kerikil yang telah dilarutkan dengan etanol (500 µg/ml). Larutan kontrol dibuat dengan melarutkan 1 ml DPPH dalam 2,5 ml etanol. Selanjutnya sampel diinkubasi selama 30 menit. Absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 517 nm. Penghambatan radikal DPPH dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penghambatan radikal DPPH (\%)} = \frac{(A_k - A_s)}{A_k} \times 100\%$$

Keterangan/*remarks* ;

A_k = Absorbansi kontrol (*absorbance of control*)

A_s = Absorbansi sampel (*absorbance of sample*)

Pendugaan umur simpan

Parameter mutu pada penelitian ini adalah kadar senyawa resveratrol dan aktivitas antioksidan (penghambatan radikal DPPH). Sampel dimasukkan dalam *petridish* dan dibungkus aluminium foil. Selanjutnya disimpan dalam inkubator pada suhu 35°C, 45°C dan 55°C. Pengamatan dilakukan terhadap parameter kadar senyawa resveratrol dan aktivitas antioksidan dengan selang waktu 7 hari selama 35 hari. Data perubahan mutu selama penyimpanan digunakan untuk menentukan umur simpan. Data perubahan mutu diplotkan ke dalam grafik perubahan mutu (sumbu y) versus waktu (sumbu x) sehingga akan didapatkan tiga persamaan linier $y = a + bx$ pada tiap suhu penyimpanan (35°C, 45°C dan 55°C). Orde reaksi ditentukan berdasarkan nilai koefisien determinasi (R²). Orde reaksi dengan nilai R² yang lebih besar merupakan orde reaksi yang digunakan^{13,14,15}. Persamaan Arrhenius didapatkan dari plot $\ln k$ versus invers suhu ($1/T$ dalam °K) sehingga akan dihasilkan persamaan linier $y = a + bx$ atau $\ln k_A = \ln k_0 - E_a/RT$. Energi aktivasi (kal/mol) dihasilkan dari nilai slope (b) pada persamaan Arrhenius dikalikan dengan R (R=1,987 kal/mol°K). Nilai laju reaksi k_A pada suhu tertentu ditentukan dengan memasukkan nilai suhu $1/T$ (°K) kedalam persamaan Arrhenius. Prediksi umur simpan didapatkan dari selisih perubahan mutu awal dan akhir penyimpanan dibagi nilai k_A .

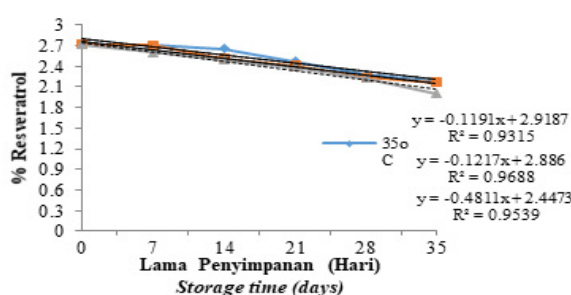
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penurunan kadar resveratrol selama penyimpanan

Selama penyimpanan 35 hari terjadi penurunan kadar resveratrol dalam ekstrak kering beku biji melinjo kerikil (Tabel 1 dan Gambar 1). Semakin tinggi suhu penyimpanan, persentase penurunan resveratrol semakin besar. Hal ini sesuai dengan Schmidt *et al.*¹⁶ dan Liu *et al.*¹⁷ yang menyatakan bahwa resveratrol mengalami degradasi secara kimiawi apabila terpapar suhu tinggi.

Tabel 1. Penurunan resveratrol selama penyimpanan (%)
(Table 1. The decrease of resveratrol during storage) (%)

Lama simpan (hari) (Storage time) (days)	Suhu (temperature)		
	35°C	45°C	55°C
0	2,72±0,01	2,72±0,01	2,72±0,01
7	2,71±0,01	2,70±0,01	2,61±0,01
14	2,66±0,01	2,51±0,01	2,50±0,01
21	2,41±0,01	2,41±0,01	2,40±0,01
28	2,25±0,04	2,24±0,01	2,23±0,01
35	2,19±0,01	2,17±0,01	2,02±0,01
Δ	19,52±0,47	20,07±0,73	25,79±0,07



Berdasarkan penurunan kadar resveratrol maka dapat diketahui konstanta laju reaksi dan orde reaksi. Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa R2 orde satu lebih besar dibandingkan R2 orde nol. Dengan demikian penurunan resveratrol dalam ekstrak kering beku biji melinjo kerikil mengikuti kaidah orde satu^{13,14,15}.

