**ISOTERM SORPSI AIR PADA TEPUNG UBI JALAR TERFERMENTASI DENGAN ANGKAK**

**Yulinda Eka Ayu Rukmawati\*, Sri Hartini, Margareta Novian Cahyanti**

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Metematika, Universitas Kristen Satya Wacana,

Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga, 50711, Jawa Tengah, Indonesia

\**Emai*l : *652013026@student.uksw.edu*

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kurva isoterm sorpsi air, pemodelan isoterm sorpsi air yang tepat (GAB, BET, Caurie) dan menentukan kadar air monoleyerpada tepung ubi jalar terfermentasi dengan angkak.Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kurva isoterm sorpsi air tepung ubi jalar terfermentasi dengan angkak berbentuk Sigmoid yang mendekati tipe II dan model matematika yang tepat adalah model GAB (Guggenheim Anderson deBoer) dengan nilai MRD pada suhu 30°C, 35°C, 40°C secara berturut-turut sebesar 4,41%;2,50%; 3,37%. Nilai kadar air monolayer pada suhu 30°C, 35°C, 40°C model GAB sebesar 7,34%; 6,57%;16,09%, model BET sebesar 2,09%; 1,05%; 4,26%, dan model Caurie sebesar 1,41%; 1,36%; 1,42%.

***Kata Kunci* :** *Isoterm Sorpsi Air, Pemodelan Matematika, Tepung Ubi Jalar Terfermentasi dengan Angkak*

**Abstract**

*The research was aimed to obtain moisture sorption curve of fermented sweet potato flour with red yeast rice, obtain determine the water content monoleyer and predicted using modeling appropriate ISA (GAB, BET, Caurie). The results showed that the water sorption isotherm curve of sweet potato flour fermented with red yeast rice Sigmoid shaped the approach of type II and the precise mathematical models are models of GAB (Guggenheim Anderson deBoer) with a value of MRD at a temperature of 30*°*C, 35*°*C, 40*°*C respectively at 4.41%, to 2.50%, 3.37%. Moisture content of the monolayer at temperature of 30˚C, 35˚C and 40˚C in GAB model was 7.34%, 6.57%, 16.09%, BET model was 2.09%, 1.05%, 4.26%, and Caurie model was 1.41%, 1.36%, 1.42%.*

***Keywords:*** *Water Sorption Isotherm, Mathematic Model, Fermented Sweet Potato Flour with Red Yeast Rice*

1. **PENDAHULUAN**

Tepung ubi jalar angkak (Teukak) merupakan tepung yang dibuat melalui cara fermentasi dengan menggunakan angkak yang merupakan produk hasil fermentasi dari *Monascus purpureus.* Penggunaan angkak dalam pembuatan teukak ini berfungsi sebagai antimikroba yang dapat memperpanjang masa simpan dan penggunaan angkak dikarenakan tepung ini bersifat higroskopis (Susetyo dkk., 2016). Sifat higroskopis ini dapat mempengaruhi masa simpan dan kualitas dari teukak tersebut.Stabilitas produk dapat ditentukan oleh dua faktor utama, yaitu kelembaban relatif kesetimbangan (RH) atau aktivitas air (aw) tempat penyimpanan dan kadar air kesetimbangan bahan pangan (M­e) (Widowati dkk., 2010).

 Hubungan antara aktivitas air/*water activity* (aw) dengan kadar air produk pangan di suatu kondisi penyimpanan pada nilai kelembaban relatif (RH) tertentu disebut isoterm sorpsi air (ISA). Kurva isoterm sorpsi air dapat digunakan untuk menentukan sifat-sifat produk, parameter pengeringan pengemasan dan penyimpanan pangan berdasarkan batas kritis yang harus dicapai (Cahyanti, 2008). Terdapat beberapa model persamaan ISA yang dapat digunakan, antara lain model Brunauer-Emmet-Teller (BET), Oswin, Hasley, Henderson, Caurie, Chen Clayton dan Guggenheim-Anderson-deBoer (GAB) (Ajisegiri *et.al*., 2007). Persamaan isoterm sorpsi air juga dapat digunakan untuk menghitung nilai kadar air monolayer dalam suatu bahan pangan. Menurut Jamaluddin dkk., (2004) kadar air monolayer dalam suatu bahan pangan mempengaruhi aktivitas mikrobiologis yang dapat menyebabkan kerusakkan selama proses penyimpanan.

