

e-ISSN : 3031-0342  
Diterima: : 29 Juli 2025  
Disetujui : 22 September 2025  
Tersedia online di <https://journal.unram.ac.id/index.php/agent>

## MODEL MATEMATIS LAJU PENGERINGAN TEH HERBAL DAUN MURBEI (*Morus alba L.*) DENGAN MENGGUNAKAN ALAT PENGERING TIPE RAK TRAY DRYER

*Mathematical Model of Drying Rate of Mulberry Leaf Herbal Tea (Morus alba L.) Using Rack Type Tray Dryer*

Muhammad Muzaini<sup>1\*</sup>, Murad<sup>1</sup>, Asih Priyati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri,  
Universitas Mataram

email: muhammadmuzaini43@gmail.com

### ABSTRACT

*Mulberry is a plant that can grow wild throughout Indonesia, but is underutilized by the surrounding community. This study aims to apply mathematical models to optimize the performance and compare mathematical models with actual measurements on the Rack Type Tray Dryer. This research is an experimental study conducted in the field and laboratory. Testing on the dryer using an oven and a rack type dryer (tray dryer). Testing using a tray dryer consists of 2 variables of drying temperature, namely  $T1 = 40^{\circ}\text{C}$ - $45^{\circ}\text{C}$ , and  $50^{\circ}\text{C}$ - $55^{\circ}\text{C}$ . The material used is old mulberry leaves. Data collection is carried out at intervals of 10 minutes until a constant mass is achieved. The parameters observed were the temperature of the drying room, relative humidity, and the moisture content of the material. At a temperature of  $40^{\circ}\text{C}$ - $55^{\circ}\text{C}$ , it has a final moisture content percentage of 8.22% and a drying time of 300 minutes. Drying at a temperature of  $50^{\circ}\text{C}$ - $55^{\circ}\text{C}$  has a final moisture content percentage of 7.72% and a drying time of 200 minutes. At a temperature of  $40^{\circ}\text{C}$ - $55^{\circ}\text{C}$ , the Newton, Henderson, and Page models have  $R^2$  values of 0.9996, 0.9998, and 0.9996. At a temperature of  $50^{\circ}\text{C}$ - $55^{\circ}\text{C}$ , the  $R^2$  values are 0.9998, 0.9996, and 0.9998. The resulting values indicate that the Newton, Henderson, and Page models have the same suitability for drying old mulberry leaves with a rack type tray dryer.*

**Keywords:** automatic modeling; drying; mulberry leaves; tea

### ABSTRAK

Murbei merupakan tanaman yang dapat tumbuh secara liar di seluruh wilayah Indonesia namun kurang dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan model matematika dalam mengoptimalkan kinerja dan membandingkan model matematika dengan pengukuran aktual pada alat Pengering Tipe Rak Tray Dryer. Penelitian ini merupakan penelitian experimental yang dilaksanakan di lapangan dan laboratorium. pengujian pada alat pengering menggunakan oven dan alat pengering tipe rak (tray dryer). Pengujian menggunakan tray dryer terdiri dari 2 variabel suhu pengeringan yaitu  $T1=40^{\circ}\text{C}$ - $45^{\circ}\text{C}$ , dan  $50^{\circ}\text{C}$ - $55^{\circ}\text{C}$ . Bahan yang digunakan adalah daun murbei tua. Pengambilan data dilakukan selang 10 menit sampai massa konstan. Parameter yang diamati Suhu ruang pengering, *Relative humidity*, dan Kadar air bahan. Pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$ - $55^{\circ}\text{C}$  memiliki persentase kadar air akhir sebesar 8,22% dan waktu pengeringan selama 300 menit. Pengeringan pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$ - $55^{\circ}\text{C}$  memiliki persentase kadar air akhir sebesar 7,72 % dan waktu pengeringan selama 200 menit. Pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$ - $55^{\circ}\text{C}$  Model newton, henderson

dan Page memiliki nilai  $R^2$  yaitu 0.9996, 0.9998, dan 0.9996. Pada suhu 50°C-55°C memiliki nilai  $R^2$  adalah 0.9998, 0.9996, dan 0.9998. pada nilai yang dihasilkan menunjukkan bahwa model newton, henderson, dan Page memiliki kesesuaian yang sama terhadap pengeringan daun murbei tua dengan alat pengering tipe rak *Tray dryer*.

