

## Analisis Model Matematika Pengeringan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Pada Pengering Efek Rumah Kaca (ERK) Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano Atmega328p

(*Analysis of The Mathematical Model of Drying Water Hyacinth on The Greenhouse  
Effect Dryer Based on The Arduino Nano Atmega328p Microcontroller*)

Siti Maulida<sup>1</sup>, Muhammad Yasar<sup>1</sup>, Indera Sakti Nasution<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

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

**Abstrak.** Model matematika pengeringan merupakan model simulasi yang digunakan untuk mempelajari dan menganalisis karakteristik bahan yang dikeringkan. Salah satu metode pengeringan adalah dengan menggunakan pengering tenaga surya tipe Efek Rumah Kaca (ERK). Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui model matematika yang paling sesuai untuk menggambarkan proses pengeringan eceng gondok menggunakan alat pengering tenaga surya tipe Efek Rumah Kaca. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan pengambilan data di lapangan. Parameter penelitian yang digunakan adalah penurunan berat eceng gondok, suhu ruang pengering, kadar air, serta *Moisture ratio* (MR). Model yang digunakan untuk memprediksi penurunan MR eceng gondok adalah model *Newton*, model *Henderson and Pabis*, model *Page*, model *Modified Page*, model *Logarithmic*, model *Modified Henderson and Pabis*. Keenam model tersebut memiliki konstanta yang berbeda untuk menentukan koefisien determinasi dan RMSE pada setiap model.

**Kata kunci:** Eceng gondok, Model matematika Pengeringan, Efek Rumah Kaca,

**Abstract.** The drying mathematical model is a simulation model used to study and analyze the characteristics of the material being dried. One of the drying methods is to use the Greenhouse Effect type of solar drying. The purpose of this study was to determine the most suitable mathematical model to describe the process of drying water hyacinth using a greenhouse effect type solar drying device. The research method used is an experimental method with data collection in the field. The research parameters used were the weight loss of water hyacinth, drying room temperature, moisture content, and Moisture Ratio (MR). The models used to predict the decrease in water hyacinth MR are *Newton* models, *Henderson and Pabis* models, *Page* models, *Modified Page* models, *Logarithmic* models, *Modified Henderson and Pabis* models. The six models have different constants to determine the coefficient of determination and RMSE in each model.

**Keywords:** *Eichornia crassipes*, Drying mathematical model, Greenhouse effect

### PENDAHULUAN

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan gulma air yang pertumbuhannya begitu cepat. Disebabkan karena pertumbuhannya yang begitu cepat eceng gondok dapat menutupi permukaan air dan menimbulkan masalah lingkungan sehingga dianggap sebagai tumbuhan yang merugikan. Selain merupakan karena dapat menutupi permukaan air dan menimbulkan masalah, eceng gondok juga bisa dimanfaatkan salah satunya dapat dijadikan bahan baku kerajinan.

Sebelum dimanfaatkan sebagai bahan baku kerajinan, eceng gondok terlebih dahulu harus dikeringkan. Proses pengeringan jika dilakukan dengan sistem pengeringan ditempat terbuka akan membutuhkan waktu 7-14 hari dan sangat tergantung pada kondisi cuaca. Untuk itu diperlukan alat pengering yang mampu mempercepat dan memperbaiki mutu pengeringan. Pengeringan eceng gondok menggunakan Efek Rumah Kaca (ERK) merupakan salah satu

alternatif untuk mempercepat proses pengeringan pada eceng gondok. Pengeringan Efek Rumah Kaca (ERK) merupakan alat pengering berenergi surya yang memanfaatkan matahari sebagai sumber energinya. Proses pengeringan yang terjadi di dalam ruang pengering adalah karena adanya penutup transparan pada dinding bangunan (Fekawati, 2010).

Kinetika pengeringan eceng gondok dapat dijelaskan melalui model matematika pengeringan yang biasanya digunakan untuk memperkirakan waktu pengeringan bahan (Perea, 2012). Beberapa model matematika yang digunakan dalam penelitian ini yaitu model *Newton*, model *Page*, model *Modified Page*, model *Logarithmic*, model *Henderson and Pabis* dan model *Modified Henderson and Pabis*. Model matematika mempunyai prinsip yang didasarkan pada satu set persamaan matematika yang secara baik dapat menjelaskan suatu sistem. Untuk itu penelitian ini diperlukan dalam rangka mendapatkan model matematika yang sesuai dengan proses pengeringan eceng gondok menggunakan sistem pengering yang sesuai dengan proses pengeringan eceng gondok menggunakan Efek Rumah Kaca (ERK).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus, di lahan percobaan pusat mekanisasi perbengkelan dan pertanian Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh.

## MATERI DAN METODE

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Arduino Nano, sensor Load cell, sensor DHT22, laptop, kamera. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah 40 batang eceng gondok yang telah dibersihkan dan dipotong sesuai kebutuhan untuk bahan baku kerajinan.

