

DETERMINATION OF SHELF LIFE OF WHITENING MASK POWDER PRODUCTS WITH THE ACCELERATED SHELF LIFE TESTING MODEL LABUZA METHOD**PENENTUAN UMUR SIMPAN PRODUK WHITENING MASK POWDER DENGAN METODE ACCELERATED SHELF LIFE TESTING MODEL LABUZA**

Theofilus Bezaliel Febrian Saragih, Anak Agung Made Dewi Anggreni*, Ni Putu Suwariani
Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Indonesia

Diterima 27 September 2024 / Disetujui 25 November 2024

ABSTRACT

Shelf life is the time when the product is packaged or produced to when the product is still safe to use. This research aims to determine the characteristics of water sorption isotherms of whitening mask powder products and to determine the shelf life of whitening mask powder products. The implementation of research in determining shelf life was determined through 2 stages, namely determining the characteristics of water sorption isotherms and determining the estimated shelf life with the Accelerated Shelf Life Testing method of the Labuza Model. The parameters used in the calculation of the Labuza Model are equilibrium moisture content (m_e), initial moisture content (m_i), critical moisture content (m_c), water vapor permeability (k/x), packaging cross-sectional area (A), product weight, saturated vapor pressure (P_o), curve slope (b). The results showed that the characteristics of the water sorption isotherm curve of whitening mask powder products are Type II or sigmoid and the shelf life of whitening mask powder products, namely products packaged as much as 100g using polypropylene packaging with a thickness of 0,03 mm and a cross-sectional area of 13 cm x 9,5 cm, get an shelf life of 63,27 days (2,1 months) at 28°C and RH 75 %, while for products packaged 100 g using polyethylene packaging with a thickness of 0,13 mm and a cross-sectional area of 13cm x 9,5 cm, get an shelf life of 275 days (9,16 months) at 28°C and RH 75 %..

Keywords: Accelerated shelflife testing, Labuza Model, Shelf life, Whitening mask powder

ABSTRAK

Umur simpan merupakan jarak waktu pada saat produk dikemas ataupun diproduksi hingga saat produk masih tetap aman untuk digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik isoterms sorpsi air dari produk *whitening mask powder* dan untuk menentukan umur simpan dari produk. Pelaksanaan penelitian dalam penentuan umur simpan ditentukan melalui 2 tahap yaitu penentuan karakteristik isoterms sorpsi air dan penentuan estimasi umur simpan dengan Metode *Accelerated Shelf Life Testing* Model Labuza. Adapun parameter yang digunakan dalam perhitungan Model labuza yaitu kadar air kesetimbangan (m_e), kadar air awal (m_i), kadar air kritis (m_c), permeabilitas uap air (k/x), luas penampang kemasan (A), berat produk, tekanan uap jenuh (P_o), kemiringan kurva (b). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Karakteristik kurva isoterms sorpsi air produk *whitening mask powder* adalah Tipe II atau sigmoid dan umur simpan produk *whitening mask powder* yaitu produk yang dikemas sebanyak 100g menggunakan kemasan polipropilena dengan ketebalan 0,03 mm dan luas penampang kemasan 13 cm x 9,5 cm mendapatkan umur simpan pada

* Korespondensi Penulis :
Email : dewianggreni@unud.ac.id

suhu 28°C dan RH 75% selama 63,27 hari (2,1 bulan), sedangkan untuk produk yang dikemas 100 g menggunakan kemasan polietilena ketebalan 0,13 mm dan luas penampang kemasan 13cm x 9,5 cm mendapatkan umur simpan pada suhu 28°C dan RH 75% selama 275 hari (9,16 bulan).

Kata kunci : *Accelerated Shelflife Testing*, Model Labuza, umur simpan, *whitening mask powder*.

