Pemodelan Jumlah Kasus Baru Covid-19 di Masa Kenormalan Baru Menggunakan Metode Pencocokan Kurva

Maftahatul Hakimah[1], Muchamad Kurniawan[2], dan Rani Rotul Muhima[3]

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3]

e-mail: hakimah.mafta@itats.ac.id

ABSTRACT

This article aims to obtain a mathematical model for the increase in the number of new cases of Covid-19 sufferers during the new normal. The mathematical model used is the Lagrange interpolation polynomial; Newton's interpolation polynomial and exponential function with linear regression approach. Interpolation and regression are often known as curve matching methods. In the interpolation model, data points are selected based on a period of 1 month, 15 days and 20 days. The degree of the polynomial under study is obtained from the data points selected based on that period. Based on the error evaluation, Lagrange's polynomial and Newton's polynomial of degree 4 gave the best results in matching the dataset curve for the number of new Covid-19 cases. After the mathematical model is obtained, the prediction of the number of new Covid-19 cases is obtained by projecting the approximate function for the next period. The prediction results of Newton's 3rd degree polynomial and exponential function show that the number of cases of Covid-19 sufferers per day is increasing. Contradictory, the Lagrange and Newton degree 4 polynomials show that the number of cases of Covid-19 sufferers per day has decreased. One of the factors that influence the prediction results on interpolation is the determination of the data points involved in the formation of the interpolation polynomial.

Keywords : *Covid-19, interpolation, exponential, regression, new normal*

ABSTRAK

Artikel ini bertujuan mendapatkan model matematika pertambahan jumlah kasus baru penderita Covid-19 di masa kenormalan baru. Model matematika yang digunakan adalah polinom interpolasi Lagrange; polinom interpolasi Newton dan Fungsi Eksponensial dengan pendekatan regresi linier. Interpolasi dan regresi sering dikenal dengan metode pencocokan kurva. Pada model interpolasi, titik-titik data dipilih berdasarkan periode 1 bulan, 15 hari dan 20 hari. Derajat polinom yang dikaji diperoleh dari titik data yang dipilih berdasarkan periode tersebut. Berdasarkan evaluasi kesalahan, polinom Lagrange dan polinom Newton berderajat 4 memberikan hasil yang paling bagus dalam pencocokan kurva dataset jumlah kasus baru Covid-19. Setelah model matematika diperoleh, prediksi jumlah kasus baru Covid-19 diperoleh dengan memproyeksikan fungsi hampiran untuk periode berikutnya. Hasil prediksi polinom Newton derajat 3 dan Fungsi Eksponensial menunjukkan jumlah kasus penderita Covid-19 perharinya semakin meningkat. Secara kontradiktif, polinom Lagrange dan Newton derajat 4 menunjukkan jumlah kasus penderita Covid-19 perharinya mengalami penurunan. Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil prediksi pada interpolasi adalah penentuan titik-titik data yang dilibatkan pada pembentukan polinom interpolasi.

Kata kunci: Covid-19, interpolasi, eksponensial, regresi, kenormalan baru

PENDAHULUAN

Masa kenormalan baru diterapkan di Indonesia setelah masa Pembatasan Sosial Berskala Besar diupayakan untuk menghambat penyebaran virus Covid-19. Kenormalan baru artinya cara hidup masyarakat berdampingan dengan virus Covid-19 dengan tetap menerapkan protokol kesehatan penyakit tersebut. Salah satu alasan Pemerintah menerapkan kebijakan kenormalan baru adalah memulihkan roda ekonomi supaya bisa kembali berjalan normal [1]. Akibat pandemi Covid-19 ini banyak kegiatan ekonomi yang berhenti beroperasi karena harus tetap mengikuti anjuran Pemerintah untuk selalu berdiam di rumah. Sementara itu, berdasarkan data yang bersumber dari Kementerian Kesehatan sampai dengan tanggal 2 Agustus 2020, jumlah kasus baru pasien positif Covid-19 pada era kenormalan baru menunjukkan kecenderungan yang selalu meningkat [2]. Penelitian ini bertujuan mengetahui laju pertumbuhan penderita positif Covid-19 dalam bentuk model matematika berdasarkan data jumlah kasus baru setiap harinya pada masa era kenormalan baru.