Gambar 1. Penurunan resveratrol ekstrak kering beku
biji melinjo kerikil
(Figure 1. The decrease of resveratrol of melinjo kerikil
seeds freeze-dried extract)

Keterangan/remark:

Δ = penurunan resveratrol (the decrease of resveratrol)

Tabel 2. Penentuan laju reaksi dan orde reaksi penurunan resveratrol
(Table 2. Determination of reaction rates and reaction orders on the decrease of resveratrol)

Lama simpan (hari) (Storage time) (days)	Suhu (temperature)					
	35°C		45°C		55°C	
	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu
	Zero order	First order	Zero order	First order	Zero order	First order
	Resveratrol	ln resveratrol	Resveratrol	ln resveratrol	Resveratrol	ln resveratrol
0	2,72	1,00	2,72	1,00	2,72	1,00
7	2,71	1,00	2,70	0,99	2,61	0,96
14	2,66	0,98	2,51	0,92	2,50	0,91
21	2,42	0,88	2,41	0,88	2,40	0,87
28	2,25	0,81	2,24	0,80	2,23	0,80
35	2,19	0,78	2,17	0,77	2,02	0,70
Slope	-0,13	-0,007	-0,12	-0,009	-0,48	-0,028
Intercept	2,92	1,02	2,88	1,01	2,44	1,07
R2	0,93	0,96	0,96	0,97	0,95	0,96
k	0,13	0,007	0,12	0,009	0,48	0,028

Keterangan/remarks:

R2= koefisien determinasi (coefficient of determination)

k = konstanta laju reaksi (reaction rate constant)

Perubahan penghambatan radikal DPPH

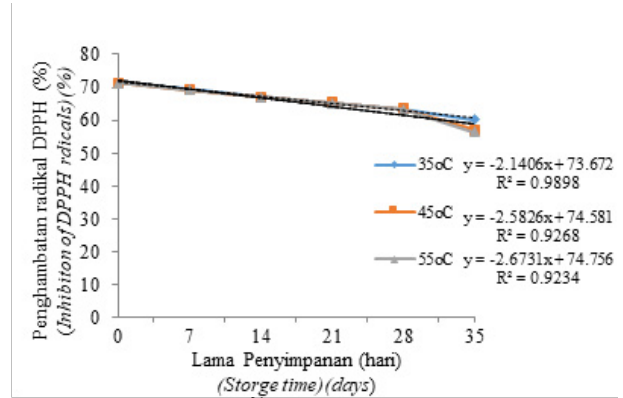
Penghambatan radikal DPPH selama penyimpanan ekstrak kering beku biji melinjo kerikil ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 2.

Tabel 3. Penghambatan radikal DPPH selama penyimpanan
(Table 3. Inhibition of DPPH radicals during storage)

Lama simpan (hari) (storage time) (days)	Suhu (temperature)		
	35°C	45°C	55°C
0	71,33±0,62	71,33±0,62	71,33±0,62
7	69,45±0,32	69,28±0,23	69,07±0,08
14	67,09±0,13	67,07±0,09	67,05±0,06
21	65,50±0,58	65,35±0,16	65,26±0,09
28	63,49±0,37	63,33±0,02	63,20±0,18
35	60,25±0,19	60,06±0,07	56,50±0,70
Δ	15,54±0,47	15,80±0,64	20,80±0,29

Keterangan/remark:

Δ = penurunan nilai penghambatan radikal DPPH (the decrease of inhibition of DPPH radicals)



(Figure 2. Inhibition of DPPH radicals)

Pada Tabel 3 diketahui bahwa penurunan (Δ) penghambatan radikal DPPH pada suhu 35oC, 45oC, 55oC masing masing adalah 15,54±0,47%; 15,89±0,64% dan 20,80±0,24%. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka persentase penurunan penghambatan radikal DPPH semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi oksidasi semakin cepat terjadi pada suhu yang lebih tinggi. Berdasarkan penurunan penghambatan radikal DPPH maka dapat diketahui konstanta laju reaksi dan penentuan orde reaksi. Tabel 4 menunjukkan bahwa

