PERBANDINGAN BERBAGAI MODEL MATEMATIKA PADA PENGERINGAN LAPISAN TIPIS BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi*)

(Comparison of Various Mathematical Models in Drying Thin Layer of Bilimbi)

Rival Andrea¹, Indera Sakti Nasution¹, Raida Agustina^{1*}

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

Corresponding author: i.nasution@unsyiah.ac.id

Abstrak. Belimbing wuluh merupakan salah satu tanaman buah asli Indonesia dan daratan Malaya. Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) banyak ditemui sebagai tanaman pekarangan yang mudah ditanam dan tidak memerlukan perawatan khusus. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan model matematika pada pengeringan lapisan tipis belimbing wuluh yang terbaik menggunakan beberapa persamaan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perhitungan kadar air belimbing wuluh, perhitungan *Moisture Ratio* dan perhitungan persamaan model matematika, Newton, Henderson & Pabis, Page, Modified page, Logarithmic, Modified Henderson & Pabis menggunakan Excel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan keenam jenis model matematika pada pengeringan lapisan tipis belimbing wuluh dengan model Newton, Henderson and Pabis, Page, Modified page, Logarithmic, Modified Henderson & Pabis. Berdasarkan analisis didapat model terbaik pada pengeringan belimbing wuluh belah dua bagian yaitu model Page. Dari data pengamatan dengan prediksi model Page yang di dapat untuk belimbing wuluh belah dua bagian diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 0,9849 suhu 40°C, 0,9824 suhu 50°C, dan 0,9807 pada suhu 60°C. Data pengamatan dengan prediksi model Henderson and Pabis yang di dapat untuk belimbing wuluh utuh diperoleh nilai koefisien determinasi MR prediksi sebesar 0,9696 suhu 40°C, 0,9176 suhu 50°C, dan 0,9727 pada suhu 60°C.

Kata kunci : Belimbing Wuluh, Pengeringan Lapisan Tipis, Model Matematika.

Abstract. Carambola Wuluh is one of the native fruit plants of Indonesia and the mainland of Malaya. Bilimbi (*Averrhoa bilimbi*) is commonly found as a garden plant that is easily planted and does not require special care. The purpose of this study is to determine the mathematical model in drying the best thin layer of bilimbi using several equations. This research was carried out by calculating the water content of bilimbi, calculating the *Moisture Ratio* and calculating the equations of mathematical models, Newton, Henderson & Pabis, Page, Modified page, Logarithmic, Modified Henderson & Pabis using Excel. The results showed that there were differences in the six types of mathematical models in drying thin layers of bilimbi with Newton, Henderson and Pabis models, Page, Modified pages, Logarithmic, Modified Henderson & Pabis. Based on the analysis, the best model was obtained in the drying of the two-part bilimbi, the Page model. From the observational data with the prediction of Page models obtained for the two-part bilimbi obtained the value of the coefficient of determination is 0.9849 at 40 ° C, 0.9824 at 50 ° C, and 0.9807 at 60 ° C. Observation data with predictions of the Henderson and Pabis model obtained for whole bilimbi obtained the predictive value of the MR coefficient of 0.9696 at 40 ° C, 0.9176 at 50 ° C, and 0.9727 at 60 ° C.

Keywords: Bilimbi , Drying Thin Layer, Mathematical Model.

PENDAHULUAN

Belimbing wuluh merupakan salah satu tanaman buah asli Indonesia dan daratan Malaya. Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) banyak ditemui sebagai tanaman pekarangan yang mudah ditanam dan tidak memerlukan perawatan khusus. Menurut Tohir (1981), pohon belimbing wuluh berbunga dan berbuah sepanjang tahun. Kemampuan tanaman ini untuk menghasilkan buah sepanjang tahun tidaklah sebanding dengan pemanfaatannya, sehingga banyak buah segar yang terbuang sia-sia.

Pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air dalam sehingga dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama. Pengeringan juga dapat memberikan dampak negatif yaitu dengan dikeringkannya, maka kandungan kadar air dalam bahan akan menjadi kurang dan akan mempengaruhi berat bahan. Pengaturan suhu sangat penting dalam proses

pengeringan. Bahan yang dikeringkan dengan suhu yang sangat tinggi atau rendah akan merusak bahan tersebut.

