



## Estimasi Kurva Regresi Nonparametrik Fungsi Kernel pada Data Longitudinal (Studi Kasus: Laju Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Nusa Tenggara Barat 2016-2020)

Muhammad Rizaldi<sup>a,\*</sup>, Nurul Fitriyani<sup>b</sup>, Zulhan Widya Baskara<sup>c</sup>

<sup>a,\*</sup>Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Jalan Majapahit No 62, Mataram, Indonesia, 83125. Email: [mrizaldi787@gmail.com](mailto:mrizaldi787@gmail.com)

<sup>b</sup> Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Jalan Majapahit No 62, Mataram, Indonesia, 83125. Email: [nurul.fitriyani@unram.ac.id](mailto:nurul.fitriyani@unram.ac.id)

<sup>c</sup> Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Jalan Majapahit No 62, Mataram, Indonesia, 83125. Email: [zulhan.wb@unram.ac.id](mailto:zulhan.wb@unram.ac.id)

### ABSTRACT

*Regression analysis is one of the most widely used data analysis methods in statistics to determine the pattern of the relationship between the independent and dependent variables. There are three types of methods that can be used to estimate the regression curve, one of which is nonparametric regression. Nonparametric regression models can be applied to longitudinal data. Longitudinal data were obtained based on observations of independent subjects, with each subject being observed repeatedly over different periods of time. The purpose of this research is to estimate the curve and get the best regression model. In this research, the smoothing technique chosen to estimate the nonparametric regression model for longitudinal data is the kernel triangle estimator, which can be obtained by minimizing the square of error using Weighted Least Square (WLS) and for selecting the optimum bandwidth using the Generalized Cross Validation (GCV) method. To make the program out of the data, we use R Studio. In this case, we use the rate of economic growth in West Nusa Tenggara as an independent variable and also use the human development index, population density, general allocation funds, local revenue, and the level of labor force participation as dependent variables. The result showed that the curve estimation obtained was  $\hat{Y} = [1]\hat{\beta}$  for  $\hat{\beta} = (X^T W(X)X)^{-1} X^T W(X)Y$ . Furthermore, the model is inaccurate because the minimum GCV value is 22,924578,  $R^2$  value is 19,2% and the mean absolute percentage error (MAPE) values are greater than 50% for each location. This can be caused by the selection of bandwidth intervals that are too small. So, it can be concluded that the model can't be used to estimate the rate of economic growth in West Nusa Tenggara.*

**Keywords:** Generalized Cross Validation, Kernel Estimation, Longitudinal Data, Nonparametric Regression, Rate of Economic Growth

\* Corresponding author.

Alamat e-mail: [mrizaldi787@gmail.com](mailto:mrizaldi787@gmail.com)

## A B S T R A K

Analisis Regresi merupakan salah satu metode analisis data dalam statistika yang paling banyak digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat. Ada tiga jenis pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengestimasi kurva regresi, salah satunya dengan menggunakan regresi nonparametrik. Model regresi nonparametrik dapat diaplikasikan pada data longitudinal. Data longitudinal diperoleh berdasarkan pengamatan terhadap  $n$  subjek yang saling independen, dengan setiap subjek diamati secara berulang dalam kurun waktu yang berbeda. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan estimasi kurva dan mendapatkan model regresi terbaik. Dalam skripsi ini, teknik *smoothing* yang dipilih untuk mengestimasi model regresi nonparametrik pada data longitudinal adalah estimator kernel *triangle* yang dapat diperoleh dengan meminimumkan kuadrat *error* menggunakan *Weighted Least Square* (WLS) dan untuk pemilihan *bandwidth* optimum menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV). Untuk penerapan pada data dibuat program menggunakan *software R Studio*. Data yang digunakan adalah data laju pertumbuhan ekonomi Nusa Tenggara Barat 2016-2020. Variabel terikat yang digunakan adalah laju pertumbuhan ekonomi, sedangkan variabel bebas yang digunakan, yaitu indeks pembangunan manusia, kepadatan penduduk, dana alokasi umum, pendapatan asli daerah, dan tingkat partisipasi angkatan kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa estimasi kurva yang diperoleh, yaitu  $\hat{Y} = [1]\hat{\beta}$  dengan  $\hat{\beta} = (X^T W(X)X)^{-1} X^T W(X)Y$ . Selanjutnya diperoleh nilai GCV minimum sebesar 22,924578, serta nilai  $R^2$  sebesar 19,2% dan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) lebih dari 50% untuk setiap lokasi pengamatan, artinya model yang diperoleh tidak akurat. Hal tersebut dapat diakibatkan karena pemilihan interval *bandwidth* yang terlalu sempit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model yang diperoleh tidak dapat digunakan untuk melakukan estimasi laju pertumbuhan ekonomi di Nusa Tenggara Barat.