PENDAHULUAN

Whitening mask powder merupakan salah satu jenis masker wajah yang diproduksi oleh PT. Spa Factory Bali. Kegunaan dari masker wajah ini yaitu, sebagai nutrisi agar kulit bisa cerah, menjadikan lapisan kulit halus, membersihkan residu lemak berlebih pada permukaan kulit, memperbaiki pori-pori kulit, mengangkat sel mati pada kulit, dan menjadikan lapisan kulit bersih dari kotoran. Selain berbagai manfaat yang dimiliki masker wajah tersebut, umur simpan juga sangat perlu diperhatikan dalam memproduksi *whitening mask powder*. Hingga saat ini umur simpan dari produk *whitening mask powder* ini belum dikaji yang menjadikan perlunya penelitian mendalam terkait hal tersebut. Selain umur simpan yang belum diketahui, pemilihan produk *whitening mask powder* sebagai produk yang diteliti dikarenakan produk ini merupakan produk jenis masker yang paling banyak diproduksi oleh PT. SPA Factory Bali.

Menurut Asiah et al. (2018) definisi dari *shelf life* atau umur simpan yaitu jangka waktu suatu produk masih berkualitas dan layak dikonsumsi yang dihitung mulai dari awal produksi sampai produk masih bisa digunakan. Terdapat beberapa metode yang bisa diimplementasikan untuk menentukan umur simpan suatu produk, namun yang kerap kali digunakan yaitu Metode konvensional (*real time*) dan Metode *Accelerated Shelflife Testing* (ASLT). Metode konvensional merupakan pendekatan yang dilakukan untuk mengetahui umur simpan suatu produk melalui teknik penyimpanan normal hingga produk mengalami kerusakan, sehingga membutuhkan durasi waktu yang lama untuk bisa mengetahui umur simpan produk (Hermanianto et al., 2000). Metode percepatan ataupun ASLT merupakan pendekatan yang dilakukan dengan cara menyimpan produk melalui percepatan agar kualitas produk turun hingga mencapai parameter klinis. Kondisi ruang yang cocok digunakan untuk mengimplementasikan metode ini yaitu lingkungan yang cepat mendorong reaksi penurunan kualitas produk (Arpab dan Syarief, 2000). Metode ASLT memiliki beberapa model perhitungan yang dapat digunakan. Pada penelitian ini model perhitungan yang diimplementasikan berupa Model Labuza. Model Labuza dapat digunakan untuk menentukan berapa lama suatu produk dapat disimpan. Model ini dibuat oleh Labuza (1982) dan berpusat pada perubahan kadar air produk sebagai faktor utama yang menentukan umur simpan. Contoh penggunaan Model Labuza dalam penelitian produk yang berbentuk bubuk dapat ditemukan pada penelitian tentang penentuan umur simpan seasoning (Budijanto et al., 2010). Anggreni et al., 2021 menggunakan Metode Labuza untuk penentuan masa kedaluwarsa mikrokapsul ekstrak mikroalga *Nannochloropsis sp.* Contoh lain penggunaan Model Labuza ialah pada penelitian tentang masa kedaluwarsa ubi kayu (*Manihot esculenta Crantz*) instan yang dikemas dalam beragam kemasan (Fitriani et al., 2015) Model ini menghitung perubahan dalam kadar air produk dan batas umur simpan berdasarkan perubahan tersebut. Metode ini memungkinkan untuk menghitung durasi lama simpan produk dengan menganalisis laju peningkatan kadar air produk. Terlaksananya penelitian ini ditujukan untuk menganalisis karakteristik isoterms sorpsi air (ISA) dari produk *whitening mask powder* serta mengetahui umur simpan dari produk *whitening mask powder*.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Beberapa bahan yang diperlukan dalam penelitian meliputi, Produk *Whitening Mask Powder* yang diambil dari PT. Spa Factory Bali, jenis garam teknis ($MgCl_2$, K_2CO_3 , $NaCl$, KCl , $BaCl_2$), aquades. Peralatan yang diperlukan diantaranya jangka sorong, timbangan digital (Ohaus), cawan porselin, *chamber*, pengaduk magnetic (*Maxblend* 6800 RPM), desikator, oven (Labo), plastik polipropilena (PP), dan plastik polietilena (PE).

