



PREDIKSI UMUR SIMPAN TEPUNG *WIKAU MAOMBO* MENGGUNAKAN PENDEKATAN KADAR AIR KRITIS

[Prediction of Shelf Life of Wikau Maombo Flour Using Critical Moisture Approach]

Sri Wahyuni¹, Thamrin Azis², Novi Dian Puspita Dewi², Citra Juwita¹, Holilah¹

¹Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Kendari,

²Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo Kendari,

Email: sriwahyuni_aan@yahoo.com dan sri.wahyuni@uho.ac.id (HP 082189662086)

Diterima tanggal 2 Juni 2020

Disetujui tanggal 17 Juni 2020

ABSTRACT

Wikau maombo, traditional food in Buton, Southeast Sulawesi, is a cassava product processed by seawater immersion and fermentation. The shelf life of *Wikau maombo* flour as dry food products was predicted using ASLT (accelerated shelf-life testing) method through the critical moisture content approach based on the sorption isotherm curve of the equilibrium moisture value at each RH of saturated solution/salt. This study aimed to predict the shelf life of *Wikau maombo* flour packaged using polypropylene plastic with different thickness, ie. 0.06 mm (WM1) and 0.08 mm (WM2). The results show that the initial moisture content of *Wikau maombo* flour was 10.27%. Critical moisture contents of WM1 and WM2 samples at Relative Humidity (RH) of 75% were 11.11% and 11.28%, respectively. Isotherm sorption curve of WM1 and WM2 sample were Sigmoid (S) which selected sorption isotherm curve (Caurie model) as the appropriate sorption isotherms equation. The smallest value of mean relative deviation (MRD) in WM1 and WM2 samples were 1.49 and 2.48, respectively. The respective shelf life of WM1 and WM2 products were 318.43 days (10 months 18 days) and 434.22 days (1 year 2 months).

Keywords: **critical moisture content; shelf life; wikau maombo.**

ABSTRAK

Wikau maombo merupakan makanan tradisional di Buton, Sulawesi Tenggara. *Wikau maombo* merupakan produk olahan ubi kayu melalui proses perendaman dalam air laut dan fermentasi. Umur simpan tepung *Wikau mambo* sebagai produk pangan kering diprediksi dengan metode ASLT (*Accelerated Shelf-Life Testing*) melalui pendekatan kadar air kritis berdasarkan kurva isotherm sorpsi dari nilai kadar air kesetimbangan pada masing-masing RH penyimpanan larutan/garam jenuh. Untuk mendapatkan kemulusan kurva yang tinggi, dibuat model-model persamaan sorpsi isothermis yang mana dipilih lima model persamaan matematis yaitu model Hasley, Chen-Clayton, Henderson, Caurie, dan Oswin. Persamaan tersebut dapat menjelaskan fenomena sorpsi isothermis secara teoritis pada jangkauan nilai aktivitas air (a_w) yang luas. Tujuan penelitian ini untuk memprediksi umur simpan produk tepung *Wikau maombo* yang dikemas menggunakan plastik polipropilena dengan ketebalan yang berbeda, yaitu 0.06 mm (WM1) dan 0.08 mm (WM2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air awal tepung *wikau maombo* sebesar 10.27%. kadar air kritis sampel WM1 dan WM2 pada RH 75% berturut-turut yaitu 11.11% dan 11.28%. Kurva isotherm sorpsi sampel WM1 dan WM2 berbentuk Sigmoid (S) dengan persamaan terpilih model Caurie sebagai persamaan isotherm sorpsi yang tepat dengan nilai *Mean Relative Deviation* (MRD) terkecil pada sampel WM1 dan WM2 berturut-turut yaitu 1.49 dan 2.48. Umur simpan produk WM1 dan WM2 berturut-turut sebesar 318,43 hari (10 bulan 18 hari) dan 434,22 hari (1 tahun 2 bulan).

Kata kunci: kadar air kritis; umur simpan; *wikau maombo*.



PENDAHULUAN

Saat ini, total produksi ubi kayu di dunia adalah sebesar 122.134.000 ton per tahun dan Indonesia menempati urutan ketiga (13.300.000 Ton) setelah Brazil (25.554.000 ton) dan Thailand (13.500.000 ton) (Pancalok, 2007). Angka produksi ubi kayu (*Manihot utilissima*) khususnya di Provinsi Sulawesi Tenggara tahun 2011 mencapai 176.612 ton basah yang berarti mengalami peningkatan sebesar 13.262 ton (8,12%) dibandingkan dengan produksi tahun 2010 (BPS, 2011). Berdasarkan produktivitas ubi kayu yang tinggi, maka komoditas pertanian ubi kayu dapat dimanfaatkan dan difungsikan menjadi pangan lokal sebagai komplemen kebutuhan beras yang dapat meningkatkan ketahanan pangan nasional.

Pengolahan ubi kayu menjadi berbagai produk pangan telah lama berkembang di Indonesia. Hampir disetiap daerah memiliki nama olahan ubi kayu yang berbeda-beda diantaranya gatot dan tiwul yang dikenal di pulau Jawa. Di Sulawesi Tenggara, khususnya daerah Buton terdapat olahan ubi kayu (*Manihot utilissima*) yang dikenal dengan nama *Wikau maombo*. Proses pembuatan *Wikau maombo* terdiri dari beberapa tahap atau yaitu perendaman air laut, fermentasi dan pengeringan. Proses fermentasi *Wikau maombo* hanya memanfaatkan mikroba alami yang tumbuh secara spontan pada ubi yang difermentasi selama 2-4 hari (Amininah, 2008). Masyarakat lokal mengolah *Wikau maombo* sebagai makanan pokok melalui proses pengukusan. Kendala yang dihadapi bagi masyarakat lokal adalah umur simpan *Wikau maombo* yang cukup singkat, menyebabkan olahan tersebut kurang diminati karena telah terjadi penurunan mutu yang secara organoleptik telah ditolak akibat terjadinya perubahan fisiko kimia *Wikau maombo*.

