

## **PREDIKSI JUMLAH PENDUDUK DENGAN PERSAMAAN LOGISTIK MENGUNAKAN METODE ADAMS-BASHFORTH-MOULTON**

(Studi Kasus: Kalimantan Barat)

**Suci Riska Putri, Evi Noviani, Yudhi**

### **INTISARI**

*Persamaan logistik adalah sebuah model pertumbuhan penduduk yang merupakan Persamaan Diferensial Biasa (PDB) non linear orde satu. Peneliti menggunakan persamaan logistik sebagai model pertumbuhan penduduk di Kalimantan Barat (Kalbar). Solusi dari persamaan logistik didapatkan dengan metode numerik yaitu menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton. Pada penelitian ini untuk memprediksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan carrying capacity 54.000.000, dengan laju pertumbuhan 1,8%. Metode ini menghasilkan jumlah penduduk provinsi Kalimantan Barat pada tahun 2021 sebanyak 5.264.695 jiwa, tahun 2022 sebanyak 5.350.842 jiwa dan 2023 sebanyak 5.438.242 jiwa. Nilai MAPE pada metode Adam-Bashforth-Moulton sebesar 0,689% berdasarkan kriteria nilai MAPE nilai tersebut sangat baik.*

**Kata Kunci:** *Persamaan Logistik, Runge-Kutta, Adams-Bashforth-Moulton, Metode Numerik*

### **PENDAHULUAN**

Pertumbuhan penduduk dapat mempengaruhi kemajuan dan kemakmuran daerah. Jumlah penduduk Kalbar mengalami peningkatan sekitar 1,01 juta jiwa dan laju pertumbuhan penduduk Kalbar sebesar 2,04% dalam 10 tahun terakhir. Pada tahun 2020 penduduk usia produktif di Kalbar sebesar 70,68% jumlah tersebut meningkat dari tahun 2010 sebesar 64,56%. Berdasarkan persentase tersebut di dapat jumlah usia produktif lebih banyak dari pada usia nonproduktif (0-14 tahun dan 65 tahun keatas). Hal ini menunjukkan bahwa Kalbar berada pada masa bonus demografi berdasarkan jumlah penduduk di usia produktif [1]. Semakin besar jumlah penduduk usia produktif maka semakin besar pula jumlah tabungan dari penduduk produktif, kemudian dapat memacu investasi dan pertumbuhan ekonomi sehingga bonus demografi juga dimaknai sebagai keuntungan ekonomis. Akan tetapi jika penduduk usia produktif tersebut tidak terserap oleh lapangan pekerjaan yang tersedia dan tidak memiliki pendapatan sehingga akan menjadi beban bagi ekonomi karena penduduk usia produktif tersebut tetap menjadi beban bagi penduduk yang bekerja dan akan memicu terjadinya angka pengangguran yang tinggi. Dampak tersebut dapat dikurangi dengan adanya sumber daya manusia yang memadai dan mampu kontribusi terhadap peningkatan produktivitas dan pertumbuhan ekonomi [2].

Pemenuhan kebutuhan penduduk di masa yang akan datang maka memerlukan peningkatan kualitas perencanaan pembangunan. Oleh karena itu diperlukan data jumlah penduduk pada saat ini dan pada masa yang akan datang melalui proyeksi penduduk. Proyeksi penduduk merupakan perkiraan jumlah penduduk dimasa yang akan datang, dan memerlukan asumsi kelahiran, kematian dan migrasi. Proyeksi penduduk dapat dihitung menggunakan pemodelan secara matematis. Pertumbuhan penduduk dapat dimodelkan ke dalam bentuk model matematika menggunakan persamaan diferensial. Persamaan diferensial dapat diselesaikan dengan metode analitik dan numerik. Metode numerik dapat diselesaikan menggunakan dua metode yaitu metode *one-step* dan *multi-step*.

