

**AKTIVITAS AIR, KURVA SORPSI ISOTHERMIS SERTA PERKIRAAN UMUR
SIMPAN *FLAKE* UBI KAYU DENGAN VARIASI PENAMBAHAN KORO PEDANG**
*Water Activity, Moisture Sorption Isotherm and Shelf Life of Cassava Flake with Jack Bean
Addition*

Triana Lindriati^{1)*}, Maryanto¹⁾

¹⁾Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember
Jalan Kalimantan 37, Kampus Tegal Boto, Jember 68121

*E-mail: lindriatitriana@unej.ac.id

ABSTRACT

The aim of our study determined water activity value, moisture sorption isotherm characteristic and predicted shelf life of cassava flake with variation of jack bean addition. The purpose of jack bean addition in to the flake to increase protein content. The result showed that water activity content of flake with 30% jack bean addition was $0,21 \pm 0,0034$; 25% addition was $0,29 \pm 0,0027$ and 20% addition was $0,21 \pm 0,0041$. The moisture sorption isotherm characteristic of the flake was adsorption type (type II). Oswin equation can be used to predict the moisture content of flake related with relative humidity of environment that suitable with sorption isotherm curve. Flake with 25% jack bean addition packed in HDPE, stored in 85% relative humidity room had highest self life, that was 284 days. The lowest shelf life was flake with 25% and 20% addition packed in LDPE, stored in 95% relative humidity. The value of the shelf life was 21 days

Keyword: *packaging, moisture sorption isotherm, shelf life, water activity, cassava flake, jack bean*

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan peningkatan kebutuhan pangan yang belum diiringi dengan peningkatan produksi tanaman pangan, khususnya beras, oleh karena itu diversifikasi pangan pokok diperlukan untuk peningkatan ketahanan pangan. Diversifikasi pangan pokok dapat dilakukan dengan meningkatkan daya guna sumber pangan lokal seperti misalnya ubi kayu. Ubi kayu merupakan komoditas pertanian yang tumbuh subur di Indonesia. Produksi ubi kayu cukup tinggi, sehingga ubi kayu dapat digunakan sebagai bahan makanan alternatif. Salah satu alternatif pangan olahan yang dapat dikembangkan adalah *flake*.

Flake merupakan makanan sarapan siap saji yang berbentuk lembaran tipis, berwarna kuning kecoklatan serta biasanya dikonsumsi dengan penambahan susu sebagai menu sarapan (Hildayati, 2012).

Salah satu kelebihan produk *flake* adalah mempunyai fungsi ganda yaitu bisa digunakan untuk sarapan pagi, misalnya dicampur dengan air susu, namun dapat juga dianggap sebagai makanan ringan yang bisa dikonsumsi langsung. *Flake* juga merupakan makanan siap saji yang praktis, mudah dan cepat dalam penyajiannya serta awet. Umumnya bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan *flake* adalah jagung dan gandum, namun tidak menutup kemungkinan pemanfaatan ubi kayu.

Ubi kayu memiliki kandungan protein yang relatif rendah, maka dalam pembuatan *flake* perlu adanya upaya untuk meningkatkan kandungan proteinnya, penambahan kacang-kacangan sebagai sumber protein akan menutup kekurangan tersebut (Permana dan Putri, 2015). Salah satu jenis kacang-kacangan yang dapat digunakan adalah koro pedang. Menurut Bressani *et al.* (1987) koro pedang memiliki kandungan protein yang tinggi

hingga 32% dan produktifitas yang tinggi hingga 4000 kg/ha sehingga potensial untuk dikembangkan sebagai sumber protein pengganti kedelai.

Flake secara alami bersifat higroskopis, artinya dapat menyerap air dari udara sehingga perlu dilakukan pengemasan yang memadai untuk memperpanjang umur simpannya. Pengemasan sangat menentukan umur simpan suatu produk. Faktor-faktor yang mempengaruhi umur simpan bahan yang dikemas diantaranya jenis bahan pengemas dan kondisi lingkungan. Bahan pengemas menentukan permeabilitas gas-gas yang berpengaruh terhadap kerusakan pangan. Salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh adalah *Relative Humidity* (Robertson, 2010). Menurut Adawiyah (2006), bahan pangan kering seperti snack, biskuit dan kerupuk dapat mengalami kerusakan yang ditandai dengan penurunan kekerasan atau kerenyahan karena adanya penyerapan air.

