

Pemodelan Matematis Produk Domestik Regional Bruto Provinsi Sumatera Utara Berdasarkan Lapangan Usaha Dengan Regresi Linier Dan Nonlinier

Fahmi Kurniawan

Universitas Negeri Medan

Korespondensi penulis: fahmikurniawann@gmail.com

Abil Mansyur

Universitas Negeri Medan

Abstract. *Economic development is one of the important goals to be achieved by a country. Because basically economic development is an effort and policy with the aim of expanding employment opportunities, raising the standard of living of the people, and improving the regional regional economy. Gross Regional Domestic Product is an indicator that can be used to see economic growth in a region. North Sumatra's GRDP growth rate recorded in the Central Bureau of Statistics of North Sumatra has fluctuated. One way to find out if GRDP has increased or decreased is to use forecasting. In various fields, forecasting systems are needed that must be accurate to anticipate future events. One of the methods used is regression analysis, including polynomial and exponential regression, the data used is North Sumatra GRDP Growth Rate data from 2011 to 2021 where the X variable is the year and the Y variable is the GRDP growth rate each quarter, and the best method will be determined in this research. From the results obtained using the help of the Matlab application, the best forecasting model is by looking at the MSE which is close to zero where the MSE values are regression, namely: 1st Order Polynomial (MSE: 1.98e-05); Order 2 Polynomial (MSE: 0.0023); Order 3 Polynomial (MSE: 1.85e-04); Order 4 Polynomial (MSE: 12.65); Order 5 polynomial (MSE: 8.66); Exponential (MSE: 0.2447).*

Keywords: *Forecasting, GRDP, Matlab, Regression.*

Abstrak. Pembangunan ekonomi merupakan salah satu tujuan yang penting dicapai suatu negara. Karena pada dasarnya pembangunan ekonomi merupakan sebuah usaha dan kebijaksanaan dengan tujuan untuk memperluas lapangan pekerjaan, menaikkan taraf hidup rakyat, serta meningkatkan ekonomi regional daerah. Produk Domestik Regional Bruto merupakan salah satu indikator yang dapat digunakan untuk melihat pertumbuhan ekonomi pada suatu wilayah. Laju pertumbuhan PDRB Sumatera Utara yang tercatat dalam Badan Pusat Statistik Sumatera Utara mengalami fluktuasi. Salah satu cara untuk mengetahui PDRB mengalami kenaikan atau penurunan adalah menggunakan peramalan. Dalam berbagai bidang dibutuhkan sistem peramalan yang harus akurat untuk mengantisipasi kejadian dimasa yang akan datang. Salah satu metode yang digunakan adalah analisis regresi, diantaranya yaitu regresi polinomial dan eksponensial, data yang digunakan adalah data Laju Pertumbuhan PDRB Sumatera Utara tahun 2011 sampai 2021 dimana variabel X adalah tahun dan variabel Y adalah laju pertumbuhan PDRB tiap kuartalnya, dan akan ditentukan metode terbaik dalam penelitian ini. Dari hasil yang didapat dengan menggunakan bantuan aplikasi matlab maka model peramalan terbaik

Received April 30, 2023; Revised Mei 30, 2023; Accepted Juni 27, 2023

* Fahmi Kurniawan, fahmikurniawann@gmail.com

dengan melihat MSE yang mendekati nol dimana nilai MSE regresi yaitu: Polinomial Orde 1 (MSE: 1,98e-05); Polinomial Orde 2 (MSE: 0,0023); Polinomial Orde 3 (MSE: 1,85e-04); Polinomial Orde 4 (MSE: 12,65); Polinomial Orde 5 (MSE: 8,66); Eksponensial (MSE: 0,2447).

Kata kunci: Matlab, Peramalan, PDRB, Regresi.