**Kata kunci:** daun durbei; pemodelan matematis; pengeringan; the

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Murbei merupakan tanaman yang dapat tumbuh secara liar di seluruh wilayah Indonesia namun kurang dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar. Daun murbei memiliki beberapa efek farmakologis antara lain bersifat diuretik dan antihipertensi. Daun murbei mengandung senyawa bioaktif yang potensial seperti flavonoid, alkaloid dan polifenol. Senyawa bioaktif tersebut yang diharapkan memiliki aktivitas antioksidan dan antibakteri terhadap *Escherichiacoli*.

Minuman teh murbei termasuk dalam minuman herbal, telah diproduksi dan dipasarkan secara komersial. Pengolahan daun murbei sebagai minuman kesehatan meningkatkan nilai guna tanaman ini selain sebagai pakan ternak (Isnain & Muin, 2015). Studi ilmiah menunjukkan bahwa daun murbei mengandung sekelompok senyawa bioaktif dan memiliki beberapa efek farmakologis. Daun murbei merupakan sumber asam askorbat yang besar yaitu sekitar 90%. Kandungan daun murbei antara lain karoten, vitamin B1, asam folat, dan vitamin D, n-butanol, beta- gamma-hexenol, metal-etil asetaldehid, n-butiraldehid, isobutiraldehid, valeraldehid, hexaldehid, alpha-beta-hexenal, metal-etil keton, metil hexil keton, butilamin, dan asam propionate (Singh et al., 2013). Daun tanaman murbei juga dapat memelihara kesehatan dari penyakit diabetes melilitus, antistres, anti kanker, anti cacing, hipokolesterol, anti d opaminergic, dan anti mikroba (Devi et al., 2013).

Pengeringan merupakan cara pengawetan yang paling banyak digunakan. Dengan demikian bahan pangan yang dikeringkan dengan sinar matahari sering diperlukan alat pengering buatan.

Pengeringan dengan alat pengering buatan disebut dehidrasi yaitu suatu operasi yang melibatkan baik transfer panas atau massa di bawah kondisi pengeringan yang terkendali dengan menggunakan berbagai metode pengeringan. Proses pengeringan dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya yaitu suhu. Menurut Amanto ddk (2015), semakin besar suhu udara pengeringan, maka semakin banyak massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan sehingga proses pengeringan semakin cepat. Oleh karena itu, diperlukan alat yang dapat mengontrol suhu dengan baik, salah satunya adalah pengeringan tipe rak tray dryer. Pengeringan tipe rak merupakan salah satu alat pengering modern yang dapat digunakan dalam proses pengeringan pada mesin pengering tipe rak, ini membutuhkan biomassa sebagai bahan bakar. Bahan bakar yang efisien dan ramah lingkungan dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan juga mengurangi biaya operasional

Pemodelan matematika proses pengeringan pada berbagai kondisi operasi sangat penting untuk mendapatkan model yang dapat digunakan untuk kepentingan pengendalian selama proses pengeringan skala komersial dan juga dapat digunakan untuk meningkatkan perbaikan menyeluruh terhadap kualitas produk akhir. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Murad *et al.*, (2021), dengan judul model matematis laju pengeringan tipe rak, karena itu penelitian ini mencoba menerapkan pemodelan matematis dengan bahan daun murbei untuk menciptakan teh herbal yang berkualitas. Penelitian diharapkan menjadi suatu karya ilmiah yang secara akademik bisa menjadi pedoman untuk berikutnya.