Beberapa penelitian tentang isoterm sorpsi air (ISA) pada tepung sudah banyak dikembangkan, seperti penelitian Aponte (2011) tentang ISA tepung singkong dengan model ISA yang paling tepat yaitu model GAB. Cruz *et.al.,* (2010) melakukan penelitian tentang ISA tepung pisang dengan model ISA yang paling tepat yaitu model GAB. Hasil penelitian Septianingrum (2008) tentang ISA tepung gaplek menyatakan model ISA yang paling tepat yaitu BET. Penelitian tentang ISA tepung ubi jalar yang terfermentasi angkak tidak dijumpai dalam penelitian-penelitian sebelumnya.

 Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kurva isoterm sorpsi air, pemodelan isoterm sorpsi air yang tepat (GAB, BET, Caurie) dan menentukan kadar air monolayer tepung ubi jalar terfermentasi dengan angkak.

1. **METODE PENELITIAN**

**Alat dan Bahan**

 Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan gelas, *drying cabinet*, cawan porselin, *glass container*, inkubator, termohigrometer, *sorption container*, *moisture analyzer* (Ohaus MB 25, Ohaus Corp, USA), neraca analitik dengan ketelitian 0,01 g (Ohaus TAJ602, Ohaus Corp, USA), dan neraca analitik dengan ketelitian 0,1 mg (Ohaus Pioneer Balance, Ohaus Corp, USA).

 Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung ubi jalar terfermentasi dengan angkak sebagai bahan utama. Bahan kimia yang digunakan adalah akuades dan tujuh jenis garam seperti NaOH, MgCl2, K2CO3, Mg(NO3)2, KI, NaCl, KCl untuk mengatur kelembaban relatif (*relative humidity*/RH).

**Prosedur**

**Pembuatan Tepung Fermentasi (Susetyo dkk., 2016)**

Ubi jalar dicuci dengan air untuk menghilangkan kotoran dan tanah. Ubi jalar yang telah dicuci dikukus selama ± 60 menit setelah itu dikupas kulitnya, dipotong kecil-kecil dan ditambahkan angkak dengan dosis 5 % (w/w). Kemudian dikemas di dalam plastik setelah itu difermentasi pada suhu ruang dengan lama fermentasi 48 jam. Setelah proses fermentasi selesai, potongan ubi jalar tersebut dikeringkan dengan menggunakan *drying carbinet* pada suhu 50°C hingga kering. Setelah kering, potongan-potongan tersebut dihancurkan dan diayak dengan tingkat kehalusan 61 mesh.

**Pengukuran Kadar Air (Kumalasari, 2012)**

Sampel ditimbang sebanyak 1 gram dengan menggunakan cawan *moisture analyzer*. *Moisture analyzer* diatur pada suhu 105oC kemudian penutup pada *moisture analyzer* ditutup dan ditunggu selama beberapa menit hingga muncul hasil kadar airnya dan hasil yang diperoleh dicatat.

**Preparasi Larutan Garam Jenuh (Hayati, 2004)**

Preparasi larutan garam jenuh dilakukan menggunakan 7 macam garam. Garam-garam tersebut ditimbang dengan berat tertentu dan dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang telah terisi air hangat dengan suhu ± 500C, kemudian diaduk hingga homogen. Apabila garam dapat larut dengan sempurna, maka ditambahkan garam kembali sedikit demi sedikit hingga garam tidak larut. Larutan garam jenuh dibuat sebanyak 50 ml dan dimasukkan kedalam sebuah *glass container* yang cukup besar untuk menampung larutan garam jenuh tersebut.

