 https://doi.org/10.29313/bcss.v3i2.8512

Pemodelan Regresi Polinomial Lokal pada Nilai Ekspor Non-Migas di Indonesia

Fachrul Fauzi*, Teti Sofia Yanti

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*fachrularul29@gmail.com, tetisofiayanti@gmail.com

Abstract. Linear regression analysis is one of the statistical methods aimed at determining the influence of the independent variable (X) on the dependent variable (Y). In estimating the parameters of the linear regression model, it can be done using the method of least squares or ordinary least squares (OLS). However, if you want to model with research data with an unknown functional form, then the regression analysis used is nonparametric regression analysis. Local polynomial regression is one of the models used in nonparametric regression approaches. Estimation of parameters in local polynomial regression can be done using the Weighted Least Squares (WLS) estimation method by considering the value of the kernel function. The kernel function commonly used includes the Gaussian kernel and the Epanechnikov kernel. The best local polynomial regression model can be observed from the bandwidth, local points, weighting, kernel function, and the optimal polynomial degree. The data used in this study are non-oil and gas export values in Indonesia from January 2018 to December 2022. Based on the calculation results, the best local polynomial regression model is the local polynomial regression model with the Gaussian kernel function, with a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 8.33%, and a coefficient of determination (R^2) of 83.99%. The best model to predict non-oil and gas export values in Indonesia is the second-order with a local point (t_0) of 22 and a bandwidth (h) of 10, i.e., $\widehat{y_i} = 12521{,}411 + 35{,}744\left(t_i - 22\right) + 8{,}475\left(t_i - 22\right)^2$.

Keywords: *Nonparametric Regression, Local Polynomial Regression, Weighted Least Square (WLS).*

Abstrak. Analisis Regresi Linier merupakan salah satu metode statistika yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas (X) terhadap variabel tak bebas (Y). Dalam melakukan estimasi parameter model regresi linier dapat dilakukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil atau ordinary least square (OLS). Namun apabila ingin melakukan pemodelan dengan data penelitian yang tidak diketahui bentuk fungsinya, maka analisis regresi yang digunakan adalah analisis regresi nonparametrik. Regresi polinomial lokal merupakan salah satu model yang digunakan dalam pendekatan regresi nonparametrik. Penaksiran parameter pada regresi polinomial lokal dapat dilakukan dengan metode estimasi Weighted Least Square (WLS) dengan memperhatikan nilai fungsi kernel. Fungsi kernel yang banyak digunakan adalah kernel gaussian dan kernel epanechnikov. Model regresi polinomial lokal terbaik dapat dilihat dari bandwidth, titik lokal, pembobot, fungsi kernel, serta derajat polinomial yang optimal. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai ekspor non-migas di Indonesia pada Januari 2018 hingga Desember 2022. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh model regresi polinomial lokal terbaik adalah model regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel gaussian dengan nilai MAPE sebesar 8,33% dan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 83,99%. Model terbaik untuk memprediksi nilai ekspor non-migas di Indonesia adalah orde dua dengan titik lokal (t_0) sebesar 22 dan nilai bandwidth (h) sebesar 10, yaitu: $\widehat{y_i} = 12521{,}411 + 35{,}744\left(t_i - 22\right) + 8{,}475\left(t_i - 22\right)^2$.

Kata Kunci: *Regresi Nonparametrik, Regresi Polinomial Lokal, Weighted Least Square (WLS).*

Corresponding Author
Email: tetisofiayanti@gmail.com

A. Pendahuluan

Salah satu metode statistika adalah analisis regresi yang digunakan untuk menentukan pengaruh variabel bebas terhadap variabel tak bebas. Analisis regresi linier adalah salah satu jenis analisis regresi yang paling umum digunakan. Dengan tujuan untuk meminimalkan jumlah kuadrat kesalahan, metode estimasi parameter model regresi linier dikenal sebagai *ordinary least square* (OLS). Metode OLS bertujuan untuk menghasilkan model regresi dengan kriteria BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*) .

Analisis regresi nonparametrik digunakan untuk memodelkan data dengan bentuk fungsi yang tidak diketahui, pendekatan nonparametrik dapat digunakan tanpa tergantung pada asumsi bentuk kurva tertentu, sehingga menghasilkan fleksibilitas lebih besar ketika menggunakan analisis regresi nonparametrik [1].

