

**FORMULASI DAN PENENTUAN UMUR SIMPAN *FRUIT LEATHER*
MANGGA (*Mangifera indica* L.) DENGAN PENAMBAHAN KULIT BUAH
NAGA MERAH (*Hylocereus polyrhizus*) MENGGUNAKAN METODE
ACCELERATED SHELF LIFE TESTING MODEL ARRHENIUS**

***Formulation and Shelf Life Determination of Mango Fruit Leather
(Mangifera indica L.) with the Addition of Red Pitaya Peel
(Hylocereus polyrhizus) Using Accelerated Shelf Life Testing Arrhenius Model***

Aisyah Tri Retno Ariadianti^{1*}, Windi Atmaka¹, Siswanto¹

¹ Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan - Fakultas Pertanian - Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36A - Surakarta

*Penulis Korespondensi: email: aisyah_tra@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui formulasi yang tepat untuk membuat *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah dilanjutkan dengan pengamatan kinetika kemunduran mutu dan pendugaan umur simpan. Tiga formulasi terbaik dengan perbandingan mangga dan kulit buah naga merah (400 g:100 g, 425 g:75 g, dan 450 g:50 g) diuji sensoris untuk mendapatkan satu formulasi terpilih. Data yang diperoleh dianalisa menggunakan one way ANOVA, jika berbeda nyata dilanjutkan dengan uji DMRT dengan taraf signifikansi 0.05. Formulasi terpilih dilakukan pengujian sensoris, kadar air, dan aktivitas antioksidan kemudian disimpan pada 3 suhu berbeda yaitu 35 °C, 45 °C, dan 55 °C selama 25 hari. Setiap 5 hari, sampel diuji sensoris dan kadar air untuk diamati kinetika kemunduran mutu. Aktivitas antioksidan diuji pada hari ke nol, batas tolak, dan hari ke-25. Perhitungan umur simpan dihitung berdasarkan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) model Arrhenius. Hasil penelitian diperoleh formulasi terpilih yaitu perbandingan mangga dengan kulit buah naga merah 425 g:75 g ditambah 20% sorbitol, 1% gum arab, dan 0.2% jeruk nipis. Parameter sensoris dan kadar air *fruit leather* semakin menurun seiring bertambahnya waktu dan suhu penyimpanan. Namun aktivitas antioksidan semakin meningkat selama penyimpanan. Berdasarkan model Arrhenius, umur simpan *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah yang dikemas menggunakan aluminium foil yaitu 33 hari pada suhu 30 °C

Kata kunci : Arrhenius, *Fruit Leather*, Kulit Buah Naga Merah, Mangga, Umur Simpan

ABSTRACT

This study aims to determine the exact formula to produce mango fruit leather with the addition of red pitaya peel followed by observation of the quality deterioration kinetics and prediction of shelf life. Best three formulations with ratio of mango and red pitaya peel (400 g:100 g, 425 g:75 g, and 450 g:50 g) were tested for sensory parameter to get one selected formulation. Data were analyzed using one-way ANOVA, if there is a real difference, then followed by DMRT at $\alpha = 0.05$. The selected formulation was analyzed the sensory parameter, water content, and antioxidant activity then stored at three different temperatures 35°C, 45 °C, 55 °C for 25 days. Every 5 days the samples were analyzed for sensory and water content to observe the quality deterioration kinetics. While the antioxidant activity was analyzed on day zero, reject limits, and the 25th day. The shelf life calculation was calculated based on the Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) method Arrhenius model. The result obtained by the ratio of mango and red pitaya peel 425 g:75 g with the addition of 20% sorbitol, 1% gum Arabic, and 0.2% lime is the best formulation for making fruit leather. Sensory parameter and water content of fruit leather declined along with increasing of time and storage temperatures. However, the antioxidant activity increased during storage. Based on Arrhenius model, the shelf life of mango fruit leather with the addition of red pitaya peel packed using aluminium foil is 33 days at 30 °C.

Keywords: *Fruit Leather*, Mango, Red Pitaya Peel, Arrhenius

PENDAHULUAN

Fruit leather merupakan produk awetan buah yang masih mempertahankan cita rasa dari bahan baku yang digunakan dan berkembang pesat di luar negeri. Perkembangan penjualan *fruit leather* sedang meningkat di Amerika dan Eropa Barat, sedangkan di Indonesia sendiri *fruit leather* masih jarang di konsumsi dan belum di produksi secara komersial (Astuti, 2015). Namun demikian, Indonesia mulai mengembangkan produk ini, dilihat dari banyaknya penelitian maupun inovasi pengolahan buah menjadi *fruit leather*. Seperti *fruit leather* pisang tanduk (Fauziah *et al.*, 2015), *fruit leather* mangga (Murdinah, 2010), *fruit leather* jambu mete (Nurlaely, 2002), bahkan dengan mengkombinasikan dengan bahan lain seperti *fruit leather* mengkudu-rosella (Winarti, 2008), *fruit leather* jambu biji merah dan sirsak (Astuti, 2015), *fruit leather* mangga-rosella (Safitri, 2012), dan masih banyak lainnya.

Berbeda dari buah mangga lainnya, mangga arumanis selain memiliki rasa yang manis juga memiliki aroma yang harum ketika sudah matang, sehingga dinamakan arumanis (*Mangifera indica* L.). Daging buah tebal, lunak, berwarna kuning, dan tidak berserat (serat sedikit). Pelok pipih, aroma harum dan tidak begitu berair. Rasanya manis tetapi bagian ujungnya terkadang masih ada rasa asam (Pracaya, 2005). Vitamin A yang tersimpan pada daging buah mangga arumanis sebesar 1.200 IU. Tidak hanya vitamin A, buah mangga juga mengandung vitamin C sebesar 6 mg/100 g, mineral kalsium sebesar 15 mg dan fosfor 9 mg (Godam64, 2015).

Pada pembuatan *fruit leather* diperlukan bahan pembentuk gel, dimana syarat terbentuknya gel yaitu pektin, gula, dan asam (Ikhwal *et al.*, 2014). Kandungan pektin pada buah akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya tingkat kematangan buah. Maka pada penelitian kali ini ditambahkan kulit buah naga merah yang memiliki kandungan pektin cukup tinggi. Selain itu buah naga merah memiliki kemampuan anti radikal yang lebih tinggi dibandingkan buah naga putih. Buah naga merah hanya dimanfaatkan buahnya saja, sedangkan limbah kulitnya yang berjumlah 30-35% berat buah hanya menjadi limbah dan pakan ternak. Selain sebagai antibakteri (Wahdaningsih *et al.*, 2014), terdapat kandungan betasianin sebesar $(150.46 \pm 2.19 \text{ mg/100 g})$ dan pektin sebesar 10.8% (Jamilah *et al.*, 2011). Hasil

percobaan diperoleh bahwa kadar pigmen antosianin dari kulit buah naga merah dengan campuran pelarut aquades ditambah asam sitrat 10%, menghasilkan kadar pigmen antosianin tertinggi 62.68% pada nilai pH 2 dan lama ekstraksi 3 hari (Simanjuntak *et al.*, 2014). Selain Betasianin dan antosianin merupakan senyawa yang memiliki kemampuan sebagai antioksidan. Kulit buah naga merah memiliki aktivitas antioksidan sebesar 53.71% (Pribadi *et al.*, 2014).