### Metode Penelitian

Pada penelitian pendahuluan dilakukan survei ke beberapa toko dan swalayan untuk mencari semua susu pasteurisasi komersial yang memiliki izin Departemen Kesehatan. Selain itu sampel susu yang dipakai mempunyai masa kedaluwarsa yang optimum (produksi awal). Selanjutnya dilakukan pengujian kekeruhan dan kualitas susu juga uji keberadaan *Staphylococcus aureus*.

### Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu: Mempersiapkan sampel eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Kemudian eceng gondok dibersihkan dan dibuang daunnya. Setelah itu, eceng gondok diikat per 10 batang sebanyak 3 ikat untuk digantung ke sensor Load cel. Kemudian 10 batang eceng gondok dicek kadar air awal menggunakan oven. Mempersiapkan alat yang digunakan yaitu Arduino Nano, Load cell, HX711 DHT22, Mini Temperature. Setelah itu, dilakukan perancangan alat, kalibrasi, dan pemrograman pada aplikasi arduino. Sensor yang sudah siap untuk dijalankan, selanjutnya dilakukan pemasangan alat di dalam rumah pengering Efek Rumah Kaca (ERK). Data diolah

menggunakan aplikasi Microsoft Excel Solver dengan persamaan model matematika pengeringan.

### Menghubungkan Arduino dan Excel

Sistem akuisisi data rumah kaca terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak dimana dalam proses pengambilan data perlu penggabungan antara arduino ke excel menggunakan alat akuisisi data parallax (PLX-DAQ). Perangkat lunak ini gratis digunakan untuk microsoft excel, untuk menghubungkan arduino ke excel alat ini memerlukan kode sketsa. Setelah kode sketsa arduino diunggah ke arduino, ikon *spreadsheet* PLX-DAQ untuk membuka port arduino lalu pilih kotak data unduhan dan klik sambungkan.

### Perancangan Sistem

Perancangan Sistem pada penelitian ini meliputi *perancangan hardware*. Perancangan *hardware* merupakan perancangan perangkat keras yang dapat mendukung proses komputerisasi. Perancangan *hardware* Arduino Nano dilakukan pada komponen elektronika yaitu sensor berat dan suhu.

#### a. Sensor berat/*Load cell*

Sensor *load cell* memiliki 4 kabel yang dihubungkan ke sensor modul HX711. Pada sensor HX711 digunakan 4 pin untuk dihubungkan ke Arduino Nano. Sensor HX711 ini dapat mengkonversi data dari sensor *Load cell*, sehingga saat sensor HX711 dihubungkan ke Arduino Nano maka data dapat diinput dari Arduino Nano.

#### b. Sensor suhu DHT22

Sensor suhu *type* DHT22 merupakan sensor yang memiliki tiga pin, diantaranya berfungsi sebagai data untuk mengeluarkan sinyal analog, *ground* dihubungkan dengan kutub negatif, dan *VCC (Volt Common Collector)* untuk dihubungkan ke sumber daya. Perancangan *hardware* sensor suhu *type* DHT22 yang dihubungkan ke Arduino Nano.

### Perubahan Kadar Air pada Oven

Kandungan kadar air awal pada eceng gondok diukur menggunakan metode oven. Pengukuran dengan metode oven merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengukur kadar air dalam suatu pangan dengan prinsip yaitu bahwa air yang terkandung dalam suatu bahan akan menguap bila bahan tersebut dipanaskan pada suhu 105°C selama waktu tertentu serta perbedaan antara berat sebelum dan sesudah dipanaskan adalah kadar air bahan tersebut (Prasetyo, 2019). Perhitungan kadar air basis basah dan basis kering ditunjukkan pada persamaan (1) dan (2).

$$KA_{bb} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

$$KA_{bk} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

KA<sub>bb</sub> = kadar air basis basah (%)

$KA_{bk}$  = kadar air basis kering (%)  
 $W_1$  = Berat total (gram)  
 $W_2$  = Berat padatan (gram)

### Model Matematika Pengeringan

Setelah melakukan perhitungan kadar air pada eceng gondok, selanjutnya dilakukan perhitungan *Moisture Ratio* (MR) bahan. *Moisture Ratio* (MR) merupakan bilangan tidak berdimensi untuk menggambarkan rasio perubahan kadar air suatu waktu terhadap kadar air awal (Taufan, 2020). Kemudian hasil perhitungan disajikan dalam bentuk tabel. *Moisture Ratio* (MR) dihitung dengan persamaan berikut:

$$MR = \frac{Mt - Me}{Mo - Me} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

- MR = *Moisture Ratio*
- Mo = Kadar air awal (%bk)
- Me = Kadar air setimbang (%bk)
- Mt = Kadar air pada saat t (%bk)
- bk = Berat kering