Regresi polinomial lokal merupakan salah satu model yang digunakan dalam pendekatan regresi nonparametrik, dimana model ini hanya memerlukan satu variabel bebas. Dengan mempertimbangkan nilai fungsi kernel, metode estimasi *Weighted Least Square* (WLS) dapat digunakan untuk memodelkan regresi polinomial lokal. Kernel *epanechnikov* dan *gaussian* adalah dua kernel yang paling sering digunakan. *Bandwidth*, titik lokal, pembobot, fungsi kernel, dan derajat polinomial adalah semua elemen yang dapat digunakan untuk menunjukkan model regresi polinomial lokal yang optimal.

Kegiatan ekspor merupakan salah satu faktor penting dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi, karena bersifat terbuka dan ekspor mempunyai cakupan kerja yang luas di berbagai negara yang akan meningkatkan jumlah produksi. Saat ini, ekspor non-migas menjadi sektor yang mendominasi struktur ekspor di Indonesia [2]. Berdasarkan data Kemenperin [3] menunjukkan bahwa ekspor non-migas pada periode Januari-Juni 2022 adalah sebesar US$102 miliar, naik sebesar 25,82% dibandingkan dengan periode yang sama pada tahun 2021. Menurut Menpan [4] menyatakan bahwa ekspor non-migas pada Agustus 2022 mencapai US$26,19 miliar, naik sebesar 8,24% dibandingkan dengan ekspor non-migas pada Agustus 2021. Sehingga diperlukan upaya untuk menaikkan nilai ekspor non-migas di Indonesia [5].

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana bentuk model nilai ekspor non-migas di Indonesia menggunakan regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *gaussian* dan kernel *epanechnikov*?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Untuk mengetahui bentuk model nilai ekspor non-migas di Indonesia menggunakan regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *gaussian*.
2. Untuk mengetahui bentuk model nilai ekspor non-migas di Indonesia menggunakan regresi polinomial lokal dengan kernel *epanechnikov*.
3. Untuk mengetahui model terbaik untuk nilai ekspor non-migas di Indonesia menggunakan regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *gaussian* dan fungsi kernel *epanechnikov*.

B. Metodologi Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistika (BPS). Data nilai ekspor non-migas Indonesia (Y) dan waktu (X) yang diambil dari bulan Januari 2018 hingga Desember 2022. Sehingga jumlah keseluruhan dari unit pengamatan adalah sebanyak 60 bulan.

Misalkan (t_i,y_i) adalah sebuah data penelitian yang memenuhi regresi nonparametrik, dimana t_i adalah variabel bebas dan yi adalah variabel tak bebas. Sehingga bentuk persamaan adalah sebagai berikut:

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{m}(\boldsymbol{t}) + \boldsymbol{\varepsilon} \tag{1}$$

Dimana:

$$\boldsymbol{m}(\boldsymbol{t}) = \begin{bmatrix} m(t_1) \\ m(t_2) \\ \vdots \\ m(t_n) \end{bmatrix}, \qquad \boldsymbol{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \qquad \text{dan } \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

Menurut Chamidah & Lestari [5] polinomial lokal dapat digunakan untuk mengestimasi fungsi m(t_i) dalam model regresi nonparametrik pada persamaan (1). Pendekatan deret taylor pada titik t di sekitar titik t_0 adalah sebagai berikut:

$$m(t) \approx m^0(t_0) + m^1(t_0)(t - t_0) + \cdots + \frac{m^{(p)}(t_0)}{p!}(t - t_0)^p \qquad (2)$$

Dimana $m^{(p)}(t_0)$ adalah nilai fungsi turunan ke-p dari m(t) terhadap t dititik $t = t_0$. Misalkan $\frac{m^{(p)}(t_0)}{p!} = \beta_p(t_0)$, persamaan (2) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$m(t) \approx \beta_0(t_0) + (t - t_0)\beta_1(t_0) + \cdots + (t - t_0)^p \beta_p(t_0) \qquad (3)$$

