

## APLIKASI METODE ADAMS-BASHFORTH-MOULTON UNTUK MENGESTIMASI HASIL PRODUKSI UBI KAYU KOTA TEBING TINGGI

**Daratullaila**

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra, Kota Langsa, Indonesia

e-mail : [tullaila15@gmail.com](mailto:tullaila15@gmail.com)

### Abstrak

Ubi kayu adalah tanaman umbi-umbian yang tumbuh di negara tropis dan berkontribusi besar dalam sektor ekonomi ataupun sebagai makanan pangan. Berdasarkan hasil survei oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Tebing Tinggi pada tahun 2023, ubi kayu merupakan komoditas pertanian yang paling banyak diusahakan di Kota Tebing Tinggi, yaitu sebanyak 727 unit usaha. Tujuan penulis dalam melakukan penelitian ini adalah untuk melakukan peramalan jumlah produksi ubi kayu dengan metode Adams-Bashforth-Moulton. Metode Adams-Bashforth-Moulton merupakan cara mencari solusi numerik pada suatu titik tertentu dari persamaan diferensial non linear dengan nilai awal yang telah diketahui. Persamaan diferensial tersebut terlebih dahulu diselesaikan menggunakan metode Runge-Kutta orde empat untuk memperoleh empat solusi awal yang kemudian disubstitusikan ke persamaan prediktor Adams-Bashforth orde empat. Selanjutnya nilai peramalan tersebut dikoreksi menggunakan persamaan korektor Adams-Moulton orde empat. Metode Adams-Moulton dapat diselesaikan secara iterasi. Iterasi dihentikan apabila galat relatif kurang dari kriteria pemberhentian ( $5 \times 10^{-7}$ ), iterasi yang dilakukan sebanyak 95 kali dengan interval  $[0, 95]$ . Metode Adams-Bashforth-Moulton orde empat dapat digunakan untuk mencari solusi numerik dari jumlah produksi ubi kayu di Kota Tebing Tinggi dengan ukuran langkah  $h=1$ . Hasil peramalan menunjukkan bahwa jumlah produksi ubi kayu di Kota Tebing Tinggi meningkat setiap bulannya pada tahun 2024.

**Kata Kunci:** peramalan, Adams-Bashforth-Moulton, produksi, ubi kayu.

### Abstract

*Cassava, a tuberous plant thriving in tropical countries, significantly contributes to the economy and food sector. According to a survey conducted by the Central Bureau of Statistics of Tebing Tinggi City in 2023, cassava stands out as the most cultivated agricultural commodity in Tebing Tinggi City. The aim of this research is to forecast the cassava production quantity using the Adams-Bashforth-Moulton method. The Adams-Bashforth-Moulton method is employed to numerically solve a specific point of a nonlinear differential equation with known initial values. Initially, the differential equation is solved using the fourth-order Runge-Kutta method to obtain four initial solutions, which are then substituted into the fourth-order Adams-Bashforth predictor equation. Subsequently, the forecasted value is corrected using the fourth-order Adams-Moulton corrector equation. The Adams-Moulton method is iteratively solved, with iteration termination occurring when the relative error falls below the stopping criterion of  $(5 \times 10^{-7})$ , involving 95 iterations within the interval  $[0, 95]$ . The fourth-order Adams-Bashforth-Moulton method can be utilized to obtain numerical solutions for cassava production in Tebing Tinggi City with a step size of  $h=1$ . The forecasting results reveal a monthly increase in cassava production in Tebing Tinggi City throughout the year 2024.*

**Keywords:** forecasting, Adams-Bashforth-Moulton, production, cassava.

### PENDAHULUAN

Ubi kayu adalah tanaman umbi-umbian yang tumbuh di negara tropis dan berkontribusi besar dalam sektor ekonomi ataupun sebagai makanan pangan (Ceballos et al., 2020). Tanaman ini berumur pendek dan umumnya ditanam di wilayah yang memiliki curah hujan tahunan lebih dari 1000 mm. Ubi kayu biasanya tumbuh di tanah yang memiliki penyerapan yang baik untuk mencegah genangan air yang berpotensi merugikan tanaman (Cock & Connor, 2021). Sebagian besar ubi kayu ditanam

sebagai tanaman pangan dan sebagian lainnya dimanfaatkan di bidang industri. Saat ini, tingkat produktivitas ubi kayu secara global sekitar 12 ton/hektar (Byju & Suja, 2020).

Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang memiliki sumber daya alam yang melimpah, terutama tanaman pangan seperti ubi kayu (Legionosuko et al., 2019). Ubi kayu termasuk dalam komoditas tanaman pangan nasional yang diunggulkan. Peningkatan ketahanan pangan nasional dan peningkatan produksi pangan tertuang

dalam rencana strategis Kementerian Pertanian 2020 – 2024 (Santoso et al., 2022). Provinsi Sumatera Utara menjadi penyumbang ubi kayu terbesar ke tujuh secara nasional (Sulistiyowati, 2023). Ubi kayu ini banyak dikonsumsi masyarakat, terutama karena kandungan karbohidratnya yang tinggi. Ubi kayu juga tumbuh dengan mudah bahkan di tanah yang kering, serta memiliki ketahanan terhadap serangan penyakit dan hama tanaman (Nasution, 2020).

Kota Tebing Tinggi, salah satu kota di provinsi Sumatera Utara memiliki potensi ubi kayu yang besar. Berdasarkan hasil survei oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Tebing Tinggi pada tahun 2023, komoditas pertanian yang paling banyak diusahakan di Kota Tebing Tinggi adalah ubi kayu. Peran sektor komoditas pertanian dalam pembangunan ekonomi suatu daerah menjadi sangat signifikan, terutama ketika menghadapi transformasi dalam pola hidup baru (Gobel & Adam, 2021). Terdapat 727 unit usaha ubi kayu di Kota Tebing Tinggi. Tingginya jumlah unit usaha ini menunjukkan bahwa komoditas ini memiliki potensi yang besar dalam perekonomian daerah.

Potensi ubi kayu di Kota Tebing Tinggi harus dimanfaatkan secara maksimal, sehingga dapat ditentukan rencana yang efektif dalam memenuhi kebutuhan pangan lokal dan peningkatan perekonomian daerah. Jika terjadi penurunan produksi atau bahkan peningkatan, diperlukan langkah-langkah strategis dari pemerintah dalam bidang pertanian untuk memastikan peningkatan produksi ubi kayu yang lebih cepat pada tahun-tahun mendatang. Mengantisipasi perubahan produksi ubi kayu di Kota Tebing Tinggi pada tahun-tahun berikutnya, diperlukan penggunaan metode peramalan yang didasarkan pada data produksi ubi kayu sebelumnya.

Peramalan adalah ilmu pengetahuan yang dimanfaatkan untuk memprediksi nilai atau kejadian di masa depan (Hajjah & Marlim, 2021). Peramalan selalu menjadi aspek utama dalam proses pengambilan keputusan dan perencanaan (Petropoulos et al., 2022). Metode yang dapat digunakan dalam meramalkan jumlah produksi adalah metode Adams Bashforth Moulton. Metode ini dilakukan dengan menghitung nilai-nilai sebelumnya untuk memperkirakan nilai selanjutnya dengan lebih akurat (Tutueva et al., 2020). Penyelesaian nilai awal dapat menggunakan metode

Runge-Kutta. Metode Runge-Kutta adalah salah satu cara yang banyak digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial biasa. Metode ini dapat digunakan untuk menyelesaikan metode numerik yang sangat akurat tanpa perlu menggunakan turunan orde tinggi (Ahmadianfar et al., 2021).

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari, dkk (2024) terkait penggunaan Persamaan Logistik dan metode Adams Bashforth Moulton dalam memprediksi jumlah penduduk di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Persamaan Logistik memakai metode Adam Bashforth Moulton dapat merepresentasikan pertumbuhan penduduk dengan membutuhkan nilai-nilai sebelumnya untuk memprediksi nilai-nilai selanjutnya (Sari et al., 2024). Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Side, dkk (2023) terkait penggunaan model SEIAR untuk transmisi Covid-19 menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton dan Runge-Kutta di Sulawesi Selatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa solusi numerik dari model SEIAR dengan metode Runge-Kutta lebih efektif dalam memberikan perkiraan awal dan prediksi jumlah kasus Covid-19 di Sulawesi Selatan. Metode Adams-Bashforth-Moulton yang diterapkan menghasilkan jumlah iterasi yang lebih rendah dan kesalahan yang lebih kecil (Side et al., 2023).

Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan peramalan hasil produksi ubi kayu menggunakan metode Adams Bashforth Moulton dan menggunakan metode Runge-Kutta untuk mencari nilai awal. Hasil peramalan yang diperoleh dapat mendukung pemerintah dalam merencanakan solusi efektif untuk memenuhi kebutuhan pangan lokal dan meningkatkan perekonomian daerah.

## KAJIAN TEORI

### PERSAMAAN DIFERENSIAL BIASA

Persamaan diferensial biasa adalah suatu bentuk persamaan yang melibatkan turunan satu atau lebih variabel tak bebas terhadap satu variabel bebas dalam suatu fungsi. Penentuan order persamaan diferensial bergantung pada jenis turunan yang terkandung dalam persamaan tersebut (Mahmudah & Rifai, 2021). Ada dua pendekatan dalam menyelesaikan persamaan diferensial biasa, yaitu metode analitik dan metode numerik. Metode analitik, juga dikenal sebagai metode sejati, memberikan solusi yang tepat atau solusi

sesungguhnya. Sementara itu, metode numerik digunakan ketika masalah matematika tidak dapat diselesaikan dengan metode analitik (Pandia & Sitepu, 2021). Menurut Rifandi & Abdy (2023), suatu persamaan diferensial biasa dapat dinyatakan dalam bentuk (Rifandi & Abdy, 2023) :

$$F\left(x, y, \frac{dy}{dx}, \frac{d^2y}{dx^2}, \dots, \frac{d^ny}{dx^n}\right) = 0 \quad (1)$$

#### MODEL VERHULST

Model Verhulst adalah salah satu model matematika yang digunakan untuk meramalkan pertumbuhan populasi (Suryani et al., 2023). Dalam model ini, jumlah populasi dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang ada. Bentuk yang paling sederhana untuk laju pertumbuhan relatif yang menjelaskan asumsi ini adalah sebagai berikut :

$$\frac{1}{N} \frac{dN}{dt} = k \left(1 - \frac{N}{K}\right) \quad (2)$$

Apabila persamaan (2) dikalikan dengan  $N$ , diperoleh model untuk pertumbuhan populasi yang dikenal sebagai persamaan diferensial logistik, sebagai berikut :

$$\frac{dN}{dt} = k \left(1 - \frac{N}{K}\right) N \quad (3)$$

Untuk nilai  $k$  dapat ditentukan dengan persamaan :

$$k = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{N}{N_0}\right) \quad (4)$$

dengan nilai awal  $N(t_0) = N_0$  (Arjuna & Lubis, 2024).

Keterangan :

$K$  = Kapasitas tampung

$N$  = Jumlah populasi pada saat  $t$

$N_0$  = Jumlah populasi awal saat  $t = 0$

$k$  = Laju pertumbuhan

Laju pertumbuhan adalah suatu perubahan objek disuatu wilayah pada runtun waktu tertentu. Jika nilai laju pertumbuhan ( $k$ ) positif maka populasi akan meningkat secara eksponensial, sebaliknya jika nilai ( $k$ ) negatif maka populasi akan semakin berkurang. Sedangkan nilai kapasitas tampung ( $K$ ) dapat diperoleh dengan cara trial and error yaitu mensubsitusikan perkiraan nilai  $K$  kedalam model Verhulst (Side et al., 2019).

#### METODE RUNGE-KUTTA ORDE 4

Metode Runge-Kutta adalah suatu metode yang menghasilkan hasil yang lebih akurat dan tidak memerlukan perhitungan turunan dari fungsi (Side & Zaki, 2022). Ukuran langkah yang digunakan memengaruhi akurasi solusi metode numerik, semakin kecil ukuran langkahnya, semakin baik pula

solusinya (Nisa et al., 2024). Metode runge-kutta orde empat berbentuk :

$$\begin{aligned} k_1 &= hf(x_r, y_r) \\ k_2 &= hf\left(x_r + \frac{1}{2}h, y_r + \frac{1}{2}k_1\right) \\ k_3 &= hf\left(x_r + \frac{1}{2}h, y_r + \frac{1}{2}k_2\right) \\ k_4 &= hf(x_r + h, y_r + k_3) \\ y_{r+1} &= y_r + \left(\frac{k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4}{6}\right) \end{aligned} \quad (5)$$

