

## Isoterm Sorpsi Serabut Kelapa

Adjar Pratoto & Syibli

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Andalas  
Kampus Limau Manis, Padang 25163  
Email: adjar\_pratoto@yahoo.com

### Abstrak

Makalah ini menyajikan isoterm sorpsi (adsorpsi) untuk serabut kelapa. Pengujian dilakukan dengan gravimetrik dinamik, yaitu dengan mengamati perubahan massa produk hingga mencapai keseimbangan dengan atmosfir yang terkontrol pada suhu 30°C dan 40°C. Pengontrolan aktivitas air atmosfirk dilakukan dengan menggunakan campuran akuades dengan  $H_2SO_4$  dengan enam variasi komposisi. Untuk serabut kelapa, hubungan antara kandungan air keseimbangan dengan aktivitas air menunjukkan tipe sigmoid. Korelasi antara kedua parameter dibuat dengan menggunakan teknik regresi. Adapun, model persamaan yang digunakan adalah model Langmuir, Henderson, Chung & Pfost, dan Halsey. Parameter statistik yang digunakan untuk mengevaluasi fitting model adalah RMSE,  $\chi^2$ , modulus E, dan koefisien determinasi. Kecuali model Langmuir, model-model persamaan tersebut tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata dalam fitness persamaan. Fitting model tersebut cukup memadai untuk menyatakan isoterm adsorpsi serabut kelapa.

Kata kunci: isoterm, sorpsi, adsorpsi, serabut kelapa

### 1. Pendahuluan

Sebagai negara yang terletak di khatulistiwa, Indonesia memiliki varietas hayati yang sangat beragam. Pohon kelapa (*cocos nucifera linn*) merupakan salah satu dari tumbuhan yang hampir dapat ditemui di seluruh wilayah di Indonesia, tidak hanya di daerah pantai tetapi juga hingga ke daerah pedalaman. Kelapa umumnya dibudidayakan oleh rakyat/petani; budidaya kelapa dalam bentuk perkebunan belum banyak digalakkan. Hampir semua bagian dari tanaman kelapa dapat dimanfaatkan sehingga tanaman kelapa disebut pula sebagai *the tree of life*. Namun demikian, hingga kini pemanfaatan dari pohon kelapa masih terbatas pada daging buah dan air kelapa, yaitu untuk pemenuhan kebutuhan kuliner rumah tangga. Bagian lainnya dari produk tanaman kelapa belum dimanfaatkan secara optimal. Tempurung digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga. Sementara itu, pemanfaatan sabut kelapa masih terbatas pada keperluan rumah tangga dan kini mulai tergeser oleh bahan-bahan sintetik. Hasil olahan sabut kelapa dapat digunakan sebagai (a) peredam dan penahan panas pada industri pesawat terbang, (b) bahan pengisi bantalan kursi/jok pada industri otomotif, (c) bahan geotekstil untuk perbaikan kondisi tanah pada bendungan dan saluran, (d) coco sheet untuk kasur pengganti busa pada industri perangkat rumah tangga, dan (e) peralatan-peralatan rumah tangga (tali, sapu, sikat, keset, dll.).

Setiap bahan mengandung air. Kandungan air dalam bahan tersebut (terutama bahan hayati) dapat mempengaruhi sifat fisikokimiawi bahan dan pertumbuhan mikroba. Pada kandungan air yang tinggi, bahan hayati sangat rentan terhadap pertumbuhan mikroba yang pada gilirannya akan mengubah sifat fisikokimiawi yang pada beberapa penerapan tidak diharapkan. Sebagaimana halnya bahan hayati lainnya, interaksi dengan lingkungan (terutama humiditas udara) dapat menyebabkan perubahan kandungan air di dalam bahan. Dengan demikian, karakteristik serabut kelapa dalam kaitannya dengan interaksi lingkungan udara sekitar perlu diketahui. Hal ini penting untuk memperkirakan masa pemakaian (*shelf life*) dari bahan tersebut. Karakteristik bahan hayati tersebut lazimnya dituangkan dalam bentuk isoterm sorpsi. Sorpsi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi dan desorpsi. Adsorpsi adalah penyerapan suatu unsur (air) dalam lingkungan oleh suatu produk. Sedangkan, desorpsi adalah proses pelepasan unsur (air) ke lingkungan.

