Terbit online pada laman web jurnal: **https://ejurnalunsam.id/index.php/jicom/**

Jurnal Informatika dan Teknologi Komputer

Vol. 04 No. 01 (2023) 57- 62 E-ISSN :2774-7115 P-ISSN: 2775-2089

Prediksi Jumlah Produksi Kakao Provinsi Aceh dengan Metode Adam Bashforth-Moulton (ABM)

Riezky Purnama Sari[1*], Riska Novita sari[2]

[1,2]Matematika, Fakultas Teknik, Universitas Samudra

[1]riezkypurnamasari@unsam.ac.id* , [2]novitar04@gmail.com

Abstract

Aceh province's cocoa production experiences increases and decreases every year and has not shown significant development even though cocoa has a very important role in supporting the agricultural sector and the economy of Aceh province. The aim of this research is to provide information about estimating the production and supply of cocoa for Aceh province in 2023-2026 with the hope that the government can make more precise plans regarding cocoa and can make Aceh province the largest cocoa producer in Sumatra. This research uses the Adams Bashforth Moulton method which can provide a fairly accurate solution in completing the approximation of cocoa production quantities. Data analysis began by using the fourth order Runge Kutta method to obtain four initial solutions which were then substituted into the fourth order Adams Bashforth predictor equation. Next, the Adams Moulton Method is completed iteratively. The iteration is stopped if the relative error is less than the stopping criterion 5×10^{-7} *the iteration is carried out 19 times with an interval of [0.19]. The fourth order Adams Bashforth Moulton method can be used to find a numerical solution for the amount of cocoa production in Aceh Province with a step size of h=1. The estimation results using the Adams Bashforth Moulton method show that every year the amount of cocoa production increases by an average of 3.67% per year. The predicted cocoa production for Aceh Province in 2023 will be 38451.2 tons, in 2024 it will be 39880.6 tons, in 2025 it will be 41327.5 tons, and in 2026 it will be 42789.6 tons.*

Keywords: cacao, Adams Bashforth Moulton method, Runge kutta.

Abstrak

Produksi kakao provinsi Aceh ternyata mengalami peningkatan dan penurunan di tiap tahun dan belum menunjukan perkembangan yang berarti padahal kakao memiliki peranan sangat penting dalam mendukung sektor pertanian dan perekonomian provinsi Aceh. Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan informasi tentang mengestimasi produksi dan persediaan kakao provinsi Aceh tahun 2023-2026 dengan harapan pemerintah dapat membuat perencanaan yang lebih tepat terkait kakao dan dapat menjadikan provinsi aceh sebagai produsen kakao terbesar di Sumatera. Penelitian ini menggunakan metode adams bashforth moulton yang dapat memberikan solusi yang cukup akurat dalam menyelesaikan approximation jumlah produksi kakao. Analisa data diawali dengan menggunakan metode Runge Kutta orde empat untuk memperoleh empat solusi awal yang kemudian disubstitusikan ke persamaan prediktor Adams Bashforth orde empat. Selanjutnya Metode Adams Moulton diselesaikan secara iterasi. Iterasi dihentikan apabila galat relatif kurang dari kriteria pemberhentian 5×10^{-7}, iterasi yang dilakukan sebanyak 19 kali dengan interval [0,19]. Metode Adams Bashforth Moulton orde empat dapat digunakan untuk mencari solusi numerik dari jumlah produksi kakao di Provinsi Aceh dengan ukuran langkah $h = 1$. Hasil estimasi dengan metode Adams Bashforth Moulton menunjukkan bahwa setiap tahunnya jumlah produksi kakao meningkat rata-rata 3.67% pertahun. Prediksi produksi Kakao Provinsi Aceh pada tahun 2023 sebanyak 38451,2 ton, tahun 2024 sebanyak 39880,6 ton, tahun 2025 sebanyak 41327,5 ton, dan Pada tahun 2026 sebanyak 42789,6 ton.

Kata kunci: Kakao, Adams Bashforth Moulton, Runge Kutta.

