

KAJIAN ISOTERMI SORPSI AIR DAN FRAKSI AIR TERIKAT KUE PIA KACANG HIJAU ASAL KOTA GORONTALO

[Study on Moisture Sorption Isotherm and Bound Water Fractions of Green Beans Taste of Pia Cake from Gorontalo]

Jamaluddin*, Robert Molenaar**, DeddieTooy**

*Ilmu Pangan, Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi, Manado

**Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi, Manado

**Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi, Manado

Abstract

The aims of this work were to study the moisture sorption isotherm and find a suitable mathematical model of sorption isotherm of green beans of Pia cake from Gorontalo. The sorption isotherm curve was determined by conditioning the Pia cake at various water activities (a_w) using saturated salt solution at 30 °C. Data of Pia cake water content at equilibrium were then plotted against water activity. The study found that sorption isotherm of green bean taste Pia cake were sigmoidal in shape and the mathematical model of Hasley was found to be the most appropriate in predicting the sorption isotherm of green beans taste Pia cake tested. Limits of primary, secondary, and tertiary bound water content were found for the green beans taste Pia as 3,69% db ($a_w = 0,12$), 3,69% db – 7,84% db ($a_w = 0,12 - 0,42$), and 7,84% db – 13,30% db ($a_w = 0,42 - 1$) respectively

Key words: Pia cake, moisture equilibrium content, mathematical model of sorption isotherm, and bound water fractions.

PENDAHULUAN

Kualitas dari banyak produk pangan sebagian besar tergantung dari stabilitas fisik, kimia dan mikrobiologi. Stabilitas fisik produk pangan terutama berhubungan dengan kadar air kesetimbangan pada suhu tertentu. Kue Pia merupakan produk pangan yang cenderung termasuk dalam jenis pangan semi basah. Pangan semi basah merupakan produk yang memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk pangan kering. Sehingga kestabilan fisiknya antara lain tergantung dari kandungan air dalam produk tersebut.

Air merupakan komponen kimiawi yang terbesar pada bahan pangan dan merupakan bahan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, serta cita rasa makanan. Kadar air bahan sangat

berpengaruh terhadap aktivitas mikrobiologis yang dapat menyebabkan kerusakan produk selama pengangkutan dan penyimpanan. Secara alami, produk pertanian baik sebelum dan sesudah diolah bersifat higroskopis atau memiliki sifat-sifat hidrasi. Sifat-sifat hidrasi ini digambarkan dengan kurva isotermik yang menunjukkan hubungan antara kadar air bahan dengan kelembaban relatif keseimbangan ruang atau aktivitas air (a_w). Salah satu yang dapat mempengaruhi mutu produk pangan termasuk kue Pia adalah sifat hidrasi. Penelitian ini mengkaji tentang isoterme sorpsi air dan model matematika kadar air keseimbangan dari kue Pia rasa kacang hijau asal Kota Gorontalo. Model-model matematis sorpsi isoterme dikembangkan untuk menjelaskan proses-proses perpindahan massa dan energi dalam bahan pangan. Pengembangan model matematis ini tidak

terlepas dari pemahaman tentang konsep kadar air kesetimbangan, yang didefinisikan sebagai kandungan air pada bahan yang seimbang dengan kandungan air udara sekitarnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji isoterme sorpsi air dan mendapatkan model matematika sorpsi isoterme yang sesuai serta mempelajari fraksi air terikat untuk kue Pia rasa kacang hijau asal Kota Gorontalo

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kue Pia asal daerah Gorontalo rasa kacang hijau. Bahan lainnya adalah aquadest, aluminium foil dan silica gel (desikan).

Bahan kimia yang digunakan untuk keperluan penyeimbangan dari beberapa tingkat a_w . Jenis garam dan nilai a_w pada suhu 30°C mengacu pada Adawiyah (2006) dan Limonu *et al.*, (2008). Jenis garam dan kondisi a_w pada suhu 30°C yang digunakan berturut-turut adalah NaOH (0,07), $MgCl_2$ (0,32), K_2CO_3 (0,43), NaBr (0,57), $NaNO_2$ (0,64), KI (0,69), NaCl (0,75), KBr (0,80), KCl (0,84).

Peralatan yang digunakan adalah timbangan analitik, oven, desikator, desikator buatan (stoples modifikasi (*humidic chambers*), peralatan gelas, cawan porselin dan peralatan lain yang mendukung penelitian ini.

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu-ilmu Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo, Propinsi Gorontalo pada bulan Mei sampai Juni 2011.