Pengeringan lapisan tipis merupakan proses pengeringan dimana semua bahan yang terdapat dalam lapisan menerima langsung aliran udara dengan suhu dan kelembaban relatif yang mendekati konstan, dimana pada saat itu kadar air dan suhu bahan keduanya seragam (Henderson & Perry, 1976). Model pengeringan digunakan untuk mengetahui model pengeringan yang sesuai dari suatu bahan pertanian.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Oktober 2018. Proses pengeringan dilakukan di Laboratorium Teknik Pasca Panen, Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi oven (*merek Gemmysss, model YCO – 010*), timbangan analitik (*merek kern EG*), cutter dan wadah. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain belimbing wuluh (*Averrhoa belimbi*), garam dan air bersih.

Prosedur dan Parameter Pengamatan

Persiapan Bahan

Persiapan bahan pada penelitian ini yaitu menyiapkan sampel belimbing wuluh yang baru dipanen umur 34 hari setelah bunga mekar, mencuci dan membersihkan belimbing wuluh dengan air untuk menghilangkan kotoran yang menempel, melakukan pembelahan pada belimbing wuluh dengan belah dua bagian, menimbang wadah terlebih dahulu sebelum diisi dengan belimbing wuluh dan menghamparkan bahan ke dalam wadah (rak pengering) dengan teratur.

Proses Pengeringan

Proses pengeringan dilakukan dengan dengan pengeringan mekanis (*cabinet dryer*). Pada 3 level suhu : 40°C, 50°C, 60°C . Pembelahan dengan belah dua bagian. Langkah-langkah proses pengeringan dilakukan yaitu menyiapkan sampel bahan dan alat pengering tipe mekanis, membelah belimbing wuluh dengan cara membelah menjadi dua bagian dengan menggunakan cutter. Kemudian memasukkan hasil belahan belimbing wuluh ke dalam wadah (rak pengering), menimbang bahan dan wadah untuk mengetahui berat bahan dan berat wadah, mencatat berat awal sampel, menyalakan alat pengering dan mengatur suhu, rak yang berisi sampel belimbing wuluh dimasukkan ke ruang pengeringan alat, melakukan penggarapan pada belimbing wuluh secara merata, sebanyak 10% garam dari berat belimbing wuluh setelah dikeringkan dan setiap selang waktu 30 menit, sampel dikeluarkan dari alat pengering kemudian ditimbang dengan menggunakan timbangan digital.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola Penurunan Kadar Air Selama Pengeringan

Setelah melakukan penelitian pengeringan lapisan tipis belimbing wuluh dengan suhu pengeringan 40°C, 50°C dan 60°C, maka diperoleh pola penurunan kadar air basis kering seperti disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Pada Gambar 1 terlihat proses pelepasan uap air pada permukaan bahan belimbing wuluh belah dua bagian diperoleh nilai sebesar 4,77% pada suhu 40°C kadar air berkurang selama 780 menit, 9,89% pada suhu 50°C kadar air berkurang selama 720 menit, dan 5,21 pada suhu 60°C kadar air berkurang selama 570 menit.

Gambar 1. Kadar air basis kering belimbing wuluh belah dua bagian selama proses pengeringan

Gambar 2. Kadar air basis kering belimbing wuluh utuh selama proses pengeringan

Pada Gambar 2 kadar air basis kering belimbing wuluh utuh selama proses pengeringan terlihat proses pelepasan uap air pada permukaan bahan belimbing wuluh utuh diperoleh nilai sebesar 4,39% pada suhu 40°C kadar air berkurang selama 900 menit, 3,30% pada suhu 50°C kadar air berkurang selama 750 menit, dan 6,45 pada suhu 60°C kadar air berkurang selama 660 menit.

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2 di atas menunjukkan tinggi suhu pengeringan dan kecepatan laju pengeringan terhadap belimbing wuluh dengan belah dua bagian dan utuh. Semakin tinggi suhu maka semakin cepat pula proses pengeringan berlangsung hal ini sesuai dengan pernyataan Rahmawan (2001), tinggi suhu udara pengering mempengaruhi besar energi panas yang dibawa udara sehingga jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan lebih banyak.