## Tujuan

Menerapkan model matematika dalam mengoptimalkan kinerja pada alat Pengering Tipe Rak *Tray Dryer*.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 11 September 2022 di Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram.

### Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya yaitu alat pengering tipe rak, oven, blower, timbangan digital, anemometer, sensor suhu DS18B20, sensor suhu dan kelembaban SHT10, kamera, *stopwatch*, nampan, Loyang jarring, pisau, dan kamera.

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang kemiri dan daun murbei tua.

### Parameter Penelitian

Adapun parameter yang digunakan pada penelitian kali ini adalah;

1. Suhu ruang pengering  
Pengambilan data suhu ruang pengering menggunakan sensor suhu DS18B20 yang diletakkan pada inlet, rak ke-satu, rak keempat, rak ke-delapan, dan outlet.
2. *Relative humidity* (RH) (%)  
Pengambilan data RH ruang pengering menggunakan sensor suhu dan kelembaban SHT10 yang diletakkan pada ruang pengering bagian bawah.
3. Kadar air (%)  
Perhitungan kadar air bahan selama proses pengeringan menggunakan persamaan (2) untuk kadar air basis basah dan persamaan (3) untuk kadar air basis kering.

### Analisis Data

Ada tiga model matematis yang digunakan pada penelitian kali ini, yaitu

Membandingkan model matematika dengan pengukuran aktual pada alat Pengering Tipe Rak *Tray Dryer*.

Model Newton, Model Henderson-Pabis, Model Page:

Model Newton

Model Newton merupakan sebuah model matematika pengeringan lapis tipis yang juga disebut model lewis.

$$MR = \frac{(M_t - M_e)}{(M_i - M_e)} = \exp(-kt) \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

MR = Moisture Ratio (perbandingan antara kadar air aktual dengan kadar air awal)

Mt= kadar air pada waktu (t)

Me= kadar air kesetimbangan (%)

Mi= kadar air awal (%)

K = konstanta pengeringan

t = waktu pengeringan

Model Henderson-Pabis

Henderson mengusulkan menggunakan dua deret pertama dari persamaan hukum Fick kedua tentang difusi untuk mengoreksi dari model henderson dan pabis. Lalu model ini digunakan untuk mengeringkan gandum.

$$MR = \frac{(M_t - M_e)}{(M_i - M_e)} = \alpha \exp(-K_1 t) + b \exp(-K_2 t) \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan:

MR = Moisture Ratio (perbandingan antara kadar air aktual dengan kadar air awal)

Mt= kadar air pada waktu (t)

Me= kadar air kesetimbangan (%)

Mi= kadar air awal (%)

K = konstanta pengeringan

t = waktu pengeringan

model page

page memodifikasi model lewis untuk mendapatkan model yang lebih akurat dengan menambahkan konstanta empiris tak berdimensi (n) dan di aplikasikan untuk memodelkan matematika dari pengeringan:

$$MR = \frac{(M_e - M_e)}{(M_e - M_e)} = \exp(-kt^n) \dots \dots \dots (11)$$

MR = Moisture Ratio

Mt= kadar air pada waktu (t)

Me= kadar air kesetimbangan (%)

Mi= kadar air awal (%)

Mt= kadar air pada waktu (t)

Me= kadar air kesetimbangan (%)

Mi= kadar air awal (%)

k = konstanta pengeringan

n = konstanta yang terkait dengan sifat bahan

t = waktu pengeringan

	inlet (%)	outlet (%)	ngan (%)
Suhu 40°C-45°C	24,01	41,89	63,25
Suhu 50°C-55°C	21,1	38,05	77,37

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Suhu Ruang Pengeri (°C)

Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam proses pengeringan. Semakin tinggi suhu yang digunakan, maka waktu pengeringan akan semakin singkat. Selama proses pengeringan daun murbei menggunakan alat pengering tipe rak (*tray dryer*) dengan sistem konveksi paksa dengan menggunakan bahan bakar cangkang kemiri, pengamatan suhu dilakukan pada tiga titik yaitu di titik atas, tengah dan bawah pada ruang pengering.