1. Pendahuluan

Kakao memiliki nama latin *Theobrema cacao L* merupakan salah satu komoditi unggulan provinsi Aceh dan menempati peringkat keenam dalam hal luas kebun kakao terluas di negara ini. Luas lahan kakao di Aceh mencapai 97.155 hektar, termasuk perkebunan rakyat dan perkebunan swasta [1]. Aceh juga menjadi provinsi dengan produksi biji kakao tertinggi, menempati peringkat ketujuh di Indonesia [2].

Diterima Redaksi : 12-03-2023 | Selesai Revisi : 20-03-2023 | Diterbitkan Online : 01-04-2023

Kakao cukup penting bagi perekonomian daerah, selain sebagai penyedia lapangan kerja dan sumber devisa negara, kakao dapat memberikan sumber pendapatan yang kontinyu bagi petani mengingat kakao dapat dipanen sepanjang tahun walaupun volumenya bervariasi antar bulan. Disamping itu kakao juga berperan dalam mendorong pengembangan wilayah dan pengembangan agroindustri khususnya sebagai penyedia bahan baku untuk industri makanan dan minuman serta industri kosmetik dan farmasi [3].

Pengembangan tanaman perkebunan khususnya tanaman kakao di provinsi Aceh sudah selayaknya mendapat perhatian yang besar dari pemerintah Aceh serta perlu di buat perencanaan yang tepat. Hal ini dikarenakan Aceh memiliki potensi untuk dapat meningkatkan produksi kakao lebih banyak lagi, namun sayangnya potensi ini belum dapat dioptimalkan dengan baik. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Aceh, produksi kakao provinsi Aceh ternyata tidak konsisten dari tahun ke tahun atau dengan kata lain mengalami peningkatan pada tahun 2019 sebanyak 1.798 ton dan tahun 2020 sebanyak 555 ton. Produksi kakao mengalami penurunan sebesar 924 Ton pada tahun 2021 dapat di artikan jumlah produksi kakao provinsi Aceh masih belum menunjukan perkembangan yang berarti [1].

Pentingnya peranan komoditas kakao dalam mendukung sektor pertanian dan perekonomian provinsi Aceh, maka perlu diketahui tentang prospek kakao provinsi Aceh di tahun-tahun mendatang. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka diperlukan informasi tentang perkembangan kakao di Aceh yang dilengkapi dengan estimasi produksi dan persediaan kakao untuk beberapa tahun ke depan. Salah satu model matematika yang dapat memberikan informasi perkembangan kakao dimasa depan adalah dengan menggunakan metode Adams Bashforth Moulton.

Pada prinsipnya, metode Adams-Bashforth Moulton dapat memberikan Solusi yang cukup akurat dalam memprediksi jumlah produksi [4].Solusi numerik pada metode Adams Bashforth Moulton dapat diperoleh dari Runge Kutta orde empat. Metode runge kuta merupakan solusi numerik yang digunakan dalam menyelesaikan nilai – nilai awal pada persamaan diferensial nonlinier [5].

Proses penelitian yang dilaksanakan tidak terlepas dari penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai pedoman deferensi alat ukur pembahasan. Kajian tentang produksi kakao telah dilakukan pada perkebunan rakyat Jawa Timur dengan menganalisis trend peramalan luas areal dan produktivitas kakao [6]. Penelitian lainya membahas analisis kualitas tanah kebun kakao rakyat menggunakan nilai soil quality rating (SQR) dan hubungannya dengan produksi kakao rakyat di Kabupaten Pidie Jaya [7]. Penelitian tentang produksi kakao lainnya dilakukan dengan menganalisis faktor faktor yang mempengaruhi perbedaaan produktivitas kakao di tiga kecamatan di Kabupaten Aceh Tenggara [8]. Adapun Kebaruan ide penelitian ini lebih mengkaji tentang perkembangan kakao bukan saja di kabupaten tertentu namun perkembangan kakao di provinsi Aceh serta memprediksi jumlah produksi kakao provinsi Aceh tahun 2023 sampai 2026.