Pola Penurunan *Moisture Ratio* (MR)

Moisture Ratio atau rasio kelembaban merupakan kelembaban spesifik yang mana dipengaruhi oleh sifat udara basah yang umumnya mengacu pada massa udara kering yang dikandung oleh udara. Jadi definisi rasio kelembaban adalah rasio massa uap air dan massa udara kering yang dikandung oleh udara pada volume dan temperatur yang tertentu.

Gambar 3. *Moisture ratio* (MR) belimbing wuluh belah dua bagian terhadap lama pengeringan

Gambar 4. *Moisture ratio* (MR) belimbing wuluh utuh terhadap lama pengeringan

Gambar 3 dan Gambar 4 merupakan pola penurunan *moisture ratio* terhadap lama pengeringan. Gambar 3 *moisture ratio* belimbing wuluh belah dua bagian menunjukkan penurunan *moisture ratio* nya lebih cepat, sebab permukaan belimbing wuluh lebih tipis sehingga jumlah masa cairan yang diuapkan dari bahan lebih banyak. Gambar 4 *moisture ratio* belimbing wuluh utuh menunjukkan penurunan *moisture ratio* nya lebih lama di bandingkan dengan belah dua bagian, sebab permukaan belimbing wuluh lebih tebal sehingga jumlah masa cairan yang di uapkan dari bahan lebih sedikit.

Gambar 5. *Moisture ratio* (MR) belimbing wuluh belah dua bagian terhadap Kadar air basis kering%

Gambar 6. *Moisture ratio* (MR) belimbing wuluh utuh terhadap Kadar air basis kering %

Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa pola penurunan *moisture ratio* (MR) sejalan dengan pola penurunan kadar air basis kering (KA-bk). Hal ini terjadi dikarenakan

MR dihitung dari perubahan kadar air basis kering. Pola MR ini selanjutnya digunakan untuk menentukan model pengeringan lapisan tipis terbaik untuk belimbing wuluh. Terdapat perbedaan antara belah dua bagian dan utuh. Pada belah dua bagian memiliki *nilai moistur ratio* lebih besar dengan nilai rata rata MR 0,33 suhu 40°C, MR 1,84 suhu 50°C, MR 1,02 suhu 60°C sebab basis kering pada belah dua bagian lebih besar. Pada *moistur ratio* belimbing wuluh utuh lebih kecil dengan nilai rata rata MR 0,39 suhu 40°C, MR 0,34 suhu 50°C, MR 1,41 suhu 60°C karena basis kering pada belimbing wuluh utuh lebih kecil.

Hubungan Antara Data Hasil Pengamatan dengan Prediksi Model

Nilai konstanta k, a, dan n ditentukan dengan menggunakan MS Excel Solver®. Analisis didasarkan pada usaha untuk meminimalkan total kuadrat dari selisih antara MR prediksi dan MR pengamatan. Untuk analisis ini, Solver akan secara otomatis mencari nilai konstanta yang ada pada model terkait sehingga total kuadrat selisih nya minimal. Nilai konstanta untuk masing-masing model yang diuji disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisa model persamaan belimbing wuluh belah dua bagian

NO	Model	Suhu (°C)	Kostanta					r ²	RMSE
			a	b	c	e	h	k	n
1	Newton	40						0,0029	
2	Model Page	40						0,115	0,0256
3	Henderson & pabis	40	0,0256					0,115	
4	Modified Page	40						0,115	0,0256
5	Logarithmic	40	0,115		0			0,0256	
	Modified Hederson								
6	&Pabis	40	0,0602	0,1805	12,85		9,6375	0,2708	
1	Newton	50						0,0037	
2	Model Page	50						0,1291	0,0287
3	Henderson & pabis	50	0,0287					0,1291	
4	Modified Page	50						0,1291	0,0287
5	Logarithmic	50	0,0262		0			0,1181	
	Modified Hederson								
6	&Pabis	50	0,3452	0,069	6,4027		8,5369	0,1554	
1	Newton	60						0,0045	
2	Model Page	60						0,1419	0,0315
3	Henderson & pabis	60	0,0315					0,1419	
4	Modified Page	60						0,1419	0,0315
5	Logarithmic	60	0,0315		0			0,1419	
	Modified Hederson								
6	&Pabis	60	0,0792	0,1584	152,4588		203,2784	0,3564	

Tabel 2 menunjukkan persamaan model Page untuk pengeringan belimbing wuluh pada suhu pengering 40°C, 50°C, dan 60°C menunjukkan nilai koefisien determasi yang mendekati 1 dibandingkan dengan kelima model lainnya yaitu model Newton, Henderson dan Pabis, Modiefed Page, Logarithmic, dan Modiefed Hederson dan Pabis. Hal ini menunjukkan bahwa model Page adalah model terbaik untuk merepresentasikan pengeringan lapisan tipis belimbing wuluh.

