

IMPLEMENTASI METODE ADAMS BASHFORTH MOULTON PADA PERSAMAAN LOGISTIK BINER UNTUK MENGANALISIS PREDIKSI TINGKAT PERTUMBUHAN EKONOMI

Sofia Nabilla¹, Fibri Rakhmawati²
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara^{1,2}
sofianabilla142@gmail.com¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prediksi tingkat pertumbuhan ekonomi Provinsi Sumatera Utara dengan berdasarkan implementasi *adams bashforth moulton* dalam persamaan logistik biner. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif menggunakan model *adams bashforth moulton* dengan persamaan logistik biner. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa prediksi tingkat pertumbuhan ekonomi di Provinsi Sumatera Utara yaitu pada tahun 2023 sebesar 29.561.074,9 rupiah, tahun 2024 sebesar 29.578.899 rupiah, tahun 2025 sebesar 29.596.044,7 rupiah, tahun 2026 sebesar 29.612.536,8 rupiah, tahun 2027 sebesar 29.628.506,6 rupiah, tahun 2028 sebesar 29.643.808,9 rupiah. Setiap tahunnya pertumbuhan ekonomi tersebut mengalami pertambahan dengan rata-rata 16.877. Simpulan, bahwa Implementasi Metode *Adams Bashforth Moulton* Pada Persamaan Logistik Biner Untuk Menganalisis Prediksi Tingkat Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Sumatera Utara dapat dikategorikan valid dalam memprediksi.

Kata Kunci: *Adams Bashforth Moulton*, Pertumbuhan Ekonomi

ABSTRACT

This research aims to determine the prediction of the economic growth rate of North Sumatra Province based on the implementation of Adams Bashforth Moulton in the binary logistics equation. The research method used is quantitative using the Adams Bashforth Moulton model with binary logistic equations. The research results show that the predicted level of economic growth in North Sumatra Province is in 2023 it will be 29,561,074.9 rupiah, in 2024 it will be 29,578,899 rupiah, in 2025 it will be 29,596,044.7 rupiah, in 2026 it will be 29,612,536.8 rupiah, in 2027 it will be 29,628,506.6 rupiah, in 2028 it will be 29,643,808.9 rupiah. Every year economic growth increases by an average of 16,877. The conclusion is that the implementation of the Adams Bashforth Moulton Method in the Binary Logistic Equation to Analyze Predictions of the Economic Growth Rate of North Sumatra Province can be categorized as valid in predicting.

Keywords: *Adams Bashforth Moulton*, *Economic Growth*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi suatu negara maupun daerah yang merupakan salah satu indikator makro berada di dalam wilayah negara untuk melihat kinerja perekonomian di

tersebut (Irwan et al., 2020). Menurut (Wikipedia, 2023), pertumbuhan ekonomi adalah peningkatan dalam kemampuan dari suatu perekonomian dalam memproduksi barang dan jasa. Dengan kata lain, pertumbuhan ekonomi lebih menunjukkan pada perubahan yang bersifat kuantitatif (*quantitatif change*) dan biasanya diukur dengan menggunakan data produk domestik bruto (PDB) atau pendapatan output perkapita (Irwan et al., 2020).

Ekonomi Sumatera Utara Triwulan IV-2022 terhadap Triwulan IV-2021 mengalami pertumbuhan sebesar 5,26% (y-on-y). Dari sisi produksi, lapangan usaha transportasi dan pergudangan mengalami pertumbuhan tertinggi sebesar 16,02%. Sementara dari sisi pengeluaran, komponen ekspor barang dan jasa mengalami pertumbuhan tertinggi sebesar 9,77% serta informasi dan komunikasi sebesar 7,78% (Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara, n.d., bk., 2022).

Menurut (Berita Resmi Statistik, 2022), diketahui bahwa perkembangan ekonomi Sumatera Utara tahun 2022 tumbuh sebesar 4,73%, lebih tinggi dibanding tahun 2021 yang tumbuh sebesar 2,61%. Dari sisi produksi, pertumbuhan tertinggi terjadi pada lapangan usaha transportasi dan pergudangan sebesar 12,69%. Dari sisi pengeluaran, pertumbuhan tertinggi pada komponen ekspor barang dan jasa sebesar 11,44. Faktor utama yang mempengaruhi pembangunan dan pertumbuhan ekonomi adalah sumber daya manusia (SDM), sumber daya alam (SDA), modal, sosial budaya dan perkembangan teknologi. Selain dari itu, faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi yaitu angkatan kerja, bertambahnya jumlah angkatan kerja sebesar 7.451 jiwa (2021)

dibandingkan tahun sebelumnya yaitu 7.124 jiwa (Budiriansyah, 2017). Dapat diartikan semakin bertambahnya jumlah angkatan kerja produktif akan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi tersebut.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi berdasarkan penelitian (Fatoni & Prasetyanto, 2022) sebagai berikut; 1) Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Berdasarkan Todaro dan Smith, Produk Domestik Regional Bruto merupakan nilai barang dan jasa akhir yang berdasarkan harga pasar, merupakan barang dan jasa yang diproduksi oleh suatu perekonomian di daerah dalam satu kurun waktu atau periode dengan menggunakan faktor-faktor yang ada di dalam suatu perekonomian wilayah, dimana Todaro dan Smith berpendapat bahwa semakin tinggi pertumbuhan ekonomi dalam suatu wilayah dapat diartikan juga bahwa kegiatan ekonomi daerah akan semakin baik (Ramadhani et al., 2020); 2) Jumlah Penduduk, Mankiw mengemukakan teori mengenai penduduk menurut model Malthusian dimana bahwa ketika populasi semakin meningkat akan berakibat semakin berkelanjutan membebani standar masyarakat guna memenuhi kebutuhannya. Malthus menjelaskan dimana bertambahnya penduduk akan menyebabkan sumber daya alam terbebani atas keperluan yang digunakan untuk keperluan produksi. Dapat disimpulkan pertumbuhan penduduk dianggap menjadi resiko atau suatu ancaman atas peningkatan standar hidup (Fatoni & Prasetyanto, 2022); 3) Pengangguran, Berdasarkan Suparmoko pengangguran merupakan angkatan kerja yang tidak mampu untuk mendapatkan pekerjaan sesuai dengan apa yang diinginkan atau mereka butuhkan. Jadi dapat

disimpulkan pengangguran merupakan kondisi di mana seseorang yang sudah dikategorikan angkatan kerja tetapi belum mempunyai pekerjaan dan berusaha mencari pekerjaan (Fatoni & Prasetyanto, 2022).

