

## PEMODELAN KURS RUPIAH TERHADAP DOLAR AMERIKA SERIKAT MENGUNAKAN REGRESI NONPARAMETRIK CAMPURAN KERNEL DAN SPLINE

Khansa Amalia Fitroh<sup>1\*</sup>, Rukun Santoso<sup>2</sup>, Suparti<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

\*e-mail : [khansaamaliafitroh@gmail.com](mailto:khansaamaliafitroh@gmail.com)

DOI: 10.14710/j.gauss.11.4.522-531

### Article Info:

Received: 2022-08-09

Accepted: 2022-12-19

Available Online: 2023-02-25

### Keywords:

*Exchange currency; Kernel;  
Spline; Mixed Nonparametric  
Regression.*

**Abstract:** Exchange currency is one way for a country to be able to transact with the outside world. Fluctuating movement of the rupiah exchange currency was caused by many influencing factors, such as exports, imports, the money supply (JUB), inflation, and JCI. To find out the relationship, nonparametric regression modeling was carried out with a mixed kernel estimator and a multivariable truncated linear spline. Import variables were approached with kernel regression because the data patterns were random and spread out while the export variables, JUB, inflation, and the Jakarta Composite Index (JCI) were approached with spline regression because the data patterns changed at certain sub-intervals. The purpose of this study is to model exchange currency of the rupiah against the US dollar with a mixed kernel and spline truncated estimator. The parameter estimation method used is Ordinary Least Square (OLS). The multivariable linear truncated spline and kernel mix estimator depends on knot points and bandwidth. The best model is seen from the knot point and optimal bandwidth obtained by selecting the minimum Generalized Cross Validation (GCV). The best model is applied to data on the exchange currency of the rupiah against the US dollar with two optimal knot points resulting in  $R^2$  value of 0.7627. The model performance evaluation was calculated using MAPE and the resulting MAPE value was 0.598%.

## 1. PENDAHULUAN

Nilai tukar mata uang atau kurs merupakan salah satu cara bagi suatu negara untuk bisa bertransaksi dengan negara lain. Karena dengan adanya kurs, transaksi dengan negara lain bisa berjalan lancar. Kepanikan karena Covid-19 melanda pasar keuangan Indonesia mengakibatkan kurs rupiah melemah. Tercatat secara *Year to Date* (YTD), sejak pandemi terjadi pada 2 Maret 2020 sampai 16 April 2020, nilai tukar rupiah terkoreksi melemah sebesar -12,4%. Pergerakan nilai kurs rupiah juga dipengaruhi oleh faktor dari luar seperti ekspor, impor, jumlah uang yang beredar (JUB), inflasi, indeks harga saham gabungan (IHSG). Hubungan kelima variabel prediktor dengan kurs rupiah sebagai variabel respon diidentifikasi dengan metode analisis regresi. Identifikasi awal adanya pola hubungan dilakukan dengan membuat diagram pencar atau *scatter plot*. Apabila bentuk polanya diketahui maka pendekatan yang cocok adalah regresi parametrik, sedangkan apabila bentuk polanya tidak diketahui maka pendekatan regresi yang cocok adalah regresi nonparametrik (Eubank, 1999).

Model regresi nonparametrik sangat baik digunakan untuk pola data yang tidak diketahui karena memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi. Hubungan dari nilai kurs rupiah dengan masing-masing variabel prediktornya yaitu ekspor, impor, JUB, inflasi, dan IHSG mempunyai bentuk pola data yang tidak diketahui maka akan dilakukan pemodelan regresi nonparametrik. Model regresi nonparametrik yang dikembangkan sebelumnya masih terbatas menggunakan satu estimator saja. Padahal bisa diketahui pola data variabel respon