Selama penyimpanan makanan dapat mengalami penurunan mutu sehingga menjadi tidak layak lagi untuk dikonsumsi manusia (Kaihatu, 2014). Sehingga untuk menjamin keamanan produk pangan, terutama ketika produk itu telah diproduksi skala industri, perlu dilakukan penentuan umur simpan. Pendugaan umur simpan dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu *Extended Storage Studies* (ESS) dan *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT). 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).

Metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) model Arrhenius ini biasanya digunakan untuk menduga umur simpan makanan yang sensitif terhadap suhu, seperti oksidasi lemak, perubahan warna oleh reaksi pencoklatan, atau kerusakan vitamin C (Kusnandar, 2008). *Fruit leather* merupakan produk semacam selai, kering, dan mudah terjadi reaksi pencoklatan, sehingga penentuan umur simpan *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah ini dilakukan menggunakan metode ASLT model Arrhenius. Adapun parameter fisik utama kerusakan *fruit leather* yang diamati yaitu parameter sensori, kadar air, dan aktivitas antioksidan.

BAHAN DAN METODE

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *cabinet dryer automatic thermo controller* tipe IL-70, timbangan analitik ohaus Adventure TM, vortex merk Heidolph, spektrofotometer UV Mini-1240 Shimadzu, dan inkubator merk autonic tc4s.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah adalah mangga arumanis (mangga matang), kulit buah naga merah (*hylocereus polyrhizus*), sorbitol, jeruk nipis, dan gum arab. Kulit buah naga merah yang digunakan adalah kulit segar. Pada keperluan pengujian aktivitas antioksidan digunakan bahan antara lain larutan DPPH 0.004% dan metanol. Kemasan *fruit leather* selama penyimpanan menggunakan alumunium foil untuk mempertahankan kandungan antioksidan pada *fruit leather*.

Rancangan Percobaan

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari satu faktor yaitu perbandingan jumlah daging buah mangga dengan kulit buah naga merah. Penentuan formulasi *fruit leather* dilakukan berdasarkan uji sensoris parameter overall. Data yang diperoleh dianalisis dengan *One Way ANOVA* dengan $\alpha=0.05$ untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan atau pengaruh pada tiap parameter. Jika terdapat perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada tingkat $\alpha=0.05$. Perhitungan umur simpan dihitung dengan metode ASLT model Arrhenius.

Penentuan Formulasi

Penentuan formulasi berdasarkan trial dan error hingga didapatkan *fruit leather* yang mudah digulung dan tidak mudah sobek, mengacu pada teori Fitantri (2013). Penentuan formulasi ini meliputi perbandingan jumlah daging buah mangga dengan kulit buah naga merah, penentuan ketebalan *fruit leather* berdasarkan Ramadhan (2014), dan penentuan formulasi terpilih berdasarkan Safitri (2012).

Pembuatan *Fruit Leather*

Buah mangga dipilih yang masak dengan ciri fisik yaitu berwarna kuning tetapi teksturnya masih keras. Buah dikupas dan dicuci, mangga dan kulit buah naga merah ditimbang sesuai formulasi terpilih. Kedua bahan tersebut dihancurkan dengan menggunakan blender. Setelah itu, ditambahkan 20% sorbitol, 1% gum arab, dan 0.2% jeruk nipis, kemudian dilakukan pemanasan dengan suhu 70-80 °C selama 2 menit sambil diaduk. Adonan yang telah dicampur dicetak

kedalam loyang yang telah dilapisi plastik PP. Langkah selanjutnya dikeringkan dalam alat pengering yang menggunakan cabinet dryer dengan suhu 60 °C dalam waktu 24 jam. Adonan yang telah kering, dipotong dan dikemas.

Pengamatan Kinetika Kemunduran Mutu

Metode yang digunakan untuk mengamati kinetika kemunduran mutu *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah ini adalah metode ASLT dengan pendekatan Arrhenius. Sampel akan disimpan pada 3 suhu yang berbeda (35 °C, 45 °C, dan 55 °C) di mana suhu yang dipilih merupakan suhu di atas suhu ruang untuk mempercepat laju kerusakan. Parameter yang diamati yaitu kadar air menggunakan metode thermogravimetri (Sudarmadji *et al.*, 1997), aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH (Subagio dan Morita, 2001), dan mutu sensoris menggunakan uji hedonik dengan jumlah panelis 25 orang (Koswara, 2008) yang dilakukan selama 25 hari penyimpanan untuk mendapatkan laju kerusakan sampel. Pada penelitian ini tidak menggunakan sampel kontrol (disimpan pada suhu ruang) untuk menyesuaikan tujuan dari penggunaan metode ASLT tersebut (efisien sampel dan waktu pengamatan). Sebagai pembanding hasil data digunakan studi literatur penelitian yang berkaitan.

Penentuan Umur Simpan

Penentuan umur simpan *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah ditentukan menggunakan persamaan matematika. Penentuan umur simpan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$t_s = \frac{(Q_0 - Q_t)}{k} \dots\dots\dots(1)$$

$$t_s = \frac{\ln(\frac{Q_0}{Q_t})}{k} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan nilai Q_0 sebagai nilai mutu awal, Q_t adalah nilai batas akhir dimana skor sensoris 1-7 dan batas ditolak 3 (minimal 50% jumlah panelis), k sebagai konstanta penurunan mutu, serta t_s sebagai umur simpan (hari).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Formulasi *Fruit Leather* Mangga Dengan Penambahan Kulit Buah Naga Merah

Berdasarkan *trial* dan *error* didapatkan tiga formulasi yang akan diuji sensoris untuk diketahui formulasi terbaik. Ketiga formulasi itu yaitu kulit buah naga merah (400 g:100 g), mangga:kulit buah naga merah (425 g:75 g), dan mangga:kulit buah naga merah (450 g: 50 g) dengan penambahan 20% sorbitol, 1% gum arab, dan 0.2% jeruk nipis (Safitri, 2012). Uji sensoris ini ditujukan untuk mengetahui jumlah penerimaan konsumen terhadap produk *fruit leather* mangga-kulit buah naga merah ketika produk dikomersialkan.

Tabel 1 menunjukkan bahwa ketiga formulasi tidak berpengaruh pada parameter warna, aroma, dan rasa *fruit leather* ditunjukkan dengan huruf superscrip yang sama pada tiap kolomnya. Lain hal dengan parameter tekstur dan overall, perbedaan formulasi berpengaruh pada kedua parameter tersebut. Formulasi 1 berbeda nyata dengan formulasi kedua, tetapi formulasi ketiga tidak berbeda nyata pada kedua formulasi lainnya. Hal ini ditunjukkan dengan huruf superscrip yang berbeda pada tiap kolomnya. F1 adalah perbandingan buah mangga dan kulit buah naga merah sebesar (400 g:100 g), F2 sebesar (425 g:75 g), dan F3 sebesar (450 g:50 g). Ketiga formulasi tersebut hampir semua memiliki skor di atas 4 yang berarti telah diterima panelis. Pada segi warna F2 memiliki skor terendah dibanding formulasi lain, akan tetapi untuk keseluruhan parameter yang diuji F2 memiliki skor tertinggi yaitu sebesar 5.04. Dengan demikian, F2 merupakan formulasi terpilih yang selanjutnya akan diuji dan dihitung umur simpannya.

