

## PENERAPAN METODE MILNE-SIMPSON PADA ESTIMASI PRODUKSI CENGKEH DI PROVINSI MALUKU

### *IMPLEMENTATION OF THE MILNE-SIMPSON METHOD TO THE ESTIMATION OF CLOVE PRODUCTION IN MALUKU PROVINCE*

Monalisa E. Rijoly<sup>1)\*</sup>, Francis Y. Rumlawang<sup>2)</sup>, dan Berny Pebo Tomasouw<sup>3)</sup>,  
<sup>1,2,3)</sup> Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia  
[\\*engellinemonalisa@gmail.com](mailto:engellinemonalisa@gmail.com)

#### **ABSTRACT**

*The Verhulst model is a model in the form of a nonlinear differential equation that describes the continuous increase or growth of a population. One of the multi-step methods of the numerical method can be used to solve the Verhulst model, namely the Milne-Simpson method. The Verhulst model is solved first using the Runge-Kutta method of order 4 to obtain four initial values, which are then used to determine a numerical solution using the Milne-Simpson method. This study aims to estimate clove production for 10 years using the Milne-Simpson method. The numerical solution of the Verhulst model obtained in 2022 is 107.721 tons with step size  $h=1$ , the storage capacity for clove production in Maluku Province is  $K=150,000$  tons, and the production rate is  $k=0,05897$ . From 2022 to 2027, clove production will experience an increase, which will increase by an average of 4.7%.*

**Keywords:** *Clove Production, Verhulst model, Numerical Method, Runge-Kutta method of order 4, Milne-Simpson method.*

#### **ABSTRAK**

Model Verhulst merupakan model dalam bentuk persamaan diferensial nonlinier yang menggambarkan peningkatan atau pertumbuhan suatu populasi yang bersifat kontinu. Salah satu metode multi-step dari metode numerik dapat digunakan untuk menyelesaikan model Verhulst, yaitu metode Milne-Simpson. Model Verhulst diselesaikan terlebih dahulu menggunakan metode Runge-Kutta orde 4 untuk memperoleh empat nilai awal yang kemudian nilai awal tersebut akan digunakan dalam menentukan solusi numerik dengan menggunakan metode Milne-Simpson. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi produksi cengkeh selama 10 tahun dengan menggunakan metode Milne-Simpson. Solusi numerik dari model Verhulst yang diperoleh dari model Verhulst pada  $t=2022$  adalah 107.721 ton dengan step size  $h=1$ , kapasitas penampung untuk produksi cengkeh di provinsi Maluku sebesar  $K=150.000$  ton dan laju produksi  $k$  sebesar 0,05897. Pada tahun 2022 sampai 2027 produksi cengkeh mengalami kenaikan produksi, yang rata-rata kenaikannya sebesar 4,7%.

**Kata kunci:** *Produksi Cengkeh, Model Verhulst, Metode Numerik, Runge-Kutta Orde 4, Metode Milne-Simpson.*

### **1. PENDAHULUAN**

Hampir sebagian besar dari produksi cengkeh digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Kebutuhan nasional cengkeh diperkirakan melebihi produksi dalam negeri, sehingga mendorong minat masyarakat khusus masyarakat di Provinsi Maluku untuk tetap

menanam cengkeh agar produksi cengkeh selalu dapat memenuhi kebutuhan. Untuk mengatasi masalah yang terjadi meningkatnya kebutuhan nasional dari produksi cengkeh maka perlu dilakukan estimasi produksi cengkeh untuk beberapa tahun ke depan.

Dalam ilmu Matematika, estimasi hasil produksi cengkeh dapat dimodelkan dengan menggunakan persamaan diferensial biasa. Persamaan diferensial merupakan salah satu bagian dari matematika yang sangat erat hubungannya dengan kehidupan sehari-hari (Side, Hidri, & Jafaruddin, 2015). Secara umum persamaan diferensial dibagi menjadi dua yaitu persamaan diferensial biasa dan persamaan diferensial parsial. Sedangkan berdasarkan sifat kelinearannya persamaan diferensial dibagi menjadi dua jenis yaitu persamaan diferensial linear dan nonlinear. Salah satu contoh persamaan diferensial nonlinier adalah model logistik atau lebih dikenal dengan model Verhulst.