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dalam penentuan umur simpan ditentukan melalui 2 tahap yaitu penentuan karakteristik isoterms sorpsi air (ISA) dan penentuan estimasi umur simpan. Penentuan karakteristik ISA diawali dengan pembuatan larutan garam jenuh memiliki tahapan menimbang garam kimia ($MgCl_2$, K_2CO_3 , $NaCl$, KCl , $BaCl_2$) secara terpisah dan dimasukkan secara bertahap ke dalam *chamber* yang telah diberikan aquadest dan dilakukan pengadukan hingga jenuh, kemudian *chamber* ditutup. Penyimpanan dan penimbangan *whitening mask powder* dilakukan dengan cara menimbang sampel sebanyak 2g dengan 3 kali pengulangan untuk setiap larutan garam jenuh yang berada di dalam *chamber*. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam *chamber* dan disimpan pada suhu ruang $28 \pm 2^\circ C$. Setiap harinya sampel ditimbang dengan menggunakan timbangan digital hingga mencapai bobot yang setimbang. Sampel dipindahkan dari *chamber* ke dalam desikator sebelum dan selama proses penimbangan untuk menyeimbangkan sampel dengan atmosfer terkontrol. Indikator bobot setimbang yaitu sampel tidak memiliki selisih bobot di atas 2 mg untuk tiga kali penimbangan jika penyimpanannya menggunakan RH di bawah 90%, sebaliknya jika sampel disimpan menggunakan RH di atas 90% tidak boleh memiliki selisih di atas 10 mg untuk tiga kali penimbangan. Kondisi kadar air ini merupakan kadar air kesetimbangan pada ERH yang digunakan. Hasil dari data yang telah diperoleh akan digunakan pada pembuatan Kurva ISA. Pembuatan Kurva ISA dilakukan dengan cara melakukan plot data hasil percobaan antara m_e sebagai ordinat dan a_w yang digunakan sebagai absis, sehingga dapat membentuk kurva ISA. Analisis karakteristik ISA dapat dihitung dengan melakukan model pendekatan dengan memasukkan nilai eksperimen, model pendekatan yang dipakai bernama Model Henderson (Rahayu et al., 2005). Penentuan estimasi umur simpan dilakukan dengan cara menimbang sampel masing-masing sebanyak 2g, kemudian sampel yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam kemasan plastik polipropilena (PP) dan plastik polietilena (PE). Sampel yang telah dikemas kemudian disimpan pada ruangan penyimpanan dengan suhu ruang $28^\circ C$ dan RH 75 persen. Setelah semua nilai parameter didapat kemudian nilai parameter tersebut dimasukkan ke dalam persamaan Model Labuza.

Variabel yang Diamati

Variabel yang terlibat dalam pengukuran umur simpan *whitening mask powder* diantaranya kemiringan *slope* atau kurva (b), tekanan uap jenuh (P_o), berat produk dalam kemasan (W_s), luas penampang kemasan (A), konstanta permeabilitas uap air kemasan (k/x), kadar air kritis (m_c), kadar air awal (m_i), dan kadar air kesetimbangan (m_e) (Labuza, 1982).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kurva Isoterms Sorpsi Air

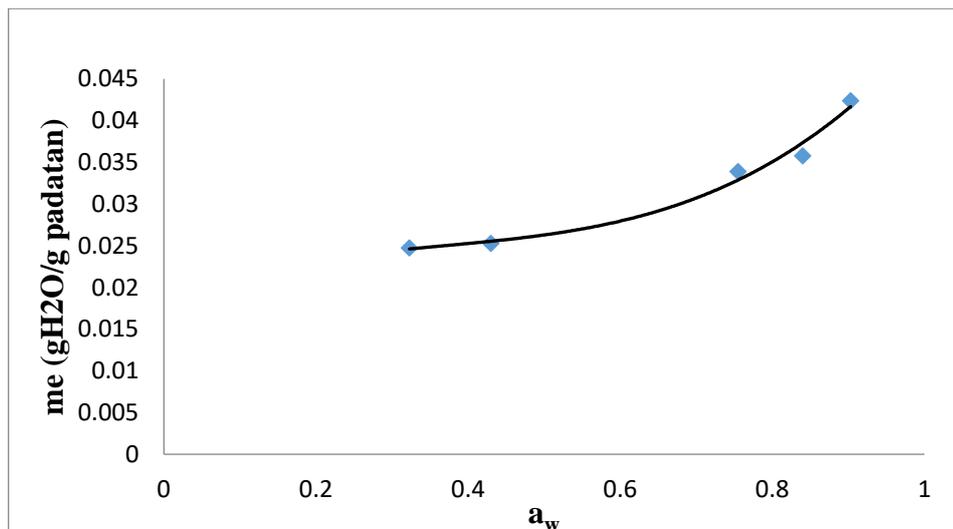
Suatu jenis kurva yang merepresentasikan korelasi diantara aktivitas air suatu bahan dalam