Dari persamaan (3) dapat dibentuk matriks sebagai berikut:

$$\boldsymbol{m(t)} = \boldsymbol{X\beta} \qquad (4)$$

Dimana:

$$\boldsymbol{m(t)} = \begin{bmatrix} m(t_1) \\ m(t_2) \\ \vdots \\ m(t_n) \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{X} = \begin{bmatrix} 1 & (t_1 - t_0) & \ldots & (t_1 - t_0)^p \\ 1 & (t_2 - t_0) & \ldots & (t_2 - t_0)^p \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & (t_n - t_0) & \ldots & (t_n - t_0)^p \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix}$$

Dalam menghasilkan estimator $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ dapat menggunakan pendekatan polinomial lokal dengan fungsi bobot $\boldsymbol{K_h}(t_i - t_0)$ pada optimasi *Weighted Least Square* (WLS). Sehingga untuk menghasilkan estimator $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ dapat dilakukan dengan meminimumkan fungsi WLS sebagai berikut:

$$\boldsymbol{Q}(t_0) = [\boldsymbol{Y} - \boldsymbol{X\beta}]^T \boldsymbol{K_h}(t_0)[\boldsymbol{Y} - \boldsymbol{X\beta}] \qquad (5)$$

Dimana:

$$\boldsymbol{K_h}(t_0) = \begin{bmatrix} K_h(t_1 - t_0) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & K_h(t_1 - t_0) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & K_h(t_n - t_0) \end{bmatrix}$$

Persamaan (5) merupakan matriks fungsi bobot dengan $K_h(\cdot) = \frac{1}{h}K\left(\frac{\cdot}{h}\right)$, dimana K($\cdot$) merupakan fungsi kernel *gaussian* dan *epanechnikov* serta h merupakan nilai bandwidth. Sehingga $K_h(t_i - t_0) = \frac{1}{h}\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e\left(-\frac{1}{2} \times \frac{(t_i - t_0)^2}{h}\right)\right)$ untuk fungsi kernel *gaussian* dan $K_h(t_i - t_0) = \frac{1}{h}\left(\frac{3}{4}\left(1 - \frac{(t_i - t_0)^2}{h}\right)\right)$ untuk fungsi kernel *epanechnikov*. Nilai estimasi $\boldsymbol{\beta}$ adalah $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ akan disubstitusikan dalam persamaan (5), maka akan meminimumkan $\boldsymbol{Q}(t_0)$ sebagai berikut:

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = \left(\boldsymbol{X^T K_h X}\right)^{-1} \boldsymbol{X^T K_h Y} \qquad (6)$$

Sehingga m dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{\boldsymbol{m}} &= \boldsymbol{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} \\ \hat{\boldsymbol{m}} &= \boldsymbol{X}\left(\boldsymbol{X^T K_h X}\right)^{-1} \boldsymbol{X^T K_h Y} \end{aligned} \qquad (7)$$

Dengan demikian model taksiran dari persamaan (1) adalah

$$\hat{\boldsymbol{Y}} = \boldsymbol{X}\left(\boldsymbol{X^T K_h X}\right)^{-1} \boldsymbol{X^T K_h Y} \qquad (8)$$

Kemudian menentukan model optimum berderajat (p) dan *bandwidth* (h) untuk masing-masing fungsi kernel dengan meminimumkan nilai GCV menggunakan persamaan berikut:

$$GCV = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{Y_i - \hat{m}(x_i)}{1 - tr\left(\boldsymbol{L}(h)\right)}\right)^2 \qquad (9)$$

Dimana $\boldsymbol{L}(h) = \boldsymbol{X}(\boldsymbol{X}^T \boldsymbol{K_h}(t_0)\boldsymbol{X})^{\boldsymbol{-1}} \boldsymbol{X}^T \boldsymbol{K_h}(t_0)$

Kemudian dalam menentukan model terbaik dari model polinomial lokal dengan fungsi kernel *gaussian* dan kernel *epanechnikov* dapat menggunakan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan nilai koefisien determinasi (R^2). Nilai MAPE dapat digunakan untuk mengevaluasi model regresi polinomial lokal [6]. Sedangkan koefisien determinasi (R^2) digunakan dalam pemilihan model terbaik yang menghasilkan besar persentase dari keragaman dalam variabel tak bebas (Y) dapat dijelaskan oleh variabel bebas (X).