LATAR BELAKANG

Salah satu faktor yang sangat penting untuk diperhatikan dan diperlukan perencanaan yang tepat dan efektif agar didapatkan tujuan yang diharapkan suatu negara maupun daerah adalah pembangunan ekonomi (Hanan 2017). Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) merupakan nilai tambah bruto dari semua jasa dan barang yang dibuat ataupun juga dihasilkan dari wilayah domestik suatu negara yang terbentuk karena adanya berbagai kegiatan ekonomi dalam suatu periode tertentu. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) adalah salah satu penanda yang bisa digunakan untuk melihat pertumbuhan ekonomi pada satu wilayah tertentu. Laju pertumbuhan PDRB atas dasar harga konstan menurut lapangan usaha dalam periode triwulan yang tercatat dalam Badan Pusat Statistik (BPS) Sumatera Utara mengalami fluktuasi, Salah satu cara untuk dapat mengetahui PDRB Provinsi Sumatera Utara mengalami pertumbuhan maupun juga penurunan untuk kedepannya adalah menggunakan peramalan. Tujuan dari peramalan yaitu membuat perkiraan yang mungkin bisa terjadi di waktu yang akan datang dalam segala macam sektor seperti industri, bisnis, bahkan dalam lembaga pemerintahan dibutuhkan sistem peramalan yang harus akurat untuk mengantisipasi kejadian di waktu yang akan datang. Salah satu metode yang digunakan adalah analisis regresi. Analisis regresi terdapat dua jenis model, yaitu regresi linier dan regresi non linier dalam parameternya. Regresi linier mempunyai dua sifat yaitu regresi sederhana dan regresi berganda dimana dari regresi tersebut menghasilkan kurva dengan bentuk garis lurus, sedangkan regresi non linier dalam parameternya bersifat kuadratik, kubik dan lainnya dan menghasilkan bentuk kurva garis lengkung (Yuliana 2017).

KAJIAN TEORITIS

Analisis regresi merupakan salah satu metode untuk melakukan peramalan, tujuan dari peramalan yaitu untuk membuat perkiraan yang mungkin bisa terjadi di waktu yang akan datang, metode peramalan ini dapat diterapkan dalam berbagai bidang seperti pada bidang industri, bisnis, bahkan dalam lembaga pemerintah. Pada penelitian terdahulu seperti yang dilakukan (Mario 2018) meramalkan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Mexico menggunakan tiga model regresi yaitu linier, polinomial, dan parabola. Penelitian ini menggunakan data 82 tahun dari tahun 1935 sampai 2016. Dari hasil penelitian diperoleh model regresi parabola yang paling tepat.

Selain itu, penelitian (Firdaus 2020) dengan menggunakan metode regresi polinomial memprediksi Nilai Jual Properti Objek Pajak (NJOP) Tanah Kabupaten Gresik tahun 2019, regresi polinomial yang digunakan dalam penelitian ini adalah derajat 2 dan derajat 3. Prakiraan nilai NJOP luas lahan tahun 2019/m² untuk setiap kecamatan di Kabupaten Gresik tertinggi di Kec. Benjeng adalah 301.530.189, sedangkan harga terendah adalah NJOP/m² di Kec. Sangkapura sebanyak 1.041.264.

Untuk melakukan peramalan menggunakan regresi linier dan nonlinier maka harus diketahui terlebih dahulu model regresinya. Berikut model regresi dari regresi polinomial dan eksponensial:

1. Regresi Linier berganda:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$$

2. Regresi Polinomial:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \dots + \beta_d x_i^d + \varepsilon$$

3. Regresi Eksponensial:

$$y_i = \ln(e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon})$$

Untuk menentukan model peramalan mana yang lebih baik terdapat beberapa metode untuk menentukan metode regresi terbaik, diantaranya adalah metode AIC (*Akaike Information Criterion*) dan SIC (*Schwarz Information Criterion*). Dasar model AIC dan SIC adalah *metode maximum likelihood estimation*.