Pengangguran merupakan kenyataan yang dihadapi tidak saja oleh negara-negara sedang berkembang namun juga oleh negara yang telah maju. Dalam hal umum pengangguran diartikan sebagai suatu kondisi dimana seseorang yang tergolong dalam kategori angkatan kerja namun sudah memiliki pekerjaan dan dalam kegiatan keseharian sedang mencari pekerjaan. Seseorang yang tidak bekerja, namun secara aktif terus mencari pekerjaan tidak bisa digolongkan sebagai pengangguran;

4) Inflasi, Menurut Al-Maqrizi inflasi merupakan sebuah fenomena alam yang menimpa kehidupan masyarakat di seluruh duniadari dulu hingga sekarang, inflasi terjadi ketika harga-harga secara umum mengalami kenaikan dan terus berlangsung. Pada saat ini, persediaan barang dan jasa mengalami kelangkaan dan konsumen, karena sangat membutuhkannya, harus mengeluarkan lebih banyak uang untuk sejumlah barang dan jasa yang sama. (Fatoni & Prasetyanto, 2022).

Prediksi (peramalan) merupakan usaha menduga atau memperkirakan sesuatu yang akan terjadi di waktu mendatang dengan memanfaatkan berbagai informasi yang relevan pada waktu-waktu sebelumnya (historis) melalui suatu metode ilmiah (Purba et al., 2019). Metode prediksi dapat dilakukan secara kualitatif melalui pendapat para pakar atau secara kuantitatif dengan perhitungan secara matematis. Salah satu metode prediksi kuantitatif adalah menggunakan analisis deret waktu (time series) (Andriani et al., 2018).

Persamaan diferensial adalah suatu persamaan yang didalamnya terdapat paling sedikit satu turunan atau diferensial dari suatu fungsi yang belum diketahui (Purnomo, 2021). Persamaan diferensial dibagi dalam dua jenis yaitu biasa dan parsial. Persamaan diferensial biasa (*ordinary differential equation*), disingkat PDB adalah suatu persamaan diferensial yang melibatkan hanya satu variabel bebas (Halimah, 2018). Jika diambil $y(x)$ sebagai suatu fungsi satu variabel, dengan x sebagai variabel bebas dan y sebagai variabel tak bebas, maka suatu persamaan diferensial biasa (PDB) dapat dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:

$$F(x, y, y', y'', \dots, y^n) = 0 \quad (1.1)$$

Keterangan:

F = Fungsi real

x = Variabel bebas

y = Variabel tak bebas

y' = Turunan pertama dari y terhadap x

y'' = Turunan kedua dari y terhadap x

y^n = Turunan y terhadap x yang ke- n

Logistik Biner merupakan salah satu model matematis yang sering digunakan dalam menggambarkan hubungan antara variabel respon (variabel dependen) dengan suatu variabel prediktor (variabel independen) dikotomi (Avini et al., 2022).

Model logistik adalah model yang menggambarkan pertumbuhan populasi yang dirasa lebih realistis. Laju pertumbuhan intrinsik (m) adalah kapasitas suatu populasi untuk meningkat yang besarnya ditentukan oleh berbagai aspek. Laju pertumbuhan intrinsik dalam model logistik digunakan untuk mengetahui daya tumbuh populasi dan kapasitas batas lingkungan digunakan sebagai penghambat pertumbuhan populasi

(Apriani et al., 2022). Berikut ini persamaan model logistik.

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= (m - aP)P \\ \frac{dP}{dt} &= \left(m - \frac{m}{K}P\right)P \\ \frac{dP}{dt} &= m\left(1 - \frac{P}{K}\right)P \end{aligned} \tag{1.2}$$

Solusi analitik dari persamaan model logistik sebagai berikut:

$$P(t) = \frac{K}{1 + Ae^{-mt}} \tag{1.3}$$

Keterangan:

- $P(t)$ = Nilai fungsi P pada t
- P_0 = Nilai awal untuk fungsi P pada t
- t_0 = Nilai awal untuk variabel P pada t
- K = Kapasitas tampung
- A = Nilai awal
- m = Laju pertumbuhan ekonomi
- t = Periode waktu

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. Rumus metode Runge-Kutta orde empat yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

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

Untuk $r = 0, 1, 2, 3, \dots, n$

$$y_{r+1} = y_r + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \tag{1.5}$$

Keterangan:

- y_{r+1} = Nilai selanjutnya
- y_r = Nilai sebelumnya
- k_1, k_2, k_3, k_4 = ketentuan (Putri et al., 2022).

Metode *Adams Bashforth Moulton* merupakan metode *multi-step* yang terdiri dari *Adams Bashforth* sebagai prediktor dan *Adams Moulton* sebagai korektor. Untuk memperoleh solusinya metode *multi-step* memerlukan beberapa solusi awal yang diperoleh dari metode *one-step*, seperti metode Euler, metode Heun, metode deret Taylor dan metode Runge-Kutta (Apriani et al., 2022). Persamaan metode dari *Adams Bashforth Moulton* adalah sebagai berikut.

Prediktor:

$$y_{r+1}^* = y_r + \frac{h}{24}(-9f_{r-3} + 37f_{r-2} - 59f_{r-1} + 55f_r) \tag{1.6}$$

Korektor:

$$y_{r+1} = y_r + \frac{h}{24}(f_{r-2} - 5f_{r-1} + 19f_r + 9f_{r+1}^*) \tag{1.7}$$

Keterangan:

- y_r = Turunan fungsi y terhadap indeks r , dimana ($r = 0, 1, 2, \dots, n$)
- h = Ukuran langkah (*Step Size*)

Pengendalian perkiraan ukuran langkah h terlebih dahulu ditinjau galat pemotongan untuk metode *Adams Bashforth* orde empat dan galat pemotongan untuk metode *Adams Moulton* orde empat. Metode *Adams Bashforth Moulton* orde empat dapat diselesaikan secara iterasi, iterasi akan dihentikan apabila galat relatif lebih dari kriteria pemberhentiannya.

$$\frac{|y_{r+1} - y_{r+1}^*|}{|y_{r+1}|} < \varepsilon \tag{1.8}$$

Keterangan:

- y_{r+1} = Nilai selanjutnya dengan ukuran langkah h .
- ε = Kriteria (Apriani et al., 2022).

Berdasarkan uraian latar belakang, permasalahan yang terjadi dalam triwulan sebelumnya pertumbuhan ekonomi mengalami

penurunan dan pada triwulan IV-2022 ini mengalami peningkatan pertumbuhan ekonomi. Pengelolaan data yang ada dan sudah dapat dilakukan dengan memanfaatkan metode *adams bashforth moulton*. Penyelesaian persamaan diferensial biasa menggunakan metode *adams bashforth moulton*. Metode tersebut digunakan untuk mencari nilai fungsi $y(x)$ pada titik x pada titik tertentu dari persamaan diferensial biasa non linear orde satu yang diketahui.