Modifikasi metode atau teknik pengolahan hingga membuat berbagai produk turunan perlu dilakukan untuk olahan pangan lokal, terlebih bagi yang memiliki umur simpan pendek agar dapat memasuki pasar. Tepung *Wikau maombo* sebagai produk turunan *Wikau maombo* memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut hingga memasuki pasar. Oleh karena potensi tepung *Wikau maombo* masuk ke pasar modern, terdapat hal yang perlu diketahui pada produk pangan tersebut yaitu umur simpan. Umur simpan sangat penting karena berkaitan dengan periode waktu kualitas pangan yang masih diterima oleh konsumen (Labuza, 1982)

Metode akselerasi atau *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) merupakan salah satu metode alternatif untuk prediksi umur simpan produk. Metode ini umumnya dapat dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan model, yaitu model Arrhenius untuk produk yang sensitif terhadap perubahan suhu penyimpanan dan model kadar air kritis untuk produk yang mudah rusak karena penyerapan air dari lingkungan selama penyimpanan (Labuza, 1982). Untuk memprediksi umur simpan dengan model kadar air kritis yang memiliki kurva isotherm sorpsi air (ISA) berbentuk sigmoid dapat diaplikasikan model matematika yang dilaporkan oleh Labuza and Schmidl (1985) untuk



produk pangan kering. Hal ini sesuai dengan kurva isoterm sorpsi air produk beras analog *Wikau maombo* instan murni (Herlina, 2013) dan produk yang ditambahkan dengan kacang hijau (Antasionasti, 2013). Prediksi umur simpan dengan metode ini dilakukan pada kondisi lingkungan yang ekstrim dimana produk pangan disimpan pada kelembaban dan suhu yang lebih tinggi yang menyebabkan kerusakan produk pangan yang sangat cepat. Waktu yang singkat dan akurasi yang baik merupakan keutamaan dari metode akselerasi (Arpah, 2001). Sehingga pada penelitian ini, prediksi umur simpan tepung *Wikau maombo* dilakukan dengan pendekatan ASLT model air kritis.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan yaitu ubi kayu varietas manis (*Manihot utilisima*) dengan umur panen 9 bulan yang diambil dari petani di Desa Kaleleha, Kecamatan Mawasangka, Kabupaten Buton, Sulawesi Tenggara. Selain ubi kayu/singkong sebagai bahan utama, terdapat pula garam-garam yang digunakan antara lain: MgCl₂ (Sigma, ≥98%), K₂CO₃ (Sigma-Aldrich, ≥99%), NaCl (Sigma-Aldrich, ≥99,5%), NaOH (Merck, 98%), KCl (Sigma-Aldrich, ≥99%), KI (Sigma-Aldrich, ≥99%) dan BaCl₂ (Sigma-Aldrich, 99.99%).

Pembuatan Tepung *Wikau Maombo*

Pembuatan tepung diawali dengan pengupasan kulit ubi kayu kemudian dicuci sampai bersih. Selanjutnya, dilakukan perendaman dalam air laut selama 24 jam dan dilanjutkan dengan proses fermentasi selama 3 hari. Proses fermentasi spontan dilakukan dengan cara memanfaatkan bakteri asam laktat alami di lingkungan substrat ubi kayu dalam wadah tertutup kain selama 3 hari. Ubi yang telah mengalami proses fermentasi kemudian diiris tipis dan dipanaskan di dalam oven dengan temperatur 60°C selama 24 jam dan selanjutnya irisan ubi yang telah mengering ditepungkan menggunakan alat blender dan diayak dengan menggunakan alat pengayak berukuran pori 70 mesh (Amininah, 2008).

Penentuan Kadar Air Mula-Mula (Mi)

Kadar air mula-mula pada tepung *Wikau maombo* dianalisis menggunakan metode AOAC (1990). Sampel sebanyak 2 g dikeringkan dalam oven pada 105°C selama 3 jam. Kemudian, sampel disimpan dalam desikator hingga dingin dan ditimbang menggunakan timbangan analitik. Selanjutnya, selama 30 menit sampel perlu dipanaskan ulang. Kadar air awal dalam basis kering dihitung menggunakan (Persamaan 1) :

$$Mi (\%bk) = \frac{(w_2 - w_3)}{(w_2 - w_1)} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan: w_1 adalah berat wadah (g)



w_2 adalah berat sampel bersama wadah (g)

w_3 adalah berat sampel bersama wadah setelah proses pemanasan (g)

Penentuan Kadar Air Kritis (M_c)

Tepung *Wikau maombo* disimpan dalam toples yang memiliki kelembaban tinggi (Labuza *et al*, 1985) untuk mempercepat terjadinya keadaan kadar air kritis. Diperlukan melakukan penilaian organoleptik (warna, tekstur dan jamur) pada produk berdasarkan uji hedonik (kesukaan dan penerimaan relatif). Panelis penilaian produk berjumlah 15 orang (dengan kategori panelis tidak terlatih) yang dianggap cukup mewakili untuk menilai penurunan kualitas mutu tepung *Wikau maombo* selama penyimpanan. Tekstur kritis tepung *Wikau maombo* ditentukan pada saat karakteristik fisik dinilai tidak dapat diterima oleh panelis karena telah terjadi kerusakan.

Persiapan analisis kadar air kritis yaitu tepung *Wikau maombo* dikemas dalam plastik yang berbahan polipropilena dengan ukuran 7 cm x 8 cm, tebal 0,06 mm dan 0,08 mm serta berat sampel per kemasan sebesar 5 gram dan ditandai dengan kode sampel WM1 dan WM2.

Penentuan Kurva Sorpsi Isotherm Air

Kurva sorpsi isotherm air ditentukan menggunakan 7 jenis larutan garam dengan berbagai nilai RH yang mewakili antara lain $MgCl_2$, K_2CO_3 , NaCl, NaOH, KCl, KIdan $BaCl_2$. Nilai RH dan a_w dari beberapa garam tersebut disajikan pada Tabel 1. Sebanyak 5 g sampel kode MW1 dan MW2 diletakkan pada cawan kosong, kemudian diletakkan dalam wadah sorpsi pada suhu 30°C dan ditimbang bobotnya hingga diperoleh bobot yang konstan, dimana kadar air kesetimbangan (M_e) telah tercapai. Kadar air kesetimbangan merupakan kadar air produk yang konstan atau tidak mengalami pengurangan ataupun penambahan bobot produk sehingga tekanan uap air bahan berada dalam kondisi setimbang dengan lingkungannya (Raji and Ojediran, 2011). Berdasarkan nilai kadar air sampel pada berbagai RH (M_e) dan kelembaban relatif (RH) maka dibuat kurva *isotherm sorpsi* airnya.