Dengan,

$y_r$  = Solusi awal pada iterasi ke- $r$

$x_r$  = Tahun ke- $r$

#### METODE ADAMS-BASHFORTH-MOULTON

Metode Adam-Bashforth-Moulton dapat diselesaikan dengan melakukan prediksi nilai menggunakan metode Adam Bashforth, kemudian nilai tersebut diperbaiki menggunakan metode Adam Moulton. Iterasi akan berlanjut hingga interval yang ditetapkan jika nilai kriteria pemberhentiannya lebih besar dari galat relatif yang dibandingkan (Sari et al., 2024). Rumus metode Adams-Bashforth orde empat sebagai berikut.

$$y_{r+1}^{(0)} = y_r + \frac{h}{24} (55f_r - 59f_{r-1} + 37f_{r-2} - 9f_{r-3}) \quad (6)$$

Dengan  $f$  merupakan solusi awal dengan menerapkan metode runge kutta ke dalam model *verhulst*.

Di mana :

$N_r$  = Nilai Solusi awal pada persamaan Runge Kutta

$f_r$  = Nilai solusi awal menggunakan persamaan Verhulst

Sedangkan rumus Adams Moulton adalah sebagai berikut:

$$y_{r+1}^{(k)} = y_r + \frac{h}{24} (9f_{r+1} + 19f_r - 5f_{r-1} + f_{r-2}) \quad (7)$$

Dengan,

$$f_{r+1}^{(0)} = f(f_{r+1}, y_{r+1}^{(0)}) \quad (8)$$

Dengan  $f$  merupakan solusi awal dengan menerapkan metode runge kutta ke dalam model *verhulst* (Martí & Diaz, 2020).

#### ANALISIS UKURAN LANGKAH H

Pada metode Adams-Bashforth orde empat dan metode Adams-Moulton orde empat, kontrol ukuran langkah  $h$  dilakukan terlebih dahulu dengan mempertimbangkan galat pemotongan. Metode Adams-Bashforth-Moulton orde empat dapat diselesaikan secara iteratif, dan iterasi akan dihentikan ketika galat relatif melebihi kriteria pemberhentiannya (Nabilla & Rakhmawati, 2023).

$$\frac{|y_{r+1}^{(1)} - y_{r+1}^{(0)}|}{|y_{r+1}^{(1)}|} < \varepsilon \quad (9)$$

## METODE

Jenis penelitian ini adalah aplikasi atau terapan. Penelitian terapan adalah suatu jenis penelitian yang hasilnya dapat secara langsung diterapkan untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi. Dalam penelitian ini, metode Adams-Bashforth-Moulton digunakan untuk melakukan peramalan jumlah produksi ubi kayu di Kota Tebing Tinggi.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah data primer yang telah melalui proses pengolahan lebih lanjut dan dipresentasikan dalam bentuk tabel atau diagram (Mutmainnah & Halida, 2021). Data diperoleh dari publikasi BPS Kota Tebing Tinggi berupa jumlah produksi ubi kayu di Kota Tebing Tinggi pada tahun 2017-2023 per bulan.

Adapun prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data yang akan digunakan dalam persamaan verhulst untuk dicari laju pertumbuhan dan kapasitas tampung.
2. Menentukan persamaan verhulst menggunakan persamaan (4).
3. Menghitung empat solusi awal  $y_0, y_1, y_2$  dan  $y_3$  menggunakan metode Runge-Kutta orde empat pada persamaan (5).
4. Menentukan nilai-nilai  $f_r, f_{r-1}, f_{r-2}, f_{r-3}$  dengan  $r = 3, 4, \dots, n$  menggunakan persamaan (3).
5. Menentukan solusi numerik menggunakan metode Adams-Bashforth menggunakan persamaan (6).
6. Menentukan solusi numerik menggunakan metode Adams-Moulton menggunakan persamaan (7).
7. Koreksi Adams-Moulton diiterasikan pada  $r$  sampai memenuhi kriteria pemberhentian menggunakan persamaan (9). Menurut Side, dkk (2019) kriteria pemberhentian adalah :  $\varepsilon = 5 \times 10^{-7}$  (Side et al., 2019).
8. Jika kriteria pemberhentian tidak memenuhi maka dilakukan analisis pengkuruan  $h$ .

Jika  $\frac{19}{270} \cdot \frac{|y_{r+1}^{(1)} - y_{r+1}^{(0)}|}{|y_{r+1}^{(1)}|} > 10^{-7}$ , maka  $h$  diganti dengan  $\frac{h}{2}$ .