dengan setiap variabel prediktor dapat berbeda (Budiantara *et al.*, 2015). Pada penelitian ini merujuk pada penggunaan model campuran kernel dan spline *truncated* linier multivariabel karena satu variabel prediktornya berpola acak yang mengikuti pendekatan kernel sedangkan empat variabel lain pola datanya berubah pada sub interval tertentu yaitu mengikuti pendekatan spline *truncated*. Kurva regresi spline sangat baik dalam mengatasi data yang polanya berubah pada sub interval tertentu (Rory *et al.*, 2016), sedangkan estimator kernel baik dalam memodelkan data yang tidak memiliki pola tertentu (Hardle dan Linton, 1994). Berdasarkan paparan di atas akan dilakukan pemodelan nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika Serikat menggunakan model regresi nonparametrik kernel dan spline *truncated* linier multivariabel dengan metode *Generalized Cross Validation* (GCV). Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan nilai tukar rupiah terhadap dolar AS menggunakan estimator campuran kernel dan spline *truncated* linier dalam regresi nonparametrik multivariabel.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pendekatan regresi parametrik digunakan apabila pola data dari variabel respon dengan prediktornya diketahui, sedangkan regresi nonparametrik digunakan apabila hubungan dari variabel respon dengan prediktornya tidak diketahui pola datanya. Regresi parametrik ketat dengan asumsi sedangkan regresi nonparametrik longgar dengan asumsi sehingga bersifat fleksibel. Kurva regresi nonparametrik bersifat *smooth* sehingga sangat fleksibel dan bisa mencari sendiri bentuk estimasi kurvanya (Hesikumalasari *et al.*, 2016). Ada beberapa teknik *smoothing* dalam regresi nonparametrik, diantaranya yaitu estimator kernel, spline *truncated*, deret fourier, polinomial lokal, dan lainnya. Pada penelitian kali ini akan dibahas mengenai estimator kernel dan spline *truncated* linier multivariabel.

Estimator kernel memiliki kelebihan yaitu bentuk matematisnya mudah, fleksibel, dan tingkat konvergensinya yang relatif cepat (Budiantara dan Mulianah, 2007). Berikut adalah estimator kernel Nadaraya-Watson:

$$\hat{m}(t) = \sum_{i=1}^n W_i(t) y_i \quad (1)$$

$t$  adalah variabel prediktor yang didekati oleh fungsi kernel,

$$W_i(t) = \frac{\frac{1}{h} K\left(\frac{t-t_i}{h}\right)}{\sum_{s=1}^n \frac{1}{h} K\left(\frac{t-t_s}{h}\right)} \quad (2)$$

$t_i$  dan  $t_s$  adalah data pengamatan ke- $i$  dan ke- $s$  dapat ditulis dalam bentuk matriks:

$$\hat{m}(t) = D_h y \quad (3)$$

Keefektifan fungsi  $W_i(t)$  dari penghalus kernel ditentukan oleh kernel  $K$  dan *bandwith*  $h$ . Namun, pemilihan fungsi kernel  $K$  tidak memberikan pengaruh besar seperti halnya besar *bandwith*. Salah satu fungsi kernel menurut Hardle (1991) adalah kernel Gaussian yaitu:

$$K(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2}, \text{ untuk } |t| < \infty$$

Regresi spline baik untuk mengatasi data yang perilakunya berubah pada sub interval tertentu (Cox & Sullivan, 1996). Spline *truncated* adalah model dengan estimasi yang bisa mencari sendiri mengikuti gerak pola datanya (Purnomo, 2016). Diberikan sebanyak  $q$  variabel prediktor, kurva regresinya didekati dengan regresi spline *truncated* linier dengan titik knot  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j$  maka didapatkan persamaan spline *truncated* liniernya adalah:

$$y = f_p(x_{ip}) + \varepsilon_i$$
$$f_p(x_{ip}) = \sum_{j=0}^1 \beta_{jp} x_{ip}^j + \sum_{j=1}^r \theta_{jp} (x_{ip} - \lambda_{jp})_+ \quad (4)$$

dengan fungsi *truncated*:  $(x_i - \lambda_{jp})_+ = \begin{cases} (x_i - \lambda_{jp}), & x_i \geq \lambda_{jp} \\ 0 & , x_i < \lambda_{jp} \end{cases}$  dan  $x_i = x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq}$

dalam bentuk matriks dapat ditulis:

$$Y = X_\lambda \beta \tag{5}$$

$\beta$  diestimasi menggunakan *Ordinary Least Square* dan dipengaruhi oleh titik knot  $\lambda$  menjadi:

$$\hat{\beta}_\lambda = (X_\lambda^T X_\lambda)^{-1} X_\lambda^T Y \tag{6}$$

Fungsi regresi spline *truncated* linier multivariabel sangat dipengaruhi oleh titik knot. Salah satu metode untuk memilih titik knot yang optimal adalah dengan metode *Generalized Cross Validation* (GCV) yang minimum. Diberikan data berpasangan  $(x_{i1}, \dots, x_{iq}, t_i, y_i)$  dengan asumsi hubungan antara setiap variabel prediktor  $x_{i1}, \dots, x_{iq}, t_i$  dengan variabel respon  $y_i$  mengikuti model regresi nonparametrik:

$$\begin{aligned} y_i &= \mu(x_{i1}, \dots, x_{iq}, t_i) + \varepsilon_i \\ &= \mu(\mathbf{x}_i, t_i) + \varepsilon_i \end{aligned} \tag{7}$$

