

APLIKASI PERSAMAAN ARRHENIUS DAN LINEAR UNTUK PENGUJIAN STABILITAS RETENSI *IMPACT COMPOUND* FLAVOR KWENI TERENKAPSULASI

(*Application Arrhenius and Linear Equation to Testing of Retention Stability Kweni Flavor Impact Compound Encapsulated*)

Rini Hustiany

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian,
Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Jend. A.Yani KM 36 Banjarbaru 70714
Korespondensi : hustiany@yahoo.com

ABSTRACT

Characteristic of high volatility in the flavor component is a problem at the time of application. The seven of flavor compounds used as a model, i.e ethyl butanoate, ethyl crotonate, α -pinene, myrcene, limonene, linalool, and α -terpineol encapsulated with stearic starch hydrolyzate and propionic starch hydrolyzate by spray drying. The encapsulated flavor products stored in bottle at 30, 37,5, and 45 °C for 9 weeks. The analysis is retention flavor with chromatography gas. Stability retention of flavor components were analyzed by Arrhenius and linear equation. The results showed the influence of temperature, the rate of decline in the stability of the encapsulated flavor component retention there is a difference between the matrix stearic starch hydrolyzate and propionic starch hydrolyzate. Components of flavor encapsulated in stearic starch hydrolyzate fastest down the stability of retention is linalool followed by α -terpineol, myrcene, limonene, and α -pinene. The flavor components encapsulated in propionic starch hydrolyzate fastest down the stability of retention is α -pinene followed by myrcene, linalool, α -terpineol, and limonene.

Keywords: *flavor, encapsulation, modified starch, Arrhenius equation, linear equation*

PENDAHULUAN

Mangga termasuk genus *Mangifera* yang terdiri dari 62 spesies dengan 16 spesies yang menghasilkan buah yang enak. Salah satunya adalah kweni (*Mangifera odorata* Griff.). Kweni banyak ditemukan di Vietnam, Semenanjung Malaysia, Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, dan Filipina.

Komponen flavor yang paling banyak ditemukan pada daging buah kweni (*impact compound*) dengan pelarut diklorometan maupun dietil eter adalah etil butanoat (3 – 30%), α -pinene (17 – 67%), β -pinene (5 – 7%), dan β -myrcene (16 – 25%), sedangkan komponen volatil pada kulit buahnya yang paling banyak ditemukan sama dengan daging buahnya hanya ditambah etil

krotonoat (1 – 19%) (Wijaya *et al.*, 1999). Buah kweni yang diekstraksi dengan SDE Likens-Nickerson terdapat 73 komponen volatil. Sebanyak 45,4% *oxygenated monoterpen* dan 33,0% ester dengan α -terpeneol (31,9%) yang menjadi komponen utama (Wong dan Ong, 1993).

Dengan demikian flavor *impact compound* dari kweni adalah *ethyl butanoate*, *ethyl crotonate*, α -pinene, myrcene, limonene, linalool dan α -terpineol.. Komponen-komponen tersebut merupakan komponen yang mudah menguap atau volatil. Pencegahan kehilangan komponen flavor karena penguapan dengan enkapsulasi sudah banyak dilakukan, diantaranya adalah oleh Soottitantawat *et al.* (2004) dan Soottitantawat *et al.* (2005). Dengan

diketuinya stabilitas setiap komponen flavor tersebut pada saat dienkapsulasi selama penyimpanan, maka mempermudah dalam pengaplikasiannya menjadi perisa.

Stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi dapat ditentukan dengan uji akselerasi dengan mempercepat suatu peubah penyimpanan, semisal suhu. Persamaan yang biasa digunakan dengan suhu sebagai faktor akselerasinya adalah persamaan Arrhenius (Lee dan Krochta 2002; Uddin *et al.* 2002 ; Hough *et al.* 2005) dan persamaan linear (Lee dan Krochta, 2002).

Metode akselerasi yang dipengaruhi oleh suhu biasanya menggunakan persamaan Arrhenius, yaitu : $k = k_0 e^{-E_a/RT}$, dimana k_0 adalah frekuensi atau faktor tumbukan, E_a adalah energi aktivasi, R adalah konstanta gas (1,987 kal/mol.K) dan T adalah suhu absolut (K) (Villota dan Hawkes, 1992). Apabila $\ln k$ dihubungkan dengan $1/T$, maka akan diperoleh energi aktivasi. Energi aktivasi yang positif menunjukkan meningkatnya reaksi dengan meningkatnya suhu (Toledo, 1991).