Pemodelan matematika menjadi salah satu cara untuk mengenali pola pertambahan jumlah penderita dari waktu ke waktu. Dengan mengetahui pola tersebut, diharapkan menjadi salah satu upaya untuk menanggulangi penyebaran penyakit tersebut. Pemodelan SIR (*Susceptible Infected Recovered*) saat ini banyak di terapkan untuk mengetahui pola penyebaran virus Covid-19 baik di Indonesia maupun manca negara yang disajikan pada [3]–[6]. Sifriyani menggunakan model SIR untuk estimasi angka reproduksi Covid-19 di Kalimantan Timur dan Samarinda [6]. Dharma juga memodelkan kasus Covid-19 di Indonesia menggunakan Persamaan Gaussian [7]. Pemodelan dilakukan mulai tanggal 2 April 2020 sampai dengan 12 April 2020. Sementara itu, penerapan Model Regresi SVM (*support vector machine*) dan Bayesian juga dilakukan untuk menelusuri Covid-19 di dunia dan Indonesia [8]. Sedangkan, metode Rantai Markov juga di jadikan sebagai analisis petambahan pasien Covid-19 [9]. Tujuan dari semua penelitian tersebut diatas mempunyai persamaan yaitu hasil pemodelan yang dilakukan diproyeksikan untuk memprediksi penyebaran Covid-19 di masa berikutnya.

Berdasar pada penelitian yang telah dilakukan, penelitian ini akan menerapkan metode pencocokan kurva untuk mengetahui pola pertambahan jumlah kasus penderita Covid-19 setiap harinya pada masa kenormalan baru. Metode pencocokan kurva yang digunakan adalah metode interpolasi Lagrange, metode interpolasi Newton dan Fungsi Eksponensial dengan pendekatan regresi linier. Metode pencocokan kurva ini akan menghasilkan fungsi hampiran yang mewakili dataset. Selanjutnya, fungsi ini akan di proyeksikan untuk prediksi jumlah kasus baru diperiode berikutnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Polinom Interpolasi Lagrange

Polinom interpolasi adalah fungsi hampiran yang berbentuk polinomial untuk mencocoki titik-titik data. Bentuk umum polinom interpolasi Lagrange derajat ≤ *n* untuk (*n*+1) titik berbeda [10] adalah

$$p_n(x) = \sum_{i=0}^{n} a_i L_i(x) = a_0 L_0(x) + a_1 L_1(x) + \ldots + a_n L_n(x) \quad \cdots \cdots (1)$$

dengan,

$$a_i = y_i \; ; i = 0, 1, \ldots, n$$

dan

$$L_i(x) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{n} \frac{(x - x_j)}{(x_i - x_j)} = \frac{(x - x_0)(x - x_1)\ldots(x - x_{i-1})(x - x_{i+1})\ldots(x - x_n)}{(x_i - x_0)(x_i - x_1)\ldots(x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1})\ldots(x_i - x_n)}$$

Pada penelitian ini, variabel bebasnya adalah waktu *t* sehingga fungsi polinom yang diperoleh bergantung pada *t*.

Metode interpolasi Lagrange telah diterapkan untuk prediksi angka pengangguran di Indonesia dan polinomial interpolasinya bisa mengikuti dinamika data yang dikaji [7]. Sementara itu, interpolasi Lagrange juga diaplikasikan untuk mendapatkan prediksi jumlah mahasiswa baru dengan mempelajari pola data 6 periode sebelumnya [12].

Polinom Interpolasi Newton

Bentuk umum polinom interpolasi Newton diberikan berikut ini:

$$p_n(x) = f(x_0) + (x - x_0) f[x_1, x_0] + (x - x_0)(x - x_1) f[x_2, x_1, x_0]$$
$$+ (x - x_0)(x - x_1) \ldots (x - x_{n-1}) f[x_n, x_{n-1}, \ldots, x_1, x_0] \quad \ldots \ldots (2)$$

dengan

$$f[x_i, x_j] = \frac{f(x_i) - f(x_j)}{x_i - x_j}$$
$$f[x_i, x_j, x_k] = \frac{f[x_i, x_j] - f[x_j, x_k]}{x_i - x_k}$$
$$\vdots$$
$$f[x_n, x_{n-1}, \ldots, x_1, x_0] = \frac{f[x_n, x_{n-1}, \ldots, x_1] - f[x_{n-1}, x_{n-2}, \ldots, x_0]}{x_n - x_0}$$

