

PEMODELAN HARGA SAHAM PERUSAHAAN PROPERTI DAN *REAL ESTATE* MENGGUNAKAN REGRESI LONGITUDINAL *SPLINE TRUNCATED* DILENGKAPI GUI R

Nurina Salma Alfiyyah^{1*}, Suparti², Sugito³

^{1,2,3}Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

*e-mail: nurinasalma20@gmail.com

DOI: 10.14710/j.gauss.12.1.42-51

Article Info:

Received: 2022-09-09

Accepted: 2022-11-16

Available Online: 2023-05-04

Keywords:

Spline Truncated, *Longitudinal Data*; *Stocks*; *Inflation*; *GCV*; *GUI*.

Abstract: Stocks are one of the most popular financial instruments traded in the capital market. One of stock prices fluctuate up and down due to the influence of several factors, one of which is inflation. Stocks in the property and real estate sectors are important indicators to determine the level of a country economy. Data on several stock prices is one case of longitudinal data in economic field. The data is divided into 2 parts, namely in sample data from January 2016 to October 2020 and out sample data from November 2020 to December 2021. In this study, longitudinal stock price data is modeling using nonparametric spline truncated. The best spline truncated model is determined by the order and the optimal number of knot points based on the minimum Generalized Cross Validation value. Spline truncated nonparametric regression modeling for longitudinal data in this study is equipped with Graphical User Interface (GUI) that can facilitate the data processing. The results of the analysis show that the best longitudinal spline truncated regression model obtained on 2nd order with 5 knot points. 95.04% value of R^2 indicates the model is a strong model. In the evaluation of the best model, the MAPE data out sample value is 16.45%. It indicates the model has good forecasting ability.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan perekonomian yang cukup pesat saat ini berpengaruh pada minat masyarakat dalam melakukan investasi. Pasar modal merupakan salah satu tempat untuk melakukan investasi. Instrumen keuangan yang paling diminati di pasar modal adalah saham. Saham merupakan surat berharga yang merupakan bukti kepemilikan dari individu atau lembaga dalam suatu perusahaan (Tandelilin, 2010). Menurut Hadi (2013), saham dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan nilai kapitalisasi pasarnya, yaitu kapitalisasi besar (*Big Cap*), kapitalisasi sedang (*Mid Cap*), dan kapitalisasi kecil (*Small Cap*). Seorang investor harus selalu memperhatikan pengaruh dari faktor mikro ekonomi dan makro ekonomi, serta faktor non ekonomi. Salah satu faktor makro ekonomi yaitu tingkat inflasi. Saham sektor properti dan *real estate* merupakan indikator penting untuk mengetahui tingkat perekonomian suatu negara (Wijaya, 2015). Data harga saham beberapa perusahaan merupakan salah satu kasus data longitudinal pada bidang ekonomi. Data longitudinal merupakan data yang diperoleh dari pengukuran berulang yang dilakukan pada masing-masing subjek (Wu & Zhang, 2006).

Salah satu metode statistika yang dapat menggunakan data longitudinal adalah analisis regresi. Data harga saham yang cenderung fluktuatif dan tidak membentuk suatu pola hubungan tertentu lebih sesuai didekati menggunakan regresi nonparametrik. Pendekatan model regresi nonparametrik yang cukup populer adalah *spline truncated* karena pendekatan model regresi nonparametrik ini mempunyai interpretasi statistik dan visual yang sangat khusus dan sangat baik (Budiantara, 2009). *Spline* merupakan suatu fungsi potongan (*truncated*) polinomial yang sifatnya fleksibel, seperti data yang menunjukkan

naik atau turun yang tajam. Salah satu metode dalam pemilihan letak titik knot optimal untuk mendapatkan model *spline* yang optimal adalah metode GCV (*Generalized Cross Validation*). Metode GCV merupakan metode pemilihan titik knot yang memiliki perhitungan yang sederhana dan efisien.