Kata Kunci: Data Longitudinal, Estimator Kernel, *Generalized Cross Validation*, Laju Pertumbuhan Ekonomi, Regresi Nonparametrik

Diserahkan: 25-01-2023; Diterima: 30-01-2023;

Doi: <https://doi.org/10.29303/emj.xxx.x>

## 1. Pendahuluan

Analisis Regresi merupakan salah satu metode analisis data dalam statistika yang paling banyak digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel bebas ( $x$ ) dengan variabel terikat ( $y$ ). Menurut Hardle (1994), ada tiga jenis pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengestimasi kurva regresi, yaitu pendekatan parametrik, semiparametrik, dan nonparametrik. Dalam pendekatan parametrik, bentuk hubungan antara variabel terikat dan variabel bebas diketahui atau diperkirakan dari bentuk kurva regresi, misalnya diasumsikan membentuk pola linear, kuadratik, eksponensial, dan polinom. Sedangkan pendekatan semiparametrik digunakan apabila pola hubungan antara sekumpulan variabel bebas dan variabel terikat ada yang diketahui dan ada pula yang tidak diketahui bentuk kurva regresinya. Apabila tidak terdapat informasi apapun terhadap bentuk fungsi serta tidak memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas ragam dari galat data, maka digunakan pendekatan nonparametrik.

Pendekatan nonparametrik merupakan pendekatan regresi yang sesuai untuk data yang tidak diketahui bentuk kurvanya, sehingga memberikan fleksibilitas yang besar (Budiantara, 2009). Menurut Sukarsa dan Srinadi (2012), pendugaan fungsi regresi nonparametrik dilakukan berdasarkan data menggunakan teknik pemulus (*smoothing*) seperti

histogram, penduga kernel, *k-Nearest Neighbor*, deret *orthogonal*, penduga *spline*, deret fourier, dan wavelet. Masing-masing dari teknik tersebut memiliki keunggulan dalam mengestimasi parameter. Salah satu metode estimasi parameter regresi nonparametrik yang paling banyak digunakan adalah pendekatan kernel yang memiliki bentuk fleksibel dan perhitungan matematisnya mudah disesuaikan, serta memiliki rata-rata kekonvergenan yang relatif cepat. Fungsi pendekatan kernel juga dapat digunakan sebagai alternatif untuk menyelesaikan data yang fluktuatif, dikarenakan pada regresi nonparametrik kernel tidak diperlukan asumsi-asumsi khusus yang harus dipenuhi (Wolberg, 2000).

Ada beberapa macam fungsi kernel yang dapat digunakan untuk mendekati pola sebaran data, antara lain kernel *Uniform*, *Triangle*, *Epanechnikov*, *Gaussian*, *Kuadratik*, dan *Cosinus*. Fungsi kernel yang umum digunakan adalah kernel *Gaussian*, *Epanechnikov*, dan *triangle*. Kernel *triangle* sering digunakan karena lebih mudah dan cepat dalam perhitungan, serta teliti dalam memodelkan suatu data yang fluktuatif (Sukarsa & Srinadi, 2012). Menurut Puspitasari, dkk. (2012), fungsi kernel *triangle* memiliki nilai MSE yang lebih kecil dari fungsi kernel yang lain, sehingga model yang diperoleh lebih baik.