Derajat polinom interpolasi *n* baik Lagrange maupun Newton pada penelitian ini ditentukan untuk *n* = 2, 3 dan 4. Oleh karena itu, titik-titik data ditentukan sebagai berikut :

- *n* = 2 maka titik data yang digunakan adalah per-periode bulanan yaitu t_1 ; t_{31} dan t_{63}
- *n* = 3 maka titik data yang digunakan adalah per 20an periode hari yaitu t_1 ; t_{23} ; t_{43} dan t_{63}
- *n* = 4 maka titik data yang digunakan adalah per 15an periode hari yaitu t_1 ; t_{18} ; t_{33} dan t_{48} dan t_{63}.

Interpolasi Newton menjadi salah satu metode yang diterapkan untuk mengkaji data *time series* kemiskinan di Nusa Tenggara Timur [13]. Di sisi lain, pendekatan interpolasi Newton digunakan untuk melakukan prediksi hasil pertanian kelapa sawit di Provinsi Riau [14]. Tipe Interpolasi Newton yang digunakan adalah interpolasi Newton Gregory Maju. Hasil penelitian menghasilkan galat yang relatif kecil.

Model Eksponensial Dengan Pendekatan Regresi

Regresi linier adalah teknik pencocokan kurva untuk data berketelitian rendah dalam hubungan linier. Fungsi hampiran yang mencocoki titik-titik data tanpa harus melalui semua titik data tetapi dekat dengannya[10]. Pada penelitian ini, regresi linier diterapkan untuk mencari koefisien dan koefisien pangkat dari Fungsi Eksponensial berikut ini:

$$y = Ce^{bx}; C, b \text{ konstanta} \ldots \ldots (3)$$

Konstanta *C* dan *b* dicari dari linierisasi model eksponensial (3). Berikut adalah langkah linierisasi model eksponensial 3.
Langkah 1. Kenakan dengan Logaritma Natural *ln*(.)
Langkah 2. Definisikan Y = *ln* (*y*) ; *a* = *ln* (C) ; *X* = *x*
Langkah 3. Susun Persamaan regresi linier : *Y* = *a* + *bX*.
Langkah 4. Hitung nilai *a* dan *b* menggunakan regresi linier
Langkah 5. Substitusi nilai a dan b pada Persamaan (3) dengan $C = e^a$.
Berikutnya, Fungsi Eksponensial dengan pendekatan regresi linier ini disingkat dengan Fungsi Eksponensial Regresi.

Evaluasi Model

Evaluasi metode pencocokan kurva bertujuan untuk mengetahui kesalahan penaksiran terhadap data sebenarnya. Besarnya kesalahan pencocokan kurva ini menggunakan rumus MAPE dan RMSE berkut ini :

1. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)[15]

$$\mathrm{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\frac{|\hat{y}_t - y_t|}{y_t} \times 100 \;\ldots\ldots(4)$$

2. Root Mean Square Error (RMSE)[16]

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(\hat{y}_t - y_t)^2} \;\ldots\ldots(5)$$

METODE

Untuk memperoleh model matematika berupa fungsi hampiran dari dataset jumlah kasus baru Covid-19 pada masa kenormalan baru, maka penelitian ini dilakukan dengan tahapan berikut ini :

Tahap 1. Persiapan data. Data penelitian ini adalah jumlah kasus penderita Covid-19 dari Bulan Maret hingga 2 Agustus 2020. Berdasarkan tujuan penelitian ini maka periode yang digunakan sebagai kajian penelitian adalah mulai 1 Juni 2020 hingga 2 Agustus 2020.

Tahap 2a Pencocokan Kurva menggunakan Interpolasi Polinom. Polinom yang digunakan adalah polinom Lagrange dan Polinom Newton. Nilai data *y* dibuat dengan 2 skenario yaitu menggunakan nilai *y* asli dan nilai rata-rata *y* per-periode yang bersesuaian dengan derajat polinom.

Tahap 2 b Pencocokan kurva menggunakan Fungsi Eksponensial Regresi. Model Eksponensial pada Persamaan (3) akan dicari menggunakan regresi linier.