Setelah melakukan perhitungan *Moisture Ratio* (MR) selanjutnya, dilakukan perhitungan pada model matematika pengeringan. Model matematika yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Model matematika yang digunakan dalam pengeringan

| No | Nama                         | Model Matematika                               |
|----|------------------------------|--|
| 1  | Newton                       | $MR = e^{(-kt)}$                               |
| 2  | Handerson and Pabis          | $MR = a e^{(-kt)}$                             |
| 3  | Page                         | $MR = e^{(-kt^n)}$                             |
| 4  | Modified Page                | $MR = e^{[-(kt)^n]}$                           |
| 5  | Logarithmic                  | $MR = a e^{(-kt)} + c$                         |
| 6  | Modified Handerson and Pabis | $MR = a e^{(-kt)} + b e^{(-gt)} + c e^{(-ht)}$ |

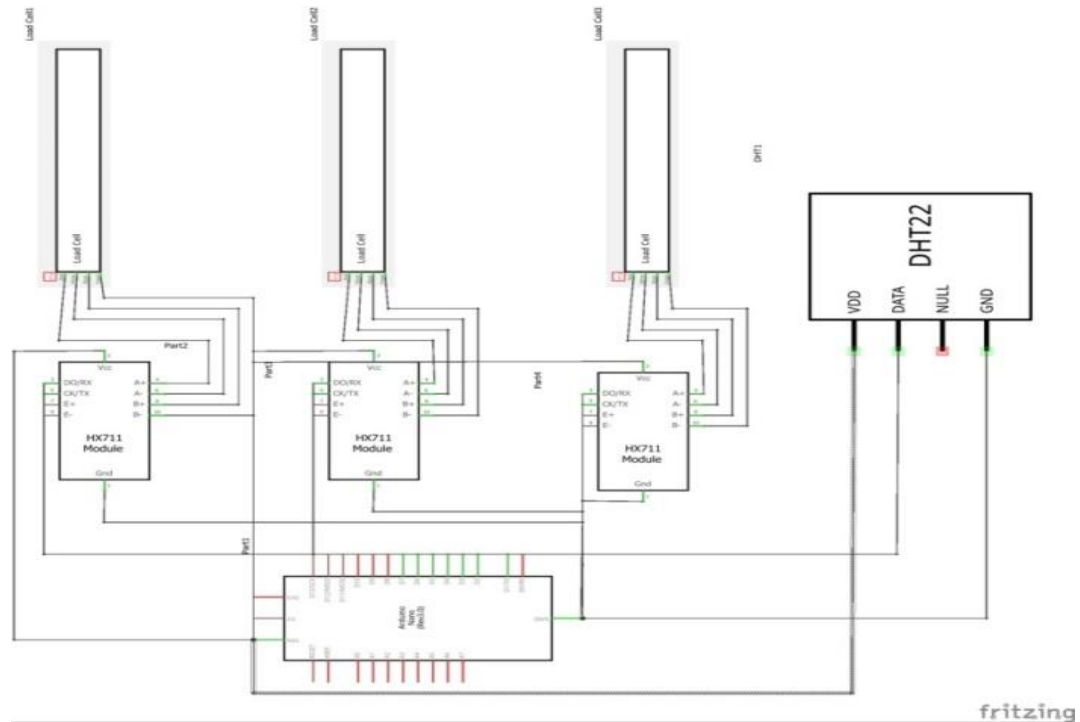
Sumber : Meisami et al (2010)

Berdasarkan Tabel diatas, setiap model matematika memiliki konstanta yang berbeda pada setiap persamaannya. Untuk menentukan model matematika yang sesuai pada pengeringan eceng gondok dapat dilihat dari model matematika yang menghasilkan laju penurunan yang sama antara MR observasi dan MR prediksi pada model matematika

### Rangkaian Elektronika

Arduino nano sudah dilengkapi dengan beberapa fasilitas untuk komunikasi yang dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan komputer (PC atau Laptop), atau dengan Board

mikrokontroler lainnya. Rangkaian *schematic* data penurunan berat dan suhu menggunakan sensor *load cell* dan DHT22 berbasis Arduino Nano dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Schematic data penurunan berat dan data suhu berbasis Arduino Nano

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Implementasi Sistem

Penelitian ini meliputi implementasi sistem perangkat keras (*hardware*) dan implementasi perangkat lunak (*software*). Implementasi sistem merupakan suatu kegiatan atau penerapan sistem yang dilakukan pada tahap setelah analisis serta tahap sesudah dibuat perancangan sistem.

### Implementasi Perangkat Keras (*hardware*)

Implementasi perangkat keras merupakan suatu penerapan pada rangkaian atau komponen elektronika yang digunakan (sensor-sensor) yang sudah diinstal pada bangunan pengering Efek Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala pada saat penelitian.

### Implementasi Perangkat Lunak (*software*)

Implementasi perangkat lunak merupakan suatu percobaan yang dilakukan pada aplikasi arduino nano dengan memasukkan bahasa pemrograman untuk menjaankan suatu sensor yang dihubungkan ke komputer. Bahasa pemrograman akan menampilkan nilai dari sensor yang dapat dilihat melalui serial monitor pada *software*.