Akaike Information Criterion (AIC) merupakan pengukuran untuk mencari kualitas relatif beberapa model statistik dan dipilih model statistik terbaiknya. Model AIC dapat dicari menggunakan rumus:

$$AIC = e^{\frac{2k}{n} \frac{\sum_{i=1}^n \hat{\epsilon}_i^2}{n}}$$

Dengan:

k = jumlah parameter yang diestimasi dalam model regresi

n = jumlah observasi

e = 2,718

$\hat{\epsilon}$ = sisa (residual)

Atau dapat ditulis menjadi:

$$AIC = \frac{2k}{n} + \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n \hat{\epsilon}_i^2}{n} \right)$$

Schwarz Information Criterion (SIC) dalam statistika dikenal dengan *Bayesian Information* (BIC) dan *Schwarz Bayesian Criterion* (SBC). Model SIC dapat dicari menggunakan:

$$SIC = \frac{k}{n} \ln n + \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n \hat{\epsilon}_i^2}{n} \right)$$

Kriteria SIC hampir sama dengan AIC yang artinya juga digunakan untuk mencari model regresi ataupun model distribusi terbaik. Model regresi ataupun distribusi terbaik adalah model regresi yang memiliki nilai yang terkecil.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang digunakan dalam penulisan ini adalah penelitian kuantitatif dimana, data yang digunakan adalah data sekunder yang diambil dari Badan Pusat Statistik Sumatera Utara yaitu data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Sumatera Utara atas dasar harga konstan menurut lapangan usaha dengan variabel dependent(terikat) Y yaitu nilai rata-rata PDRB tiap kuartalnya.

Data yang telah diperoleh dari website Badan Pusat Statistik Sumatera Utara selanjutnya akan dianalisis menggunakan regresi polinomial dan regresi eksponensial. Langkah-langkah untuk menganalisis data tersebut adalah:

1. Melakukan studi literatur dengan mengumpulkan bahan bacaan yang berkaitan dengan penelitian
2. Mengumpulkan data PDRB Sumatera Utara berdasarkan lapangan usaha tahun 2011-2021.
3. Mencari hasil peramalan menggunakan model regresi polinomial, eksponensial

4. Menentukan model terbaik dengan menggunakan model SIC dan AIC

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Sumatera Utara Berdasarkan Lapangan Usaha yang bersumber dari laman resmi Badan Pusat Statistik Sumatera Utara. Berikut merupakan data histori PDRB dari tahun 2011 sampai dengan 2021.

Tabel .1: Data Sampel PDRB Sumut 2011-2021

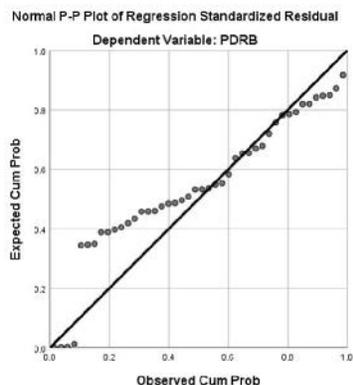
Tahun, (Kuartal)	PDRB (Y)	Tahun, (Kuartal)	PDRB (Y)	Tahun, (Kuartal)	PDRB (Y)	Tahun, (Kuartal)	PDRB (Y)
2011. 1	6.52	2013. 4	5.74	2016. 3	5.28	2019. 2	5.25
2011. 2	6.61	2014. 1	5.28	2016. 4	5.24	2019. 3	5.11
2011. 3	7.07	2014. 2	5.50	2017. 1	4.52	2019. 4	5.21
2011. 4	6.45	2014. 3	5.46	2017. 2	5.13	2020. 1	4.25
2012. 1	6.05	2014. 4	4.69	2017. 3	5.23	2020. 2	-2.77
2012. 2	6.35	2015. 1	4.84	2017. 4	5.56	2020. 3	-2.6
2012. 3	6.72	2015. 2	5.14	2018. 1	4.72	2020. 4	-2.94
2012. 4	6.66	2015. 3	5.03	2018. 2	5.27	2021. 1	-1.85
2013. 1	6.56	2015. 4	5.37	2018. 3	5.38	2021. 2	4.95
2013. 2	6.34	2016. 1	4.66	2018. 4	3.50	2021. 3	3.67
2013. 3	5.67	2016. 2	5.49	2019. 1	5.31	2021. 4	3.81