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana memprediksi tingkat pertumbuhan ekonomi Provinsi Sumatera Utara setiap tahunnya agar stabil dengan berdasarkan mengimplementasikan *adams bashforth moulton* dalam persamaan logistik biner?

Penelitian mengenai *Adams Bashforth Moulton* telah banyak dilakukan diantaranya oleh Putri *et al.* pada tahun 2022 yang meneliti tentang Prediksi Jumlah Penduduk Dengan Persamaan Logistik Menggunakan Metode *Adams Bashforth Moulton*, dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa persamaan logistik 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 *Adams Bashforth Moulton* sebesar 0,689% berdasarkan kriteria nilai MAPE nilai tersebut sangat baik.

Selanjutnya, Apriani *et al.* pada tahun 2022 meneliti Penerapan Metode

Adams-Bashforth-Moulton pada Persamaan Logistik dalam Memprediksi Pertumbuhan Penduduk di Provinsi Kalimantan Timur, dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa prediksi jumlah penduduk di Provinsi Kalimantan Timur yaitu pada tahun 2021 sebesar 4.053.549 jiwa, tahun 2022 sebesar 4.307.214 jiwa, tahun 2023 sebesar 4.553.054 jiwa, tahun 2024 sebesar 4.790.036 jiwa, tahun 2025 sebesar 5.017.305 jiwa dan juga hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setiap tahunnya jumlah penduduk di Provinsi Kalimantan Timur bertambah.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang diuraikan, adapun aspek kebaruan atau pembeda penelitian yang dilaksanakan ini dengan penelitian sebelumnya yaitu dari segi kasus yang diangkat, dimana kasus penelitian-penelitian sebelumnya mengangkat kasus tentang pertumbuhan penduduk, sedangkan penelitian ini mengangkat kasus tentang pertumbuhan ekonomi. Segi lainnya, lokasi penelitian yaitu di Sumatera Utara.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Badan Pusat Statistika. Lokasi penelitian di JL. Asrama No.179, Dwi Kora, Kec. Medan Helvetia, Kota Medan, Sumatera Utara 20123. Dengan waktu penelitian dari September hingga selesai. Pada penelitian ini, dilakukan dengan variabel yang menggunakan semua data jumlah produksi domestik regional bruto (PDRB) di Provinsi Sumatera Utara. Teknik pengambilan data pada penelitian ini adalah teknik pengambilan data yang diperoleh langsung dari instansi terkait. Data yang diambil berasal dari *website* Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara yaitu <https://sumut.bps.go.id/>.

Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah

sebagai berikut:

1. Pengumpulan teori dan data penelitian.

Langkah awal dilakukannya penelitian ditandai dengan mengumpulkan bahan materi untuk keperluan referensi, yang diperoleh melalui beragam sumber seperti jurnal, buku, artikel, maupun kepustakaan lainnya yang memuat metode *adams bashforth moulton*.

2. Menentukan data dan variabel penelitian.

Data penelitian yang digunakan adalah tingkat pertumbuhan ekonomi, tingkat produk domestik regional bruto (PDRB), jumlah penduduk, jumlah pengangguran dan tingkat inflasi. Adapun variabel penelitian tersebut antara lain, yakni variabel respon maupun variabel prediktor.

3. Menentukan persamaan logistik biner pada persamaan (1.2).
4. Menghitung empat solusi awal P_0, P_1, P_2 dan P_3 .

Setelah menemukan persamaan logistik binernya, selanjutnya adalah menentukan nilai solusi awal P_0, P_1, P_2 dan P_3 menggunakan metode Runge-Kutta orde empat.

5. Menentukan nilai-nilai dari f_r, f_{r-1}, f_{r-2} dan f_{r-3}

Setelah menemukan nilai solusi awal P_0, P_1, P_2 dan P_3 , selanjutnya, yaitu menentukan nilai-nilai dari f_r, f_{r-1}, f_{r-2} dan f_{r-3} dengan $r = 3, 4 \dots n$.

6. Menghitung solusi numerik dengan metode *Adams-Bashforth* yaitu persamaan prediktor (1.6).

7. Menghitung nilai $f_{r+1}^{(0)} = f(t_{r+1}, P_{r+1}^{(0)})$ dengan mensubstitusikan persamaan korektor *Adams-Moulton* (1.7).

8. Melakukan pengujian *Adams-Moulton*

Pengujian *Adams-Moulton* diiterasikan pada r hingga memenuhi dalam persamaan (1.8). Untuk ε merupakan kriteria pemberitahuan yang diinginkan.

9. Jika kriteria tidak terpenuhi, maka dilakukan analisis kriteria dengan langkah h sebagai berikut:

a. Jika $\frac{19}{270} \left| \frac{y_{r+1} - y_{r+1}^*}{y_{r+1}} \right| > 10^{-9}$, maka h diganti $\frac{h}{2}$ dan kembali ke langkah (5).

b. Jika $\frac{19}{270} \left| \frac{y_{r+1} - y_{r+1}^*}{y_{r+1}} \right| < 10^{-10}$, maka h diganti $2h$ kemudian kembali ke langkah (5).

c. Jika kriteria pemberhentian memenuhi maka iterasi dilanjutkan dengan kembali ke langkah (6) sampai memenuhi interval yang ditentukan.

10. Penarikan kesimpulan.

Dari pengolahan data yang dilakukan menggunakan metode *Adams Bashforth Moulton*, maka mendapatkan solusi persamaan logistik pada daerah Provinsi Sumatera Utara, serta mengetahui pertumbuhan ekonomi untuk tahun berikutnya.

HASIL PENELITIAN

Data Penelitian

Dalam penelitian pengembangan yang telah dilaksanakan oleh peneliti tahapannya telah sesuai dengan model pengembangan yang telah dijelaskan sebelumnya. Dari data yang telah peneliti peroleh, dianalisis supaya memperoleh informasi dari hasil penelitian serta laporan hasil penelitian yang dilaksanakan.