Metode *one-step* hanya membutuhkan sebuah nilai awal, contohnya metode Runge-Kutta. Sedangkan metode *multi-step* membutuhkan beberapa nilai awal yang diperoleh dari metode *one-step*.

Metode *multi-step* disebut juga metode prediktor-korektor. Salah satu metode prediktor-korektor adalah metode Adam-Bashforth-Moulton yang dapat digunakan tanpa mencari turunan-turunan fungsinya terlebih dahulu [3]. Berdasarkan uraian yang telah peneliti sampaikan, maka peneliti tertarik untuk memprediksi pertumbuhan penduduk Kalimantan Barat dengan persamaan logistik dan menggunakan metode Runge-Kutta dan Adam-Bashforth-Moulton.

### PERSAMAAN LOGISTIK

Model logistik adalah model yang menggambarkan tentang pertumbuhan populasi. Pertumbuhan populasi penduduk menggunakan persamaan logistik tidak dipengaruhi dengan adanya distribusi usia. Misalkan  $P(t)$  adalah jumlah penduduk di suatu kota saat  $t$ . Selanjutnya perubahan jumlah penduduk sebanding dengan selisih kelahiran dan kematian. Faktor abiotik dan kepadatan independent tidak memengaruhi laju kelahiran dan kematian. Misalnya  $\beta$  laju kelahiran, dan  $\delta$  laju kematian, maka selama selang waktu  $\Delta t$  terdapat kelahiran sejumlah  $\beta\Delta tP(t)$  dan kematian  $\delta\Delta tP(t)$  maka,

$$\begin{aligned}\Delta P &= (\beta - \delta)P(t)\Delta t \\ \frac{dP}{dt} &= mP(t),\end{aligned}\quad (1)$$

dengan  $m = \beta - \delta$ . Pada Persamaan (1) solusi umumnya:

$$P(t) = c_1 e^{mt}.\quad (2)$$

Jika diberikan kondisi awal  $t = 0$  dan  $P(0) = P_0$  maka diperoleh nilai  $c_1 = P_0$  sehingga bila nilai  $c_1$  disubstitusikan ke Persamaan (2) menghasilkan,

$$P(t) = P_0 e^{mt},\quad (3)$$

dengan  $P_0$  merupakan jumlah populasi awal. Dari Persamaan (3) dapat disimpulkan jika nilai  $m$  positif maka populasi akan meningkat secara eksponensial, sebaliknya jika nilai  $m$  negatif maka populasi akan semakin berkurang. Jika laju kelahiran  $\beta$  merupakan fungsi  $P$ , dan  $\beta(P) = \text{konstanta} - aP$  dengan  $aP$  adalah jumlah kematian, sedemikian sehingga persamaan logistik menjadi:

$$\begin{aligned}\frac{dP}{dt} &= m \left(1 - \frac{P}{K}\right)P \\ P(t_0) &= P_0,\end{aligned}\quad (4)$$

untuk  $K = \frac{m}{a}$ , misalkan  $K$  adalah *carrying capacity* yang bernilai konstan. Persamaan (4) merupakan persamaan diferensial biasa orde satu nonlinear dan disebut sebagai persamaan logistik. Menentukan solusi numerik pada persamaan logistik di Persamaan (4) peneliti menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton [5].

### METODE RUNGE-KUTTA

Metode Runge-Kutta merupakan metode *one-step*, karena dalam perhitungannya hanya dibutuhkan sebuah nilai awal kemudian mendapatkan solusi. Metode Runge-Kutta orde empat dapat digunakan sebagai metode pendahuluan untuk mendapatkan nilai-nilai awal yang dibutuhkan pada metode Adams-Bashforth-Moulton orde empat. Metode Runge-Kutta orde empat adalah proses mencari nilai fungsi  $y$  dititik  $x$  tertentu dengan ukuran langkah  $h$  yang konstan dan digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial dengan nilai awal sebagai berikut [3].

