

ANALISIS FRAKSI-FRAKSI KURVA ISOTERMI SORPSI AIR DARI TEPUNG ROSELA DAN PENGARUHNYA TERHADAP SIFAT-SIFAT MUTU PRODUK

[Analysis of Moisture Sorption Isotherm Fraction of Roselle Powder and Its Effect on Products the Quality Characteristics]

Rita Hayati

Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh

Diterima 17 Februari 2012 / Disetujui 30 Juli 2013

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the fractions of moisture sorption isotherm curve and the critical water content of roselle powder and its effect on the product quality during storage. Roselle flowers were harvested at 25 days after flowering and sun dried (30°C) for 3 days. The result showed that the moisture sorption isotherm curve of the roselle powder was sigmoid. The critical transition points among the three fractions of the bound water in the roselle flour were first at moisture content (M_p) and water activity (a_p) of 7.97% dry basis (db) and 0.23 respectively, and second at M_s 21.1% db water content and water activity (a_s) of 0.65%. Roselle powder samples were stored for 20 days at three relative humidity (RH) fractions represented by RH 22% (moisture content at 7.2% db), RH 57% (20.5% db) and 84% (54.2% db). The samples stored in the first fraction was stable in texture, colour and appearance, while the sample in the secondary bound water fraction (21.1% db), changed in colour into darker red. The sample stored in the tertiary bound water fraction (54.2% db) changed into brown colour with musty smell and mouldy after 15 days.

Keywords: roselle powder, sorption isotherm, storage stability

ABSTRAK

Analisis fraksi isoterme sorpsi air tepung rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) dan pengaruhnya terhadap sifat-sifat mutu produk telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan fraksi isoterme sorpsi air dan kadar air kritis pada tepung rosela dan pengaruhnya terhadap kualitas produk selama penyimpanan. Bunga Rosela yang dipanen pada 25 hari setelah bunga mekar dikeringkan dengan pengeringan matahari (30°C) selama 3 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isoterme sorpsi tepung rosela berbentuk kurva sigmoid. Titik kritis pada tiga fraksi air terikat tepung rosela adalah titik kritis pertama (M_p) 7.97% berat kering (bk) dan aktivitas air pertama kritis (a_p) adalah 0.23. Titik kritis kedua pada kadar air (M_s) 21.1% bk dan aktivitas air kritis kedua (a_s) 0.65%. Sampel tepung rosela kemudian disimpan selama 20 hari pada tiga kelembaban relatif (RH) dengan RH 22% (kadar air pada 7.2 bk), RH 57% (20.5% bk) dan 84% (54.2% bk). Hasil penyimpanan tepung rosela di fraksi air primer adalah stabil dalam tekstur, warna dan penampilan, sedangkan sampel di fraksi air terikat sekunder (21.1% bk), hanya terjadi perubahan warna menjadi merah gelap. Sampel fraksi air terikat tersier (54.2% bk) berubah menjadi warna coklat dan bau apek, dan rusak oleh jamur setelah 15 hari penyimpanan.

Kata kunci: isoterme sorpsi, rosela, stabilitas

PENDAHULUAN

Saat ini bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa* L) menjadi begitu populer, karena seluruh bagian tanaman ini dapat dimanfaatkan serta bunga rosela memiliki kandungan senyawa kimia yang dapat memberikan manfaat. Bunga rosela telah banyak digunakan sebagai bahan pembuatan minuman dan makanan serta sumber pewarna alami. Dalam bidang industri, bunga rosela sudah dimanfaatkan untuk pembuatan sirup, dodol, selai, saus dan teh. Bunga rosela selain mempunyai warna yang menarik juga mempunyai rasa yang sangat asam. Antosianin merupakan pigmen alami yang memberi warna merah pada seduhan bunga rosela dan sangat berkhasiat sebagai antioksidan (Hayati *et al.* 2011).

Penggunaan rosela dalam bentuk tepung pada dasarnya lebih fleksibel, karena penggunaannya lebih luas dan mudah. Produk dalam bentuk tepung lebih tahan lama dan mudah di simpan, mudah dicampur, tidak kamba dan lebih praktis penanganannya sehingga mudah digunakan untuk proses pengolahan selanjutnya. Bunga rosela dalam bentuk tepung dapat digunakan sebagai bahan pewarna dan dapat memberikan cita rasa pada berbagai jenis makanan seperti cake, kue kering, berbagai jenis minuman, es krim, toping, bahkan juga sebagai bahan nonpangan, misalnya penggunaannya dalam industri kosmetik (Mardiah *et al.* 2009). Tepung rosela sudah dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam berbagai pembuatan kue tradisional masyarakat Aceh (Hayati *et al.* 2010).