Pengamatan

Pengamatan meliputi kadar air awal dan kadar air kesetimbangan, kurva sorpsi isoterme. Berdasarkan kurva sorpsi,

selanjutnya ditentukan model sorpsi isoterme dan dilakukan uji ketepatan model sorpsi isoterme. Selain itu dilakukan analisis kapasitas air terikat primer, sekunder dan tersier.

Prosedur Penelitian

1. Kadar air awal

Pengukuran kadar air awal dilakukan dengan menggunakan metode oven (AOAC 1995). Kadar air dihitung dalam berat kering (%bk).

2. Kadar Air Kesetimbangan dan Kurva Sorpsi Isoterme

Preparasi larutan garam jenuh digunakan sembilan jenis garam yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam desikator buatan (Stoples yang dimodifikasi), kemudian ditambahkan sejumlah air dan diaduk. Setelah itu ditutup dan dibiarkan selama 24 jam pada kondisi 30°C (Spiess dan Wolf, 1987). Sebanyak 5 gram sampel ditempatkan dalam cawan porselin kering yang telah diketahui beratnya. Cawan yang berisi sampel tersebut lalu diletakkan dalam desikator yang berisi larutan garam jenuh, kemudian disimpan dalam ruangan dengan suhu 30°C. Selanjutnya ditimbang secara periodik sampai diperoleh berat yang konstan yang berarti kadar air kesetimbangan tercapai. Hal ini ditandai dengan tercapainya berat konstan, yaitu jika berat bahan yang ditimbang tiga kali berturut-turut sama (atau perbedaan berat <0,005 g). Kadar air konstan dihitung sebagai kadar air kesetimbangan yang ditentukan dengan menggunakan metode oven (AOAC, 1995). Menurut Lang dan Steinberg (1980), berat yang konstan lalu diukur kadar airnya. Berdasarkan kadar air akhir dan aktivitas air kesetimbangan maka dibuat kurva sorpsi isoterminya.

3. Penentuan Model Sorpsi Isoterme (Spiess dan Wolf 1987)

Digunakan enam model persamaan, yaitu persamaan GAB, Hasley, Chen Clayton, Henderson, Courie, dan Oswin.

Model-model tersebut diuji ketepatannya dengan model hasil percobaan. Guna memudahkan perhitungan maka model-model tersebut dimodifikasi menjadi persamaan linier dengan transformasi logaritma dan logaritma normal.

- a. Model Hasley(Chirife dan Iglesias, 1978; Van den Berg dan Bruin, 1981), yang bentuk liniernya seperti persamaan (1)
 $\text{Log}[\ln(1/aw)] = \log P(1) - P(2) \log Me$ (1)

dimana:

$$Y = \log [\ln(1/aw)],$$

$$x = \log Me,$$

$$a = \log P(1)$$

$$b = -P(2)$$

- b. Model Chen-Clayton(Chirife dan Iglesias, 1978; Van den Berg dan Bruin, 1981), yang bentuk liniernya seperti persamaan (2)
 $\text{Ln}[\ln(1/aw)] = \ln P(1) - P(2) \text{Me} \dots (2)$

dimana::

$$Y = \ln\{\ln(1/aw)\}$$

$$x = \text{Me},$$

$$a = \ln P(1),$$

$$b = -P(2)$$

- c. Persamaan Henderson(Chirife dan Iglesias, 1978; Van den Berg dan Bruin, 1981), yang bentuk liniernya seperti persamaan (3)
 $\text{Log} [\ln(1/1-aw))] = \log K + n \log Me$ (3)

dimana::

$$Y = \text{Log} [\ln(1/1-aw))]$$

$$x = \log me$$

$$a = \log K$$

$$b = n$$

- d. Persamaan Caurie (Chirife dan Iglesias, 1978; Van den Berg dan Bruin, 1981), yang bentuk liniernya seperti persamaan (4)

$$\text{Ln Me} = \ln P(1) - P(2) \text{aw} \dots\dots\dots (4)$$

dimana::

$$Y = \ln Me,$$

$$x = \text{aw},$$

$$a = \ln (P1)$$

$$b = -P(2)$$

- e. Model Oswin(Chirife dan Iglesias, 1978; Van den Berg dan Bruin, 1981), yang bentuk liniernya seperti persamaan (5)

$$\text{Ln Me} = \ln P(1) + P(2) \ln [aw/(1-aw)] \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

$$Y = \ln Me,$$

$$x = \ln [aw/(1-aw)],$$

$$a = \ln P(1)$$

$$b = P(2)$$

4. Uji Ketepatan Model (Isse *et al.* 1983)

Uji ketepatan persamaan sorpsi isotermis dilakukan dengan menggunakan perhitungan *Mean Relative Determination* (MRD) (Walpole, 1990) (persamaan 6).