Penambahan koro pedang pada ubi kayu akan mempengaruhi komposisi protein dan karbohidrat secara keseluruhan di dalam *flake*. Hal tersebut akan mempengaruhi kemampuan *flake* mengikat air sehingga dapat mempengaruhi aktivitas air, kurva sorpsi isothermis dan umur simpan *flake*. Karakteristik hidrasi *flake* dapat digambarkan sebagai kurva sorpsi isothermis yang dapat memberikan gambaran hubungan antara kadar air bahan dan kelembaban relatif seimbang (*ERH/Equilibrium Relative Humidity*) ruang tempat penyimpanan atau aktivitas air (a_w) pada suhu tertentu. Tujuan dari penelitian adalah menentukan nilai a_w dan kurva sorpsi isothermis dari *flake* ubi kayu dengan persentase penambahan koro pedang 20%, 25% dan 30%. Selain itu dilakukan perhitungan perkiraan umur simpan dari *flake* pada berbagai RH lingkungan dan jenis pengemas.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan *flake* adalah ubi kayu dan koro pedang, sedangkan bahan-bahan pembantu yang digunakan adalah beras jagung, gula, garam dan telur. Pada penelitian ini persentase koro pedang divariasikan 30%, 25% dan 20% (b/b). Pengaturan kelembaban lingkungan dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai larutan garam jenuh yaitu NaOH.H₂O ($a_w = 0,069$), MgCl₂.H₂O ($a_w = 0,323$), NaBr.2H₂O ($a_w = 0,577$) dan KCl ($a_w = 0,846$), penentuan nilai a_w menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Labuza *et al.* (1985) dengan nilai suhu rata-rata ruang 30°C.

Tahapan Penelitian

Pembuatan flake ubi kayu

Pembuatan *flake* ubi kayu diawali dengan pengupasan dan pencucian yang dilanjutkan dengan *steaming* (100°C) selama 1 jam. Beras jagung sebelum dicampurkan dengan bahan yang lain direndam selama 0,5 jam kemudian dimasak dengan *pressure cooker* (Maxim) selama 2 jam. Sedangkan koro pedang direndam 12 jam dikuliti dan dimasak dengan *pressure cooker* selama 1 jam, sebelum dicampurkan dengan bahan yang lainnya. Tahap berikutnya dilakukan pencampuran bahan dengan penambahan telur, gula dan garam dengan komposisi 5%, 2,5% dan 0,5% (b/b) menjadi satu adonan dan kemudian digiling dengan penggiling daging. Hasil gilingan berupa silinder memanjang dengan diameter 2,5 mm dipotong dengan panjang ± 2 cm, untuk kemudian dimasak dengan oven (*regulating oven, selecta*) pada suhu 65°C hingga kadar air mencapai 19 – 23 %. Setelah dioven, *flake* diturunkan suhunya hingga suhu ruang untuk kemudian dipress dengan dongkrak hidrolik untuk menghasilkan bentuk pipih, dengan ketebalan (0,5- 1 mm). *Flake* yang telah

pipih kemudian di-toasting pada suhu 250°C selama 2 – 3 menit dan disimpan dalam wadah yang di dalamnya terdapat silika gel.

Metode Analisis

Penentuan aktivitas air (a_w) flake ubi kayu (Purnomo, 1995).