Jika  $\frac{19}{270} \cdot \frac{|y_{r+1}^{(1)} - y_{r+1}^{(0)}|}{|y_{r+1}^{(1)}|} < 10^{-7}$ , maka  $h$  diganti dengan  $2h$ .

Jika kriteria pemberhentian memenuhi dilanjutkan dengan kembali ke langkah 5.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mencari hasil peramalan dari jumlah produksi ubi kayu di Kota Tebing Tinggi, maka akan ditentukan laju pertumbuhan dan kapasitas tampung.

### a. Laju Pertumbuhan

Untuk mencari nilai awal dengan persamaan Runge-Kutta orde 4 menggunakan persamaan (3), dengan nilai  $k$  dapat ditentukan dengan persamaan (4) :

$$k = \frac{1}{t} \ln \left( \frac{N}{N_0} \right)$$

$$k = \frac{1}{1} \ln \left( \frac{7.078,20}{6.724,29} \right) = 0,05$$

Berdasarkan nilai  $k = 0,05$  , maka laju pertumbuhan produksi ubi kayu sebesar 5% dan akan meningkat secara eksponensial.

### b. Kapasitas Tampung

Jumlah hasil produksi ubi kayu di Kota Tebing Tinggi sejak tahun 2017-2023 masih berada dibawah 16000 kwintal, maka diasumsikan untuk kapasitas tampung ialah  $K=16000$  dengan laju pertumbuhan 5% Pada interval  $[0,95]$  dengan banyak iterasi  $n = 95$ , dan  $N_0 = 6.724,29$  sebagai nilai awal.

$$h = \frac{b - a}{n} = \frac{95 - 0}{95} = 1$$

Dan ukuran langkah  $h=1$ .

Selanjutnya, akan ditentukan empat solusi awal  $N_0, N_1, N_2$  dan  $N_3$  menggunakan metode Runge-Kutta orde 4 pada interval  $[0,95]$  dengan ukuran langkah  $h=1$  dan  $N_0=6.724,29$ .

$$\text{Diketahui } \frac{dN}{dt} = 0,05 \left( 1 - \frac{N}{16000} \right) N$$

Tabel 1. Solusi Awal Menggunakan Metode Runge-Kutta Orde 4

$r$	$t_r$	$h = 1$	
		$N$	$N' = f_r(t_r, N)$ $= 0,05 \left( 1 - \frac{N}{16000} \right) N$
0	1	6724,290000000	194,9142624872
1	2	6919,943493252	196,3546185695
2	3	7116,921912564	197,5630409109
3	4	7314,990283483	198,5336302759

Dapat dilihat nilai solusi awal dengan menggunakan metode Runge-Kutta yang akan diterapkan pada model Verhulst, di mana :

- $r$  : Periode
- $t_r$  : Jumlah iterasi ke- $r$
- $N$  : Nilai awal
- $h$  : Ukuran langkah
- $N'$  : Nilai solusi awal

Selanjutnya, akan ditentukan solusi numerik menggunakan metode Adams-Bashforth dengan persamaan (6) :

Untuk  $r = 3$ ,  $N_3 = 7314,990283483$

$$t_{r+1} = t_r + h$$

$$t_4 = t_3 + 1$$

$$t_4 = 3 + 1 = 4$$

$$N_4^{(0)} = 7314,990283483 +$$

$$\frac{1}{24} (55(198,5336302759) - 59(197,5630409109) + 37(196,3546185695) - 9(194,9142624872))$$

$$N_4^{(0)} = 7513,907899$$

Nilai pada persamaan Adams-Basforth tersebut akan dikoreksi menggunakan persamaan Adams-Moulton dengan persamaan (7) dan (8) :

Untuk  $t_{r+1} = 4$

$$N_r = 7314,990283483$$

$$f_4^{(0)} = f_4(4; 7513,907899)$$

$$= 0,05 \left( 1 - \frac{7513,907899}{16000} \right) 7513,907899$$

$$= 199,2616077$$

$$N_{3+1}^{(1)} = 7314,990283483 + \frac{1}{24} (9(199,2616077) + 19(198,5336302759) - 5(197,5630409109) + (196,3546185695))$$

$$N_4^{(1)} = 7513,908319$$

Selanjutnya akan dihitung galat relatif dan kemudian dibandingkan dengan kriteria pemberhentian  $\varepsilon = 5 \times 10^{-7}$ :

$$\frac{|7513,908319 - 7513,907899|}{|7513,908319|} = 5 \times 10^{-8}$$

Dari hasil di atas, dapat dilihat bahwa galat relatif lebih kecil dari kriteria pemberhentian.

$$5 \times 10^{-8} < 5 \times 10^{-7}$$

maka iterasi dilanjutkan sampai iterasi ke-95.