Pada penelitian sebelumnya, regresi longitudinal *spline truncated* diolah menggunakan bantuan program R berbasis teks atau *Command Line Interface* (CLI). Oleh karena itu, perlu dilakukannya pengembangan pengolahan data menggunakan bantuan *Graphical User Interface* (GUI) program R. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model terbaik dengan melakukan pemodelan harga saham beberapa perusahaan properti dan *real estate* menggunakan regresi longitudinal *spline truncated* dengan GCV sebagai metode pemilihan titik knot optimal dan pembuatan GUI program R sebagai alat bantu pengolahan data.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Bursa Efek Indonesia (BEI) merupakan pasar modal secara fisik di Indonesia. Saham merupakan salah satu instrumen keuangan yang paling populer yang diperdagangkan di pasar modal. Hal ini disebabkan karena saham dianggap mampu memberikan tingkat keuntungan menarik bagi para investor (Tandelilin, 2010). Menurut Hadi (2013), berdasarkan nilai kapitalisasi pasarnya saham dikelompokkan menjadi tiga lapisan, yaitu saham kapitalisasi besar (Nilai kapitalisasi pasarnya > Rp 10 triliun), saham kapitalisasi sedang (Nilai kapitalisasi pasarnya berkisar antara Rp 1 s/d 10 triliun), dan saham kapitalisasi kecil (Nilai kapitalisasi pasarnya < Rp 1 triliun). Harga saham secara tidak langsung dipengaruhi oleh tingkat inflasi. Peningkatan harga produk secara keseluruhan sehingga menyebabkan daya beli masyarakat turun disebut inflasi. Inflasi yang meningkat secara relatif berdampak negatif bagi para investor di pasar modal (Tandelilin, 2010).

Menurut Wu & Zhang (2006), data longitudinal merupakan data yang diperoleh dari pengukuran berulang yang dilakukan pada masing-masing subjek yang dikumpulkan dari waktu ke waktu. Data harga saham beberapa perusahaan merupakan salah satu kasus data longitudinal pada bidang ekonomi karena datanya diamati dan diukur secara berulang pada interval waktu tertentu. Struktur data longitudinal dengan satu variabel respon dan satu variabel prediktor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Struktur Data Longitudinal

Subjek ke- j	Pengamatan ke- k	Respon (y_{jk})	Prediktor (x_{jk})
Subjek ke-1	1	y_{11}	x_{11}
	2	y_{12}	x_{12}
	\vdots	\vdots	\vdots
	n_1	y_{1n_1}	x_{1n_1}
Subjek ke-2	1	y_{21}	x_{21}
	2	y_{22}	x_{22}
	\vdots	\vdots	\vdots
	n_2	y_{2n_2}	x_{2n_2}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
Subjek ke- m	1	y_{m1}	x_{m1}
	2	y_{m2}	x_{m2}
	\vdots	\vdots	\vdots
	n_m	y_{mn_m}	x_{mn_m}

dengan $j = 1, 2, \dots, m$ dan $k = 1, 2, \dots, n_j$.

Menurut Eubank (1999), regresi parametrik merupakan metode regresi yang digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel respon dengan satu atau lebih variabel prediktor ketika kurva regresinya diketahui. Menurut Hardle & Linton (1994),

model regresi parametrik linier berganda dengan n pengamatan dan q variabel prediktor dapat ditulis dalam bentuk persamaan (1).

$$y_k = \beta_0 + \sum_{l=1}^q \beta_l x_{kl} + \varepsilon_k, \quad k = 1, 2, \dots, n; l = 1, 2, \dots, q \quad (1)$$

dengan,

- y_k : Data pengamatan ke- k dari variabel respon
- x_{kl} : Data pengamatan ke- k dari variabel prediktor ke- l
- β_k : Koefisien regresi pada variabel prediktor ke- k
- β_0 : Intersep (konstanta)
- ε_k : Residual pada pengamatan ke- k dengan $\varepsilon_k \sim NID(0, \sigma^2)$

Menurut Eubank (1999), regresi nonparametrik merupakan metode regresi yang digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel respon dengan satu atau lebih variabel prediktor ketika kurva regresinya tidak diketahui. Persamaan model regresi nonparametrik pada data longitudinal dapat ditulis dalam bentuk persamaan (2).

$$y_{jk} = f(x_{jk}) + \varepsilon_{jk}, \quad j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n_j \quad (2)$$

dengan y_{jk} adalah variabel respon pengamatan subjek ke- j pada pengamatan ke- k , fungsi $f(x_{jk})$ adalah fungsi regresi yang tidak diketahui bentuknya dari data longitudinal sehingga diasumsikan *smooth* (mulus) dengan x_{jk} sebagai variabel prediktor pengamatan subjek ke- j pada pengamatan ke- k , dan ε_{jk} adalah *error* atau residual pengamatan subjek ke- j pada pengamatan ke- k (Wu & Zhang, 2006).

