

## PENERAPAN METODE ADAMS BASHFORTH MOULTON DALAM FORECASTING JUMLAH PRODUKSI KELAPA SAWIT DI INDONESIA

**Shopia**

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra, Langsa, Indonesia  
e-mail: [shopiashopia26@gmail.com](mailto:shopiashopia26@gmail.com)

**Fairus**

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra, Langsa, Indonesia  
e-mail: [fairuz@unsam.ac.id](mailto:fairuz@unsam.ac.id) \*

**Riezky Purnama Sari**

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra, Langsa, Indonesia  
e-mail: [riezkypurnamasari@unsam.ac.id](mailto:riezkypurnamasari@unsam.ac.id)

### Abstrak

Kelapa sawit merupakan tanaman penghasil minyak tertinggi peringkat ketiga di dunia. Khususnya bagi negara berkembang seperti Indonesia. Fluktuasi produksi kelapa sawit dapat berdampak signifikan terhadap perekonomian suatu wilayah, terutama ketika terjadi ketidakseimbangan antara jumlah produksi dan permintaan, dalam penelitian ini digunakan data produksi kelapa sawit di Indonesia. Data bersumber dari buku statistik perkebunan jilid 1 pada tahun 1995-2024 selama 30 tahun. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia dengan menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton. Metode ini merupakan teknik numerik yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial nonlinier pada titik tertentu, dengan asumsi nilai awal telah diketahui. Sebelum menerapkan metode Adams-Bashforth orde empat sebagai prediktor, terlebih dahulu diselesaikan persamaan diferensial menggunakan metode Runge-Kutta orde empat untuk memperoleh empat nilai awal. Hasil prediksi tersebut kemudian diperbaiki menggunakan persamaan korektor Adams-Moulton orde empat. Proses koreksi ini dilakukan secara iteratif dan dihentikan ketika galat relatif lebih kecil dari  $5 \times 10^{-7}$ . Iterasi dilakukan sebanyak 34 kali dalam interval  $[0, 34]$ . Dengan langkah  $h = 1$ , Metode Adams-Bashforth-Moulton orde empat telah terbukti efektif dalam memperoleh solusi numerik terhadap jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia. Berdasarkan hasil estimasi, metode ini menunjukkan bahwa produksi kelapa sawit mengalami peningkatan rata-rata sebesar 5,00% setiap tahunnya. Jumlah produksi kelapa sawit pada tahun 2025 hingga 2029 adalah 40.288.072,612., 42.389.238,747., 44.510.837,165., 46.644.477,930., 48.781.577,9 (ton).

**Kata Kunci:** Adams Bashforth Moulton, Kelapa Sawit, Peramalan, Produksi, Runge Kutta

### Abstract

Palm oil is the third largest oil-producing plant in the world, especially for developing countries like Indonesia. The fluctuation of palm oil production can significantly impact the economy of a region, particularly when there is an imbalance between the amount of production and demand. This research utilizes palm oil production data in Indonesia sourced from the 1995-2024 plantation statistics book volume 1, covering a period of 30 years. This research aims to forecast the amount of palm oil production in Indonesia using the Adams-Bashforth-Moulton method. This method is a numerical technique used to solve nonlinear differential equations at specific points, assuming that the initial values are known. Before applying the fourth-order Adams-Bashforth method as a predictor, the differential equations are first solved using the fourth-order Runge-Kutta method to obtain four initial values. The prediction results are then refined using the fourth-order Adams-Moulton correction equation. This correction process is performed iteratively and stopped when the relative error is smaller than  $5 \times 10^{-7}$ . A total of 34 iterations are conducted in the interval  $[0, 34]$ . With a step size of  $h = 1$  The fourth-order Adams-Bashforth-Moulton method has proven effective in obtaining numerical solutions for the production of palm oil in Indonesia. Based on the estimation results, this method indicates that palm oil production has experienced an average increase of 5.00% each year. The amount of palm oil production from 2025 to 2029 is 40,288,072.617., 42,389,238.747., 44,510,837.165., 46,644,477.930., 48,781,577.996., (tons).