Pengamatan a_w sampel dilakukan dengan menggunakan alat cawan conway. Sebanyak 1 gram sample (flake yang telah dipotong dengan ukuran $\pm 9 \text{ mm}^2$) dimasukkan dalam 4 cawan conway yang telah diisi dengan larutan garam jenuh NaOH(H₂O), MgCl₂.6H₂O, NaBr.2H₂O dan KCl. Pengamatan dilakukan dengan menimbang sampel yang disimpan pada 4 cawan conway selama 2, 4 dan 6 jam. Nilai a_w sampel dapat diketahui dengan membuat grafik interpolasi antara perubahan berat sampel dengan nilai a_w masing-masing garam jenuh, Perpotongan antara grafik dari tiga variasi waktu yaitu 2, 4 dan 6 jam merupakan nilai a_w dari sampel.

Pembuatan kurva sorpsi isothermis

Penentuan kurva sorpsi isothermis pada penelitian ini menggunakan metode gravimetri statis dengan menggunakan cawan conway. Timbang 1,5 gram flake dan letakkan pada bagian tengah cawan conway. Timbang 5 gram garam NaOH(H₂O), MgCl₂.6H₂O, NaBr.2H₂O dan KCl taburkan diseperti flake pada tempat yang telah disediakan pada cawan conway. Teteskan 2 ml aquadest pada garam sehingga diperoleh larutan garam jenuh. Tutup cawan conway dan simpan dalam suhu ruang rata-rata 30°C, timbang berat flake setiap hari sehingga diperoleh berat konstan. Ukur kadar air flake setelah beratnya konstan (kadar air kesetimbangan). Nilai kadar air diukur dengan metode *Thermogravimetri* (AOAC, 2007). Model kurva sorpsi isothermis lembab dari flake dapat dibuat dengan menghubungkan nilai kadar air

kesetimbangan dengan nilai RH garam jenuh.

Penentuan persamaan sorpsi isothermis

Penentuan persamaan Sorpsi isothermis menggunakan tiga persamaan matematis yaitu persamaan Oswin, Chen-Clayton dan Chung-Pfost, dimana persamaannya adalah sebagai berikut:

Persamaan Oswin:

$$\ln m = \ln c + n \cdot \ln\left(\frac{a_w}{1 - a_w}\right)$$

(keterangan : m = kadar air kesetimbangan;
c = konstanta Oswin; a_w = aktivitas air).

Persamaan Chung-Pfost:

$$\ln m = \left(\ln\left(\frac{-1}{b}\right) \right) - \ln(\ln(-a)) + \ln(\ln(T \ln RH))$$

(keterangan : m = kadar air kesetimbangan;
b dan a = konstanta Chung-Pfost; T = suhu ruang; RH = *relative humidity* yang nilainya dapat diperoleh dari $1/a_w$)

Persamaan Chen-Clayton:

$$\ln m = \ln\left(\frac{-1}{cT^d}\right) - \ln(\ln(-aT^b)) + \ln(\ln(\ln(RH)))$$

(Keterangan: m = kadar air kesetimbangan;
c dan a = konstanta Chen-Clayton; T = suhu ruang; RH = *relative humidity*).

Pengujian persamaan sorpsi isothermis menggunakan *Mean Relative Determination (MRD)*:

$$MRD = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{M_i - M_{pi}}{M_i}$$

Dimana : M_i = kadar air hasil percobaan
 M_{pi} = kadar air hasil perhitungan
n = jumlah data

Jika nilai MRD < 5 maka model sorpsi isothermis tersebut dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya atau sangat tepat,

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

Penentuan Umur Simpan

Umur simpan hingga produk mencapai batas kadar air kritis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Labuza (1984) sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{\ln \frac{me - mi}{me - mc}}{\frac{P}{X} \frac{A}{Ws} \frac{Po}{b}}$$

Dimana:

- θ_s = waktu umur simpan (hari)
- me = kadar air kesetimbangan produk (%berat kering)
- mi = kadar air awal produk (%berat kering)
- mc = kadar air kritis (% berat kering)
- P/X = permeabilitas uap air kemasan ($\text{g/m}^2\text{mmHg/24 jam}$)
- A = luas permukaan kemasan (m^2)
- Ws = berat bahan dalam kemasan (g)
- Po = tekanan jenuh uap air pada suhu penyimpanan (mmHg), yang diperoleh berdasarkan tabel *vapor pressure* pada suhu 30°C
- b = slope dari kurva sorpsi isothermis (yang diasumsikan linier)