Kualitas produk pangan dalam bentuk tepung mudah mengalami kerusakan selama dalam penyimpanan. Perubahan-perubahan yang sering terjadi pada produk tepung adalah nilai

*Korespondensi Penulis :
E-mail : ritanabila@yahoo.com; Hp: 081360969592

a_w dan atribut organoleptik yaitu warna, bau, tekstur dan penampilan (Chung *et al.* 2013; Abdullah, 2000).

Analisis fraksi air terikat primer, sekunder dan tertier merupakan konsep ISA (Isotermi Sorpsi Air) (Akanbi *et al.* 2006). ISA dapat menggambarkan adanya berbagai struktur air dalam produk pangan (Muhtaseb *et al.* 2004) yaitu adanya tiga fraksi air terikat primer, air terikat sekunder dan air terikat tertier. Fraksi-fraksi ini mempunyai perilaku dan pengaruh yang berbeda terhadap sifat-sifat produk pangan. Nilai batas antara 3 daerah fraksi air tersebut merupakan kadar air kritis yang dapat digunakan untuk memperkirakan terjadinya perubahan-perubahan pada sifat produk pangan, termasuk umur simpannya (Labuza, 1984). Telah banyak penelitian-penelitian dengan menggunakan konsep ISA khususnya dalam bidang pangan (Moreira *et al.* 2010; Kulchan *et al.* 2010; Argyropoulos *et al.* 2012; Bejar *et al.* 2012).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan fraksi air terikat dan kadar air kritis pada tepung rosela serta pengaruhnya terhadap sifat-sifat mutu produk selama dalam penyimpanan sehingga penggunaan tepung rosela lebih banyak dimanfaatkan untuk pengolahan makanan.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama penelitian ini adalah bunga rosela varietas *sabdariffa* yang dipanen pada umur 25 hari setelah berbunga mekar, yang diperoleh dari petani di Desa Ulee Kareng, Banda Aceh. Bahan kimia yang digunakan adalah LiCl, CH₃COOK, MgCl₂, NaI, K₂CO₃, NaBr, NaNO₂, KI, SrCl₂, NaNO₃, KBR, KCl, Na₂SO₄, BaCl₂, (NH₄)H₂PO₄, kapur api, aluminium foil.

Pembuatan tepung rosela

Bunga rosela yang dipanen pada umur 25 hari setelah berbunga mekar dikeringkan dengan cara pengeringan sinar matahari (30°C) selama 3 hari. Bunga rosela yang telah kering digiling lalu diayak dengan ukuran ayakan 60 mesh. Hasil pengeringan rosela dengan cara pengeringan matahari ditunjukkan pada Gambar 1, sedangkan bunga rosela hasil pengeringan tersebut kemudian dijadikan tepung rosela yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Bunga rosela kering



Gambar 2. Tepung rosela

Penyiapan tepung rosela pada kadar air 2%

Tepung rosela terlebih dahulu diturunkan kandungan airnya dengan menggunakan pengering beku dan selanjutnya dengan pengering kemoreaksi menggunakan natrium bikarbonat sehingga tercapai kadar air 2%.

Penyiapan larutan garam jenuh

Masing-masing larutan garam jenuh (Tabel 1) disiapkan sebanyak ±100 ml untuk setiap desikator. Sampel (2 g) dimasukkan kedalam cawan aluminium dan diseimbangkan di dalam desikator. Keseimbangan kadar air dan a_w tepung rosela dilakukan dalam desikator berisi larutan garam jenuh dan ditutup rapat. Desikator disimpan dalam ruang inkubator suhu 28°C, dan setiap hari dilakukan penimbangan sampel sampai kadar air setimbang. Berbagai jenis larutan garam jenuh yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Berbagai larutan garam jenuh dan nilai aktivitas air/RH yang digunakan dalam keseimbangan kadar air

Larutan Garam Jenuh	RH(%) pada Suhu 28°C
LiCl	11
CH ₃ COOK	22
MgCl ₂	33
NaI	37
K ₂ CO ₃	43
NaBr	57
NaNO ₂	64
KI	69
SrCl ₂	71
NaNO ₃	74
KBR	81
KCl	84
Na ₂ SO ₄	87
BaCl ₂	90
(NH ₄)H ₂ PO ₄	92

Sumber: Syarif dan Halid (1993)

Pengukuran keseimbangan kadar air (AOAC, 1995)

Pengukuran kadar air keseimbangan (M_e) tepung rosela dilakukan dengan metode AOAC (1995). Pengukuran kadar air setimbang sama dengan pengukuran kadar air. Caranya sampel tepung rosela hasil pengeringan ditimbang sebanyak 2 g sebagai berat awal. Kemudian sampel ditempatkan pada cawan dan dimasukkan kedalam 15 desikator berisi larutan garam jenuh dengan kisaran RH dari 11% sampai 92%. Setelah 7-9 hari keseimbangan sampel ditimbang dan dihitung kadar airnya berdasarkan basis kering (bk).