Berdasarkan pemaparan diatas penulis tertarik mengkaji jumlah produksi kakao Provinsi Aceh menggunakan metode Adams Bashforth Moulton. Tujuan penelitian ini untuk memberikan informasi tentang perkembangan kakao provinsi Aceh serta mengestimasi produksi dan persediaan kakao provinsi Aceh tahun 2023-2026. Dengan demikian diharapkan pemerintah dapat membuat perencanaan yang lebih tepat dalam penyediaan Kakao dan dapat menjadikan provinsi aceh sebagai produsen Kakao terbesar di Sumatera

2. Metode Penelitian

2.1. Pendekatan Pemecahan Masalah

Kajian perkembangan dan estimasi produksi kakao provinsi Aceh dilakukan dengan menerapkan metode Adams Bashforth Moulton. Penerapannya di awal dengan menentukan model logistik yang mengansumsikan bahwa populasi pada akhirnya akan mendekati pada titik ekuilibrium. Grafik dianggap mendekati konstan[9]. Persamaan (1) merupakan tingkat pertumbuhan relatif yang akomodatif dengan bentuk lebih sederhana.

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

jika persamaan (1) dikalikan *N*, maka diperoleh persamaan (2) yaitu persamaan diferensial logistik yaitu model pertumbuhan populasi.

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

dengan nilai awal $N(t_0) = N_0$

kemudian dilanjutkan dengan Metode Runge-Kutta Orde Empat. Metode ini ditemukan oleh matematikawan asal jerman yang bernama Carl Runge (1856-1927) dan Wilhelm Kutta (1867-1944) digunakan untuk menyelesaikan persaman diferensial biasa [10]. Metode runge-kutta merupakan salah satu dari satu syarat awal metode yang penting dalam menyelesaikan persamaan diferensial [11]. Bentuk umum Persamaan Metode Runge-Kutta Orde Empat[12].

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)h \quad (3)$$

dengan ini k adalah :

$$k_1 = f(x_i, y_i)$$
$$k_2 = f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}k_1 h\right)$$
$$k_3 = f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}k_2 h\right)$$
$$k_4 = f(x_i + h, y_i + k_3 h)$$

Selanjutnya Metode Adams Bashforth Moulton merupakan metode multi-step yang digunakan dalam memprediksi dan koreksi dengan menggunakan persamaan prediktor dan korektor [13]. Metode Adams Bashforth Moulton ini y_{n+1} diperoleh dari $y_n, y_{n-1} y_{n-2} y_{n-3}$. Metode Adams-Bashforth sebagai persamaan prediktor yang merupakan persamaan yang diperoleh dengan menaksir nilai y_{n+1} dari $y_n, y_{n-1} y_{n-2} y_{n-3}$ menggunakan persamaan berikut

$$\rho_{n+1} = y_n + \frac{h}{24}(55f_n - 59f_n + 37f_{n-2} + 9f_{n-3})$$

Sedangkan metode Adams-Moulton sebagai persamaan korektor yang merupakan persamaan yang memperbaiki nilai y_{n+1}dari persamaan prediktor menggunakan persamaan berikut

$y_{n+1} = \frac{h}{24}(9f_{n+1} + 19f_n - 5f_{n-1} + f_{n-2})$

Perkiraan ukuran langkah h ditinjau dari galat pemotongan untuk metode Adams-Bashforth orde empat [14]. Ukuran langkah h adalah salah satu persoalan yang penting dalam menyelesaikan persamaan diferensial biasa yang berdasarkan langkah per langkah. Untuk mengetahui perkiraan kesalahan maka menggunakan persamaan berikut[14][14][14][14][13][12][12][12][12][12][12][12][12][11][10][9][8][7][6][5][5][4][3](3)[3](3)

$y_{n+1} - y_{n+1} = -\frac{19}{270}(y_{n+1} - y_{n+1})$

$= \frac{19}{270}|y_{n+1} - y_{n+1}|$

Adams-Moulton memiliki beberapa keunggulan dibandingkan Adams-Bashforth yang eksplisit. Seperti yang telah disebutkan, metode Adams-Moulton memberikan perkiraan yang lebih akurat karena interval interpolasi yang lebih lebar dan metode ini lebih stabil [15].