Perkiraan umur simpan *flake* ubi kayu digunakan berbagai jenis bahan pengemas yang diketahui nilai permeabilitas kemasannya dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 1. Permeabilitas uap air kemasan plastik polietilen dan polipropilen pada kondisi suhu 30°C

Jenis Kemasan	Permeabilitas Kemasan ($\text{g/m}^2\text{mmHg/24 jam}$)
Low Density Poliethylene (LDPE)	0,5
Medium Density Poliethylene (MDPE)	0,3
Polypropilene (PP)	0,185
High Density Poliethylene (HDPE)	0,1

Sumber: *Modern Plastic Encyclopedia*

Pengukuran kadar air kritis dilakukan dengan meletakkan *flake* pada wadah terbuka sampai *flake* menjadi rusak yang ditandai dengan nampaknya pertumbuhan kapang, kemudian *flake* diukur kadar airnya dengan metode thermogravimetri (AOAC, 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas Air (A_w) Sample

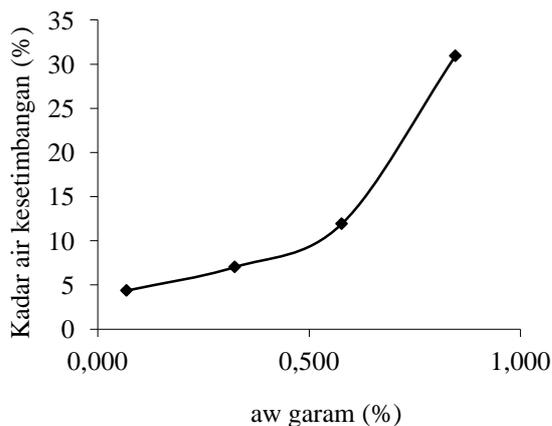
Nilai aktivitas air ketiga jenis *flake* dengan variasi komposisi ubi kayu : koro pedang memiliki kisaran nilai yang hampir sama yaitu 0,21 – 0,29, dimana nilai a_w untuk *flake* dengan komposisi koro 30% adalah $0,21 \pm 0,0034$ dan untuk *flake* dengan komposisi koro 25% adalah $0,29 \pm 0,0027$ sedangkan untuk *flake* dengan komposisi koro 20% adalah $0,21 \pm 0,0041$. Pada kisaran a_w tersebut maka bahan cenderung awet dan sulit untuk ditumbuhi mikroorganisme, karena mikroorganisme berupa bakteri, jamur dan kapang tidak dapat hidup. Demikian pula oksidasi lemak berjalan sangat lambat pada nilai aktivitas air tersebut.

Kebanyakan bakteri tidak tumbuh pada nilai a_w dibawah 0,87. Beberapa jamur xerofilik telah menunjukkan kemampuan untuk tumbuh pada nilai a_w 0,75 – 0,65 (Tapia *et al.*, 2007). Menurut

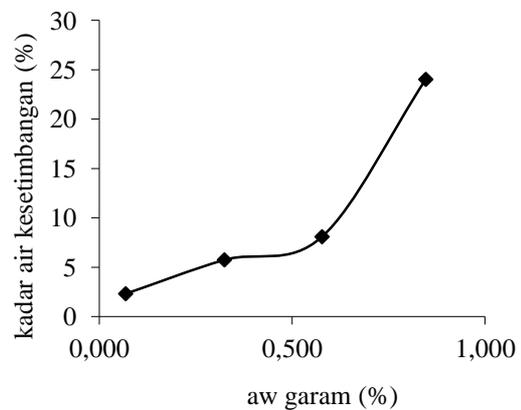
Purnomo (1995), pada nilai a_w antara 0,20 sampai 0,60, air berperan sebagai pelarut sehingga aktifitas enzim dan pencoklatan non enzimatis dapat terjadi. Menurut Bell (2007), pada nilai a_w 0,2 - 0,3 oksidasi lemak berjalan sangat lambat. Oleh karena itu apabila nilai a_w flake bisa dipertahankan maka kerusakan karena mikroorganisme maupun oksidasi lemak bisa dihindari.