$$MRD = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Mi - Mpi}{Mi} \right| \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

$$Mi = \text{kadar air percobaan}$$

$$Mpi = \text{kadar air hasil perhitungan}$$

$$N = \text{jumlah data}$$

Jika nilai $MRD < 5$ maka model sorpsi isotermis tersebut dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya atau sangat

tepat.. Jika $5 < MRD < 10$ maka model tersebut agak tepat menggambarkan keadaan yang sebenarnya, dan jika $MRD > 10$ maka model tersebut tidak tepat menggambarkan kondisi yang sebenarnya (Isse *et al.*, 1983).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kadar Air Awal Kue Pia

Kadar air awal kue Pia rasa kacang hijau adalah 13,8% bk. Tingginya kadar air awal pada kue Pia rasa kacang hijau diduga disebabkan oleh kacang hijau yang digunakan sebagai isi Pia adalah kacang hijau yang direbus lebih dulu sehingga mempengaruhi kadar air awal kue tersebut. Dengan demikian walaupun kue Pia kacang hijau telah mengalami pemasakan, ketika bagian luar kue telah mengering, bagian dalam (isi) Pia belum mengalami penurunan kadar air yang berarti, sehingga mempengaruhi kadar airnya. Disamping itu diduga hal ini dipengaruhi oleh waktu pemasakandari produk Pia tersebut.

2. Kadar air kesetimbangan dan kurva Kurva Isotermis Sorpsi Air

Hasil Penelitian menunjukkan bahwa berat kue Pia cenderung mengalami penurunan selama dalam penyimpanan pada RH 7, 32, 43, 58, 64 dan 69 persen, atau aktivitas air (a_w) 0,07, 0,32, 0,43, 0,58, 0,64 dan 0,69. Sebaliknya sampel Pia yang disimpan pada RH yang lebih tinggi yaitu 76, 80 dan 84 persen atau aktivitas air (a_w) 0,76, 0,80 dan 0,84, berat bahannya cenderung meningkat. Kecenderungan penurunan maupun peningkatan berat bahan tersebut disebabkan oleh adanya proses desorpsi maupun adsorpsi yang terjadi pada produk hingga tercapai kondisi kesetimbangan dengan lingkungannya. Sebagaimana dalam Syarief dan Halid (1993), dikemukakan bahwa sampel yang disimpan akan mengalami penambahan maupun penurunan berat. Kondisi tersebut menunjukkan adanya fenomena

karakteristik hidrasi yaitu merupakan karakteristik fisik yang meliputi interaksi antara bahan pangan dengan molekul air di udara sekitarnya

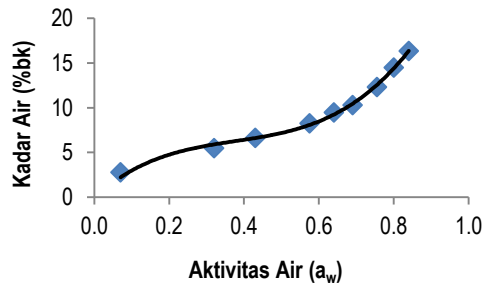
Adapun kadar air kesetimbangan (Me) Pia kacang hijau yang diperoleh dari hasil penelitian pada berbagai a_w disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Me dan a_w Pia kacang hijau

| ME | a_w |
|-------|-------|
| 2,79 | 0,07 |
| 5,49 | 0,32 |
| 6,64 | 0,43 |
| 8,27 | 0,58 |
| 9,48 | 0,64 |
| 10,31 | 0,69 |
| 12,33 | 0,76 |
| 14,50 | 0,80 |
| 16,35 | 0,84 |

Kadar air kesetimbangan berbanding lurus dengan a_w , dimana kadar air kesetimbangan akan lebih tinggi pada a_w yang tinggi, dan sebaliknya kadar air kesetimbangan tersebut lebih rendah pada a_w yang lebih rendah. Terdapat kecenderungan dimana semakin tinggi kisaran RH bahan disimpan maka makin lama kadar air bahan tersebut mencapai kesetimbangan. Hal ini disebabkan karena pada kelembaban relatif yang lebih tinggi jumlah air yang diserap oleh bahan lebih banyak sehingga untuk mencapai kesetimbangan membutuhkan waktu yang lebih lama pula. Meskipun pada beberapa data terjadi penyimpangan pada RH 76%.