Uji penyimpanan tepung rosela

Penyimpanan tepung rosela dilakukan dengan cara menyimpan pada suhu kamar (28°C). Terlebih dahulu tepung rosela sebanyak 20 g dikemas dalam plastik dan ditempatkan pada suhu kamar. Masing-masing tepung rosela disiapkan untuk 3 daerah yang berbeda yaitu pada daerah ATP, ATS dan ATT. Pengamatan uji penyimpanan ini dilakukan setiap 5 hari sekali.

Analisis data

Data dianalisis menggunakan persamaan BET (Brunauer, Emmet, Teller) untuk menghasilkan air terikat primer (ATP). ATP dapat ditentukan berdasarkan model matematika isotermi sorpsi air BET, dengan model $a_w/(1-a_w)M = 1/M_{pc} + (c-1)/M_{pc} \cdot a_w$ (Syamaladevi *et al.* 2010). Dengan cara BET dapat dihasilkan kadar air kritis pertama (M_p). Persamaan model logaritma

untuk menghasilkan Air Terikat Sekunder (ATS) adalah untuk mendapatkan aktifitas air (a_w) kritis dan kelembaban relatif (RH) kritis. Air terikat sekunder (ATS) atau fraksi air kedua merupakan lapisan *multilayer water* (Muhtaseb, 2004; Medeiros *et al.* 2006) yang analisisnya dapat menggunakan model matematika semilogaritma, dengan model, $-\text{Log}(1-a_w) = p + q(M)$. Dengan model ini dapat dihasilkan kadar air kritikal kedua (M_s) dan aktifitas air kritikal kedua (a_s). Air Terikat Tersier (ATT) dilakukan dengan penentuan nilai batas air terikat tersier dengan air bebas (M_t) dilakukan melalui 2 pendekatan yaitu pertama metoda extrapolasi model polinomial ordo 2 dan kedua metoda extrapolasi manual, dengan menggunakan konsep air bebas nilai a_w nya = 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isotermi sorpsi air (ISA) tepung rosela

Hubungan antara kandungan air (dinyatakan sebagai massa air per unit massa materi kering) dengan aktifitas air (a_w) pada temperatur konstan dikenal dengan Isotermi Sorpsi Air (ISA). Informasi yang diberikan dari hubungan tersebut dapat digunakan pada proses pengkonsentrasian dan dehidrasi, dan untuk memperkirakan stabilitas makanan (Goula *et al.* 2008).

Peranan faktor hidrasi bahan pangan dengan lingkungannya sangat dominan dalam terjadinya penyimpangan mutu atau kerusakan bahan pangan (Syarif dan Halid, 1993). Penyimpangan mutu akan dipercepat dengan sifat bahan pangan yang higroskopis. Karakteristik hidrasi ini umumnya digambarkan sebagai kurva isotermi sorpsi air (Chowdhury *et al.* 2011; Fan *et al.* 2010), yang menunjukkan relatif setimbang atau aktivitas air bahan pada suhu tertentu. Data isotermi sorpsi air pada tepung rosela ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data isotermi sorpsi air dari tepung rosela pada suhu kamar 28°C

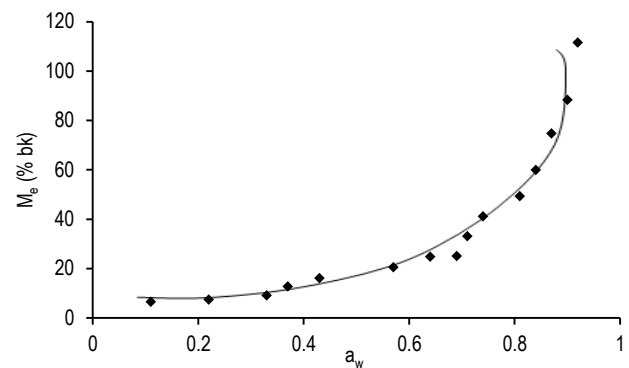
RH Udara (%) (1)	a_w Produk (2)	M_e (% bk) (3)	$a_w/(1-a_w)M$ (4)	$\text{Log}(1-a_w)$ (5)
11	0.11	6.40	0.02	0.05
22	0.22	7.40	0.04	0.11
33	0.33	9.10	0.04	0.17
37	0.37	14.70	0.04	0.20
43	0.43	16.00	0.05	0.24
57	0.57	20.50	0.07	0.37
64	0.64	24.70	0.09	0.44
69	0.69	25.00	0.09	0.51
71	0.71	33.00	0.09	0.54
74	0.74	41.00	0.07	0.59
81	0.81	49.20	0.09	0.72
84	0.84	59.80	0.09	0.71
87	0.87	74.60	0.09	0.89
90	0.90*	88.20	0.10	1.00
92	0.92*	111.50	0.10	1.10

Keterangan:

* = ditumbuhi jamur
 a_w = aktifitas air
 bk = berat kering
 RH = kelembaban relatif
 M_e = kadar air keseimbangan
 M = kadar air