Pada data longitudinal terdapat $j = 1, 2, \dots, m$ subjek dan $k = 1, 2, \dots, n_j$ pengamatan dalam setiap subjek, maka fungsi regresi longitudinal *spline truncated* berorde p dengan r titik knot yaitu $\Pi = \{K_1, K_2, \dots, K_r\}$ dapat ditulis dalam bentuk persamaan (3).

$$f(x_{jk}) = \sum_{s=0}^{p-1} \beta_{j;s} x_{jk}^s + \sum_{s=1}^r \beta_{j;(s+p-1)} (x_{jk} - K_{js})_+^{p-1} \quad (3)$$

dengan fungsi *truncated*,

$$(x_{jk} - K_{js})_+^{p-1} = \begin{cases} (x_{jk} - K_{js})^{p-1}, & x_{jk} - K_{js} \geq 0 \\ 0, & x_{jk} - K_{js} < 0 \end{cases}$$

Dengan demikian, secara umum model regresi longitudinal *spline truncated* orde ke- p dengan r titik knot dapat ditulis dalam bentuk persamaan (4).

$$y_{jk} = \sum_{s=0}^{p-1} \beta_{j;s} x_{jk}^s + \sum_{s=1}^r \beta_{j;(s+p-1)} (x_{jk} - K_{js})_+^{p-1} + \varepsilon_{jk} \quad (4)$$

dimana p adalah orde polinomial, K_{js} adalah titik knot pada fungsi *truncated*, dan ε_{jk} adalah *error random*.

Menurut Poerwanto & Budiantara (2014), penguraian persamaan (4) dapat ditulis dalam bentuk matriks yang dapat dikonstruksi dari vektor dan matriks seperti pada persamaan (5).

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}_{\Pi} \boldsymbol{\beta}_{\Pi} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{y}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_{\Pi 1} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_{\Pi 2} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{X}_{\Pi m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta}_{\Pi 1} \\ \boldsymbol{\beta}_{\Pi 2} \\ \vdots \\ \boldsymbol{\beta}_{\Pi m} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon}_1 \\ \boldsymbol{\varepsilon}_2 \\ \vdots \\ \boldsymbol{\varepsilon}_m \end{bmatrix}$$

dengan vektor responnya sebagai berikut:

$$\mathbf{y}_1 = [y_{11} \ y_{12} \ \cdots \ y_{1n_1}]^T$$

$$\mathbf{y}_2 = [y_{21} \ y_{22} \ \cdots \ y_{2n_2}]^T$$

$$\vdots$$

$$\mathbf{y}_m = [y_{m1} \ y_{m2} \ \cdots \ y_{mn_m}]^T$$

Matriks basis *spline truncated* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\mathbf{X}_{\Pi 1} &= \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{11}^{p-1} & (x_{11} - K_{11})_+^{p-1} & \cdots & (x_{11} - K_{1r})_+^{p-1} \\ 1 & x_{12} & \cdots & x_{12}^{p-1} & (x_{12} - K_{11})_+^{p-1} & \cdots & (x_{12} - K_{1r})_+^{p-1} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 & x_{1n_1} & \cdots & x_{1n_1}^{p-1} & (x_{1n_1} - K_{11})_+^{p-1} & \cdots & (x_{1n_1} - K_{1r})_+^{p-1} \end{bmatrix} \\
\mathbf{X}_{\Pi 2} &= \begin{bmatrix} 1 & x_{21} & \cdots & x_{21}^{p-1} & (x_{21} - K_{21})_+^{p-1} & \cdots & (x_{21} - K_{2r})_+^{p-1} \\ 1 & x_{22} & \cdots & x_{22}^{p-1} & (x_{22} - K_{21})_+^{p-1} & \cdots & (x_{22} - K_{2r})_+^{p-1} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 & x_{2n_2} & \cdots & x_{2n_2}^{p-1} & (x_{2n_2} - K_{21})_+^{p-1} & \cdots & (x_{2n_2} - K_{2r})_+^{p-1} \end{bmatrix} \\
&\vdots \\
\mathbf{X}_{\Pi m} &= \begin{bmatrix} 1 & x_{m1} & \cdots & x_{m1}^{p-1} & (x_{m1} - K_{m1})_+^{p-1} & \cdots & (x_{m1} - K_{mr})_+^{p-1} \\ 1 & x_{m2} & \cdots & x_{m2}^{p-1} & (x_{m2} - K_{m1})_+^{p-1} & \cdots & (x_{m2} - K_{mr})_+^{p-1} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 & x_{mn_m} & \cdots & x_{mn_m}^{p-1} & (x_{mn_m} - K_{m1})_+^{p-1} & \cdots & (x_{mn_m} - K_{mr})_+^{p-1} \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