Model Verhulst merupakan model dalam bentuk persamaan diferensial nonlinier yang menggambarkan peningkatan atau pertumbuhan suatu populasi yang bersifat kontinu. Suatu Persamaan diferensial dapat diselesaikan secara analitik maupun numerik. Namun, tidak semua persamaan diferensial nonlinear dapat ditentukan solusi analitiknya (eksak), sehingga penyelesaian secara numerik dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan tersebut. Penyelesaian secara numerik sehingga kenal dengan metode numerik. Penyelesaian atau solusi yang diperoleh dengan metode numerik dinamakan solusi numerik yaitu solusi hampiran atau pendekatan dari solusi eksak.

Metode numerik dalam penyelesaian persamaan diferensial biasa terbagi atas dua metode yaitu metode one-step dan metode multi-step (Side, S., Wahyuni, M. S., & Arifuddin, R., 2019). Salah satu metode multi-step yang digunakan pada estimasi hasil produksi cengkeh adalah metode Milne-Simpson.

## **2. METODOLOGI**

### **2.1. Data dan sumbernya**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa data sekunder yang diperoleh dari publikasi Direktorat Jenderal Perkebunan berupa hasil panen padi dari Tahun 2017-2022 di Provinsi Maluku.

### **2.2. Prosedur Penelitian**

Langkah-langkah dalam menyelesaikan persamaan diferensial non linier secara numerik dengan metode Milne-Simpson adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan data yang akan digunakan yaitu data produksi cengkeh di Provinsi Maluku, laju produksi dan Kapasitas Tampung Provinsi Maluku.
- b. Menentukan nilai awal dan *step size* serta menentukan solusi awal menggunakan Metode Runge-Kutta orde 4
- c. Menentukan nilai fungsi  $f_1, f_{n-1}, f_{n-2}$ , dan  $f_{n-3}$
- d. Menentukan nilai fungsi  $f_{n+1}$  serta mengoreksi nilai  $y_{n+1}$  menggunakan persamaan korektor.
- e. Menganalisis hasil koreksi dari Metode Milne-Simpson

### 3. PEMBAHASAN

#### 3.1. Nilai Awal Model Verhulst Menggunakan Metode Runge-Kutta Orde-4 Pada Hasil Panen Pala di Provinsi Maluku

Data dari hasil produksi cengkeh di Provinsi Maluku yang diperoleh dari publikasi Direktorat Jenderal Perkebunan berupa hasil produksi cengkeh dari Tahun 2017-2021 akan digunakan untuk mengestimasi hasil produksi cengkeh pada Tahun 2022-2027. Data hasil produksi cengkeh dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 1. Produksi Cengkeh di Provinsi Maluku**

No	Tahun	Jumlah Produksi (Ton)
1	2017	21.216
2	2018	20.001
3	2019	20.503
4	2020	20.499
5	2021	20.454

Selanjutnya akan ditentukan hasil produksi cengkeh untuk empat tahun berikut dari model Verhulst menggunakan metode Runge-Kutta orde empat (Rumlen, W. R., 2021). Model Verhulst diberikan oleh persamaan berikut:

$$f(t_n, P_n) = \frac{dP}{dt} = kP_n \left( 1 - \frac{P_n}{K} \right) \quad (1)$$

dengan:

$$f(t_n, P_n) = \frac{dP}{dt} = \text{Fungsi Produksi},$$

$k$  = Laju Produksi,

$P$  = Produksi,

$K$  = Kapasitas Tampung

Selanjutnya nilai  $k$  dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Uce, dkk 2017).

$$\frac{dP}{dt} = kP \quad (2)$$

Kemudian kalikan kedua ruas pada Persamaan (2) dengan  $\frac{1}{P} dt$  maka diperoleh

$$\frac{dP}{dt} \left( \frac{1}{P} dt \right) = kP \left( \frac{1}{P} dt \right) \Leftrightarrow \frac{dP}{P} = k dt \quad (3)$$