Tabel 4. Penentuan laju reaksi dan orde reaksi penghambatan radikal DPPH

(Table 4. Determination of the reaction rate and order of inhibition of DPPH radicals)

Lama simpan (hari)/ (Storage time) (days)	Suhu (temperature)					
	35°C		45°C		55°C	
	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu
	Zero order	First order	Zero order	First order	Zero order	First order
	P	ln P	P	ln P	P	ln P
0	71,33	4,27	71,33	4,27	71,33	4,27
7	69,45	4,24	69,08	4,24	69,07	4,24
14	67,09	4,21	67,07	4,21	67,05	4,21
21	65,50	4,18	65,35	4,18	65,26	4,18
28	63,49	4,15	63,33	4,15	63,20	4,15
35	60,25	4,10	60,06	4,10	56,50	4,03
Slope	-2,14	-0,0047	-2,58	-0,0049	-2,67	-0,005
Intercept	73,67	4,27	73,65	4,27	74,75	4,28
R2	0,98	0,99	0,92	0,98	0,92	0,94
k.	2,14	0,0047	2,58	0,0049	2,67	0,0054

Keterangan/remarks:

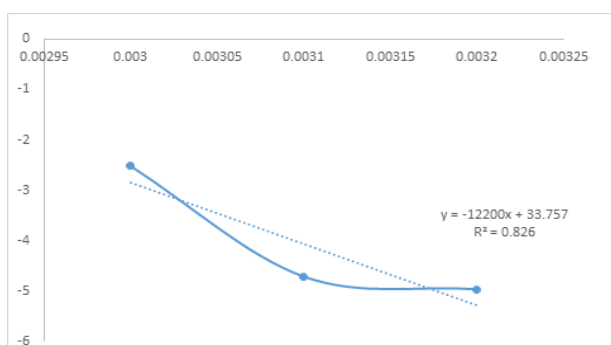
P = penghambatan radikal DPPH (inhibition of DPPH radicals)

R2= koefisien determinasi (coefficient of determination)

k = konstanta laju reaksi (reaction rate constant)

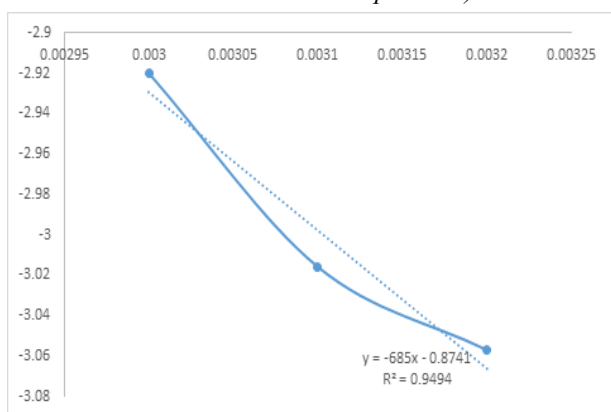
penurunan penghambatan radikal DPPH ekstrak kering beku melinjo kerikil selama penyimpanan mengikuti kaidah orde satu (R^2 orde 1 > R^2 orde 0).

Konstanta laju (k) menggambarkan laju raksi penurunan kadar senyawa resveratrol dan penurunan penghambatan radikal DPPH selama penyimpanan. Nilai k diperoleh dari slope grafik penurunan kadar senyawa resveratrol maupun penurunan penghambatan radikal DPPH selama penyimpanan. Nilai k untuk resveratrol pada suhu 35°C, 45°C dan 55°C masing masing sebesar 0,007; 0,009 dan 0,028 hari-1. Sedangkan nilai k untuk penghambatan radikal DPPH pada suhu 35°C, 45°C dan 55°C masing masing sebesar 0,0047; 0,0049 dan 0,0054 hari-1. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka nilai k semakin besar, artinya kerusakan senyawa resveratrol maupun antioksidan semakin cepat sehingga nilainya semakin kecil. Peningkatan suhu akan meningkatkan energi kinetik molekul, yang menyebabkan molekul bergerak cepat sehingga reaksi berjalan lebih cepat. Untuk mengetahui energi aktivasi reaksi dilakukan dengan plotting nilai k dan suhu (Gambar 3 dan Gambar 4).