Isoterm sorpsi air memperlihatkan hubungan keseimbangan antara kandungan air dalam suatu bahan dengan aktivitas air ( $a_w$ ) pada suhu dan tekanan konstan (Labuza, 2002). Dalam keadaan keseimbangan, aktivitas air dapat dinyatakan dalam bentuk kelembaban relatif lingkungan sekeliling,

$$a_w = \frac{p}{p_o} = \text{kelembaban relatif (\%)} / 100 \quad (1)$$

dimana  $a_w$  adalah aktivitas air,  $p$  tekanan uap air di dalam bahan hidup, dan  $p_o$  tekanan uap air murni pada suhu keseimbangan sistem  $T_o$ .

Persamaan sorpsi digunakan, antara lain, untuk memprediksi umur bahan (terutama bahan hidup) selama penyimpanan dan pengemasan serta memprediksi batas bawah kadar air bahan dalam pengeringan.

## 2. Metodologi

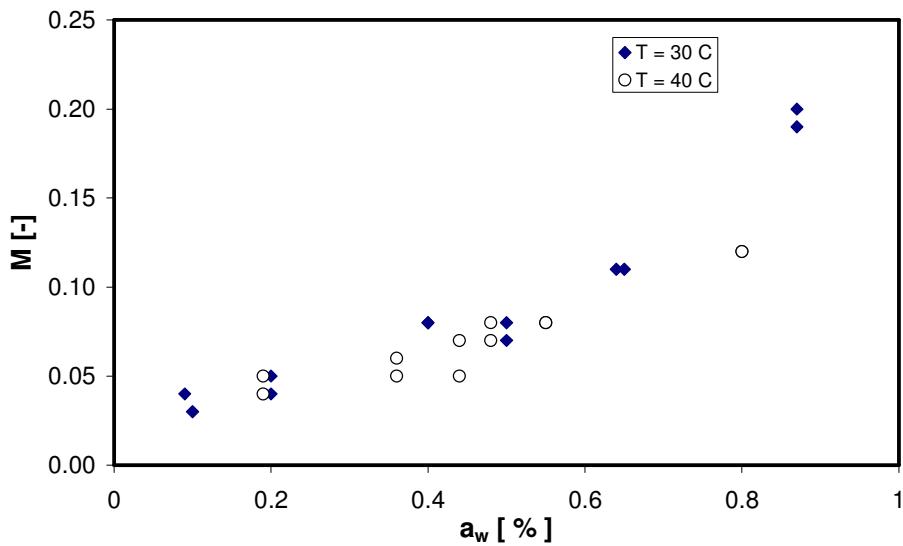
Penentuan isoterm sorpsi air dapat dilakukan dengan metode gravimetrik atau metode manometrik (Iglesias & Chirife, 1982). Metode gravimetrik dapat dibedakan atas dua, yaitu sistem statik dan sistem dinamik. Dalam sistem statik, sampel diletakkan di dalam desikator hampa. Sedangkan, pada sistem dinamik, udara dengan kelembaban relatif yang telah diketahui dialirkan melalui sampel. Pada penelitian ini, dalam penentuan isoterm sorpsi digunakan metode gravimetrik sistem dinamik.

Untuk mengatur kelembaban relatif udara di sekitar sampel (serabut kelapa), digunakan larutan akuaedas-askam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Komposisi campuran diatur sedemikian rupa sehingga diperoleh kelembaban relatif sesuai dengan yang diinginkan. Hubungan antara komposisi larutan, kelembaban udara, dan suhu dapat dilihat di Rizvi (1986). Aktivitas air yang digunakan selama pengujian berkisar antara 0,2 – 0,8. Untuk tiap aktivitas air, digunakan dua buah sampel. Data hasil pengujian kemudian dituangkan ke dalam model persamaan sorpsi melalui teknik regresi. Model persamaan yang dipilih adalah model Langmuir, Henderson, Chung & Pfost, dan Halsey.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil percobaan, diperoleh hubungan antara kadar air keseimbangan pada serabut kelapa ( $M$ ) dalam basis kering dengan aktivitas air ( $a_w$ ). Pada Gambar 1 ditunjukkan hubungan tersebut untuk suhu 30°C dan 40°C. Dalam gambar tersebut, hubungan antara kadar air keseimbangan dan aktivitas memperlihatkan pola sigmoid atau Tipe II menurut Brunauer dkk. (Fortes & Okos, 1980; Rizvi, 1986). Bahan hidup umumnya memperlihatkan kurva sorpsi tipe II, namun ada juga yang memperlihatkan kurva sorpsi tipe III (Arslan & Toğrul, 2005).