2.2. Teknik Analisa data

Data merupakan data sekunder yaitu data runtun waktu diperoleh dari Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh dan Dinas Pertanian dan perkebunan Provinsi Aceh. Analisis deskriptif sederhana untuk data series kakao di Indonesia dilakukan untuk melihat gambaran awal produksi kakao Provinsi Aceh. Prediksi produksi kakao dilakukan dengan metode Adams Bashforth Moulton dengan bantuan software Matlab. Penarikan kesimpulan berdasarkan perolehan informasi dari analisa statistik deskriptif, pemilihan model terbaik dan prediksi jumlah produksi kakao yang diperoleh.

Program Matlab pada Runge kutta

```
% Runge-Kutta(Order 4) Algorithm
 % Approximate the solution to the initial-value problem
% dN/dt=0.04*N*(1-N/150000) ; 0<=t<=25 ; y(0)=33992;

f = @(t,N) (0.04*N*(1-N/150000));
a = input('Enter left end ponit, a:  ');
b = input('Enter right end point, b:  ');
n = input('Enter no. of subintervals, n: ');          % n=(b-a)/h
alpha = input('Enter the initial condition, alpha:  ');

h = (b-a)/n;
t = a;
N = alpha;
fprintf('  t         y\n');
fprintf('%5.3f %11.7f\n', t, N);

for i = 1:n
  k1 = h*f(t,N);
  k2 = h*f(t+h/2.0, N+k1/2.0);
  k3 = h*f(t+h/2.0, N+k2/2.0);
  k4 = h*f(t+h,N+k3);
  N = N+(k1+2.0*(k2+k3)+k4)/6.0;
  t = a+i*h;
  fprintf('%5.1f %11.9f\n', t, N);
end
```

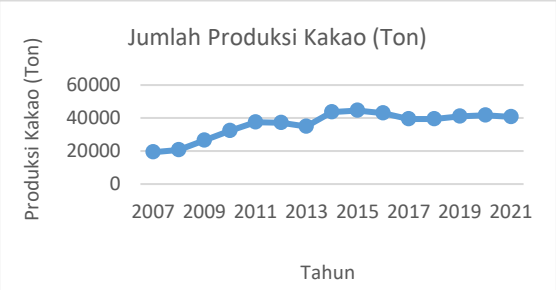
Program Matlab pada Adams Bashforth Multon

```
a=0;
b=25;
N=25;
h=(b-a)/N;
t=a:h:b;
n=length(t);
y(1)=39922;
yeks(1)=39922;
fprintf('Menggunakan ABM-4\n');
for i=1:3
 k1=h*(0.04*(1-y(i)/150000)*y(i));
 k2=h*(0.04*(1-(y(i)+0.5*k1)/150000)*(y(i)+0.5*k1));
 k3=h*(0.04*(1-(y(i)+0.5*k2)/150000)*(y(i)+0.5*k2));
 k4=h*(0.04*(1-(y(i)+k3)/150000)*(y(i)+k3));
 y(i+1)=y(i)+((1/6)*(k1+2*k2+2*k3+k4));
end
for i=4:n-1
 p(i+1)=y(i)+(h/24)*(-9*(0.04*(1-(y(i-3)/150000))*y(i-
3))+37*(0.04*(1-(y(i-2)/150000))*y(i-2))-59*(0.04*(1-(y(i-
1)/150000))*y(i-1))+55*(0.04*(1-(y(i)/150000))*y(i)));
 y(i+1)=y(i)+(h/24)*((0.04*(1-(y(i-2)/150000))*y(i-2))-5*(0.04*(1-
(y(i-1)/150000))*y(i-1))+19*(0.04*(1-
(y(i)/150000))*y(i))+9*(0.04*(1-(p(i+1)/150000))*p(i+1)));
end
fprintf(' t(i) p(i) y(i) Error \n');
for i=1:n
  error(i)=abs(y(i)-p(i))/y(i);
  fprintf('%3d %5.9f %5.9f %5.9f \n',t(i),p(i),y(i),error(i));
end
```

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan prosedur penelitian, beberapa langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk memperoleh hasil peramalan pada jumlah produksi kakao di Provinsi Aceh dengan menggunakan metode Adam Bashforth Moulton sebagai berikut :

Langkah 1**:** Menentukan data yang akan digunakan, laju pertumbuhan dan kapasitas tampung. Berikut adalah gambar data jumlah produksi kakao di Provinsi Aceh.