Selain itu, metode akselerasi yang dipengaruhi oleh suhu dapat juga menggunakan persamaan linear (Lee dan Krochta, 2002). Persamaan linear hampir sama dengan persamaan Arrhenius, yaitu : $k_T = k_0 e^{bT}$, dimana k_0 adalah laju kerusakan pada suhu T_0 (°C), k_T adalah laju kerusakan pada suhu T (°C), dan b adalah konstanta karakteristik reaksi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui stabilitas retensi komponen-komponen flavor, yaitu *ethyl butanoate*, *ethyl crotonate*, α -pinene, *myrcene*, *limonene*, *linalool* dan α -terpineol yang dienkapsulasi dengan hidrolisat pati stearat dan propionat selama penyimpanan pada suhu 30, 37,5 dan 45°C dengan uji akselerasi menggunakan persamaan Arrhenius dan persamaan linear.

METODE PENELITIAN

Impact compound flavor kweni dijadikan sebagai model untuk enkapsulasi, yaitu *ethyl butanoate*, *ethyl crotonate*, α -

pinene, *myrcene*, *limonene*, *linalool*, dan α -terpineol, dengan matriks berupa hidrolisat pati stearat 9,09% dan hidrolisat pati propionat 9,09%. Hidrolisat pati stearat 9,09% dan hidrolisat pati propionat 9,09% adalah tapioka yang dihidrolisis dengan α -amilase sampai DE (*dextrose equivalent*) 9,1 dan menjadi hidrolisat, hidrolisat pati ini selanjutnya diasilasi dengan asam stearat dan asam propionat pada konsentrasi masing-masing 9,09%. Pati yang digunakan adalah tapioka (Hustiany *et al.*, 2013). Perbandingan antara komponen flavor dan matriks adalah 20:80. Campuran yang terbentuk dihomogenisasi dan dikeringkan dengan *spray dryer* (pengering semprot). Komponen flavor yang telah dienkapsulasi disimpan pada suhu 30, 37,5, dan 45°C selama 9 minggu.

Enkapsulasi Komponen Flavor

Proses enkapsulasi komponen flavor dilakukan dengan cara memodifikasi metode Bhandari *et al.* (1992), Mongenot *et al.* (2000), dan Varavinit *et al.* (2001). Matriks yang digunakan berupa hidrolisat pati stearat 9,09 % dan hidrolisat pati propionat 9,09% masing-masing sebanyak 192 g yang disuspensikan dalam 600 ml air destilata. Suspensi diaduk perlahan-lahan sambil dipanaskan hingga mencapai suhu 60°C, kemudian suspensi disimpan dalam lemari pendingin (suhu 5-10°C) selama satu malam (± 12 jam).

Penyiapan Campuran Komponen Flavor

Ketujuh komponen flavor, yaitu *ethyl butanoate*, *ethyl crotonate*, α -pinene, *myrcene*, *limonene*, *linalool*, dan α -terpineol dicampurkan dengan rasio (v/v) 3:3:2,5:2,5:2:1,5:1,5 untuk masing-masing komponen flavor sesuai dengan urutan penyebutan di atas.

Proses Enkapsulasi

Campuran komponen flavor sebanyak 48 g ditambahkan ke dalam masing-masing suspensi matriks. Rasio antara komponen

flavor dan matriks adalah 20:80. Campuran komponen flavor dan matriks dihomogenisasi dengan homogenizer ultra turax T25 pada 11000 rpm selama 3 menit dan 16000 rpm selama 1 menit. Selanjutnya, campuran yang sudah homogen dikeringkan dengan pengering semprot (mini *spray dryer* Buchi 190) dengan kapasitas 1 liter pada suhu *inlet* 120 °C dan suhu *outlet* 60 °C serta tekanan sebesar 2 Bar.