Tahap 3 Evaluasi Metode. Pada Tahap ini hasil pencocokan kurva terhadap data aktual di evaluasi menggunakan Rumus MAPE dan RMSE. Komparasi hasil polinom Lagrange, Polinom Newton dan Model eksponensial dikaji berdasarkan MAPE dan RMSE.

Tahap 4 Prediksi 14 periode mendatang. Setelah polinom interpolasi dan model eksponensial diperoleh, selanjutnya akan diproyeksikan untuk memperkirakan jumlah kasus baru penderita Covid-19 sampai 14 periode kedepan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pencocokan Kurva Polinom Interpolasi

Parameter pengujian metode interpolasi Lagrange dan Newton adalah penentuan titik-titik data yang merepresentasikan dataset serta derajat polinomial. Penentuan titik data untuk membentuk polinom Lagrange dan Newton dilaporkan pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Perbandingan Penggunaan Titik Data

Metode	Derajat	Nilai Data	MAPE	Metode	Derajat	Nilai Data	MAPE
Lagrange	n = 2	Real Value	12.293	Newton	n = 2	Real Value	20.460
		Mean Value	16.168			Mean Value	20.324
	n = 3	Real Value	19.200		n = 3	Real Value	11.864
		Mean Value	15.742			Mean Value	16.958
	n = 4	Real Value	11.601		n = 4	Real Value	11.602
		Mean Value	13.012			Mean Value	13.012

Real value adalah nilai sebenarnya untuk *y* pada dataset, sedangkan mean value merupakan nilai rata-rata dari *y*. Misalkan untuk n=2 (periode 1 bulanan) maka Mean Value diperoleh dari rata-rata *y* pada periode 2 hingga *y* pada periode 31. Perbandingan besarnya MAPE pada Tabel 1 menunjukkan polinom interpolasi lebih baik melewati titik data sebenarnya daripada menggunakan rata-rata titik datanya.

Hasil Pencocokan Kurva Fungsi Eksponensial Regresi

Fungsi hampiran Eksponensial untuk dataset jumlah kasus baru Covid-19 pada masa Kenormalan Baru adalah :

$$\hat{y} = 762.35\, e^{13.43t}$$

dengan, $\hat{y}$ adalah nilai prediksi dan t menyatakan waktu.

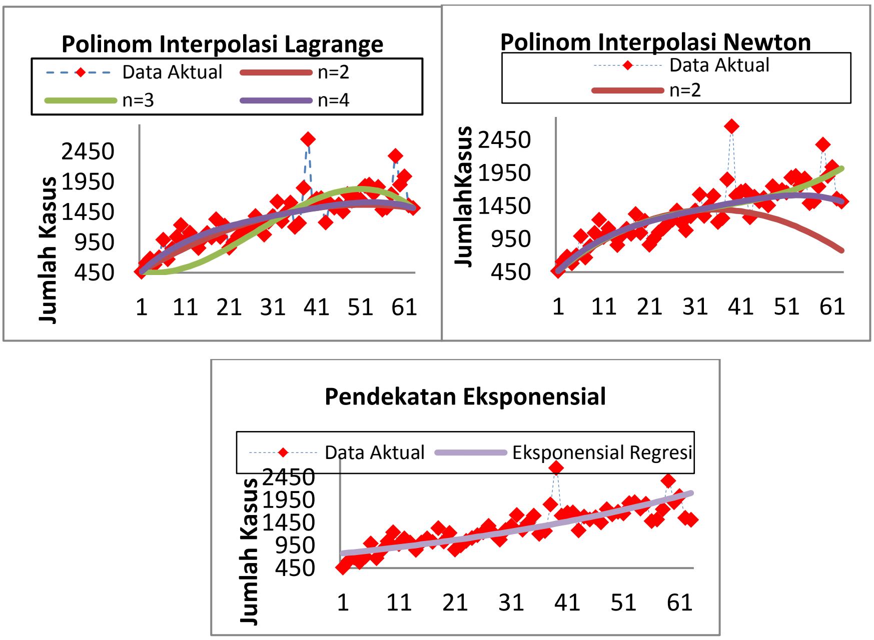
Perbandingan Polinom Interpolasi Dan Eksponensial Regresi

Perbandingan hasil pencocokan kurva untuk polinom interpolasi dan eksponensial regresi dilaporkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Metode Interpolasi Dan Eksponensial