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data sekunder dimulai dari tahun 2013 s/d 2022 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik

(BPS) yang berupa Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Sumatera Utara. Data penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Data Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Sumatera Utara

No	Tahun	Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Sumatera Utara
1	2013	29.343.040
2	2014	30.477.072
3	2015	31.637.414
4	2016	32.885.088
5	2017	34.183.579
6	2018	35.570.497
7	2019	36.853.594
8	2020	36.175.157
9	2021	36.666.202
10	2022	37.943.827

Sumber: BPS Provinsi Sumatera Utara

Persamaan Logistik Biner

Menentukan laju pertumbuhan ekonomi menggunakan rumus sebagai berikut:

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

$$m = \frac{1}{1} \ln \left(\frac{30.477.072}{29.343.040} \right)$$

$$m = \frac{1}{1} \ln(1,03864)$$

$$m = 0,03791$$

$$m = 0,04$$

Kapasitas tampung Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Sumatera Utara yaitu $K = 30.000.000$, dengan laju pertumbuhan ekonomi (m) sebesar 0,04 atau 4%, $P_0 = 29.343.040$ sebagai nilai awal. Pada interval $[0,15]$. Dengan banyak iterasi $n = 10$,

$$h = \frac{b - a}{n} = \frac{15 - 0}{15} = 1$$

Maka ukuran langkah $h = 1$

Persamaan Logistik Biner pada

Pertumbuhan Ekonomi Sumatera Utara diperoleh melalui nilai-nilai diatas, kemudian disubstitusikan ke persamaan (1.2) sebagai berikut:

$$\frac{dP}{dt} = 0,04 \left(1 - \frac{P}{30.000.000} \right) P$$

Metode Runge-Kutta Orde Empat

Menghitung empat solusi awal P_0, P_1, P_2 , dan P_3 menggunakan metode Runge-Kutta orde empat. Kemudian, diketahui $\frac{dP}{dt} = 0,04 \left(1 - \frac{P}{30.000.000} \right) P$ dengan nilai awal $P_0 = 29.343.040$. Pada interval $[0,15]$ dengan ukuran langkah $h = 1$.

Untuk $r = 0, t_0 = 0, P_0 = 29.343.040$

$$k_1 = hf(t_r, P_r)$$

$$k_1 = hf(t_0, P_0) = hf(0; 29.343.040)$$

$$k_1 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04 \left(1 - \frac{29.343.040}{30.000.000} \right) \\ 29.343.040 \end{array} \right]$$

$$k_1 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04(1 - 0,97810133) \\ 29.343.040 \end{array} \right]$$

$$k_1 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04(0,02189867) \\ 29.343.040 \end{array} \right]$$

$$k_1 = 25.702,9381$$

$$k_2 = hf \left(t_r + \frac{1}{2}h, P_r + \frac{1}{2}k_1 \right)$$

$$k_2 = hf \left(t_0 + \frac{1}{2}h; P_0 + \frac{1}{2}k_1 \right)$$

$$k_2 = hf \left(\begin{array}{c} 0 + \frac{1}{2} \\ 29.343.040 + \frac{25.702,9381}{2} \end{array} \right)$$

$$k_2 = hf(0,5; 29.355.891,5)$$

$$k_2 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04 \left(1 - \frac{29.355.891,5}{30.000.000} \right) \\ 29.355.891,5 \end{array} \right]$$

$$k_2 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04(1 - 0,97852972) \\ 29.355.891,5 \end{array} \right]$$

$$k_2 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04(0,02147028) \\ 29.355.891,5 \end{array} \right]$$

$$k_2 = 25.211,1735$$

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

$$k_3 = hf \left(t_0 + \frac{1}{2}h; P_0 + \frac{1}{2}k_2 \right)$$

$$k_3 = hf \left(0 + \frac{1}{2}; 29.343.040 + \frac{25.211,1735}{2} \right)$$

$$k_3 = hf(0,5; 29.355.645,6)$$

$$k_3 = 1 \left[0,04 \left(1 - \frac{29.355.645,6}{30.000.000} \right) \right]$$

$$k_3 = 1 \left[0,04(1 - 0,97852152) \right]$$

$$k_3 = 1 \left[0,04(0,02147848) \right]$$

$$k_3 = 25.220,5859$$

$$k_4 = hf(t_r + h, P_r + k_3)$$

$$k_4 = hf(t_0 + h; P_0 + k_3)$$

$$k_4 = hf \left(0 + 1; 29.343.040 + \frac{25.220,5859}{2} \right)$$

$$k_4 = hf(1; 29.368.260,6)$$

$$k_4 = 1 \left[0,04 \left(1 - \frac{29.368.260,6}{30.000.000} \right) \right]$$

$$k_4 = 1 \left[0,04(1 - 0,97894202) \right]$$

$$k_4 = 1 \left[0,04(0,02105798) \right]$$

$$k_4 = 24.737,4498$$

Setelah diperoleh nilai-nilai k_1, k_2, k_3 dan k_4 , kemudian disubstitusikan ke persamaan Runge-Kutta orde empat sebagai berikut.

$$P_{r+1} = P_r + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$P_1 = P_0 + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$P_1 = 29.343.040 + \frac{1}{6}(25.702,9381 + 2(25.211,1735) + 2(25.220,5859) + 24.737,4498)$$

$$P_1 = 29.343.040 + \frac{1}{6}(25.702,9381 + 50.422,347 + 50.411,1718 + 24.737,4498)$$

$$P_1 = 29.343.040 + \frac{1}{6}(151.293,907)$$

$$P_1 = 29.343.040 + 25.215,6511$$

$$P_1 = 29.368.255,7$$

2. Untuk $r = 1$ dan $P_1 = 29.368.255,7$

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

$$t_1 = t_0 + h$$

$$t_1 = 0 + 1 = 1$$

$$k_1 = hf(t_r, P_r)$$

$$k_1 = hf(t_1, P_1)$$

$$= hf(1; 29.368.255,7)$$

$$k_1 = 1 \left[0,04 \left(1 - \frac{29.368.255,7}{30.000.000} \right) \right]$$

$$k_1 = 1 \left[0,04(1 - 0,97894186) \right]$$

$$k_1 = 1 \left[0,04(0,02105814) \right]$$

$$k_1 = 24.737,6394$$

$$k_2 = hf \left(t_r + \frac{1}{2}h, P_r + \frac{1}{2}k_1 \right)$$

$$k_2 = hf \left(t_1 + \frac{1}{2}h; P_1 + \frac{1}{2}k_1 \right)$$

$$k_2 = hf \left(1 + \frac{1}{2}; 29.368.255,7 + \frac{24.737,6394}{2} \right)$$

$$k_2 = hf(0,5; 29.380.624,5)$$

$$k_2 = 1 \left[0,04 \left(1 - \frac{29.380.624,5}{30.000.000} \right) \right]$$

$$k_2 = 1 \left[0,04(1 - 0,97935415) \right]$$

$$k_2 = 1 \left[0,04(0,02064585) \right]$$

$$k_2 = 24.263,5179$$

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

$$k_3 = hf \left(t_1 + \frac{1}{2}h; P_1 + \frac{1}{2}k_2 \right)$$

$$k_3 = hf \left(1 + \frac{1}{2}; 29.368.255,7 + \frac{24.263,5179}{2} \right)$$

$$k_3 = hf(0,5; 29.380.387,5)$$

$$k_3 = 1 \left[0,04 \left(1 - \frac{29.380.387,5}{30.000.000} \right) \right]$$

$$k_3 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04(1 - 0,97934625) \\ 29.380.387,5 \end{array} \right]$$

$$k_3 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04(0,02065375) \\ 29.380.387,5 \end{array} \right]$$

$$k_3 = 24.272,6087$$

$$k_4 = hf(t_r + h, P_r + k_3)$$

$$k_4 = hf(t_1 + h; P_1 + k_3)$$

$$k_4 = hf \left(\begin{array}{c} 1 + 1; 29.368.255,7 \\ +24.272,6087 \end{array} \right)$$

$$k_4 = hf(1; 29.392.528,3)$$

$$k_4 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04 \left(1 - \frac{29.392.528,3}{30.000.000} \right) \\ 29.392.528,3 \end{array} \right]$$

$$k_4 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04(1 - 0,97975094) \\ 29.392.528,3 \end{array} \right]$$

$$k_4 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04(0,02024906) \\ 29.392.528,3 \end{array} \right]$$

$$k_4 = 23.806,8385$$

Setelah diperoleh nilai-nilai k_1, k_2, k_3 dan k_4 , kemudian disubstitusikan ke persamaan Runge-Kutta orde empat sebagai berikut.