**Pengukuran Kadar Air Kesetimbangan (Aini dkk., 2014)**

Sampel ditimbang sebanyak 5 gram dan dimasukkan kedalam *glass container* yang sudah diatur RH-nya menggunakan larutan-larutan garam jenuh. Kemudian *glass container* disimpan pada suhu 30oC, 35oC, 40oC dan setiap hari sampel tersebut ditimbang sampai *steady state*. Setelah tercapai keadaan *steady state*, sampel tersebut diukur kadar airnnya menggunakan *moisture analyzer*.

**Uji Ketepatan Model (Isse et al., 1993)**

Ketepatan suatu persamaan isoterm sorpsi dapat diuji dengan menggunakan *Mean Relative Determination* (MRD) dengan persamaan sebagai berikut:

**MRD =** $\frac{100}{n}\sum\_{i=1}^{n}\left|\frac{Mi-Mpi}{Mi}\right|$

Keterangan :

Mi = kadar air hasil percobaan

Mpi = kadar air hasil perhitungan

n = jumlah data

Jika :

MRD < 5 maka model sangat tepat

5 < MRD < 10 maka model agak tepat

MRD > 10 maka model tidak tepat

**Analisa Data (Motulsky & Christopoulos, 2004)**

Pengulangan dilakukan sebanyak 4 kali untuk sampel pada setiap jenis larutan garam kemudian data dianalisa menggunakan regresi linier dan regresi non-linier.

1. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data kelembapan relatif, aktivitas air dan kadar air kesetimbangan masing-masing tepung dalam *glass container*ditunjukkan dalam **Tabel 1**. Kurva isoterm sorpsi air dibuat dengan menghubungkan kadar air kesetimbangan dengan aktifitas air. **Gambar 1** menunjukkan kurva isoterm sorpsi air tepung ubi jalar terfermentasi dengan angkak.Kurva yang dihasilkan berbentuk sigmoid (menyerupai bentuk S), sehingga kurva isoterm sorpsi air ini mendekati tipe II.Kurva isoterm sorpsi air tipe II berbentuk huruf S dipengaruhi olehkapilaritas, hukum Raoult, dan interaksi antara permukaan bahan dengan molekul air (Aini dkk., 2014).

**Tabel 1**. Kelembapan Relatif (RH), Aktivitas Air (aw), dan Kadar Air Kesetimbangan (Me)pada Suhu 30°C, 35°C dan 40°C

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Suhu** | **30°C** | **35°C** | **40°C** |
| **Garam** | **RH (%)** | **aw** | **Me (%bk)** | **RH (%)** | **aw** | **Me (%bk)** | **RH (%)** | **aw** | **Me (%bk)** |
| NaOH | 10 | 0,10 | 1,22 ± 0,37 | 10 | 0,10 | 1,22 ± 0,43 | 10 | 0,10 | 1,35 ± 0,49 |
| MgCl2 | 42 | 0,42 | 5,34 ± 0,88 | 42 | 0,42 | 5,57 ± 0,97 | 37 | 0,37 | 5,24 ± 0,92 |
| K2CO3 | 48 | 0,48 | 7,34 ± 0,90 | 51 | 0,51 | 7,34 ± 0,85 | 38 | 0,38 | 6,11 ± 0,98 |
| Mg(NO3)2 | 67 | 0,67 | 12,87 ± 2,50 | 68 | 0,68 | 11,78 ± 1,52 | 49 | 0,49 | 9,00 ± 1,20 |
| KI | 77 | 0,77 | 18,13 ± 1,64 | 83 | 0,83 | 18,24 ± 1,24 | 65 | 0,65 | 12,67 ± 1,50 |
| NaCl | 89 | 0,89 | 25,56 ± 1,89 | 88 | 0,88 | 24,05 ± 2,06 | 74 | 0,74 | 15,38 ± 1,69 |
| KCl | 97 | 0,97 | 37,73 ± 3,24 | 99 | 0,99 | 38,80 ± 4,36 | 85 | 0,85 | 18,54 ± 1,36 |