Analisis Produk Flavor Terenkapsulasi

Produk flavor terenkapsulasi dianalisis stabilitas retensi komponen flavornya dengan *Gas Chromatograph* (HP 6890 model 19006-80110) yang dilakukan setiap minggu selama penyimpanan 9 minggu pada suhu 30, 37,5, dan 45 °C. Sebelum dianalisis, komponen flavor diekstraksi dengan menggunakan metode Medikasari (1998) yang dimodifikasi. Sebanyak 2 g sampel produk flavor terenkapsulasi dimasukkan ke dalam tabung reaksi tertutup. Kemudian ditambahkan dengan air destilata sebanyak 5 ml dan dikocok menggunakan vorteks sampai bubuk larut dalam air. Selanjutnya ditambahkan 0,5 ml standar internal *ethyl-methyl-2-butyrate* dan dihomogenkan menggunakan vorteks selama 2 menit. Setelah itu ditambahkan dietil eter sebanyak 10 ml dan diaduk selama 10 menit. Selanjutnya dilakukan dekantansi dengan labu pemisah, bagian dietil eter dipisahkan dan ditambahkan dengan sodium sulfat anhidrat. Ekstraksi dilakukan sebanyak 3 kali. Ekstrak dietil eter dipekatkan dengan kolom *vigreux*. Sebelum diinjeksikan ke dalam GC (*gas chromatograph*), ekstrak dietil eter dihembus dengan gas nitrogen sampai jumlah sampel sekitar 0,2 ml.

Identifikasi Komponen Flavor dengan Kromatografi Gas

Selain sampel, maka setiap komponen flavor dan standar internal juga diinjeksikan untuk mengetahui waktu retensinya. Waktu retensi yang diperoleh dibandingkan dengan waktu retensi sampel, sehingga dapat diidentifikasi komponen flavor yang ada pada sampel. Kondisi GC yang digunakan adalah suhu awal oven 50 °C ditahan selama 3 menit dan suhu akhir 220 °C dengan kenaikan 4 °C/menit. Pada suhu 220 °C ditahan selama 5 menit. Kolom yang digunakan adalah kapiler HP5 *Aggiland* yang berisi *methyl siloxane* 5% dengan panjang 30 m, diameter dalam 0,25 mm dan tebal lapisan 0,25 µm. Detektor yang digunakan adalah FID (*Flame Ionisation Detector*). Gas untuk pembakaran detektor adalah gas hidrogen (H₂) dengan laju 40 ml/menit, oksigen (O₂) dengan laju 200 ml/menit, sedangkan gas pembawa adalah nitrogen (N₂) dengan laju 1,8 ml/menit. Suhu injektor 225°C dengan tekanan 4,9 Psi. Metode injeksi dengan cara *split* 1:50 dengan jumlah sampel yang diinjeksikan sebanyak 1 µl.

Retensi komponen flavor disajikan dalam bentuk persen (%) dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah komponen flavor setelah dienkapsulasi (g/g) dan jumlah komponen flavor sebelum dienkapsulasi (g/g) dikalikan 100. Jumlah komponen flavor setelah dienkapsulasi diperoleh dari membandingkan luas area masing-masing *peak* dari komponen flavor dengan luas area *peak* standar internal dikalikan dengan perbandingan antara berat standar internal dengan berat sampel dikalikan dengan faktor respon (RF).

$$\text{Jumlah komponen flavor} = \frac{\text{luas area komponen flavor}}{\text{luas area standar internal}} \times \frac{\text{berat standar internal (g)}}{\text{berat sampel (g)}} \times \text{RF}$$

Faktor respon diperoleh dari kromatogram campuran komponen flavor

yang telah diketahui berat masing-masing komponennya yang dihitung dengan rumus :

$$\text{Faktor respon ke-i} = \frac{\text{luas area standar internal}}{\text{luas area komponen ke-i}} \times \frac{\text{berat komponen ke-i (g)}}{\text{berat standar internal (g)}}$$

Retensi komponen flavor (C) (% g/g) selama penyimpanan dibuat persentase dengan menggunakan persamaan :

$$C = (C / C_0) \times 100$$

dimana :

C = retensi komponen flavor hari ke-x

C₀ = retensi komponen flavor hari ke-0

Stabilitas Retensi Produk Flavor Terenkapsulasi

Stabilitas retensi produk flavor terenkapsulasi dilakukan dengan memasukkan masing-masing produk flavor terenkapsulasi sebanyak 5 g atau setara dengan 14 ml ke dalam botol kaca tertutup dengan ukuran tinggi 5 cm, diameter 2,8 cm dan volumenya 28 ml. Botol-botol yang berisi produk flavor terenkapsulasi disimpan dalam inkubator pada suhu 30, 37,5, dan 45 °C selama 9 minggu. Pada setiap minggunya diambil satu botol sampel dan dianalisis retensi komponen flavornya secara duplo.

Analisis Laju Penurunan Stabilitas Retensi Komponen Flavor Terenkapsulasi dengan Uji Akselerasi menggunakan Persamaan Arrhenius dan Persamaan Linear

Penurunan mutu komponen flavor terenkapsulasi dapat mengikuti kinetika reaksi ordo satu (n=1).