Tabel 2. Hasil Peramalan Ubi Kayu di Kota Tebing Tinggi Tahun 2024

Bulan/Tahun	Jumlah Produksi (Kwintal)
Januari/2024	15.675,741
Februari/2024	15.691,250
Maret/2024	15.706,031
Apr-24	15.720,118
Mei/2024	15.733,540
Juni/2024	15.746,330
Juli/2024	15.758,515
Agustus/2024	15.770,123
Sep-24	15.781,181
Oktober/2024	15.791,714
Nov-24	15.801,746
Desember/2024	15.811,301

Hasil peramalan jumlah produksi ubi kayu di Kota Tebing Tinggi mengalami peningkatan setiap bulannya, pada bulan Januari sebesar 15.675,741 kwintal, bulan Februari sebesar 15.691,250 kwintal, bulan Maret sebesar 15.706,031 kwintal, bulan April sebesar 15.720,118 kwintal, bulan Mei sebesar 15.733,540 kwintal, bulan Juni sebesar 15.746,330 kwintal, bulan Juli sebesar 15.758,515 kwintal, bulan Agustus sebesar 15.770,123 kwintal, bulan September sebesar 15.781,181 kwintal, bulan Oktober sebesar 15.791,714 kwintal, bulan November sebesar 15.801,746 kwintal, dan bulan Desember sebesar 15.811,301 kwintal. Produksi terendah berada di bulan Januari dan produksi tertinggi berada di bulan Desember dengan total jumlah produksi ubi kayu di Kota Tebing Tinggi pada tahun 2024 sebesar 188.987,59 kwintal.

## PENUTUP

## SIMPULAN

Jumlah produksi ubi kayu di Kota Tebing Tinggi pada tahun 2024 akan meningkat setiap bulannya, dengan produksi terendah berada pada bulan Januari dan produksi tertinggi berada pada bulan Desember dengan galat relatif yang diperoleh sebesar  $1 \times 10^{-9}$ .

## SARAN

Penelitian ini membahas mengenai model Verhulst dengan penerapannya di kehidupan sehari-hari, yaitu pada data jumlah produksi ubi kayu