**Gambar 1**. Kurva Isoterm Sorpsi Air Tepung Ubi Jalar Terfermentasi Dengan Angkak Suhu 30°C, 35°C, 40°C

 Persamaan matematis yang digunakan yaitu Guggenheim Anderson deBoer (GAB) dengan persamaan garis y = $\frac{aw}{Me}$ dan x = aw, Brunauer Emmett Teller (BET) dengan persamaan garis y = $\frac{aw}{\left(1-aw\right)Me}$ dan x = aw (Adawiyah & Soekarto, 2010) kemudian Caurie dengan persamaan garis y = ln $(\frac{1}{Me})$ dan x = ln ($\frac{1-aw}{aw})$ (Cahyanti dkk., 2016) yang akan membentuk sebuah kurva pemodelan isoterm sorpsi air. Pada **Gambar 2** menunjukkan kurva isoterm sorpsi air model GAB, **Gambar 3** menunjukkan kurva isoterm sorpsi air model BET, dan **Gambar 4** menunjukkan kurva isoterm sorpsi air model Caurie (C).

**Gambar 2**. Kurva Isoterm Sorpsi Air Model GAB Suhu 30°C, 35°C, 40°C

**Gambar 3**. Kurva Isoterm Sorpsi Air Model BET Suhu 30°C, 35°C, 40°C

**Gambar 4**. Kurva Isoterm Sorpsi Air Model Caurie Suhu 30°C, 35°C, 40°C

 Kadar air kesetimbangan hasil perhitungan (Mhit) dapat dihitung berdasarkan masing-masing persamaan regresi linier dan non-linier pada masing-masing pemodelan. **Tabel 2** menujukkan nilai kadar air kesetimbangan hasil percobaan (Me) dan kadar air kesetimbangan hasil perhitungan (Mhit) dengan pemodelan GAB, BET dan Caurie (C).

**Tabel 2**. Nilai Me dan Mhit dengan pemodelan GAB, BET dan Caurie

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Garam** | **Suhu 30°C** | **Suhu 35°C** | **Suhu 40°C** |
| **Me** | **Mhit** | **Me** | **Mhit** | **Me** | **Mhit** |
| **GAB** | **BET** | **C** | **GAB** | **BET** | **C** | **GAB** | **BET** | **C** |
| NaOH | 1,22 | 1,21 | -3,03 | 1,68 | 1,22 | 1,23 | 0,41 | 1,96 | 1,22 | 1,35 | 1,96 | 1,58 |
| MgCl2 | 5,34 | 5,83 | 4,93 | 5,33 | 5,34 | 5,68 | 4,38 | 5,29 | 5,34 | 5,80 | 5,29 | 5,19 |
| K2CO3 | 7,34 | 7,17 | 5.,11 | 6,32 | 7,34 | 7,27 | 3,63 | 6,34 | 7,34 | 6,05 | 5,46 | 5,4 |
| Mg(NO3)2 | 12,87 | 12,23 | 6,92 | 10,12 | 12,87 | 11,84 | 4,08 | 9,3 | 12,87 | 8,52 | 7,21 | 7,51 |
| KI | 18,13 | 17,17 | 9,74 | 14,13 | 18,13 | 19,36 | 6,76 | 14,52 | 18,13 | 12,70 | 11,03 | 11,79 |
| NaCl | 25,56 | 26,72 | 19,45 | 24,28 | 25,56 | 23,02 | 8,94 | 17,57 | 25,56 | 15,81 | 15,2 | 15,98 |
| KCl | 37,73 | 39,05 | 64,66 | 54,66 | 37,73 | 40,14 | 84,4 | 63,33 | 37,73 | 19,16 | 22,21 | 22,29 |

 Nilai MRD dapat ditentukan dengan cara membandingkan kadar air kesetimbangan hasil perhitungan (Mhit) dengan kadar air kesetimbangan percobaan (Me), selain itu nilai MRD dapat digunakan untuk menentukan pemodelan yang tepat dalam menggambarkan fenomena isoterm sorpsi air tepung ubi jalar terfermentasi dengan angkak. **Tabel 3** menunjukkan nilai MRD untuk masing-masing pemodelan pada suhu 30°C, 35°C, 40°C.