### Rasio Kelembaban (Moisture ratio)

Proses pengeringan eceng gondok yang telah dilakukan tidak hanya menunjukkan gambaran pola penurunan kadar air selama proses pengeringan berlangsung, akan tetapi juga memperlihatkan terjadinya penurunan nilai *Moisture Ratio* (MR) selama proses pengeringan berlangsung pada suhu pengeringan. MR dihitung dari perubahan kadar air basis kering. Selanjutnya pola penurunan MR ini digunakan untuk menentukan model matematika pengeringan eceng gondok yang baik (Andrea *et. al*, 2019).

### Hubungan Antara Data Hasil Pengamatan dengan Prediksi Model

Nilai konstanta ditentukan menggunakan MS Excel *Solver*. Analisis didasarkan pada usaha untuk meminimalkan total kuadrat dari selisih antara MR prediksi dengan MR observasi. Untuk analisis ini, secara otomatis solver akan mencari nilai konstanta yang ada pada model terkait sehingga selisihnya total kudarat minimal. Nilai konstanta untuk masing-masing model yang diuji disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis model matematika pengeringan eceng gondok

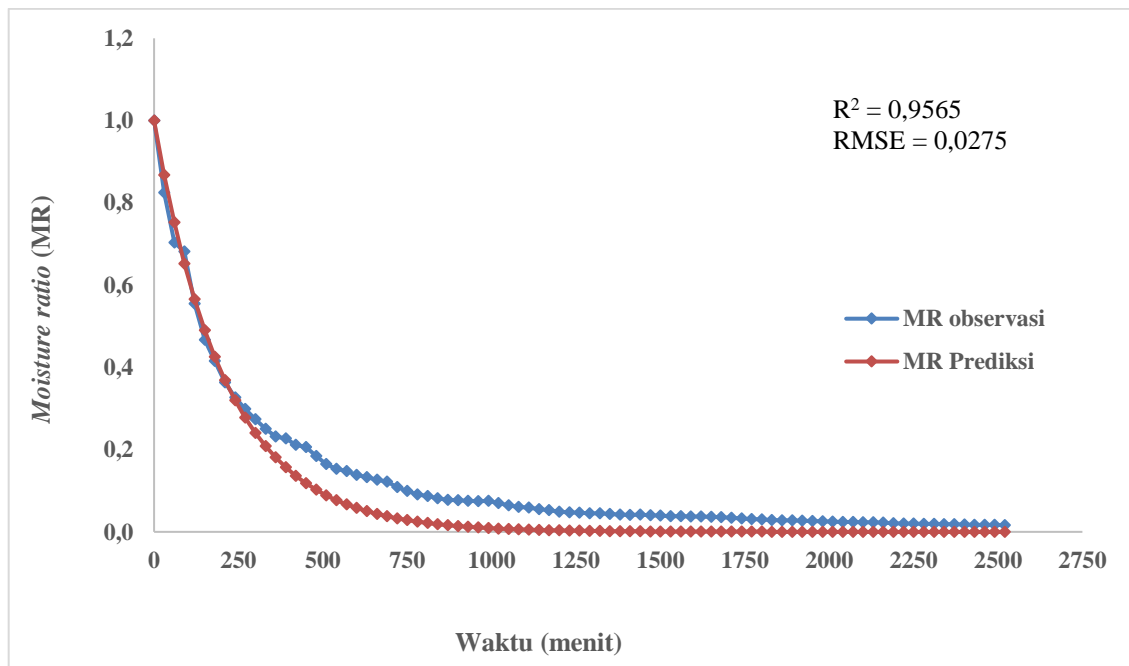
| Model                               | Konstanta |        |        |        |        |        |        | R <sup>2</sup> | RMSE   |
|-------------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|--------|
|                                     | a         | b      | c      | g      | h      | k      | n      |                |        |
| <i>Newton</i>                       |           |        |        |        |        | 0,0047 |        | 0,9565         | 0,0275 |
| <i>Page</i>                         |           |        |        |        |        | 0,0230 | 0,6923 | 0,9943         | 0,0159 |
| <i>Henderson and Pabis</i>          | 0,5       |        |        |        |        | 0,0039 |        | 0,9685         | 0,0338 |
| <i>Modified Page</i>                |           |        |        |        |        | 0,0513 | 0,0770 | 0,9685         | 0,0338 |
| <i>Logarithmic</i>                  | 0,8893    |        | 0,0372 |        |        | 0,0041 |        | 0,9916         | 0,0207 |
| <i>Modified Henderson and Pabis</i> | 0,8075    | 0,0624 | 0,1299 | 0,3997 | 0,5999 | 0,0030 |        | 0,9821         | 0,0255 |

Sumber : Data Penelitian (2022)

Berdasarkan pada Tabel 2, persamaan model *Page* dan persamaan model *Logarithmic* merupakan persamaan model terbaik untuk pengeringan eceng gondok dari keenam jenis persamaan model matematika lainnya. Persamaan model *Page* dan *Logarithmic* menunjukkan nilai koefisien determinasi atau R<sup>2</sup> yang mendekati angka 1 dan *Root Mean Square Error* (RMSE) mendekati 0. Dibandingkan dengan keempat model matematika lainnya. Hal ini

menunjukkan bahwa model *Page* dan *Logarithmic* adalah model terbaik untuk menggambarkan pengeringan eceng gondok karena mempunyai nilai kesesuaian terhadap karakteristik pengeringan eceng gondok.