Gambar 3. Grafik hubungan laju penurunan resveratrol dan suhu absolut

(Figure 3. Correlation of the decrease of resveratrol rate and absolute temperature)



Gambar 4. Grafik hubungan laju penurunan penghambatan radikal DPPH dan suhu absolut

(Figure 4. Correlation of the decrease of DPPH radical inhibition rate and absolute temperature)

Berdasarkan Gambar 3 diperoleh persamaan Arrhenius untuk penurunan kadar senyawa resveratrol $y = -12200x + 33,76$; $R^2 = 0,83$, sedangkan pada Gambar 4 diperoleh persamaan Arrhenius untuk penurunan penghambatan radikal DPPH $y = -685x - 0,87$; $R^2 = 0,98$.

Pendugaan umur simpan

Energi aktivasi (E_a) penurunan kadar senyawa resveratrol adalah 24241,40 kal/mol. Sedangkan untuk penurunan penghambatan radikal DPPH adalah 1301,09 kal/mol. Nilai energi aktivasi menunjukkan energi minimum yang diperlukan untuk melakukan suatu reaksi kimia. Energi aktivasi yang rendah menunjukkan suatu reaksi akan mudah terjadi. Haryati *et al.*¹⁸ menyatakan bahwa pendugaan umur simpan berdasarkan nilai energi aktivasi terendah. Pada penelitian ini nilai energi aktivasi penurunan penghambatan radikal DPPH lebih rendah dibandingkan dengan energi aktivasi penurunan kadar senyawa resveratrol. Dengan demikian parameter kritis umur simpan ekstrak kering beku biji melinjo kerikil adalah penurunan penghambatan radikal DPPH.

Laju penurunan mutu (k_A) ekstrak kering beku biji melinjo kerikil dapat dihitung dengan cara memasukkan suhu penyimpanan dalam persamaan Arrhenius untuk parameter penurunan penghambatan radikal DPPH. Umur simpan ekstrak kering beku melinjo kerikil (t_s) dihitung dengan cara membagi total penurunan mutu ($P_o - P_t$) dengan laju penurunan mutu (K_A), sesuai dengan ordo satu, yaitu $t_s = [Ln (P_o - P_t) / K_A]$. Menurut Arif¹⁹ dan Moldovan *et al.*²⁰ titik kritis umur simpan untuk senyawa fenol maupun antioksidan dapat diperoleh saat terjadi penurunan sebesar 50% nilai mutu awal. Nilai mutu awal penghambatan radikal DPPH menurut orde satu adalah 71,33%. Berdasarkan perhitungan menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan maka umur simpannya semakin pendek. Umur simpan ekstrak kering beku biji melinjo kerikil pada penyimpanan 35; 45 dan 55°C berturut turut adalah 13,57 hari, 12,67 hari, 11,83 hari. Suhu rata rata ruangan di daerah tropis adalah 28°C. Dengan demikian laju penurunan mutu (k_A) pada suhu 28°C dapat dihitung dengan cara memasukkan suhu tersebut dalam persamaan Arrhenius untuk parameter kritis (penurunan penghambatan radikal DPPH). Dari perhitungan dapat diperoleh nilai k_A sebesar 0,2452 hari-1. Dengan demikian umur simpan ekstrak kering beku biji melinjo kerikil pada suhu 28°C adalah 14,56 hari.