Data isotermi sorpsi air (ISA) dari tepung rosela diperlukan untuk analisis kadar air dan aktifitas air kritikal. Kurva ISA yang dihasilkan mempunyai bentuk sigmoid (Gambar 3). Menurut Labuza (1984) dan Sawhney *et al.* (2011) bentuk kurva sigmoid merupakan bentuk umum yang dijumpai pada sebagian besar produk pangan. Bentuk kurva sigmoid ini memperlihatkan adanya tiga daerah kurva yang masing-masing mempunyai pengaruh berbeda terhadap karakteristik dan daya awet produk. Hasil penelitian Hayati *et al.* (2011) menyatakan bahwa karakteristik dan daya awet pada tepung rosela sangat dipengaruhi oleh cara pengeringan yang dilakukan, sehingga mempengaruhi sifat fisik dan kimia pada tepung rosela.

Labuza (1984), Gao *et al.* (2013) membagi kurva ISA menjadi 3 daerah air yaitu daerah air terikat primer (*monolayer water*), daerah air terikat sekunder (*multilayer water*) dan daerah air terikat tersier (air pelarut, pelunak produk, *plasticizer*). Analisis daerah-daerah kurva itu akan menghasilkan batas-batas daerah ke tiga fraksi air tersebut dan sekaligus menetapkan titik-titik kritikal potensi terjadinya perubahan sifat-sifat produk, stabilitas mutu dan umur simpan.



Gambar 3. Isotermi sorpsi air tepung rosela pada suhu kamar 28°C

Fraksi air terikat primer, sekunder dan tersier

Dari data ISA (Tabel 2) dilakukan analisis fraksi-fraksi air terikat untuk menetapkan titik-titik kritikal yang dapat mempengaruhi sifat-sifat produk tepung rosela dan daya simpannya. Air terikat primer (ATP) atau fraksi air pertama adalah bagian air yang terikat sangat kuat oleh molekul bahan kering (solid), yang disebut satu lapis molekul air atau *monolayer water* (Muhtaseb, 2004; Medeiros *et al.* 2006).

Daerah air terikat tersier (ATT) merupakan daerah fraksi air ketiga yang terikat lemah. Pada daerah ini mikroba dapat tumbuh dan produk akan dirusak oleh pertumbuhan mikroba. Penentuan batas atas atau kapasitas air terikat tersier didasarkan pada konsep bahwa air bebas (yang mampu menghasilkan uap jenuh RH 100%) mempunyai $a_w = 1$ dan air terikat mempunyai $a_w < 1$. Jadi kadar air terendah menghasilkan $a_w = 1$, merupakan batas antara fraksi air terikat tersier dengan air bebas.

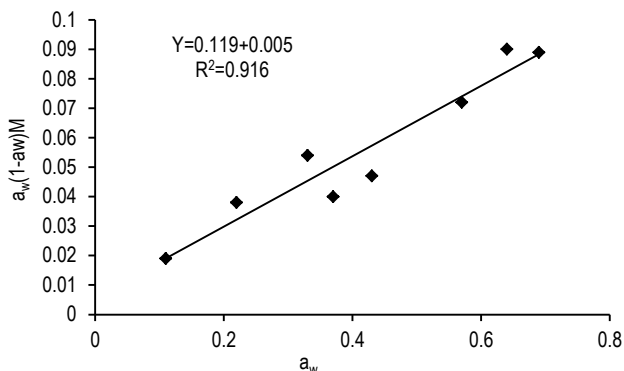
Air terikat primer (ATP)

Untuk menetapkan kadar air kritikal pertama digunakan analisa data ISA dengan modifikasi model matematika BET yang penerapannya hanya berlaku pada kisaran a_w 0–0.60 (Soazo *et al.* 2011), dengan persamaan (1):

$$\frac{a_w}{(1-a_w)M} = \frac{1}{M_p c} + \frac{c-1}{M_p} a_w \dots\dots\dots(1)$$

$$-\log(1-a_w) = p + q(M) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana M adalah kadar air (%), c adalah konstanta, M_p adalah kapasitas atau batas air terikat primer (%). M_p merupakan kadar air kritikal pertama. Nilai a_w/(1-a_w)m dengan aktivitas air tepung rosela dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Plot BET dari isotermi tepung rosela

Persamaan (1) dapat dipandang sebagai regresi linear dengan variabel bebas a_w. Hasil analisis regresinya untuk tepung rosela dan nilai M_p ditunjukkan pada Tabel 3.