### Hubungan antara data Observasi dengan Prediksi Model Newton pada Pengeringan Eceng Gondok

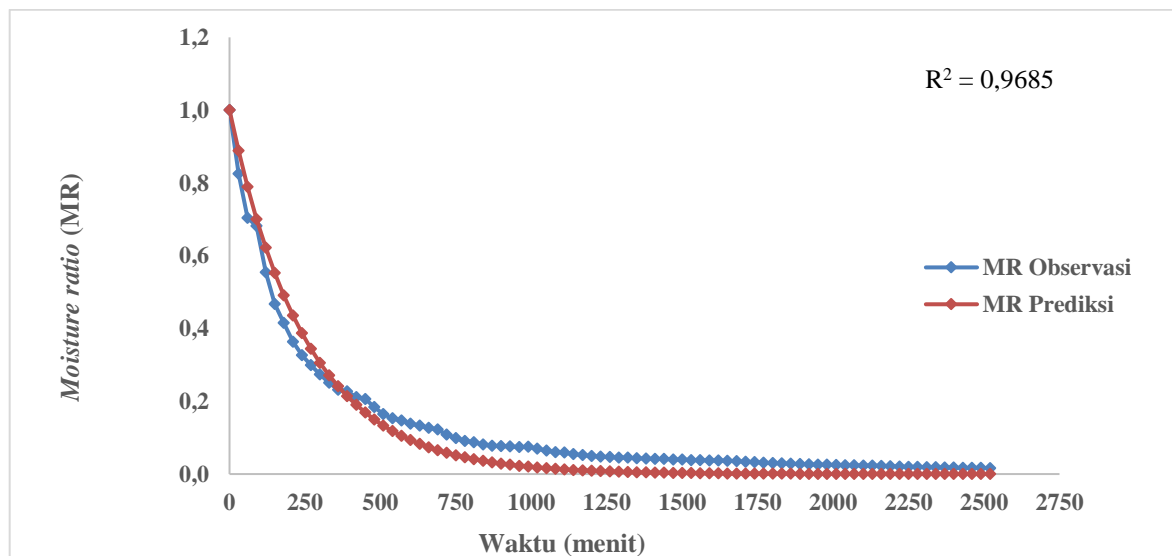


Gambar 2. Hubungan model Newton MR Observasi dengan MR Prediksi pada Pengeringan Eceng Gondok

Gambar 2, menunjukkan laju penurunan *Moisture ratio* observasi dan *Moisture ratio* prediksi yang tidak berbanding lurus seiring waktu pada saat pengeringan. Masih ada selisih antara laju penurunan *Moisture ratio* observasi dengan *Moisture ratio* prediksi. Nilai koefisien determinasi  $R^2$  yang dihasilkan 0,09565 dan nilai RMSE yang dihasilkan 0,0275. Hal ini menunjukkan model *Newton* belum bisa dikatakan sebagai model terbaik untuk menjelaskan karakteristik pengeringan eceng gondok.

*Moisture ratio* observasi diperoleh dari data hasil penelitian dan *moisture ratio* prediksi diperoleh dari hasil perhitungan nilai konstanta pada persamaan model *Newton* yang disajikan pada lampiran 2. Sumbu y pada grafik menunjukkan nilai *Moisture ratio* observasi dan sumbu x menunjukkan waktu selama pengeringan eceng gondok.

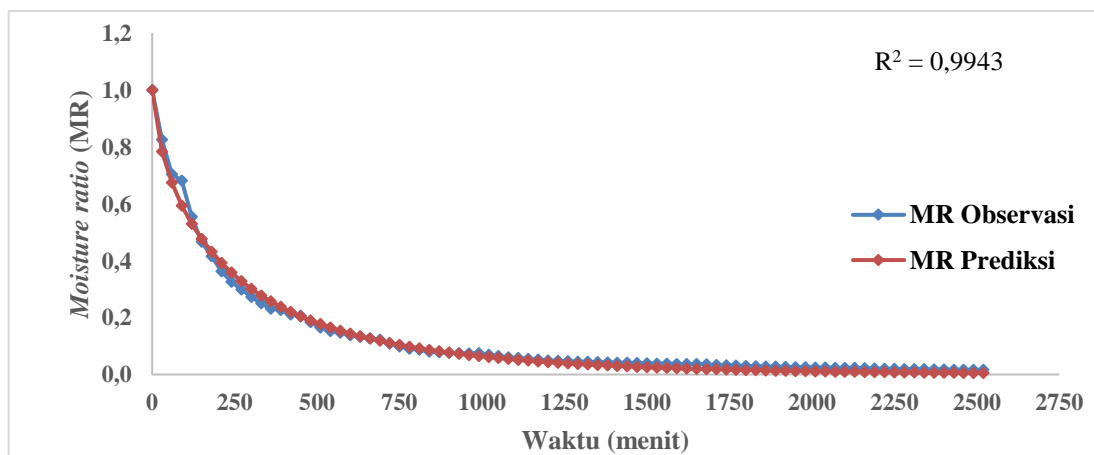
### Hubungan antara data observasi dengan prediksi model *Henderson and Pabis* pada pengeringan eceng gondok