## PENDAHULUAN

Minyak kelapa sawit adalah salah satu komoditas unggulan dari sektor perkebunan yang memiliki kontribusi besar terhadap perekonomian Indonesia, terutama sebagai sumber utama minyak nabati yang sangat dibutuhkan oleh berbagai sektor industri. Di antara berbagai komoditas perkebunan, minyak sawit telah menjadi salah satu yang paling potensi untuk meningkatkan ekonomi nasional. Minyak kelapa sawit berperan penting dalam menjamin ketersediaan minyak nabati di masa depan. Permintaan terhadap komoditas ini diperkirakan akan terus tumbuh, sehingga berpotensi mendorong peningkatan produksi. (Ismiasih and Afroda 2023). Fluktuasi produksi kelapa sawit dapat berdampak signifikan terhadap perekonomian suatu wilayah, terutama ketika terjadi ketridakseimbangan antara jumlah produksi dan permintaan. Kondisi ini menyulitkan penyusunan perencanaan untuk memenuhi kebutuhan dan menentukan jumlah kelebihan yang perlu didistribusikan (Izafera, Salam, and Susanti 2023). Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Baik dalam bentuk minyak sawit mentah maupun produk olahan, minyak sawit menduduki peringkat ketiga dalam pendapatan ekspor non-minyak dan gas di negara ini. Menurut data statistik dari sektor perkebunan Indonesia mengenai minyak sawit dari Direktorat Jenderal Perkebunan pada tahun 2017, total produksi minyak sawit Indonesia adalah 21.958.120 juta ton pada tahun 2010 dan meningkat menjadi 37.965.224 juta ton pada tahun 2017. (Mustari, Yonariza, and Khairati 2020). Pada tahun 2021, total luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia tercatat sebesar 15.081.021 hektar dan tersebar di seluruh 34 provinsi. (Apriadi, Eries Dyah Mustikarini, and Nyanyu Siti Khodijah 2023). Kelapa sawit dikenal memiliki produktivitas yang lebih tinggi serta biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman penghasil minyak nabati lainnya seperti kedelai dan kacang tanah. Umur produktif yang panjang, yaitu sekitar 22 tahun, serta ketahanannya terhadap serangan hama dan penyakit turut berkontribusi dalam menekan biaya produksi. Di sisi lain, konsumsi minyak nabati global yang mencapai 25 kg per kapita setiap tahunnya dan terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan populasi, menjadikan kelapa sawit

sebagai komoditas utama yang dipilih untuk memenuhi kebutuhan tersebut (Daratullaila, Riezky Purnama Sari, Riska Novita Sari, Adinda Tri Hidayanti 2024). Berbagai upaya terus dilakukan untuk meningkatkan produksi kelapa sawit guna memenuhi kebutuhan pangan berupa minyak nabati, mendukung kebutuhan industri dalam negeri, serta mendorong peningkatan ekspor, serta menambah pendapatan masyarakat. Akibatnya, industri minyak kelapa sawit mengalami pertumbuhan yang pesat, disertai dengan peningkatan produksi (Siswanto, Lubis, and Akoeb 2020).

## KAJIAN TEORI

Metode *Adams-Bashforth-Moulton* merupakan salah satu model matematis yang dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan perkembangan produksi minyak sawit di masa mendatang. Pada dasarnya, metode ini mampu menghasilkan prediksi yang cukup akurat terkait jumlah produksi. (Azhar et al. 2021). Metode yang digunakan untuk menemukan solusi awal adalah metode Runge-Kutta (Tarisma, Saumi, and Nabilla 2024). Penelitian ini masih berhubungan dengan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. penelitian yang telah dilakukan oleh Rakhmawati dkk, terkait pada penelitian Penerapan metode *Adams-Bashforth-Moulton* pada Persamaan Logistik Biner dapat digunakan untuk menganalisis dan memprediksi tingkat pertumbuhan ekonomi di Provinsi Sumatera Utara dianggap valid dalam menghasilkan prediksi (Rakhmawati 2023). Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Sari dkk, mengenai prediksi jumlah produksi kakao di Provinsi Aceh. Hasil estimasi menggunakan metode *Adams-Bashforth-Moulton* menunjukkan bahwa produksi kakao mengalami peningkatan dari tahun ke tahun (R. P. Sari and Novita 2023).

### Persamaan Diferensial

Persamaan diferensial biasa merupakan jenis persamaan yang memuat turunan dari satu atau lebih variabel tak bebas terhadap satu variabel bebas dalam suatu fungsi. Orde dari persamaan ini ditentukan berdasarkan tingkat turunan yang ada di dalam persamaan tersebut (Lestari et al. 2023). Ada dua pendekatan dalam menyelesaikan persamaan diferensial biasa, yaitu metode analitik dan metode

numerik. Metode analitik, yang juga disebut sebagai metode eksak, menghasilkan solusi yang akurat atau merupakan solusi sebenarnya dari suatu permasalahan. Sementara itu, metode numerik diterapkan ketika suatu permasalahan matematika tidak dapat diselesaikan secara analitik. (Pandia and Sitepu 2021). Menurut penelitian (Rifandi and Abdy 2023). Suatu persamaan diferensial biasa dapat dinyatakan dalam bentuk:

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

Keterangan:

