

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 7, No. 1, April 2019



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, berisi 15 naskah untuk setiap nomornya baik dalam edisi cetak maupun edisi online. Mulai edisi ini ada perubahan dan penambahan anggota Dewan Redaksi jurnal berdasarkan SK Nomor 01/ KEP/KP/I/2019 yang dimaksudkan untuk meningkatkan pelayanan dan pengelolaan naskah sehingga penerbitannya tepat waktu. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi
Pertanian, IPB Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

Dewan Redaksi:

Ketua : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)
Anggota : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)
(*editorial board*) Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)
Nanik Purwanti ((Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc
Food Research Center Irlandia)
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)
Anggota : Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, IPB University)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, Institut Pertanian Bogor)
Agus Ghautsun Niam (Scopus ID: 57205687481, IPB University)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680. Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026, E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 7 No. 1 April 2019. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Slamet Budijanto, M.Agr (Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Edward Saleh, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr. Bambang Haryanto, MS. (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi), Dr.Ir. Hermantoro, MS. (INSTIPERYogyakarta), Dr.Ir. I Wayan Astika, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lenny Saulia, STP, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr. Satyanto Krido Saptomo, STP, M.Si (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Yuli Suhamoto, M.Eng (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Roh Santoso Budi Waspodo, MT (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Arief Sabdoyuwono, M.Sc (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr. Radi, STP, M.Eng. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Andri Prima Nugroho, STP, M.Sc, Ph.D. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr. Sri Rahayoe, STP, MP. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Diding Suhandy, STP, M.Agr, Ph.D (Jurusan Teknik Pertanian. Universitas Lampung), Eni Sumarni, STP, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman), Dr. Noor Roufiq Ahmadi, STP, MP (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura), Dr. Kurniawan Yuniarto, STP, MP (Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram), Dr. Andasuryani, STP, M.Si (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Moh. Agita Tjandra, M.Sc, Ph.D (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas).

Technical Paper

Pemodelan Sorpsi Isotermi dan Pendugaan Umur Simpan Beras Pratanak pada Kemasan Plastik Film

Modeling Sorption Isotherm of Parboiled Rice and Shelf-life Study on Plastic Film Packaging

Hasniar, Program studi Teknologi Pascapanen, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Email: hasniar913@gmail.com

Rokhani Hasbullah, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Email: rokhani@ipb.ac.id

I Wayan Astika, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Email: Wayanastika@ipb.ac.id

Abstract

Moisture sorption isotherms have an important role in the quantitative approach to predict shelf life of the food due to their sensitivity to moisture changes. The objectives of this research were to determine the equilibrium moisture content of parboiled rice, to find the best model to describe the sorption isotherm curve of parboiled rice, and to predict shelf-life of the parboiled rice during storage. Moisture sorption isotherms of parboiled rice were determined using the standard gravimetric static method at temperature of 30°C, which involves the use saturated salt solution to maintain a fixed equilibrium relative humidity. To achieve different relative humidity environments, aqueous solutions of NaOH, MgCl₂, Mg(NO₃)₂, KI, NaCl, KCl, Na₂SO₄, and NH₄H₂PO₄ to have relative humidity of 7%, 33%, 52%, 69%, 75%, 84%, 87% dan 92%. Five gram samples of parboiled rice were stored in desiccators. The samples were weighed periodically until they constant. The Hasley, Oswin, Henderson, Chen-Clayton and Caurie models were applied to describe the relationship between equilibrium moisture content and relative humidity. The mean relative deviation was used to evaluate the goodness of each models. The result showed that equilibrium moisture content of parboiled rice from relative humidity of 7%, 33%, 52%, 69%, 75%, 84%, 87% dan 92% respective of 6.93% dry basis (db), 11.09% db, 14.22% db, 15.86% db, 17.05% db, 19.68% db, 23.92% db, dan 25.59% db. Water sorption isotherm parboiled rice had sigmoid shape. The Oswin model was found to be the best model to describe the experimental sorption data for parboiled rice was the value MRD is 3.85 and R² is 0.98. Parboiled rice packaged with HDPE, LDPE, and PP have a predict shelf-life respective of 2.2, 2.3 and 8.8 year.