Dalam analisis regresi diperlukan suatu metode untuk menduga parameter agar taksirannya bersifat

*Best Linier Anbiased Estimator* (BLUE), salah satunya dengan metode *Weighted Least Square* (WLS) atau kuadrat terkecil terbobot. Metode WLS sangat baik dalam mengatasi heteroskedastisitas (Arifin, 2018). WLS memiliki kemampuan untuk mempertahankan sifat efisiensi estimatornya tanpa harus kehilangan sifat tak bias dan konsistensinya.

Aplikasi model regresi nonparametrik kernel dapat digunakan untuk data longitudinal. Data longitudinal merupakan data dengan pengamatan sebanyak  $n$  subjek yang saling bebas, dengan setiap subjek diamati secara berulang dalam  $t$  kurun waktu (Liang dan Zeger, 1986). Salah satu bentuk data longitudinal adalah data pertumbuhan ekonomi. Menurut Badan Pusat Statistik (2014), pertumbuhan ekonomi adalah proses pertumbuhan kondisi perekonomian suatu negara secara berkesinambungan menuju keadaan yang lebih baik selama periode tertentu. Pertumbuhan ekonomi dapat mengindikasikan keberhasilan pembangunan ekonomi dalam kehidupan masyarakat, sehingga sangat penting untuk melakukan penelitian mengenai pertumbuhan ekonomi.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan sebelumnya, maka pada penelitian ini dilakukan estimasi kurva regresi nonparametrik fungsi kernel dengan menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS). Kemudian hasil dari estimasi kurva ini akan diterapkan pada data longitudinal dengan studi kasus laju pertumbuhan ekonomi Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) 2016-2020.

## 2. METODE

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data longitudinal, yaitu laju pertumbuhan ekonomi kabupaten/kota di Provinsi NTB tahun 2016-2020. data tersebut merupakan data sekunder yang bersumber pada publikasi Badan Pusat Statistik (BPS) kabupaten/kota di NTB dan kementerian keuangan RI. Pada penelitian ini, data dibedakan atas variabel terikat dan beberapa variabel bebas. variabel-variabel tersebut disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Variabel-variabel penelitian yang digunakan

Variabel	Keterangan	Satuan
$y$	Laju Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten/Kota di Provinsi Nusa Tenggara Barat	<i>persen (%)</i>
$x_1$	Indeks Pembangunan Manusia (IPM)	<i>persen (%)</i>
$x_2$	Kepadatan Penduduk (KP)	<i>jiwa/km<sup>2</sup></i>

$x_3$	Dana Alokasi Umum (DAU)	<i>miliar Rp</i>
$x_4$	Pendapatan Asli Daerah (PAD)	<i>miliar Rp</i>
$x_5$	Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK)	<i>persen (%)</i>

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: (1) Studi Literatur; (2) mengumpulkan data; (3) menentukan estimasi kurva; (4) mengidentifikasi pola data; (5) melakukan uji multikolinearitas; (6) menentukan *bandwidth* optimal; (7) menentukan model terbaik; (8) melakukan uji asumsi residual; (9) melakukan uji kebaikan model dan menghitung nilai ketepatan prediksi; dan (10) membuat kesimpulan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan penelitian ini diawali dengan menentukan estimasi kurva regresi nonparametrik kernel *triangle*, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

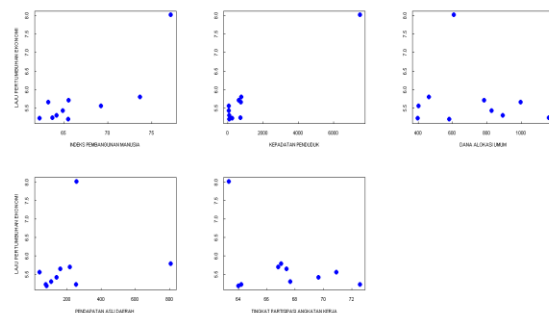
$$\hat{\beta} = (X^T W(X_{it}) X)^{-1} X^T W(X_{it}) Y$$