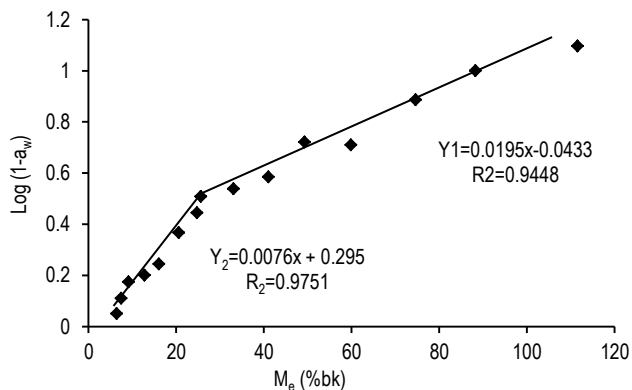
Tabel 3. Persamaan regresi dan batas air terikat primer tepung rosela

Persamaan Regresi	R ²	Nilai a	Nilai b	Nilai c	M _p (% bk)
Y = 0.119x + 0.005	0.916	a = 1/M _p c	b = (c-1)/M _p c	b/a = (c-1)	7.97

Keterangan:
 Y= persamaan regresi
 b= nilai konstanta regresi b
 M_p= batas air terikat primer
 a= Nilai Konstanta regresi a
 c= didapatkan dari konstanta a dan b
 bk= berat kering

Air terikat sekunder (ATS)

Analisis Air Terikat Sekunder (ATS) digunakan data kadar air di atas ATP. Untuk menentukan ATS, digunakan model analisis logaritma. Analisa ATS tepung rosela melalui absorpsi dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Plot semilog air ikatan sekunder tepung rosela

Untuk menetapkan kadar air terikat sekunder (M_s) digunakan model analisis semilogaritma dengan persamaan umum (2):

Dimana M adalah kadar air (%) pada aktifitas air a_w, p dan q adalah konstanta regresi linear.

Plot data persamaan tersebut menghasilkan garis lurus yang patah menjadi dua garis lurus. Garis lurus pertama mewakili daerah fraksi air terikat sekunder yaitu pada kadar air kisaran antara 7.4-24.7% (Tabel 2) dan garis lurus kedua mewakili fraksi air terikat tersier yaitu di daerah kadar air pada kisaran 24.7-74.6%, dengan persamaan model dan hasil analisis regresi persamaan ditunjukkan pada Tabel 4. Titik potong kedua garis patah tersebut adalah titik peralihan dari air ikatan sekunder ke tersier dan dipandang sebagai batas atas atau kapasitas air ikatan sekunder.

Tabel 4. Persamaan model dan analisis regresi pada tepung rosela

Garis Lurus	Persamaan Model	Analisis Regresi
Garis lurus pertama	- log (1-a _w) = p ₁ + q ₁ (M)	Y ₁ = 0.0195x - 0.0433 R ² = 0.9448
Garis lurus kedua	- log (1-a _w) = p ₂ + q ₂ (M)	Y ₂ = 0.0076x + 0.295 R ² = 0.9751

Penggabungan persamaan model dan analisis regresi pada Tabel 4 akan menghasilkan titik potong kedua garis yang merupakan batas daerah fraksi air kedua dan ketiga dan nilainya disebut sebagai kadar air kritikal kedua (M_s). Persamaan yang diperoleh dari hasil penggabungan tersebut adalah menjadi persamaan 3 (ditunjukkan pada Tabel 5). Dari persamaan ini maka diperoleh batas a_w antara daerah fraksi air terikat primer dan sekunder yaitu aktifitas air kritikal pertama (a_p) dan batas a_w antara daerah fraksi air terikat sekunder dan tersier yaitu a_w kritikal kedua (a_s):

$$p_1 + q_1 M_s = p_2 + q_2 M_s \dots\dots\dots(3)$$

Tabel 5. Persamaan, Air Terikat Sekunder dan aktivitas air kritikal pertama dan kedua dari tepung rosela

Persamaan	M _s % bk	a _p	a _s	RH (%)
p ₁ + q ₁ M _s = p ₂ + q ₂ M _s	21.10	-	-	-
- log (1-a _p) = p ₁ + q ₁ M _p	-	0.23	-	23
log (1-a _s) = p ₂ + q ₂ M _s	-	-	0.65	65

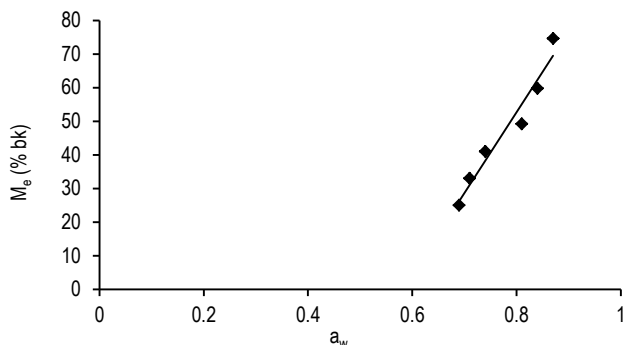
Keterangan:
 M_s = batas daerah fraksi air kedua dan ketiga (kadar air kritikal kedua)
 a_p = aktifitas air kritikal pertama
 a_s = aktifitas air kritikal kedua

Aktivitas air sangat penting dan terkait dengan stabilitas atau kerusakan produk kering. Apabila reaksi kimia terjadi pada daerah fraksi air kedua maka kerusakan produk kering oleh pertumbuhan mikroba terjadi di daerah fraksi air ketiga. Aktivitas air bisa memberikan indikasi batas terendah untuk pertumbuhan mikroba tahan garam halofilik (a_w 0.60), sebagian besar kapang (a_w 0.80), khamir (a_w 0.86) dan bakteri patogen (a_w 0.91) (Aktas dan Gurses, 2005).