Gambar 1. Plot Data Jumlah Produksi Kakao di Provinsi Aceh

Produksi kakao di Provinsi Aceh mengalami fluktuasi (naik turunnya jumlah produksi) dengan rata-rata jumlah produksi kakao sebesar 35.839,80 ton pertahun. Penentuan hasil prediksi jumlah produksi kakao di Provinsi Aceh dilakukan dengan menentukan laju pertumbuhan dan kapasitas tampung (*carrying capacity*)

Laju pertumbuhan merupakan 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 (Kurniawa, 2017). Untuk laju pertumbuhan menggunakan persamaan:

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

$$k = \frac{1}{t}\ln\left(\frac{20585}{19303}\right) = 0{,}06$$

Dengan k = Laju pertumbuhan, t = Jumlah waktu ke-t, N = Jumlah produksi kakao pada saat t, N_0 = Jumlah produksi kakao awal pada saat t = 0. Berdasarkan nilai $k = 0{,}06$, maka laju pertumbuhan produksi kakao sebesar 6% dan populasi akan meningkat secara eksponensial.

Kapasitas tampung (*Carriying capacity*) diperoleh dengan cara *trial and error* yaitu mensubstitusikan perkiraan nilai *K* kedalam Model logistik (Apriani dkk, 2022). Karena jumlah produksi kakao di Provinsi Aceh sejak tahun 2007-2021 masih berada dibawah 100.000 ton, maka diasumsikan nilai kapasitas tampungnya yaitu *K* 100.000 ton. Pada interval [0,19] dengan banyak iterasi *n* = 19.

$$h = \frac{b-a}{n} = \frac{19-0}{19} = 1$$

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

Langkah 2. Menentukan Model Logistik sebagai persamaan diferensial nonlinier.

$$\frac{dN}{dt} = kN\left(1-\frac{N}{K}\right), \text{ dengan nilai awal } N(t_0) = N_0$$
$$= 0{,}06 \times N\left(1-\frac{N}{100000}\right)$$

Persamaan model logistik diselesaikan untuk mencari solusi numerik, sehingga solusi didapatkan dengan menggunakan metode Runge-Kutta dan metode Adam Bashforth Moulton.

Langkah 3. Menentukan empat solusi awal $N_0, N_1, N_2\ dan N_3$ menggunakan metode Runge Kutta dengan menggunakan persamaan

$\frac{dN}{dt} = 0{,}06 \times N\left(1-\frac{N}{100000}\right)$ dengan $N_0 = 19303$ dan $h = 1$

Tabel 1. Solusi awal menggunakan metode Runge-Kutta

$h = 1$			
r	t_r	N	$f_r(t_r, N) = 0{,}06 \times N\left(1-\frac{N}{100.000}\right)$
0	1	19303,000000000	934,6165146
1	2	20254,862534194	969, 136078284
2	3	21241,307834738	1003, 76257497
3	4	22262,382944731	1038,374760057

Langkah 4 Menentukan solusi numerik menggunakan metode Adams Bashforth

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

Dengan, N_r = Nilai Solusi awal pada persamaan Runge Kutta, f_r = Nilai solusi awal menggunakan persamaan model logistic Untuk $t_{r+1} = 4$, $N_r = 22262{,}382944731$

$N_4^{(0)} = 22262{,}382944731 + \frac{1}{24}(55(1038{,}374760057) - 59(1003{,}76257497) + 37(969{,}136078284) - 9(934{,}6165146$