Pada alat pengering tipe rak ini, energi yang didapatkan berasal dari udara panas yang dihasilkan dari pembakaran biomassa pada tungku. Udara panas hasil pembakaran biomassa dialirkan langsung ke dalam ruang pengering untuk menurunkan kadar air bebas bahan (Arbie, 2017). Hasil pengamatan suhu selama proses pengeringan dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Nilai Rata-Rata Suhu Ruang Pengeri dan Lingkungan Tipe Rak (Tray Dryer) Dengan Sistem Konveksi Paksa.

Pada proses pengeringan daun murbei menggunakan alat pengering tipe rak (*Tray Dryer*) dengan sistem konveksi paksa, nilai RH didapatkan dari sensor SHT10. RH selama proses pengeringan daun murbei dapat dilihat pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Nilai rata-rata kelembapan inlet dan outlet ruang pengering dan Lingkungan.

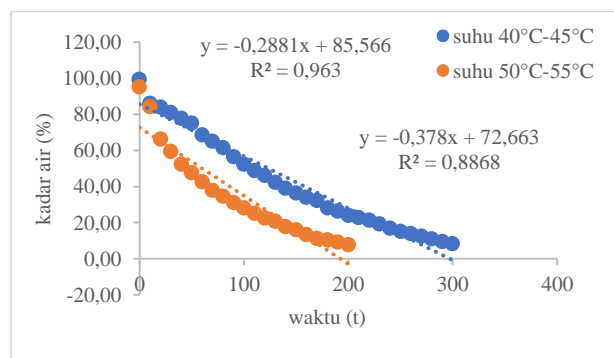
Suhu Ruang Pengeri g (°C)	Rata-rata RH	Rata-rata RH	Rata-rata RH Lingku
---------------------------	--------------	--------------	---------------------

Berdasarkan pada Tabel 3, menunjukkan kelembapan relatif pada suhu 40°C-45°C dan 50°C-55°C. Data tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu maka RH di dalam ruang pengering semakin rendah. Kelembapan relatif dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu pada ruang pengering maka kelembapan relatif akan semakin rendah. Semakin rendah kelembapan relatif udara pengering maka kemampuannya dalam menyerap uap air akan semakin banyak. Kelembapan berkurang disebabkan perbedaan tekanan uap antara permukaan bahan dengan lingkungan. Kelembapan relatif adalah perbandingan jumlah uap air dalam udara yang ada dengan jumlah uap air maksimum dalam suhu yang sama yang dinyatakan dengan persen (Amalia Islami, Murad, 2017).

### Kadar Air Bahan Daun Murbei (%)

Perubahan kadar air pada bahan yang dikeringkan dipengaruhi oleh keadaan suhu di dalam ruang pengering, semakin tinggi suhu pada ruang pengering maka semakin tinggi pula penguapan kadar air bahan yang diuapkan, sehingga kadar air pada bahan menjadi berkurang. Waktu pengeringan juga akan berpengaruh terhadap penurunan kadar air bahan yang dikeringkan, semakin lama waktu pengeringan maka suhu yang ada di dalam ruang pengering semakin meningkat, dan yang paling berpengaruh pada alat pengering tipe rak (*tray dryer*) dengan sistem konveksi paksa adalah semakin banyak biomassa yang digunakan maka semakin tinggi pula suhu yang ada di dalam ruang pengering yang menyebabkan semakin besarnya penurunan kadar bahan yang diuapkan. Untuk mengetahui hubungan waktu pengeringan dengan penurunan kadar

air daun murbei dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini:



**Gambar 1.** Grafik Hubungan Kadar Air (%) Wb) Terhadap Waktu Pengeringan Bahan Pada Suhu 40°C-45°C dan 50°C-55°C Menggunakan Alat Pengeri Tipe Rak (*Tray Dryer*) Dengan Sistem Konveksi Paksa.