Uji Ketepatan Model *Isotherm Sorpsi*

Persamaan yang paling banyak digunakan untuk menggambarkan hubungan antara M_e (kadar air kesetimbangan) bahan pangan dengan kelembaban relatif ruang simpan memiliki bentuk sebagai berikut:

$$1 - a_w = \exp(-KMe^n) \quad (2)$$

M_e = kadar air kesetimbangan (% bk)

K dan n = konstanta

Selanjutnya, dari hasil percobaan Caurie terdapat model matematika yang dapat digunakan untuk kebanyakan produk pangan pada selang a_w 0,0 sampai 0,85 dengan P_1 dan P_2 sebagai konstanta. Berikut ini adalah model persamaan Caurie.



$$\ln Me = \ln P_1 - (P_2 \cdot a_w) \quad (3)$$

Untuk bahan makanan dengan a_w 0,1 sampai 0,81 dapat digunakan persamaan yang dikembangkan oleh Hasley yang menggambarkan proses kondensasi pada lapisan multilayer. Berikut ini adalah model persamaan Hasley.

$$a_w = \exp [-P_1 / (Me)^{P_2}] \quad (4)$$

Untuk bahan pangan pada a_w 0,00 sampai 0,85 dapat digunakan Persamaan Oswin untuk kurva sorpsi isotermis yang berbentuk S (sigmoid). Persamaan tersebut dinyatakan sebagai:

$$Me = P_1 [a_w / (1 - a_w)]^{P_2} \quad (5)$$

Model matematika yang berlaku untuk bahan pangan pada semua kisaran nilai a_w juga telah dikembangkan oleh Chen Clayton. Model persamaan tersebut adalah :

$$a_w = \exp[-P_1 / \exp(P_2 \cdot Me)] \quad (6)$$

Keterangan : a_w = aktivitas air; P_1 dan P_2 = konstanta

Perhitungan dengan menggunakan kelima persamaan tersebut, dilakukan modifikasi pada persamaan yang ada. Persamaan tersebut dimodifikasi dari bentuk persamaan non linear ke bentuk persamaan linear dengan transformasi logaritmik (log) dan logaritmik normal (ln). Setelah dimodifikasi ke bentuk persamaan linear, akan diperoleh harga (x) dan (y), sehingga dapat diplotkan nilai (x) dan (y) tersebut ke dalam bentuk kurva regresi sehingga harga konstanta/tetapan dalam persamaan (nilai a dan b) diperoleh. Hasil penentuan nilai (a) dan (b), diperoleh persamaan kurva *isotherm sorpsi* dari kelima model persamaan (Henderson, Hasley, Caurie, Chen-Clayton, dan Oswin). Persamaan tersebut digunakan untuk menghitung kadar air kesetimbangan produk tepung *Wikau maombo* pada masing-masing model persamaan. Kadar air kesetimbangan produk hasil hitungan dari masing-masing model persamaan diplotkan dengan aktivitas air (a_w) untuk mendapatkan kurva *isotherm sorpsi* dari masing-masing model persamaan.

Nilai *Mean Relative Determination* (MRD) dapat dihitung dan dijadikan acuan untuk menguji ketetapan model matematika tersebut. Model sorpsi isotermis dengan nilai $MRD < 5$ menyatakan sangat tepat menggambarkan keadaan yang sebenarnya. Model sorpsi isotermis dengan kisaran nilai $5 < MRD < 10$ menyatakan agak tepat menggambarkan keadaan sebenarnya dan nilai $MRD > 10$ menyatakan tidak tepat menggambarkan kondisi sebenarnya.

$$MRD = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{M_i - M_{pi}}{M_i} \right| \quad (7)$$



Keterangan : M_i = Kadar air percobaan,
 M_{pi} = Kadar air hasil perhitungan,
 n = Jumlah data

Kadar air kesetimbangan dapat dinyatakan dengan nilai MRD. Nilai MRD yang semakin kecil menyatakan semakin tepat kurva model persamaan tersebut dalam menggambarkan kondisi kadar air kesetimbangan dan semakin tepat pula dalam menggambarkan fenomena sorpsi isothermis yang terjadi (Tarigan et al, 2006).

Prediksi Umur Simpan

Umur simpan diprediksi pada suhu 30°C dengan variasi RH (Tabel 1). Umur simpan dianalisis dengan menghitung data-data hasil percobaan sampel kode MW1 dan MW2 yang dimasukkan ke dalam (Persamaan 8)(Labuza, 1982) :

$$\theta = \frac{\ln \frac{(M_e - M_i)}{(M_e - M_c)}}{\frac{k}{x} \left(\frac{A}{W_s} \right) \frac{P_o}{b}} \quad (9)$$

Keterangan θ : Waktu perkiraan umur simpan (hari)
 M_e : Kadar air kesetimbangan produk (g H₂O/g padatan)
 M_i : Kadar air awal produk (g H₂O/g padatan)
 M_c : Kadar air kritis (g H₂O/g padatan)
 k/x : Permeabilitas uap air kemasan (g/m².hari.mmHg)
 A : Luas permukaan kemasan (m²)
 P_o : Tekanan uap jenuh (mmHg)
 W_s : Berat kering produk dalam kemasan (g padatan)
 b : Slope kurva *isothermsorpsi*

Tabel 1. Garam-garam, kelembaban relatif dan nilai aktivitas air pada suhu 30°C.

Garam jenuh	RH(%)	a_w
NaOH	6%	0,06
MgCl ₂	32%	0,32
K ₂ CO ₃	44%	0,44
KI	69%	0,69
NaCl	75%	0,75
KCl	84%	0,84
BaCl ₂	96%	0,96

Sumber: Labuza *et al* (1985).



HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Kadar Air Awal

Kadar air memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap penurunan mutu produk pangan (Herawati, 2008). Semakin besar kandungan air, maka bakteri dan jamur dapat berkembang baik pada bahan pangan. Hal ini disebabkan oleh banyaknya aktivitas bakteri pada bahan pangan yang membutuhkan kelembaban. Jadi, kadar air yang rendah membantu menghentikan aktivitas bakteri (Kulchan *et al*, 2010). Kadar air awal produk tepung *Wikau maombo* sebesar 10,27%. Kadar air awal yang dihasilkan tersebut telah sesuai dengan kandungan air awal pada persyaratan mutu tepung *MOCAF* berdasarkan SNI 7622:2011(BSN, 2011), dimana batas maksimal kadar air tidak lebih dari 13%. Kadar air memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap umur simpan produk pangan, semakin tinggi kadar air awal maka umur simpan semakin pendek, misalnya umur simpan tepung *MOCAF* menggunakan teknologi pengemasan konvensional, daya simpan tepung dengan kadar air 12% hanya 6 bulan (Sugiyanti, 2015). Umur simpan tepung galek dengan kadar air awal 5,92% (bk), menggunakan kemasan Polipropilen (PP) dengan ketebalan 0,02 mm (130 hari); 0,03 mm (157 hari); 0,04 mm (182 hari); 0,05 mm (207 hari), dan 0,08 mm (264 hari) (Setyaningrum, 2008). Umur simpan granula ubi kayu memiliki kadar air awal 4,92 persen (bk) yang dikemas dalam kemasan *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Medium Density Polyethylene* (MDPE) dan PP pada RH 95 persen mempunyai umur simpan masing-masing 256 hari (8.5 bulan), 427 hari (14 bulan), dan 693 hari (23 bulan) (Sugiyono *et al*, 2012). Selanjutnya kemasan plastik Polipropilen (PP) dengan ketebalan 0,06 mm yang digunakan untuk menyimpan beras analog *wikau maombo* instan yang disubstitusi tepung kacang hijau memiliki kadar air awal 12,32% dengan umur simpan 859 hari (Antasionasti, 2013) dan beras analog *wikau maombo* instan kemasan plastik Polipropilen (PP) ketebalan 0,06 mm dengan kadar air awal 11,34% memiliki umur simpan 925 hari (Herlina, 2013).

Penentuan Kadar Air Kritis

Suatu produk pangan memiliki ambang batas untuk kadar air yang dapat ditolerir. Apabila secara organoleptik kadar air produk pangan tidak diterima oleh konsumen maka inilah yang disebut dengan kadar air kritis. Untuk mengetahui kualitas dari produk pangan tersebut, maka perlu dilakukan uji organoleptik secara mutu hedonik. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kadar air kritis produk tiap perlakuan sebesar 11,11% dan 11,28% berturut-turut untuk sampel WM1 dan WM2. Kadar air kritis produk tepung *Wikau maombo* memiliki nilai yang lebih besar bila dibandingkan kadar air awal produk setelah proses pembuatan. Hasil yang sama telah dilaporkan oleh Herlina *et al* (2017) bahwa penyimpanan produk *MOCAF* selama 65 hari dengan menggunakan plastik polipropilena memiliki kadar air kritis sebesar 6,92% (ubi manis) dan 6,31% (ubi pahit) setelah pembuatan tepung



pada RH 75% lebih tinggi dibandingkan kadar air awalnya yaitu 6,87% (ubi manis) dan 6,24% (ubi pahit). Fenomena ini disebabkan karena pada keadaan kritis produk tepung *Wikau maombo* ditempatkan pada RH 75% ($a_w=0,75$), sehingga terjadi proses adsorpsi air pada produk tepung *Wikau maombo* dari lingkungan serta adanya aktivitas mikroba pada nilai a_w tersebut. Produk tepung *Wikau maombo* memiliki RH sekitar 50% ($a_w=0,5$) sedangkan lingkungan memiliki RH 75% ($a_w=0,75$). Hal ini menjadi penyebab proses terjadinya perpindahan uap air antara lingkungan dan produk akibat perbedaan RH. Uap air akan berpindah dari RH tinggi ke RH rendah (Singh and Prasad, 2015). Suatu produk pangan pada RH tertentu memiliki kadar air kritis yang berada diatas kadar air awal produk serta berada dibawah kadar air kesetimbangan kurva *isotherm sorpsi* terpilih (Mustafidah dan Widjanarko, 2015).

Penentuan Kadar Air Kesetimbangan

Kesetimbangan bahan pangan akan sesuai dengan kelembaban udara sekitarnya apabila diletakkan dalam udara terbuka. Sehingga melalui keadaan ini, dapat dibuat hubungan antara kadar air kesetimbangan dengan kelembaban relatif. Kadar air kesetimbangan perlu diketahui untuk membuat kurva sorpsi isotermis, dengan memplotkannya bersama aktivitas air.

Kadar air kesetimbangan sampel kode MW1 dan MW2 ditentukan dengan cara mengkondisikan sampel dalam toples yang masing-masing berisi larutan garam jenuh dengan nilai RH yang berbeda. Garam-garam yang digunakan terdiri dari NaOH, $MgCl_2$, K_2CO_3 , KI, NaCl, KCl dan $BaCl_2$ dengan kisaran RH antara 6% sampai 96%. Kadar air kesetimbangan tercapai jika diperoleh bobot konstan, dimana perubahan $<0,005$ g pada penimbangan triplo. Kadar air kesetimbangan tepung *Wikau maombo* dengan variasi kelembaban relatif (RH) ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 1 untuk kisaran RH 6% ($a_w = 0,06$), RH 32% ($a_w = 0,32$), dan RH 44% ($a_w = 0,44$) sampel WM1 memiliki kadar air kesetimbangan berturut-turut yaitu 8,24%; 9,42%; 10,36% dan sampel WM2 yaitu 9,38%; 9,86%; 10,24%, dimana telah terjadi penurunan kadar air dari kadar air awal 10,27%. Terjadinya penurunan kadar air kesetimbangan produk tepung *Wikau maombo* pada beberapa nilai RH/ a_w tersebut sebagai akibat adanya proses perpindahan uap air dari sampel ke lingkungan (desorpsi) sampai mencapai keadaan setimbang yang menyebabkan berkurangnya kadar air kesetimbangan produk tepung *Wikau maombo* bila dibandingkan dengan kadar air awal. Berbeda halnya saat nilai RH 69% ($a_w = 0,69$), RH 75% ($a_w = 0,75$), RH 84% ($a_w = 0,84$), dan RH 96% ($a_w = 0,96$), kadar air kesetimbangan sampel pada tiap perlakuan berturut-turut lebih tinggi daripada kadar awal tiap perlakuan. Hal ini dikarenakan adanya proses perpindahan uap air dari lingkungan ke produk (adsorpsi) sampai mencapai keadaan setimbang yang menyebabkan bertambahnya kadar air kesetimbangan produk *Wikau maombo* bila dibandingkan dengan kadar air awal produk.

Tabel 2. Kadar air kesetimbangan tepung *Wikau maombo* dengan variasi RH.