$$P_{r+1} = P_r + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$P_2 = P_1 + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$P_2 = 29.368.255,7 + \frac{1}{6}(24.737,6394 + 2(24.263,5179) + 2(24.272,6087) + 23.806,8385)$$

$$P_2 = 29.368.255,7 + \frac{1}{6}(24.737,6394 + 48.527,0358 + 48.545,2174 + 23.806,8385)$$

$$P_2 = 29.368.255,7 + \frac{1}{6}(145.616,731)$$

$$P_2 = 29.368.255,7 + 24.269,4552$$

$$P_2 = 29.392.525,2$$

3. Untuk $r = 2$ dan $P_2 = 29.392.525,2$

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

$$t_2 = t_2 + h$$

$$t_2 = 1 + 1 = 2$$

$$k_1 = hf(t_r, P_r)$$

$$k_1 = hf(t_2, P_2)$$

$$k_1 = hf(2; 29.392.525,2)$$

$$k_1 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04 \left(1 - \frac{29.392.525,2}{30.000.000} \right) \\ 29.392.525,2 \end{array} \right]$$

$$k_1 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04(1 - 0,97975084) \\ 29.392.525,2 \end{array} \right]$$

$$k_1$$

$$= 1[0,04(0,02024916)29.392.525,2]$$

$$k_1 = 23.806,9596$$

$$k_2 = hf \left(t_r + \frac{1}{2}h, P_r + \frac{1}{2}k_1 \right)$$

$$k_2 = hf \left(t_2 + \frac{1}{2}h; P_2 + \frac{1}{2}k_1 \right)$$

$$k_2 = hf \left(\begin{array}{c} 2 + \frac{1}{2}; 29.392.525,2 \\ + \frac{23.806,9596}{2} \end{array} \right)$$

$$k_2 = hf(0,5; 29.404.429)$$

$$k_2 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04 \left(1 - \frac{29.404.429}{30.000.000} \right) \\ 29.404.429 \end{array} \right]$$

$$k_2 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04(1 - 0,98014763) \\ 29.404.429 \end{array} \right]$$

$$k_2$$

$$= 1[0,04(0,01985237)29.404.429]$$

$$k_2 = 23.349,901$$

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

$$k_3 = hf \left(t_2 + \frac{1}{2}h; P_2 + \frac{1}{2}k_2 \right)$$

$$k_3 = hf \left(\begin{array}{c} 2 + \frac{1}{2}; 29.392.525,2 \\ + \frac{23.349,901}{2} \end{array} \right)$$

$$k_3 = hf(0,5; 29.404.200,2)$$

$$k_3 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04 \left(1 - \frac{29.404.200,2}{30.000.000} \right) \\ 29.404.200,2 \end{array} \right]$$

$$k_3 = 1 \left[\begin{array}{c} 0,04(1 - 0,98014001) \\ 29.404.200,2 \end{array} \right]$$

$$k_3$$

$$= 1[0,04(0,01985999)29.404.200,2]$$

$$k_3 = 23.358,6907$$

$$k_4 = hf(t_r + h, P_r + k_3)$$

$$k_4 = hf(t_2 + h; P_2 + k_3)$$

$$k_4 = hf \left(\begin{matrix} 1 + 1; 29.392.525,2 \\ +23.358,6907 \end{matrix} \right) = 22.910,0315$$

$$k_4 = hf(1; 29.415.883,9)$$

$$k_4 = 1 \left[\begin{matrix} 0,04 \left(1 - \frac{29.415.883,9}{30.000.000} \right) \\ 29.415.883,9 \end{matrix} \right]$$

$$k_4 = 1 \left[\begin{matrix} 0,04(1 - 0,98052946) \\ 29.415.883,9 \end{matrix} \right]$$

$$k_4 = 1[0,04(0,01947054)29.415.883,9]$$

$$k_4 = 22.909,7218$$

Setelah diperoleh nilai-nilai k_1, k_2, k_3 dan k_4 , kemudian disubstitusikan ke persamaan Runge-Kutta orde empat sebagai berikut.

$$P_{r+1} = P_r + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$P_3 = P_2 + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$P_3 = 29.392.525,2 + \frac{1}{6}(23.806,9596 + 2(23.349,901) + 2(23.358,6907) + 22.909,7218)$$

$$P_3 = 29.392.525,2 + \frac{1}{6}(23.806,9596 + 46.669,802 + 46.717,3814 + 22.909,7218)$$

$$P_3 = 29.392.525,2 + \frac{1}{6}(140.103,865)$$

$$P_3 = 29.392.525,2 + 23.350,6441$$

$$P_3 = 29.415.875,8$$

Menentukan nilai-nilai $f_r, f_{r-1}, f_{r-2}, f_{r-3}$ dengan $r = 3, 4, \dots, n$. Substitusikan ke persamaan

$$P' = \frac{dP}{dt} = 0,04 \left(1 - \frac{P}{30.000.000} \right) P,$$

sehingga diperoleh sebagai berikut:

$$f_r = f_3(t_3, P_3)$$

$$= f_3(3; 29.415.875,8)$$

$$= 0,04 \left(1 - \frac{29.415.875,8}{30.000.000} \right) 29.415.875,8$$

$$= 0,04(1 - 0,98052919)29.415.875,8$$

$$= 0,04(0,01947081)29.415.875,$$

$$f_{r-1} = f_2(t_2, P_2)$$

$$= f_2(2; 29.392.525,2)$$

$$= 0,04 \left(1 - \frac{29.392.525,2}{30.000.000} \right) 29.392.525,2$$

$$= 0,04(1 - 0,97975084)29.392.525,2$$

$$= 0,04(0,02024916)29.392.525,$$

$$= 23.806,9596$$

$$f_{r-2} = f_1(t_1, P_1)$$

$$f_1(1; 29.368.255,7)$$

$$= 0,04 \left(1 - \frac{29.368.255,7}{30.000.000} \right) 29.368.255,7$$

$$= 0,04(1 - 0,97894186)29.368.255,7$$

$$= 0,04(0,02105814)29.368.255,$$

$$= 24.737,6394$$

$$f_{r-1} = f_0(t_0, P_0) = f_0(0; 29.343.040)$$

$$= 0,04 \left(1 - \frac{29.343.040}{30.000.000} \right) 29.343.040$$

$$= 0,04(1 - 0,97810133)29.343.040$$

$$= 0,04(0,02189867)29.343.040$$

$$= 25.702,9381$$

Tabel 2.