temperatur yang sama terhadap data kadar air kesetimbangan disebut dengan kurva isoterms sorpsi air. Kurva isoterms sorpsi air ini diperoleh dengan menghubungkan antara nilai aktivitas air (a_w) dengan kadar air kesetimbangan (m_e). adapun nilai dari aktivitas air (a_w) dan kadar air kesetimbangan (m_e) produk whitening mask powder pada kemasan polipropilena dan polietilena dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai aktivitas air (a_w) dan kadar air kesetimbangan (m_e) produk *whitening mask powder*

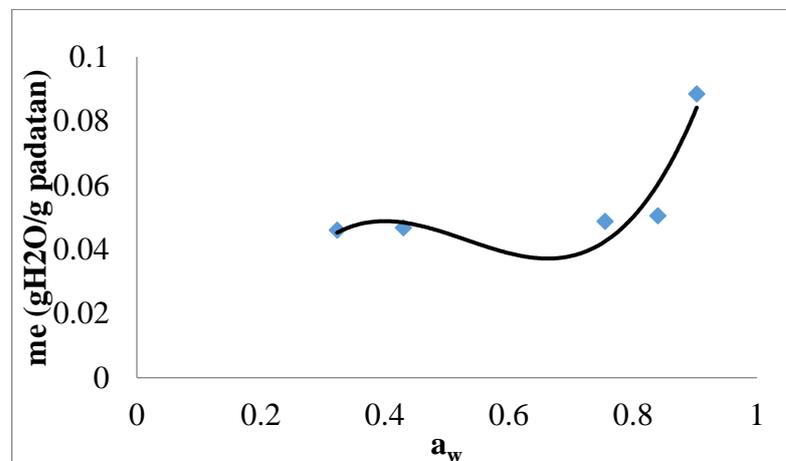
Garam jenuh	RH (%)	Aktivitas Air (a_w)	Kadar Air Kesetimbangan (m_e) kemasan polipropilena	Kadar Air Kesetimbangan (m_e) kemasan polietilena
MgCl ₂	32,3	0,323	0,024744	0,0460132
K ₂ CO ₃	43,0	0,430	0,025276	0,04675
NaCl	75,5	0,755	0,033888	0,0487104
KCl	84,0	0,840	0,035781	0,0505218
BaCl ₂	90,3	0,903	0,042372	0,0885141

Kurva isoterms sorpsi air ini diperoleh dengan menghubungkan antara nilai aktivitas air (a_w) dan kadar air kesetimbangan (m_e). Kurva isoterms sorpsi air pada produk *whitening mask powder* direpresentasikan dalam Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 1. Kurva isoterms sorpsi air pada produk *whitening mask powder* dengan kemasan polipropilena