Garam	RH (%)	a_w	Kadar air kesetimbangan (%)	
			WM1	WM2
NaOH	6%	0,06	8,24	9,38
MgCl ₂	32%	0,32	9,24	9,86
K ₂ CO ₃	44%	0,44	10,36	10,24
KI	69%	0,69	10,84	10,62
NaCl	75%	0,75	11,63	11,26
KCl	84%	0,84	12,71	11,79
BaCl ₂	96%	0,96	13,47	12,28

Kadar air kesetimbangan produk tepung *Wikau maombo* tercapai setelah tercapainya keadaan kritis sehingga kadar air kritis pada RH 75% lebih rendah dari kadar air kesetimbangan produk tepung *Wikau maombo*. Fenomena yang sama telah dilaporkan oleh (Widowati *et al*, 2010) bahwa kadar air kesetimbangan beras ubi lebih tinggi dibandingkan kadar air kritis yaitu berturut-turut 12,98% dan 11,18% pada RH 84%. Hasil yang sama juga telah dilaporkan oleh Herlina *et al* (2017) bahwa kadar air kritis produk *MOCAF* ubi manis dan ubi pahit selama 43 dan 46 hari lebih rendah dibandingkan kadar air kesetimbangannya berturut-turut yaitu 6,92 dan 6,31% ; 12,27% dan 9,21%. Kadar air kesetimbangan lebih tinggi dari kadar air kritis karena saat keadaan setimbang RH lingkungan lebih tinggi daripada RH produk, begitupula sebaliknya saat keadaan kritis.

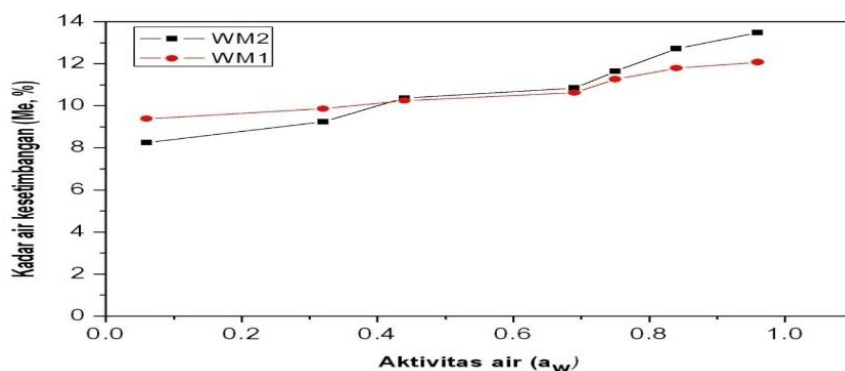
Model Isotherm Sorpsi

Hubungan antara kelembaban udara lingkungan dan produk manakan digambarkan oleh suatu kurva *isotherm sorpsi*. Kurva *isotherm sorpsi* merupakan kurva yang menggambarkan hubungan antara aktivitas air (a_w) atau kelembaban relatif kesetimbangan pada ruang penyimpanan (*Equilibrium Relative Humidity* (ERH)) dengan kandungan air per gram suatu bahan pangan. Kurva *isotherm sorpsi* untuk sampel kode WM1 dan WM2 ditunjukkan pada Gambar 1. Secara umum, kadar air bahan akan meningkat seiring dengan meningkatnya nilai a_w , namun perubahan kadar air yang diplotkan dengan a_w tidak berbentuk linear melainkan berbentuk kurva sigmoid (S). Kurva *isotherm sorpsi* terdiri dari dua kurva yaitu kurva adsorpsi (penyerapan uap air) dan kurva



desorpsi (pelepasan uap air) yang tidak pernah berhimpit (fenomena histerisis). Ukuran dan model kurva sangat tergantung pada beberapa faktor seperti sifat alami bahan pangan, perubahan fisik yang terjadi selama perpindahan air, suhu, kecepatan desorpsi atau adsorpsi dan tingkatan air yang dipindahkan selama desorpsi atau adsorpsi (Edoun and Kuitche, 2014).

Berdasarkan Gambar 1, pada aktivitas air 0,06 dan 0,32 merupakan daerah adsorpsi air pada lapisan tunggal (*monolayer*). Daerah ini merupakan daerah dimana entalpi penguapan air murni lebih kecil (fraksi air terikat sangat kuat) dibandingkan entalpi penguapan sampel. Air yang berada di wilayah ini diperkirakan adalah air yang terikat di daerah polar dengan energi ikatan yang relatif tinggi dan tidak *available* untuk reaksi-reaksi kimia maupun mikrobiologis. Pada aktivitas air 0,44 menunjukkan daerah adsorpsi air pada lapisan tambahan (*multilayer*).



Gambar 1. Kurva *isotherm sorpsi* air sampel WM1 dan WM2 hasil percobaan.

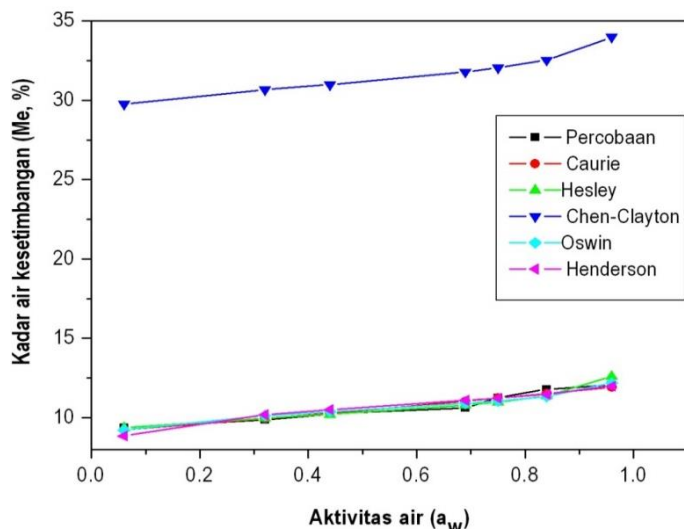
Daerah ini merupakan daerah fraksi air yang terikat kurang kuat dibandingkan dengan air terikat primer. Pada aktivitas air 0,69; 0,75; 0,84; dan 0,96 merupakan daerah fraksi air terikat lemah (mendekati air bebas) yang menunjukkan adanya kondensasi pada pori-pori atau kapiler yang dilanjutkan dengan disolusi padatan terlarut. Tiga daerah fraksi air terikat mempunyai peranan penting dalam menentukan stabilitas dan kualitas bahan pangan (Shaban, 2013). Salah satu contoh reaksi kimia seperti *browning* pada bahan pangan dapat ditentukan melalui tiga daerah kurva *isotherm sorpsi* air (Phomkong and Singthongla, 2009).