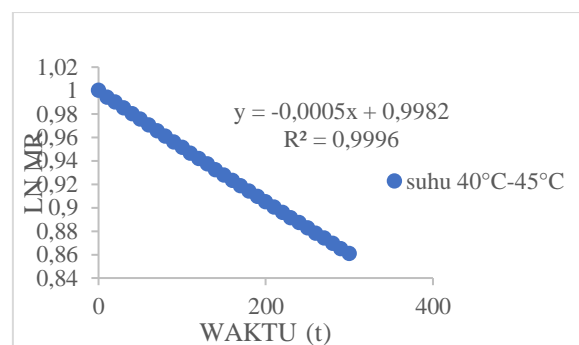
Berdasarkan Gambar 4. dapat dilihat persamaan kadar air yang diperoleh pada suhu 40°C-45°C pada bahan didapatkan persamaan  $y = -0,2881x + 85,5661$   $R^2 = 0,963$ . Pada suhu 50°C-55°C didapatkan persamaan  $y = -0,378x + 72,6631$   $R^2 = 0,8868$ . Dapat diketahui bahwa semua perlakuan suhu pengeringan mengalami penurunan kadar air. Pada suhu 40°C-55°C memiliki persentase kadar air akhir sebesar 8,22% dan waktu pengeringan selama 300 menit. Begitu juga dengan suhu 50°C-55°C memiliki persentase kadar air akhir sebesar 7,72 % dan waktu pengeringan selama 200 menit. Kadar air yang dihasilkan tersebut sudah memenuhi standar SNI yaitu kadar air dalam teh maksimal 8%. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu pada udara pengering yang digunakan dalam proses pengeringan maka waktu yang digunakan selama proses pengeringan akan semakin singkat dan kadar air semakin menurun.

## Model Pengeringan

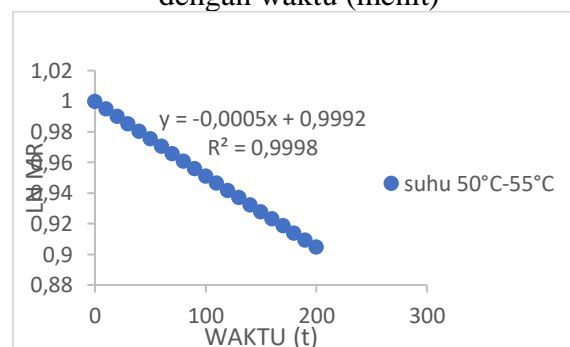
### Analisis Model Pengeringan

Setelah ditemukan hasil perhitungan nilai *Moisture Ratio* (MR) pengamatan, ada tiga jenis model yang sesuai dengan gambaran penurunan nilai MR (*Moisture Ratio*) tersebut yaitu model Newton, model Henderson-Pabis, dan model Page. Analisa

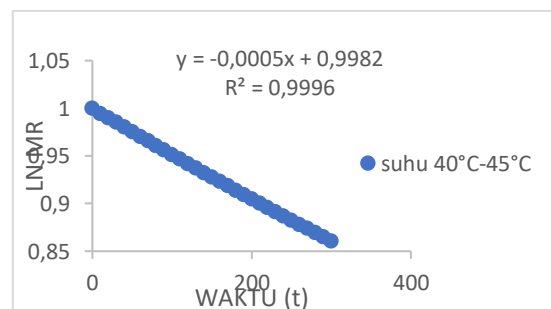
model dilakukan dengan cara merubah bentuk kedua model menjadi linear kemudian dihubungkan MR setiap model dengan MR yang dihasilkan berdasarkan hasil pengamatan atau disebut dengan *Moisture Ratio* eksperimen. Selain itu ditentukan juga nilai  $R^2$  dari setiap Ln MR model yang kemudian akan menentukan tingkat kesesuaian model dengan nilai yang ditemukan berdasarkan hasil eksperimen. Berikut ini adalah konstanta-konstanta dan nilai  $R^2$  dari masing-masing model yang digunakan.