KESIMPULAN

Berdasarkan nilai energy aktivasi (Ea), parameter mutu kritis pada penyimpanan ekstrak kering beku biji melinjo kerikil adalah aktivitas antioksidan (penghambatan radikal DPPH). Umur simpan ekstrak kering beku biji melinjo kerikil pada penyimpanan 35; 45; 55 dan 28°C berturut turut adalah 13,57 hari, 12,67 hari, 11,83 hari dan 14,56 hari.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Pusat Statistik. Statistik Tanaman Buah-buahan dan sayuran Indonesia. 2017.
2. Bhat R, Yahya BN. Evaluating melinjo (*Gnetum gnemon* L.) seed flour quality as a base for development of novel food products and food formulations. *Food Chemistry*. 2014; 156: 42-49.
3. Kato E, Tokunaga Y, Sakan F. Stilbenoids isolated from the seeds of melinjo (*Gnetum gnemon* L.) and their biological activity. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 2009; 57(6): 2544-2549.
4. Brown L, Kroon PA, Das DK, Das S, Tosaki A, Chan V. The biological responses to resveratrol and other polyphenols from alcoholic beverages. *Alcoholism, Clinical and Experimental Research*. 2009; 33: 1513-1523.
5. Maccarrone M, Lorenzon T, Guerrieri P, Agro AF. Resveratrol prevents apoptosis in K562 cells by inhibiting lipoxygenase and cyclooxygenase activity. *Eur. J. Biochem*. 1999; 265(1): 27-34.
6. Kovanen PT, Penttinen MO. Circulating lipoproteins as proinflammatory and anti-inflammatory particles in atherogenesis. *Curr. Opin. Lipidol*. 2003 14: 411- 419.
7. Allan KE, Lenehan CE, Ellis AV. UV light stability of alpha- cyclodextrin/resveratrol host-guest complexes and Isomer stability at varying pH. *Australian Journal of Chemistry*. 2009; 62: 921-926.
8. Rahmawati N. Penentuan umur simpan ekstrak kering beku daun kakao (*Theobroma cacao* L.) berdasarkan kandungan total polifenol dan aktivitas antioksidan. Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. 2018
9. Floros JD, Gnanasekharan V. Shelf Life Prediction of Packaged Foods. Chemical, Biological, Physical And Nutritional Aspects, [G.Charalambous, ed.]. Elsevier Publ. London; 1993.
10. Pranoto Y, Marseno D W, Haryadi. perkiraan umur simpan kacang rendah lemak dilapisi dengan carboxymethyl cellulose menggunakan metode accelerated shelf-life test (ASLT). *AGRITECH*. 2012; 32(3): 301-307.
11. Liu Y, Nan L, Liu J, Yan H, Zhang D, Han X. Isolation and identification of resveratrol producing endophytes from wine grape Cabernet Sauvignon. *Springer Plus*. 2016; 5: 1-13.
12. Savić-Gajić I, Savić IM, Nikolić VD, Nikolić LB, Popsavin MM, Rakic SJ. The improvement of photostability and antioxidant activity of trans-resveratrol by cyclodextrins. *Advanced Technologies*. 2017; 6(2): 18-25.
13. Arif AB, Setyadjit IB, Jamal H, Herawati, Suyanti. Pengaruh penambahan sari cempedak terhadap umur simpan dan nutrisi sari buah nanas. *Jurnal Pascapanen*. 2014;11(1): 30-38.
14. Asiah N, Cempaka L, David W. Panduan praktis pendugaan umur simpan produk pangan. UB Press. 2018.
15. Ahn SI, Kwak HS, Al Mijan M, Jhoo JW, Kim GY, Ra CS. Shelf-life prediction of microencapsulated B-galactosidase powder prepared using enteric double-coating technology. *Journal of food process engineering*. 2017; 41(3):1-8
16. Schmidt BM, Erdman JW, Lila MA. Effects of food processing on blueberry antiproliferation and antioxidant activity. *Journal of Food Science*. 2005; 70: S389-S394.
17. Liu, Y., Fan, Y., Gao, L., Zhang, Y., Yi, J. 2018. Enhanced pH and thermal stability, solubility and antioxidant activity of resveratrol by nanocomplexation with α -lactalbumin. *Food & Function*. 2018; 9: 4781-4790. [doi:10.1039/c8fo01172a].
18. Haryati, Estiasih T, Heppy F, Ahmadi Kgs. Pendugaan umur simpan menggunakan metode Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) dengan pendekatan arrhenius padaproduk tape ketan hitam khas Mojokerto hasil sterilisasi. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2015; 3(1):156-165,
19. Arif AB. Metode accelerated shelf life (ASLT) dengan pendekatan arrhenius dalam pendugaan umur simpan sari buah nanas, pepaya dan cempedak. *Informatika Pertanian*. 2016; 25(2): 189:198.
20. Moldovan B, Popa A, David, L. Effects of storage temperature on the total phenolic content of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) fruit extracts *Journal of applied botany and food quality*. 2016; 89: 208-211.