$N_4^{(0)} = 23318{,}012367449$

Langkah 5. Menentukan solusi numerik menggunakan metode Adams Moulton

$N_{r+1}^{(k)} = N_r + \frac{h}{24}\left(9f_{r+1}^{(0)} + 19f_r - 5f_{r-1} + f_{r-2}\right)$

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

Untuk $t_{r+1} = 4$

$N_r = 22262{,}382944731$

$f_4^{(0)} = f_4(4; 22262{,}382944731)$

$= 0{,}06\left(1-\frac{23318{,}012367449}{100000}\right)23318{,}012367449$

$= 1072{,}842921586$

$N_{3+1}^{(1)} = 22262{,}382944731 + \frac{1}{24}(9(1072{,}842921586\ ) + 19(1038{,}374760057) - 5(1003{,}76257497) + (969{,}136078284)$

$N_4^{(1)} = 23318{,}009192171$

Dihitung galatnya dan dibandingkan dengan kriteria pemberhentian:

$$\left|\frac{P_{r+1}^{(k)} - P_{r+1}^{(p)}}{P_{r+1}^{(k)}}\right| = \left|\frac{23318{,}009192171 \quad - 23318{,}012367449}{23318{,}009192171}\right| = 0.000000136 \approx 136 \times 10^{-9}$$

Karena nilai galat lebih kecil dari kriteria pemberhentian yaitu $\varepsilon = 5 \times 10^{-7}$ maka iterasi dapat dilanjutkan ke iterasi selanjutnya yaitu iterasi ke-5 untuk tahun 2012 dan begitu seterusnya sampai tahun 2026.

Tabel 2. Hasil peramalan dengan menggunakan metode Adam Bashforth Moulton pada model logistik untuk jumlah produksi kakao di Provinsi Aceh

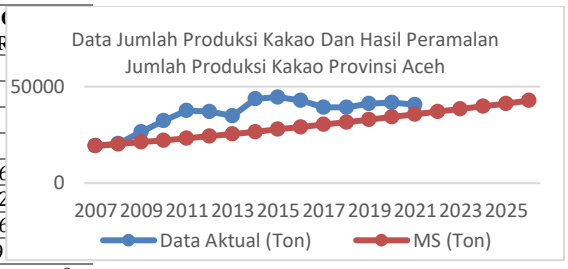
			h =1		
Tahun	r	t_r	$N_r^{(0)}$	N_r	**R**
2007	0	1		19303,000000000	
2008	1	2		20294,760379166	
2009	2	3		21326,684142336	
2010	3	4		22399,290276803	
2011	4	5	23318.012367449	23318.009192171	136
2012	5	6	24407.977309738	24407.974341185	122
2013	6	7	25531.927171210	25531.924458853	106
2014	7	8	26689.359568478	26689.357182457	89
2015	8	9	27879.617799699	27879.615801085	72×10^{-9}
2016	9	10	29101.886014461	29101.884465179	53×10^{-9}
2017	10	11	30355.185729396	30355.184688734	34×10^{-9}
2018	11	12	31638.373773530	31638.373296350	15×10^{-9}
2019	12	13	32950.141818060	32950.141952976	4×10^{-9}
2020	13	14	34289.017607131	34289.018394692	23×10^{-9}
2021	14	15	35653.367983588	35653.369454515	41×10^{-9}
2022	15	16	37041.403774886	37041.405948473	59×10^{-9}
2023	16	17	38451.186571664	38451.189454387	78×10^{-9}
2024	17	18	39880.637395448	39880.640979884	80×10^{-9}
2025	18	19	41327.547213686	41327.551477803	103×10^{-9}
2026	19	20	42789.589220773	42789.594127638	115×10^{-9}

Tabel 2 terlihat bahwa galat relatif lebih kecil dari kriteria pemberhentian maka iterasi dilanjutkan sampai iterasi ke-19. Hasil peramalan menggunakan metode Adam Bashforth Moulton telah memenuhi kriteria pemberhentian $\varepsilon = 5 \times 10^{-7}$. Terlihat bahwa semakin bertambahnya tahun jumlah produksi kakao di Provinsi Aceh semakin meningkat.