Kurva regresi  $\mu(x_i, t_i)$  dengan q variabel prediktor diasumsikan bersifat aditif, sehingga ditulis dalam bentuk:

$$\begin{aligned} \mu(\mathbf{x}_i, t_i) &= f_1(x_{i1}) + f_2(x_{i2}) + \dots + f_q(x_{iq}) + m(t_i) \\ &= \sum_{p=1}^q f_p(x_i) + m(t_i) \end{aligned} \tag{8}$$

Model spline dapat ditulis sederhana dalam bentuk matriks:

$$\sum_{p=1}^q \mathbf{f}_p(\mathbf{x}_i) = X_\lambda \beta \tag{9}$$

Model kernel dapat ditulis dalam bentuk matriks seperti pada persamaan (3) yaitu:

$$\hat{m}_h(t) = D_h y$$

didapatkan model regresi campuran sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mathbf{y} &= X_\lambda \beta + D_h \mathbf{y} + \varepsilon \\ \mathbf{y} - D_h \mathbf{y} &= X_\lambda \beta + \varepsilon \\ \mathbf{y}^* &= X_\lambda \beta + \varepsilon \end{aligned} \tag{10}$$

parameter  $\beta$  diperoleh dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square* dengan meminimumkan jumlah kuadrat error dan dihasilkan  $\hat{\beta} = [X_\lambda^T X_\lambda]^{-1} X_\lambda^T (I - D_h) \mathbf{y}$ . Sehingga didapatkan estimator splinanya adalah:

$$\sum_{p=1}^q \hat{f}_{p(\lambda)}(\mathbf{x}, t) = X_\lambda [X_\lambda^T X_\lambda]^{-1} X_\lambda^T (I - D_h) \mathbf{y}$$

dapat diringkas menjadi:

$$\sum_{p=1}^q \hat{f}_{p(\lambda)}(\mathbf{x}, t) = A_\lambda \mathbf{y} \tag{11}$$

dengan matriks  $A_\lambda$  adalah:  $A_\lambda = X_\lambda [X_\lambda^T X_\lambda]^{-1} X_\lambda^T (I - D_h)$

sehingga didapatkan estimator regresi campuran spline *truncated* linier multivariabel dan kernel yaitu:

$$\begin{aligned} \hat{\mu}(\mathbf{x}_i, t_i) &= \sum_{p=1}^q \hat{f}_p(\mathbf{x}_i) + \hat{m}(t_i) \\ &= A_\lambda \mathbf{y} + D_h \mathbf{y} \\ &= (A_\lambda + D_h) \mathbf{y} \\ &= B_{(\lambda, h)} \mathbf{y} \end{aligned} \tag{12}$$

Model terbaik ditentukan dari *bandwith* dan titik knot yang optimal. *Bandwith* dan titik knot optimal dipilih dengan metode *Generalized Cross Validation* (GCV) yang minimum.

Wahba (1990) mendefinisikan GCV adalah:

$$GCV(\lambda, h) = \frac{MSE(\lambda)}{(n^{-1} \text{trace}(I - \mathbf{B}(\lambda, h)))^2} \quad (13)$$

model terbaik juga dilihat dari nilai R-Square terbesar sebagai kriteria kebaikan model dan *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE) terkecil sebagai evaluasi kinerja model. R-Square didefinisikan sebagai:  $R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$ . Sedangkan MAPE didefinisikan sebagai:  $MAPE = \sum_{i=1}^n \left( \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \right) \times 100/n$ .