Mutu Awal *Fruit Leather*

Mutu awal *fruit leather* parameter warna, aroma, rasa, tekstur, dan overall rata-

rata skornya mencapai 6 yang menunjukkan bahwa pada hari ke-0 panelis menyukai *fruit leather* ini. Kadar air *fruit leather* pada hari ke-0 rata-rata sebesar 16.92%, hal ini telah sesuai dengan teori Nurlaely (2002) bahwa *fruit leather* yang baik mempunyai kadar air 10-20%, sedangkan aktivitas antioksidan *fruit leather* pada hari ke-0 sebesar 19%. Pada kulit buah naga terdapat kandungan betasianin sebesar 186.90 mg/100 g berat kering dan aktivitas antioksidan sebesar 53.71% (Pribadi *et al.*, 2014).

Kulit buah naga mengandung pigmen betalain yang mudah terdegradasi, labil terhadap panas, dan memiliki stabilitas struktur yang rendah (Priatni dan Aulia, 2015). Penurunan aktivitas antioksidan tersebut dapat juga disebabkan oleh oksidasi, degradasi thermal, maupun cahaya pada saat pengolahan *fruit leather*. Penurunan ini biasanya terjadi pada antioksidan dalam bentuk vitamin C dan fenolik (Ambarsari *et al.*, 2013).

Ditambahkan pula oleh Farikha *et al.* (2013) bahwa oksidasi antioksidan dapat disebabkan adanya efek seperti cahaya, panas, logam peroksida, atau secara langsung bereaksi dengan oksigen sehingga nilai aktivitas antioksidan mengalami penurunan selama penyimpanan. Mengacu pada teori di atas, pada saat pengolahan *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah melalui proses pengupasan, pemotongan, pencucian dan penghancuran yang memungkinkan terjadinya oksidasi vitamin C pada bahan. Selain itu dilakukan pemanasan dan pengeringan sehingga dapat mendegradasi beberapa senyawa antioksidan.

Kinetika Kemunduran Mutu

1. Sensoris

a. Warna

Perubahan warna *fruit leather* cenderung menjadi coklat dan lebih gelap. Hal ini sesuai

Tabel 1. Skor sensoris tiga formulasi *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah

F	W	A	R	T	O
F1	5.00a	4.22a	4.78a	3.61a	4.43a
F2	4.96a	4.65a	5.26a	4.74b	5.04b
F3	5.09a	4.78a	4.96a	4.35ab	4.91ab

Keterangan : Angka yang diikuti huruf superscrip kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada taraf signifikansi 5%. 1=sangat tidak suka, 2=tidak suka, 3=agak tidak suka, 4=netral, 5=agak suka, 6=suka, 7=sangat suka. F1=400 g:100 g, F2=425 g:75 g, F3 = 450 g: 50 g, W=warna, A=Aroma, R=Rasa, T=Tekstur, O=Overall

dengan penelitian Rahmanto *et al.* (2014) tentang umur simpan *fruit leather* nangka, bahwa warna *fruit leather* nangka selama penyimpanan terjadi perubahan dari warna kuning menjadi coklat dikarenakan reaksi maillard. Azeredo *et al.* (2006) menambahkan bahwa *fruit leather* mangga yang disimpan pada suhu 25 °C selama 6 bulan ketika diuji sensoris 52% panelis menyatakan *fruit leather* mangga menjadi lebih gelap dari idealnya.

Perubahan warna menjadi coklat ini disebabkan karena terjadinya reaksi pencoklatan non enzimatis terutama oksidasi vitamin C selama penyimpanan (Winarti *et al.*, 2015). Vitamin C (asam askorbat) merupakan senyawa reduktor yang dapat bertindak sebagai precursor dalam pembentukan warna coklat non enzimatis. Asam-asam askorbat berada dalam keseimbangan dengan asam dehidroaskorbat. Pada suasana asam cincin lakton asam dehidroaskorbat terurai secara irreversible membentuk diketogulonat dan terjadi proses pencoklatan dan reaksi Maillard (Winarno, 1986), sedangkan warna gelap pada *fruit leather* disebabkan karena selama penyimpanan kadar air *fruit leather* dengan penambahan kulit buah naga merah terus berkurang. Menurut Haryati *et al.* (2015) kadar air dapat memantulkan cahaya sehingga tampak lebih terang. Air yang tersisa pada *fruit leather* kurang bisa meman-

tulkan cahaya, sehingga *fruit leather* tampak lebih gelap.

Data penurunan mutu tersebut kemudian diplotkan pada grafik antara hari pengamatan (x) dan skor sensorisnya (y) untuk orde 0, sedangkan orde 1 menggunakan $\ln$ skor sensoris untuk mendapatkan persamaan regresi linier. Adapun hasil regresi data penurunan warna ditunjukkan pada Tabel 4.

b. Rasa

Parameter rasa masih diterima panelis hingga hari ke-20 untuk suhu 35 °C dan 45 °C, sedangkan suhu 55 °C panelis mulai tidak suka dengan rasa *fruit leather* pada hari ke-15. Menurut penelitian Rahmanto *et al.* (2014), selama penyimpanan *fruit leather* nangka terjadi penurunan rasa buah yang khas pada *fruit leather* tersebut menjadi pahit. Pengeringan menyebabkan terjadinya *case hardening* yang berpengaruh pada warna dan rasa.

Menurut Winarno (1986), perubahan tekstur atau viskositas bahan dapat mengubah rasa dan bau yang timbul karena dapat mempengaruhi kecepatan timbulnya rangsangan terhadap sel reseptor olfaktori dan kelenjar air liur. Semakin kental suatu bahan penerimaan terhadap intensitas rasa, bau, dan cita rasa semakin berkurang. Semakin lama penyim-

Tabel 2. Mutu awal *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah

P	W	A	R	T	O	KA	AA
N	6.32	6.20	6.24	6.60	6.25	16.92%	19%

Keterangan : P=Parameter, N=Nilai, W=Warna, A=Aroma, R=Rasa, T=Tekstur, O=Overall, KA=Kadar Air, AA=Aktivitas Antioksidan

Tabel 3. Skor sensoris parameter warna *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah

Nilai Kesukaan Parameter Warna			
Waktu (Hari)	Suhu		
	(35 °C)	(45 °C)	(55 °C)
0	6.32	6.32	6.32
5	6.24	5.88	5.84
10	5.44	5.20	5.16
15	4.64	4.52	4.40
20	4.52	4.36	4.08
25	4.36	4.04	3.48

Keterangan : 1=sangat tidak suka, 2=tidak suka, 3=agak tidak suka, 4=netral, 5=agak suka, 6=suka, 7=sangat suka

Tabel 4. Persamaan regresi linier parameter warna

T (°C)	Persamaan Regresi Linier		R ²	
	Orde Nol	Orde Satu	Orde Nol	Orde Satu
35	$y = -0.0901x + 6.379$	$y = -0.017x + 1.8604$	0.9197	0.9278
45	$y = -0.0951x + 6.2419$	$y = -0.0187x + 1.8408$	0.9645	0.9754
55	$y = -0.1157x + 6.3257$	$y = -0.0241x + 1.8654$	0.9912	0.9906

Tabel 5. Skor sensoris parameter rasa *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah

Nilai Kesukaan Parameter Warna				
Waktu (Hari)	Suhu			
	(35 °C)	(45 °C)	(55 °C)	
0	6.24	6.24	6.24	
5	5.68	5.36	5.24	
10	5.24	4.80	4.56	
15	4.40	4.36	4.20	
20	4.16	4.12	3.84	
25	3.88	3.64	3.20	

Keterangan : 1=sangat tidak suka, 2=tidak suka, 3=agak tidak suka, 4=netral, 5=agak suka, 6=suka, 7=sangat suka

panan kadar air *fruit leather* akan semakin berkurang dan *fruit leather* pun menjadi keras. Hal tersebut dapat mengurangi intensitas penerimaan rasa oleh sel olfaktori.