Secara umum, pada suhu yang tinggi, kadar air keseimbangan lebih rendah (efek suhu negatif) sebagaimana yang dilaporkan oleh Cervenka dkk. (2008). Namun, Cervenka dkk. melaporkan bahwa efek suhu negatif tidak diamati pada aktivitas air yang tinggi oleh karena adanya komponen gula. Serabut kelapa tidak mengandung gula; dengan demikian, efek suhu positif tersebut tidak teramat.



Gambar 1 Hubungan antara kadar air keseimbangan  $M$  dengan aktivitas air  $a_w$  (adsorpsi) pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  dan  $40^{\circ}\text{C}$

Terdapat lebih dari 200 model persamaan sorpsi (Sun, 2005). Dalam makalah ini, empat buah persamaan isotherm dipilih untuk menyatakan secara matematis data eksperimental isotherm adsorpsi serabut kelapa, yaitu persamaan Langmuir, Henderson, Chung & Pfost, serta modifikasi Halsey (Iglesias & Chirife, 1982):

$$\text{Langmuir: } a_w \left( \frac{1}{M} - \frac{1}{M_o} \right) = \frac{1}{CM_o} \quad (2)$$

$$\text{Henderson: } \ln(1 - a_w) = - C'_1 M^n \quad (3)$$

$$\text{Chung & Pfost: } \ln a_w = - C'_1 \exp(-C_2 M) \quad (4)$$

$$\text{Halsey (modifikasi): } a_w = \exp\left(-\frac{A'}{M^r}\right) \quad (5)$$

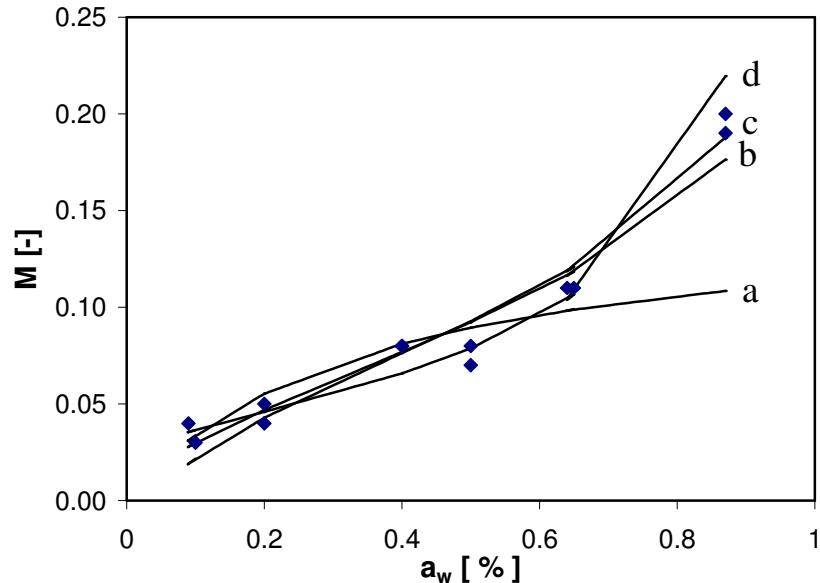
Pada Pers. (2 – 5),  $a_w$  adalah aktivitas air,  $M$  kadar air basis kering, dan  $C$ ,  $M_o$ ,  $C'_1$ ,  $n$ ,  $C_2$  dan  $r$  adalah konstanta. Dengan menggunakan regresi, konstanta persamaan isotherm adsorpsi (Pers. 2 – 5) untuk serabut kelapa diperoleh dan hasilnya ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Konstanta persamaan isotherm adsorpsi