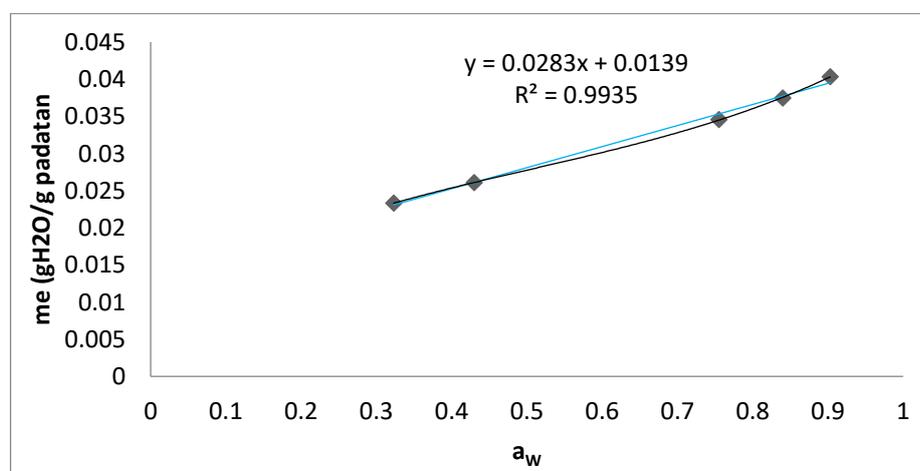
Gambar 1 merupakan grafik dari korelasi diantara nilai aktivitas air (a_w) dan kadar air kesetimbangan (m_e) pada produk *whitening mask powder* yang dikemas menggunakan plastik jenis polipropilena. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai a_w terendah pada nilai 0,323 memiliki nilai m_e sebesar 0,02474404 dan nilai a_w tertinggi pada nilai 0,903 memiliki nilai m_e sebesar 0,0423722. Berdasarkan hasil dari grafik korelasi diantara nilai aktivitas air (a_w) dan kadar air kesetimbangan (m_e) menghasilkan kurva yang mendekati Tipe II atau yang sering disebut dengan sigmoid. Hal ini dikarenakan interaksi diantara permukaan bahan dengan molekul air. Menurut Aini dalam Alfiah et al. (2017) bahwa interaksi ini melibatkan ikatan hidrogen, Hukum Raoult, dan efek kapilaritas, yang dimana membuat molekul air berpindah dari lingkungan ke dalam bahan, sehingga menimbulkan Kurva Sigmoid.



Gambar 2. Kurva isoterms sorpsi air pada produk *whitening mask powder* dengan kemasan polietilena

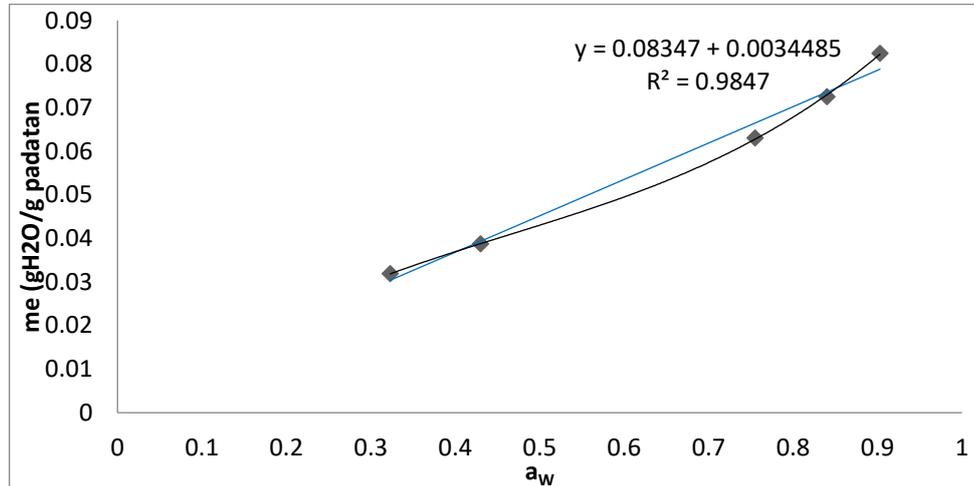
Gambar 2 merupakan grafik dari korelasi diantara nilai aktivitas air (a_w) dan kadar air kesetimbangan (m_e) pada produk *whitening mask powder* yang dikemas menggunakan plastik jenis polietilena. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai a_w terendah pada nilai 0,323 memiliki nilai m_e sebesar 0,0460132 dan nilai a_w tertinggi pada nilai 0,903 memiliki nilai m_e sebesar 0,0885141. Berdasarkan hasil dari grafik korelasi diantara nilai aktivitas air (a_w) dan kadar air kesetimbangan (m_e) menghasilkan kurva dengan Tipe II sigmoid. Sama seperti pada penelitian mengenai produk berupa tepung biji saga yang menghasilkan kurva isoterms sorpsi air Tipe II atau sigmoid. Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa hal tersebut dikarenakan adanya interaksi antara produk dengan molekul air disekitar produk (Hartanto, 2019)