Tabel di atas merupakan data PDRB Sumatera Utara berdasarkan lapangan usaha dimana PRDB menurut lapangan usaha dirinci menurut total nilai tambah dari seluruh sektor ekonomi yang mencakup 17 sektor lapangan usaha

Uji Asumsi Klasik

1. Uji Normalitas

Untuk mengetahui apakah nilai residual pada regresi mengikuti distribusi normal atau tidak, dapat dilihat sebagai berikut. Pada prinsipnya normalitas dapat dideteksi dengan melihat penyebaran data (titik) pada sumbu diagonal dari grafik atau dengan melihat histogram dari residualnya.



Gambar 1: Scatter Plot Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual

Berdasarkan Gambar 1 dapat disimpulkan bahwa grafik normal plot terlihat titik titik menyebar disekitar garis diagonal, serta penyebarannya tidak terlalu menjauh dari garis diagonal. Hal ini menunjukkan bahwa residual dari model regresi mengikuti asumsi normalitas.

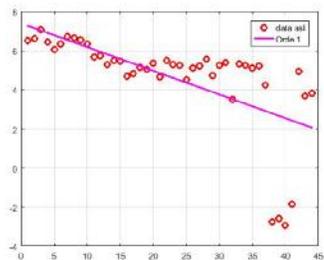
Pencarian Model

Penelitian ini dilakukan untuk melihat peramalan pergerakan PDRB disaat terjadinya *covid-19*, pada data PDRB *covid* terjadi pada tahun 2020 dari kuartal 2 sampai kuartal 4 dan tahun 2021, maka disini akan dicari beberapa model yang digunakan sebagai pembandingan untuk model peramalan yang akan dicari setelah model dan scatter plot awal agar dapat dilihat model peramalan mana yang hasilnya mendekati model asli. Proses pencarian ini menggunakan bantuan *software* Matlab.

1. Model dengan Data Sampel

Pencarian model awal dilakukan dengan mencari model regresi menggunakan data sampel pada tabel 4.1 yang mencakup data dari 2011 sampai 2021.

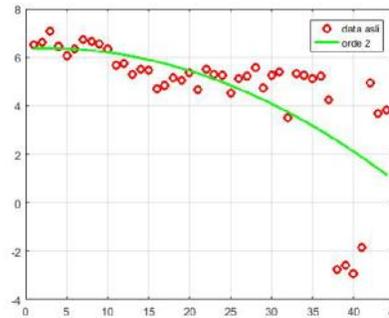
a. Regresi Polinomial Orde-1



Gambar 2: Scatter Plot regresi orde-1

Gambar 2 merupakan *scatter plot* yang menampilkan perbandingan antara data histori dengan regresi linier. Model regresi yang diperoleh adalah $y = -0,121x + 7,3$.

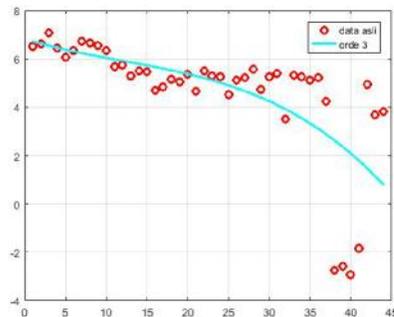
b. Regresi Polinomial Orde-2



Gambar 3: *Scatter Plot* regresi orde-2

Gambar 3 merupakan *scatter plot* yang menampilkan perbandingan antara data histori dengan regresi polinomial orde-2, kemudian model regresi yang diperoleh adalah $y = -0.003x^2 + 0.147x + 6,352$.