$$\begin{aligned}k_1 &= hf(x_r, y_r) \\ k_2 &= hf\left(x_r + \frac{1}{2}h, y_r + \frac{1}{2}k_1\right)\end{aligned}$$

$$k_3 = hf\left(x_r + \frac{1}{2}h, y_r + \frac{1}{2}k_2\right)$$

$$k_4 = hf(x_r + h, y_r + k_3),$$

untuk  $r = 0, 1, 2, 3, \dots$

$$y_{r+1} = y_r + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4). \quad (5)$$

### METODE ADAM-BASHFORTH-MOULTON

Metode Adams-Bashforth-Moulton merupakan metode *multi-step* yang melakukan prediksi dan koreksi menggunakan persamaan prediktor dan korektor. Metode Adams-Bashforth-Moulton memerlukan informasi dari beberapa titik sebelumnya  $y_n, y_{n-1}, y_{n-2}, y_{n-3}$  untuk menghitung nilai  $y_{n+1}$  yang diperoleh dari metode *one-step*. Metode Adams-Bashforth sebagai persamaan prediktor merupakan persamaan yang diperoleh dengan menaksir nilai  $y_{n+1}$  dari  $y_n, y_{n-1}, y_{n-2}, y_{n-3}$  menggunakan rumus sebagai berikut [6]:

$$p_{k+1} = y_k + \frac{h}{24}(55f_k - 59f_{k-1} + 37f_{k-2} + 9f_{k-3}).$$

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

$$y_{k+1} = \frac{h}{24}(9f_{k+1} + 19f_k - 5f_{k-1} + f_{k-2}).$$

Ukuran langkah  $h$  adalah salah satu persoalan yang penting dalam menyelesaikan metode pada persamaan diferensial biasa yang berdasarkan langkah per langkah. Untuk mengetahui perkiraan kesalahan maka menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Y_{n+1} - y_{n+1} = -\frac{19}{270}(y_{n+1} - p_{n+1}) = \frac{19}{270}|y_{n+1} - p_{n+1}|. \quad (6)$$

Persamaan Adams-Moulton dapat diselesaikan secara iterasi, jika ukuran langkah  $h$  yang dipilih sudah tepat, maka solusi numerik akan didapat dengan menggunakan satu kali persamaan korektor. Lebih baik ukuran langkah diperkecil atau diperbesar dari pada melakukan koreksi lebih dari satu kali. Persamaan (6) dapat digunakan untuk mengubah ukuran langkah  $h$  [6].

### Algoritma Metode Adams-Bashforth-Moulton

Algoritma penyelesaian persamaan diferensial biasa nonlinear menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton orde empat sebagai berikut:

1. Diberikan masalah nilai awal  $y' = \frac{dy}{dx} = f(x, y)$ , menggunakan nilai awal  $y(x_0) = y_0$ , dengan ukuran langkah  $h$  yang tetap dan  $x_{k+1} = x_k + h$ .
2. Menghitung empat solusi awal  $y_0, y_1, y_2$  dan  $y_3$  menggunakan metode Runge-Kutta orde empat.
3. Menentukan nilai-nilai  $f_k, f_{k-1}, f_{k-2}$  dan  $f_{k-3}$  dengan  $k = 3, 4, \dots$  sebagai berikut:

$$f_{k-3} = f_0 = f(x_0, y_0)$$

$$f_{k-2} = f_1 = f(x_1, y_1)$$

$$f_{k-1} = f_2 = f(x_2, y_2)$$

$$f_{k-0} = f_3 = f(x_3, y_3).$$

4. Menentukan nilai prediksi menggunakan metode Adams-Bashforth:

$$p_{k+1} = y_k + \frac{h}{24}(-9f_{k-3} + 37f_{k-2} - 59f_{k-1} + 55f_k).$$

5. Menghitung  $f_{k+1} = f(x_{k+1}, p_{k+1})$  dan disubstitusikan pada metode Adams-Moulton.

6. Menghitung nilai koreksi dengan menggunakan metode Adams-Moulton:

$$y_{k+1} = y_k + \frac{h}{24}(f_{k-2} - 5f_{k-1} + 19f_k + 9f_{k+1}).$$

7. Selanjutnya dilakukan analisis kriteria pemilihan ukuran langkah  $h$  sebagai berikut:

Jika  $\frac{\varepsilon}{100} < \frac{19}{270} \frac{|y_{k+1} - p_{k+1}|}{|y_{k+1}|} < \varepsilon$ , maka langkah berikutnya digunakan nilai  $h$  yang sama.