$F$  = Suatu fungsi yang menghubungkan  $x$ ,  $y$  dan turunannya

$x$  = variabel bebas

$y$  = variabel fungsi dari  $x$

$\frac{dy}{dx}$  = turunan pertama dari  $y$  terhadap  $x$

$\frac{d^2y}{dx^2}$  = turunan kedua dari  $y$  terhadap  $x$

$\frac{d^ny}{dx^n}$  = turunan ke- $n$  dari  $y$  terhadap  $x$

### Model Verhulst

Model Verhulst adalah salah satu model matematika yang digunakan untuk memperkirakan perubahan atau dinamika pertumbuhan suatu populasi. (Suryani et al. 2023). Model pertumbuhan logistik awalnya dikembangkan oleh Pierre Verhulst, seorang matematikawan sekaligus ahli biologi asal Belanda. Model ini menjelaskan bahwa jumlah populasi dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Pertumbuhan populasi dibatasi oleh tersedianya sumber daya seperti pangan, Dengan mempertimbangkan ketersediaan tempat tinggal dan kebutuhan dasar lainnya, diasumsikan bahwa populasi dalam model ini akan mendekati suatu nilai maksimum. Adapun bentuk sederhana dari laju pertumbuhan yang menggambarkan asumsi ini adalah sebagai berikut:

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

Dengan mengalikan persamaan (2) dengan  $N$ , akan diperoleh suatu model pertumbuhan populasi yang dikenal sebagai persamaan diferensial logistik, yaitu sebagai berikut.:

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

Untuk nilai  $k$  dapat ditentukan dengan persamaan

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

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

Laju pertumbuhan adalah suatu Perubahan kondisi suatu objek di suatu daerah dalam jangka waktu Apabila nilai laju pertumbuhan ( $k$ ) bernilai positif, maka populasi akan mengalami peningkatan secara eksponensial. Sebaliknya, jika nilai ( $k$ ) negatif, populasi akan cenderung menurun. Sementara itu, kapasitas tampung ( $K$ ) dapat ditentukan melalui metode coba-coba (trial and error) dengan mensubstitusikan nilai perkiraan  $K$  ke dalam model Verhulst (Side, Wahyuni, and R 2020).

### Metode Runge Kutta

Metode *Runge-Kutta* orde empat mampu memberikan hasil yang lebih presisi tanpa memerlukan perhitungan turunan dari fungsi yang digunakan (Side, Zaki, and Miswar 2022). Besarnya langkah yang digunakan dalam metode numerik berpengaruh terhadap ketelitian hasilnya; semakin kecil ukuran langkah, maka semakin tinggi tingkat akurasi solusi yang diperoleh (Nisa, Irwan, and Syata 2024). Dalam suatu penelitian, beberapa metode telah digunakan untuk membandingkan Simulasi dari model yang dikembangkan melibatkan beberapa metode, seperti metode Euler, metode Heun, dan metode Runge-Kutta orde keempat. Dari hasil perbandingan, metode Runge-Kutta orde keempat terbukti memberikan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan kedua metode lainnya (Apriani, Wasono, and Huda 2022).

Metode *runge-kutta* orde empat berbentuk:

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

Keterangan:

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

$x_r$  = Tahun ke- $r$

**Metode Adams Bashforth Moulton**

Metode *Adams-Bashforth-Moulton* diselesaikan dengan terlebih dahulu melakukan prediksi nilai menggunakan metode Adams-Bashforth, kemudian hasil prediksi tersebut diperbaiki dengan metode Adams-Moulton. Proses iterasi dilanjutkan hingga mencapai batas interval yang ditentukan, selama nilai kriteria penghentian masih lebih besar dibandingkan galat relatif (A. K. Sari, Widayarsi, and Cipta 2024). Salah satu keunggulan dari metode Adams-Bashforth-Moulton adalah kemudahan dalam menentukan galat, namun dalam penerapannya, metode ini memerlukan nilai sebelumnya untuk menghitung nilai berikutnya.

Dengan mengombinasikan kelemahan dari masing-masing metode, keduanya dapat saling melengkapi. Penerapan metode prediktor-korektor Adams yang bersifat multi-langkah dalam penyelesaian numerik persamaan diferensial biasa orde pertama memberikan hasil yang lebih stabil dibandingkan dengan metode prediktor-korektor *Milne-Simpson*. (Rakhmawati 2023).

Rumus metode *Adams-Bashforth* orde empat sebagai berikut:

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

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:

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

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

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

**Analisis Ukuran Langkah  $h$**

Dalam metode Adams-Bashforth orde empat dan Adams-Moulton orde empat, pengaturan ukuran langkah  $h$  dilakukan terlebih dahulu dengan

mempertimbangkan kesalahan pemotongan. Penyelesaian metode Adams-Bashforth-Moulton orde empat dilakukan secara iteratif, dan proses iterasi akan dihentikan apabila galat relatif melebihi batas toleransi yang telah ditentukan sebagai kriteria pemberhentian. (Rakhmawati 2023).

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

Keterangan:

$N_{r+1}$  = Nilai selanjutnya dengan ukuran langkah  $h$

$\varepsilon$  = kriteria Pemberhentian.

Penggunaan langkah  $h$  yang lebih kecil dapat meningkatkan ketelitian solusi, tetapi juga akan memperpanjang waktu komputasi. Oleh karena itu, pemilihan metode dan ukuran langkah harus disesuaikan dengan karakteristik persamaan yang ingin diselesaikan. (Resmawan, Rosyadah, and Handayani 2023).