Uji Ketepatan Model

Model persamaan *isotherm sorpsi* dengan model-model persamaan yang sederhana dan lebih sedikit jumlah parameternya perlu dibuat setelah diperoleh kurva *isotherm sorpsi* dari produk tepung *Wikau maombo*

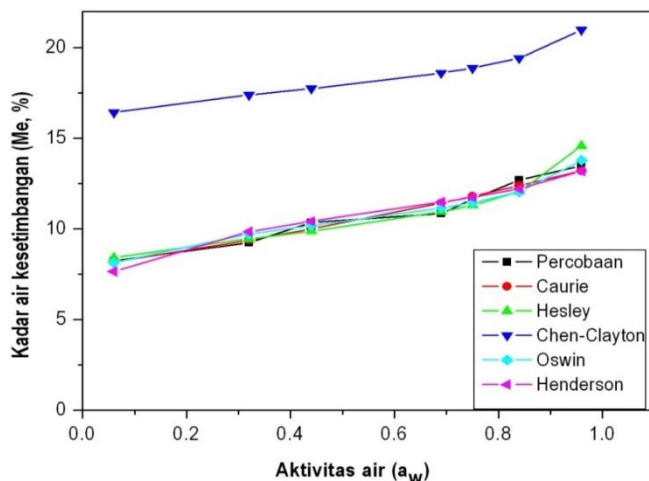


untuk mendapatkan kemulusan kurva (*curve fitting*) yang tinggi (Labuza, 1982). Secara teoritis, fenomena *isotherm sorpsi* telah banyak dikembangkan dalam model persamaan matematika (Chirife and Iglesias, 1978). Namun, pada penelitian ini hanya digunakan lima model persamaan matematika. Penggunaan lima model persamaan matematis tersebut dilakukan karena berdasarkan penelitian sebelumnya, persamaan tersebut dapat menggambarkan kurva sorpsi isothermis dengan jangkauan nilai aktivitas air (a_w) yang luas. Model matematika yang dikembangkan oleh para ahli tidak mampu menggambarkan seluruh produk pangan dengan kisaran RH dan suhu yang luas. Model matematika untuk persamaan sorpsi isothermis hanya dapat digunakan untuk memprediksi salah satu kurva sorpsi isothermis dari ketiga daerah yang ada dan nilainya tergantung pada kemampuannya secara matematis dan teoritis untuk menguraikan sorpsi isothermis dan tetapan-tetapan dalam model tersebut (Arpah, 2001).



Gambar 2. Ketepatan hasil perhitungan Me kelima model isotherm sorpsi air dengan hasil percobaan pada sampel kode WM1.

Kurva kelima model isotherm sorpsi air dengan hasil percobaan ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3 berturut-turut untuk sampel kode WM1 dan WM2. Apabila kurva *isotherm sorpsi* hasil percobaan semakin berhimpit dengan kurva *isotherm sorpsi* model-model persamaan, maka model tersebut semakin tepat menggambarkan fenomena *isotherm sorpsi*. Pada penelitian ini, kurva *isotherm sorpsi* produk tepung *Wikau maombo* semakin berhimpit apabila dihipitkan dengan kurva *isotherm sorpsi* model Caurie. Oleh karena itu, kurva *isotherm sorpsi* berdasarkan model persamaan terpilih untuk sampel kode WM1 dan WM2 yaitu model persamaan Caurie. Untuk lebih memperkuat alasan memilih persamaan model Caurie sebagai model persamaan yang tepat pada penelitian ini, dilakukan uji ketepatan model dengan menghitung nilai MRD.



Gambar 3. Ketepatan hasil perhitungan Me kelima model isotherm sorpsi air dengan hasil percobaan pada sampel kode WM2.

Kadar air kesetimbangan dapat dinyatakan dengan nilai MRD yang merupakan ukuran ketepatan antara kadar air kesetimbangan hasil perhitungan dan hasil percobaan. Nilai MRD yang semakin kecil menyatakan semakin tepat kurva model persamaan tersebut dalam menggambarkan kondisi kadar air kesetimbangan dan semakin tepat pula dalam menggambarkan fenomena sorpsi isothermis yang terjadi (Tarigan *et al*, 2006). Model sorpsi isothermis dengan nilai MRD < 5 menyatakan sangat tepat menggambarkan keadaan yang sebenarnya.

Uji ketepatan model dengan penentuan nilai MRD terkecil juga telah dilaporkan oleh Kusnandar *et al* (2010). Produk biskuit adonan lunak menunjukkan nilai MRD terkecil pada persamaan GAB (Guggenheim Anderson de Boer) yaitu 5,87 dan biskuit adonan keras menunjukkan nilai terkecil pada persamaan Caurie (1,9) dan GAB (2,19). Selain itu, produk snack tortilla memenuhi model persamaan Oswin dengan nilai MRD sebesar 2,33 (Budijanto *et al*, 2010a). Persamaan model Oswin juga diterapkan dalam penelitian Wahyuni *et al* (2015) dengan nilai MRD dari produk kaopi sebesar 3,02. Berdasarkan nilai MRD pada Tabel 3, model Caurie merupakan model persamaan *isotherm sorpsi* terpilih yang memberikan nilai MRD terkecil yaitu sebesar 1,49 dan 2,48 berturut-turut untuk sampel kode WM1 dan WM2, dimana model ini dapat menggambarkan keseluruhan kurva *isotherm sorpsi* untuk produk tepung *Wikau maombo* dengan sangat tepat seperti halnya model Hasley dan Oswin dengan nilai MRD berturut-turut sebesar 3,71 dan 3,77 (MRD < 5). Untuk nilai MRD pada rentang 5 < MRD < 10, persamaan Henderson agak tepat digunakan untuk menggambarkan keseluruhan kurva, sedangkan persamaan Chen-Clayton tidak dapat menggambarkan keseluruhan kurva *isotherm sorpsi* karena nilai MRD > 10.

Tabel 3. Hasil perhitungan nilai MRD model dari beberapa persamaan *isotherm sorpsi* air sampel WM1 dan WM2.

Model Persamaan	Persamaan Linear	MRD
-----------------	------------------	-----



		WM1	WM2
Caurie	$\ln m_e = 2,069 + 0,533 a_w$	1,496	2,480
Hasley	$\log (\ln(1/a_w) = 7,570 - 7,699 \log m_e$	1,962	3,710
Chen-Clayton	$\ln (\ln(1/a_w) = 7,062 - 0,727 m_e$	195,800	71,580
Henderson	$\log [\ln(1/(1-a_w))] = - 7,613 + 7,247 \log m_e$	2,785	3,873
Oswin	$\ln m_e = 2,341 + 0,089 \ln(a_w/1-a_w)$	2,124	2,910

Berdasarkan Gambar 3 dan Tabel 3, kurva model persamaan Caurie dapat menggambarkan keadaan yang tepat dari kurva hasil percobaan. Kurva model persamaan Caurie memiliki kemulusan kurva yang lebih tinggi dibandingkan dengan kurva hasil percobaan.