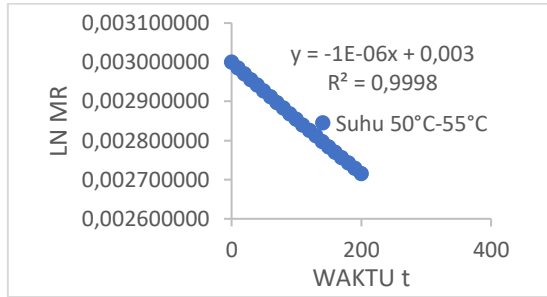
**Gambar 2.** Grafik perbandingan nilai MR model Newton pada suhu 40°C-45°C dengan waktu (menit)



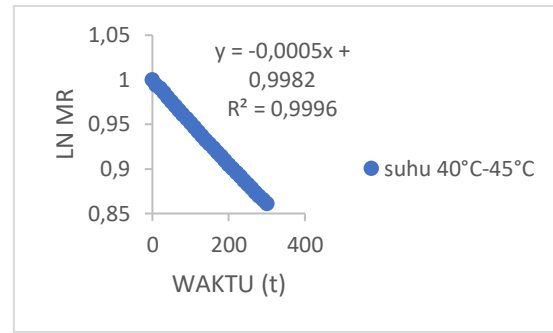
**Gambar 3.** Grafik perbandingan nilai MR model Newton pada suhu 50°C-55°C dengan waktu (menit)



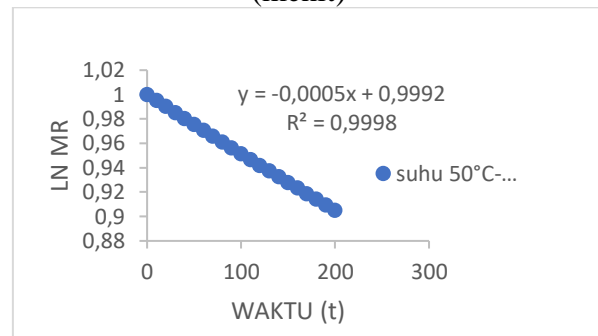
**Gambar 4.** Grafik perbandingan nilai MR model Henderson Pabis pada suhu 40°C-45°C dengan waktu (menit)



**Gambar 5.** Grafik perbandingan nilai MR model Henderson Pabis pada suhu 50°C-55°C dengan waktu (menit)



**Gambar 6.** Grafik perbandingan nilai MR model Page suhu 40°C-45°C dengan waktu (menit)



**Gambar 7.** Grafik perbandingan nilai MR model Page suhu 50°C-55°C dengan waktu (menit)

**Tabel 4.** Nilai konstanta dan R2 masing masing model pengeringan pada alat pengering tipe rak

Suhu	Model Newton		Model Henderson Pabis			Model Page		
	K	R <sup>2</sup>	K	A	R <sup>2</sup>	K	N	R <sup>2</sup>
40°C-45°C	0.0005	0.9996	1E-06x	0.003	0.9998	0.99	0.0005	0.9996
50°C-55°C	0.0005	0.9998	1E-06x	0.003	0.9996	0.99	0.0005	0.9998