Solusi Awal Menggunakan Metode Runge-Kutta Orde Empat Pada Persamaan Logistik Biner

$h = 1$			
r	t_r	P_r	$P' = (t, P)$
			$= 0,04 \left(1 - \frac{P}{30.000.000} \right) P$
0	0	29.343.040	25.702,9381
1	1	29.368.255,7	24.737,6394
2	2	29.392.525,2	23.806,9596
3	3	29.415.875,8	22.910,0315

Solusi Numerik dengan Metode Adams Bashforth Moulton

Menentukan solusi numerik dengan menggunakan metode Adams

Bashforth Moulton. Setelah mendapatkan nilai-nilai $f_r(x_r, y_r)$ tersebut, kemudian di subsitusikan ke persamaan *Adams-Bashforth* pada persamaan (1.7) sebagai berikut:

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

1. Untuk $r = 3$ dan $P_3 = 29.415.875,8$

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

$$t_4 = t_3 + h$$

$$t_4 = 3 + 1 = 4$$

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

$$-9f_{r-3})$$

$$P_{3+1}^{(0)} = P_3 + \frac{h}{24}(55f_3 - 59f_2 + 37f_1 - 9f_0)$$

$$P_4^{(0)} = 29.415.875,8 + \frac{1}{24}(55(22.910,0315) - 59(23.806,9596) + 37(24.737,6394) - 9(25.702,9381))$$

$$P_4^{(0)} = 29.415.875,8 + \frac{1}{24}(1.260.051,7325 - 1.404.610,6164 + 915.292,6578 - 231.326,4429)$$

$$P_4^{(0)} = 29.415.875,8 + \frac{1}{24}(539.407,331)$$

$$P_4^{(0)} = 29.415.875,8 + 22.475,3054$$

$$P_4^{(0)} = 29.438.351$$

Menentukan solusi numerik dengan metode *Adams-Moulton* dan mengkoreksi *Adams-Moulton* sampai memenuhi kriteria. Setelah mendapatkan nilai-nilai f_{r+1} selanjutnya di subsitusikan ke persamaan *Adams-Moulton* pada persamaan (1.8) sebagai berikut:

$$P_{r+1}^{(0)} = P_r + \frac{h}{24}(f_{r-2} - 5f_{r-1} + 19f_r + 9f_r^{(0)})$$

$$f_4^{(0)}(t_4, P_4^{(0)})$$

$$= f_4(4; 29.438.351,1054)$$

$$f_4^{(0)} = 0,04 \left(1 - \frac{29.438.351,1054}{30.000.000} \right)$$

$$29.438.351,1054$$

$$f_4^{(0)} = 0,04(1 - 0,98127837018)$$

$$29.438.351,1054$$

$$f_4^{(0)} = 0,04(0,01872162982)$$

$$29.438.351,1054$$

$$f_4^{(0)} = 22.045,3565$$

2. Untuk $r = 3$, $t_4 = 4$, $P_3 = 29.415.875,8$

$$P_{3+1}^{(1)} = P_3 + \frac{h}{24}(f_1 - 5f_2 + 19f_3 + 9f_4^{(0)})$$

$$P_4^{(1)} = 29.415.875,8$$

$$+ \frac{1}{24}(24.737,6394$$

$$- 5(23.806,9596)$$

$$+ 19(22.910,0315)$$

$$+ 9(22.045,3565))$$

$$P_4^{(1)} = 29.415.875,8$$

$$+ \frac{1}{24}(24.737,6394$$

$$- 119.034,798 + 435.290,5985$$

$$+ 198.408,2085)$$

$$P_4^{(1)} = 29.415.875,8$$

$$+ \frac{1}{24}(539.401,6484)$$

$$P_4^{(1)} = 29.415.875,8 + 22.475,069$$

$$P_4^{(1)} = 29.438.350,9$$

Pengendalian Ukuran Langkah h

Menghitung galat relatifnya dengan kriteria pemberhentian:

$$\varepsilon = 5 \times 10^{-9}$$

$$\left| \frac{P_4^{(1)} - P_4^{(0)}}{P_4^{(1)}} \right|$$

$$= \left| \frac{29.438.350,9 - 29.438.351}{29.438.350,9} \right|$$

$$= 0,3 \times 10^{-8}$$

Maka dilakukan analisis kriteria pemilihan ukuran langkah h :

$$\begin{aligned} & \frac{19}{270} \cdot \frac{|P_4^{(1)} - P_4^{(0)}|}{|P_4^{(1)}|} \\ &= 0,0703703704(0,3 \times 10^{-8}) \\ &= 0,00000000021 \\ &= 0,21 \times 10^{-9} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh hasil sebesar $0,21 \times 10^{-9} > 5 \times 10^{-9}$ maka h diganti menjadi $\frac{h}{2}$ dan kembali ke langkah 3 yaitu menghitung empat solusi awal dimulai dari P_0, P_1, P_2 dan P_3 menggunakan metode Runge-Kutta orde empat.

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dibahas tentang persamaan logistik biner yang dimana merupakan persamaan diferensial biasa nonlinear dan jumlah tingkat pertumbuhan ekonomi di Provinsi Sumatera Utara dengan menggunakan metode *Adams Bashforth Moulton*. Logistik biner merupakan sebuah pendekatan untuk membuat model prediksi seperti halnya regresi linear atau yang biasa disebut dengan istilah *Ordinary Least Squares (OLS) regression*. Persamaan logistik biner juga merupakan persamaan diferensial biasa (PDB) non linear yang menggambarkan pertumbuhan populasi. Salah satu metode numerik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan suatu PDB nonlinear adalah metode *Adams Bashforth Moulton* (Side et al., 2019).

Metode *Adams Bashforth Moulton* salah satu metode *multi-step* yaitu metode yang membutuhkan beberapa solusi awal yang dapat diperoleh dari metode *one-step*. Metode *Adams Bashforth Moulton* dapat digunakan tanpa mencari turunan-turunan fungsinya terlebih dahulu, melainkan langsung menggunakan persamaan prediktor-korektor yang terdiri dari metode

Adams Bashforth sebagai prediktor dan metode *Adams Moulton* sebagai korektor. Metode *Adams Bashforth Moulton* ini memberikan solusi yang cukup akurat dalam penyelesaian masalah nilai awal persamaan diferensial biasa non linear (Apriani et al., 2022).