Keywords: *Modeling, parboiled rice, shelf-life, sorption isotherm*

Abstrak

Sorpsi isotermi memiliki peran penting dalam pendekatan kuantitatif untuk menduga umur simpan bahan yang rentan terhadap perubahan kelembaban. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kadar air kesetimbangan beras pratanak, menentukan model yang tepat dalam mendeskripsikan pola kurva sorpsi isotermi beras pratanak, dan memprediksikan umur simpan beras pratanak dengan metode kadar air kritis. Sorpsi isotermi beras pratanak ditentukan dengan menggunakan metode gravimetri statis pada suhu 30°C, dengan menggunakan larutan garam jenuh untuk mengatur kelembaban relatif. Untuk mencapai lingkungan kelembaban relatif yang berbeda, larutan NaOH, MgCl₂, Mg(NO₃)₂, KI, NaCl, KCl, Na₂SO₄, dan NH₄H₂PO₄ dengan kelembaban relatif berturut-turut 7%, 33%, 52%, 69%, 75%, 84%, 87% dan 92%. Lima gram sampel beras pratanak disimpan dalam desikator. Sampel ditimbang secara berkala hingga mencapai berat konstan. Model Hasley, Oswin, Henderson, Chen-Clayton dan Caurie diterapkan untuk menggambarkan hubungan antara kadar air kesetimbangan dan kelembaban relatif. *Mean Relative Determination* digunakan untuk mengevaluasi ketepatan masing-masing model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air kesetimbangan beras pratanak pada RH 7%, 33%, 52%, 69%, 75%, 84%, 87% dan 92% berturut-turut adalah 6.93% bk, 11.09% bk, 14.22% bk, 15.86% bk, 17.05% bk, 19.68% bk, 23.92% bk, dan 25.59% bk. Kurva sorpsi isotermi beras pratanak memiliki bentuk sigmoid. Model Oswin adalah model yang paling tepat dalam menggambarkan sorpsi isotermi beras pratanak dengan nilai MRD sebesar 3.85 dan R² sebesar 0.98. Beras pratanak yang dikemas dengan HDPE, LDPE, dan PP memiliki umur simpan berturut 2.2 tahun, 2.3 tahun dan 8.8 tahun.

Kata Kunci: *Beras pratanak, model sorpsi isotermi, sorpsi isotermi, umur simpan*

Diterima: 16 Agustus 2018; Disetujui: 26 Desember 2018.

Pendahuluan

Beras (*Oryza sativa* L.) merupakan salah satu dari sereal paling penting dibudidayakan diseluruh dunia terutama di negara-negara Asia karena merupakan sumber yang kaya karbohidrat (Fatema et al. 2010; Ghadge dan Prasad 2012). Rohman et al. (2014) menyebutkan bahwa konsumsi beras selalu dikaitkan dengan diabetes mellitus karena kandungan indeks glikemik tinggi. Indeks glikemik merupakan indikator dari potensi meningkatnya gula darah karena mengkonsumsi makanan yang mengandung karbohidrat (Fatema et al. 2010). Makanan yang mengandung karbohidrat dengan indeks glikemik yang tinggi apabila dikonsumsi berlebih dapat meningkatkan kadar glukosa darah (Augustin et al. 2002).

Hasbullah et al. (2016) menyatakan bahwa salah satu upaya pencegahan diabetes mellitus adalah dengan mengkonsumsi makanan dengan indeks glikemik rendah. Hasbullah dan Pramita (2013) melaporkan bahwa beras pratanak mampu mengendalikan kadar glukosa darah karena memiliki indeks glikemik rendah.

Beras pratanak atau yang biasa disebut *parboiled rice* merupakan beras yang dihasilkan dari gabah yang telah melalui beberapa proses, diantaranya perendaman (*steeping in water*), pengukusan (*steaming*), dan pengeringan (*drying*) (Ayamdoo et al. 2013). Widowati et al. (2009) menyatakan bahwa perlakuan-perlakuan pada pengolahan gabah dengan cara pratanak mampu meningkatkan rendemen beras giling dan rendemen beras kepala serta menghasilkan beras dengan kandungan indeks glikemik (IG) rendah. Dors et al. (2011) menambahkan proses pratanak dapat mengurangi kerusakan pada beras, dan mengurangi kehilangan kandungan gizi yang penting.

Beras pratanak merupakan bahan pangan kering yang bersifat higroskopis sehingga sangat rentan terhadap perubahan kadar air akibat kondisi lingkungan sekitarnya, terutama terhadap uap air yang menjadi pemicu terjadinya kerusakan bahan selama penyimpanan. Oleh karena itu, kestabilan kadar air beras pratanak selama penyimpanan sangat penting.