Untuk mendapatkan nilai  $k$  pada Persamaan (3) maka dapat dilakukan perhitungan dengan mengintegrasikan ruas kiri dengan batas  $P_0$  hingga  $P$  dan ruas kanan dengan batas 0 hingga  $t$  sehingga diperoleh

$$\ln \left( \frac{P}{P_0} \right) = kt \quad (4)$$

Selanjutnya dari Persamaan (4) diperoleh nilai  $k$  sebagai berikut

$$k = \frac{1}{t} \ln \left( \frac{P}{P_0} \right) \quad (5)$$

dengan  $P_0$  merupakan hasil produksi cengkeh pada Tahun 2017 yaitu 21.216.

Kemudian dengan mengambil nilai  $P_0 = 21.216$  yaitu hasil produksi pada Tahun 2017, nilai  $P = 20.001$  yaitu hasil panen pada Tahun 2018 dan  $t = 1$  maka diperoleh nilai  $k$ , yaitu

$$\left| k = \frac{1}{1} \ln \left( \frac{20.454}{20.499} \right) \right| \approx 0,05897$$

Setelah didapatkan nilai dari laju pertumbuhan ( $k$ ), maka sekarang akan dibahas kapasitas tampungnya ( $K$ ). Nilai dari kapasitas tampung didapatkan dengan metode coba – coba (*trial and error*) yaitu dengan mensubstitusikan nilai estimasi dari  $K$  kedalam model Verhulst (Iswanto, 2012). Karena jumlah hasil produksi cengkeh masih berada dibawah 30 Kiloton, maka dianggap nilai kapasitas tampungnya yaitu  $K = 150$  Kiloton sehingga diperoleh

$$f(t_n, P_n) = 0,05897 P_n \left( 1 - \frac{P_n}{150.000} \right) \quad (6)$$

Persamaan (6) akan digunakan untuk menentukan nilai  $P_n$  dengan menggunakan Metode Runge-Kutta orde empat yaitu

$$P_{n+1} = P_n + \frac{1}{6}(f_1 + 2f_2 + 2f_3 + f_4) \quad (7)$$

dengan

$$f_1 = hf(t_n, P_n)$$

$$f_2 = hf\left(t_n + \frac{1}{2}h, P_n + \frac{1}{2}f_1\right)$$

$$f_3 = hf\left(t_n + \frac{1}{2}h, P_n + \frac{1}{2}f_2\right)$$

$$f_4 = hf(t_n + h, P_n + f_3)$$

Nilai  $P_n$  yang akan ditentukan hanya untuk  $n = 1, 2, \text{ dan } 3$ , yang kemudian dianggap sebagai nilai awal dalam memprediksi hasil produksi tahun berikutnya.

Selanjutnya, berdasarkan perhitungan dengan program Matlab diperoleh nilai  $f_1, f_2, f_3, \text{ dan } f_4$  yang akan digunakan untuk menentukan solusi awal menggunakan metode Runge-Kutta.

n	t	f1	f2	f3	f4
1	1	1074.151	1096.750	1097.223	1120.078
2	2	1120.070	1143.146	1143.619	1166.931
3	3	1166.923	1190.435	1190.906	1214.629
4	4	1214.621	1238.520	1238.987	1263.070

**Gambar 1.** Hasil perhitungan nilai  $f_1, f_2, f_3, \text{ dan } f_4$  dengan Matlab

Berikut hasil nilai awal  $P_1, P_2, \text{ dan } P_3$  yang diperoleh dari metode Runge-Kutta orde-4 dengan ukuran langkah  $h = 1$  dan  $P_0 = 21.216$ .

n	t	P <sub>n</sub>	f (t, P)
1	1	22313.029	1074.151
2	2	23456.451	1120.070
3	3	24647.156	1166.923
4	4	25885.941	1214.621

**Gambar 2.** Hasil perhitungan nilai  $P_1, P_2,$  dan  $P_3$  dari Runge-Kutta orde-4 dengan Matlab

Hasil produksi dari empat tahun ini menjadi nilai awal yang akan dipakai dalam metode Milne-Simpsons.