Gambar 3. Hubungan model *Henderson and pabis* MR Observasi dengan MR Prediksi pada Pengeringan Eceng Gondok

Berdasarkan grafik diatas laju penurunan *moisture rasio* observasi dengan *moisture rasio* prediksi tidak berbanding lurus terhadap waktu pengeringan eceng gondok. Dari grafik hubungan tersebut nilai koefisien determinasi atau  $R^2$  yang dihasilkan sebesar 0,968546, dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) 0,0338. hal ini menunjukkan bahwa nilai keduanya belum mencapai nilai yang sempurna. Sehingga model *Henderson and Pabis* belum bisa menggambarkan pengeringan eceng gondok.

### Hubungan antara data observasi dengan prediksi model Page pada pengeringan eceng gondok



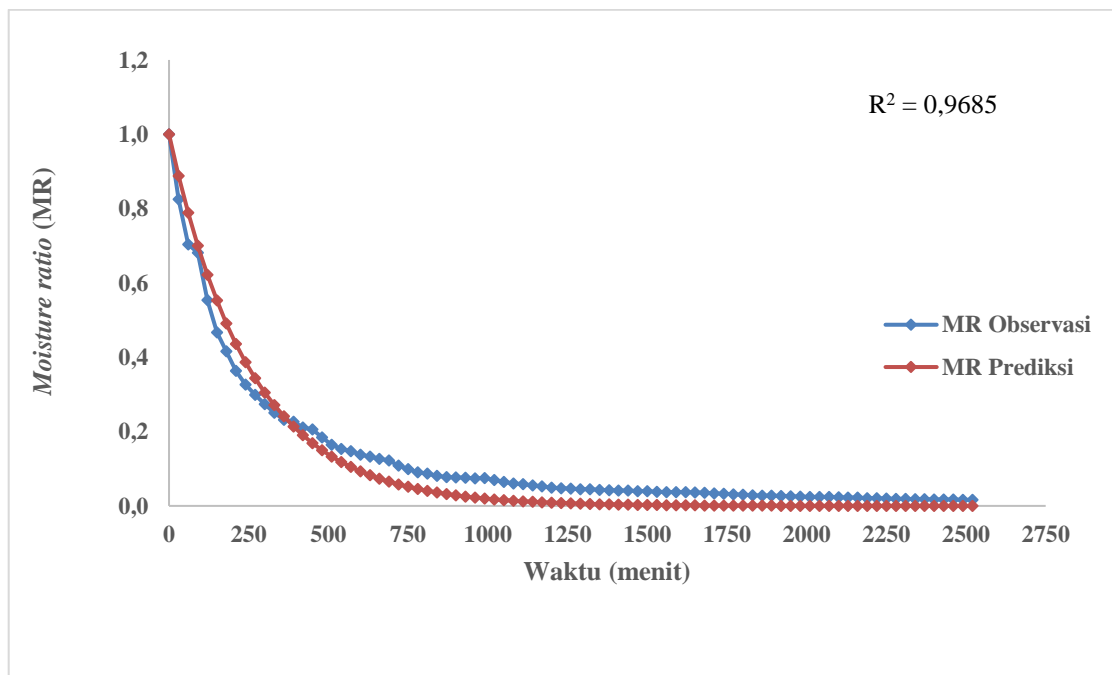
Gambar 4. Hubungan Model Page MR Observasi dengan MR prediksi pada pengeringan eceng gondok



Hubungan antara *Moisture ratio* observasi dengan *Moisture ratio* prediksi berbanding lurus. Grafik ini semakin mempertegas bahwa model pengeringan yang sesuai dengan karakteristik pengeringan eceng gondok dalam penelitian ini adalah model *Page*. Hubungan Pada model *Page* ini terlihat bahwa model ini memiliki nilai koefisien determinasi yang lebih mendekati nilai 1 dengan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang lebih mendekati 0 dibandingkan dengan model *Newton*, *Henderson and Pabis*, maka diperoleh model *Page* adalah model terbaik untuk mempresentasikan karakteristik pengeringan eceng gondok.

Model *Page* telah menghasilkan simulasi yang sesuai untuk mempresentasikan karakteristik pengeringan pada produk-produk pertanian selain itu model *Page* juga lebih mudah pengaplikasiannya dibandingkan dengan persamaan model matematika pengeringan lainnya dimana perpindahan uap air secara difusi lebih sulit secara teoritis serta membutuhkan waktu komputasi dalam proses pengolahan data (Yadollihinia *et al.*, 2008).