Widyotomo et al. (2011) menyatakan bahwa dalam mempertahankan mutu bahan pangan selama penyimpanan, permasalahan yang sering dihadapi berkaitan dengan kadar air dan aktivitas air di dalam bahan. Hubungan kesetimbangan kadar air dan aktivitas air dapat digambarkan melalui kurva sorpsi isotermi. Banyak model yang telah dikembangkan untuk menjelaskan fenomena sorpsi isotermi air secara teoritis diantaranya model Hasley, Caurie, Chen-Clayton, Henderson, dan Owin.

Penelitian ini bertujuan menentukan kadar air kesetimbangan beras pratanak pada kondisi

kelembaban yang berbeda, menentukan model yang tepat dalam mendeskripsikan pola kurva sorpsi isotermi beras pratanak, dan memprediksikan umur simpan beras pratanak dengan metode kadar air kritis pada kemasan *Low Density Polyethylene* (LDPE), *High Density Polyethylene* (HDPE), dan *Polypropylene* (PP).

Bahan dan Metode

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beras pratanak. Tiga jenis plastik (LDPE, HDPE, dan PP), garam jenuh NaOH, MgCl₂, Mg(NO₃)₂, KI, NaCl, KCl, Na₂SO₄, NH₄H₂PO₄, dan akuades. Peralatan yang digunakan adalah oven, desikator modifikasi toples, Permatran Mocon W 3*31, termohigrometer, desikator, timbangan analitik, cawan aluminium.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), Departemen Teknik Mesin dan Biosistem dan Laboratorium Mutu Pangan, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2017- Januari 2018.

Penentuan Karakteristik Beras Pratanak

Penentuan karakteristik beras pratanak dilakukan untuk mengetahui komposisi kimianya. Analisis yang digunakan meliputi pengukuran kadar air (AOAC, 2005), kadar protein (SNI 01-2891-1992), kadar lemak (SNI 01-2891-1992), kadar abu (SNI 01-2891-1992), dan kadar karbohidrat (SNI 01-2891-1992).

Penentuan Kadar Air Kesetimbangan (AOAC, 2005)

Pembuatan larutan jenuh dalam penelitian ini dilakukan dengan melarutkan garam dalam jumlah berlebih ke dalam akuades hingga jenuh dan garam yang ditambahkan tidak dapat larut lagi. Sebanyak 100 ml larutan garam jenuh dimasukkan ke dalam desikator (modifikasi toples) untuk mengatur RH ruang. Pengukuran kadar air setimbang sama dengan pengukuran kadar air. Sampel beras pratanak ditimbang sebanyak 5 gram sebagai berat awal, dimasukkan ke dalam cawan aluminium dan diseimbangkan di dalam desikator. Keseimbangan kadar air dilakukan di dalam desikator berisi larutan garam jenuh yang ditutup dengan rapat. Kemudian desikator tersebut disimpan dalam ruang inkubator suhu 30°C. Garam yang digunakan beserta nilai RH-nya dapat dilihat pada Tabel 1.

Kadar air beras pratanak sebelum penyimpanan adalah 12.70% bk. Sekitar +5 gram sampel beras

Tabel 1. Garam-garam beserta nilai RH-nya pada suhu 30°C yang digunakan dalam penentuan kurva isotermi sorpsi air beras pratanak.

No	Larutan garam jenuh	Aktivitas air (a_w)	Kelembaban relatif (%)
1	NaOH	0.07	7
2	MgCl ₂	0.33	33
3	Mg(NO ₃) ₂	0.52	52
4	KI	0.69	69
5	NaCl	0.75	75
6	KCl	0.84	84
7	Na ₂ SO ₄	0.87	87
8	NH ₄ H ₂ PO ₄	0.92	92

Tabel 2. Linierisasi persamaan isotermi sorpsi.