Kelebihan menggunakan metode *Adams Bashforth Moulton* ini adalah galat dapat ditentukan dengan mudah tetapi untuk mencari nilai dan memerlukan titik sebelumnya sehingga dengan melakukan kombinasi kekurangan dari masing-masing metode dapat saling melengkapi. Penggunaan metode *multi-step* prediktor korektor *adams* pada penyelesaian persamaan diferensial biasa orde pertama secara numerik memberikan hasil yang lebih stabil dibandingkan dengan penggunaan metode prediktor korektor *milne-simpson* (Sumarni Abdullah, 2018).

Produk Domestik Regional Bruto akan memberikan suatu gambaran bagaimana daerah dalam mengelola serta memanfaatkan sumber daya yang ada, terutama dalam lingkup Provinsi Sumatera Utara yang merupakan salah satu provinsi di Pulau Sumatera yang terdiri dari 8 kota dan 25 kabupaten dengan jumlah penduduk di tahun 2021 sebanyak 14.936.148 jiwa (Fatoni & Prasetyanto, 2022).

Masalah pertumbuhan ekonomi dapat dipandang sebagai masalah makro ekonomi jangka panjang. Dari satu periode ke periode berikutnya kemampuan suatu negara untuk menghasilkan barang dan jasa akan meningkat. Kemampuan yang meningkat ini disebabkan karena faktor-faktor produksi akan selalu mengalami pertambahan dalam jumlah dan kualitasnya. Investasi ini akan menambah jumlah barang modal. Teknologi yang digunakan juga

berkembang. Disamping itu tenaga kerja juga bertambah sebagai akibat pertambahan penduduk, pengalaman kerja dan pendidikan serta kenaikan ketrampilan yang dimiliki oleh tenaga kerja (Menajang, 2019).

Pada penelitian ini, dibahas tentang persamaan logistik biner yang dimana merupakan persamaan diferensial biasa non linear dan jumlah tingkat pertumbuhan ekonomi di Provinsi Sumatera Utara dengan menggunakan metode *Adams Bashforth Moulton*. Dari hasil penelitian ini, persamaan logistik biner ukuran langkah h yang dipilih adalah 1 dengan kriteria pemberhentian $\varepsilon = 5 \times 10^{-9}$. Pada langkah 3 menghitung tiga solusi awal dengan menggunakan metode Runge-Kutta orde empat yaitu $P_1 = 29.368.255,7$, $P_2 = 29.392.525,2$ dan $P_3 = 29.415.875,8$. Tiga solusi awal tersebut disubstitusikan ke persamaan logistik untuk memperoleh nilai-nilai $f_r, f_{r-1}, f_{r-2}, f_{r-3}$. Pada langkah 5 memprediksi nilai P_r dengan $r = 3, 4, \dots, n$ menggunakan metode *Adams-Bashforth* selanjutnya nilai prediksi tersebut akan diperbaiki dengan menggunakan metode *Adams-Moulton*. Sehingga didapatkan hasil nilai-nilai solusi numerik dan galat relatifnya. Berikut ini merupakan tabel prediksi jumlah tingkat pertumbuhan ekonomi di Provinsi Sumatera Utara pada Tahun 2013-2028:

Tabel 3.
Prediksi Tingkat Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Sumatera Utara Tahun 2022-2028

No.	Tahun	Jumlah Tingkat Pertumbuhan Ekonomi
1	2013	29.343.040
2	2014	29.368.255,7
3	2015	29.392.525,2
4	2016	29.415.875,8
5	2017	29.438.350,9

6	2018	29.460.832
7	2019	29.482.458
8	2020	29.503.265,9
9	2021	29.523.285,6
10	2022	29.542.546
11	2023	29.561.074,9
12	2024	29.578.899
13	2025	29.596.044,7
14	2026	29.612.536,8
15	2027	29.628.506,6
16	2028	29.643.808,9

Berdasarkan Tabel 1.3 dapat dilihat prediksi jumlah tingkat pertumbuhan ekonomi di Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2022-2028. Pada Tabel 1.4 juga terlihat bahwa jumlah tingkat pertumbuhan ekonomi di Provinsi Sumatera Utara mengalami kenaikan setiap tahunnya. Berikut ini adalah tabel pertambahan pertumbuhan ekonomi dimulai dari tahun 2022-2028 sebagai berikut:

Tabel 4.
Pertambahan Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Sumatera Utara Tahun 2022-2028

No.	Tahun	Pertambahan Pertumbuhan Ekonomi
1	2022-2023	18.529
2	2023-2024	17.824
3	2024-2025	17.146
4	2025-2026	16.492
5	2026-2027	15.970
6	2027-2028	15.303
ata-Rata (\bar{x})		16.877

Pada Tabel 1.4 dapat dilihat bahwa setiap tahun tingkat pertumbuhan ekonomi Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2022-2028 mengalami pertambahan dengan rata-rata 16.877. Dari hasil perhitungan diatas, terlihat bahwa setiap tahunnya tingkat pertumbuhan ekonomi Provinsi Sumatera Utara mengalami kenaikan mulai dari tahun 2023-2028. Setiap tahunnya pertumbuhan ekonomi mengalami pertambahan dengan rata-ratan 16.877. Maka dari itu, dapat

dilihat bahwa prediksi pertumbuhan ekonomi di Provinsi Sumatera Utara untuk ditahun 2023-2028 mengalami peningkatan.

SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan diatas dan hasil dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa triwulan sebelumnya pertumbuhan ekonomi mengalami penurunan dan pada triwulan IV-2022 ini mengalami peningkatan pertumbuhan ekonomi. Penelitian ini mengguakan metode *adams bashforth moulton*, karena metode ini salah satu metode penyelesaian yang digunakan untuk menyelesaikan masalah persamaan logistik biner. Metode *adams bashforth moulton* adalah metode *multi-step* yang terdiri dari *Adams Bashforth* sebagai prediktor dan *Adams Moulton* sebagai korektor. Sehingga nilai lebih tepat dan akurat karena didasarkan pada nilai masing-masing solusi awal numeriknya. Dari proses ini akan didapatkan prediksi tingkat pertumbuhan ekonomi Provinsi sumatera Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap tahunnya jumlah pertumbuhan ekonomi di Provinsi Sumatera Utara mengalami peningkatan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, Sumarni. (2018). Penerapan Metode Adams Bashforth Moulton pada Persamaan Logistik dalam Memprediksi Pertumbuhan Penduduk di Provinsi Sulawesi Selatan. Makassar, *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Alaudin. <https://core.ac.uk/download/pdf/198222087.pdf>