Reaksi ordo satu adalah :

$$-dQ/dt = kQ$$

$$\ln(Q_t/Q_0) = -kt$$

$$\ln Q_t = \ln Q_0 - kt$$

dimana :

Q₀ = jumlah komponen flavor mula-mula

Q_t = jumlah komponen flavor akhir

k = konstanta laju penurunan mutu komponen flavor

t = umur simpan komponen flavor

Nilai energi aktivasi (E_a) pada suhu T (K) dapat ditentukan dengan persamaan Arrhenius:

$$k = k_0 e^{-E_a/RT}$$

Persamaan Arrhenius di atas dilogaritmakan menjadi persamaan :

$$\ln k = \ln k_0 - (E_a/RT)$$

$$\ln k = \ln k_0 - (E_a/R \cdot 1/T)$$

dimana :

k = konstanta laju penurunan mutu komponen flavor pada suhu T

k₀ = konstanta absolut

E_a = energi aktivasi (J/mol)

R = konstanta gas ideal (8,314 JK⁻¹mol⁻¹)

T = suhu absolut (K)

Adapun laju penurunan stabilitas retensi komponen flavor (b) pada suhu T (°C) dapat ditentukan dengan persamaan linear dengan menghubungkan nilai ln k dengan T (°C). Persamaan linear adalah :

$$k = k_0 e^{bT}$$

$$\ln k = \ln k_0 + bT$$

dimana:

k = konstanta laju penurunan mutu komponen flavor pada suhu T (°C)

k₀ = konstanta pada suhu T₀ (°C)

b = konstanta karakteristik reaksi

T = suhu (°C)

Analisis Statistik

Data yang digunakan untuk menentukan regresi linear atau persamaan garis lurus dianalisis residunya dengan menggunakan *software* Minitab versi 11 for windows. Residu yang besar dibuang untuk menghasilkan suatu garis lurus dengan R² yang besar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Stabilitas retensi komponen flavor selama penyimpanan dapat dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah suhu, a_w, jenis komponen flavor dan jenis matriks enkapsulasi. Penurunan stabilitas retensi

komponen flavor selama penyimpanan dapat dipercepat dengan suhu sebagai faktor akselerasinya. Persamaan yang biasa digunakan untuk suhu sebagai faktor akselerasinya adalah persamaan Arrhenius (Lee dan Krochta, 2002; Uddin *et al.*, 2002; Hough *et al.*, 2005) dan persamaan linear (Lee dan Krochta, 2002). Kedua persamaan ini menggunakan minimal 3 suhu untuk mengakselerasi kerusakan mutu suatu bahan, seperti penurunan stabilitas komponen flavor.

Persamaan Arrhenius

Berdasarkan persamaan Avrami yang merupakan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa parameter $n < 1$ untuk komponen flavor yang dienkapsulasi pada suhu 45°C (Hustiany, 2006). Hasil ini menurut Yoshii *et al.* (2001) dapat mengikuti reaksi ordo 1 karena nilai $n < 1$. Hal ini diperkuat dengan pola stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi yang tidak berbentuk garis lurus, tetapi berbentuk garis agak melengkung. Dengan dasar tersebut, hubungan antara lama penyimpanan dan retensi komponen flavor untuk mendapatkan nilai k (konstanta laju penurunan retensi komponen flavor) dapat menggunakan reaksi ordo satu.

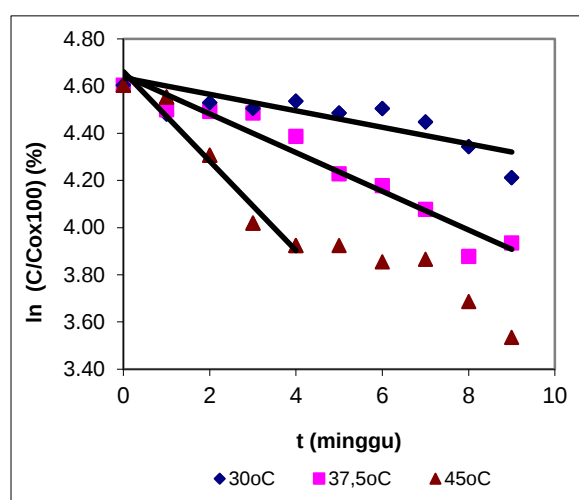
Nilai k untuk ordo 1 adalah kemiringan yang diperoleh dengan menghubungkan antara logaritma retensi komponen flavor ($\ln(C/C_0 \times 100)$) dengan lama penyimpanan (t) untuk masing-masing suhu penyimpanan (Tabel 1). Hubungan antara retensi komponen flavor dan lama penyimpanan menggunakan data antara minggu ke-0 sampai minggu ke-4 atau minggu ke-5 pada suhu 45°C untuk komponen flavor yang dienkapsulasi dengan hidrolisat pati stearat (Gambar 1A) serta pada suhu 37,5°C dan 45°C untuk komponen flavor yang dienkapsulasi dengan hidrolisat pati propionat (Gambar 1B). Pada saat retensi komponen flavor tidak mengalami penurunan, datanya tidak digunakan untuk menentukan nilai k .