**METODE**

Jenis Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian terapan, yaitu jenis penelitian yang hasilnya dapat langsung digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Data yang digunakan berasal dari jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia berdasarkan Statistik Perkebunan Jilid 1 untuk periode tahun 1995 hingga 2024. Dalam penelitian ini, metode Adams-Bashforth-Moulton diterapkan untuk melakukan peramalan jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia.

**Prosedur Analisis**

Adapun prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan variabel yang akan digunakan dalam persamaan *verhulst* untuk mencari laju pertumbuhan dan kapasitas tampung.
2. Menentukan persamaan *verhulst* menggunakan persamaan (4)
3. Menghitung empat solusi awal  $N_0, N_1, N_2$  dan  $N_3$  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.

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 (7)

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

8. Jika kriteria pemberhentian tidak memenuhi maka dilakukan analisis pengkuran  $h$

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

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

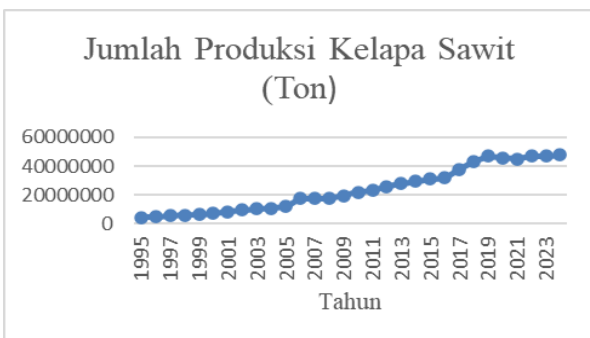
Jika kriteria pemberhentian memenuhi dilanjutkan dengan kembali ke langkah 5.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini, metode Adams-Bashforth-Moulton diterapkan untuk memprediksi jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia. Berdasarkan langkah-langkah penelitian, terdapat sejumlah tahapan yang dilakukan untuk memperoleh hasil peramalan produksi kelapa sawit di Indonesia menggunakan metode tersebut, yakni sebagai berikut.

Adapun tahapan penelitian

1. Pemilihan data yang akan digunakan dilakukan terlebih dahulu, mencakup laju pertumbuhan dan kapasitas tampung. Adapun ilustrasi data jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia disajikan berikut ini.



Gambar 1. Plot Data Jumlah Produksi Kelapa Sawit di Indonesia

Selama lima tahun terakhir, Produksi kelapa sawit di Indonesia memperlihatkan pola yang tidak stabil, ditandai dengan fluktuasi atau naik-turun dalam jumlah produksi setiap tahunnya, dengan rata-rata produksi mencapai 23.678.890,00 ton per tahun. Perkiraan jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia dilakukan dengan menetapkan nilai laju pertumbuhan serta kapasitas maksimum produksi (carrying capacity).

Laju pertumbuhan menggambarkan perubahan suatu objek dalam suatu wilayah selama periode waktu tertentu. Apabila nilai laju pertumbuhan ( $k$ ) bernilai positif, maka populasi akan meningkat secara eksponensial, sedangkan jika nilai ( $k$ ) negatif, populasi akan mengalami penurunan. Persamaan berikut digunakan untuk menggambarkan laju pertumbuhan tersebut.

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

$$k = \frac{1}{1} \ln \left( \frac{4.898.658}{4.479.670} \right) = 0,09$$

Dengan  $k$  sebagai laju pertumbuhan,  $t$  sebagai waktu ke- $t$ ,  $N$  merupakan jumlah produksi kelapa sawit pada waktu  $t$ , dan  $N_0$  adalah jumlah produksi awal pada saat  $t = 0$ . Berdasarkan nilai  $k = 0,09$ , maka laju pertumbuhan produksi kelapa sawit mencapai 9% dan menunjukkan pola peningkatan secara eksponensial. Nilai kapasitas tampung (carrying capacity) ditentukan melalui metode trial and error, yaitu dengan mencoba berbagai nilai  $K$  yang disubstitusikan ke dalam model *Verhulst*. Karena total produksi kelapa sawit dari tahun 1995 hingga 2024 belum melebihi 95.000.000 ton, maka kapasitas tampung diasumsikan sebesar  $K = 95.000.000$  ton. Proses ini dilakukan pada interval  $[0,34]$  dengan jumlah iterasi sebanyak  $n = 34$ .

$$h = \frac{b - a}{n} = \frac{34 - 0}{34} = 1$$

Dengan ukuran langkah  $h = 1$ ,  $K$  = Kapasitas tampung,  $a$  = Nilai batas bawah,  $b$  = Nilai batas atas,  $n$  = Jumlah iterasi.

Langkah 2. Setelah diperoleh nilai laju pertumbuhan dan kapasitas tampung, langkah berikutnya adalah

merumuskan Model Verhulst sebagai sebuah persamaan diferensial nonlinear..

$$\frac{dN}{dt} = k \left(1 - \frac{N}{K}\right) N \text{ dengan Nilai awal } N(t_0) = N_0$$

$$\frac{dN}{dt} = 0,09 \left(1 - \frac{N}{95.000.000}\right) N$$

Persamaan dalam model *Verhulst* diselesaikan untuk memperoleh solusi numerik, sehingga metode *Runge-Kutta* dan metode *Adams-Bashforth-Moulton* digunakan dalam proses penyelesaiannya.