Air terikat tersier (ATT)

Air terikat tersier digunakan untuk melihat adanya kerusakan pada produk yang ditandai dengan adanya pertumbuhan mikroba pada suatu suatu produk. Untuk menetapkan batas air terikat tersier digunakan data ISA dari daerah air

terikat tersier, yaitu kadar air 21.10% bk ke atas. Berdasarkan konsep bahwa air bebas nilai a_w nya = 1 maka dapat digunakan metoda extrapolasi secara regresi ataupun manual. Dengan metoda analisis regresi digunakan model polynomial ordo 2, (Gambar 6), persamaan (4).



Gambar 6. Polinomial air terikat tersier tepung rosela

Dengan memasukkan nilai $x = a_w = 1$ pada persamaan regresi (Gambar 6) maka diperoleh nilai batas atas fraksi air terikat tersier ($M_t = Y_{(x=1)}$) yang menjadi persamaan:

$$Y = a x^2 + bx + c \dots \dots \dots (4)$$

Dimana adalah Y kadar air dan x aktivitas air. Dari persamaan ini didapatkan air terikat tersier tepung rosela yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Persamaan Regresi	R ²	M _t (% bk)
$Y = 626.81 x^2 - 735.84x + 237.67$	0.9631	128

Keterangan: M_t = batas air terikat tersier

Penetapan batas air terikat tersier juga dapat dengan menggunakan cara manual dengan menyambung titik-titik yang diperoleh pada Gambar 6 dan menghasilkan M_t sekitar 117%.

Kadar air dan aktifitas air kritikal

Dari hasil analisis data ISA tepung rosela diperoleh data kadar air dan a_w kritikal seperti disajikan pada Tabel 7. Telah dihasilkan 3 nilai kadar air kritikal M_p, M_s dan M_t serta 2 aktifitas air kritikal yaitu a_p dan a_s . Masing-masing nilai kritikal sangat penting karena menjadi batas potensi terjadinya perubahan yang spesifik sesuai kondisi daerah fraksi airnya. M_t = 128% (berat basah) bb adalah batas atas seluruh air terikat pada tepung rosela, di atas itu adalah air bebas atau *bulk water*.

Fraksi Air	Kapasitas Air Terikat	M kritikal (% bk)	Jenis Air Terikat (%)	a_w kritikal	RH (%)
Ke-1	M _p	7.97	ATP : 7.97	$a_p = 0.23$	23
Ke-2	M _s	21.10	ATS : 13.13	$a_s = 0.65$	65
Ke-3	M _t	128.60	ATT : 107.50	-	-

Menurut Labuza (1984) ketiga daerah fraksi air itu berbeda potensi reaksi kimia dan pertumbuhan mikroba dan pengaruh-

nya terhadap perubahan sifat dan mutu serta daya awet produk pangan.

Perubahan sifat-sifat mutu produk selama penyimpanan pada 3 daerah kritikal

Setelah mengetahui batas-batas daerah kritikal kadar a_w maka dilakukan percobaan penyimpanan tepung rosela. Pengamatan perubahan sifat-sifat produk tepung rosela dilakukan terhadap umur simpan menggunakan pengamatan secara organoleptik ditunjukkan pada Tabel 8. Pengamatan organoleptik disini adalah pengamatan terhadap tanda-tanda kerusakan, yaitu warna, bau, adanya pertumbuhan jamur, penampilan dan tekstur.

Sifat-sifat tepung rosela sebelum disimpan memiliki warna merah (ditunjukkan pada Gambar 2), bau tepung rosela adalah normal spesifik, penampilannya masih curah, tekstur juga masih kering serta tidak adanya pertumbuhan jamur pada tepung rosela.