Andriani, Y., Silitonga, H., & Wanto, A. (2018). Analisis Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prediksi

Volume Ekspor dan Impor Migas di Indonesia. *Register: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, 4(1), 30–40. <https://doi.org/10.26594/register.v4i1.1157>

Apriani, D., Wasono, W., & Huda, M. N. (2022). Penerapan Metode *Adams- Bashforth-Moulton* pada Persamaan Logistik dalam Memprediksi Pertumbuhan Penduduk di Provinsi Kalimantan Timur. *Eksponensial*, 13(2), 95-102. <http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/exponensial/article/view/1046/455>

Ariyanto, A. (2019). Analisis Model Verhulsts Kaitannya dengan Ketersediaan Dokter Umum di Kabupaten Timor Tengah Selatan (TTS). *J-ICON: Jurnal Komputer dan Informatika*, 7(1), 9-16. <https://doi.org/10.35508/jicon.v7i1.874>

Arifuddin R, A. R. (2018). *Solusi Numerik Model Verhulst pada Estimasi Pertumbuhan Hasil Panen Padi dengan Metode Adam Bashforth-Moulton (ABM)* (Doctoral dissertation, FMIPA). <http://www.ojs.unm.ac.id/jmathcos>

Avini, A., Patunduk, K. W., Sumarni, S., Harbianti, H., Pratiwi, A., & Hidayat, R. (2022). Analisis Model Cox Proportional Hazard dan Regresi Logistik sebagai Upaya Pencegahan Covid-19 di Kota Palopo. *Inferensi*, 5(2), 105. <https://doi.org/10.12962/j27213862.v5i2.14064>

Badan Pusat Statistik. (2022). *Pertumbuhan Ekonomi Sumatera Utara (2022th ed.)*. BPS-Statistik Sumatera Utara.

Berita Resmi Statistik. (2022).

- Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Sumatera Utara Triwulan I-2022. No. 25/05/12/Th. XXV, 9 Mei 2022.
- Budiriansyah, L. (2017). Analisis Penyerapan Tenaga Kerja Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Ekobis Kajian Ekonomi dan Bisnis*, 1(1), 60-81. <https://jurnal.unisti.ac.id/ekobis/article/view/4>
- Mawikere, D. C. F., Engka, D. S., & Sumual, J. I. (2019). Pengaruh Tenaga Kerja dan Inflasi terhadap Pertumbuhan Ekonomi Melalui Investasi di Sulawesi Utara. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 19(03). <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jbie/article/view/25263>
- Fatoni, M. R., & Prasetyanto, P. K. (2022). Analisis Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Sumatera Utara Tahun 1990-2021, *Jurnal Economina*, 1(3), 647-664. <https://doi.org/10.55681/economina.v1i3.156>
- Yenny, N. F., & Anwar, K. (2020). Pengaruh Jumlah Penduduk terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Kota Lhokseumawe. *Jurnal Ekonomika Indonesia*, 9(2), 19-25. <https://doi.org/10.29103/ekonomika.v9i2.3181>
- Halimah, S. (2018). *Analisis Kestabilan Model Matematika pada Pembentukan Sel Darah Putih dengan Perlambatan* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim). <http://etheses.uin-malang.ac.id/id/eprint/15241>
- Himayati, A. I. A. (2023). Analisis Regresi Logistik Biner pada Faktor Resiko Kejadian Tuberkulosis. *Jurnal Matematika Sains dan Teknologi*, 24(1), 01-14. <https://doi.org/10.33830/jmst.v24i1.4666.2023>
- Kafil, M. (2019). Penerapan Metode K-Nearest Neighbors untuk Prediksi Penjualan Berbasis Web pada Boutiq Dealove Bondowoso. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 3(2), 59-66. <https://doi.org/10.36040/jati.v3i2.860>
- KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia). Kamus versi online/daring (Dalam Jaringan). di akses pada 14 Juni 2022. <https://kbbi.web.id/prediksi>
- Menajang, H. (2019). Pengaruh Investasi dan Tenaga Kerja terhadap Pertumbuhan Ekonomi Kota Manado. *Jurnal Pembangunan Ekonomi Dan Keuangan Daerah*, 16(4). <https://doi.org/10.35794/jpekd.23425.16.4.2014>
- Muttaqin, R. (2018). Pertumbuhan Ekonomi dalam Perspektif Islam Economic Growth in Islamic Perspective. *Ekonomika (Yogyakarta: BPFE, 1984)*, 213, 219. <https://doi.org/10.31949/mr.v1i2.1134>
- Panggabean, D. S. O., Buulolo, E., & Silalahi, N. (2020). Penerapan Data Mining untuk Memprediksi Pemesanan Bibit Pohon dengan Regresi Linear Berganda. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 7(1), 56. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v7i1.1947>
- Purba, I. S., Hartama, D., & Kirana, I. O. (2019, September). Implementasi Algoritma Backpropagation dalam

- Memprediksi Jumlah Mahasiswa Baru pada AMIK-STIKOM Tunas Bangsa Pematangsiantar. In *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)* (Vol. 1, pp. 795-803). <http://dx.doi.org/10.30645/senaris.v1i0.86>
- Purnomo, D. (2021). *Persamaan Difere-nsial*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Putri, S. R., Noviani, E., & Yudhi, Y. (2022). Prediksi Jumlah Penduduk dengan Persamaan Logistik Menggunakan Metode *Adams-Bashforth-Moulton* (Studi Kasus: Kalimantan Barat). *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 11(1). <http://dx.doi.org/10.26418/bbimst.v11i1.52200>
- Ramadhani, L. P., Aini, D. N., & Rohana, N. (2020). Hubungan Self Efficacy dengan Problem Focused Coping pada Pasien Hipertensi. *Jurnal Ners Widya Husada*, 7(1), 1-8. <http://journal.uwhs.ac.id/index.php/jners/article/view/355>
- Walangadi, R. A., & Kumala, I. S. (2019). Prediksi Penjualan Motor dengan Menggunakan Metode Least Square. *Jurnal Cosphi*, 3(2). <https://www.cosphijournal.unisan.ac.id/index.php/cosphihome/article/viewFile/80/38>
- Yasin, M., & Irwan, M. (2020). Analisis Pertumbuhan Ekonomi, Pengangguran dan Kemiskinan di Kabupaten Lombok Tengah. *Journal of Economics and Business*, 6(2), 134-164. <https://doi.org/10.29303/ekonobis.v6i2.52>
- Zulfauzi, Z., & Alamsyah, M. N. (2020). Penerapan Algoritma Naive Bayes untuk Prediksi Penerimaan Mahasiswa Baru Studi Kasus Universitas Bina Insan Fakultas Komputer. *Jurnal Teknologi Informasi Mura*, 12(2), 156-165. <https://doi.org/10.32767/JTI.V12I02.1096>