Jika  $\frac{19}{270} \frac{|y_{k+1} - p_{k+1}|}{|y_{k+1}|} > \varepsilon$ , maka  $h$  diganti menjadi  $\frac{h}{2}$  dan mencari nilai baru dengan menggunakan

$$f_{k-1/2} = \frac{-5f_{k-4} + 28f_{k-3} - 70f_{k-2} + 140f_{k-1} + 35f_k}{128} \quad f_{k-3/2} = \frac{3f_{k-4} - 20f_{k-3} + 90f_{k-2} + 60f_{k-1} - 5f_k}{128}.$$

Jika  $\frac{19}{270} \frac{|y_{k+1} - p_{k+1}|}{|y_{k+1}|} < \frac{\varepsilon}{100}$  maka  $h$  diganti menjadi  $2h$  dan empat titik baru diperoleh dengan menghilangkan setiap titik kedua [6].

### MEAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR (MAPE)

MAPE merupakan perhitungan nilai error dengan cara menghitung selisih antara nilai *forecast* dengan nilai *actual*. Kemudian dimutlakan dan dihitung dalam bentuk persentase terhadap data asli, menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Actual - Forecast|}{|Actual|} \times 100\%. \quad (7)$$

Nilai yang dihasilkan melalui perhitungan MAPE, menunjukkan kriteria peramalan yang ditunjukkan pada Tabel 1 [7].

**Tabel 1.** Kriteria Hasil peramalan Menggunakan MAPE

Nilai MAPE	Kriteria Peramalan
$MAPE \leq 10\%$	Sangat Baik
$10\% < MAPE \leq 20\%$	Baik
$20\% < MAPE \leq 50\%$	Cukup Baik
$MAPE < 50\%$	Buruk

### PEMODELAN PERTUMBUHAN PENDUDUK DI KALBAR

Penelitian ini menggunakan Metode Runge-Kutta dan Adams-Bashforth-Moulton untuk memprediksi jumlah penduduk di Kalbar. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder, data yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung. Data jumlah penduduk di Kalimantan Barat diperoleh dari Badan Pusat Statistik dari tahun 2010-2020. Pada tahun 2010 dan 2020 data jumlah penduduk diperoleh dari sensus penduduk sedangkan pada tahun 2011-2019 data jumlah penduduk diperoleh dari proyeksi penduduk. Berikut perolehan data sensus penduduk dari BPS pada tahun 2010-2020 yang diberikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data Jumlah Penduduk di Kalimantan Barat Tahun 2010-2020 [1]

No	Tahun	Hasil Sensus
1	2010	4.395.983
2	2011	4.477.348
3	2012	4.550.297
4	2013	4.641.393
5	2014	4.716.093
6	2015	4.789.574
7	2016	4.861.738
8	2017	4.932.499
9	2018	5.001.664

No	Tahun	Hasil Sensus
10	2019	5.069.127
11	2020	5.414.390

Menentukan laju pertumbuhan penduduk menggunakan penjabaran dari Persamaan (3) sehingga didapat persamaan sebagai berikut:

$$m = \frac{1}{t} \ln \left( \frac{P(t)}{P_0} \right)$$

$$m = 0,018.$$

Berdasarkan nilai  $m = 0,018$ , maka laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,8% dan *carrying capacity* sebesar 54.000.000. Persamaan Logistik pada pertumbuhan penduduk dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{dP}{dt} = m \left( 1 - \frac{P}{k} \right) P = 0,018 \left( 1 - \frac{P}{54.000.000} \right) P. \tag{8}$$