Tabel 8. Sifat-sifat mutu produk tepung rosela pada penyimpanan 20 hari

Sifat-sifat Produk	Daerah ATP	Daerah ATS	Daerah ATT
RH(%)	22	57	84
M (% bk)	7.20	20.50	59.80
Tanda kerusakan	Tidak berubah	Sedikit perubahan	Mengalami perubahan
• Warna	Merah	Merah tua	Coklat
• Bau	Normal spesifik	Normal spesifik	Apek
• Jamur	Tidak ada	Tidak ada	Pertumbuhan jamur
• Penampilan	Curah	Curah	Menggumpal
• Tekstur	Kering	Kering	Lembab

Pada Tabel 8 terlihat daerah ATP air terikat sangat kuat oleh bahan kering (solid) dan motilitas molekul air dan molekul bahan kering sangat rendah sehingga reaktan di daerah itu tidak dapat bereaksi, karenanya mutu produk sangat stabil. sehingga penyimpanan rosela pada umur 20 hari tidak menunjukkan perubahan atau penurunan mutu, sedangkan pada daerah ATS, dimana molekul airnya terikat cukup kuat, motilitas molekul air dan molekul bahan kering mulai meningkat sehingga reaksi kimia pada molekul bahan kering dapat berlangsung dan mulai terjadi perubahan kimiawi yang mengakibatkan penurunan mutu secara kimiawi, hal ini ditandai dengan nilai RH meningkat disertai juga dengan peningkatan kadar air, sehingga menyebabkan terjadinya perubahan warna pada tepung rosela, dan di daerah ATT kerusakan sudah terjadi karena air bertindak sebagai pelarut dan tekanan osmose larutannya setara dengan tekanan osmose plasma sel.

Kerusakan yang terjadi pada tepung rosela ditandai dengan terjadinya perubahan warna kecoklatan pada daerah ATT, hal ini disebabkan karena terjadinya reaksi pencoklatan, diikuti dengan bau apek dan ditumbuhi jamur pada hari ke 15. Pencoklatan pada tepung rosela diduga karena terjadinya reaksi Maillard. Reaksi Maillard terjadi karena gula (sukrosa) dengan asam amino dalam rosela maupun komponen karbonil dari lemak yang teroksidasi sehingga terjadinya pencoklatan (Yilmaz dan Toledo, 2005; Vhangani dan Wyk, 2013). Ditambahkan oleh

Hayati *et al.* (2011), perubahan warna pada kelopak rosela juga diakibatkan karena suhu yang digunakan pada waktu pengeringan kelopak rosela. Selain itu produk-produk dalam bentuk tepung akan mengalami perubahan warna dengan semakin bertambahnya peningkatan nilai aktivitas air (Telis dan Navarrete, 2010; Neill *et al.* 2012; Lavelli dan Scarafoni, 2012). Ditambahkan oleh Syarief dan Halid (1993), bahwa tingginya kandungan vitamin C pada tepung rosela juga merupakan suatu senyawa reduktor dan juga dapat berfungsi sebagai precursor pembentuk warna coklat.

KESIMPULAN

Tepung rosela memiliki 3 fraksi air terikat dengan kadar air kritis yaitu 7.97% bk, 21.10% bk dan 128.60% bk. Jenis air terikat pada daerah ATP, ATS dan ATT tepung rosela adalah berturut-turut $M_p = 7.97\%$ bk, $M_s = 21.10\%$ bk dan $M_t = 128\%$ bk.

Penyimpanan tepung rosela selama 20 hari pada daerah ATP mutu produk tidak mengalami kerusakan atau perubahan, penyimpanan pada daerah ATS hanya warna menjadi lebih tua sedangkan penyimpanan pada daerah ATT terjadi kerusakan produk yang ditandai dengan tumbuhnya jamur.

Disarankan sebaiknya tepung rosela disimpan pada kadar air < 7.2%, hal ini disebabkan karena titik-titik kritikal pertama tepung rosela adalah M_p 7.97% bk dan setimbang a_p 0.23. Titik-titik kritikal kedua adalah M_s 21.10 bk dan setimbang a_s 0.65 dimana pada titik kritikal pertama dan kedua belum terjadinya kerusakan pada tepung rosela.