Kurva Sorpsi Isothermis

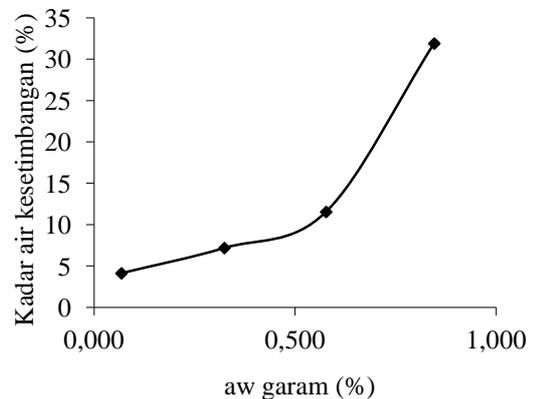
Kurva sorpsi isothermis dapat diperoleh dengan membuat grafik hubungan antara kelembaban relatif atau a_w lingkungan dengan kadar air kesetimbangan. Kadar air kesetimbangan bahan pangan akan bervariasi tergantung pada kondisi bahan tersebut maka setiap bahan juga mempunyai tipe kurva sorpsi isothermis yang berbeda. Adapun kurva sorpsi isothermis dari ketiga jenis *flake* dengan komposisi yang berbeda disajikan pada **Gambar 1**, **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 1. Kurva sorpsi isothermis *flake* ubi kayu dengan komposisi koro 30%



Gambar 2. Kurva sorpsi isothermis *flake* ubi kayu dengan komposisi koro 25%



Gambar 3. Kurva sorpsi isothermis *flake* ubi kayu dengan komposisi koro 20%

Gambar 1, **Gambar 2**, dan **Gambar 3** menunjukkan kurva sorpsi isothermis *flake* bertipe adsorpsi karena proses sorpsi air oleh bahan dimulai dari bahan kering. Kurva sorpsi isothermis yang dihasilkan dari penelitian ini merupakan tipe II yang menurut Wolft *et al.* (1972) merupakan model kurva makanan kering dengan karbohidrat tinggi. Kurva berbentuk sigmoid ini menurut Adawiyah (2006) disebabkan oleh adanya interaksi antara permukaan bahan dengan molekul air dan efek kapilarisme.

Berdasarkan kurva sorpsi isothermis (**Gambar 1**, **Gambar 2** dan **Gambar 3**) apabila *flake* ubi kayu dengan penambahan koro 30% disimpan pada RH ruang sekitar 80% akan memiliki nilai kadar air kesetimbangan 30,94%, sedangkan *flake* ubi kayu dengan penambahan koro 25%

akan memiliki nilai kadar air kesetimbangan 24,01% dan flake dengan penambahan koro 20% akan memiliki nilai kadar air kesetimbangan 30,8%. Berdasarkan data tersebut, *flake* ubi kayu dengan penambahan koro 30% dan 20% lebih mudah menyerap air dibandingkan dengan *flake* dengan penambahan koro 25%. Hal tersebut disebabkan karena pada *flake* dengan penambahan koro 30% memiliki kandungan koro pedang paling tinggi sehingga kadar proteinnya paling tinggi. Semakin tinggi kandungan proteinnya kemampuan mengikat air semakin tinggi. Protein memiliki sifat fungsional mudah menyerap air dan menahannya dalam sistem pangan. Protein bersifat hidrofilik dikarenakan memiliki banyak gugus polar. Pada *flake* ubi kayu dengan penambahan koro 20% memiliki kandungan pati paling banyak, dimana semakin banyak kandungan pati, maka semakin banyak jumlah air yang diserap saat gelatinisasi sehingga kadar air *flake* semakin tinggi.