Tabel 3. Hasil analisa model persamaan belimbing wuluh utuh

No	Model	Suhu (°C)	Kostanta							r ²	RMSE
			a	b	C	e	h	k	n		
1	Newton	40						0,002		0,9686	0,1000
2	Model Page	40						0,0947	0,021	0,9693	0,1000
3	Henderson & pabis	40	0,0943					0,021		0,9696	0,1000
4	Modified Page	40						0,0943	0,021	0,9691	0,1000
5	Logarithmic Modified	40	0,021		0,0031			0,0947		0,9692	0,1000
6	Hederson &Pabis	40	0,2984	0,0543	2,4636		3,2848	0,1221		0,8684	0,2056
1	Newton	50						0,1094		0,9681	0,1003
2	Model Page	50						0,0026	0,0243	0,9682	0,1002
3	Henderson & pabis	50	0,0242					0,1087		0,9676	0,1002
4	Modified Page	50						0,1087	0,0242	0,9685	0,1002
5	Logarithmic Modified	50	0,0242		0,006			0,1087		0,9688	0,1002
6	Hederson &Pabis	50	0,2564	0,5129	0,0438		0,0584	1,154		0,8446	0,2207
1	Newton	60						0,0029		0,9722	0,0928
2	Model Page	60						0,1141	0,0253	0,9726	0,0928
3	Henderson & pabis	60	0,0253					0,1141		0,9727	0,0928
4	Modified Page	60						0,1141	0,0253	0,9725	0,0928
5	Logarithmic Modified	60	0,0253		0			0,1141		0,9723	0,0928
6	Hederson &Pabis	60	0,0685	0,137	135,7746		181,0329	0,3082		0,8284	0,2280

Tabel 3 menunjukkan persamaan model Henderson dan pabis untuk pengeringan belimbing wuluh dengan suhu pengering 40°C, 50°C, dan 60°C menunjukkan nilai koefisien determinasi yang mendekati angka 1 dibandingkan dengan kelima model lainnya yaitu model Newton, Page, Modified Page, Logarithmic, dan Modified Henderson dan Pabis. Hal ini menunjukkan bahwa model Henderson dan Pabis adalah model terbaik untuk merepresentasikan pengeringan lapisan tipis belimbing wuluh.

Hubungan Antara Data pengamatan dengan Prediksi Model Page pada Belimbing Wuluh Belah Dua Bagian

Data yang digunakan untuk membuat grafik hubungan MR pengamatan dengan MR prediksi model Page buah belimbing wuluh belah dua bagian diperoleh dari data pengamatan. Grafik hubungan antara MR pengamatan dan MR prediksi buah belimbing wuluh utuh terhadap model Page disajikan pada Gambar 7, Gambar 8, dan gambar 9. Dari grafik hubungan tersebut diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 0,9849 suhu 40°C, 0,9824 suhu 50°C, dan 0,9807 pada suhu 60°C.

Berdasarkan nilai koefisien determinasi yang dihasilkan dari grafik tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa model Page yang dihasilkan memiliki hubungan yang cukup erat. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai MR prediksi buah belimbing wuluh belah dua bagian menunjukkan selisih antara nilai prediksi model Page dengan hasil pengamatan yang kecil sebagaimana ditunjukkan dengan nilai nilai RMSE (*root mean square error*) mendekati nilai 0 dan nilai koefisien determinasi mendekati 1,0. Penelitian ini sesuai dengan penelitian Abidillah (2018), pada pengeringan lapisan tipis pare diperoleh model terbaik yang dapat digunakan adalah model Page, dibandingkan dengan kedua model lainnya yaitu model Newton dan Henderson and Pabis. Hal ini menunjukkan model Page adalah model terbaik untuk merepresentasikan pengeringan lapisan tipis pare karena memiliki nilai kesesuaian yang besar terhadap karakteristik pengeringan lapisan tipis pare.