c. Regresi Polinomial Orde-3

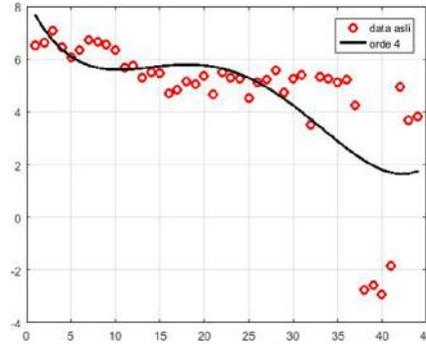


Gambar 4: *Scatter Plot* regresi orde-3

Gambar 4 merupakan *scatter plot* yang menampilkan perbandingan antara data histori dengan regresi polinomial orde-3, model regresi yang di dapat yaitu:

$$y = -9.54e - 05x^3 + 0.034x^2 - 0.1026x + 6.8169.$$

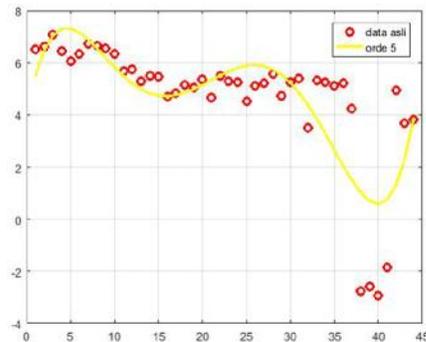
d. Regresi Polinomial Orde-4



Gambar 5: *Scatter Plot* Regresi Orde 4

Gambar 5 merupakan *scatter plot* yang menampilkan perbandingan antara data histori dengan regresi polinomial orde-4 dengan model regresi $y = 2.197e^{-05}x^4 + 0.002x^3 - 0.061x^2 - 0.695x + 8.283$.

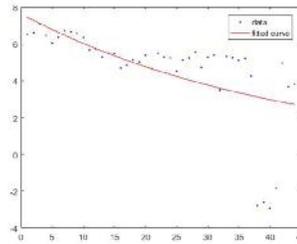
e. Regresi Polinomial Orde-5



Gambar 6: *Scatter Plot* regresi orde-5

Gambar 6 merupakan *scatter plot* menampilkan perbandingan antara data histori dengan regresi polinomial orde-5 dengan model regresi $y = 4.639e^{-06}x^5 - 4.999e^{-4}x^4 + 0.0189x^3 - 0.299x^2 + 1.732x + 4.07$.

f. Regresi Eksponensial



Gambar 7: *Scatter Plot* regresi eksponensial

Model yang didapat adalah

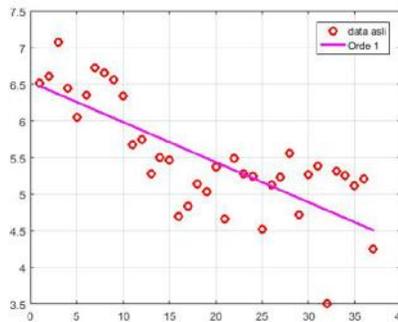
$$Y = a \exp(bx)$$

$$Y = 7.606 \exp(-0.02322x)$$

Peramalan PDRB Saat Kondisi Covid-19

Setelah diperoleh model dan scatter plot awal, maka akan dicari model regresi untuk melihat peramalan pergerakan plot saat dalam kondisi covid-19.

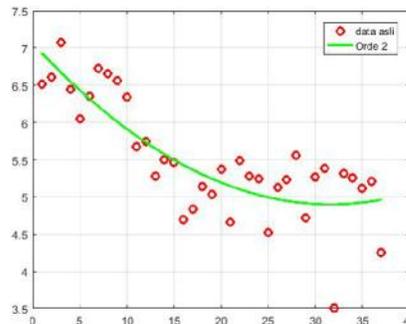
1. Regresi Polinomial Orde-1



Gambar 8: *Scatter Plot* regresi polinomial orde-1

Model regresi yang diperoleh $y = -0.055x + 6,528$ dan nilai *Mean Squard Error* (MSE): $1,98e-05$.