Kadar air kesetimbangan (Me) yang diperoleh dari percobaan selanjutnya diplotkan dan menghasilkan kurva sorpsi isotermis berbentuk sigmoid (gambar 1). Menurut Bell dan Labuza (2000), tipe kurva isotermi sorpsi yang berbentuk sigmoid ini disebabkan oleh pengaruh akumulatif dari kombinasi efek koligatif, efek kapiler, dan interaksi permukaan solid dengan air.



Gambar 1. Kurva hubungan antara kadar air kesetimbangan (Me) dengan aktivitas air (a_w) kue Pia kacang hijau

| Model | Persamaan |
|-----------|------------------------------------------|
| Hasley | $\text{Log}(\ln(1/a_w)) = 1,1751 -$ |
| Chen- | $1,5711 \log \text{Me}$ |
| Clayton | $\text{Ln}(\ln(1/a_w)) = 1,1895 -$ |
| Henderson | $0,1935 \text{ Me}$ |
| Caurie | $\text{Log}(\ln(1/(1-a_w))) = -1,8064 +$ |
| Oswin | $1,7996 \text{ Log Me}$ |
| | $\text{Ln Me} = 0,9217 + 2,1490 a_w$ |
| | $0,417 + 0,4148 \text{ Ln}(a_w/(1-a_w))$ |

Sebagaimana dijelaskan oleh Kusnandar (2011) bahwa tipe kurva isotermin setiap bahan pangan bervariasi tergantung seberapa besar sifat higroskopis dari pangan tersebut, yaitu terdiri dari sangat higroskopis, medium dan rendah. Sorpsi isotermin menggambarkan kemampuan higroskopis yang kompleks yang dipengaruhi oleh interaksi, baik fisik maupun kimia antara komponen-komponen bahan pangan tersebut dan juga diinduksi oleh proses pemanasan atau perlakuan awal lainnya. Bentuk sigmoid dari kurva sorpsi isotermin air pada kue Pia menggambarkan bahwa kemampuan higroskopis Pia tersebut berada pada Tipe II atau higroskopis medium. Hal ini berarti bahwa interaksi baik fisik maupun kimia antara komponen-komponen bahan pangan dari Pia kacang hijau adalah bersifat sedang.

Interaksi antara produk Pia dengan molekul air atau lingkungannya yang terjadi, mengakibatkan uap air akan berpindah dari lingkungan ke dalam produk, atau sebaliknya. Kondisi ini terjadi

hingga tercapai keseimbangan. Keseimbangan produk kue Pia tercapai setelah produk dalam desikator tidak lagi menyerap uap air ke lingkungannya atau tidak lagi melepaskan uap air.

3. Model Matematika isotermin sorpsi Pia kacang hijau

Model-model persamaan isotermin sorpsi dibuat untuk mendapatkan gambaran kecenderungan antara aktivitas air dan kadar air yang lebih reliabel. Beberapa model persamaan kurva isotermin yang dipilih dalam penelitian kue Pia kacang hijau ini menghasilkan persamaan kurva sorpsi sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persamaan kurva sorpsi isotermin kue Pia kacang hijau

Diantara beberapa model persamaan isotermin, kelima model tersebut dipilih karena mampu menggambarkan kurva isotermin dengan jangkauan yang lebih luas. Selanjutnya kadar air kesetimbangan dihitung dengan menggunakan persamaan model-model kurva isotermin diatas. Kurva sorpsi isotermin dari masing-masing model persamaan yang dibandingkan dengan hasil percobaan disajikan pada Gambar 2.

Kurva isotermin sorpsi pada Gambar 2. menunjukkan bahwa pada kue Pia kacang hijau antara kurva isotermin sorpsi percobaan dengan kurva model Hasley dan Oswin terlihat berhimpit pada seluruh kisaran a_w 0,07 sampai 0,84 yang dicoba, sedangkan model Caurie hanya cenderung berhimpit. Kurva isotermin sorpsi percobaan dengan kurva model Chen-Clayton hanya berhimpit pada interval a_w 0,32-0,43 sedangkan model Henderson berhimpit hanya pada a_w 0,07 – 0,43. Hal ini menunjukkan bahwa model Hasley, dan Oswin dapat menggambarkan fenomena yang sebenarnya dengan sangat

tepat. Hal ini sesuai nilai MRD yang diperoleh (Tabel 3).