**Tabel 3.** Nilai MRD Masing-Masing Pemodelan pada Suhu 30°C, 35°C, 40°C

|  |  |
| --- | --- |
| **Pemodelan** | **Nilai MRD (%)** |
| **Suhu 30°C** | **Suhu 35°C** | **Suhu 40°C** |
| Guggenheim-Anderson-deBoer (GAB)  | 4,41 | 2,50 | 3,37 |
| Brunauer-Emmet-Teller (BET) | 81,92 | 73,48 | 15,74 |
| Caurie | 20,67 | 30,11 | 11,05 |

 Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat bahwa model GAB merupakan pemodelan yang tepat dalam menggambarkan fenomena isoterm sorpsi air pada tepung ubi jalar terfermentasi dengan angkak dengan nilai MRD < 5.Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Aponte (2011) menjelaskan bahwa pemodelan GAB dapat menggambarkan kurva isoterm sorpsi air pada tepung singkong dan Cruz *et.al*., (2010) pemodelan yang tepat digunakan untuk menggambarkan isoterm sorpsi air pada tepung pisang yaitu pemodelan GAB.

 Kadar air monolayer dapat dihitung dengan menggunakan pemodelan GAB, BET dan Caurie.**Tabel 4** menunjukkan nilai kadar air monolayer dari masing-masing pemodelan pada suhu 30°C, 35°C dan 40°C.

**Tabel 4.** Nilai Kadar Air Monolayer Masing-Masing Pemodelan Pada Suhu 30°C, 35°C, 40°C

|  |  |
| --- | --- |
| **Pemodelan** | **Kadar Air Monoleyer (mo)** |
| **Suhu 30°C** | **Suhu 35°C** | **Suhu 40°C** |
| Guggenheim-Anderson-deBoer (GAB)  | 7,34 | 6,57 | 16,09 |
| Brunauer-Emmet-Teller (BET) | 2,09 | 1,05 | 4,26 |
| Caurie | 1,41 | 1,36 | 1,42 |

 Nilai kadar air monolayer menggambarkankadar air pada lapisan monolayer dalam suatu bahan pangan. Kandungan air pada lapisan monolayer ini dapat digunakan untuk menentukan stabilitasfisik dan kimia suatu bahan yang dikeringkan (Aini dkk., 2014). Berdasarkan **Tabel 4** dapat dilihat bahwa nilai kadar air monolayer masing-masing pemodelan memiliki nilai yang berbeda, pada suhu 30˚C menuju ke suhu 35˚C nilai kadar air monolayer mengalami penurunan, sedangkan dari suhu 35˚C menuju ke suhu 40˚C nilai kadar air monolayer mengalami kenaikan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Bajpai & Pradeep (2013) pada *kappa carrageenan* yang nilai kadar air monolayernya mengalami peningkatan pada suhu 20˚C yang disebabkan karena terbentuknya ikatan baru antara uap air dengan bahan pangan kemudian mengalami penurunan pada suhu 30˚C hal ini karena molekul uap air lebih aktif pada energi yang lebih tinggi sehingga molekul uap air menjadi tidak stabil dan menyebabkan terlepasnya ikatan antara molekul uap air tersebut dengan bahan pangan.

**KESIMPULAN**

Kurva isoterm sorpsi air pada tepung ubi jalar terfermentasi dengan angkak berbentuk sigmoid yang mendekati tipe II. Pemodelan yang tepat untuk memprediksikan fenomena isoterm sorpsi air pada tepung ubi jalar terfermentasi dengan angkak adalah GAB dengan nilai MRD pada suhu 30°C, 35°C, 40°C secara berturut-turut sebesar 4,41%;2,50%;3,37%. Nilai kadar air monolayer tepung ubi jalar terfermentasi dengan angkak pada suhu 30°C, 35°C, 40°C dengan model GAB sebesar 7,34%; 6,57%;16,09%, model BET sebesar 2,09%; 1,05%; 4,26%, dan model Caurie sebesar 1,41%; 1,36%; 1,42%.