Jadi, model estimasi yang dihasilkan adalah:

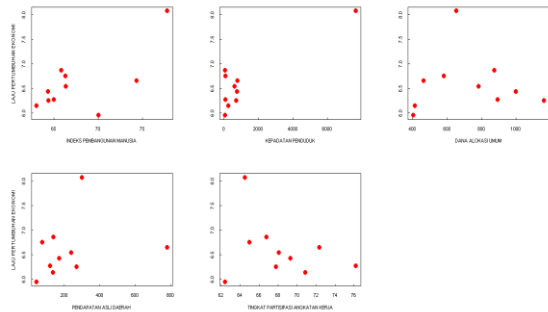
$$\hat{Y} = [1] \hat{\beta}$$

dengan  $(X^T W(X_{it}) X)^{-1} X^T W(X_{it}) = \hat{H}$ .

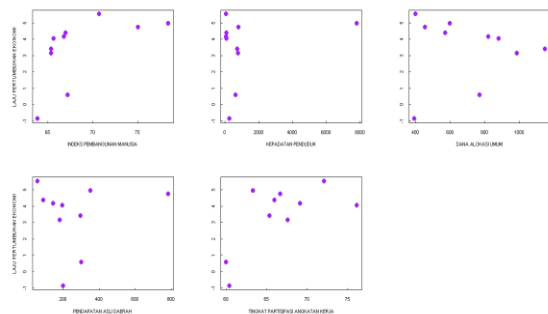
Kemudian dilakukan identifikasi pola data menggunakan *scatterplot* untuk melihat pola hubungan antara variabel terikat dengan masing-masing variabel bebas. Berikut *scatterplot* yang diperoleh.



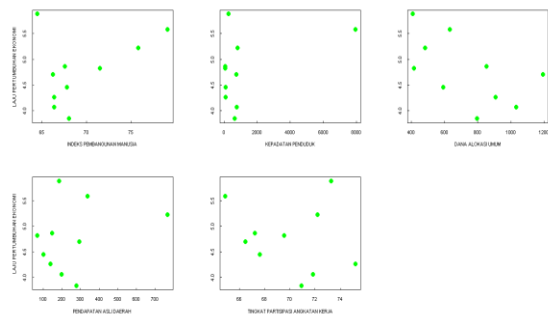
Gambar 1 *Scatterplot* variabel terikat LPE terhadap variabel bebas 2016



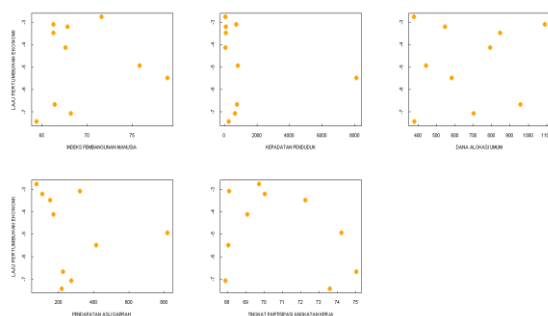
Gambar 2 Scatterplot variabel terikat LPE terhadap variabel bebas 2017



Gambar 3 Scatterplot variabel terikat LPE terhadap variabel bebas 2018



Gambar 4 Scatterplot variabel terikat LPE terhadap variabel bebas 2019



Gambar 5 Scatterplot variabel terikat LPE terhadap variabel bebas 2020

Berdasarkan Gambar 1 s.d. 5 di atas, terlihat bahwa pola hubungan antara variabel terikat LPE dengan masing-masing variabel bebas IPM, KP, DAU, PAD, dan TPAK tidak mengikuti suatu pola

tertentu, sehingga estimasi model yang digunakan adalah regresi nonparametrik. Kemudian untuk mengetahui variabel yang akan digunakan pada tahap selanjutnya, maka dilakukan uji multikolinearitas.

Dengan menggunakan *Variance Inflation Factor* (VIF), diperoleh nilai sebagai berikut.