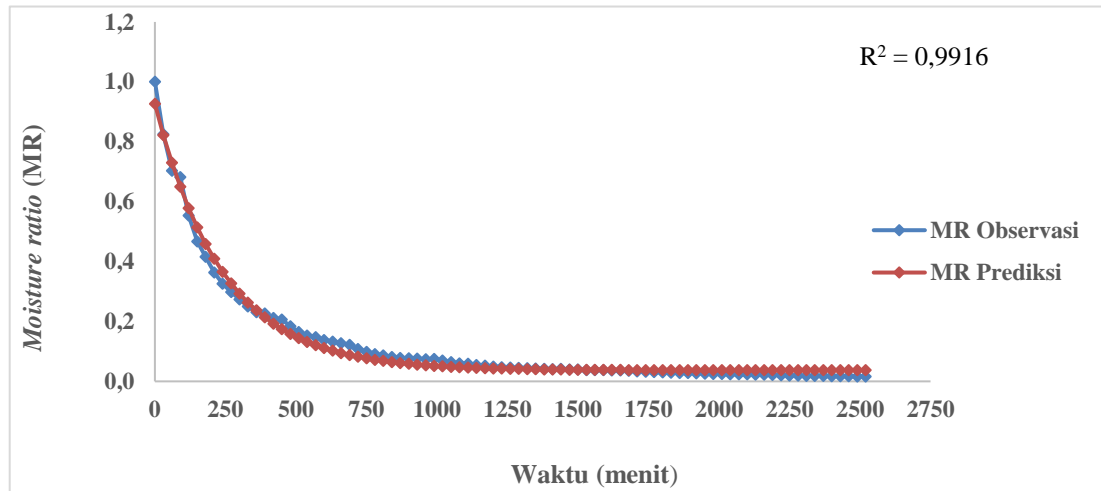
### Hubungan antara data Observasi dengan prediksi model *Modified Page* pada Pengeringan eceng gondok



Gambar 5. Hubungan antara model *Modified Page* MR observasi dengan MR prediksi pada pengeringan eceng gondok

*Moisture ratio* (MR) observasi merupakan data hasil penelitian sedangkan *Moisture ratio* (MR) prediksi merupakan data yang diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan *Microsoft Excel Solver*. Dari grafik hubungan *Moisture ratio* (MR) observasi dengan *Moisture ratio* (MR) prediksi nilai yang dihasilkan model *Modified Page* belum memiliki kaitan yang cukup erat pada pengeringan eceng gondok. Sehingga model *Modified Page* belum bisa menggambarkan karakteristik pada pengeringan eceng gondok dengan cukup baik.

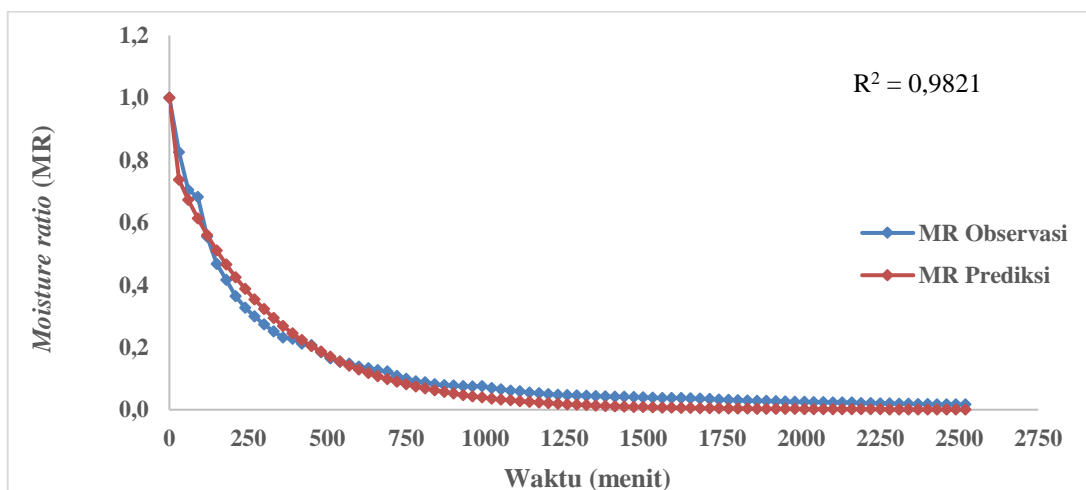
### Hubungan antara data observasi dengan prediksi model Logarithmic pada pengeringan eceng gondok



Gambar 6. Hubungan antara model Logarithmic MR observasi dengan MR prediksi pada pengeringan eceng gondok

Berdasarkan grafik diatas laju penurunan *Moisture ratio* (MR) observasi dengan *Moisture rasio* (MR) prediksi nilai koefisien berbanding lurus terhadap waktu selama pengeringan. Nilai  $R^2$  yang dihasilkan dari model *Logarithmic* mendekati nilai 1 dan nilai RMSE juga mendekati 0. Sehingga model *Logarithmic* dapat menjelaskan nilai MR prediksi pada pengeringan eceng gondok yang sebenarnya cukup baik. Nilai MR prediksi pada pengeringan eceng gondok menunjukkan selisih antara nilai MR prediksi model *Logarithmic* dengan hasil observasi yang kecil.