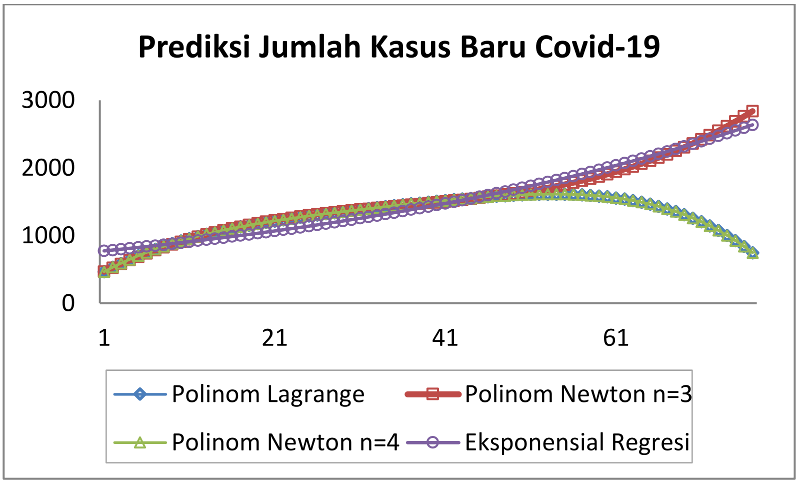
No.	Metode	Derajat Polinom	MAPE	RMSE
1	Interpolasi Lagrange	$n = 2$	12.293	296.597
		$n = 3$	19.200	251.645
		$n = 4$	11.601	247.248
2	Interpolasi Newton	$n = 2$	20.460	451.533
		$n = 3$	11.864	240.118
		$n = 4$	11.602	247.248
3	Eksponensial Dengan Regresi	-	13.432	254.014

Berdasarkan RMSE, semakin besar derajat polinom interpolasi Lagrange maka kurva semakin dekat dengan data aktual. Berbeda dengan RMSE, MAPE untuk polinom interpolasi Lagrange dengan derajat 2 lebih baik daripada derajat 3. Sedangkan, polinom interpolasi Newton menunjukkan peningkatan kinerja secara signifikan pada n=3. Terlihat pada Tabel 2, Hasil pencocokan kurva untuk polinom interpolasi Lagrange dan Newton dengan derajat 4 lebih baik dibandingkan Model Eksponensial. Grafik pencocokan kurva diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Pencocokan Kurva Terhadap Data Aktual

Gambar 1 merupakan grafik dari fungsi hampiran untuk mengetahui pola penambahan kasus baru para penderita Covid-19 setiap harinya. Dari pola kurva polinom interpolasi maupun eksponensial regresi, akan diprediksi untuk jumlah penderita pada 14 periode berikutnya. Polinom yang digunakan untuk prediksi ini adalah polinom interpolasi dengan MAPE kecil. Polinom tersebut adalah polinom interpolasi Lagrange derajat 4, polinom interpolasi Newton derajat 3 dan derajat 4. Kurva prediksi diberikan Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Perbandingan Kurva Prediksi 14 Periode Berikutnya

Prediksi yang diberikan pada Gambar 2 dilihat pada Periode 64 sampai periode ke 77. Polinom Lagrange dan polinom Newton dengan n=4 memperlihatkan bahwa jumlah kasus berikutnya mengalami penurunan. Sedangkan kurva prediksi Polinom Newton n=3 dan Eksponensial Regresi menunjukkan pada 14 periode mendatang jumlah kasus baru penderita Covid-19 mengalami peningkatan. Laju peningkatan kurva Newton n=3 lebih cepat dibandingkan dengan eksponensial regresi.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada Hasil dan Pembahasan, model matematika yang merepresentasikan jumlah kasus baru Penderita Covid-19 di masa Kenormalan Baru ini adalah polinom Lagrange derajat 4, Polinom Newton derajat 3 dan polinom Newton derajat 4. Hasil evaluasi model menunjukkan bahwa ketiga polinom ini lebih baik dalam mencocoki kurva dataset daripada model Eksponensial dengan pendekatan regresi linier. Prediksi yang diperoleh dengan memproyeksikan fungsi hampiran tersebut ke 14 periode berikutnya, kecenderungannya berbeda. Salah satu faktornya adalah penentuan titik-titik data yang dilalui pada proses interpolasi. Sehingga, untuk penelitian berikutnya penentuan titik-titik data perlu mempertimbangkan pola-pola tertentu pada dataset.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Idris, "Mulai 1 Juni, Ini Skenario Tahapan New Normal Untuk Pemulihan Ekonomi," *PT.Kompas Cyber Media*, 2020. [Online]. Available: https://money.kompas.com/read/2020/05/26/073708726/mulai-1-juni-ini-skenario-tahapan-new-normal-untuk-pemulihan-ekonomi?page=all.