Skor awal parameter aroma ini paling rendah daripada parameter sensoris lainnya yaitu sebesar 6.20. Hal ini dikarenakan aroma *fruit leather* mangga ini tidak terlalu kuat. Skor penilaian parameter ini semakin lama semakin menurun baik suhu 35 °C, 45 °C, maupun 55 °C. Menurut panelis aroma *fruit leather* dari ketiga suhu penyimpanan sulit dibedakan, sehingga skor tiap suhunya tidak jauh berbeda. Dalam penelitian Rahmanto *et al.* (2014) terjadi penurunan aroma nangka sebagai bahan baku pada *fruit leather* nangka selama penyimpanan. Penurunan intensitas aroma *fruit leather* juga terjadi pada penelitian Azeredo *et al.* (2006) dari 6.6 menjadi 4.9. Penurunan aroma ini dapat disebabkan karena proses dekomposisi yang berjalan lebih cepat ataupun terjadinya proses difusi ester. Perubahan formasi senyawa ester dan penurunan senyawa aldehid serta alkohol dapat disebabkan oleh dehidrasi uap air, sehingga terjadi perubahan profil komponen volatil (Mulyawanti *et al.*, 2008).

d. Tekstur

Penurunan skor parameter tekstur tidak terlalu besar dibanding parameter sensoris lainnya. Tekstur *fruit leather* yang disimpan pada suhu 35 °C dan 45 °C masih bisa diterima oleh panelis hingga hari ke-25 dengan skor terakhir 5.00 dan 4.68, sedangkan untuk suhu 55 °C panelis mulai agak tidak menyukai pada hari ke-20 yang menunjukkan tekstur *fruit leather* menjadi keras.

Hal ini sesuai dengan penelitian Azeredo *et al.* (2006) bahwa *fruit leather* mangga yang disimpan pada suhu 25 °C selama 6 bulan mengalami penurunan tekstur, 60% panelis menyatakan bahwa *fruit leather* tersebut menjadi lebih keras. Didukung oleh Rahmanto *et al.* (2014) bahwa semakin kecil kadar air *fruit leather* maka tekstur *fruit leather* akan semakin keras dan tidak elastis.

Selain suhu dan lama penyimpanan, penurunan mutu tekstur *fruit leather* ini dipengaruhi oleh kadar air dan sorbitol. Suhu dan lama penyimpanan akan menyebabkan kadar air menurun karena menguap, sedangkan Brockway (1989) berpendapat bahwa produk yang memiliki Aw dan kadar air yang tinggi memiliki tekstur produk yang basah,

empuk, dan mudah dikunyah. Pada produk yang kering atau memiliki kadar air rendah akan menjadi sangat keras dan tidak mudah dikunyah, sehingga semakin lama penyimpanan dan semakin tinggi suhunya maka semakin rendah pula kadar air produk dan teksturnya akan semakin keras (berkurang keplastisannya). Berkurangnya keplastisan tersebut ditunjukkan dengan skor sensoris yang semakin menurun dan panelis menyatakan *fruit leather* semakin keras.

Penurunan mutu tekstur yang tidak signifikan dipengaruhi oleh sorbitol. Sorbitol sebagai humektan berfungsi untuk mengendalikan penyerapan maupun pengurangan air karena kondisi kelembaban yang selalu berubah dengan kecepatan rendah, sehingga dapat menjaga *fruit leather* tetap lembut untuk jangka waktu yang lama (Fardiaz, 1987). Jika humektan berada pada kondisi basah akan mengikat air dan lingkungannya hingga tekanan uap air pada humektan sama dengan lingkungannya. Namun, jika berada pada lingkungan yang kering penguapan berlangsung lambat hingga mencapai keseimbangan dengan lingkungannya (Winarti *et al.*, 2015).

e. Overall

Parameter overall *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga pada hari ke-0 memiliki skor 6.25, selama 25 hari penyimpanan menurun hingga bernilai 4.29 pada suhu 35 °C, 3.39 pada suhu 45 °C, dan 3.32 pada suhu 55 °C. Semakin tinggi suhu penyimpanan skor parameter overall semakin rendah. Parameter ini mewakili keseluruhan parameter sensoris, adapun penyebab penurunan mutunya juga dipengaruhi oleh tiap parameter sensoris lainnya.

Seperti halnya parameter sensoris lainnya, data penurunan mutu yang diperoleh diplotkan pada grafik hubungan antara hari penyimpanan dan skor sensoris untuk menentukan persamaan regresinya. Persamaan regresi tersebut akan digunakan untuk menentukan nilai laju penurunan mutu (*slope*) *fruit leather* dan selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung umur simpannya (Mohamad dan Roheena, 2012). Persamaan regresi linier parameter *overall* ditunjukkan pada Tabel 12.

2. Kadar Air

Tabel 6. Persamaan regresi linier parameter rasa

T (°C)	Persamaan Regresi Linier		R ²	
	Orde Nol	Orde Satu	Orde Nol	Orde Satu
35	$y = -0.0983x + 6.1619$	$y = -0.0199x + 1.8301$	0.9714	0.9788
45	$y = -0.0981x + 5.979$	$y = -0.0205x + 1.7989$	0.9614	0.9834
55	$y = -0.1129x + 5.9581$	$y = -0.0249x + 1.8024$	0.9648	0.9833

Tabel 7. Skor sensoris parameter aroma *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah

Waktu (Hari)	Nilai Kesukaan Parameter Warna		
	Suhu		
	(35 °C)	(45 °C)	(55 °C)
0	6.20	6.20	6.20
5	5.76	5.44	5.32
10	5.12	4.60	4.52
15	4.64	4.24	4.20
20	4.24	4.20	4.16
25	3.52	3.40	3.24

Keterangan : 1=sangat tidak suka, 2=tidak suka, 3=agak tidak suka, 4=netral, 5=agak suka, 6=suka, 7=sangat suka

Kadar air dalam suatu bahan makanan mempengaruhi beberapa atribut mutu makanan. Atribut mutu tersebut antara lain warna (Haryati *et al.*, 2015), aroma (Mulyawanti *et al.*, 2008), tekstur (Brockway, 1989), dan tentunya akan mempengaruhi umur simpan makanan tersebut. Menurut Nurlaeli (2002), *fruit leather* yang baik mempunyai kandungan air 10-20%, nilai Aw kurang dari 0.7.

Kadar air awal *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah sebesar 16.92% terus mengalami penurunan selama penyimpanan. Hingga hari terakhir penyimpanan kadar air *fruit leather* masih bisa diterima. Hal ini dapat dipengaruhi oleh sorbitol pada *fruit leather* yang berfungsi sebagai humektan, di mana sorbitol akan meng-

dalikan penyerapan maupun pengurangan air pada kelembaban atau RH yang berubah-ubah hingga tercapai kondisi kesetimbangan (Winarti, 2008 : Kaihatu, 2014).

Pada suhu penyimpanan 45 °C hari ke 5, kadar air *fruit leather* mengalami kenaikan cukup signifikan menjadi 19.82%. Hal ini terjadi karena faktor eksternal seperti cuaca yang dapat mempengaruhi perubahan RH lingkungan laboratorium yang digunakan untuk penelitian ini. Berdasarkan teori Kaihatu (2014), ketika RH lingkungan sangat tinggi akibat penguapan kadar air sampel maupun faktor eksternal lainnya sehingga kesetimbangan uap air produk dengan lingkungan memiliki kadar air yang tinggi.