Nilai k yang diperoleh untuk masing-masing suhu dapat digunakan untuk menentukan nilai energi aktivasi (E_a) komponen flavor pada suhu T , dengan persamaan Arrhenius. Caranya adalah dengan menghubungkan antara $\ln k$ dan $1/T$ (T adalah suhu absolut penyimpanan), maka diperoleh kemiringan yang merupakan E_a/R (E_a adalah energi aktivasi dan R adalah konstanta gas ideal) dan perpotongan yang merupakan $\ln k_0$ (Gambar 2). Berdasarkan persamaan garis lurus yang diperoleh dapat ditentukan nilai E_a (Tabel 2 dan 3).

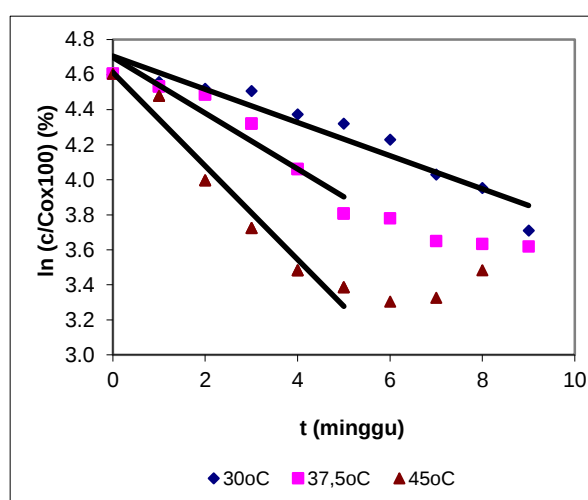
Tabel 1. Hubungan antara lama penyimpanan dan retensi komponen flavor terenkapsulasi yang dinyatakan sebagai persen perbandingan dengan retensi hari ke-0 pada ordo 1

Komponen Flavor	Suhu (°C)	Hidrolisat Pati Stearat			Hidrolisat Pati Propionat		
		k (minggu ⁻¹)	Perpotongan	R^2	k (minggu ⁻¹)	Perpotongan	R^2
α -Pinene	30	-0,035	4,636	0,76	-0,095	4,706	0,93
	37,5	-0,082	4,647	0,95	-0,159	4,7	0,92
	45	-0,190	4,662	0,96	-0,267	4,614	0,96

<i>Myrcene</i>	30	-0,096	4,642	0,84	-0,173	4,721	0,95
	37,5	-0,160	4,545	0,97	-0,357	4,785	0,96
	45	-0,391	4,556	0,96	-0,487	4,504	0,92
<i>Limonene</i>	30	-0,051	4,577	0,69	-0,075	4,551	0,74
	37,5	-0,089	4,536	0,88	-0,187	4,672	0,97
	45	0,230	4,581	0,99	-0,307	4,594	0,97
<i>Linalool</i>	30	-0,049	4,566	0,83	-0,063	4,603	0,88
	37,5	-0,067	4,529	0,79	-0,109	4,648	0,97
	45	-0,159	4,547	0,97	-0,224	4,641	0,95
<i>α-Terpineol</i>	30	-0,040	4,678	0,60	-0,043	4,619	0,99
	37,5	-0,049	4,588	0,65	-0,098	4,638	0,95
	45	-0,155	4,636	0,94	-0,168	4,583	0,86



(A)