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

**SOLUSI PERSAMAAN LOGISTIK DENGAN METODE RUNGE-KUTTA**

Solusi Persamaan Logistik dengan Metode Runge-Kutta orde empat untuk menghitung persamaan logistik pada pertumbuhan penduduk di Kalbar pada interval [0,13] dengan ukuran langkah  $h = 1$ . Pertama untuk  $n = 0, t_0 = 0$ , dan  $P_0 = 4.395.983$  selanjutnya menghitung nilai  $l_1$

$$l_1 = hf(t_0, P_0)$$

$$= hf(0 ; 4.395.983)$$

$$= 1 \left[ 0,018 \left( 1 - \frac{4.395.983}{54.000.000} \right) 4.395.983 \right] = 72.686,138488.$$

Selanjutnya menghitung nilai  $l_2, l_3, l_4$ . Subtitusikan nilai  $l_1, l_2, l_3$  dan  $l_4$ , ke Persamaan (5) sebagai berikut.

$$= P_k + \frac{1}{6} (l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4)$$

$$P_{k+1} = 4.395.983 + \frac{1}{6} (72.686,138488 + 2(73.233,364452) +$$

$$2(73.237,480966) + 73.787,991422)$$

$$= 4.469.218,970124,$$

maka dapat dilanjutkan sampai  $k = 4$ . Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** Solusi Numerik Menggunakan Metode Runge-Kutta Orde Empat pada Persamaan Logistik untuk Pertumbuhan Penduduk Provinsi Kalbar

$t_n$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$P_n$
0	72.686,138488	73.233,364452	73.237,480966	73.787,991422	4.396.983,000000
1	73.787,968728	74.341,681861	74.345,833556	74.902,839424	4.469.218,970124
2	74.902,816563	75.463,032480	75.467,218945	76.030,734681	4.543.563,276622
3	76.030,711654	76.597,443650	76.601,664446	77.171,702139	4.619.028,952304

### SOLUSI PERSAMAAN LOGISTIK DENGAN METODE ADAMS-BASHFORTH-MOULTON

Metode Adams-Bashforth-Moulton memerlukan metode Runge-Kutta sebagai metode pendahuluan untuk mencari nilai-nilai yang diperlukan. Substitusikan nilai ke persamaan prediktor Adams-Bashforth kemudian diperbaiki menggunakan persamaan korektor Adams-Moulton. Nilai-nilai yang diperoleh dari Metode Runge-Kutta orde 4 ialah  $P_0 = 4.395.983$ ,  $P_1 = 4.458.029,758831$ ,  $P_2 = 4.520.698,553765$  dan  $P_3 = 4.583.988,481158$  pada interval  $[0,13]$ . Menentukan nilai  $f_k, f_{k-1}, f_{k-2}$  dan  $f_{k-3}$  dengan  $k = 3,4, \dots, n$ , setelah mendapatkan nilai tersebut substitusikan nilai  $f_k, f_{k-1}, f_{k-2}$  dan  $f_{k-3}$  ke persamaan Adams-Bashforth untuk menghitung nilai prediksi dengan  $k = 3$  dan  $P_3 = 4.619.028,952304$ , kemudian mencari nilai  $p_4$  sebagai berikut:

$$\begin{aligned} p_{3+1} &= P_3 + \frac{h}{24} (55f_k - 59f_{k-1} + 37f_{k-2} - 9f_{k-3}) \\ p_4 &= 4.619.028,952304 + \frac{h}{24} (55(76.030,711654) \\ &\quad - 59(74.902,816563) + 37(73.787,968728) - 9(72.686,138488)) \\ &= 4.695.629,058984. \end{aligned}$$