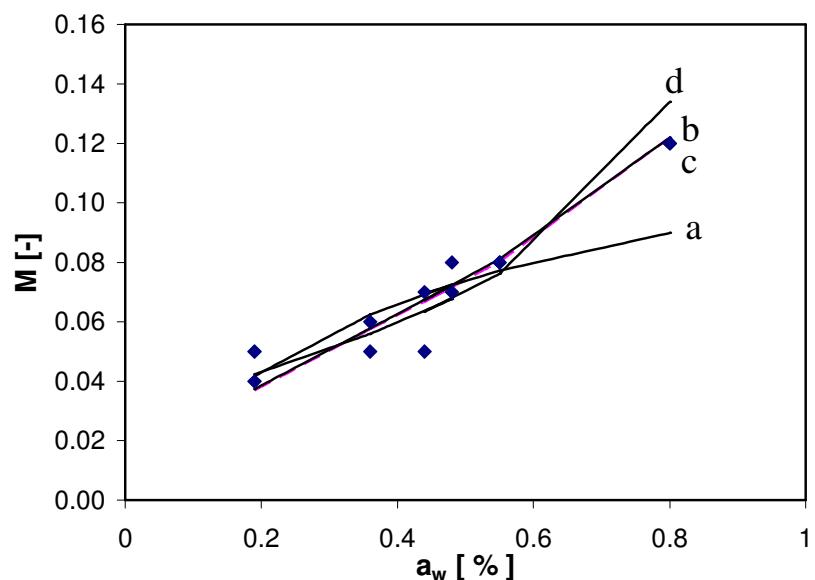
Persamaan	Konstan	Suhu	
		$30^{\circ}\text{C}$	$40^{\circ}\text{C}$
Langmuir	$M_o$	0.1519	0.1401
	$C$	2.8641	2.2357
Henderson	$C'_1$	36.925	59.880
	$n$	1.6687	1.7189
Chung & Pfost	$C'_1$	3.3231	3.9801
	$C_2$	16.895	23.633
Halsey	$A'$	0.0129	0.0067
	$r$	1.5649	1.7422

Pada Gb.2 & Gb. 3, diperlihatkan plot persamaan serta data eksperimental dari adsorpsi untuk, masing-masing, suhu  $30^{\circ}\text{C}$  dan  $40^{\circ}\text{C}$ . Secara umum, Persamaan Henderson, Chung & Pfost, dan

Halsey tidak memebrikan deviasi yang nyata. Sedangkan, Persamaan Langmuir memperlihatkan deviasi yang nyata, terutama untuk aktivitas air yang besar. Dari gambar tersebut juga terlihat bahwa Persamaan Henderson dan Chung & Pfost menghasilkan fitting persamaan yang hampir berimpit.



Gambar 2 Korelasi isotherm adsorpsi serabut kelapa pada suhu 30°C ( a – Langmuir, b – Henderson, c – Chung & Pfost, d – Halsey)



Gambar 3 Korelasi isotherm adsorpsi serabut kelapa pada suhu 40°C ( a – Langmuir, b – Henderson, c – Chung & Pfost, d – Hasley)

Untuk menentukan *fitness* persamaan secara kuantitatif, digunakan beberapa parameter statistik, seperti root mean square error (RMSE), reduced-chi-square ( $\chi^2$ ), modulus (E), dan koefisien determinasi ( $r^2$ ). Parameter-parameter tersebut dinyatakan oleh Pers. 6 – 9 berikut ini.

Root Mean Square Error,

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{pred,i})^2}{n}} \quad (6)$$

Reduced-chi square,

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{pred,i})^2}{n - n_c} \quad (7)$$

Modulus,

$$E(\%) = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_{obs,i} - X_{pred,i}|}{X_{obs,i}} \quad (8)$$

Koefisien determinasi,

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{pred,i})^2}{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - \bar{X}_{pred})^2} \quad (9)$$