Model	Persamaan	Bentuk linier
Hasley	$a_w = \exp [-P_1 / Me^{P_2}]$	$\log (\ln(1/a_w)) = \ln P_1 - P_2 \log Me$
Chen-Clayton	$a_w = \exp [-P_1 / \exp P_2 Me]$	$\ln (\ln(1/a_w)) = \ln P_1 - P_2 Me$
Henderson	$1 - a_w = \exp [-KMe^n]$	$\log (\ln(1/(1-a_w))) = \log K + n \log Me$
Caurie	$\ln Me = \ln P_1 - P_2 a_w$	$\ln Me = \ln P_1 - P_2 a_w$
Oswin	$Me = P_1 [a_w/(1-a_w)]^{P_2}$	$\ln Me = \ln P_1 + P_2 \ln (a_w/1-a_w)$

pratanak diletakkan pada cawan yang telah diketahui beratnya. Cawan berisi sampel kemudian diletakkan di dalam desikator (modifikasi toples) kemudian disimpan dalam ruang inkubator suhu 30°C. Bobot yang konstan ditandai dengan selisih bobot pada 3 kali penimbangan berturut-turut tidak lebih dari 2 mg yang disimpan pada RH dibawah 90%, dan tidak lebih dari 10 mg pada 3 kali penimbangan untuk sampel yang disimpan pada RH diatas 90%. Sampel yang telah mencapai kondisi setimbang dianalisis kadar airnya, kadar air ini merupakan kadar air kesetimbangan. Kurva sorpsi isotermi kemudian dibuat dengan cara memplotkan nilai kadar air kesetimbangan terhadap a_w .

Penentuan Model Sorpsi Isotermi

Model persamaan yang digunakan dalam penelitian ini ada lima yaitu model Caurie, Chen-Clayton, Hasley, Henderson, dan Oswin. Model-model persamaan sorpsi isotermi yang digunakan dimodifikasi bentuknya dari persamaan non-linier menjadi persamaan linier guna memudahkan perhitungan. Model-model persamaan sorpsi isotermi diubah menjadi linier seperti yang tertera pada Tabel 2.

Uji ketepatan model sorpsi isotermi dapat diperoleh dengan menghitung *Mean Relative Determination (MRD)* diperoleh dengan cara membandingkan data kadar air hasil percobaan dengan data hasil prediksi, dapat dihitung dengan persamaan (1) berikut (Lievonon dan Ross 2002).

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

Dimana,

m_i = Kadar air hasil percobaan

m_{pi} = Kadar air hasil perhitungan

n = Jumlah data

Nilai MRD dapat menggambarkan keadaan sebenarnya dengan tepat apabila semakin rendah nilai %MRD. Nilai MRD < 5 maka model sorpsi isotermi tersebut dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya dengan sangat tepat. Apabila 5 < MRD < 10 maka nilai MRD tersebut agak tepat dalam menggambarkan keadaan yang sebenarnya. Akan tetapi apabila nilai MRD > 10 maka model tersebut tidak tepat dalam menggambarkan keadaan yang sebenarnya (Lievonon dan Ross 2002).

Penentuan Nilai Kemiringan (b) Kurva Sorpsi Isotermi

Kemiringan (b) kurva sorpsi isotermi ditentukan dari garis lurus yang terbentuk pada kurva model persamaan sorpsi isotermi terpilih. Nilai kemiringan kurva sorpsi isotermi ditentukan pada daerah linier, yaitu daerah antara kadar air awal dan kadar air akhir (Labuza, 1982). Titik kadar air awal dan kadar air akhir akan dihubungkan dengan garis lurus, dan akan menghasilkan persamaan linier $y = a + bx$. Dimana nilai b pada persamaan linier tersebut adalah nilai kemiringan kurva sorpsi isotermi.

Tabel 3. Kandungan gizi beras pratanak.

No	Komposisi gizi	Satuan Beras pratanak	
1	Kadar air	(% bk)	12.70
2	Kadar protein	(% bk)	8.14
3	Kadar lemak	(% bk)	2.34
4	Kadar abu	(% bk)	1.24
5	Kadar karbohidrat	(% bk)	75.59

Tabel 4. Kadar air kesetimbangan (Me) beras pratanak pada beberapa RH penyimpanan.

No	ERH (%)	Me (% bk)
1	7	6.93±1.16
2	33	11.09±0.00
3	52	14.22±0.03
4	69	15.86±0.21
5	75	17.05±0.03
6	84	19.68±0.53
7	87	23.92±0.01
8	92	25.59±0.61

Perhitungan Umur Simpan Beras Pratanak

Umur simpan beras pratanak ditentukan dengan mensubstitusi data kadar air awal, kadar air kesetimbangan, kadar air kritis, berat kering bahan, luas permukaan kemasan, permeabilitas kemasan, tekanan uap air jenuh dan nilai *slope* sorpsi isotermi ke dalam persamaan (2) (Labuza 1982):

$$t = \frac{\ln \frac{M_e - M_c}{M_c - M_n}}{\frac{K}{x} \left(\frac{A}{W_s} \right) \frac{P_n}{b}} \quad (2)$$