$$MAPE = \sum_{i=1}^{n} \frac{\left| \frac{Y_i - \widehat{Y}_i}{Y_i} \right|}{n} \times 100\% \tag{10}$$

Tabel 1. Kriteria Nilai MAPE

Nilai MAPE	Akurasi Prediksi
MAPE < 10%	Sangat Baik
10% ≤ MAPE < 20%	Baik
20% ≤ MAPE < 50%	Cukup Baik
MAPE > 50%	Buruk

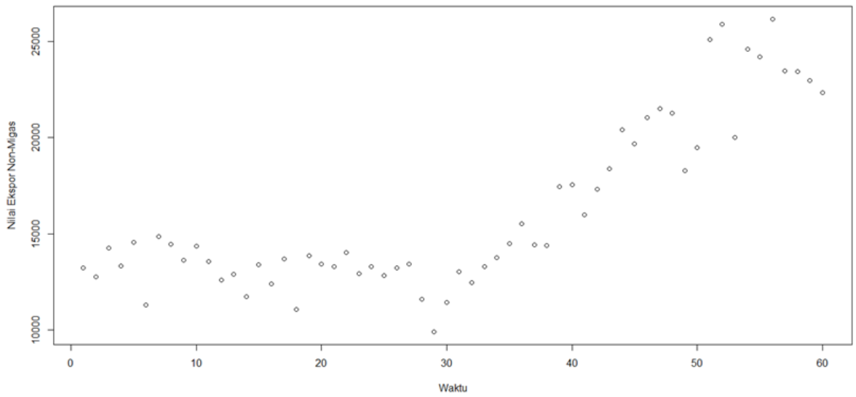
Koefisien determinasi (R^2) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i - \widehat{Y}_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2} \tag{11}$$

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Deskripsi Data Penelitian

Deskripsi data dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari data nilai ekspor non-migas di Indonesia, berdasarkan data tahun 2018 hingga 2022. Berikut plot hubungan antara waktu dan nilai ekspor non-migas di Indonesia, disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Scatterplot* Nilai Ekspor Non-Migas di Indonesia Bulan Januari 2018 – Bulan Desember 2022

Berdasarkan Gambar 1 memperlihatkan hubungan antara variabel bebas (waktu) terhadap variabel tak bebas (nilai ekspor non-migas) terlihat bahwa sebaran titik pada waktu pertama yakni bulan Januari 2018 hingga waktu ke-60 yakni Desember 2022 mengindikasikan adanya kenaikan nilai ekspor non-migas dengan bentuk fungsi yang tidak diketahui.

Pemodelan Regresi Polinomial Lokal dengan Fungsi Kernel *Gaussian*

Dalam pemodelan regresi polinomial lokal akan digunakan estimasi *Weighted Least Square* (WLS) dengan nilai fungsi kernel *gaussian*. Dalam melakukan penaksiran parameter diperlukan nilai titik lokal (t_0), orde polinomial, dan nilai *bandwidth* optimum. Untuk mendapatkan nilai titik lokal (t_0) dilakukan dengan *trial-error* dari sekumpulan nilai t_0 yang terdapat dalam interval waktu (t) minimum ditambahkan 1 dan waktu (t) maksimum dikurangkan 1. Orde polinomial yang digunakan adalah orde 1,2,3,4, dan 5. Kemudian nilai *bandwidth* dilakukan dengan *trial-error* dari nilai *bandwidth* (h) = 1-10, hingga didapatkan nilai *bandwidth* optimum dengan memperhatikan nilai GCV minimum.

Dari model regresi polinomial lokal pada orde polinomial (p) = 1,2,3,4, dan 5 akan dipilih satu model terbaik untuk fungsi kernel *gaussian* dengan memperhatikan nilai GCV minimum. Berikut nilai titik lokal (t_0), orde polinomial, dan nilai *bandwidth* optimum untuk model regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *gaussian*, disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Titik Lokal dan *Bandwidth* Optimal untuk Setiap Orde Polinomial pada Model Fungsi Kernel *Gaussian*

Orde Polinomial (*p*)	**Titik Lokal (t_0)**	***Bandwidth* (*h*)**	***General Cross Validation* (GCV)**
1	15	1	7013508
2	22	10	3334712*
3	14	8	4795381
4	38	4	3765857
5	24	10	134823887