Upaya untuk mempertahankan kadar

Tabel 8. Persamaan regresi linier parameter aroma

T (°C)	Persamaan Regresi Linier		R ²	
	Orde Nol	Orde Satu	Orde Nol	Orde Satu
35	$y = -0.1054x + 6.2305$	$y = -0.022x + 1.8493$	0.9945	0.9818
45	$y = -0.1033x + 5.9714$	$y = -0.0221x + 1.8005$	0.9421	0.9530
55	$y = -0.1063x + 5.9352$	$y = -0.0232x + 1.7965$	0.9347	0.9419

Tabel 9. Skor sensoris parameter tekstur *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah

Waktu (Hari)	Nilai Kesukaan Parameter Warna		
	Suhu		
	(35 °C)	(45 °C)	(55 °C)
0	6.60	6.60	6.60
5	6.36	6.24	6.04
10	5.72	5.64	4.76
15	5.56	5.48	4.64
20	5.12	4.76	3.80
25	5.00	4.68	3.56

Keterangan : 1=sangat tidak suka, 2=tidak suka, 3=agak tidak suka, 4=netral, 5=agak suka, 6=suka, 7=sangat suka

Tabel 10. Persamaan regresi linier parameter tekstur

T (°C)	Persamaan Regresi Linier		R ²	
	Orde Nol	Orde Satu	Orde Nol	Orde Satu
35	$y = -0.0679x + 6.5752$	$y = -0.0118x + 1.8875$	0.9657	0.9719
45	$y = -0.0811x + 6.581$	$y = -0.0146x + 1.8916$	0.9696	0.9683
55	$y = -0.1259x + 6.4743$	$y = -0.0257x + 1.8858$	0.9529	0.9678

Tabel 11. Skor sensoris parameter overall *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah

Waktu (Hari)	Nilai Kesukaan Parameter Warna		
	Suhu		
	(35 °C)	(45 °C)	(55 °C)
0	6.25	6.25	6.25
5	6.07	5.64	5.57
10	5.57	5.11	4.89
15	5.07	4.93	4.46
20	5.00	4.86	4.36
25	4.29	3.96	3.32

Keterangan : 1=sangat tidak suka, 2=tidak suka, 3=agak tidak suka, 4=netral, 5=agak suka, 6=suka, 7=sangat suka

Tabel 12. Persamaan regresi linier parameter overall

T (°C)	Persamaan Regresi Linier		R ²	
	Orde Nol	Orde Satu	Orde Nol	Orde Satu
35	$y = -0.0772x + 6.34$	$y = -0.0146x + 1.8564$	0.9666	0.9543
45	$y = -0.0798x + 6.1229$	$y = -0.0158x + 1.8218$	0.9304	0.9186
55	$y = -0.1069x + 6.1448$	$y = -0.0228x + 1.8358$	0.9612	0.9444

Tabel 13. Kadar air (%) *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit

Waktu (Hari)	Suhu (°C)		
	35	45	55
0	16.92	16.92	16.92
5	16.81	19.82	15.70
10	16.60	15.92	15.20
15	16.48	15.21	13.25
20	16.19	14.60	12.91
25	16.09	14.46	12.02

Tabel 14. Aktivitas antioksidan *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah selama penyimpanan

Suhu	Aktivitas Antioksidan (%)	
	Hari ke-0	Batas tolak/hari ke-25
35	19.00	44.79
45	19.00	51.63
55	19.00	52.79

air *fruit leather*, digunakan bahan pengemas yang baik. Pada penelitian kali ini digunakan bahan pengemas berupa aluminium foil. Selain menarik dan mudah dibentuk, aluminium foil mempunyai sifat kedap air yang baik, sehingga laju perpindahan uap air dari lingkungan ke dalam sampel ataupun sebaliknya dapat dikurangi. Aluminium foil juga dapat melindungi sampel dari cahaya sehingga mencegah oksidasi antioksidan dalam *fruit leather*. Sifat tahan terhadap temperatur tinggi sampai di atas 290 °C, tidak berasa, tidak berbau, tidak beracun, dan higienis dapat menambah nilai lebih dari kemasan yang digunakan.

Kemasan foil dapat digunakan untuk mengemas roti, makanan beku, obat-obatan, bahan farmasi, bahan kimia, makanan yang higroskopis, jam, selai dan saos (Rahmawati, 2013). Selama penyimpanan, air dalam *fruit leather* akan menguap, tetapi karena pengemasan yang hermetis membuat uap air tersebut tidak dapat keluar dari kemasan sehingga tertahan di permukaan dalam kemasan dengan terbentuk titik-titik uap air. Kemasan hermetis mampu mempertahankan gas dan uap air yang berasal dari dalam maupun dari luar kemasan (Haryati *et al.*, 2015). Dengan demikian kemasan ini berpengaruh dalam mempertahankan mutu *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah selama penyimpanan.

3. Aktivitas Antioksidan

Seiring bertambahnya suhu, aktivitas antioksidan semakin tinggi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 14. Proses pengolahan makanan dapat mengubah kandungan bahan makanan. Seperti proses pemanasan yang dapat meningkatkan maupun menurunkan kandungan antioksidan tergantung pada tingkat degradasi senyawa polifenol atau terbentuknya produk turunan reaksi selama proses pemanasan. Penurunan ini biasanya terjadi pada antioksidan dalam bentuk vitamin C dan fenolik (Ambarsari *et al.*, 2013).

Ada empat hal yang dapat menyebabkan peningkatan aktivitas antioksidan menurut Morales dan Babel (2002) setelah proses pengolahan. Pertama karena dinding sel rusak akibat panas sehingga komponen antioksidan dapat keluar. Kedua, selama proses pemanasan terjadi reaksi kimia yang dapat menyebabkan terbentuknya senyawa antioksidan yang dapat menangkap radikal bebas. Ketiga, en-

zim-enzim oksidatif diinaktivasi termal sehingga mencegah oksidasi antioksidan. Keempat yaitu, pembentukan senyawa antioksidan non nutrient produk reaksi maillard.

Senyawa antioksidan pada kulit buah naga menurut Ayustaningwarno *et al.* (2014) yaitu vitamin C, senyawa fenolik, flavonoid, dan betasianin yang ikut menyumbangkan pada total fenolatnya. Pada buah mangga terkandung senyawa antioksidan berupa betakaroten, senyawa fenolik, luteol, vitamin C, E, serta beberapa mineral seperti Cu, Zn, Mn, dan Se (Ide, 2010). Senyawa fenolik dan vitamin C tersebut berperan pada penurunan aktivitas antioksidan ketika dilakukan pengeringan *fruit leather*.

Pada senyawa antioksidan yang ada dalam bahan tersebut, senyawa flavonoid dan betakaroten yang berperan dalam peningkatan aktivitas antioksidan *fruit leather*, bahkan sebagian fenolik dapat terekstrak keluar dari jaringan yang disebabkan oleh pemanasan suhu 40-60 °C. Hal ini telah sesuai dengan pendapat Morales dan Babel (2002) poin pertama bahwa aktivitas antioksidan bahan dapat meningkat karena rusaknya dinding sel yang menyebabkan senyawa tersebut terekstrak keluar. Hal ini juga didukung oleh penelitian Kaushik *et al.* (2016) dan Ambarsari *et al.* (2013).