Langkah 3. Langkah berikutnya menentukan empat solusi awal  $N_0, N_1, N_2$  dan  $N_3$  menggunakan metode *Runge Kutta* dengan menggunakan persamaan.

$$\frac{dN}{dt} = 0,09 \left(1 - \frac{N}{95.000.000}\right) N, \text{ dengan}$$

$$N_0 = 4.479.670 \text{ dan } h = 1$$

Tabel 1. Nilai solusi awal yang diperoleh melalui metode *Runge-Kutta*

		$h = 1$	
$r$	$t_r$	$N$	$f_r(t_r, N) = 0,09 \times \left(1 - \frac{N}{95.000.000}\right) N$
0	1	4.479.670,00000000	384.159,03792
1	2	4.879.869,346634945	416.628,43872
2	3	5.313.722,479004298	451.485,46319
3	4	5.783.672,592344104	488.840,23669

Langkah 4. Selanjutnya, akan ditentukan solusi numerik menggunakan metode *Adams-Bashforth* dengan persamaan.

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

Dengan,

$N_r$  = merupakan nilai solusi awal yang diperoleh dari persamaan metode *Runge-Kutta*,

$f_r$  = merupakan nilai solusi awal yang diperoleh berdasarkan persamaan *Verhulst*.

untuk  $r = 3$ ,

$$N_3 = 5.783.672,592344104$$

$$t_{r+1} = 4$$

$$N_4^{(0)} = 5.783.672,592344104 + \frac{1}{24} (55(488.840,23669 - 59(451.485,46319 + 37(416.628,43872) - 9(384.159,03792))$$

$$N_4^{(0)} = 6.292.272,241556604$$

Langkah 5. Selanjutnya untuk menentukan solusi numerik menggunakan metode *Adams-Basforth Moulthon* dengan persamaan.

$$N_{r+1}^{(k)} = N_r + \frac{h}{24} (9f_{r+1} + 19f_r + 5f_{r-1} - f_{r-2})$$

$$f_{r+1}^{(0)} = f(f_{r+1}, N_{r+1}^{(0)})$$

Untuk:  $r = 3$

$$N_3 = 5.783.672,592344104$$

$$f_4^{(0)} = f_4(4; 6.292.272,241556604)$$

$$f_4^{(0)} = 0,09 \left(1 - \frac{N_4^{(0)}}{95.000.000}\right) N_4^{(0)}$$

$$f_4^{(0)} = 0,09 \left(1 - \frac{6.292.272,241556604}{95.000.000}\right) 6.292.272,241556604$$

$$f_4^{(0)} = 528.795,63757$$

$$N_{r+1}^{(k)} = N_r + \frac{h}{24} (9f_{r+1} + 19f_r - 5f_{r-1} + f_{r-2})$$

$$N_{3+1}^{(1)} = 5.783.672,592344104 + \frac{1}{24} (9 \times 528.795,63757 + 19 \times 488.840,23669 - 5 \times 451.485,46319 + 416.628,43872)$$

$$N_{3+1}^{(1)} = 5.783.672,592344104 + \frac{1}{24} (4.759.160,73813 + 9.287.964,49711 - 2.257.427,31595 + 416.628,43872)$$

$$N_4^{(1)} = 6.292.269,521844104$$

Menurut side (2020), diasumsikan kriteria pemberhentian adalah:  $\varepsilon = 5 \times 10^{-7}$  Selanjutnya akan dihitung galat relatif dan kemudian dibandingkan dengan kriteria pemberhentian.

$$\left| \frac{N_{r+1}^{(1)} - N_{r+1}^{(0)}}{N_{r+1}^{(1)}} \right| < \varepsilon$$

$$\left| \frac{6292269,521844104 - 6292272,241556604}{6292269,521844104} \right| = 4,3 \times 10^{-7}$$

Berdasarkan hasil di atas, karena nilai galat relatif lebih kecil dari kriteria pemberhentian yaitu  $\varepsilon = 5 \times 10^{-7}$ , maka proses iterasi dapat diteruskan hingga mencapai iterasi ke-34.

Tabel 2. Hasil prediksi jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia menggunakan metode *Adams-Bashforth-Moulton* model *Verhulst*.