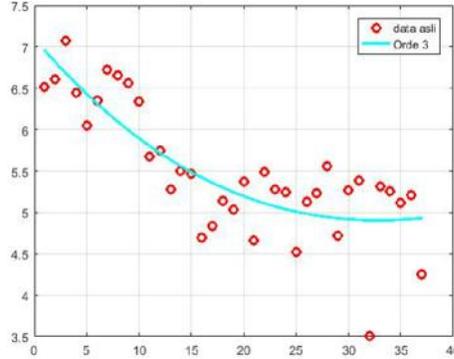
2. Regresi Polinomial Orde-2



Gambar 9: *Scatter Plot* regresi polinomial orde-2

Model regresi yang diperoleh $y = 0,002x^2 - 0,137x + 7,061$ dan nilai *Mean Squad Error* (MSE): 0,0023.

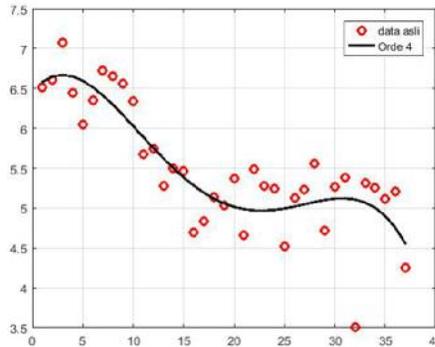
3. Regresi Polinomial Orde-3



Gambar 10: *Scatter Plot* regresi polinomial orde-3

Model regresi yang diperoleh $y = -1,39e-05x^3 + 0,003x^2 - 0,149x + 7,102$ dan nilai *Mean Squad Error* (MSE): 1,85e-04.

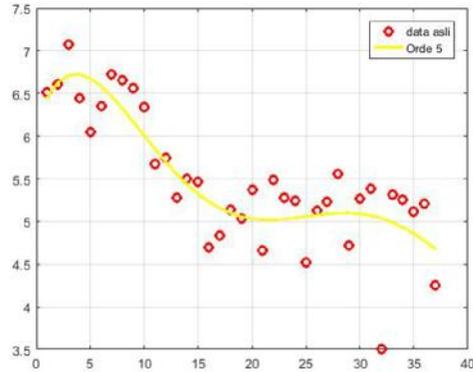
4. Regresi Polinomial Orde-4



Gambar 11: *Scatter Plot* regresi polinomial orde-4

Model regresi yang diperoleh $y = -1.861e - 05x^4 + 0.001x^3 - 0.032x^2 + 0.155x + 6.456$ dan nilai *Mean Squad Error* (MSE):12,65.

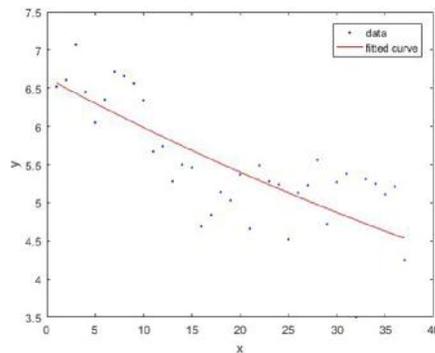
5. Regresi Polinomial Orde-5



Gambar 12: Scatter Plot regresi polinomial orde-5

Model regresi yang diperoleh dari perhitungan menggunakan matlab $y = 6.96e-07x^5 - 8.47e-05x^4 + 0.004x^3 - 0.065x^2 + 0.342x + 6.175$ dan nilai *Mean Squad Error* (MSE)= 8,66.