Kaushik *et al.* (2016) meneliti tentang pengaruh *Thermal-Assisted High Pressure Processing* (TAHPP) yang menggunakan suhu 40-60 °C terhadap perubahan warna, total flavonoid, inaktivasi enzim, serta inaktivasi mikroba pada daging buah mangga. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa aktivitas antioksidan pada pulp mangga setelah diberi perlakuan TAHPP meningkat dari 86 menjadi 104% dengan metode DPPH. Hal ini diiringi dengan peningkatan total flavonoid setelah TAHPP dari 98 menjadi 123% akibat efek ekstraksi pada suhu 40-60 °C terhadap flavonoid.

Selain flavonoid, Ambarsari *et al.* (2013) menjelaskan bahwa senyawa antioksidan berupa karotenoid ketika diberi perlakuan panas akan menyebabkan penguraian antioksidan dari komponen matriks tanaman sehingga meningkatkan kapasitas antioksidan. Hal ini didukung oleh Monreal *et al.* (2009) bahwa pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode ABTS pada beberapa sayur, wortel yang kaya akan betakaroten mengalami kenaikan aktivitas antioksidan akibat pengolahan perebusan, pemanggangan, *pressure-cooking*, pemasakan

dengan microwave, penggilingan, dan penggorengan. Pada penelitiannya ditambahkan pula bahwa total fenol bisa saja meningkat karena fenol biasanya tersimpan dalam jaringan selulosa atau pektin sayuran dapat terekstrak akibat proses termal. Selain itu terkadang fenol juga bisa meningkat karena panas dapat memecah struktur supramolekular dan membebaskan ikatan gula glikosidik fenol.

Tidak hanya itu, peningkatan aktivitas antioksidan *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga ini juga disebabkan karena terjadinya reaksi pencoklatan non enzimatis selama penyimpanan. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, oksidasi vitamin C dapat menyebabkan terjadinya pencoklatan non enzimatis dan reaksi Maillard (Winarti *et al.*, 2015; Winarno, 1986). Hal ini telah sesuai dengan pendapat Morales dan Babel (2002).

Menurut Sari *et al.* (2013) reaksi maillard dapat berperan sebagai antioksidan dengan mendonorkan hidrogen (*scavenger*) terhadap radikal bebas sehingga menjadi stabil. Pada penelitiannya aktivitas antioksidan yang tinggi sebanding dengan produk reaksi maillard (PRM) yang dihasilkan dengan menunjukkan warna yang semakin coklat. Pembentuk warna coklat disebabkan adanya senyawa 3-deoksiglukoson yang merupakan senyawa reduktan sekaligus sebagai antioksidan. Hal ini didukung oleh Dedin *et al.* (2006) bahwa 3-deoxyozones dan glucosone merupakan senyawa intermediet yang penting dalam reaksi pencoklatan di mana senyawa tersebut merupakan senyawa antioksidan.

Dedin *et al.* (2006) berpendapat bahwa antioksidan dibentuk pada beberapa tahap selama reaksi maillard, termasuk degradasi senyawa amadori pada amino reduktan dan pembentukan polimer dengan aktivitas antioksidan. Pada tahap akhir terjadi perubahan senyawa karbonil menjadi senyawa yang mempunyai berat molekul tinggi (melanoidin). Senyawa tersebut memiliki aktivitas antioksidan yang cukup besar diduga karena struktur melanoidin yang merupakan suatu polimer yaitu unit pengulangan karbon yang berikatan rangkap dan nitrogen tersier di mana struktur ini terdiri atas reduktan seperti enol dan enaminol sebagai antioksidan. Gugus hidroksil yang terdapat pada melanoidin mampu mengurangi proses oksidasi dengan cara mereduksi logam dan menangkap radikal bebas.

Perhitungan Umur Simpan

Pada pendugaan masa kadaluarsa suatu produk pangan terdapat beberapa faktor yang berpengaruh, seperti bahan baku, kondisi pengolahan, kondisi pengemas, kondisi penyimpanan, distribusi, dan penjualan. Akan tetapi, faktor dominan dalam menentukan umur simpan adalah faktor kritis, yaitu faktor yang menyebabkan kerusakan tercepat (Hariyadi, 2008). Pendapat lain diungkapkan oleh Herawati (2008) yang menyatakan bahwa faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan pada produk pangan menjadi dasar dalam menentukan titik kritis umur simpan. Titik kritis ditentukan berdasarkan faktor utama yang sangat sensitif serta dapat menimbulkan terjadinya perubahan mutu produk selama distribusi, penyimpanan hingga siap dikonsumsi. Energi aktivasi menunjukkan sensitifitas nilai konstanta laju penurunan mutu (k) terhadap perubahan suhu. Nilai k akan semakin sensitif terhadap perubahan suhu seiring dengan nilai energi aktivasi yang semakin kecil (Kusnandar, 2008).

Pengujian umur simpan dapat dilakukan dengan metode *real-time* maupun metode ASLT. Metode *real-time* membutuhkan waktu yang lama, sedangkan dengan metode ASLT membutuhkan waktu yang lebih pendek, karena durasi analisis pendek, kemungkinan ketidakstabilan dalam sistem pengukuran berkurang dibandingkan dengan pengujian stabilitas *real-time*. Pada pengujian menggunakan metode ASLT ini digunakan persamaan Arrhenius yang menggambarkan hubungan antara suhu penyimpanan dan laju penurunan mutu. Penggunaan persamaan Arrhenius, proyeksi stabilitas dari laju penurunan mutu diamati pada suhu tinggi untuk beberapa proses penurunan mutu dapat ditentukan. Ketika energi aktivasi diketahui, laju degradasi pada suhu rendah dapat diproyeksikan pada suhu kritis untuk sampel yang diamati (Bajaj *et al.*, 2012).

Pendugaan umur simpan *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah ini berdasarkan pada penurunan mutu sensoris yang meliputi warna, rasa, aroma, tekstur, dan overall. Data dari penurunan setiap parameter diplotkan terhadap waktu (hari) dan didapatkan persamaan regresi linear. Persamaan regresi tersebut dapat mengetahui nilai laju penurunan mutu *fruit leather* (k), di mana $y = ab + a$, y = nilai

karakteristik produk, x = waktu penyimpanan (hari), b = laju perubahan karakteristik (*slope* = laju penurunan mutu = k), dan a = nilai karakteristik awal produk.

Pada penelitian Roger *et al.* (2014), penentuan penurunan mutu sampel menggunakan model matematika orde nol dan orde 1, yaitu: $-dA/dt = (A)^n$, A merupakan atribut kualitas yang diukur dalam satuan unit, n merupakan orde reaksi, dan k merupakan laju konstan. Baik kerusakan orde nol mau-

pun orde 1 berlaku hubungan $k_1 t_{s1} = k_2 t_{s2}$, di mana k_1 merupakan laju konstan pada T_1 , k_2 merupakan laju konstan pada T_2 , t_{s1} merupakan umur simpan pada T_1 , dan t_{s2} merupakan umur simpan pada T_2 . Pemilihan orde reaksi untuk suatu parameter dilakukan dengan cara membandingkan koefisien determinasi (R^2) tiap persamaan regresi linear pada suhu yang sama). Orde reaksi dengan nilai R^2 yang lebih besar merupakan orde reaksi yang digunakan oleh parameter tersebut (Haryati