Prediksi Umur Simpan

Umur simpan suatu produk seringkali menjadi inti masalah yang dijumpai dalam dunia industri ketika mengembangkan dan memasarkan produk, sehingga prediksi umur simpan setiap produk penting untuk diketahui (Wulandari *et al*, 2013). Umur simpan tepung *Wikau maombo* ditentukan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) melalui pendekatan *isotherm sorpsi* (kadar air kritis) telah diketahui pada RH 75%. Keadaan ini disesuaikan dengan kelembaban relatif yang ada di Indonesia sekitar 70-80%. Kemasan yang digunakan untuk uji ASLT ini berbahan plastik jenis polipropilena. Prediksi umur simpan menggunakan metode ASLT dengan pendekatan kadar air kritis melalui kurva *isotherm sorpsi* telah banyak diterapkan. Berdasarkan metode tersebut, faktor-faktor penentu umur simpan adalah kadar air mula-mula (M_i), kadar air kritis (M_c), kadar air kesetimbangan (M_e), konstanta permeabilitas uap air kemasan (k/x), rasio luas kemasan dengan berat kering produk (A/Ws), tekanan uap air jenuh pada kondisi penyimpanan (P_o) dan kemiringan kurva *sorpsi isothermis* (b) (Budijanto *et al*, 2010^b). Berdasarkan pendekatan kurva *isotherm sorpsi*, model kurva *isotherm sorpsi* produk yang terpilih digunakan untuk menentukan nilai kadar air kesetimbangan (M_e) produk pada RH tertentu dan kemiringan kurva *sorpsi isothermis* (b). Pada penentuan umur simpan produk tepung *Wikau maombo* pada tiap perlakuan, model persamaan Caurie terpilih dengan nilai MRD terkecil (1,49 dan 2,48) (MRD<5). Nilai *slope* ditentukan dari daerah linier kurva *isotherm sorpsi* yang telah ditentukan sebelumnya yaitu 0,28 dan 0,53.

Variabel prediksi umur simpan pada sampel WM1 dan WM2 disajikan dalam Tabel 4. Variabel pada Tabel 4 diintegrasikan pada persamaan Labuza (1982), sehingga diperoleh umur simpan tepung *Wikau maombo* kemasan berbahan polipropilena dengan ketebalan 0,06 mm (WM1) dan 0,08 mm (WM2) berturut-turut 318,43 hari (10 bulan 18 hari) dan 434,22 hari (1 tahun 2 bulan 9 hari). Oleh karena itu, produk WM2 memiliki umur simpan yang lebih lama karena produk WM2 mencapai titik kritis dan titik kesetimbangan pada kadar air yang



lebih tinggi dibandingkan WM1 dan memiliki kemiringan kurva sorpsi isothermis yang lebih besar (0,53 untuk WM2 dan 0,28 untuk WM1). Hal ini dipengaruhi oleh ketebalan kemasan yang digunakan pada produk WM1 dan WM2 yang mana ketebalan plastik pengemas berpengaruh terhadap daya tahannya terhadap penetrasi gas dan uap air (Rahayu dan Arpah, 2004). Semakin tebal kemasan plastik yang digunakan maka produk makin tahan terhadap penetrasi gas dan uap air. Tepung *Wikau maombo* kode WM1 dan WM2 memiliki kisaran umur simpan yang hampir sama dengan tepung lain yang berbahan dasar ubi kayu yaitu tepung *Kaopi*. *Kaopi* kering memiliki umur simpan 423 hari (1 tahun 2 bulan 3 hari) pada RH 75%, dengan model persamaan kurva *isotherm sorpsi* Caurie dalam penentuan umur simpannya (Wahyuni *et al*, 2015). Perlu diketahui bahwa produk pangan yang berbahan dasar/mengandung karbohidrat tinggi pada umumnya memiliki umur/waktu simpan yang relatif lama.

Tabel 4. Variabel prediksi umur simpan sampel WM1 dan WM2.

Variabel	WM1	WM2
RH penelitian umursimpan produk <i>Wikau maombo</i>	75%	75%
Kadar air awal (%)	10,27	10,27
Kadar air kritis pada RH 75(%)	11,11	11,28
Kadar air kesetimbangan(%)	11,23	11,80
Model Persamaan yang Tepat(MRD<5) Slope kurva <i>isotherm sorpsi</i> (b)	0,28	0,53
Permeabilitas kemasan (g/m ² .hari.mmHg) jenis Polipropilena (PP)	0,06	0,04
Ukuran kemasan (m ²)	0,0042	0,0042
Bobot padatan per kemasan (g)	4,48	4,48
Tekanan uap jenuh suhu 30°C (mmHg)	31,82	31,82
Umur simpan (hari)	318,43	434,22

KESIMPULAN

Umur/waktu simpan tepung *Wikau maombo* menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) dengan kemasan berbahan polipropilena dengan ketebalan 0,06 mm (WM1) dan 0,08 mm (WM2) berturut-turut 318,43 hari (10 bulan 18 hari) dan 434,22 hari (1 tahun 2 bulan 9 hari) pada kondisi penyimpanan suhu kamar (30°C) dengan kadar air produk tepung sebesar 10,27%. Tepung *Wikau maombo* yang dikemas menggunakan polipropilena dengan ketebalan 0,08 mm memiliki umur/waktu simpan lebih lama dibandingkan dengan yang dikemas menggunakan polipropilena dengan ketebalan 0,06 mm sehingga produk WM2 mencapai titik kritis dan titik kesetimbangan pada kadar air yang lebih tinggi dibandingkan WM1 dan memiliki kemiringan kurva sorpsi isothermis yang lebih besar (0,53 untuk WM2 dan 0,28 untuk WM1). Oleh karena itu, polipropilena dengan ketebalan 0,08 mm baik diaplikasikan sebagai kemasan *Wikau maombo* untuk dijual di pasar secara bebas.