Data dari hasil grafik korelasi diantara nilai aktivitas air (a_w) dan kadar air kesetimbangan (m_e) kemudian dimasukkan ke dalam model matematika yaitu Model Henderson. Pada Model Henderson, dilakukan plot antara sumbu x sebagai $\log m_e$ dan sumbu y sebagai $\log[\ln(1/(1-a_w))]$. Hasil dari perhitungan dengan Model Henderson bisa diamati dalam Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 3. Kurva isoterms sorpsi air dengan Model Henderson pada kemasan polipropilena

Berdasarkan Gambar 3 Hasil regresi linear grafik dari korelasi diantara nilai aktivitas air (a_w) dengan kadar air kesetimbangan (m_e) dari *whitening mask powder* yang dikemas menggunakan plastik jenis polipropilena yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan Model Henderson menunjukkan bahwa $y = 0,0283x + 0,0139$ dengan nilai R^2 sebesar 0,9935. Sehingga didapat nilai kemiringan kurva (*slope*) sebesar 0,0283.



Gambar 4. Kurva isotermis sorpsi air dengan Model Henderson pada kemasan polietilena

Berdasarkan Gambar 4 Hasil regresi linear grafik dari korelasi diantara nilai aktivitas air (a_w) dengan kadar air kesetimbangan (m_e) dari *whitening mask powder* yang dikemas menggunakan plastik jenis polietilena yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan Model Henderson menunjukkan bahwa $y = 0,08374x + 0,0034485$ dengan nilai R^2 sebesar 0,9847. Sehingga didapat nilai kemiringan kurva (*slope*) sebesar 0,08347.

Estimasi Umur Simpan

Estimasi umur simpan produk *whitening mask powder* dilakukan menggunakan Metode ASLT dengan Model Labuza. Penggunaan Model Labuza ini dipilih dikarenakan produk yang diteliti berupa bubuk, bubuk merupakan bahan yang bersifat kering dan higroskopis. Seperti pada penelitian Mustafidah dan Widjanarko, (2015) yang menggunakan Model Labuza pada penelitian umur simpan minuman serbuk berserat dari tepung porang (*Amorophallus oncophillus*) dan karagenan. Adapun parameter yang digunakan dalam perhitungan Model Labuza yaitu kemiringan *slope* atau kurva (b), tekanan uap jenuh (P_o), berat produk dalam kemasan (W_s), luas penampang kemasan (A), konstanta permeabilitas uap air kemasan (k/x), kadar air kritis (m_c), kadar air awal (m_i), dan kadar air kesetimbangan (m_e).

Nilai kadar air awal dalam produk *whitening mask powder* senilai 0,0217 gH₂O/g yang diperoleh dengan menggunakan Metode AOAC. Sementara setelah pengemasan dengan menggunakan polipropilena, tingkat kadar air kesetimbangannya menjadi 0,03455 gH₂O/g sedangkan pada kemasan polietilena (PE) sebesar 0,06301 gH₂O/g. Kadar air kesetimbangan ini didapat dari perlakuan terhadap produk yang disimpan pada suhu 28°C dengan RH 75 %. Produk yang dikemas memakai kemasan PP mencapai kadar air kritis pada hari ke-29 dengan nilai sebesar 0,0302 gH₂O/g sedangkan kemasan PE pada hari ke-41 dengan nilai sebesar 0,0366 gH₂O/g. Permeabilitas uap air pada kemasan PP dengan ketebalan 0,03 mm sebesar 0,0865 gH₂O/m².mmHg/hari (Alfiyani, 2018), sedangkan permeabilitas uap air pada kemasan PE sebesar