Flake ubi kayu dengan penambahan koro 25% cenderung sulit untuk menyerap air. Hal ini ditandai dengan kenaikan kadar air yang kecil seiring dengan kenaikan nilai a_w -nya. Dibandingkan dengan dua jenis *flake* yang lain *flake* tersebut memiliki kandungan protein dan karbohidrat yang menengah. Diduga pada komposisi tersebut terjadi interaksi antara molekul protein dan karbohidrat yang mengakibatkan penurunan afinitasnya terhadap air.

Penentuan Umur Simpan

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan MRD yang digunakan untuk menguji persamaan sorpsi isothermis dari model-model persamaan matematis dengan model Oswin, Chung-Pfost dan Chen-Clayton. Hasil perhitungan kadar air kesetimbangan dan nilai MRD untuk masing-masing model persamaan dan kelembaban dapat dilihat **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil perhitungan nilai MRD pada berbagai model persamaan dan komposisi *flake*

Persamaan	Konsentrasi koro pedang	Nilai MRD
Oswin	30 %	1,70
	25 %	1,33
	20 %	1,67
Chung-Pfost	30 %	5,54
	25 %	6,72
	20 %	7,98
Chen-Clayton	30 %	9,25
	25 %	8,10
	20 %	9,34

Berdasarkan **Tabel 2** nilai MRD dari persamaan Oswin adalah yang paling kecil sehingga persamaan Oswin merupakan model yang paling tepat untuk menggambarkan keseluruhan kurva sorpsi isothermis *flake* ubi kayu. Nilai MRD untuk persamaan Oswin rata-rata lebih kecil dari 5 (MRD<5), nilai MRD untuk persamaan Chung-Pfost dan Chen-Clayton antara 5 dan 10 (5<MRD<10). Menurut Isse *et al.* (1983), jika nilai MRD < 5 maka model sorpsi isothermis tersebut dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya, apabila nilai MRD antara 5 dan 10 maka model tersebut agak tepat dan jika MRD > 10 maka persamaan tersebut tidak tepat menggambarkan keadaan yang sebenarnya. Perhitungan umur simpan *flake* ubi kayu dengan persamaan Heiss dan Eichner dapat dilihat pada **Tabel 3**, **Tabel 4** dan **Tabel 5**. Perhitungan kadar air keseimbangan pada persamaan tersebut dilakukan dengan menggunakan persamaan Oswin.

Tabel 3. Hasil perhitungan umur simpan *flake* ubi kayu dengan penambahan koro 30 %.

Jenis Kemasan	Permeabilitas Kemasan (g/m ² mmHg/24 jam)	Umur simpan pada	
		RH 85%	RH 95%
HDPE	0,1	255	113
PP	0,185	138	60
MDPE	0,3	85	38
LDPE	0,5	51	23

Tabel 4. Hasil perhitungan umur simpan *flake* ubi kayu dengan penambahan koro 25%.

Jenis Kemasan	Permeabilitas Kemasan (g/m ² mmHg/24 jam)	Umur simpan pada	
		RH 85%	RH 95%
HDPE	0,1	284	106
PP	0,185	154	58
MDPE	0,3	95	35
LDPE	0,5	57	21

Tabel 5. Hasil perhitungan umur simpan *flake* ubi kayu dengan penambahan koro 20%.

Jenis Kemasan	Permeabilitas Kemasan (g/m ² mmHg/24 jam)	Umur simpan pada	
		RH 85%	RH 95%
HDPE	0,1	236	105
PP	0,185	127	57
MDPE	0,3	78	35
LDPE	0,5	47	21

Berdasarkan data umur simpan *flake* ubi kayu (**Tabel 3**, **Tabel 4** dan **Tabel 5**) menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai permeabilitas kemasan maka umur simpan *flake* ubi kayu akan semakin pendek. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi permeabilitas kemasan maka tingkat kerapatan kemasan semakin rendah, sehingga proses difusi uap air dan oksigen terhadap bahan yang dikemas juga semakin besar. Peningkatan difusi uap air dan oksigen dapat meningkatkan terjadi proses kerusakan bahan akibat pertumbuhan mikroba maupun oksidasi. Penggunaan kemasan yang permeabilitasnya rendah dapat mengurangi pertumbuhan jamur dan proses oksidasi dalam *flake* ubi kayu selama penyimpanan. Umur simpan ubi kayu juga dipengaruhi oleh RH lingkungan tempat penyimpanan, dimana semakin tinggi RH lingkungan umur simpan *flake* ubi kayu semakin pendek. Hal ini disebabkan semakin tinggi RH maka penyerapan uap air dari lingkungan juga semakin besar, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan kadar air bahan.