Nilai N_r untuk r = 4 sampai 19 pada Tabel 1 merupakan nilai korektor Adams Moulton yang menyatakan peramalan jumlah produksi kakao. Nilai galat pada iterasi ke-0 sampai dengan iterasi ke-3 tidak ada hal ini dikarenakan pada iterasi ke-0 sampai iterasi ke-3 merupakan solusi awal yang dihasilkan dengan menggunakan metode Runge Kutta Orde Empat sehingga pada iterasi tersebut tidak memiliki galat.

Penerapan metode Adam Bashforth Moulton dalam memprediksi jumlah produksi kakao di Provinsi Aceh menghasilkan sebuah solusi numerik dengan menggunakan persamaan $\frac{dN}{dt} = kN\left(1 - \frac{N}{K}\right)$ dengan nilai $k = 0.06$ dan $K = 100.000$ ton. Pada persamaan model logistik terlebih dahulu diselesaikan dengan menggunakan metode runge kutta untuk memperoleh solusi awal $f_0 = 934{,}6165146, f_1 = 969{,}136078284, f_2 = 1003{,}76257497 dan\ f_3 = 1038{,}374760057$. Solusi awal tersebut disubstitusikan pada metode Adam Bashforth Moulton untuk memperoleh hasil peramalan dengan menggunakan nilai $r = 3{,}4, \ldots, n$ kemudian hasil peramalan di koreksi menggunakan metode Adams Moulton.

Perbandingan data aktual dan hasil peramalan jumlah produksi kakao di Provinsi Aceh dapat dilihat pada gambar grafik berikut.



Gambar 2. Data Aktual Jumlah Produksi Kakao dan Hasil Peramalan Jumlah Produksi Kakao di Provinsi Aceh

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa hasil peramalan jumlah produksi kakao mendekati data aktual berarti metode Adam Bashforth Moulton sangat akurat digunakan untuk melakukan peramalan.

Tabel 3. Presentase Kenaikan Jumlah Produksi Kakao di Provinsi Aceh Tahun 2023-2026

Tahun	**Jumlah Produksi Kakao (Ton)**	**Presentase Kenaikan Jumlah Produksi**
2023	38451,189454387	3,81%
2024	39880,640979884	3,72%
2025	41327,551477803	3,63%
2026	42789,594127638	3,54%

Tabel 3 Menunjukan hasil jumlah produksi kakao di Provinsi Aceh pada tahun 2022-2026 mengalami peningkatan dengan nilai rata-rata persentase kenaikan sebesar 3,72%.

4. Kesimpulan

Hasil prediksi dengan metode Adams Bashforth Moulton menunjukkan bahwa setiap tahunnya jumlah produksi kakao meningkat rata-rata 3.67% pertahun. Prediksi jumlah produksi Kakao Provinsi Aceh pada tahun 2023 sebanyak 38451,2 ton, tahun 2024 sebanyak

39880,6 ton, tahun 2025 sebanyak 41327,5 ton, dan Pada tahun 2026 sebanyak 42789,6 ton.

Daftar Rujukan

[1] Distanbun, "Statistik Perkebunan Aceh 2021," *2022*. 2021.

[2] M. F. Zikri, C. Mulyani, and Y. Marnita, "Tingkat Serangan Penyakit Busuk Buah Kakao (Phytophthora palmivora L.) Dan Kehilangan Hasil Tanaman Kakao Di Kecamatan Darul Ihsan Kabupaten Aceh Timur," *J. Agric.*, vol. 9, no. 2, pp. 11–20, 2022.

[3] Kementerian Pertanian, *Outlook Komoditas Perkebunan Kakao*. 2022.