0,0194 gH₂O/m².mmHg/hari (Hadiati et al., 2022) Menurut Wulandari dalam Hadiati et al. (2022) daya tembus dari uap air pada kemasan akan bernilai kecil seiring rendahnya nilai permeabilitas uap air. Luas penampang kemasan yang dipakai sebagai pengemas produk seluas 0,0247 m². Adapun berat produk dalam kemasan sebesar 100 g. Nilai tekanan uap jenuh pada suhu 28°C senilai 28,349. nilai tersebut didapatkan dari tabel tekanan uap jenuh Labuza (1982). Nilai kemiringan kurva/*slope* diperoleh dari hasil regresi linier Model Henderson dapat dilihat pada Gambar 6 bahwa nilai kemiringan produk yang dikemas menggunakan kemasan PP sebesar 0,0283. Sedangkan untuk nilai kemiringan kurva/*slope* produk yang dikemas menggunakan kemasan PE dapat dilihat pada Gambar 7 adalah sebesar 0,0874.

Tabel 2. Nilai parameter estimasi umur simpan Model Labuza kemasan polipropilena dan polietilena

Parameter	Jenis kemasan	
	Polipropilena (PP) 0,03 mm	Polietilena(PE) 0,13 mm
Kadar air kesetimbangan (m _e), gH ₂ O/g	0,03455	0,06301
Kadar air awal (m _i), gH ₂ O/g	0,0217	0,0217
Kadar air kritis (m _c), gH ₂ O/g	0,0312	0,0366
Permeabilitas uap air (k/x), gH ₂ O/m ² .mmHg/hari	0,0865 (Alfiyani, 2018)	0,0194 (Hadiati et al., 2022)
Luas penampang kemasan (A), m ²	0,0247	0,0247
Berat produk (g)	100	100
Tekanan uap jenuh (P _o), mmHg	28,349 (Labuza, 1982)	28,349 (Labuza, 1982)
Kemiringan kurva (b)	0,0283	0,08374

Dari data parameter yang telah diperoleh maka selanjutnya dimasukkan ke dalam persamaan Model Labuza. nilai umur simpan dari produk *whitening mask powder* yang dikemas menggunakan kemasan polipropilena sebagai berikut

$$t = \frac{\ln \left(\frac{0,03455 - 0,0217}{0,03455 - 0,0312} \right)}{0,0865 \times \left(\frac{0,0247}{100} \right) \times \left(\frac{28,349}{0,0283} \right)}$$

$$t = 63,27 \text{ hari} = 2,1 \text{ bulan}$$

Sedangkan nilai umur simpan dari produk *whitening mask powder* yang dikemas menggunakan kemasan polietilena sebagai berikut

$$t = \frac{\ln \left(\frac{0,06301 - 0,0217}{0,06301 - 0,0366} \right)}{0,0194 \times \left(\frac{0,0247}{100} \right) \times \left(\frac{28,349}{0,08374} \right)}$$

$$t = 275 \text{ hari} = 9,16 \text{ bulan}$$

Setelah dimasukkan ke dalam persamaan Model Labuza maka diperoleh umur simpan produk *whitening mask powder* yaitu 63,27 hari (2,1 bulan) apabila pengemasannya menggunakan

polipropilena, sedangkan untuk produk yang pengemasannya menggunakan polietilena memiliki jangka umur simpan senilai 275 hari (9,16 bulan). Menurut analisis data terhadap dua macam kemasan PP dan PE untuk membungkus *whitening mask powder* didapatkan beberapa hasil yaitu, jangka waktu umur simpan yang dikemas dengan PE ketebalan 0,13 mm lebih bagus daripada PP ketebalan 0,03 mm dan tingkat permeabilitasnya lebih kecil, sehingga daya tembus kemasan PE ketebalan 0,13 mm kecil. Hal inilah yang menjadikan kemasan PE ketebalan 0,13 mm memiliki umur simpan yang lebih bagus. Seperti pada penelitian Hadiati et al. (2022) daya tembus uap air terhadap kemasan yang digunakan bernilai semakin kecil seiring dengan kecilnya nilai permeabilitas kemasan. Contoh penelitian umur simpan dengan produk kering yang berupa bubuk dengan menggunakan jenis kemasan yang berbeda yaitu kemasan Plastik Polipropilen (PP) dan Polietilen (PE) untuk mengemas bubuk petai kukus (*Parkia speciosa*) memiliki jangka waktu umur simpan 459 hari untuk PP dan 820 hari untuk PE (Putri, 2017).