Nilai RMSE menyatakan kemampuan *fitting* suatu persamaan dalam kaitannya dengan jumlah data. Semakin kecil nilai RMSE, semakin baik kemampuan fitting persamaan tersebut. Demikian pula, suatu persamaan dipandang memiliki *fitting* yang baik bila nilai  $\chi^2$ , E rendah, atau  $r^2$  tinggi. Labuza (2002) menyatakan fitting persamaan baik bilamana modulus lebih kecil dari 10%. Sedangkan, ditinjau dari koefisien determinasi, statistikawan pada umumnya memandang bahwa persamaan dengan koefisien determinasi di atas 0,7 sudah cukup memadai dan semakin tinggi semakin baik. Pada Tabel 2 dan 3 diperlihatkan parameter statistik untuk fitting persamaan sorpsi serabut kelapa untuk, masing-masing, suhu 30°C dan 40°C. Dari table tersebut, ditinjau dari koefisien determinasi, keseluruhan model memberikan fitting yang cukup memadai. Sedangkan, bila ditinjau dari modulus, kecuali model Henderson dan Ching & Pfost untuk suhu 40°C, model-model tersebut kurang memberikan fitting persamaan yang baik, terutama model Langmuir. Model Langmuir hanya cocok untuk aktivitas air yang rendah, yaitu di bawah 0,3 (Labuza, 2002). Secara keseluruhan, model Henderson dan Chung & Pfost memberikan fitting persamaan yang hamper sama.

Tabel 2 Parameter statistik dari beberapa persamaan isotherm adsorpsi pada suhu 30°C

Persamaan	RMSE	$\chi^2$	E (%)	$r^2$
Langmuir	3,67E-02	16,13E-04	19,66	0,806
Henderson	1,20E-02	1,73E-04	11,81	0,932
Chung & Pfost	1,16E-02	1,63E-04	15,34	0,954
Halsey	1,25E-02	1,89E-04	11,58	0,951

Tabel 3 Parameter statistik dari beberapa persamaan isotherm adsorpsi pada suhu 40°C

Persamaan	RMSE	$\chi^2$	E (%)	$r^2$
Langmuir	1,45E-02	25,1E-05	13,30	0,711
Henderson	0,72E-02	6,2E-05	9,05	0,859
Chung & Pfost	0,72E-02	6,2E-05	8,95	0,924
Halsey	0,88E-02	9,2E-05	10,66	0,883

#### 4. Kesimpulan

Kajian eksperimental telah dilakukan untuk menentukan isotherm adsorpsi serabut kelapa. Untuk serabut kelapa, isotherm adsorpsi tersebut memperlihatkan pola sigmoid atau tipe II sebagaimana umumnya isoterm sorpsi untuk bahan hayati. Empat buah model persamaan sorpsi dipilih untuk menyatakan secara matematis isotherm adsorpsi tersebut, yaitu model Langmuir, Henderson, Chung &

Pfost, dan Halsey. Kecuali model Langmuir, ketiga model lainnya memberikan fitting persamaan yang memadai.

## Rujukan

- Arslan, N. & H. Toğrul, 2005, Moisture sorption isotherms for crushed chillies, *Biosystems Engineering* **90**(1), 47–61
- Basunia, M.A. & T. Abe, 2005, Adsorption isotherms of barley at low and high temperatures, *Journal of Food Engineering* **66**, 129-136
- Cervenka, L., S. Rezkova, & J. Kralovsky, 2008, Moisture adsorption characteristics of gingerbread, a traditional bakery product in Pardubice, Czech Republic, *J. Food Engineering* **84**, 601-607
- Fortes, M. & M.R. Okos, 1980, Drying theories: Their bases and limitations as applied to foods and grains, in *Advances in Drying*, Vol. I (Ed. A.S. Mujumdar), Hemisphere Publ. Corp., Washington, D.C.
- Iglesias, H.A. & J. Chirife, 1982, *Handbook of Food Isotherms: Water Sorption Parameters for Food and Food Components*, Academic Press, New York
- Rizvi, S.S.H. , 1986, Thermodynamics properties of foods in dehydration, in *Engineering Properties of Foods* (Eds. M.A. Rao & S.S.H. Rizvi), Marcel Dekker, New York
- Sun, Da-Wen, 2005, Comparison and selection of EMC/ERH isotherm equations for drying and storage of grain and oilseed, available at [www.cgirjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1039/1032](http://www.cgirjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1039/1032) diakses pada 21 Mei 2005
- Labuza, T, 2002, Water activity and sorption isotherms, available at [www.wateractivity.org/LabuzaIFT2002.pdf](http://www.wateractivity.org/LabuzaIFT2002.pdf), diakses pada 27 Maret 2005