Berdasarkan Tabel 4, Pada suhu 40°C-45°C model newton, henderson, dan page memiliki nilai R<sup>2</sup> yang sama mendekati 1 yaitu 0,9996, 0,9998, dan 0,9996 dengan nilai k adalah 0.0005, 1E-06x dan 0.99. pada suhu 50°C-55°C memiliki persentasi nilai R<sup>2</sup> yang sama yaitu 0,9998, 0,9996, dan 0,9998 dengan nilai K adalah 0.0005, 1E-06x, dan 0.99. Dimana, Nilai k adalah konstanta laju pengeringan yang merupakan kombinasi dari sifat-sifat perpindahan pada pengeringan seperti difusivitas efektif, kadar air, konduktivitas termal dan koefisien massa (Erbay dan Icier, 2010). Nilai R<sup>2</sup> yang mendekati 1 menunjukkan bahwa model newton, henderson, dan Page memiliki kesesuaian yang sama terhadap pengeringan daun murbei tua dengan alat pengering tipe

rak *Tray dryer*. Hal ini sejalan dengan penelitian (taufan, ddk, 2020) tentang studi eksperimental dan model matematika pengeringan daun kelor dengan empat tipe pengeringan. Yang menunjukkan hasil statistika model page pabis sesuai untuk menggambarkan kinetika pengeringan untuk keempat sistem pengeringan daun kelor yang diuji dengan R2 berada pada rentang 0,9809-1,000. Setelah nilai konstanta setiap model ditemukan, kemudian dimasukkan nilai t (waktu pengeringan) ke dalam persamaan setiap model dan dibandingkan hasil MR prediksi masing-masing model dengan MR observasinya.

## Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan analisis data serta pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pada suhu 40°C-55°C memiliki persentase kadar air akhir sebesar 8,22% dan waktu pengeringan selama 300 menit. Pengeringan pada suhu 50°C-55°C memiliki persentase kadar air akhir sebesar 7,72 % dan waktu pengeringan selama 200 menit.
2. Pada suhu 40°C-55°C Model newton, henderson dan Page memiliki nilai  $R^2$  yaitu 0.9996, 0.9998, dan 0.9996. Pada suhu 50°C-55°C memiliki nilai  $R^2$  adalah 0.9998, 0.9996, dan 0.9998. pada nilai yang dihasilkan menunjukkan bahwa model newton, henderson, dan Page memiliki kesesuaian yang sama terhadap pengeringan daun murbei tua dengan alat pengering tipe rak *Tray dryer*.

## DAFTAR REFERENSI

- Amanto, B, S., Gordas J, M., Ratri R. P. 2015. Kinetika pengeringan chip sukun (*artocarpus communis*) dalam pembuatan tepung sukun termodifikasi dengan asam laktat menggunakan cabinet dryer. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 18(1): 46-55
- Amalia Islami, Murad, Asih Priyati. (2017). Karakteristik Pengeringan Bawang Merah (*Allium Ascalonicum*. L) Menggunakan Alat Pengering ERK (Greenhouse). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 5(1), 30–338.
- Arbie, E. (2017). Pengaruh Perbedaan Metode Pengeringan Bengkuang (*Pachyrhizuserosus*). Terhadap Sifat Fisiokimia dan Organoleptik Keripik yang dihasilkan. [Skripsi]. Padang; Unand.
- Murad, M., Sukmawaty, S., Sumarsono, J., & Hidayat, S. (2021). Model Matematis Prediksi Laju Pengeringan Manisan Pepaya pada Alat Pengering Tipe Rak. *Jurnal Teknotan*, 15(1), 35.
- <https://doi.org/10.24198/jt.vol15n1..>
- Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martínez-Monzó, J., García-Segovia, P., ... Di Scala, K. (2012). Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. *Food Chemistry*, 132(1), 51–59.
- Zhang, R., & Long, J. (2017). Study on Drying Uniformity of Static Small-sized Drying Box for Fruits and Vegetables. *Procedia Engineering*, 205, 2615–2622. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.201>
- Handaratri A., & Hudha I, M.2022. Pengaruh Metode Pemanasan dan Penambahan Daun Mint Padi Uji Organoleptik dan Antioksidasi The Daun Murbei. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*. 7(2), 173-181