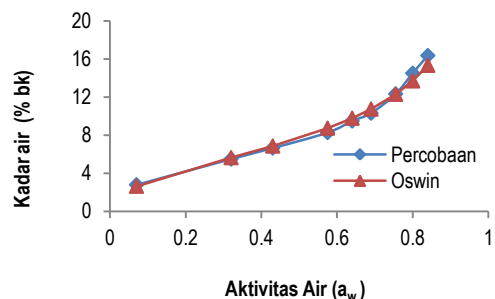
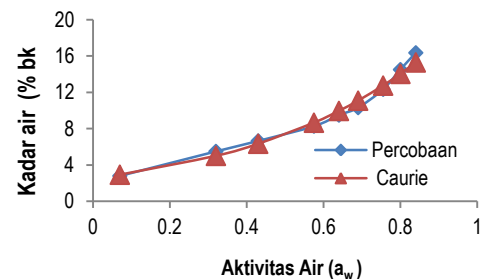
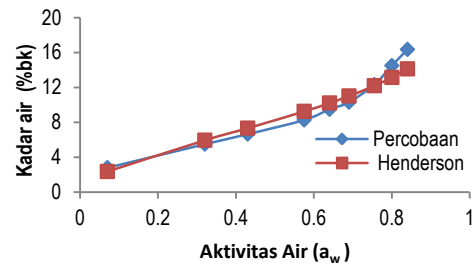
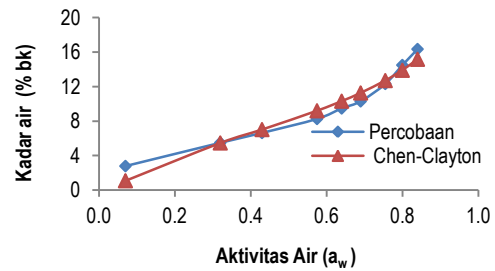
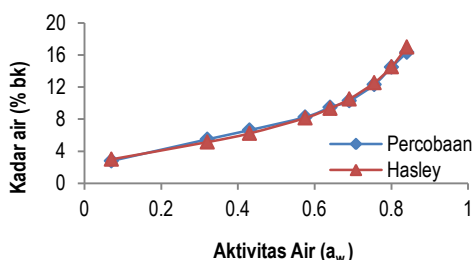
4. Uji ketepatan hasil pengujian Model (MRD)

Hasil perhitungan MRD pada kue Pia kacang hijau disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai MRD dari beberapa model persamaan Sorpsi Isotermi kue Pia Kacang hijau

| Model | Mean Relatif Determination (MRD) |
|--------------|----------------------------------|
| Hasley | 3,43 |
| Chen-Clayton | 12,32 |
| Clayton | 9,43 |
| Henderso | 5,36 |
| n | 4,06 |
| Caurie | |
| Oswin | |

Berdasarkan perbandingan kurva isotermi sorpsi hasil percobaan dengan masing-masing model isotermi sorpsi yang dipilih tersebut dapat dilihat bahwa pada kue Pia kacang hijau, model Harsey dan Oswin merupakan yang menggambarkan fenomena sebenarnya dengansangat tepat yaitu dengan nilai MRD <5. Model-model lainnya hanya cenderung berhimpit dan tidak berhimpit sehingga hanya dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya dengan agak tepat maupun tidak tepat.



Gambar 2. Perbandingan kurva sorpsi isoteremis Pia rasakacang hijau percobaan dengan model Hasley, Chen-Clayton, Henderson, Caurie, dan Oswin

Pada kue Pia rasa kacang hijau,model Hasley dan Oswin dalam aplikasinya dapat digunakan untuk menduga besarnya kadar air kesetimbangan yang bisa dicapai pada suhu 30 °C dan berapa lama kadar air kesetimbangan bisa dicapai.

5. Fraksi Air Terikat Primer, Sekunder dan Tersier (MT)

| Plot aw (X) terhadap aw/(1- aw)M.(Y) | Konstanta BET | | Air Teri kat Prim er | Aw pada Mp (ap) |
|--------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Persamaa n | Deter mina si (r ²) | Tetapa n energi Adsorp si (C) | (Mp = Mm) | |
| Y = 0.0046 + 0.2662 X | 0,99 | 58,87 | 3,69 | 0,12 |

a. Air Terikat Primer (Mp)

Batas air terikat primer ditetapkan berdasarkan kadar air monolayer yang diperoleh dengan menggunakan persamaan BET (Brunauer-Emmett-Teller) (persamaan 7).

$$\frac{a_w}{(1-a_w)M} = \left(\frac{1}{M_m C} \right) + \left(\frac{C-1}{M_m C} \right) a_w \quad (7)$$

dimana : M_m = kadar air monolayer; M = kadar air (% basis kering) pada aktivitas air (a_w); C = konstanta.