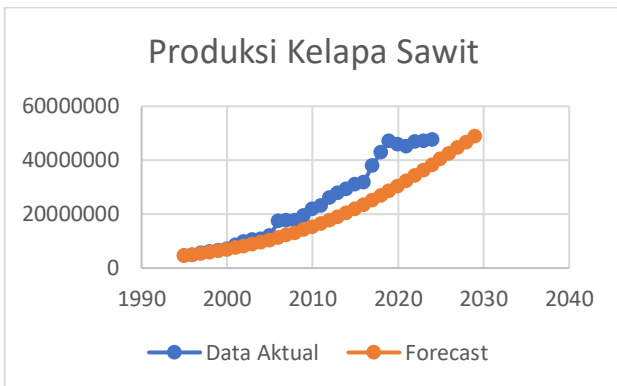
Tahun	$t_r$	$h = 1$		Galat Relatif
		$N_r^{(0)}$	$N_r$	
1995	0		4.479.670,000000000	
1996	1		4.879.869,346634945	
1997	2		5.313.722,479004298	
1998	3		5.783.672,592344104	
1999	4	6.292.272,241555641	6.292.269,523926357	$4,32 \times 10^{-7}$
2000	7	6.842.164,549787710	6.842.160,746186115	$5,56 \times 10^{-7}$
2001	8	7.436.084,444600052	7.436.079,404853161	$6,78 \times 10^{-7}$
2002	9	8.076.835,004830590	8.076.828,564058368	$7,97 \times 10^{-7}$
2003	10	8.767.269,452181496	8.767.261,454505252	$9,12 \times 10^{-7}$
2004	11	9.510.266,965456601	9.510.257,263049528	$1,020 \times 10^{-6}$
2005	12	10.308.703,621534597	10.308.692,084712515	$1,119 \times 10^{-6}$
2007	14	12.083.172,611936228	12.083.157,145056602	$1,280 \times 10^{-6}$
2008	15	13.064.606,911541261	13.064.589,445503680	$1,337 \times 10^{-6}$
2009	16	14.112.188,914981879	14.112.169,515746560	$1,375 \times 10^{-6}$
2010	17	15.228.158,796403902	15.228.137,615719497	$1,391 \times 10^{-6}$
2011	18	16.414.469,180096997	16.414.446,470392829	$1,384 \times 10^{-6}$
2012	19	17.672.721,592602126	17.672.697,719983879	$1,351 \times 10^{-6}$
2013	20	19.004.100,445241183	19.004.075,899001535	$1,205 \times 10^{-6}$
2014	21	20.409.306,058765508	20.409.281,455605049	$1,093 \times 10^{-6}$
2015	22	21.888.488,581484001	21.888.464,662545759	$9,55 \times 10^{-7}$
2016	23	23.441.184,970036559	23.441.162,588950336	$7,94 \times 10^{-7}$
2017	24	25.066.261,471401162	25.066.241,571869113	$6,13 \times 10^{-7}$
2018	25	26.761.864,236264598	26.761.847,818338688	$4,18 \times 10^{-7}$
2019	26	28.525.380,777209442	28.525.368,852326315	$2,13 \times 10^{-7}$
2020	27	30.353.414,931978337	30.353.408,467994779	$4 \times 10^{-9}$
2021	28	32.241.777,779562097	32.241.777,638387304	$1,77 \times 10^{-7}$
2022	29	34.185.496,571383566	34.185.503,443186879	$2,01 \times 10^{-7}$
2023	30	36.178.843,180394657	36.178.857,519584648	$3,96 \times 10^{-7}$
2024	31	38.215.382,851715997	38.215.404,820716880	$5,75 \times 10^{-7}$
2025	32	40.288.043,190304995	40.288.072,61738675	$7,30 \times 10^{-7}$
2026	33	42.389.202,390751719	42.389.238,747641757	$8,58 \times 10^{-7}$
2027	34	44.510.794,761590019	44.510.837,165244691	$9,53 \times 10^{-7}$
2028	35	46.644.430,689778700	46.644.477,930591479	$1,013 \times 10^{-6}$
2029	36	48.781.527,400453195	48.781.577,996532328	$1,037 \times 10^{-6}$

Pada tabel 2 terlihat bahwa nilai galat relatif lebih kecil dari kriteria pemberhentian, sehingga proses iterasi dapat dilanjutkan dimulai dari  $r = 4$  sampai 34, karena untuk nilai  $r = 0$  sampai 3 telah digunakan untuk mencari solusi awal menggunakan metode *Runge Kutta* orde 4. Nilai  $N_r$  pada tabel 1 merupakan nilai korektor *Adam Moulton* yang menyatakan *forecasting* jumlah produksi kelapa sawit, dapat dilihat bahwa hasil produksi kelapa sawit meningkat setiap tahunnya. Nilai galat pada iterasi ke-0 hingga

ke-3, hal ini disebabkan karena pada tahap iterasi ke-0 hingga iterasi ke-3. Dikarenakan pada iterasi merupakan nilai awal yang diperoleh melalui metode *Runge-Kutta* orde empat, sehingga pada iterasi tersebut tidak terjadi kesalahan (galat).