Dimana,

t = Umur simpan (tahun)

M_e = Kadar air kesetimbangan pada suhu dan RH tertentu (%)

M_o = Kadar air awal produk di awal penyimpanan (%)

M_c = Kadar air kritis pada suhu tertentu (%)

k/x = *WVTR/P_o* = permeabilitas uap air kemasan (g/m²/hari/mmHg). *WVTR* adalah *water vapor transmission rate* (g/m²/hari) pada suhu dan RH tertentu (%)

A = Luas permukaan kemasan (m²)

W_s = Berat kering bahan dalam kemasan (g)

P_o = Tekanan uap air jenuh (mmHg)

b = *Slope* kurva sorpsi isotermi air

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Beras Pratanak

Komposisi penyusun suatu bahan pangan sangat mempengaruhi karakteristik dari produk pangan yang dihasilkan. Penentuan karakteristik awal beras pratanak berupa analisis proksimat dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan analisis sorpsi isotermi. Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui secara garis besar komposisi kimia pada beras pratanak terdiri dari kadar air, kadar protein, kadar lemak, kadar abu dan kadar karbohidrat. Komposisi kimia beras pratanak dapat dilihat dalam Tabel 3.

Berdasarkan hasil analisis proksimat maka diperoleh kadar air awal (*M_o*) beras pratanak adalah 12.70% bk dimana kadar air beras pratanak tersebut memenuhi standar syarat penyimpanan. Beras yang memiliki kadar air yang tinggi akan mudah rusak dan mengalami penurunan mutu. Kadar air yang rendah dapat memperpanjang umur simpan beras, karena pada kondisi kering mikroba akan sulit tumbuh, dan dapat mencegah terjadinya perubahan pada beras secara kimia dan biokimia (Widowati *et al.* 2009).

Berdasarkan hasil uji proksimat diperoleh kadar protein beras pratanak 8.14%. Kadar protein beras pratanak lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar protein beras giling (7.33%) (Hasbullah *et al.* 2016). Hasbullah dan Pramita (2013) melaporkan bahwa proses pratanak mampu meningkatkan kadar protein pada beras pratanak, dan semakin lama perendaman maka kandungan protein yang masuk ke dalam endosperma semakin banyak. Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar lemak beras pratanak adalah 2.34%. Kadar lemak beras pratanak lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar lemak beras giling (1.17%) (Hasbullah *et al.* 2016). Proses pratanak dapat meningkatkan kandungan lemak pada beras (Hasbullah dan Pramita 2013). Hasbullah dan Pramita (2013) menyatakan bahwa beras dengan kadar lemak rendah akan memiliki daya simpan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beras yang memiliki kadar lemak yang tinggi.

Berdasarkan hasil uji proksimat, kadar abu beras pratanak adalah 1.24%. Kadar abu beras pratanak lebih tinggi bila dibandingkan dengan kadar abu beras giling (0.48%) (Hasbullah *et al.* 2016). Hasbullah dan Pramita (2013) melaporkan bahwa proses pratanak dapat meningkatkan kadar abu yang terkandung di dalam beras. Semakin lama perendaman maka kandungan kadar abu juga semakin meningkat. Berdasarkan hasil analisis kadar karbohidrat beras pratanak sebesar 75.59%. Kandungan karbohidrat beras pratanak lebih rendah jika dibandingkan dengan kandungan beras giling 78.13% (Hasbullah *et al.* 2016). Karbohidrat merupakan penyusun terbanyak dari serelia yang

Tabel 5. Persamaan kurva sorpsi isotermi beras pratanak dengan berbagai model.

Model	Bentuk linier	Persamaan
Hasley	$\log(\ln(1/a_w)) = \ln P_1 - P_2 \log Me$	$\log(\ln(1/a_w)) = 2.336 - 2.311 \log Me$
Chen-Clayton	$\ln(\ln(1/a_w)) = \ln P_1 - P_2 Me$	$\ln(\ln(1/a_w)) = 2.061 - 0.180 Me$
Henderson	$\log(\ln(1/(1-a_w))) = \log K + n \log Me$	$\log(\ln(1/(1-a_w))) = -3.256 + 2.676 \log Me$
Caurie	$\ln Me = \ln P_1 - P_2 a_w$	$\ln Me = 1.876 + 1.399 a_w$
Oswin	$\ln Me = \ln P_1 + P_2 \ln(a_w/1-a_w)$	$\ln Me = 2.596 + 0.259 \ln(a_w/1-a_w)$