KESIMPULAN

Kesimpulan

Karakteristik kurva isotermis sorpsi air produk *whitening mask powder* adalah Tipe II atau sigmoid. Umur simpan produk *whitening mask powder* yang dikemas sebanyak 100g menggunakan kemasan polipropilena dengan ketebalan 0,03 mm dan luas penampang kemasan 13 cm x 9,5 cm mendapatkan estimasi umur simpan selama 63,27 hari (2,1 bulan), sedangkan untuk produk yang dikemas 100 g menggunakan kemasan polietilena ketebalan 0,13 mm dan luas penampang kemasan 13cm x 9,5 cm mendapatkan umur simpan selama 275 hari (9,16 bulan).

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan menggunakan kemasan polietilena (PE) dengan ketebalan 0,13 mm karena menghasilkan umur simpan pada produk *whitening mask powder* yang lebih lama dibandingkan dengan kemasan polipropilena (PP). Disamping itu perlu adanya studi mendalam terkait produk *whitening mask powder* dengan menggunakan model perhitungan lain yang terdapat pada Metode ASLT untuk menjadikan perbandingan dengan Model Henderson.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiah, M. N., Hartini, S., dan Cahyanti, M. N. 2017. Karakteristik isoterm sorpsi air pada tepung singkong terfermentasi angkak. *Disertasi diterbitkan oleh Program Studi Kimia FSM-UKSW*.
- Alfiyani, N. 2018. Penetapan parameter kurva isa dalam penentuan umur simpan produk pangan kering metode kadar air kritis. *Disertasi diterbitkan oleh Institut Pertanian Bogor*.
- Anggreni, A. A. M. D., Antara, N. S., Wrasati, L. P., dan Gunam, I. B. W. 2021. *Determination of the shelf life of microencapsulated extract of microalgae Nannochloropsis sp with accelerated shelf life testing method. Annals of the Romanian Society for cell Biology, 2323-2331.*
- Budijanto, S., Sitanggang, A. B., Silalahi, B. E., dan Murdiati, W. 2010. Penentuan umur simpan seasoning menggunakan metode *accelerated shelf-life testing* (ASLT) dengan pendekatan kadar air kritis. *Jurnal Teknologi Pertanian, 11(2), 71–77.*
- Fitriani, P. P. E., Wijaya, I. M. A. S., dan Gunam, I. B. W. 2015. Pendugaan masa kadaluarsa ubi kayu (*Manihot esculenta Crantz*) instan pada beberapa bahan kemasan. *Media Ilmiah Teknologi Pangan, 2(1), 58–68.*
- Hadiati, N., dan Rohmayanti, T. 2022. Penggunaan kemasan plastik polietilen biodegradable. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan, 8(2), 83–92*

- Hartanto, B. D., Sorption, W., Characteristics, I., & Seed, S. 2019. Karakteristik isoterm sorpsi air tepung biji saga. *Jurnal Pendidikan Penabur*, 03(32), 61–73.
- Labuza, T. P. 1982. *Shelf life dating of foods*. Food and Nutrition Press, West Port.
- Mustafidah, C., dan Widjanarko, S. B. 2015. Umur simpan minuman serbuk berserat dari tepung porang (*Amorpophallus oncophillus*) dan karagenan melalui pendekatan kadar air kritis. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 650–660.
- Putri, O. F. 2017. Umur simpan bubuk petai (*Parkia speciosa*) mentah dan kukus yang dikemas dengan plastik polipropilen (PP) dan polietilen (PE). *Disertasi diterbitkan oleh Universitas Gadjah Mada*.
- Rahayu, W. P., Arpah, M., dan Diah, E. 2005. Penentuan waktu kadaluarsa dan model sorpsi isotermis biji dan bubuk lada hitam (*Piper nigrum L.*). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 16, 31-37.