Nilai tukar didefinisikan sebagai harga dari mata uang asing dalam mata uang domestik, sehingga apabila nilai tukar meningkat akan mengakibatkan harga dari valuta asing juga meningkat dan menyebabkan mata uang domestik relatif murah atau terjadi depresiasi (Firdaus, 2017). Bank Indonesia mencatat nilai kurs melonjak pada maret 2020 yaitu pada awal masa pandemi. Namun setelah kasus Covid-19 menurun, laju kurs rupiah kembali mengalami penurunan. Fluktuasi nilai tukar rupiah dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ekspor, impor, JUB, inflasi, dan IHSG. Ketika terjadi apresiasi mata uang domestik, harga barang impor akan relatif murah dan berdampak pada sektor riil yakni meningkatnya daya beli masyarakat. Harga barang-barang yang naik secara terus-menerus juga akan menyebabkan pelaku ekspor di Indonesia mengurangi produksinya. Suatu negara dapat terpacu untuk melakukan lebih banyak ekspor ketika nilai tukar mata uang negara tersebut sedang rendah, begitu pula sebaliknya. Ulfa (2012) menyatakan bahwa JUB mempunyai pengaruh yang signifikan dengan nilai tukar rupiah terhadap dolar AS. Jika nilai tukar rupiah terhadap dolar AS melemah atau mengalami depresiasi, maka jumlah uang beredar akan meningkat. Menurut Faizin (2020), kurs dan inflasi saling mempengaruhi dalam hubungan jangka panjang. Apabila terjadi penurunan nilai rupiah dalam jangka panjang akan berpengaruh terhadap meningkatnya inflasi. Setyorini dan Supriyadi (2001) dalam penelitiannya juga menjelaskan tentang bukti empiris hubungan antara IHSG dan nilai tukar rupiah dan hasil studinya menunjukkan bahwa IHSG di BEJ mempengaruhi pergerakan kurs rupiah terhadap dolar AS.

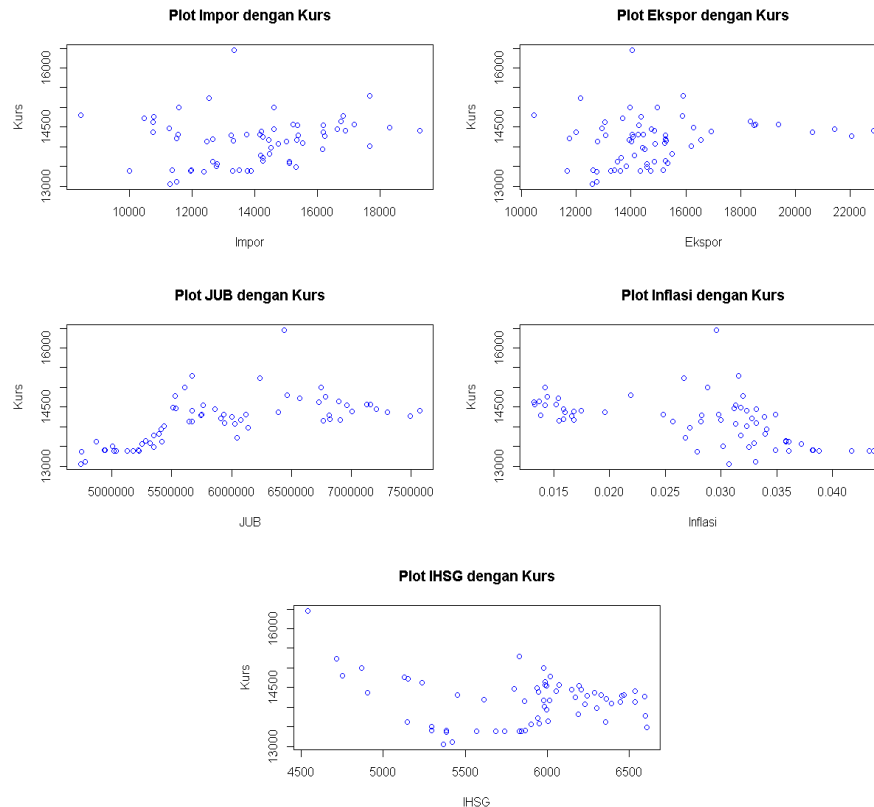
### 3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan adalah data sekunder dari website yahoo finance, website Satu Data Perdagangan, website Bank Indonesia. Variabel yang digunakan terdiri dari variabel respon yaitu nilai tukar rupiah terhadap dolar AS, dan variabel prediktor yaitu impor ( $t$ ), ekspor ( $x_1$ ), jumlah uang beredar ( $x_2$ ), inflasi ( $x_3$ ), dan IHSG ( $x_4$ ). Langkah yang digunakan dalam analisis data yaitu:

1. Menyiapkan data
2. Menentukan variabel respon dan prediktor
3. Membuat scatter plot data variabel respon dengan setiap variabel prediktor
4. Membagi data menjadi dua yaitu *in sample* dan *out sample*
5. Menentukan model pendekatan regresi nonparametrik multivariabel yang digunakan berdasarkan scatter plot data.
6. Memodelkan data *in sample* menggunakan estimasi campuran kernel dan spline *truncated* linier multivariabel dengan satu dan dua titik knot
7. Menentukan *bandwith* dan titik knot optimal dan menghitung nilai GCV
8. Menentukan model optimal dengan GCV minimum
9. Menghitung R-Square data *in sample* sebagai kriteria kebaikan model
10. Menghitung MAPE data *out sample* sebagai evaluasi kinerja model
11. Membuat kesimpulan

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Scatter plot* dari setiap variabel prediktor dengan variabel respon yaitu sebagai berikut:



**Gambar 1.** *Scatter Plot* Data setiap Variabel Prediktor dengan Variabel Respon

Metode campuran kernel dan spline *truncated* linier multivariabel baik digunakan pada penelitian ini, karena satu pola data mengikuti fungsi kernel dan empat pola data lain mengikuti fungsi spline. Variabel impor ( $t$ ) didekati dengan estimator kernel, sedangkan variabel ekspor ( $x_1$ ), JUB ( $x_2$ ), inflasi ( $x_3$ ), IHSG ( $x_4$ ) didekati dengan estimator spline. Data terlebih dahulu dibagi menjadi data *in sample* dan data *out sample* dengan perbandingan 80:20 sebanyak 51 data *in sample* dan 13 data *out sample*. Estimasi campuran kernel dan spline *truncated* ditentukan dari GCV minimum dengan jumlah titik knot dan *bandwith* yang berbeda. Berdasarkan pasangan data yang diberikan  $(t_i, x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}, x_{4i}, y_i)$ ,  $i=1,2,3,\dots,51$ , maka model regresi campuran nonparametrik kernel dan spline tersebut adalah:

$$\begin{aligned} \hat{y}_i &= \sum_{p=1}^4 \hat{f}_p(x_{ip}) + \hat{m}_h(t_i) + \hat{\varepsilon}_i, i = 1,2,3, \dots, 51 \\ &= \hat{f}_1(x_{i1}) + \hat{f}_2(x_{i2}) + \hat{f}_3(x_{i3}) + \hat{f}_4(x_{i4}) + \hat{m}_h(t_{i1}) + \hat{\varepsilon}_i \\ &= \hat{\beta}_0^* + \hat{\beta}_{11}x_{i1} + \hat{\beta}_{12}x_{i2} + \hat{\beta}_{13}x_{i3} + \hat{\beta}_{14}x_{i4} + \hat{\theta}_{11}(x_{i1} - \lambda_{11})_+ + \dots + \hat{\theta}_{j1}(x_{i1} - \\ &\lambda_{j1})_+ + \dots + \hat{\theta}_{14}(x_{i4} - \lambda_{14})_+ + \dots + \hat{\theta}_{j4}(x_{i4} - \lambda_{j4})_+ + \frac{\sum_{s=1}^{51} \frac{1}{h} K\left(\frac{t_i - t_s}{h}\right) y_s}{\sum_{s=1}^{51} \frac{1}{h} K\left(\frac{t_i - t_s}{h}\right)} \end{aligned} \quad (13)$$

dengan  $\hat{\beta}_0^* = \hat{\beta}_{01} + \hat{\beta}_{02} + \hat{\beta}_{03} + \hat{\beta}_{04}$ ,  $t_i$  dan  $t_s$  adalah data pengamatan ke- $i$  dan ke- $s$

dalam model tersebut, terdapat  $j$  titik knot  $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j)$  dan *bandwith* ( $h$ ). Pada penelitian ini, banyaknya titik knot dibatasi sampai  $j=2$  ( $\lambda_1, \lambda_2$ ). Model regresi campuran nonparametrik kernel dan spline *truncated* linier multivariabel dengan satu titik knot adalah:

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0^* + \hat{\beta}_{11}x_{i1} + \hat{\beta}_{12}x_{i2} + \hat{\beta}_{13}x_{i3} + \hat{\beta}_{14}x_{i4} + \hat{\theta}_{11}(x_{i1} - \lambda_{11})_+ + \hat{\theta}_{12}(x_{i2} - \lambda_{12})_+ + \hat{\theta}_{13}(x_{i3} - \lambda_{13})_+ + \hat{\theta}_{14}(x_{i4} - \lambda_{14})_+ + \frac{\sum_{s=1}^{51} \frac{1}{h} K\left(\frac{t_i - t_s}{h}\right) y_s}{\sum_{s=1}^{51} \frac{1}{h} K\left(\frac{t_i - t_s}{h}\right)} \quad (14)$$

GCV yang diperoleh dengan menggunakan satu titik knot ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** 8 Nilai GCV Terkecil Model dengan Satu Titik Knot

No	Titik Knot				Bandwidth $h$	GCV
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$		
1	10453	4737631	0,0132	4539	2200	132909,8
	14911	5931027	0,02773	5860		
2	10453	4737631	0,0132	4539	2297	<b>132902,5</b>
	14911	5931027	0,02773	5860		
3	10453	4737631	0,0132	4539	2350	132908,4
	14911	5931027	0,02773	5860		
4	10453	4737631	0,0132	4539	2400	132919,1
	14911	5931027	0,02773	5860		
5	14911	5931027	0,02773	5860	2200	139250,7
	22844	7572176	0,0437	6606		
6	14911	5931027	0,02773	5860	2297	139237,4
	22844	7572176	0,0437	6606		
7	14911	5931027	0,02773	5860	2350	139242,9
	22844	7572176	0,0437	6606		
8	14911	5931027	0,02773	5860	2400	139255,1
	22844	7572176	0,0437	6606		

Model regresi campuran nonparametrik kernel dan spline *truncated* dengan dua titik knot adalah:

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0^* + \hat{\beta}_{11}x_{i1} + \hat{\beta}_{12}x_{i2} + \hat{\beta}_{13}x_{i3} + \hat{\beta}_{14}x_{i4} + \hat{\theta}_{11}(x_{i1} - \lambda_{11})_+ + \hat{\theta}_{21}(x_{i1} - \lambda_{21})_+ + \hat{\theta}_{12}(x_{i2} - \lambda_{12})_+ + \hat{\theta}_{22}(x_{i2} - \lambda_{22})_+ + \hat{\theta}_{13}(x_{i3} - \lambda_{13})_+ + \hat{\theta}_{23}(x_{i3} - \lambda_{23})_+ + \hat{\theta}_{14}(x_{i4} - \lambda_{14})_+ + \hat{\theta}_{24}(x_{i4} - \lambda_{24})_+ + \frac{\sum_{s=1}^{51} \frac{1}{h} K\left(\frac{t_i - t_s}{h}\right) y_s}{\sum_{s=1}^{51} \frac{1}{h} K\left(\frac{t_i - t_s}{h}\right)} \quad (15)$$

GCV yang diperoleh dengan menggunakan dua titik knot ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** 8 Nilai GCV Terkecil Model dengan Dua Titik Knot

No	Titik Knot				<i>Bandwidth</i>	GCV
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$h$	
1	10453	4737631	0,0132	4539	2200	132909,8
	14911	5931027	0,02773	5860		
2	10453	4737631	0,0132	4539	2297	<b>132902,5</b>
	14911	5931027	0,02773	5860		
3	10453	4737631	0,0132	4539	2350	132908,4
	14911	5931027	0,02773	5860		
4	10453	4737631	0,0132	4539	2400	132919,1
	14911	5931027	0,02773	5860		
5	14911	5931027	0,02773	5860	2200	139250,7
	22844	7572176	0,0437	6606		
6	14911	5931027	0,02773	5860	2297	139237,4
	22844	7572176	0,0437	6606		
7	14911	5931027	0,02773	5860	2350	139242,9
	22844	7572176	0,0437	6606		
8	14911	5931027	0,02773	5860	2400	139255,1
	22844	7572176	0,0437	6606		

Model terbaik ditentukan dari GCV minimum dan R-Square terbesar. Perbandingan GCV minimum dan R-Square antara model satu titik knot dengan dua titik knot ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Perbandingan Nilai GCV dan R-Square Model Campuran

Model	GCV	Rsquare
1 knot	138356,3	0,7358
<b>2 knot</b>	<b>132902,5</b>	<b>0,7627</b>

Model terbaik yang digunakan adalah model regresi campuran dengan dua titik knot sehingga nilai yang digunakan dalam pemodelan nilai tukar rupiah terhadap dolar AS adalah nilai *bandwith* dan titik knot optimal dari GCV dengan dua titik knot.