Tabel 6. Kadar air kesetimbangan beras pratanak dari model-model persamaan.

a_w	Kadar air kesetimbangan beras pratanak (% bk)					
	Percobaan	Hasley	Chen-Clayton	Henderson	Caurie	Oswin
0.07	6.93	6.72	6.00	6.18	7.2	6.85
0.33	11.09	9.81	10.84	11.70	10.3	11.17
0.52	14.22	12.33	13.76	14.67	13.52	13.70
0.69	15.86	15.76	16.90	17.47	17.15	16.52
0.75	17.05	17.59	18.30	18.60	18.65	17.86
0.84	19.68	21.85	21.07	20.65	21.15	20.65
0.87	23.92	24.08	22.32	21.49	22.06	21.99
0.92	25.59	30.06	25.16	23.28	23.65	25.32

Tabel 7. Nilai MRD dan regresi model-model persamaan.

Model	Nilai MRD	R^2
Hasley	6.36	0.97
Chen-Clayton	6.04	0.96
Henderson	8.12	0.95
Caurie	7.24	0.96
Oswin	3.85	0.98

umumnya terdiri dari pati (bagian utama), pentosa, selulosa, hemiselulosa, dan gula bebas. Pati berbentuk granula di dalam beras. Granula pati berwarna putih mengkilap, tidak berbau dan tidak berasa.

Kadar Air Kesetimbangan (Me)

Penentuan kadar air kesetimbangan pada penelitian ini dengan menggunakan metode gravimetri statis yang diperoleh dengan cara mengkondisikan larutan garam jenuh pada tingkatan RH yang berbeda-beda pada suhu 30°C. Tercapainya kondisi kesetimbangan ditandai dengan hasil penimbangan yang konstan. Kadar air kesetimbangan (Me) beras pratanak dapat dilihat pada Tabel 4.

Model Sorpsi Isotermi

Model-model persamaan yang digunakan dimodifikasi bentuknya dari persamaan non linier

menjadi persamaan linier guna memudahkan perhitungan tetapan nilai-nilai konstanta dari tiap persamaan. Nilai-nilai konstanta dihitung dengan menggunakan metode kuadrat terkecil. Persamaan kurva sorpsi isotermi yang diperoleh dari model-model sorpsi isotermi dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan kadar air kesetimbangan beras pratanak dari model-model persamaan dapat dilihat pada Tabel 6.

Pada Tabel 5 terlihat bahwa sebagian model memberikan hasil perhitungan yang nilainya hampir sama dengan nilai hasil percobaan, tetapi beberapa model juga memberikan hasil perhitungan yang sangat jauh dengan nilai hasil percobaan. Dengan demikian dilakukan uji ketepatan model dengan menghitung nilai MRD. Nilai (MRD<5) berarti kurva tersebut dapat menggambarkan fenomena sorpsi isotermi beras pratanak dengan tepat, agak tepat (5<MRD>10), dan kurang tepat (MRD>10) (Lievonon dan Ross 2002). Hasil perhitungan nilai MRD masing-masing model untuk beras pratanak dapat dilihat pada Tabel 7. Model persamaan kurva yang dipilih adalah model Chen-Clayton karena memiliki nilai MRD terkecil (MRD<5). Model tersebut dapat menggambarkan fenomena sorpsi isotermi beras pratanak secara tepat.

Selain melihat nilai MRD yang dihasilkan, model terbaik juga dapat ditentukan dengan melihat nilai regresi terbesar pada model. Persamaan regresi untuk keseluruhan model bisa dikatakan cukup baik karena nilai R^2 yang diperoleh hampir mendekati nilai 1. Model yang dianggap paling tepat untuk

sorpsi isotermi beras pratanak dapat diketahui dengan melihat nilai MRD paling rendah dan R² paling tinggi.

Pada Tabel 7 memperlihatkan kolerasi antara nilai MRD dengan R². Model yang terpilih sebagai model terbaik dalam menggambarkan kurva sorpsi isotermi beras pratanak adalah model Oswin dengan nilai MRD terendah yaitu 3.85 dan nilai R² terbesar yaitu 0.98. Perbandingan kurva sorpsi isotermi percobaan dengan Oswin dapat dilihat pada Gambar 1.