*)Nilai minimum

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa model terbaik dari nilai GCV minimum berada pada orde kedua yakni sebesar 3334712, dengan nilai titik lokal (t_0) adalah 22 dan *bandwidth* (h) adalah 10. Sehingga model regresi polinomial lokal adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 12521,411 + 35,744\ (t_i - 22) + 8,475\ (t_i - 22)^2$$

Pemodelan Regresi Polinomial Lokal dengan Fungsi Kernel *Epanechnikov*

Selanjutnya dilakukan pemodelan regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *epanechnikov*. Tahapan penaksiran pemodelan ini sama seperti model regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *gaussian*, yakni memerlukan nilai titik lokal (t_0), orde polinomial, dan nilai *bandwidth* optimum. Dari model regresi polinomial lokal pada orde polinomial (p) = 1,2,3,4, dan 5 akan dipilih satu model terbaik untuk fungsi kernel *epanechnikov* dengan memperhatikan nilai GCV minimum. Berikut nilai titik lokal (t_0), orde polinomial, dan nilai *bandwidth* optimum untuk model regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *epanechnikov*, disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Titik Lokal dan *Bandwidth* Optimal untuk Setiap Orde Polinomial pada Model Fungsi Kernel *Epanechnikov*

Orde Polinomial (*p*)	**Titik Lokal (t_0)**	***Bandwidth* (*h*)**	***General Cross Validation* (GCV)**
1	15	3	7286439
2	18	9	3454290*
3	36	10	9709261
4	41	1	19487208
5	41	1	19487208

*)Nilai minimum

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa model terbaik dari nilai GCV minimum berada pada orde kedua yakni sebesar 3454290, dengan nilai titik lokal (t_0) adalah 18 dan *bandwidth* (h) adalah 9. Sehingga model regresi polinomial lokal adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 12886,816 + 40,444\ (t_i - 18) + 7,257\ (t_i - 18)^2$$

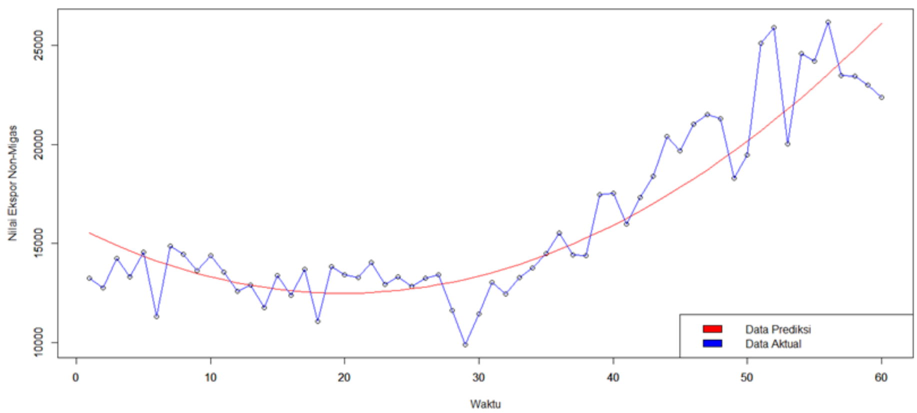
Model Polinomial Lokal Terbaik

Pemilihan model regresi polinomial lokal terbaik dilakukan dengan memperhatikan nilai MAPE terendah dan nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi. Perbandingan nilai MAPE dan nilai koefisien determinasi (R^2) dari model regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *gaussian* dan model regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *epanechnikov*, disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Nilai MAPE dan Koefisien Determinasi (R^2)

Model Regresi Polinomial Lokal	Orde Polinomial (p)	Titik Lokal (t_0)	*Bandwidth* (h)	MAPE	Koefisien Determinasi
Kernel *Gaussian*	2	22	10	8,33%	83,99%
Kernel *Epanechnikov*	2	18	9	8,81%	83,43%

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai MAPE terendah dimiliki oleh model regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *gaussian* yakni sebesar 8,33% dan nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi dimiliki oleh model regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *gaussian* yakni sebesar 83,99%. Sehingga model terbaik yang terpilih adalah model regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *gaussian*. Bentuk kurva estimasi ekspor non-migas di Indonesia pada Januari 2018 hingga Desember 2022 dapat disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Estimasi Model Regresi Polinomial Orde Dua *Gaussian* Untuk Nilai Ekspor Non-Migas di Indonesia