Estimasi parameter regresi campuran kernel dan spline *truncated* linier multivariabel dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Estimasi Parameter Regresi Campuran Kernel dan Spline

Variabel	Nilai Estimasi Parameter
	$\hat{\beta}_0^* = -1,2600e-10$
$x_1$	$\hat{\beta}_{11} = 5,8931e-02$
	$\hat{\theta}_{11} = 5,8986e-02$
	$\hat{\theta}_{21} = 1,8696e-01$
$x_2$	$\hat{\beta}_{12} = 3,9866e-04$
	$\hat{\theta}_{12} = 1,0123e-03$
	$\hat{\theta}_{22} = -2,2084e-03$
$x_3$	$\hat{\beta}_{13} = -9,5301e-06$
	$\hat{\theta}_{13} = -9,5301e-06$
	$\hat{\theta}_{23} = -1,4517e-05$
$x_4$	$\hat{\beta}_{14} = -5,8453e-01$
	$\hat{\theta}_{14} = -5,8449e-01$
	$\hat{\theta}_{24} = 1,0431e-00$
<i>Bandwidth</i>	$h = 2297$

maka persamaan model regresi campuran dua titik knot yaitu:

$$\begin{aligned}
 \hat{y}_i = & -0,000000000126 + 0,05893139x_{i1} + 0,05898586(x_{i1} - 10453)_+ \\
 & + 0,18696(x_{i1} - 14911)_+ + 0,0003987x_{i2} - 0,0010123(x_{i2} - 4737631)_+ \\
 & - 0,00221(x_{i2} - 5931027)_+ - 0,00000953x_{i3} - 0,00000953(x_{i3} - 0,0132)_+ \\
 & - 0,00001452(x_{i3} - 0,02773)_+ - 0,5845297x_{i4} - 0,584487(x_{i4} - 4539)_+ \\
 & + 1,043075(x_{i4} - 5860)_+ + \frac{\sum_{s=1}^{51} \frac{1}{12297} K\left(\frac{t_i - t_s}{2297}\right) y_s}{\sum_{s=1}^{51} \frac{1}{12297} K\left(\frac{t_i - t_s}{2297}\right)} \quad (16)
 \end{aligned}$$

didapat nilai R-Square sebesar 0,7627. R-Square ini menjelaskan bahwa variabel prediktor mempengaruhi variabel respon sebesar 76,27 % . . Perbandingan data aktual dan data prediksi kurs rupiah terhadap dolar AS dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Perbandingan Data Aktual dan Data Prediksi Kurs Rupiah

Data Aktual	Data Prediksi
14128	14156
14105	14292
14084	14265
14229	14130
14572	14473
14468	14442
14310	14290
14496	14386
14491	14390
14374	14499
14307	14341
14199	14294
14340	14345



didapatkan nilai MAPE sebagai evaluasi kinerja model sebesar 0,598%, maka dapat disimpulkan bahwa peramalan model yang digunakan sangat baik karena nilai MAPE yang dihasilkan kecil dan kurang dari 10%.

## 5. KESIMPULAN

*Scatter plot* antara data nilai tukar rupiah dan variabel prediktor yang mempengaruhi yaitu impor, ekspor, JUB, inflasi, IHSG menghasilkan pola data yang berbeda-beda. *Scatter plot* antara variabel impor dengan nilai tukar rupiah memiliki bentuk pola acak dan menyebar maka baik didekati dengan estimator kernel. Sedangkan *scatter plot* antara variabel ekspor, JUB, inflasi, IHSG dengan nilai tukar rupiah memiliki bentuk pola yang berubah pada sub interval tertentu maka cocok didekati dengan fungsi spline.

Perbandingan GCV model satu knot dan dua knot menunjukkan bahwa model dua knot dengan *bandwith* ( $h$ ) adalah 2297 memberikan GCV yang minimum sebesar 132902,5. *Bandwith* pada regresi kernel lebih berpengaruh terhadap model dibandingkan dengan fungsi kernel yang diperoleh. Model terbaik regresi campuran nonparametrik dengan dua titik knot menghasilkan nilai  $R^2$  terbesar yaitu 0,7627 yang berarti variabel prediktor yang digunakan dapat menjelaskan model sebesar 76,27% serta dihasilkan nilai evaluasi kinerja model (MAPE) terkecil sebesar 0,598% yang artinya akurasi kesalahan yang dihasilkan kecil dan peramalan modelnya sangat baik.