Model BET dapat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer yang diadsorpsi pada permukaan panas adsorpsi dari suatu bahan pangan. Hasil plot data a_w terhadap $a_w/(1-a_w)M$ model Pia kacang hijau menghasilkan ketetapan energi adsorpsi (C) sebesar 58,87 dengan koefisien determinasi (R^2) yang sangat baik yaitu 0,99. (Tabel 4). Hal ini disebabkan oleh kandungan pati yang tinggi dan lemak yang lebih rendah pada kacang hijau. Sebagaimana dijelaskan oleh Baianu dalam Adawiah (2010), bahwa pati mampu mengikat air dalam jumlah yang lebih banyak karena adanya dominasi gugus polar hidrofilik -OH pada keseluruhan rantai polisakarida yang

secara alami mengandung 10^2 sampai 10^6 unit monosakarida. Disamping pati, kue Pia juga mengandung gula sukrosa (rumus molekul $C_{12}H_{22}O_{11}$), yang mengandung gugus hidroksil (OH).

Tabel 4. Konstanta persamaan BET pada kue Pia

Kacang hijau

Adanya gugus hidroksil ini menyebabkan gula mudah berikatan dengan air. Ikatan air dengan gugus gula (gugus polar) ini adalah ikatan hidrogen. Hal ini diperkuat oleh Kusnandar (2011) bahwa air dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil (-OH) pada karbohidrat. Sebagai contoh dalam molekul glukosa, ikatan hidrogen terbentuk antara sisi positif hidrogen pada molekul air dengan gugus polar pada glukosa. Oleh karena dalam struktur glukosa terdapat 6 gugus -OH bebas, maka satu molekul glukosa dapat mengikat 6 molekul air. Pia kacang hijau mengikat air relatif lebih banyak diduga disebabkan oleh komposisi Pia kacang hijau didominasi oleh bahan-bahan yang memiliki gugus polar (pati kacang hijau, pati pada terigu dan sukrosa).

Air Terikat Sekunder (Ms)

Air terikat sekunder menunjukkan fraksi air yang terikat kurang kuat dibandingkan air terikat primer. Dalam penentuan M_s digunakan analisis logaritma (Soekarto, 1978). Dengan memplot data $\log(1-a_w)$ terhadap M maka dihasilkan garis lurus patah dua. Ordinat dinyatakan dengan $\log(1-a_w)$, hubungan antara $\log(1-a_w)$ dengan air membentuk dua kurva berbentuk garis lurus. Garis pertama menggambarkan kedudukan air terikat sekunder dan garis kedua adalah garis terikat tersier. Perpotongan kedua garis tersebut merupakan , batas maksimum kapasitas pengikatan air sekunder Berdasarkan beberapa parameter dan persamaan linier (Tabel 5) maka

dapat dihitung kapasitas air terikat sekunder (M_s) dari kue Pia.kacang hijau.

Tabel 5 Hasil perhitungan kapasitas air terikat sekunder kue Pia kacang hijau

| Parameter | Kacang Hijau |
|--------------------------------|--------------|
| a_1 | -0,194 |
| b_1 | 0,067 |
| r^2_1 | 0,995 |
| a_2 | 0,0788 |
| b_2 | 0,0435 |
| r^2_2 | 0,989 |
| Air terikat Sekunder (M_s) | 11,53 |
| A_w pada ME | 0,42 |

b. Penentuan Kapasitas Air Terikat Tersier (M_t)

Daerah air terikat tersier menunjukkan fraksi air yang terikat lemah. Sifat-sifat yang dimiliki mendekati sifat air bebas. Pada daerah ini tidak dijumpai adanya energi pengikatan yang lebih besar dari air murni (Van den berg dan Bruin, 1981). Untuk menentukan air terikat tersier dari kue Pia kacang hijau ini digunakan analisis dengan model polinomial ordo 2 dengan menggunakan datapangamatan pada RH 43-84 %.

Dari persamaan polinomial ordo 2, misalnya plot data kapasitas air terikat tersier (ATT) Pia rasa kacang hijau menghasilkan persamaan : $Y = 55,3995 x^2 - 47,5 x + 16,934$ ($R=0,99$), dimana Y adalah kadar air (% bk) dan x adalah a_w , sehingga pada saat $a_w = 1$ diperoleh nilai Y sebagai kapasitas air terikat tersier (M_t) = 24,83% bk.