Gambar 7. Hubungan model Page MR prediksi dengan MR pengamatan pada belimbing wuluh belah dua bagian suhu 40 °C

Gambar 8. Hubungan model Page MR prediksi dengan MR pengamatan pada belimbing wuluh belah dua bagian suhu 50 °C

Gambar 9. Hubungan model Page MR prediksi dengan MR pengamatan pada belimbing wuluh belah dua bagian suhu 60°C

Hubungan Antara Data Pengamatan dengan Prediksi Model Henderson dan Pabis pada Belimbing Wuluh Utuh

Data yang digunakan untuk membuat grafik hubungan MR pengamatan dengan MR prediksimodel Page buah belimbing wuluh utuh diperoleh dari data pengamatan. Grafik hubungan antara MR pengamatan dan MR prediksi buah belimbing wuluh tanpa belahan terhadap model page di sajikan pada Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12.

Gambar 10. Hubungan model Henderson dan Pabis MR prediksi dengan MR pengamatan pada belimbing wuluh utuh suhu 40°C

Gambar 11. Hubungan model Henderson dan Pabis MR prediksi dengan MR pengamatan pada belimbing wuluh utuh suhu 50°C

Gambar 12. Hubungan model Henderson dan Pabis MR prediksi dengan MR pengamatan pada belimbing wuluh utuh suhu 60°C

Dari grafik hubungan tersebut diperoleh nilai koefisien determinasi MR prediksi sebesar 0,9696 pada suhu 40°C, 0,9676 pada suhu 50°C, dan 0,9727 pada suhu 60°C. Berdasarkan nilai koefisien determinasi yang dihasilkan dari grafik tersebut. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai MR prediksi buah belimbing wuluh utuh menunjukkan selisih antara nilai prediksi model Henderson dan Pabis dengan hasil pengamatan yang kecil sebagaimana ditunjukkan dengan nilai RMSE (*root mean square error*) mendekati nilai 0 dan nilai koefisien determinasi yang mendekati nilai 1,0. Penelitian ini sesuai dengan penelitian Santoso (2018) menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin cepat mendekati kadar air kesetimbangan. Ada tiga jenis model pengeringan yang digunakan untuk mendeteksi perilaku MR yaitu model Newton, model Henderson & Pabis, dan model Page. Persamaan model Page untuk tiga tingkatan suhu dan dengan dua sampel yang berbeda menunjukkan nilai koefisien determinasi yang lebih besar atau mendekati 1 dibandingkan dengan kedua model lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa model Henderson & Pabis adalah model pengeringan terbaik karena memiliki kesesuaian terhadap karakteristik pengeringan lapisan tipis biji kopi Robusta.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan keenam jenis model matematika pada pengeringan lapisan tipis belimbing wuluh dengan model Newton, Henderson and Pabis, Page, Modified page, Logarithmic, Modified Henderson & Pabis.
2. Berdasarkan analisis didapat model terbaik pada pengeringan belimbing wuluh belah dua bagian yaitu model Page, sedangkan pada pengeringan belimbing wuluh utuh didapatkan model terbaik yaitu model Henderson & Pabis.

Saran

Adapun yang perlu dilakukan untuk pengembangan model matematika pada pengeringan lapisan tipis yang telah dilakukan yaitu, menggunakan unit pengering berbeda sehingga mendapatkan hasil lebih baik untuk penelitian lebih lanjut pada perbandingan model matematika pada pengeringan belimbing wuluh maupun pada komoditi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah. 2018. Model Pengeringan lapisan tipis irisan pare (*Momordicacharantia L*). Skripsi. Jurusan Teknologi Pertanian. Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Henderson, M. S. dan M. E. Perry. 1976. Agricultural Procces Engineering. Third Edition, The AVI Publishing Company, Inc. Connecticut.
- Henderson, S.M. 1974. Progress in developing the thin-layer drying equation. Trans ASAE, 17: 1167–1168.
- Istadi, Sumardiono, Y. dan Soetrisnanto, D. 2002. Penentuan Konstanta Pengeringan dalam Sistem Pengeringan Lapis Tipis (Thin Layer Dring). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia. Inovasi Produk Berkelanjutan, Hotel Sahid Jaya Jakarta.
- Reyes A, Alvarez PI, Marquardt FH. 2007. Drying of carrots in a fluidized bed. I. Effects of drying conditions and modeling. Drying Technol 20 (7):1463–1483.