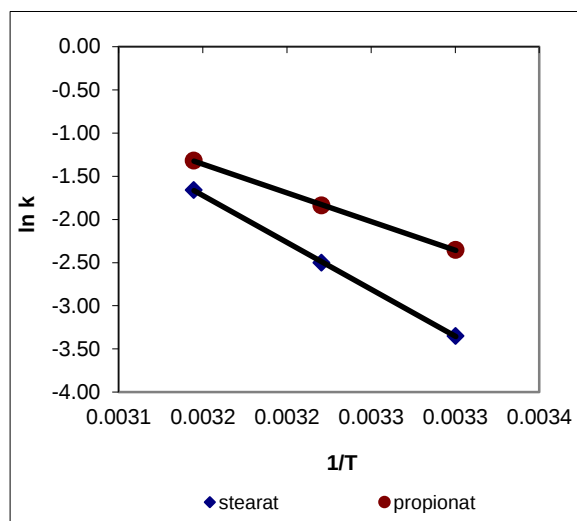


(B)

Gambar 1. Hubungan antara retensi α -pinene terenkapsulasi dalam hidrolisat pati stearat (A) dan hidrolisat pati propionat (B) yang dinyatakan sebagai persen perbandingan dengan retensi hari ke-0 dengan lama penyimpanan

Tabel 2. Hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ untuk komponen flavor terenkapsulasi dalam hidrolisat pati stearat pada ordo 1

Komponen Flavor	E_a/R	E_a (kJ/mol)	R^2
α -Pinene	10865,0	90,33	0,99
<i>Myrcene</i>	8999,5	74,82	0,97
<i>Limonene</i>	9653,4	80,26	0,97
<i>Linalool</i>	7531,1	62,61	0,92
α -Terpineol	8650,3	71,92	0,85



Gambar 2. Hubungan antara $\ln k$ dan $1/T$ pada α -pinene terenkapsulasi dalam hidrolisat pati stearat dan hidrolisat pati propionat pada ordo 1

Tabel 3. Hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ untuk komponen flavor terenkapsulasi dalam hidrolisat pati propionat pada ordo 1

Komponen Flavor	E_a/R	E_a (kJ/mol)	R^2
α -Pinene	6636,5	55,18	0,99
Myrcene	6668,4	55,44	0,96
Limonene	9073,0	75,43	0,98
Linalool	8137,9	67,66	0,99
α -Terpineol	8766,9	72,89	0,99

Nilai E_a dapat digunakan untuk melihat karakteristik laju penurunan stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi dengan adanya pengaruh suhu. Semakin besar nilai E_a berarti laju penurunan stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi turun lebih lambat dengan adanya perubahan suhu (ditunjukkan dengan kemiringan garis yang semakin curam). Sebaliknya nilai E_a yang semakin kecil berarti laju penurunan stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi turun lebih cepat dengan adanya perubahan suhu (ditunjukkan dengan kemiringan garis yang semakin landai).

Adanya pengaruh suhu, laju penurunan stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi dengan hidrolisat pati stearat berbeda dengan komponen flavor terenkapsulasi dengan hidrolisat pati propionat. Pada Tabel 2 dan 3 dapat dilihat

bahwa laju penurunan stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi dengan hidrolisat pati stearat yang paling cepat adalah *linalool* diikuti dengan α -terpineol, *myrcene*, *limonene*, dan α -pinene. Hal ini berbeda dengan laju penurunan stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi dengan hidrolisat pati propionat, komponen flavor yang paling cepat turun stabilitas retensinya adalah α -pinene diikuti dengan *myrcene*, *linalool*, α -terpineol, dan *limonene*.

Perbedaan tersebut disebabkan pada saat komponen flavor dienkapsulasi dengan hidrolisat pati stearat, komponen-komponen flavor yang bersifat lebih hidrofobik, yaitu komponen flavor yang tidak mengandung gugus OH, seperti α -pinene, *limonene*, dan *myrcene*, lebih besar interaksi hidrofobiknya terhadap hidrolisat pati stearat. Sebaliknya komponen flavor yang mengandung gugus