DAFTAR PUSTAKA

- Amininah. 2008. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Perubahan Kadar Zat Gizi dan Mutu Organoleptik *Wikau maombo* Hasil Olahan Ubi Kayu Beracun (*Manihot esculenta* Crantz). Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Halu Oleo, Kendari.
- Antasionasti, I. 2013. Pendugaan Umur Simpan Produk Beras Analog *Wikau Maombo* Instan Yang Disubstitusi Tepung Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus*) Melalui Metode ASLT (Accelerated Shelf-Life Testing) Dengan Pendekatan Isoterm Sorpsi (Kadar Air Kritis). Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Halu Oleo. Kendari
- AOAC 1990. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemist (AOAC). Published by the Association of Official Analytical Chemist. Washington DC, USA.
- Arpah, M. 2001. Buku dan Monograf Penentuan Kadaluarsa Produk Pangan. Program Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2011. Tabel impor komoditi tahun 2011. <http://www.bps.go.id/exim-frame.php>. [4 Desember 2016].
- Badan Standarisasi Nasional, 2011. Syarat Mutu Tepung *MOCAF*. SNI 7622-2011. BSN. Jakarta.
- Budijanto, S., Sitanggang, A.B. dan Kartika, Y.D. 2010a. Penentuan umur simpan tortilla dengan metode akselerasi berdasarkan kadar air kritis serta pemodelan ketepatan sorpsi isothermnya. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 21(2) 164-170
- Budijanto, S., Sitanggang, A.B., Silalahi, B.E. dan Murdiati, W. 2010b. Penentuan Umur Simpan *Seasoning* Menggunakan Metode Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) dengan Pendekatan Kadar Air Kritis. *Jurnal Teknologi Pertanian* 11(2): 71 – 77.
- Chirife, J. dan Iglesias, H.A. 1978. Equation for fitting water sorption isotherm of foods. Part I- a review. *Journal of Food Technology* 13:159-593.
- Edoun, M. dan Kuitche, A. 2014. Sorption isotherms and isosteric energy of *Manihot esculenta* leaves. *International of Food Research Journal* 21(1): 343-348.
- Herawati, H. 2008. Penentuan Umur Simpan Produk Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian* 27(4): 124-130.



- Herlina. 2013. Pendugaan Umur Simpan Produk Beras Analog *Wikau Maombo* Instan Melalui Metode ASLT (*Accelerated Shelf-Life Testing*) Dengan Pendekatan Isoterm Sorpsi (Kadar Air Kritis). Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Halu Oleo. Kendari
- Herlina, Sri W, Prima E.S. 2017. Analisis Umur Simpan Tepung Termodifikasi Hasil Fermentasi Ubi Kayu Menggunakan Bakteri Asam Laktat *Wikau Maombo*. Jurnal Pascasarjana universitas Halu Oleo, 1(1): 1-10.
- Kulchan, R., Boonsupthip, W. dan 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. *Journal of Food Engineering* 100(3): 461–467.
- Kusnandar, F., Adawiyah, D.R. dan Fitria, M. 2010. Pendugaan umur simpan produk biskuit dengan metode akselerasi berdasarkan pendekatan kadar air kritis. *Jurnal Teknologi Industri Pangan* 2 (21): 117-122
- Labuza, T.P. 1982. Shelf-life dating of foods. Food and Nutrition Press Inc, Westport, Connecticut.
- Labuza, T.P., Kaanane, A. dan Chen, J.Y. 1985. Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. *Journal of Food Science* 50:385-391.
- Labuza, T.P. dan Schmidl, M.K. 1985. Accelerated shelf life testing of foods. *Food Technology* 39(9): 57-62.
- Mustafidah, C. dan Widjanarko, S.B. 2015. Umur simpan minuman serbuk berserat dari tepung Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dan karagenan melalui Pendekatan kadar air kritis. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3(2): 650-660.
- Phomkong, W. dan Singthongla, N. 2009. Inactivation of Enzymatic Browning Reaction Affects Sorption Isotherms of Chilli. *Drying Technology*, 27: 754-760.
- Rahayu W.P dan Arpah, M. 2004. Pengetahuan Kemasan Plastik (Produk Industri Pangan dan Jasaboga). Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor
- Raji, A.O. dan Ojedian, J.O. 2011. Moisture sorption isotherms of two varieties of millet. *Food and Bioproducts Processing* 89: 178–184.
- Sugiyanti, D. 2015. Pemanfaatan Teknologi Kemas MAP (Modified Atmosphere Packaging) untuk Peningkatan Ekonomi Produktif Masyarakat Penghasil Tepung Mocaf (Modified Cassava Flour) di Desa Mateseh Kec. Boja Kab. Kendal. *Dimas*. 15 (1) : 1-18.
- Setyaningrum, E. 2008. Perkiraan umur simpan tepung gapek yang dikemas dalam berbagai kemasan plastik berdasarkan kurva isoterm sorpsi lembab. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. Surakarta



- Sugiyono, Satyagraha, H. Joelijani, W, Syamsir, E. 2012. Pendugaan Umur Simpan Produk Granula Ubi Kayu Menggunakan Model Isoterm Sorpsi Air). *Jurnal Pangan* 21(3): 233-244
- Shaban, M. 2013. Application of seed equilibrium moisture curves in agro physics. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 1(9): 1022-1032.
- Singh, Y. dan Prasad, K. 2015. Sorption isotherms modeling approach of rice-based instant soup mix stored under controlled temperature and humidity. *Cogent Food & Agriculture* 1 (1): 1-11.
- Tarigan, E., Prateepchaikul, G., Yamsaensung, R., Sirichote, A. dan Tekasakul, P. 2006. Sorption isothermis of shelled and unshelled kernels of candle nuts. *Journal of Food Engineering* 75:447-452.
- Wahyuni, S., Ansharullah., Aisyah, S.N. dan Sani, A. 2015. The Study of Kaopi Product Dried Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Making as Flour Substitution and Product Shelf-Life to Support the Industrialization of Indonesian Traditional Food Products. *Prosiding International Conference on Latest Trends in Food, Biological & Ecological Sciences (ICLTFBE) Dubai*: 1-5.
- Widowati, S., Heti H., Rizal S., Nugraha E.S., Hendra A.P. 2010. Pengaruh Isotherm Sorpsi Air Terhadap Stabilitas Beras Ubi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 21(2): 123-128.
- Wulandari, A., Waluyo, S. dan Novita, D.D. 2013. Prediksi Umur Simpan Kerupuk Kemplang Dalam Kemasan Plastik Polipropilen Beberapa Ketebalan. *Jurnal Teknik Pertanian* 2(2): 105-114.