Penelitian ini membahas mengenai penerapan metode *Adams Bashforth Moulton* pada persamaan *Verhuslts* pada jumlah produksi kelapa sawit. Hasil analisis dari penerapan metode *Adams-Bashforth-Moulton* dalam meramalkan jumlah produksi kelapa

sawit di Indonesia menunjukkan solusi numerik yang diperoleh melalui penggunaan suatu persamaan.  $\frac{dN}{dt} = k \left(1 - \frac{N}{K}\right) N$  dengan nilai  $k = 0,09$  dan  $K = 95.000.000$ . Untuk memperoleh nilai solusi awal, persamaan pada model Verhulst terlebih dahulu diselesaikan dengan menggunakan metode *Runge-Kutta*.  $f_0 = 384.159,03792$   $f_1 = 416.628,43872$   $f_2 = 451.485,46319$   $f_3 = 488.840,23669$  Solusi awal yang diperoleh disubstitusikan ke dalam metode Adams-Bashforth-Moulton untuk melakukan peramalan dengan menggunakan nilai  $r = 3, 4, \dots, n$ . Selanjutnya, hasil peramalan tersebut dikoreksi melalui penerapan metode Adams-Moulton. Setelah itu, dilakukan perbandingan antara data aktual dan hasil prediksi jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia yang dihasilkan oleh metode Adams-Bashforth-Moulton, sebagaimana ditampilkan pada grafik berikut.



Gambar 2. Grafik Data Aktual Produksi Kelapa Sawit di Indonesia

Pada Gambar 2, terlihat bahwa hasil prediksi produksi kelapa sawit mendekati nilai data aktual. Hal ini menunjukkan bahwa metode Adams-Bashforth-Moulton memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam melakukan peramalan.

Tabel 2. Persentase Kenaikan Kelapa Sawit

No	Jumlah Produksi Kelapa Sawit (Ton)	Persentasekenaikan Jumlah Produksi
2025	40.288.072,61738675	5.42%
2026	42.389.238,747641757	5.22%
2027	44.510.837.165244691	5.00%
2028	46.644.477,930591479	4,79%
2029	48.781.577,996532328	4.58%

Tabel 2. Persentase kenaikan Jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia selama periode 2025 hingga 2029

menunjukkan tren peningkatan, dengan rata-rata persentase kenaikan setiap tahunnya sebesar 5.00%.

**PENUTUP**

**SIMPULAN**

Berdasarkan hasil peramalan menggunakan metode *Adams-Bashforth-Moulton*, diperoleh prediksi yang cukup akurat dalam meramalkan. Data menunjukkan bahwa produksi kelapa sawit mengalami peningkatan rata-rata sebesar 5,00% setiap tahunnya. Pada tahun 2025 hingga 2029 adalah 40.288.072,61738675ton, 42.389.238,747641757t on, 44.510.837,165244691ton, 46.644,930591479 ton, 48.781.577,996532328 ton.