[4] A. H. Azhar, S. Sugiyanto, M. W. Musthofa, and M. Z. Riyanto, "Transformasi Fourier Multiplikatif Dan Aplikasinya Pada Persamaan Diferensial Multiplikatif," *J. Deriv. J. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 8, no. 2, pp. 149–160, Dec. 2021, https://doi.org/10.31316/j.derivat.v8i2.1996

[5] A. Fatahillah, M. Istiqomah, and D. Dafik, "Pemodelan Matematika Pada Kasus Kecanduan Game Online Menggunakan Metode Runge-Kutta Orde 14," *Limits J. Math. Its Appl.*, vol. 18, no. 2, p. 129, 2021, doi: 10.12962/limits.v18i2.6854.

[6] P. R. Mulyo and Y. Hariyati, "Dinamika Perkembangan Perkebunan Kakao Rakyat di Indonesia," *Agriekonomika*, vol. 9, no. 1, pp. 48–60, 2020, https://doi.org/10.21107/agriekonomika.v9i1.7296

[7] A. Azzuhra, Z. Zainabun, and A. Karim, "Penilaian Kualitas Tanah Kebun Kakao Rakyat Menggunakan Kriteria Minimum Data Set (MDS) dan Korelasinya dengan Produksi Kakao di Kabupaten Pidie Jaya," *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 6, no. 3, pp. 303–312, 2021, .https://doi.org/10.17969/jimfp.v6i3.17638

[8] R. Ariani, "Analisis Produktivitas Kakao Di Kabupaten Aceh Tenggara," *J. Sains Pertan.*, vol. 6, no. 3, pp. 96–98, 2022, https://doi.org/10.51179/jsp.v6i3.1684

[9] S. Side, M. S. Wahyuni, and A. R, "Solusi Numerik Model Verhulst pada Estimasi Pertumbuhan Hasil Panen Padi dengan Metode Adam Bashforth-Moulton (ABM)," *J. Math. Comput. Stat.*, vol. 2, no. 1, p. 91, 2020, https://doi.org/10.35580/jmathcos.v2i1.12463

[10] S. Rahmatullah, Y. Arman, and A. Apriansyah, "Simulasi Gerak Osilasi Model Pegas Bergandeng Menggunakan Metode Runge-Kutta," *Prism. Fis.*, vol. 8, no. 3, p. 180, 2020, doi: 10.26418/pf.v8i3.43681.

[11] L. I. Setiawan and S. Mungkasi, "Penyelesaian Model Epidemi Sir Menggunakan Metode Runge-Kutta Orde Empat Dan Metode Adams-Bashforth-Moulton," *Komputasi J. Ilm. Ilmu Komput. dan Mat.*, vol. 18, no. 2, pp. 55–61, 2021, https://doi.org/10.33751/komputasi.v18i2.3623

[12] I. Suryani and A. Suprianto, "Model Verhulst Pada Estimasi Pertumbuhan Produksi Padi Menggunakan Metode Milne-Simpson dan Adams-Bashforth-Moulton Abstrak," *J. Sains Mat. Dan Stat.*, vol. 9, no. 1, pp. 27–36, 2023, https://doi.org/10.24014/jsms.v9i1.19694

[13] R. S. Putri, E. Noviani, and Y. Intisari, "Prediksi Jumlah Penduduk Dengan Persamaan Logistik Menggunakan Metode Adams-Bashforth-Moulton," *Bul. Ilm. Mat. Stat dan Ter.*, vol. 11, no. 1, pp. 159–166, 2022.

[14] D. Apriani and N. Huda, "Penerapan Metode Adams-Bashforth-Moulton pada Persamaan Logistik Dalam Memprediksi Pertumbuhan Penduduk di Provinsi Kalimantan Timur The Application of the Adams-Bashforth-Moulton Method to the Logistic Equation in Predicting Population Growth in the Prov," *eksponensial*, vol. 13(2), pp. 95–102, 2022, doi: https://doi.org/10.30872/eksponensial.v13i2.1046.

[15] A. Pletinckx, D. Fiß, and A. Kratzsch, "Developing and Implementing Two-Step Adams-Bashforth-Moulton Method with Variable Stepsize for the Simulation Tool DynStar," *ACC J.*, vol. 23, no. 1, pp. 51–61, 2017, https://doi.org/10.15240/tul/004/2017-1-005