### 3.2. Solusi Model Verhults Menggunakan Metode Milne-Simpson Pada Estimasi Produksi Cengkeh di Provinsi Maluku

Setelah nilai awal diketahui maka selanjutnya mencari solusi numerik yang merupakan estimasi produksi cengkeh dengan menggunakan metode Milne-Simpson. Bentuk umum metode Milne-Simpson dirumuskan sebagai berikut (Mathews J.H. and K.D. Fink , 1999):

$$\text{Prediktor : } p_{n+1} = y_{n-3} + \frac{4h}{3}(2f_n - f_{n-1} + 2f_{n-2}) \tag{8}$$

$$\text{Korektor : } y_{n+1} = y_{n-1} + \frac{h}{3}(f_{n-1} - 4f_n + f_{n+1}) \tag{9}$$

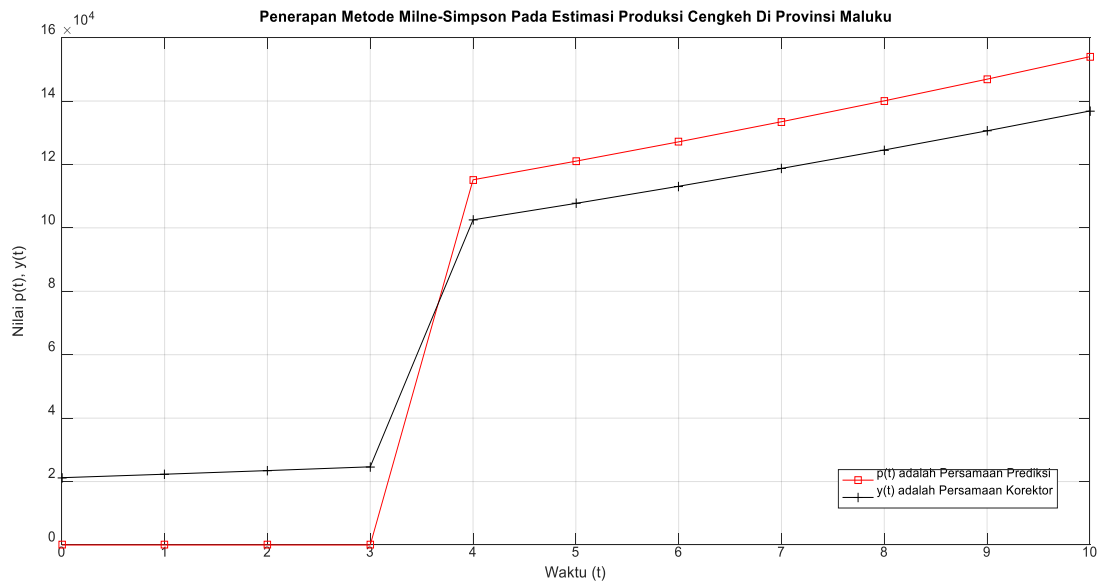
Nilai-nilai dari  $P_1, P_2,$  dan  $P_3$  serta nilai  $f(t_n, P_n)$  akan disubstitusikan pada persamaan Milne-Simpson yang akan menjadi nilai prediktor.

Berdasarkan perhitungan dengan program Matlab, maka diperoleh solusi numerik dengan menggunakan metode Milne-Simpson untuk memperdiksi hasil produksi cengkeh pada tahun 2023-2032, sebagai berikut:

-----Simulasi Numerik Model Verhuslt Menggunakan Metode Milne-Simpson-----

t	Prediktor	Korektor
0	0.000	21216.000
1	0.000	22313.029
2	0.000	23456.451
3	0.000	24647.156
4	115167.893	102527.440
5	121029.864	107720.751
6	127130.255	113122.660
7	133472.667	118736.038
8	140060.125	124563.222
9	146895.006	130605.960
10	153978.983	136865.357