Nilai Kemiringan (b) Kurva Sorpsi Isotermi

Nilai *slope* (b) kurva sorpsi isotermi ditentukan pada daerah dari kurva sorpsi isotermi pada model Chen-Clayton. Menurut Labuza (1982) daerah linier untuk menentukan *slope* kurva sorpsi isotermi diambil antara kadar air awal dan kadar air akhir. Dalam penelitian ini, penentuan nilai *slope* (b) diperoleh dengan memplotkan nilai kadar air kesetimbangan dengan kelembaban relatif (RH). Hasil regresi linier kurva sorpsi isotermi menghasilkan persamaan garis $y=0.15x+5.756$ (R² = 0.99). Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh nilai b (*slope*) kurva sebesar 0.15. Tekanan uap air murni pada ruang penyimpanan (suhu 30°C) adalah 31.82 mmHg, sedangkan bobot kering produk (Ws) perkemasan adalah 887.3 (g padatan) dan nilai luas permukaan kemasan (A) adalah 0.0375 m². Nilai kadar air kritis (Mc) ditentukan dari penolakan panelis terhadap tekstur beras pada kadar air 20.33% bk.

Umur Simpan Beras Pratanak

Umur simpan beras pratanak ditentukan dengan menggunakan metode akselerasi dengan pendekatan kadar air kritis karena merupakan produk pangan kering yang mudah menyerap air. Nilai parameter yang digunakan dalam perhitungan ditampilkan pada Tabel 8.

Umur simpan produk sangat ditentukan oleh nilai permeabilitas kemasan terhadap uap air. Semakin tinggi nilai permeabilitas kemasan maka umur simpan produk semakin singkat. Pada penelitian ini menggunakan tiga jenis kemasan dengan nilai

Tabel 8. Data-data untuk perhitungan umur simpan model kadar air kritis.

Parameter	RH 87%
Kadar air awal (Mo) (%bk)	12.70
Kadar air kritis (Mc) (%bk)	20.33
Kadar air kesetimbangan (Me) (%bk)	21.99
Kemiringan kurva sorpsi isotermi (b)	0.15
Luas kemasan (A) (m ²)	0.0375
Berat padatan per kemasan (Ws) (g padatan)	887.3
Tekanan uap jenuh suhu 30°C (mmHg)	31.82

Tabel 9. Umur simpan beras pratanak pada RH 87%.

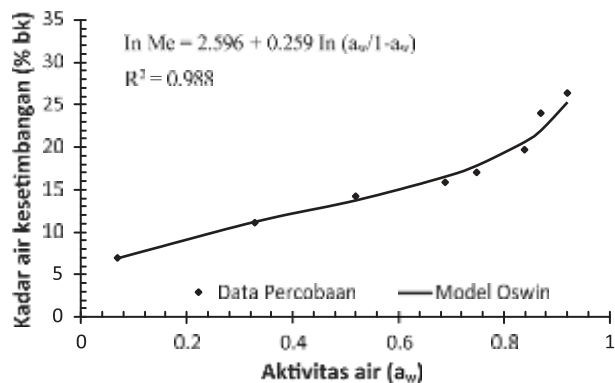
Jenis Kemasan	Umur simpan		
	Hari	Bulan	Tahun
HDPE	800.3	26.6	2.2
LDPE	843.6	28.1	2.3
PP	3201.4	106.7	8.8

permeabilitas yang berbeda-beda. Pendugaan umur simpan beras pratanak dilakukan dengan cara memasukkan data-data pada Tabel 8 ke dalam persamaan (2).

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa penggunaan kemasan sangat mempengaruhi umur simpan. Permeabilitas kemasan yang rendah dapat memperpanjang umur simpan beras pratanak. Kemasan LDPE memiliki permeabilitas uap air yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kemasan HDPE dan PP, sehingga beras pratanak yang dikemas dengan kemasan LDPE dengan permeabilitas paling tinggi (0.25 k/x g/m².hari.mmHg) akan cepat rusak akibat menyerap air lebih banyak. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 9 bahwa penggunaan kemasan HDPE dengan perkiraan umur simpan yang paling singkat dibanding dengan kemasan yang lain yaitu 2.2 tahun dan 2.3 tahun untuk kemasan LDPE, sedangkan perkiraan umur simpan beras pratanak dengan menggunakan kemasan PP dengan permeabilitas yang paling rendah (0.06 k/x g/m².hari.mmHg) adalah 8.8 tahun. Semakin tinggi nilai permeabilitas kemasan maka umur simpan produk semakin singkat, demikian sebaliknya semakin rendah permeabilitas kemasan maka umur simpan produk akan lebih lama (Rahayu et al. 2005).