Tabel 5.1 Uji multikolinearitas

Variabel	VIF
$x_1$	2,096
$x_2$	1,432
$x_3$	1,144
$x_4$	1,973
$x_5$	1,306

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa nilai VIF untuk setiap variabel bebas kurang dari 10. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi multikolinearitas atau saling bebas antar variabel bebas. Berdasarkan uji multikolinearitas tersebut maka penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan semua variabel bebas, yaitu  $x_1, x_2, x_3, x_4,$  dan  $x_5$ .

Untuk memodelkan data dengan regresi nonparametrik kernel diawali dengan pemilihan *bandwidth* optimal menggunakan algoritma genetika. Dalam hal ini, algoritma ini digunakan untuk membantu meminimumkan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) guna menentukan *bandwidth* yang optimal. Dari hasil percobaan, diperoleh nilai GCV minimum sebesar 41,8016269 dengan nilai masing-masing *bandwidth* optimum  $h_1 = 0,6139987; h_2 = 1,0184682; h_3 = 1,0135395; h_4 = 0,9359553;$  dan  $h_5 = 0,8486045$ .

Setelah diperoleh nilai *bandwidth*, selanjutnya ditentukan nilai estimasi model menggunakan persamaan Nadaraya-Watson berikut.

$$\hat{y}_{it} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \sum_{t=1}^5 \left( \prod_{j=1}^5 \frac{1}{h_j} \left( 1 - \left| \frac{x_{itj} - x_j}{h_j} \right| \right) \right) y_{it}}{\sum_{i=1}^{10} \sum_{t=1}^5 \left( \prod_{j=1}^5 \frac{1}{h_j} \left( 1 - \left| \frac{x_{itj} - x_j}{h_j} \right| \right) \right)}$$

Adapun nilai estimasi data dengan bandwidth optimal disajikan pada tabel berikut.

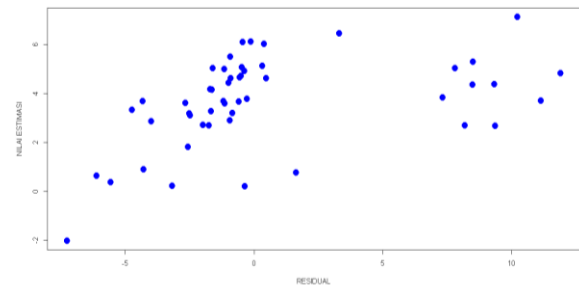
Tabel 2 Nilai Estimasi Kurva Regresi Nonparametrik Kernel

$y_{it}$	nilai $y_{it}$	nilai $\hat{y}_{it}$
$y_{11}$	5,7	3,187096166
$y_{12}$	6,54	6,106168006
$y_{13}$	0,57	0,209718408
$y_{14}$	3,84	2,893048101
$y_{15}$	-7,08	4,824901532
$y_{21}$	5,65	6,030458722
$y_{22}$	6,43	5,510353137
$y_{23}$	3,14	6,453493918
$y_{24}$	4,06	3,776216692
$y_{25}$	-6,68	2,682989515
$y_{31}$	5,23	-2,026033837
$y_{32}$	6,25	6,116198542
$y_{33}$	3,4	0,212748454
$y_{34}$	4,7	2,719763586
$y_{35}$	-3,1	7,136935694
$y_{41}$	5,42	4,43769073
$y_{42}$	6,86	2,86354171
$y_{43}$	4,16	4,627242318
$y_{44}$	4,86	3,67840117
$y_{45}$	-4,13	4,359244727
$y_{51}$	5,19	0,896979987
$y_{52}$	6,75	0,633664417
$y_{53}$	4,38	1,821277732
$y_{54}$	4,45	2,699855995
$y_{55}$	-3,21	5,289798474
$y_{61}$	5,3	4,930364092
$y_{62}$	6,27	3,608907095
$y_{63}$	4,04	3,192894253
$y_{64}$	4,26	3,664153916
$y_{65}$	-3,49	3,828674127
$y_{71}$	5,55	5,06736775
$y_{72}$	5,95	0,375863749
$y_{73}$	5,53	4,625053664
$y_{74}$	4,82	5,133887662
$y_{75}$	-2,77	5,028783776
$y_{81}$	5,22	4,715315836
$y_{82}$	6,14	4,988681054
$y_{83}$	-0,87	0,770374512
$y_{84}$	5,88	4,170747807
$y_{85}$	-7,44	3,702716386
$y_{91}$	8,01	3,692315209
$y_{92}$	8,07	3,336256749
$y_{93}$	4,95	3,276428194
$y_{94}$	5,58	3,098038246
$y_{95}$	-5,5	2,687686937
$y_{101}$	5,79	4,149805474
$y_{102}$	6,65	5,040530824
$y_{103}$	4,74	3,602288439