Tabel 15. Orde reaksi, nilai k , dan $\ln k$ tiap parameter sensoris

Parameter	Suhu (°C)	Orde	Nilai k	$\ln k$
Warna	35	1	0.0170	-4.074541935
	45		0.0187	-3.979231755
	55		0.0241	-3.725543438
Rasa	35	1	0.0199	-3.917035547
	45		0.0205	-3.887330393
	55		0.0249	-3.692887476
Aroma	35	1	0.0220	-3.81671283
	45		0.0221	-3.81217767
	55		0.0232	-3.76360300
Tekstur	35	1	0.0118	-4.439655748
	45		0.0146	-4.226733750
	55		0.0257	-3.661264287
Overall	35	0	0.0772	-2.561355822
	45		0.0798	-2.528231775
	55		0.1069	-2.235861461

Tabel 16. Persamaan Arrhenius, nilai koefisien k mutlak (k), energi aktivasi (E_a), dan koefisien determinasi (R^2) tiap parameter

Parameter Uji Sensoris	Persamaan Arrhenius	k	E_a (J)	R^2
Warna	$\ln k = -1753.9(1/T) + 1.5926$	0.0100	14581.9	0.9266
		0.0137		
		0.0151		
Aroma	$\ln k = -265.85(1/T) - 2.9609$	0.0202	2210.28	0.7992
		0.0212		
		0.0215		
Rasa	$\ln k = -1123.1(1/T) - 0.2983$	0.0171	9337.45	0.8341
		0.0182		
		0.0036		
Tekstur	$\ln k = -3911.9(1/T) + 8.2003$	0.0072	32523.5	0.9268
		0.0090		
		0.0463		
Overall	$\ln k = -1629.9(1/T) + 2.687$	0.0619	13551	0.8115
		0.0677		

et al., 2015), sehingga diperoleh data seperti pada Tabel 15.

Harapan kualitas sampel masih bisa terpenuhi jika fraksi degradasi cukup kecil. Namun seiring bertambahnya k_t dari waktu ke waktu akan menghantarkan pada waktu di mana harapan tersebut tidak diterima (t_s). Maka dari itu dibuat persamaan regresi linier antara $\ln k$ dengan $1/T$ untuk menentukan umur simpan pada suhu berapapun, sehingga diperoleh persamaan $\ln k = \ln k_0 - (E_a/R)(1/T)$ (Porter, 2012). Nilai yang diperoleh dari plot Arrhenius adalah $y = ax + b$ dimana nilainya sama dengan $\ln k = \ln k_0 - (E_a/R)(1/T)$. Energi aktivasi (E_a) ditentukan dari persamaan linier yang diperoleh yaitu $E_a/R = a$. Selanjutnya dipilih parameter dengan energi aktivasi terkecil, karena semakin kecil energi aktivasinya maka produk akan semakin cepat mengalami kerusakan. Umur simpan dihitung berdasarkan orde reaksinya (Sandana *et al.*, 2014).

$$t_s = (Q_0 - Q_t)/k \quad (\text{Orde Nol})$$

$$t_s = [\ln(Q_0/Q_t)]/k \quad (\text{Orde Satu})$$

(Kusnandar, 2008).

Adapun kriteria dalam pendugaan umur simpan bahan makanan menurut Kusnandar (2008) ada tiga. Pertama, parameter mutu yang mengalami penurunan mutu paling cepat selama penyimpanan yang ditunjukkan dengan nilai koefisien k mutlak yang

paling besar dan atau memiliki nilai koefisien korelasi paling besar. Kedua, yaitu parameter mutu yang paling sensitif terhadap perubahan suhu dilihat dari *slope* pada model Arrhenius atau dilihat dari nilai E_a yang terendah. Ketiga, yaitu apabila terdapat lebih dari satu parameter mutu yang memenuhi kriteria pertama dan kedua maka dipilih umur simpan yang paling pendek.

Parameter overall memiliki nilai konstanta laju penurunan mutu (k) tertinggi yaitu sebesar 0.0677, sedangkan berdasarkan nilai energi aktivasi, parameter aroma memiliki energi aktivasi terendah yaitu sebesar 2210.28 Joule. Parameter overall dan aroma menjadi acuan untuk menghitung umur simpan berdasarkan nilai k tertinggi dan E_a terendah. Perhitungan umur simpan dilakukan pada tiga suhu yang berbeda, yaitu 10 °C sebagai suhu di super market pada umumnya, 25 °C sebagai suhu ruang, dan suhu 30 °C yang diasumsikan sebagai suhu saat pendistribusian yang memungkinkan lebih tinggi daripada suhu ruang. Berdasarkan parameter overall *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah memiliki umur simpan berturut-turut dari suhu 10 °C, 25 °C, dan 30 °C yaitu 70 hari, 52 hari, dan 48 hari, sedangkan berdasarkan parameter aroma *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah memiliki umur simpan 35 hari, 34 hari, dan 33 hari. Berdasarkan kedua parameter tersebut, umur simpan

Tabel 17. Hasil perhitungan umur simpan *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah berdasarkan parameter overall

Suhu		Nilai k	Umur Simpan	
°C	°K		Hari	Bulan
10	283	0.046311547	70.2	2.3
25	298	0.061885889	52.5	1.8
30	303	0.067731229	48.0	1.6

Tabel 18. Hasil perhitungan umur simpan *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah berdasarkan parameter aroma

Suhu		Nilai k	Umur Simpan	
°C	°K		Hari	Bulan
10	283	0.020235854	35.9	1.2
25	298	0.021215694	34.2	1.1
30	303	0.021530328	33.7	1.1