Pada **Tabel 3**, **Tabel 4** dan **Tabel 5** dapat diketahui bahwa umur simpan *flake* ubi kayu paling lama adalah dengan penambahan koro 25% dikemas dengan HDPE pada ruang dengan RH 85% selama 284 hari, sedangkan umur simpan *flake* ubi kayu paling pendek adalah penambahan koro 25% dan 20% dikemas dengan LDPE pada RH 95% selama 21 hari.

KESIMPULAN

Produk *flake* pada penelitian ini memiliki rentang nilai a_w 0,21 – 0,29. *Flake* ubi kayu dengan penambahan koro pedang merupakan produk yang awet yang sulit ditumbuhi mikroorganisme dan mengalami reaksi oksidasi. Kurva sorpsi isothermis *flake* ubi kayu berbentuk sigmoid (menyerupai huruf S) dan merupakan kurva sorpsi isothermis adsorpsi. Hal tersebut menunjukkan *flake* mudah menyerap air, oleh karena itu pemilihan pengemas yang rendah nilai transfer uap airnya sangatlah penting. Apabila *flake* dengan komposisi koro pedang 25 % dikemas dengan kemasan HDPE dan disimpan pada ruang dengan RH 85% akan memiliki umur simpan 284 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, D.R. 2008. "Hubungan Sorpsi Air, Suhu Transisi Gelas dan Mobilitas Air serta Pengaruhnya Terhadap Stabilitas Produk pada Model Pangan". Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- AOAC International. 2007. *Official Methods of Analysis, 18 th edn, 2005*. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Bell, L.N. 2007. Moisture effect on Food's Chemical Stability. In: *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*. Barbosa-Canovas, G.V., Fontana Jr., A.J., Schmidt, S.J., Labuza, TP (ed). Blackwell Publishing. Iowa, USA.

- Bressani, R., Brenes, R.G., Garcia, A. And Elias, L.G. 1987. Chemical composition, amino acid content and protein quality of *Canavalia* spp. Seeds. *Journal of Science Food Agriculture*, 40: 17–23.
- Hildayanti. 2012. “Studi Pembuatan Flakes Jewawut (*Setaria italica*)”. Skripsi. Universitas Hasanuddin, Makassar
- Isse, M.G., Schuchmann, H and Schubert, H. 1983. Divided Sorption Isotherm Concept an Alternative Way to Describe Sorption Isotherm Data. *Journal of Food Engineering*, 16: 147–157
- Labuza, T.P, Kaanane, A. and Chen, J.Y., 1985. Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. *Journal of Food Science*, 50: 385–397.
- Labuza, T.P., 1984. *Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use*. America Association of Cereal Chemistry, St. Paul, Minnesota
- Permana, R.A. dan Putri, W.D.R, 2015. Pengaruh proporsi jagung dan kacang merah serta substitusi bekatul terhadap karakteristik fisik kimia flakes. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3 (2): 734–742.
- Purnomo, H. 1995. *Aktivitas Air dan Peranannya dalam Pengawetan Pangan*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Robertson, G.L., 2010. *Food Packaging and Shelflife*. CRC Press, New York.
- Tapia, M.S., Alzamora, S.M. and Chirife, J., 2007. Effects of water activity (aw) on microbial stability: As a Hurdle in Food Preservation. In: *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*. Barbosa-Canovas, G.V., Fontana Jr., A.J., Schmidt, S.J., Labuza, TP (ed). Blackwell Publishing. Iowa. USA.
- Wolft, M., Walker, J.E. and Kapsalis, J.G., 1972. Water vapor sorption hysteresis in dehydrated food. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, 20: 1073.