Simpulan

Kadar air kesetimbangan beras pratanak pada RH 7%, 33%, 52%, 69%, 75%, 84%, 87% dan 92% berturut-turut adalah 6.93% bk, 11.09% bk, 14.22% bk, 15.86% bk, 17.05% bk, 19.68% bk, 23.92% bk, dan 25.59% bk. Kurva sorpsi isotermi beras pratanak adalah



Gambar 1. Perbandingan kurva sorpsi isotermi percobaan dengan Oswin.

berbentuk sigmoid. Model Oswin merupakan model yang paling tepat dalam mendeskripsikan pola sorpsi isotermi beras pratanak yang ditandai dengan nilai MRD terkecil yaitu 3.85 dan R^2 terbesar yaitu 0,98. Umur simpan beras pratanak sangat dipengaruhi oleh jenis plastik kemasan. Pendugaan umur simpan beras pratanak dengan menggunakan kemasan HDPE, LDPE, dan PP berturut 2.2 tahun, 2.3 tahun dan 8.8 tahun.

Daftar Pustaka

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2005. Official Methods of Analysis, 18th edn. AOAC, Inc. Washington DC.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 1992. Cara uji makanan dan minuman. SNI 01-2891-1992. Pusat Standar Industri. Departemen Perindustrian.
- Augustin, I.S., S. Franceschi, D.J.A. Jenkins, C.W.C. Kendall, and C. La Vecchia. 2002. Glycemic index in chronic disease: a review. *European Journal of Clinical Nutrition*. 56: 1049-1071.
- Ayamdoo, J.A., B. Demuyakor, W. Dogbe, and R. Owusu. 2013. Parboiling of paddy rice, the science and perception of it as practiced in Northern Ghana. *International Journal of Scientific and Technology Research*. 2(4): 13-18.
- Dors, G.C., Vd.S. Bierhals, and E. Badiale-Furlong. 2011. Parboiled rice: chemical composition and the occurrence of mycotoxins. *Food Science and Technology* 31(1):172-177.
- Fatema, K., F. Rahman, N. Sumi, K. Kobura, and L. Ali. 2010. Glycemic index of three common varieties of Bangladeshi rice in healthy subjects. *African Journal of Food Science* 4(8):531-535.
- Ghadge, P. and K. Prasad. 2012. Some physical properties of rice kernels: Variety PR-106. *Journal of Food Process Technology* 3(8):1-5.
- Hasbullah, R. Dan R.D.P. Pramita. 2013. Pengaruh lama perendaman terhadap mutu beras pratanak pada varietas IR 64. *JTEP Jurnal Keteknik Pertanian*. 27(1): 53-60. doi: 10.19028/jtep.27.1.53-60.
- Hasbullah, R., L. Pujantoro, S. Koswara, E. Fadhallah, dan M. Surahman. 2016. Steaming process of paddy to improve quality and reduce glycemic index of parboiled rice. *III International Conference on Agricultural and Food Engineering 1152*. hlm 375-380.
- Labuza, T.P. 1982. Shelf life dating of foods. Food and nutrition press. Inc., Westport, Connecticut.
- Lievonen, S. And Y. Roos. 2002. Water sorption of food models for studies of glass transition and reaction kinetics. *Journal of Food Science* 67(5):1758-1766.
- Rahayu, W., M. Arpah, dan E. Diah. 2005. Penentuan waktu kadaluarsa dan model sorpsi isotermis biji dan bubuk lada hitam (*Piper nigrum L.*). *Jurnal Teknol. dan Industri Pangan*. Vol.XVI, No.1.
- Rohman, A., S. Helmiyati, M. Hapsari, dan D.L. Setyaningrum. 2014. Rice in health and nutrition. *International Food Research Journal* 21(1).
- Widowati, S., B.A.S. Santosa, M. Astawan, dan Akhyar. 2009. Penurunan indeks glikemik berbagai varietas beras melalui proses pratanak. *Jurnal Pascapanen*. 6(1):1-9
- Widyotomo, S., O. Atmawinata, dan H.K. Purwadaria. 2011. Karakterisasi isoterm sorpsi air biji kopi dengan model BET dan GAB. *Agritech* 31(3).

Halaman ini sengaja dikosongkan