6. Regresi Eksponensial



Gambar 13: Scatter Plot regresi eksponensial

Model regresi eksponensial dari data covid-19 diperoleh nilai $a = 6.635$ dan $b = -0.01029$ dan nilai *Mean Squad Error* (MSE)= 0,2447, maka dapat ditentukan model regresi eksponensial menjadi

$$y = a \exp(bx)$$

$$y = 6.635 \exp(-0.01029x)$$

Penentuan Regresi Terbaik

SIC (*Schwarz Information Criterion*), BIC (*Bayesian Information Criterion*), dan AIC (*Akaike Information Criterion*) adalah metrik evaluasi yang digunakan untuk membandingkan model statistik yang berbeda. Mereka digunakan untuk menentukan model mana yang paling cocok untuk data yang diberikan. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai AIC dan BIC dari regresi polinomial dan regresi eksponensial.

No	Model Regresi	AIC	BIC
1	Regresi Linier	-292,5	-292,1
2	Regresi Polinomial Orde-2	-426,4	-422,7
3	Regresi Polinomial Orde-3	-292,1	-288,6
4	Regresi Polinomial Orde-4	-167,8	-164,3
5	Regresi Polinomial Orde-5	-26,9	-23,2
6	Regresi Eksponensial	168,4	171,9

Jika nilai AIC negatif maka diambil nilai absolutnya, hal ini juga berlaku bagi kriteria BIC jika BIC tandanya negatif. Dari hasil yang didapat dalam pencarian nilai AIC dan BIC untuk menentukan model regresi yang terbaik diperoleh model regresi polinomial orde 5 model regresi yang terbaik dikarenakan nilai AIC dan BIC regresi tersebut bernilai paling kecil yaitu -26,5 untuk nilai AIC dan -23,2 untuk nilai BIC.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada Bab IV diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Model peramalan PDRB Sumatera Utara dengan Regresi diperoleh yaitu:
 1. Regresi polinomial orde-1 : $y = -0.055x + 6.528$
 2. Regresi polinomial orde-2 : $y = 0,002x^2 - 0,137x + 7,061$
 3. Regresi polinomial orde-3 : $y = -1,39e-05x^3 + 0,003x^2 - 0,149x + 7,102$
 4. Regresi polinomial orde-4 : $y = -1.861e-05x^4 + 0.001x^3 - 0.032x^2 + 0.155x + 0.155x + 6.456$
 5. Regresi polinomial orde-5 : $y = 6.96e-07x^5 - 8.47e-05x^4 + 0.004x^3 - 0.065x^2 + 6.175$
 6. Regresi Eksponensial : $y = 6.635exp(-0.01029x)$
2. Berdasarkan nilai AIC dan BIC maka dapat ditentukan model regresi terbaik yaitu regresi polinomial orde-5.

Saran

Berikut ini adalah saran yang dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian ini:

1. Peneliti selanjutnya dapat menambah metode penelitian untuk hasil penelitian yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada dosen-dosen Universitas Negeri Medan yang telah memberikan masukan dan sarannya dalam penelitian ini dan kepada Universitas Negeri Medan atas segala fasilitas yang diberikan.

DAFTAR REFERENSI

- Firdaus, Miratul, d., (2020): Prediksi Nilai Jual Objek Pajak (NJOP) Tanah di Kabupaten Gresik Menggunakan Regresi Polinomial, *Jurnal Mahasiswa Matematika ALGEBRA*, 1(1), 81–89.
- Hanan, W., (2017): Proyeksi PDRB Atas Dasar Harga Berlaku Menggunakan Metode Trend Linier, Parabolik, dan Eksponensial, *Seminar Nasional Pendidikan, Sains dan Teknologi*, 39–45.
- Mario (2018): Mathematical Modeling for Forecasting the Gross Domestic Product of Mexico, *Internasional Journal of Innovative*, 14(1), 423–436.
- Yuliana (2017): Analisis Peramalan Data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Sebagai Tolak Ukur Kinerja Perekonomian Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, *Integrated Journal of Business and Economics*, 1(1), 19–27.