### Hubungan antara data Observasi dengan prediksi model *modified henderson and pabis* pada pengeringan eceng gondok



Gambar 7. Hubungan antara model Modified henderson and pabis MR observasi dan MR prediksi pada pengeringan

Berdasarkan grafik hubungan tersebut dapat dilihat penurunan *Mositure rasio* (MR) observasi dengan *Moisture ratio* (MR) prediksi hampir berbanding lurus seiring waktu selama proses pengeringan. Nilai koefisien determinasi  $R^2$  yang dihasilkan sebesar 0,982102 dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) 0,0255. Berdasarkan nilai yang dihasilkan dari grafik tersebut, model *Modified Henderson and Pabis* memiliki selisih nilai antara nilai MR prediksi dengan MR observasi yang kecil yang ditunjukkan dengan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) mendekati nilai 0 dan nilai koefisien determinasi  $R^2$  mendekati 1,0.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Hasil penelitian dan analisis yang dilakukan maka diperoleh kesimpulan, sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan dari  $R^2$  (*Coefficient of determination*) dan nilai RMSE (*Root mean square error*), model terbaik yang paling sesuai untuk mempresentasikan karakteristik pengeringan pada eceng gondok adalah model *Page* dan model *Logarithmic* yang menghasilkan nilai  $R^2$  mendekati 1 dan RMSE mendekati 0. Sedangkan model lainnya yaitu model *Newton* menghasilkan nilai  $R^2 = 0,9565$  dan RMSE= 0,0275, model *Henderson and Pabis* menghasilkan nilai  $R^2=0,9685$  dan RMSE = 0,0338, model *Modified Page* menghasilkan nilai  $R^2 = 0,9685$  dan RMSE = 0,0338 dan model *Modified Henderson and Pabis* menghasilkan nilai  $R^2= 0,9821$  dan RMSE = 0,0255.
2. Arduino nano dapat menginput data dari 3 sensor *Load cell* untuk mengukur penurunan berat pada eceng gondok dan sensor DHT22 dapat mengukur suhu pada ruang pengering Efek Rumah Kaca

### Saran

Saran yang dapat diberikan untuk mengembangkan penelitian analisis model matematika pengeringan eceng gondok menggunakan efek rumah kaca berbasis Arduino Nano ini yaitu dengan mengembangkan persamaan model matematika pengeringan yang lain dan model matematika ini dapat digunakan untuk pengeringan bahan pertanian lainnya serta mengembangkan sistem mikrokontroler dengan cara menggunakan IoT (*Internet of Things*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrea, R., Agustina, R., & Nasution, I. S. 2019. Perbandingan Berbagai Model Matematika Pada Pengeringan Lapisan Tipis Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*). Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian, 4(4), 442-451.

- Fekawati, R., 2010. Uji Performansi Pengering Efek Rumah Kaca Hybrid Tipe Rak Berputar pada Pengeringan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). Skripsi. IPB. Bogor
- Meisami, asl E., S. Rafiee, A. Keyhani dan A. Tabatabaeefar. 2010. Determination of Sutable Thin Layer Drying Curve Model for Apple Slices (variety-golab). Plant Omics Journal POJ 3(3), 103-108.
- Perea. 2012. Mathematical Modelling of Castor Oil Seeds (*Ricinus communis*) Drying Kinetics in Fluidized Bed at High Temperatures. Industrial Crops and Products, 38. 64-71.
- Prasetyo, T. F., Isdiana, A. F., & Sujadi, H. 2019. Implementasi alat pendeteksi kadar air pada bahan pangan berbasis internet of things. SMARTICS Journal. 5(2) : 81-96.
- Putra, M. R. 2016. Aplikasi Sensor Load Cell Sebagai Pengukur Berat Serpihan Cangkir Plastik Air Mineral Untuk Menonaktifkan Motor Ac Pada Rancang Bangun Mesin Penghancur Plastik (Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Taufan, A., Karim, M. A., Novrinaldi, S. A. P., Haryanto, A., Pramono, E. K., & Hanifah, U. 2020. Studi Eksperimental Dan Model Matematika Pengeringan Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) Dengan Empat Tipe Pengeringan Experimental Study And Mathematical Model Of Moringa Oleifera Leaves Drying With Four Drying Types.
- Yadollahinia, A.R., M. Omid dan S. Rafiee. 2008. Design and Fabrication of Experimental Dryer for Studying Agricultural Products. *International Journal of Agriculture Biology*. 10(1): 61-65.