fruit leather mangga dengan penambahan kulit buah naga merah paling rendah yaitu selama 33 hari atau 1,1 bulan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penambahan kulit buah naga merah berpengaruh terhadap tekstur dan overall *fruit leather*. Formulasi yang tepat didapatkan perbandingan jumlah daging buah mangga, kulit buah naga merah, dan gula yaitu 425 g mangga:75 g kulit buah naga merah dengan penambahan 20% sorbitol. Selama penyimpanan mutu sensoris dan kadar air *fruit leather* menurun, sedangkan aktivitas antioksidan meningkat. Berdasarkan metode ASLT model Arrhenius umur simpan *fruit leather* mangga dengan penambahan kulit buah naga merah yaitu 33 hari atau 1.1 bulan pada suhu 30 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarsari I, Qanytah, Sarjana. 2013. Perubahan aktivitas antioksidan pada bawah putih selama pengolahan dan penyimpanan. *Buletin Teknologi Pasca Panen Pertanian*. 9(2):64-73
- Astuti WFP. 2015. Pengaruh Jenis Zat Penstabil dan Konsentrasi Zat Penstabil Terhadap Mutu *Fruit Leather* Campuran Jambu Biji Merah dan Sirsak. Skripsi. Universitas Sumatra Utara
- Ayustaningwarno F, Garnis R, Iqlima S, Neni A, Fredian S, Chomsatun U, Martha SWR. 2014. *Aplikasi Pengolahan Pangan*. Deepublish, Yogyakarta
- Azeredo H, M, C, Edy S, B, Germano E, G, Moreira, Farias, V, L, Bruno, L, M. 2006. Effect of drying and storage time on the physico-chemical properties of mango leathers. *Intl. J. Food Sci. Tech*. 41(6):635-638
- Bajaj, S, Dinesh, S, Neha, S. 2012. Stability testing of pharmaceutical products. *J. App. Pharm Sci*. 2(3):129-138
- Brockway B. 2014. *Water and Food Quality: Applications to Confectionery Products*. Elsevier Science Publishers Ltd, USA
- Dedin FR, Dedi F, Anton A, Nuri A. 2006. Isolasi dan karakterisasi melanoidin kecap manis dan peranannya sebagai antioksidan. *J. Tek. Ind. Pangan*. 17(3):204-213
- Ellis MJ. 1994. 'The Methodology of Shelf Life Determination'. Dalam *Shelf Life Evaluation of Foods*. Blackie Academic and Professional Inc., London
- Fardiaz S. 1987. *Bahan Tambahan Kimiawi (Food Additives)*. PAU Pangan & Gizi. IPB. Bogor
- Farikha I, N, Choirul, A, Esti, W. 2013. Pengaruh jenis dan konsentrasi bahan penstabil alami terhadap karakteristik fisikokimia sari buah naga merah (*Hylocereus Polyrhizus*) selama penyimpanan. *J. Teknosains Pangan*. 2(1):30-38
- Fauziah, E, Esti, W, Windi, A. 2015. Kajian karakteristik sensoris dan fisikokimia *fruit leather* Pisang Tanduk (*Musa corniculata*) dengan penambahan berbagai konsentrasi karagenan. *J. Apl. Tek. Pangan* 4(1):11-16
- Fitantri AL. 2013. Kajian Karakteristik Sensoris dan Fisikokimia *Fruit Leather* Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dengan Penambahan Karagenan sebagai Upaya Diversifikasi Pangan. Skripsi UNS. Surakarta
- Godam64. 2015. Isi kandungan gizi mangga harumanis-komposisi nutrisi bahan makanan. Dilihat 8 Desember 2015. <<http://www.organisasi.org/1970/01/isi-kandungan-gizi-buah-mangga-harumanis-komposisi-nutrisi-bahan-makanan.html?m=1>>
- Hariyadi P. 2008. *Prinsip-Prinsip Penetapan dan Pendugaan Masa Kadaluarasa Produk Pangan*. IPB, Bogor
- Haryati T, E, Feronika, H, 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. *J. Pangan dan Agroindustri*. 3(1):156-165
- Herawati H. 2008. *Penentuan Umur Simpan pada Produk Pangan*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Jawa Tengah
- Ide P. 2010. *Health Secret of Mango*. Gramedia. Jakarta
- Ikhwal, A, Zulkifli, L, Sentosa, G. 2014. Pengaruh konsentrasi pektin dan lama penyimpanan terhadap mutu selai nanas lembaran. *J. Rek. Pangan. Pertanian*. 2(4):61-70
- Jamilah, B, Shu, C, E, Kharidah, M, Dzulkifly, M, A, Noranizan, A. 2011. Physico-chemical characteristics of red pitaya

- (*Hylocereus polyrhizus*) peel. *J. Intl. Food Research*. 18:279-286
- Kaihatu TS. 2014. *Manajemen Pengemasan*. Andi Offset, Yogyakarta
- Kaushik N, P, Srinivasa R, H, N, Mishra. 2016. Process optimization for thermal-assisted high pressure processing of mango (*Mangifera Indica* L.) pulp using response surface methodology. *J. Food Science. Tech*. 69(1):372-381
- Kusnandar F. 2008. *Desain Percobaan dalam Penetapan Umur Simpan Produk Pangan dengan Metode ASLT (Model Arrhenius dan Kadar Air Kritis)*. IPB
- Mohamad, M, Roheena, J. 2012. Stability studies for the determination of shelf life of aceclofenac formulation. *Der Pharmacia Lettre*. 4(2):483-486
- Monreal, A, M, Jim'Enez, L, Garc'la-Diz, M, Mart'inez-Tom, E, M, Mariscal, M, A, Murcia. 2009. Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables. *J. Food Science*. 74(3):97-103
- Morales, F, J, Maj-Britt, B. 2002. Antiradical efficiency of maillard reaction mixtures in a hydrophilic media. *J. Agr. Food. Chem*. 50(10):2788-2792
- Mulyawanti, I, K, T, Dewandari, Yulianingsih. 2008. Pengaruh waktu pembekuan dan penyimpanan terhadap karakteristik irisan buah mangga arumanis beku. *J. Pascapanen*. 3(1):51-58
- Murdinah. 2010. *Penelitian Pemanfaatan Rumput Laut dan Fikokoloid untuk Produk Pangan dalam Rangka Peningkatan Nilai Tambah dan Diversifikasi Pangan*. Kementerian Kelautan dan Perikanan
- Nurlaely E, 2002. Pemanfaatan Buah Jambu Mete untuk Pembuatan *Leather*, Kajian dari Proporsi Buah Pencampur. Skripsi. Universitas Brawaijaya. Malang
- Porter, W, M. 2012. Thermally accelerated degradation and storage temperature design space for liquid products. *J. Val. Tech*. 8(3):73-92
- Pracaya. 2005. *Bertanam Mangga*. Penebar Swadaya, Depok
- Priatni, S, Aulia, P. 2015. Stability study of betacyanin extract from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peels. *Procedia Chemistry*. 6:438-444
- Pribadi, Y, S, Sukatiningsih, Puspita, S. 2014. Formulasi tablet effervescent berbahan baku kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dan buah salam (*Syzygium polyanthum* Wight Walp). *Berkala Ilmiah Pertanian*. 1(4):86-89
- Rahmanto, S, A, Parnanto, N, H, R, Nursiwi, A. 2014. Pendugaan umur simpan *fruit leather* nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dengan penambahan gum arab menggunakan metode *accelerated shelf life test* (ASLT) model arrhenius. *J. Teknosains Pangan*. 3(3):35-43
- Rahmawati, F. 2013. *Pengemasan dan Pelabolan*. UNY
- Ramadhan K. 2014. Kajian Pengaruh Variasi Penambahan Xanthan Gum Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Serta Sensoris *Fruit Leather* Kulit Buah Naga Daging Super Merah (*Hylocereus costaricensis*). Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Roger, D, D, Daoudou, B, James, B, Xavier, E, F. 2014. Development of african earthenware container imbedded with nanosilver particles for food preservation. *J. Biomaterial. Nanobiotech*. 5(3):139-145
- Safitri AA. 2012. *Studi Pembuatan Fruit Leather Mangga-Rosella*. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar
- Sandana, F, B, D, Rawung, M, Ludong, C, Mamuaja. 2014. Penentuan umur simpan sirup pala menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) dengan pendekatan arrhenius. *J. Ilmiah Fak. Pertanian Univ. Sam Ratulangi*. 5(4):1-7
- Sari, S, R, Baehaki, A, Slestari, S, D. 2013. Aktivitas antioksidan kompleks kitosan monosakarida (Chitosan Monosaccharides complex). *J. Fishtech*. 2(1):69-73
- Simanjuntak L, Sinaga, C, Fatimah. 2014. Ekstraksi pigmen antosianin dari kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). *J. Tek. Kimia. USU*. 3(2):25-29
- Sudarmadji S, Haryono B, Suhardi. 1992. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty, Yogyakarta
- Wahdaningsih, S, Eka, K, U, Yunita, F. 2014. Antibakteri fraksi n-heksana kulit *hylocereus polyrhizus* terhadap *staphylococcus epidermidis* dan *propionibacterium acnes*. *Pharm Sci Res*. 1(3):180-193
- Winarno FG. 1986. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia, Jakarta
- Winarti, S, Jariyah, Ratih, A, K. 2015. Penambahan sorbitol pada *fruit leather* jambu biji merah untuk memperbaiki karak-

- teristik dan daya simpan. *Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI*, Surabaya
- Winarti, Sri. 2008. Pemanfaatan buah mengkudu (*Morinda citrifolia*) dan kelopak bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa* Linn) untuk pembuatan *fruit leather*. *Agritech*. 28(1):22-27