Selanjutnya mencari nilai  $f_{k+1}$  untuk melanjutkan ke koreksi Adams-Moulton

$$\begin{aligned} f_4(t_4, p_4) &= f_4(4; 4.695.629,058984) \\ &= 0,018 \left( 1 - \frac{4.695.629,058984}{20.000.000} \right) 4.695.629,058984 \\ &= 77.171,678975. \end{aligned}$$

Substitusikan nilai  $f_{k+1}, f_k, f_{k-1}$  dan  $f_{k-2}$  ke Adams-Moulton untuk menghitung nilai koreksi dengan  $k = 3, t_4 = 4, P_3 = 4.619.028,952304$

$$\begin{aligned} y_{3+1} &= P_3 + \frac{h}{24} (9f_4^{(0)} + 19f_3 - 5f_2 + f_1) \\ y_4 &= 4.619.028,952304 + \frac{h}{24} (9(77.171,678975) + \\ &\quad 19(76.030,711654) - 5(74.902,816563) + 73.787,968728) \\ &= 4.695.629,057226 \end{aligned}$$

Lakukan analisis kriteria pemilihan ukuran langkah  $h$

$$\begin{aligned} \frac{19}{270} \cdot \frac{|y_4 - p_4|}{|y_4|} &= \frac{19}{270} \cdot \frac{|4.695.629,057226 - 4.695.629,058984|}{|4.695.629,057226|} \\ &= 2,634082 \times 10^{-11}. \end{aligned}$$

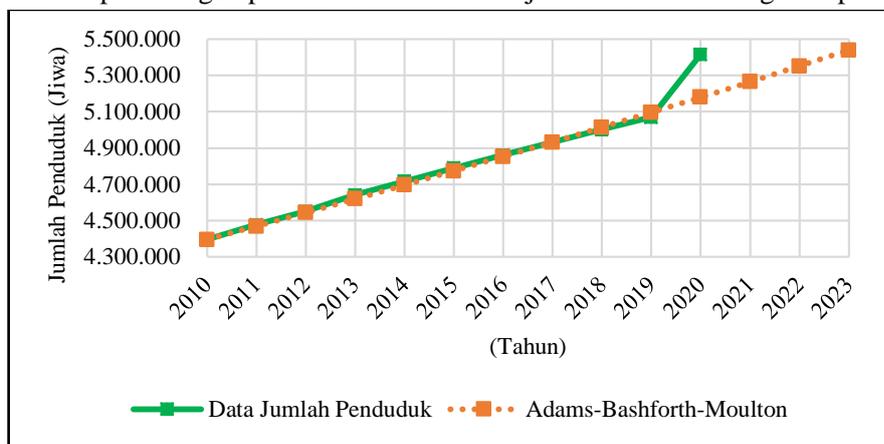
Diperoleh nilai  $2,634082 \times 10^{-11} < 5 \times 10^{-11}$ , maka ulangi perhitungan untuk  $k = 4,5, \dots, 12$  dan hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4:

**Tabel 4.** Solusi Numerik menggunakan Metode Adams-Bashforth-Moulton pada Persamaan Logistik untuk Pertumbuhan Penduduk Provinsi Kalimantan Barat Tahun 2010-2023

$k$	Tahun	$p_k$	$y_k$	Galat Relatif
0	2010		4.395.983,000000	
1	2011		4.458.029,758831	
2	2012		4.520.698,553765	
3	2013		4.583.988,481158	
4	2014	4.695.629,058984	4.695.629,057226	$3,7431693 \times 10^{-10}$
5	2015	4.773.376,675989	4.773.376,674128	$3,8987690 \times 10^{-10}$
6	2016	4.852.284,905052	4.852.284,903179	$3,8600018 \times 10^{-10}$
7	2017	4.932.366,858935	4.932.366,856959	$4,0055070 \times 10^{-10}$