DAFTAR PUSTAKA

- Akanbi CT, Adeyemi RS, Ojo A. 2006. Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices. *J Food Eng* 73: 157-163. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.01.015.
- Aktas N, Gurses A. 2005. Moisture adsorption properties and adsorption isotherm of dehydrated slices of Pastirma (Turkish dry meat product). *Meat Sci* 71: 571-576. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.04.042.
- Abdullah A. 2000. Prinsip penilaian sensori. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia. Kuala Lumpur.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 1995. Official Methods of Analysis Association of the Associates Analytical Chemistry, Inc., Washington D.C.
- Argyropoulos D, Alex R, Kohler R, Muller J. 2012. Moisture sorption isotherm and isosteric heat of sorption of leaves and stems of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) established by dynamic vapor sorption. *LWT-Food Sci and Technol* 47: 324-331. DOI: 10.1016/j.lwt.2012.01.026.
- Bejar AK, Mihoubi NB, Kechaou N. 2012. Moisture sorption isotherms-experimental and mathematical investigation of orange (*Citrus sinensis*) peel and leaves. *Food Chem* 132: 1728-1735. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.06.059.
- Chowdhury S, Saha PD. 2011. Biosorption kinetics, thermodynamic and isosteric heat of sorption of Cu (11) onto *Tamarindus indica* seed. *Colloids and Surfaces Biointerfaces* 88: 697-705.
- Chung C, Olson K, Degner B, McClements DJ. 2013. Textural properties of model food sauces: Correlation of simulated mastication and sensory evaluation methods. *Food Res Int* 51: 310-320. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.12.005.
- Fan C, Birkett G, Do DD. 2010. Effects of surface mediation on the adsorption isotherm and heat of adsorption of argon on graphitized thermal carbon black. *J Colloid Interf Sci* 342: 485-492. DOI: 10.1016/j.jcis.2009.10.018.
- Gao ZP, Yu ZF, Yue TL, Quek SY. 2013. Adsorption isotherm, thermodynamics and kinetics studies of polphenols separations from kiwi fruit juice adsorbent resin. *J Food Eng* 116: 195-201. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.10.037.
- Goula AM, Karapantsios TD, Achilias DS, Adamopoulos KG. 2008. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. *J Food Eng* 85: 73-83. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2007.07.015.
- Hayati R, Nurhayati, Nova A. 2011. Pengaruh suhu pengeringan terhadap mutu rosela kering (*Hibiscus sabdariffa* L.). *J Floratek* 6: 1-7.
- Hayati R, Halim A, Halimursyadah. 2010. Usaha Diversifikasi Kue Tradisional Aceh Berbahan Tepung Rosela oleh Kelompok Peningkatan Kesejahteraan Keluarga (PKK) Beusenang Hatee Kelurahan Keuramat Banda Aceh. Laporan Pengabdian Kepada Masyarakat, UNSYIAH. Darussalam Banda Aceh.
- Kulchan R, Boonsupthip W, Suppakul P. 2010. Shelf life prediction of packaged cassava-flour-based baked product by using empirical models and activation energy for water vapor permeability of polyolefin films. *J Food Eng* 100: 461-467. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.04.031.
- Labuza TP. 1984. Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use. American Association Cereal Chemistry. St. Paul Minnesota.
- Lavelli V, Scarafoni A. 2012. Effect of water activity on lycopene and flavonoid degradation in dehydrated tomato skins fortified with green tea extract. 110: 225-231. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.05.025.
- Mardiah, Sawarni H, Rahayu A, Ashadi WR. 2009. Budidaya dan Pengolahan Rosela Si Merah Segudang Manfaat. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Medeiros ML, Ayros AMIB, Pitombo RNM, Lannes SCS. 2006. Sorption isotherms of cocoa and cupuassu products. *J Food Eng* 73: 402-406. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.02.002.
- Muhtaseb AH, McMinn WAM, Magee TRA. 2004. Water sorption isotherms of starch powder: Part 1: mathematical description of experimental data. *J Food Eng* 61: 297-307. DOI: 10.1016/S0260-8774(03)00133-X.
- Moreira R, Chenlo F, Torres MD, Prieto DM. 2010. Water adsorption and desorption isotherm of chestnut and wheat flours. *Indl Crop Prod* 32: 252-257. DOI: 10.1016/j.indcrop.2010.04.021.
- Neill G, Muhtaseb AH, Magee TRA. 2012. Optimization of time/temperature treatment, for heat treated soft wheat flour.

- J Food Eng 113: 422-426. [DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.06.019](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.06.019).
- Sawhney IK, Sarkar BC, Patil GR. 2011. Moisture sorption characteristics of dried acid casein from buffalo skim milk. LWT-Food Sci Technol 44: 502-510. [DOI: 10.1016/j.lwt.2010.07.009](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.07.009).
- Soazo M, Rubiolo AC, Verdini RA. 2011. Effects of drying temperature and beeswax content on moisture isotherms of whey protein emulsion film. Procedia Food Sci 1: 210-215. [DOI: 10.1016/j.profoo.2011.09.033](https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.033).
- Syamaladevi RM, Sablani SS, Tang J, Powers J, Swanson BG. 2010. Water sorption and glass transition temperatures in red raspberry (*Rubus idacus*). Thermochim Acta 503-504: 90-96. [DOI: 10.1016/j.tca.2010.03.013](https://doi.org/10.1016/j.tca.2010.03.013).
- Syarief R, Halid H. 1993. Teknologi Penyimpanan Pangan. Penerbit Arcan, Jakarta.
- Telis VRN, Navarrete NM. 2010. Application of compression test in analysis of mechanical and color changes in grapefruits juice powder as related to glass transition and water activity. LWT-Food Sci Technol 43: 744-751. [DOI: 10.1016/j.lwt.2009.12.007](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.12.007).
- Vhangani LN, Wyk JV. 2013. Antioxidant activity of Maillard reaction product (MRPs) derived from fructose-lysine and ribose-lysine model systems. Food Chem 137: 92-98. [DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.09.030](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.030).
- Yilmaz Y, Toledo R. 2005. Antioxidant activity of water soluble Maillard reaction products. Food Chem 93: 273-278. [DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.09.043](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.09.043).