Hasil perhitungan kapasitas air terikat tersier selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil perhitungan kapasitas air terikat tersier Kue Pia Kacang Hijau

| Pendekatan | Parameter Pia Kac Hijau | |
|----------------------|-------------------------|-------|
| Polinomial Ordo 2 | a | 55,40 |
| | b | -47,5 |
| | c | 16,93 |
| | r ² | 0,99 |
| | Mt | 24,83 |

c. Model GAB (Guggenheim, Anderson, dan de Boer)

Pembuatan kurva isotermin sorpsi dengan model GAB ini dimulai dengan membuat plot hubungan kuadratik antara a_w/Me dan a_w . Selanjutnya persamaan kuadratik yang diperoleh disederhanakan menjadi seperti pada persamaan (8).

$$[Y = \alpha + \beta x + \gamma x^2] \dots\dots\dots (8)$$

Substitusi α , β , dan γ dengan nilai persamaan yang diperoleh menghasilkan nilai konstanta C dan k serta nilai kadar air monolayer X_m . Nilai k merupakan konstanta faktor koreksi dari molekul multilayer sedangkan C menunjukkan konstanta Guggenheim (Liovonen dan Ross, 2002). Menurut Adawiyah (2006) nilai C berhubungan dengan energi adsorpsi. X_m atau M_o merupakan nilai kadar airmonolayer. Daerah monolayer berada pada kisaran RH 0-20% (Syarieff et.al, 1989). Nilai-nilai parameter GAB kue Pia kacang hijau disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Parameter Isotermin Sorpsi Menurut Persamaan GAB

| Konstanta | Pia Isi Kacang Hijau |
|-----------|----------------------|
| K | 0,1203 |
| C | -40,496 |
| X_m (%) | 0,98 |
| MRD | 85,25 |

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kadar air monolayer kue Pia kacang hijau yang diperoleh dari persamaan GAB (Tabel 7) = 0,98% atau mendekati 1% yang lebih kecil daripada kadar air monolayer BET yang berkisar 2,97% sampai 3,69% (Tabel 4). Hal ini tidak sesuai dengan GAB bahan pangan kering umumnya, dimana kadar air monolayer dari persamaan GAB umumnya lebih besar dari kadar air monolayer BET. Diduga hal ini disebabkan karena kue Pia bukan merupakan produk kering melainkan produk pangan semi basah, sehingga model persamaan GAB ini tidak cocok untuk diterapkan pada kue Pia.

Tabel 7. Menunjukkan bahwa bahwa kue Pia rasa kacang hijau memiliki energi pengikatan pada lapisan monolayer sebesar 40,49. Persamaan GAB menghasilkan nilai MRD yang >10. Ini berarti bahwa model GAB tidak tepat untuk menggambarkan keadaan yang sebenarnya pada kue Pia kacang hijau.

Kurva isoterme dapat digunakan untuk mengetahui stabilitas selama penyimpanan dan berhubungan dengan rencana pengemasan. Parameter stabilitas bahan pangan berdasarkan kurva isoterme, terletak pada nilai kadar air monolayer. Kadar air monolayer pada kebanyakan produk pangan kering menunjukkan kadar air kritis (Bell dan Labuza (2000)). Sehingga peningkatan kadar air di atas monolayer akan menyebabkan produk cepat mengalami penurunan kualitas.

6. Penentuan Nilai Fraksi Air Terikat

Fraksi air terikat pada Pia kacang hijau dapat ditentukan berdasarkan nilai selang kadar air masing-masing daerah. Air terikat primer (ATP) ialah antara kadar air 0% sampai M_p . Nilai Air terikat sekunder (ATS) terletak antara M_p sampai M_s dan nilai air terikat tersier (ATT) adalah M_t - M_s .

Susunan fraksi air terikat didasarkan pada nilai tertinggi dari masing-masing

daerah. Pada Pia rasa kacang hijau susunan tiga daerah fraksi tersebut meliputi fraksi ATP yang dibatasi oleh M_p sebesar 3,69 % (bk) yang berkeseimbangan dengan a_w 0,12. Fraksi ATS dibatasi oleh M_s sebesar 11,53 % (bk) yang berkeseimbangan dengan a_w 0,42 dan fraksi ATT dibatasi oleh M_t sebesar 24,83 % (bk) yang berkeseimbangan dengan a_w 1. Besarnya fraksi ATP adalah sama dengan M_p , besarnya fraksi ATS adalah selisih antara M_s dan M_p dan besarnya ATT sama dengan selisih antara M_t dengan M_s . Untuk susunan fraksi air terikat dari Pia kacang hijau selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Susunan Tiga daerah Fraksi Air Terikat Kue Pia kacang hijau