[2] S. Fitra, "Kasus Covid-19 Bertambah 1519 Kasus (Minggu, 2/8)," *Katadata*, 2020. [Online]. Available: https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2020/08/02/Kasus-

Covid-19-Bertambah-1519-Kasus-Minggu-28#.

[3] I. Cooper, A. Mondal, and C. G. Antonopoulos, "A SIR model assumption for the spread of COVID-19 in different communities," *Chaos, Solitons and Fractals*, vol. 139, p. 110057, 2020.

[4] R. Goel and R. Sharma, "Mobility Based SIR Model For Pandemics -- With Case Study Of COVID-19," 2020.

[5] Y. Yeni and S. G. Davies, "ASEAN Journal of Community Predicitive modeling , empowering women , and COVID-19 in South Sumatra , Indonesia Predictive modeling , empowering women , and COVID-19 in South Sumatra , Indonesia Yeni a *, Najmah b , Sharyn Graham Davies c," vol. 4, no. 1, 2020.

[6] S. Sifriyani, U. Mulawarman, D. Rosadi, and U. G. Mada, "PEMODELAN SUSCEPTIBLE INFECTED RECOVERED (SIR) UNTUK ESTIMASI ANGKA REPRODUKSI COVID-19 DI KALIMANTAN TIMUR DAN SAMARINDA," no. July, 2020.

[7] L. Yufajjiru and S. Dharma, "Indonesian Covid-19 Case Modeling Using Gaussian Equation Pemodelan Kasus Covid-19 Di Indonesia Menggunakan Persamaan Gaussian," vol. 15, no. 1, 2020.

[8] H. A. Parhusip, "Study on COVID-19 in the World and Indonesia Using Regression Model of SVM, Bayesian Ridge and Gaussian," *J. Ilm. Sains*, vol. 20, no. 2, p. 49, 2020.

[9] K. Aritonang *et al.*, "Analisis Pertambahan Pasien COVID-19 di Indonesia Menggunakan Metode Rantai Markov," vol. 9, no. 2, pp. 69–76, 2020.

[10] R. Munir, *METODE NUMERIK, Revisi Ketiga*, Ketiga. Bandung: Informatika Bandung, 2013.

[11] K. W. Ryan Pratama, R.H Sianipar, "Pengaplikasian Metode Interpolasi Dan Ekstrapolasi Lagrange , Chebyshev Dan Spline Kubik Untuk Memprediksi," vol. 1, no. 2, pp. 116–121, 2014.

[12] S. Eniyati *et al.*, "Penggunaan metode lagrange dalam peramalan jumlah mahasiswa baru," pp. 978–979, 2020.

[13] M. I. J. Lamabelawa, "Analisis Perhitungan Metode Interpolasi Pada Data Time Series Kemiskinan di NTT," *J. HOAQ*, vol. 8, no. 1, pp. 640–646, 2018.

[14] F. Ngf and S. C. Sihombing, "Prediksi Hasil Produksi Pertanian Kelapa Sawit di Provinsi Riau dengan Pendekatan Interpolasi Newton Gregory," no. 1999, pp. 63–70, 2017.

[15] J. J. Montaño Moreno, A. Palmer Pol, A. Sesé Abad, and B. Cajal Blasco, "El índice R-MAPE como medida resistente del ajuste en la previsiońn," *Psicothema*, vol. 25, no. 4, pp. 500–506, 2013.

[16] M. V. Shcherbakov, A. Brebels, N. L. Shcherbakova, A. P. Tyukov, T. A. Janovsky, and V. A. evich Kamaev, "A survey of forecast error measures," *World Appl. Sci. J.*, vol. 24, no. 24, pp. 171–176, 2013.