Variabel impor, ekspor, JUB, inflasi, IHSG yang optimal akan menghasilkan kurs rupiah yang optimal pula. Pemodelan nilai tukar rupiah terhadap dolar AS ini dapat digunakan untuk membantu pengambilan langkah-langkah yang tepat bagi pemerintah dan semua pihak terkait untuk mengantisipasi dampak negatif dari perubahan nilai tukar akibat faktor-faktor yang mempengaruhi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiantara, I., & Mulianah. (2007). Pemilihan *Banwidth* Optimal Dalam Regresi Semiparametrik Kernel dan Aplikasinya. *Jurnal Sains Dan Teknologi SIGMA*, 2(2), 159–166.
- Budiantara, I. N., Ratnasari, V., Ratna, M., & Zain, I. (2015). The Combination of Spline and Kernel Estimator for Nonparametric Regression and its Properties. *Applied Mathematical Sciences*, 9(122), 6083–6094. <https://doi.org/10.12988/ams.2015.58517>
- Cox, D. D., & Sullivan, F. (1996). Penalized Likelihood-type Estimators for Generalized Nonparametric Regression. *Journal of Multivariate Analysis*, 56(2), 185–206. <https://doi.org/10.1006/jmva.1996.0010>
- Eubank, R. (1999). *Nonparametric Regression and spline smoothing*. Marcel Dekker, Inc.
- Faizin, M. (2020). Analisis Hubungan Kurs terhadap Inflasi. *Akuntabel*, 17(2), 314–319.
- Firdaus, I. (2017). *Analisis Pengaruh Inflasi, Suku Bunga, Nilai Tukar Rupiah dan Laba Akuntansi Terhadap Jakarta Islamic Index (JII)*. (Vol. 12). Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Härdle, W. (1991). *Kernel Density Estimation* (pp. 43–84). Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4432-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4432-5_2)
- Hardle, W., & Linton, O. (1994). Chapter 38 Applied Nonparametric Methods. *Handbook of Econometrics*, 4, 2295–2339. [https://doi.org/10.1016/S1573-4412\(05\)80007-8](https://doi.org/10.1016/S1573-4412(05)80007-8)
- Hesikumalasari, Budiantara, I Nyoman, & Ratnasari, V. (2016). Pemodelan Regresi Semiparametrik Menggunakan Estimator Campuran Spline Truncated dan Kernel. In *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Purnomo, A. (2016). *Estimator Campuran Kernel dan Spline Truncated Linier*

- Multivariabel Dalam Regresi Nonparametrik (Studi Kasus: Model Rata-Rata Lama Sekolah di Provinsi Jawa Tengah)* [Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. <https://repository.its.ac.id/1466/>
- Richards, N. D., Simpson, J., & Evans, J. (2009). The Interaction between Exchange Rates and Stock Prices: An Australian Context. *International Journal of Economics and Finance*, 1(1). <https://doi.org/10.5539/ijef.v1n1p3>
- Rory, Budiantara, I. N., & Wibowo, W. (2016). Regresi Campuran Nonparametrik Spline Linier Truncated dan Fungsi Kernel untuk Pemodelan Data Kemiskinan di Provinsi Papua. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 1–6.
- Setyorini, & Supriyadi. (2001). Hubungan Dinamis antara Nilai Tukar Rupiah dan Harga Saham di Bursa Efek Jakarta Pasca Penerapan Sistem Devisa Bebas Mengambang. *Simposium Akuntansi Nasional., Ke III, Hal 771-793*. <https://ideas.repec.org/a/uui/jaaife/v5y2001i1p59-79.html>
- Ulfa, S. A. (2012). Pengaruh Jumlah Uang Beredar (JUB), Suku Bunga Sertifikat Bank Indonesia (SBI), Impor, Ekspor Terhadap Kurs Rupiah/ Dollar Amerika Serikat Periode Januari 2006 Sampai Maret 2010. *Edaj*, 1(1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/edaj>
- Wahba, G. (1990). *Spline Models for Observational Data*. SIAM Pennsylvania.