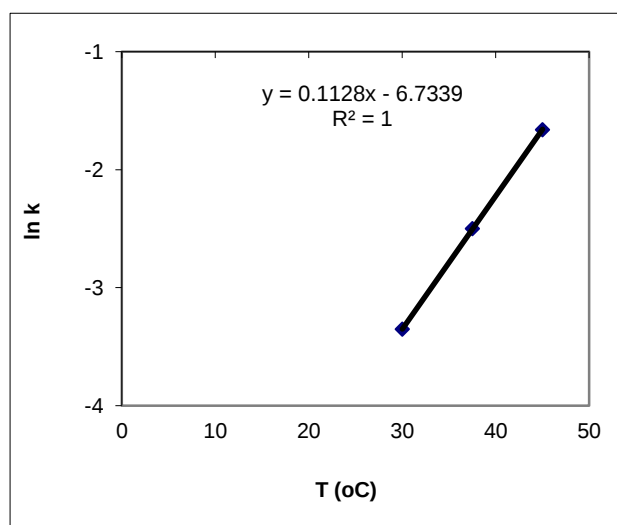
OH, seperti *linalool* dan α -*terpineol*, lebih kecil interaksi hidrofobiknya terhadap hidrolisat pati stearat, sehingga lebih mudah lepas dari matriks selama penyimpanan. Akibatnya laju penurunan stabilitas retensi *linalool* dan α -*terpineol* lebih besar dibandingkan *myrcene*, *limonene*, dan α -*pinene* apabila dienkapsulasi dengan hidrolisat pati stearat. Hasil ini senada dengan hasil Bertolini *et al.* (2001) yang menyatakan bahwa *linalool* terenkapsulasi dalam gum arab adalah komponen flavor yang paling rendah stabilitas retensinya diikuti *myrcene*, *limonene*, dan α -*pinene*.

Sebaliknya apabila komponen flavor dienkapsulasi dengan hidrolisat pati propionat, maka komponen flavor yang mengandung gugus OH, seperti *linalool* dan α -*terpineol*, yang relatif lebih lambat turun stabilitas retensinya dibandingkan dengan *myrcene* dan α -*pinene*. Hal ini disebabkan

linalool dan α -*terpineol* tidak mudah terhidrasi apabila dienkapsulasi dengan hidrolisat pati propionat. Sebaliknya, *myrcene* dan α -*pinene* interaksi hidrofobiknya lebih kecil apabila dienkapsulasi dengan hidrolisat pati propionat, sehingga stabilitas retensinya lebih cepat turun.

Persamaan Linear

Pada penelitian ini juga dibandingkan antara persamaan Arrhenius (yang telah dijelaskan sebelumnya) dengan persamaan linear pada ordo 1. Untuk memperoleh laju penurunan stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi (nilai karakteristik reaksi) dapat dilakukan dengan membuat garis lurus dengan menghubungkan antara $\ln k$ dengan $T(^{\circ}\text{C})$. Salah satunya contohnya dapat dilihat pada Gambar 3. Hasilnya diperoleh nilai b dan $\ln k_0$ (Tabel 4 dan 5).



Gambar 3. Hubungan antara $\ln k$ dan $T(^{\circ}\text{C})$ pada α -*pinene* terenkapsulasi dalam hidrolisat pati stearat pada ordo 1 dengan persamaan linear

Tabel 4. Hubungan antara T(°C) dan ln k untuk komponen flavor terenkapsulasi dalam hidrolisat pati stearat pada ordo 1

Komponen Flavor	b	ln k ₀	R ²
<i>α-Pinene</i>	0,1128	-6,7339	1
<i>Myrcene</i>	0,0936	-5,2159	0,98
<i>Limonene</i>	0,1004	-6,0539	0,98
<i>Linalool</i>	0,0785	-5,462	0,93
<i>α-Terpineol</i>	0,0903	-6,0861	0,86

Tabel 5. Hubungan antara T (°C) dan ln k untuk komponen flavor terenkapsulasi dalam hidrolisat pati propionat pada ordo 1

Komponen Flavor	b	ln k ₀	R ²
<i>α-Pinene</i>	0,0689	-4,4212	1
<i>Myrcene</i>	0,0690	-3,7554	0,95
<i>Limonene</i>	0,0940	-5,3393	0,97
<i>Linalool</i>	0,0846	-5,3303	0,99
<i>α-Terpineol</i>	0,0909	-5,8246	0,99

Laju penurunan stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi dengan persamaan linear (digambarkan dengan nilai b) relatif sama dengan persamaan Arrhenius. Hal ini disebabkan persamaan linear relatif sama dengan persamaan Arrhenius. Dengan begitu, penentuan stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi dengan uji akselerasi dengan suhu sebagai faktor akselerasinya dapat digunakan persamaan Arrhenius atau persamaan linear.