**DAFTAR RUJUKAN**

Adawiyah, D. R., & Soekarto, S. T., 2010. *Pemodelan Isotermis Sorpsi Air pada Model Pangan*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, Vol. 21, No. 1, Hal: 33-39.

Aini, N., Prihananto, V., & Wijonarko, G., 2014. *Karakteristik Kurva Isotherm Sorpsi Air Tepung Jagung Instan*. Agritech, Vol. 34, No. 1, Hal: 50-55.

Ajisegiri, E. S. A., Chukwu, O., & Sopade, P. A., 2007. *Moisture-Sorption Study of Locally-Parboiled Rice*. AU Journal of Technology, Vol. 11, No. 2, Hal: 86-90.

Aponte.A.A., 2011. *Adsorption Isotherms and Isosteric Heat Estimation in Cassava Flour.*Biotecnologia en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol 9, No. 1, Hal 88-96.

Bajpai, S.K. & Pradeep, T., 2013. *Studies on equilibrium moisture absorption of kappa carrageenan*. International Food Research Journal, 20(5), pp.2183-2191.

Cahyanti, M. N., 2008. *Pendugaan Masa Simpan Biskuit Coklat Dengan Metode ASLT Berdasarkan Kadar Air*. Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.

Cahyanti, M. N., Hindarto, J., & Lestario, L. N., 2016. *Pemodelan Isoterm Sorpsi Air Biskuit Coklat Menggunakan Persamaan Caurie*. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, Vol. 5, No. 2, Hal: 51-53.

Cruz, A. A., Garcia, R. C., &Perez, L. A. B., 2010. *Moisture Adsorption Behavior of The Banana Flours (Musa Paradisiaca) Unmodified and Modified by Acid-Treatment*. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnologia de Alimentos.

Hayati, R., Abdullah, A., Ayob, M. K., & Soekarto, S. T., 2004. *Isotermi Sorpsi Air dan Analisis Umur Simpan Ikan Kayu Tongkol (Euthynnus affinis) dari Aceh*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, Vol. 15, No. 3, Hal: 207-213.

Isse, M. G., Schuchmann, H., & Schubert, H., 1993. *Divided Sorption Isotherm Concept an Alternative Way to Describe Sorption Isotherm Data*. Journal of Food Process Engineering, Vol: 16, No. 2, Hal: 147-157.

Jamaluddin., Molenaar, R., & Tooy, D., 2014. *Kajian Isoterm Sorpsi Air dan Fraksi Air Terikat Kue Pia Kacang Hijau Asal Kota Gorontalo*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, vol. 2, no. 1, pp. 27-37.

Motulsky, H., &Christopoulos, A., 2004. *Fitting Models to Biological Data Using Linear and Nonlinear Regression: A Practical Guide to Curve Fitting.* Oxford University Press. New York.

Septyaningrum, E., 2008. *Perkiraan Umur Simpan Tepung Gaplek yang Dikemas Dalam Berbagai Kemasan Plastik Berdasarkan Kurva Isoterm Sorpsi Lembab*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Susetyo, Y. A., Hartini, S., & Cahyanti, M. N., 2016. *Optimasi Kandungan Gizi Tepung Ubi Jalar (Ipomoea batatas* L*.)Terfermentasi Ditinjau dari Dosis Penambahan Inokulum Angkak serta Aplikasinya dalam Pembuatan Mie Basah*. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, Vol. 5, No. 2, Hal: 44-51.

Widowati, S., Herawati, H., Syarief, R., Suyatma, N. E., & Prasetia, H. A., 2010. *Pengaruh Isoterm Sorpsi Air terhadap Stabilitas Beras Ubi*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, Vol. 21, No. 2, Hal: 123-128.