$k$	Tahun	$p_k$	$y_k$	Galat Relatif
8	2018	5.013.635,657131	5.013.635,655092	$4,0662912 \times 10^{-10}$
9	2019	5.096.104,420824	5.096.104,418719	$4,1318606 \times 10^{-10}$
10	2020	5.179.786,266967	5.179.786,264790	$4,2034300 \times 10^{-10}$
11	2021	5.264.694,302414	5.264.694,300165	$4,2704920 \times 10^{-10}$
12	2022	5.350.841,617843	5.350.841,615523	$4,3359283 \times 10^{-10}$
13	2023	5.438.241,281467	5.438.241,279074	$4,3996360 \times 10^{-10}$

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4 maka disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik Pertumbuhan Penduduk Kalimantan Barat Tahun 2010-2023 menggunakan Metode Adam-Bashfort-Moulton

Berdasarkan Gambar 1 data jumlah penduduk menggunakan metode Adam-Bashforth-Moulton menghasilkan data yang baik. Hal ini dapat dilihat dari grafik data penduduk menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton yang menghasilkan pola yang mendekati atau menyerupai pola data sebenarnya. BPS menentukan data jumlah penduduk menggunakan dua cara yaitu melalui sensus penduduk yang dilakukan setiap sepuluh tahun sekali dan melalui survey penduduk antar sensus yang digunakan dalam perhitungan proyeksi penduduk. Proyeksi penduduk menggunakan skenario a dan b, skenario b pada proyeksi ini menggunakan fungsi logistik. Oleh karena itu BPS menghitung jumlah penduduk berdasarkan sensus yaitu pada tahun 2010 dan 2020 sedangkan menghitung jumlah penduduk pada tahun 2011-2019 menggunakan proyeksi penduduk.

Keakuratan hasil prediksi diketahui dengan menghitung nilai MAPE pada Persamaan (7) yaitu menggunakan nilai *actual* pada Tabel 2 dan nilai *forecast* pada Tabel 4 kolom  $y_k$ . MAPE diperoleh sebesar 0,688510% yang berarti kriteria peramalan sangat baik.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan, maka dapat disimpulkan bahwa model pertumbuhan penduduk untuk provinsi Kalimantan Barat yaitu  $\frac{dP}{dt} = 0,018 \left(1 - \frac{P}{54.000.000}\right) P$ . Model ini menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton dan diperoleh nilai MAPE sebesar 0,689% dengan kriteria sangat baik. Oleh karena itu disimpulkan bahwa jumlah penduduk di Kalbar pada tahun 2021 sebanyak 5.264.695 jiwa, tahun 2022 sebanyak 5.350.842 jiwa dan 2023 sebanyak 5.438.242 jiwa.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Badan Pusat Statistik, Provinsi Kalimantan Barat Dalam Angka [Internet]. 2021 [cited 2021 Feb 26] Available from: <https://kalbar.bps.go.id/publication/2021/02/26/fd6563fa45106b2442988fbf/provinsi-kalimantan-barat-dalam-angka-2021.html>
- [2] Jati WR. Bonus Demografi sebagai Mesin pertumbuhan Ekonomi: Jendela Peluang atau Jendela Bencana di Indonesia, *Populasi*. 2015; 23(1):1-2.
- [3] Munir R. *Metode Numerik*. Bandung: Informatika; 2003.
- [4] Sasongko S. *Metode Numerik dengan scilab*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta; 2010.
- [5] Redjeki S. *Persamaan Diferensial*, Diktat Kuliah MA2271 Metode Matematika si Prodi Matematika Institut Teknologi Bandung; 2011
- [6] Mathews JH dan Fink KD, *Numerical Methods Using Matlab*. Pearson Education Inc; 2004
- [7] Chang PC, Wang YW dan Liu CH, The Development of A Weighted Evolving Fuzzy Neural Network for PCB Sales Forecasting. *Expert systems with Applications*. 2007;32(1):88-8.

SUCI RISKA PUTRI : Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak  
suciriska403@gmail.com

EVI NOVIANI : Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak  
evi\_noviani@math.untan.ac.id

YUDHI : Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak  
yudhi@math.untan.ac.id

---