**SARAN**

Berdasarkan dari penelitian ini, terdapat sejumlah rekomendasi yang dapat diajukan untuk mendukung pengembangan penelitian di masa mendatang., yakni; dalam upaya meningkatkan akurasi peramalan, disarankan untuk mempertimbangkan pengembangan model numerik yang lebih kompleks atau mengombinasikan metode *Adams-Bashforth-Moulton* dengan metode lain seperti ARIMA atau model peramalan lainnya, guna menangkap pola dan tren data yang bersifat nonlinier. Dengan demikian, disarankan agar penelitian selanjutnya dapat menggunakan data dengan resolusi waktu yang lebih tinggi, seperti data bulanan atau triwulanan, serta mempertimbangkan variabel eksternal yang relevan seperti curah hujan, luas lahan tanam, harga komoditas, dan kebijakan pemerintah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriadi, Demsi, Eries Dyah Mustikarini, and Nyanyu Siti Khodijah. 2023. "Kepuasan Petani Gapoktan Mitra Bersama Terhadap Pendampingan Peremajaan Kelapa Sawit Di Kabupaten Bangka Tengah." *Jurnal Agrica* 16(1): 90–101. doi:10.31289/agrica.v16i1.8498.
- Apriani, Dewi, Wasono Wasono, and Moh. Nurul Huda. 2022. "Penerapan Metode Adams-Bashforth-Moulton Pada Persamaan Logistik Dalam Memprediksi Pertumbuhan Penduduk Di Provinsi Kalimantan Timur." *Eksponensial* 13(2):95-102. doi:10.30872/eksponensial.v13i2.1046.
- Arjuna, Dimas Bagus, and Riri Syafitri Lubis. 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. doi:10.47065/josh.v5i2.4857.
- Azhar, Aurizan Himmi, Sugiyanto Sugiyanto, Muhammad Wakhid Musthofa, and Muhamad Zaki Riyanto. 2021. "Transformasi Fourier Multiplikatif Dan Aplikasinya Pada Persamaan Diferensial Multiplikatif." *Jurnal Derivat: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika* 8(2): 149–160. doi:10.31316/j.derivat.v8i2.1996.
- Daratullaila, Riezky Purnama Sari, Riska Novita Sari, sssssAdinda Tri Hidayanti, Okta Safira Ritonga. 2024. "Penerapan Metode Adams Bashforth Moulton Dalam Memprediksi Jumlah Produksi Kelapa Sawit Di Provinsi Sumatera Utara." *Delta-Pi: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika* 13(2): 193–205.
- Ismiasih, Ismiasih, and Helmi Afroda. 2023. "Faktor Penentu Produksi Kelapa Sawit Rakyat Di Provinsi Riau." *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*23(2):211–218. doi:10.25181/jppt.v23i2.2726.
- Izafera, Anis Huzaimanor, Nur Salam, and Dewi Sri Susanti. 2023. "Peramalan Produksi Kelapa Sawit Dan Karet Di Provinsi Kalimantan Selatan." *Jurnal Agro Industri Perkebunan* 11(2): 71–80. doi:10.25181/jaip.v11i2.2870.
- Lestari, Nisa Sukma, Dadang Ruhiat, Siti Dwi, and Rahayu Septiani. 2023. "Hubungan Transformasi Laplace Dengan Transformasi Aboodh Dan Aplikasinya Pada Persamaan Diferensial Biasa." 39 | *Jurnal Riset Matematika dan Sains Terapan* 3(1): 39–52.
- Martí, Jordi, and Bernat Diaz. 2020. "Efficient Recursive Adams–Bashforth Methods in Molecular Dynamics Simulations of N-Body Systems Interacting through Pairwise Potentials." *Molecular Simulation* 46(16): 1248–1254. doi:10.1080/08927022.2020.1815730.
- Mustari, Yonariza, and R. Khairati. 2020. "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Komoditas Kelapa Sawit Perkebunan Rakyat Dengan Pola Swadaya Di Kabupaten Aceh Tamiang." *Jurnal Ilmiah MEA (Manajemen, Ekonomi, dan Akuntansi)* 4(3): 1524-1542.
- Nisa, Sayyidan, Irwan Irwan, and Ilham Syata. 2024. "Penerapan Metode Runge-Kutta Orde 4 Model Penyebaran Demam Berdarah Dengue Di Kota Makassar." *Al-Aqlu: Jurnal Matematika, Teknik dan Sains* 2(1): 52–61. doi:10.59896/aqlu.v2i1.52.
- Pandia, Wajib, and Israil Sitepu. 2021. "Penentuan Galat Persamaan Diferensial Biasa Orde 1 Dengan Metode Numerik." *Jurnal Mutiara Pendidikan Indonesia* 6(1): 31–37. doi:10.51544/mutiarapendidik.v6i1.1907.
- Rakhmawati, Sofia Nabilla; Fibri. 2023. "Implementasi Metode Adams Bashforth Moulton Pada Persamaan Logistik Biner Untuk Menganalisis Prediksi Tingkat Pertumbuhan Ekonomi." *Jurnal Pendidikan Matematika: Judika Education* 5(2): 149–164.
- Resmawan, Resmawan, Binti Mualifatul Rosydah, and Rizka Putri Handayani. 2023. "Komparasi Skema Numerik Euler, Runge-Kutta Dan Adam-Basforth-Moulton Untuk Menyelesaikan Solusi Persamaan Osilator Harmonik." *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi* 11(2): 282–292. doi:10.37905/euler.v11i2.22420.
- Rifandi, Muh, and Muhammad Abdy. 2023. *Suatu Pengantar Persamaan Diferensial BIASA*. Uwais Inspirasi Indonesia.

- Model of DHF Spread Using the Runge-Kutta Fourth Order Method." *ARRUS Journal of Mathematics and Applied Science* 2(2): 92-100. doi:10.35877/mathscience745.
- Sari, Adek Kumala, Rina Widyasari, and Hendra Cipta. 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. doi:10.46306/lb.v5i1.519.
- Sari, Riezky Purnama, and Riska Novita. 2023. "Prediksi Jumlah Produksi Kakao Provinsi Aceh Dengan Metode Adam." 04(01): 57-62.
- Side, Syafruddin, Maya Sari Wahyuni, and Arifuddin R. 2020. "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. doi:10.35580/jmathcos.v2i1.12463.
- Side, Syafruddin, Ahmad Zaki, and Miswar. 2022. "Numerical Solution of the Mathematical
- Siswanto, Yudi, Zulkarnain Lubis, and Erwin Nyak Akoeb. 2020. "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Kelapa Sawit Rakyat Di Desa Tebing Linggahara Kecamatan Bilah Barat Kabupaten Labuhanbatu." *AGRISAINS: Jurnal Ilmiah Magister Agribisnis* 2(1): 60-70. doi:10.31289/agrisains.v2i1.255.
- Suryani, Irma, Aldi Suprianto, Wartono Wartono, and Rahmadeni Rahmadeni. 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. doi:10.24014/jsms.v9i1.19694.
- Tarisma, Tantri, Fazrina Saumi, And Ulya Nabilla. 2024. "Application Of The Adams Bashforth-Moulton Method To Coffee Production Quantity Approach." 9(4): 1063-1071.