dengan menggunakan metode Adams-Basforth-Moulton. Peneliti mengharapkan adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode Adams-Basforth-Moulton atau metode multistep lainnya. Bagi pemerintah, agar hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan dalam rencana pengambilan keputusan sehingga potensi ubi kayu di Kota Tebing Tinggi dapat dimanfaatkan dengan maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadianfar, I., Heidari, A. A., Gandomi, A. H., Chu, X., & Chen, H. (2021). Run Beyond The Metaphor: An Efficient Optimization Algorithm Based on Runge Kutta Method. *Expert Systems with Applications*, 181, 115079.
- Arjuna, D. B., & Lubis, R. S. (2024). Solusi Numerik Model Verhulst Pada Estimasi Hasil Panen Melalui Perkembangan Produksi Padi dan Beras dengan Metode Milne-Simpson. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 5(2), 722–730.
- Byju, G., & Suja, G. (2020). Mineral nutrition of cassava. *Advances in Agronomy*, 159, 169–235.
- Ceballos, H., Rojanaridpiched, C., Phumichai, C., Becerra, L. A., Kittipadakul, P., Iglesias, C., & Gracen, V. E. (2020). Excellence in cassava breeding: perspectives for the future. *Crop Breeding, Genetics and Genomics*, 2(2).
- Cock, J. H., & Connor, D. J. (2021). Cassava. In *Crop physiology case histories for major crops* (pp. 588–633). Elsevier.
- Gobel, C. Y., & Adam, N. (2021). E-commerce pemasaran hasil panen komoditas pertanian menerapkan user centered design. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 5(4), 1519–1527.
- Hajjah, A., & Marlim, Y. N. (2021). Analisis error terhadap peramalan data penjualan. *Techno. Com*, 20(1), 1–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.33633/tc.v20i1.4054>
- Legionosuko, T., Madjid, M. A., Asmoro, N., & Samudro, E. G. (2019). Posisi dan strategi indonesia dalam menghadapi perubahan iklim guna mendukung ketahanan nasional. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 25(3), 295–312.
- Mahmudah, W., & Rifai, M. (2021). *Persamaan Differensial Biasa Dan Aplikasinya*. Deepublish.
- Martí, J., & Diaz, B. (2020). Efficient recursive Adams–Bashforth methods in molecular dynamics simulations of N-body systems interacting through pairwise potentials. *Molecular Simulation*, 46(16), 1248–1254.
- Mutmainnah, S., & Halida, U. M. (2021). Pengaruh Dimensi Akses Dan Penggunaan Keuangan Inklusif Terhadap Profitabilitas Unit Usaha Syariah Di Indonesia Periode 2017-2019. *IQTISHADIA Jurnal Ekonomi & Perbankan Syariah*, 8(2), 176–189.
- Nabilla, S., & Rakhmawati, F. (2023). Implementasi Metode Adams Bashforth Moulton pada Persamaan Logistik Biner untuk Menganalisis Prediksi Tingkat Pertumbuhan Ekonomi. *Jurnal Pendidikan Matematika: Judika Education*, 6(2), 149–164.
- Nasution, S. B. (2020). Pengaruh Lama perendaman Terhadap Kandungan Sianida pada Ubi Kayu Beracun Tahun 2015. *Jurnal Ilmiah PANNMED*, 10(2).
- Nisa, S., Irwan, I., & Syata, I. (2024). Penerapan Metode Runge-Kutta Orde 4 Model Penyebaran Demam Berdarah Dengue Di Kota Makassar: Application of The Runge Kutta Method of Order 4 to The Model of The Spread of Dengue Hemorrhagic Fever in Makassar City. *Al-Aqlu: Jurnal Matematika, Teknik Dan Sains*, 2(1), 52–61.
- Pandia, W., & Sitepu, I. (2021). Penentuan Galat Persamaan Diferensial Biasa Orde 1 dengan Metode Numerik. *Jurnal Mutiara Pendidikan Indonesia*, 6(1), 31–37.
- Petropoulos, F., Apiletti, D., Assimakopoulos, V., Babai, M. Z., Barrow, D. K., Taieb, S. Ben, Bergmeir, C., Bessa, R. J., Bijak, J., & Boylan, J. E. (2022). Forecasting: theory and practice. *International Journal of Forecasting*, 38(3), 705–871. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.11.001>
- Rifandi, M., & Abdy, M. (2023). *Suatu Pengantar Persamaan Diferensial Biasa*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Santoso, A. B., Supriana, T., & Girsang, M. A. (2022). Pengaruh Curah Hujan terhadap Produksi Ubi Kayu di Indonesia. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 5(3), 520–528.
- Sari, A. K., Widyasari, R., & Cipta, H. (2024). Persamaan Logistik Menggunakan Metode Adam-Bashforth-Moulton Dalam Memprediksi Jumlah Penduduk Di Indonesia. *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika*, 5(1), 111–119.
- Side, S., Maya, S. W., & Arifuddin, R. (2019). Solusi Numerik Model Verhulst pada Estimasi Pertumbuhan Hasil Panen Padi dengan Metode Adam Bashforth-Moulton (ABM). *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*, 2(1), 91–98.

- Side, S., Rasyidah, A., Badwi, N., Abdy, M., Syam, R., & Sanusi, W. (2023). Numerical solution of SEIAR model for Covid-19 transmission using the Adams-Bashforth-Moulton and Runge Kutta methods in South Sulawesi. *AIP Conference Proceedings*, 2614(1).
- Side, S., & Zaki, A. (2022). Numerical Solution of the Mathematical Model of DHF Spread using the Runge-Kutta Fourth Order Method. *ARRUS Journal of Mathematics and Applied Science*, 2(2), 92–100.
- Sulistiyowati. (2023, October 10). *Berikut 7 Daerah Penghasil Singkong Terbesar di Indonesia*. INews Probolinggo.
- Suryani, I., Suprianto, A., & Wartono, W. (2023). Solusi Numerik Model Verhulst Pada Estimasi Pertumbuhan Produksi Padi Menggunakan Metode Milne-Simpson dan Metode Adams-Bashforth-Moulton. *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, 9(1), 27–36.
- Tutueva, A., Karimov, T., & Butusov, D. (2020). Semi-implicit and semi-explicit Adams-Bashforth-Moulton methods. *Mathematics*, 8(5), 780.