$y_{104}$	5,22	4,658927433
$y_{105}$	-4,95	4,388688330

Selanjutnya dilakukan uji asumsi residual. Uji asumsi residual dilakukan untuk menguji kelayakan dari model yang diperoleh. Suatu model dikatakan layak, apabila telah memenuhi asumsi normal, identik, dan independen. Karena pada regresi nonparametrik kernel diasumsikan residual berdistribusi normal, maka selanjutnya akan dilakukan uji asumsi identik dan independen.

Hasil uji asumsi identik dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6 *scatterplot*  $\varepsilon$  terhadap  $\hat{y}$

Berdasarkan Gambar di atas, terlihat bahwa data menyebar ke segala arah dan tidak membentuk adanya suatu pola. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi heteroskedastisitas, artinya asumsi identik terpenuhi.

Kemudian untuk uji asumsi independen digunakan persamaan Durbin-Watson. Berikut merupakan hasil yang diperoleh.

$$dW = 2,250155945$$

Dari perhitungan di atas, diperoleh nilai  $dW$  sebesar 2,250155945, dan diketahui secara berturut-turut nilai  $dL$  dan  $dU$  berdasarkan tabel Durbin-Watson dengan data sebanyak 50 dan variabel bebas sebanyak 5, yaitu 1,3346 dan 1,7708. Karena nilai  $dW$  lebih dari  $dU$ , maka untuk pengambilan keputusan digunakan opsi keempat pada Tabel 3.2, yaitu  $4 - dU < dW < 4 - dL$ . Berdasarkan hal tersebut, nilai  $dW$  berada di antara nilai  $dL$  dan  $dU$ , yakni  $2,2292 < 2,250155945 < 2,6654$ . Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $dW$  berada di antara nilai  $dU$  dan  $dL$ . Jadi tidak terdapat autokorelasi antar residual atau dengan kata lain residual model memenuhi asumsi independen.

Untuk mengukur kelayakan model yang telah diperoleh, dapat digunakan koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Setelah dilakukan perhitungan, diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 0,192045. Artinya, variabel bebas dapat menjelaskan variabel terikat sebesar 19,2%, sisanya dijelaskan oleh variabel lain. Hal ini didukung

dengan nilai MAPE yang diperoleh untuk masing-masing lokasi sebagai berikut.

$$\begin{aligned} MAPE_1 &= 61,35\% & MAPE_6 &= 58,81\% \\ MAPE_2 &= 54,74\% & MAPE_7 &= 81,36\% \\ MAPE_3 &= 81,39\% & MAPE_8 &= 58,81\% \\ MAPE_4 &= 63,49\% & MAPE_9 &= 79,16\% \\ MAPE_5 &= 87,17\% & MAPE_{10} &= 67,94\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diperoleh nilai MAPE lebih dari 50% untuk setiap lokasi, artinya model yang diperoleh tidak akurat. Maka dapat disimpulkan bahwa model estimasi yang diperoleh tidak cocok untuk melakukan peramalan atau prediksi. Hal tersebut dapat diakibatkan karena pemilihan interval *bandwidth* yang terlalu kecil dan sempit.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