KESIMPULAN

Berdasarkan uji akselerasi menggunakan persamaan Arrhenius dan persamaan linear, komponen flavor terenkapsulasi dalam hidrolisat pati stearat yang stabilitasnya terendah adalah *linalool* diikuti dengan *α-terpineol*, *myrcene*, *limonene*, dan *α-pinene*. Adapun komponen flavor terenkapsulasi dalam hidrolisat pati propionat, komponen flavor yang stabilitasnya terendah adalah *α-pinene* diikuti dengan *myrcene*, *linalool*, *α-terpineol* dan *limonene*. Penentuan stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi dengan uji akselerasi berdasarkan suhu sebagai faktor

akselerasinya dapat digunakan persamaan Arrhenius atau persamaan linear.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhandari, B.R., Dumoulin, E.D., Richard, H.M.J., Noleau, I., dan Lebert, A.M. 1992. Flavor encapsulation by spray drying : application to citral and linalyl acetate. *Journal of Food Science* 57(1): 217 – 221.
- Bertolini, A.C., Siani, A.C., dan Grosso, C.R.F. 2001. Stability of monoterpenes encapsulated in gum arabic by spray-drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49:780-785.
- Hough, G., L. Garitta, dan G. Gomez. 2005. Sensory shelf-life predictions analysis accelerated storage models. *Food Quality and Preference*. [Article In Press:29 Mei 2005].
- Hustiany, R. 2006. Modifikasi Asilasi dan Suksinilasi Pati Tapioka Sebagai Bahan Enkapsulasi Komponen Flavor. {Disertasi}. Sekolah Pasca

- Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Hustiany, R., D. Fardiaz, A. Apriyanton, dan N. Andarwulan. 2013. Enkapsulasi Komponen Flavor dengan Pati Tapioka Termodifikasi. Prosiding Seminar Nasional PATPI. 26-29 Agustus 2013, Jember. ISBN : 978-602-9030-49-5.
- Lee, S.-Y dan Krochta, J.M. 2002. Accelerated shelf life testing of whey-protein-coated peanuts analyzed by static headspace gas chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 50:2022-2028.
- Medikasari. (1998). Mempelajari pengaruh konsentrasi dan rasio bahan matriks serta penyimpanan terhadap retensi komponen flavor terenkapsulasi. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mongenot, N., Charrier, S., dan Chalier, P. (2000). Effect of ultrasound emulsification on cheese aroma encapsulation by carbohydrate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(3):861-867.
- Soottitantawat, A., Yoshii, H., Furuta, T., Ohgawara, M., Forssell, P., dan Partanen, R. 2004. Effect of water activity on the release characteristics and oxidative stability of D-limonene encapsulated by spray drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52:1269-1276.
- Soottintantawat, A., Takayama, K., Okamura, K., Muranaka, D., Yoshii, H., Furuta, T., Ohkawara, M., dan Linko, P. 2005. Microencapsulation of *l*-menthol by spray drying and its release characteristics. *Innovative Food Science and Emerging Technology* 6:163-170.
- Toledo, R.T. 1991. Fundamentals of Food Engineering. 2nd Ed. Chapman & Hall, New York.
- Uddin, M.S., M.N.A. Hawlader, L. Ding, dan A.S. Mujumdar. 2002. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. *J. of Food Engineering*. 51:21-26.
- Varavinit, S., Chaokasem, N., dan Shobsngob, S. 2001. Studies of flavor encapsulation by agents produced from modified sago and tapioca starches. *Starch/Starke* 53:281-287.
- Villota, R. dan J.G. Hawkes. 1992. Reaction kinetics in food systems. *Di dalam* Heldman, D.R dan D.B. Lund (Eds.). *Handbook of Food Engineering*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Wijaya, C.H., A. Apriyanton, T. May, H. Raharja, dan T.A. Ngakan. 1999. Flavor of Kweni (*Mangifera odorata* Griff.), an Exotic Tropical Fruit. *Di dalam* Shahidi, F. dan C-T. Ho (Eds.). *Flavor Chemistry of Ethnic Foods*. Kluwer Academic, New York.
- Wong, K.C. dan Ong, C.H. 1993. Volatile Components of the Fruits of Bachang (*Mangifera foetida* Lour.) and Kuini (*Mangifera odorata* Griff.). *Abstract. Flavour and Fragrance Journal*. 8(3):147-151.
- Yoshii, H., Soottitantawat, A., Liu, X-D., Atarashi, T., Furuta, T., Aishima, S., Ohgawara, M., dan Linko, P. (2001). Flavor release from spray-dried maltodextrin/gum arabic or soy matrices as a function of storage relative humidity. *Innovative Food Science Emerging Technology* 2:55-61.