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa garis merah merupakan bentuk model dari penduga regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *gaussian*. Kurva tersebut menunjukkan bahwa model regresi polinomial lokal memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengestimasi kurva regresi data aktual

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Model regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *gaussian* terbaik saat orde kedua dengan titik lokal (t_0) sebesar 22 dan nilai *bandwidth* (h) sebesar 10. Model nilai ekspor non-migas di Indonesia pada saat *i* pertama adalah bulan Januari 2018 adalah sebagai berikut.

 ISSN: 2828-206X

$$\hat{y_i} = 12521{,}411 + 35{,}744\ (t_i - 22) + 8{,}475\ (t_i - 22)^2$$

2. Model regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *epanechnikov* terbaik saat orde kedua dengan titik lokal (t_0) sebesar 18 dan nilai *bandwidth* (*h*) sebesar 9. Model nilai ekspor non-migas di Indonesia pada saat *i* pertama adalah bulan Januari 2018 adalah sebagai berikut.

$$\hat{y_i} = 12886{,}816 + 40{,}444\ (t_i - 18) + 7{,}257\ (t_i - 18)^2$$

3. Model terbaik untuk memprediksi nilai ekspor non-migas di Indonesia adalah model regresi polinomial lokal dengan fungsi kernel *gaussian*, dikarenakan mempunyai nilai MAPE sebesar 8,33% yang berarti tingkat prediksi model sangat baik dan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 83,99%.

Acknowledge

Penelitian ini dapat terlaksana dengan baik tentunya berkat bantuan dari berbagai pihak. Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Ibu Teti Sofia Yanti, Dra., M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan hingga penelitian ini dapat terselesaikan dan kepada seluruh dosen statistika Unisba yang telah membimbing, memberikan wawasan, dan ilmu pengetahuan kepada peneliti. Peneliti juga mengucapkan terimakasih kepada orangtua, rekan-rekan seperjuangan yaitu mahasiswa statistika 2019, dan rekan-rekan asisten laboratorium statistika Unisba yang senantiasa memberikan doa, bantuan, dan dukungan kepada peneliti.

Daftar Pustaka

[1] T. W. Utami and I. M. Nur, "Pemodelan Pasang Surut Air Laut di Kota Semarang dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik Polinomial Lokal Kernel," *University of Muhammadiyah Semarang*, no. July, pp. 49–56, 2016.

[2] Hotsawadi and Widyastutik, "Diversifikasi Ekspor Non Migas Indonesia Ke Pasar Non Tradisional (Diversification of Indonesia ' s Non-Oil Gas Export to Non-Traditional Markets)," *Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan*, vol. 14, pp. 215–238, 2020.

[3] Kemenperin, "Analisis Ekspor - Impor Industri Pengolahan Non Migas Februari2021," *https://kemenperin.go.id*, 2021. https://kemenperin.go.id/download/26114/Laporan-Ekspor-Impor-Hasil-Pengolahan-2021-Februari

[4] Menpan, "Perkembangan Ekspor Indonesia pada Agustus 2022 Capai US$27,91 Miliar," *https://menpan.go.id*, 2022. https://www.menpan.go.id/site/berita-terkini/berita-daerah/perkembangan-ekspor-indonesia-pada-agustus-2022-capai-us-27-91-miliar

[5] A. P. Asti and S. Darwis, "Deteksi Kerusakan Bearing Menggunakan Komponen Utama Kernel," *Jurnal Riset Statistika*, pp. 19–26, Jul. 2023, doi: 10.29313/jrs.v3i1.1771.

[6] N. Chamidah and B. Lestari, *Analisis Regresi Nonparametrik dengan Perangkat Lunak R*. Surabaya: Airlangga University Press, 2022.

[7] J. Hendrian, S. Suparti, and A. Prahutama, "Pemodelan Harga Emas Dunia Menggunakan Metode Nonparametrik Polinomial Lokal Dilengkapi Gui R," *Jurnal Gaussian*, vol. 10, no. 4, pp. 605–616, 2021.