- Estimasi kurva yang diperoleh menggunakan pendekatan regresi nonparametrik kernel Nadaraya-Watson adalah

$$\hat{Y} = [1]\hat{\beta}$$

dengan  $\hat{\beta} = (X^T W(X)X)^{-1} X^T W(X)Y$

- Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan model regresi nonparametrik kernel sebagai berikut.

$$\hat{y} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \sum_{t=1}^5 \left( \prod_{j=1}^5 \frac{1}{h_j} \left( 1 - \left| \frac{x_{itj} - x_j}{h_j} \right| \right) \right) y_{it}}{\sum_{i=1}^{10} \sum_{t=1}^5 \left( \prod_{j=1}^5 \frac{1}{h_j} \left( \left( 1 - \left| \frac{x_{itj} - x_j}{h_j} \right| \right) \right) \right)}$$

untuk  $h_j = h_1, h_2, h_3, h_4, h_5$

dengan,

$$h_1 = 0,6139987$$

$$h_2 = 1,0184682$$

$$h_3 = 1,0135395$$

$$h_4 = 0,9359553$$

$$h_5 = 0,8486045$$

Dari model tersebut, diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 19,2% dan MAPE lebih dari 50% untuk setiap lokasi pengamatan, artinya model yang diperoleh tidak akurat. Maka dapat disimpulkan bahwa model estimasi yang diperoleh tidak cocok untuk melakukan peramalan atau prediksi. Hal tersebut dapat diakibatkan karena pemilihan interval *bandwidth* yang terlalu sempit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anisa, N., Debatara, N. N., dan Martha, S., 2019, Estimasi Model Regresi Nonparametrik Kernel menggunakan Estimator Nadaraya-Watson, *Jurnal Bimaster* 4(08): 633-638.
- Arifin, M. K., 2018, Analisis Angka Harapan Lama Sekolah di Indonesia Timur Menggunakan Weighted Least Square Regression, *Jurnal Matematika "MANTIK"* 1(04): 32-41.
- Badan Pusat Statistik, 2014, *Statistik Keuangan Pemerintah Kabupaten/Kota*, BPS, Jakarta.
- Budiantara, I. N., 2009, *Spline dalam Regresi Nonparametrik dan Semiparametrik: Sebuah Modelan Statistika Masa Kini dan Masa Mendatang*, ITS Press, Surabaya.
- Eubank, R. L., 1998, *Spline Smoothing and Nonparametric Regression*, Marcel Dekker, New York.
- Halim, S. dan Bisono, I., 2012, Fungsi-fungsi Kernel pada Metode Regresi Nonparametrik dan Aplikasinya pada Priest River Experimental Forest's Data, *Jurnal Teknik Industri* 8(1): 73-81.
- Hardle, W., 1994, *Applied Nonparametric Regression*, Cambridge University Press, New York.
- Liang, K. Y. dan Zeger, S. L., 1986, Longitudinal Data Analysis using Generalized Linear Models, *Biometrika Journal*, 1(73): 13-22.
- Maulidia, M. J., Budiantara, I. N., dan Purnomo, J. D. T., 2019, Nonparametric Regression Curve Estimation using Mixed Spline Truncated and Kernel Estimator for Longitudinal Data, *AIP Conference Proceedings*, 2194: 020063-1-020063-8.
- Puspitasari, I., Suparti, dan Wilandari, Y., 2012, Analisis Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dengan Menggunakan Model Regresi Kernel, *Jurnal Gaussian* 1(1): 93-102.
- Silverman, B. W., 1998, *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*, University of Bath, UK.
- Sukarsa, I. K. G. dan Srinadi, I. G. A. M., 2012, Estimator Kernel dalam Model Regresi Nonparametrik, *Jurnal Matematika* 2(1): 19-30.
- Wolberg, J. R., 2000, *Expert Trading Systems: Modeling Financial Markets with Kernel Regression*, Jhon Willey & Sons, New York.
- Wu, H. dan Zhang, J. T., 2006, *Nonparametric Regression Methods for Longitudinal Data Analysis*, Jhon Willey & Sons, New York.