| | Param eter | Nilai Fraksi Air |
|-----------------------------|------------|------------------------------------|
| Fraksi Air Terikat Primer | M_p | 3,69 (%bk) |
| | A_{wp} | 0,12 |
| | ATP | 3,69 |
| Fraksi Air Terikat sekunder | M_s | 11,53 %bk |
| | A_{ws} | 0,42 |
| | ATS | 7,84 (2,12 x ATP) |
| Fraksi Air Terikat Tersier | M_t | 24,83 %bk |
| | A_w | 1 |
| | ATT | 13,30 (3,60 x ATP) (1,69 x ATS) |

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Model matematik yang dapat digunakan untuk sorpsi isotermis Pia kacang hijau adalah model Hasley dan Oswin yang menggambarkan keadaan sorpsi isotermi sebenarnya secara tepat, dengan MRD = 3,43 dan 4,06
2. Kajian isotermi sorpsi air kue Pia kacang hijau menghasilkan susunan tiga daerah fraksi air terikat sebagai berikut : ATP = 3,69 % pada a_w 0,12, ATS = 7,84 % pada a_w 0,42 dan ATT 13,30 %.

Saran

1. Untuk mencegah kerusakan Pia kacang hijau sebaiknya disimpan pada kadar air < 3,69%.
2. Model Hasley dan Oswin dapat diterapkan untuk kue Pia karena MRD < 10, namun perlu dicoba lagi model matematika lain selain Model Chen-Clayton, Henderson dan Caurie untuk mendapatkan Model yang dapat menggambarkan fenomena sorpsi dengan tepat pada kue Pia.
3. Perlu diteliti penentuan umur simpan Pia Gorontalo dengan yang menggunakan metode lain selain metode ISA.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah D. R. 2006. *Hubungan Sorpsi Air, Suhu Transisi Gelas, dan Mobilitas Air Serta Pengaruhnya Terhadap Stabilitas Produk Pada Model Pangan*. Disertasi. Fakultas Pasca Sarjana, IPB, Bogor
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. The Association of Official Analytical Chemistry. AOAC. Int., Washington DC.
- Bell, LN. dan TP. Labuza. 2000. *Moisture Sorption: Practical Aspect of Isoterm*
- Chirife J, Iglesias HA. 1978. *Equation for Fitting Water Sorption Isotherm of Food*. Part I-a rev. J. Food Tech. 13:159-593. Di dalam Food Analysis 3rd Edition. S.Suzane Nielsen. Kluwer Academic Plenum Publ. New York.
- Isse MG. H Schuchmann and H Schubert. 1983. *Devided sorption isotherm concept, an alternative way to describe sorption isotherm data*. J Food Eng. 16: 147-157.
- Kusnandar F, 2011. *Kimia Pangan Komponen Makro*. Dian Rakyat jakarta.
- Lang, KW dan MP Steinberg. 1980. *Calculation of Mointure Content of Formulated Food System to Any Given Water Activity*. J.Food Sci. 45:1228.
- Limonu, M., Sugiyono dan F. Kusnandar. 2008. *Pengaruh Perlakuan Pendahuluan Sebelum Pengeringan terhadap Instan Jagung Muda*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan Vol.XIX (2):139-148
- Lievonon S. M dan Y. H. Ross. 2002. *Water Sorption of Food Model for Studies*
- Spieß WEL and W Wolf. 1987. *Critical evaluation of methods to determine moisture sorption isotherm*. Di dalam: Water Acctivity : Theory and Application to Food. Rockland RB and LR Beuchat. Marcelll-Dekker, New York.
- Syarief R, H Halid. 199 *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Arcan. Jakarta.
- Van den Berg, Bruin S. 1981. *Water activity and its estimation in food systems: Theoretical aspects*. In *Water activity: Influences on food quality*. LB Rockland, GF Stewart. New York: New York Academic.

Soekarto ST. 1978. *Pengukuran air ikatan dan peranannya pada pengawetan pangan*. Buletin perhimpunan ahli pangan indonesia Vol.III (4) : 4-8.

Walpole, R. E. 1990. *Pengantar Statistika*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Wijaya H. dan Ferry. 1998. *Penentuan umur simpan sarang burung walet dengan metode sorpsi isothermis*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan III (2):21-26.