**Gambar 3.** Hasil perhitungan solusi numerik model Verhuslt menggunakan metode Milne-Simpson dengan Matlab



**Gambar 4.** Grafik solusi numerik menggunakan metode Milne-Simpson

Nilai korektor untuk  $t = 4$  hingga 10 pada Gambar 3, menjelaskan solusi model Verhulst yang menunjukkan estimasi hasil produksi cengkeh di Provinsi Maluku. Estimasi hasil produksi cengkeh di Provinsi Maluku dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Estimasi Produksi Cengkeh di Provinsi Maluku untuk tahun 2018-2027**

Tahun	Jumlah Produksi (Ton)
2017	21.216
2018	22.313,029
2019	23.456,451
2020	24.647,156
2021	102.527,44
2022	107.720,751
2023	113.112,66
2024	118.736,038
2025	124.563,222
2026	130.605,96
2027	136.865,357

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat estimasi produksi cengkeh di Provinsi Maluku pada Tahun 2018-2021 yang diperoleh dari Gambar 3. Pada Tabel 2 juga terlihat bahwa produksi cengkeh di Provinsi Maluku mengalami kenaikan yang sangat tinggi pada tahun 2021. Berikut ini adalah tabel kenaikan produksi cengkeh dari Tahun 2020-2027:

**Tabel 3. Kenaikan Produksi Cengkeh Tahun 2021-2027**

Tahun	Jumlah Kenaikan Produksi Cengkeh (Ton)
2020-2021	77.880,284
2021-2022	5.193,311
2022-2023	5.391,909
2023-2024	5.623,3780
2024-2025	5.827,1840
2025-2026	6.042,738
2026-2027	6.259,397



Tabel 3 menunjukkan bahwa kenaikan pesat produksi cengkeh terjadi pada tahun 2020 ke tahun 2021, sedangkan pada tahun berikutnya (2021-2027) produksi cengkeh pada tahun mengalami kenaikan dengan rata-rata 5.723 dan berdasarkan Tabel 3 dapat disimpulkan estimasi produksi cengkeh di Provinsi Maluku pada tahun 2021-2027 seperti pada tabel berikut:

**Tabel 4. Presentase Kenaikan Jumlah Produksi Cengkeh di Provinsi Maluku  
Tahun 2021-2027**

Tahun	Jumlah Produksi (Ton)	Presentase Kenaikan Jumlah Produksi
2021	102.527,44	75,96%
2022	107.720,751	4,82%
2023	113.112,66	4,77%
2024	118.736,038	4,74%
2025	124.563,222	4,68%
2026	130.605,96	4,63%
2027	136.865,357	4,57%

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bawah rata-rata presentase kenaikan produksi cengkeh di Provinsi Maluku untuk tahun 2022 sampai 2027 adalah 4,7%.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa metode Milne-Simpson dapat mengestimasi produksi cengkeh di Provinsi Maluku. Pada hasil penelitian ini, estimasi yang diperoleh yaitu produksi cengkeh mengalami kenaikan produksi yang sangat tinggi antara tahun 2020 dan 2021 yaitu sebesar 77.880 ton. Selain itu, untuk tahun 2022 sampai 2027 produksi cengkeh tetap mengalami kenaikan dengan rata-rata 5.723 ton atau sebesar 4,7%.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Side, S., Hidri, S., & Jafaruddin, A. (2015). Penyelesaian Persamaan Lotka-Volterra dengan Metode Transformasi Diferensial. *Jurnal MSA*. 3(1); 1-10.
- Side, S., Wahyuni, M. S., & 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 (hal. 91 – 98) Vol. 2. No. 1.
- Uce, Silvy, P., Suhaemi, R., & Karrtika, H. 2017. Aplikasi Metode Eksponensial dan Logistik Dalam Meramalkan Jumlah Penduduk Kabupaten Karawang Pada Tahun 2020. Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika (SESIOMADIKA).6-13.
- Iswanto, R. J. (2012). *Pemodelan Matematika (Aplikasi dan Terapannya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rumlen, W. R. (2021). *Solusi Numerik Model Verhuslst Pada Estimasi Pertumbuhan Hasil Panen Pala Di Provinsi Maluku Dengan Metode Adams Bashforth Moulton* (Skripsi, tidak dipublikasi). Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Pattimura.
- Mathews J.H. and K.D. Fink. (1999). *Numerical Methods Using MATLAB*, Third edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.