Vektor parameternya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\boldsymbol{\beta}_{\Pi 1} &= [\beta_{1;0} \quad \cdots \quad \beta_{1;(p-1)} \quad \beta_{1;(p-1)+1} \quad \cdots \quad \beta_{1;(p-1)+r}]^T \\
\boldsymbol{\beta}_{\Pi 2} &= [\beta_{2;0} \quad \cdots \quad \beta_{2;(p-1)} \quad \beta_{2;(p-1)+1} \quad \cdots \quad \beta_{2;(p-1)+r}]^T \\
&\vdots \\
\boldsymbol{\beta}_{\Pi m} &= [\beta_{m;0} \quad \cdots \quad \beta_{m;(p-1)} \quad \beta_{m;(p-1)+1} \quad \cdots \quad \beta_{m;(p-1)+r}]^T
\end{aligned}$$

dan vektor *error* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\boldsymbol{\varepsilon}_1 &= [\varepsilon_{11} \quad \varepsilon_{12} \quad \cdots \quad \varepsilon_{1n_1}]^T \\
\boldsymbol{\varepsilon}_2 &= [\varepsilon_{21} \quad \varepsilon_{22} \quad \cdots \quad \varepsilon_{2n_2}]^T \\
&\vdots \\
\boldsymbol{\varepsilon}_m &= [\varepsilon_{m1} \quad \varepsilon_{m2} \quad \cdots \quad \varepsilon_{mn_m}]^T
\end{aligned}$$

Penelitian ini menentukan titik knot optimal dengan menggunakan GCV dengan melihat nilai GCV yang paling kecil. Metode GCV merupakan modifikasi dari metode CV. Menurut Eubank (1999), fungsi GCV dapat ditulis dalam bentuk persamaan (6).

$$GCV = \frac{MSE(\Pi)}{(N^{-1} \text{trace}[\mathbf{I} - \mathbf{H}(\Pi)])^2} \quad (6)$$

dimana,

$$MSE(\Pi) = N^{-1} \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{n_j} (y_{jk} - f(x_{jk}))^2 \quad (7)$$

dan $N = \sum_{j=1}^m n_j$ serta $\mathbf{H}(\Pi) = \mathbf{X}_{\Pi}(\mathbf{X}_{\Pi}^T \mathbf{X}_{\Pi})^{-1} \mathbf{X}_{\Pi}^T$

Koefisien determinasi merupakan ukuran yang menyatakan seberapa besar variabel prediktor dapat menjelaskan variabel responnya. Rumus koefisien determinasi dapat ditulis dalam bentuk persamaan (8).

$$R^2 = 1 - \frac{JKG}{JKT} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{n_j} (y_{jk} - \hat{y}_{jk})^2}{\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{n_j} (y_{jk} - \bar{y}_j)^2} \quad (8)$$

Kriteria nilai R^2 adalah jika $R^2 \leq 33\%$ maka model lemah, jika $33\% < R^2 \leq 67\%$ maka model moderat, dan jika $R^2 > 67\%$ maka model kuat (Chin, 1998)

Evaluasi kinerja model menggunakan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) data *out sample*. Perhitungan MAPE adalah presentase rata-rata nilai absolut *error* dibagi data aktualnya yang dapat ditulis dalam bentuk persamaan (9).

$$MAPE = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{n_j} \left| \frac{y_{jk} - \hat{y}_{jk}}{y_{jk}} \right|}{N} \times 100\% \quad (9)$$

Kriteria nilai MAPE adalah jika $MAPE < 10\%$ kemampuan sangat baik, jika $10\% \leq MAPE < 20\%$ maka kemampuan baik, jika $20\% \leq MAPE < 50\%$ kemampuan cukup, dan jika $MAPE \geq 50\%$ maka kemampuan buruk (Chang *et al.*, 2007).

Graphical User Interface (GUI) program R merupakan pengembangan dari *software* R yang berbasis teks atau *Command Line Interface* (CLI). Paket yang dibutuhkan dalam pembuatan GUI R adalah *shiny*. Selain itu, paket *shinythemes* juga berguna untuk menghias tampilan GUI dengan berbagai tema (Hendrian, 2021). Paket *shiny* terdiri dari tiga komponen yaitu *User Interface* (UI), *Server*, dan *ShinyApp*. *User Interface* (UI) berfungsi untuk menjelaskan tampilan yang berisi *input* dan *output*. *Server* berfungsi untuk menjelaskan program inti untuk pengolahan data. *ShinyApp* merupakan fungsi dari aplikasi untuk memanggil UI dan *Server* agar aplikasi dapat berjalan (Tirta, 2014).

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang bersumber dari *website* Bank Indonesia dan *yahoo finance*. Data yang diambil berupa data inflasi dan data harga saham bulanan periode Januari 2016–Desember 2021. Data saham bulanan tersebut merupakan rata-rata harga penutupan (*closing price*) saham harian untuk setiap bulannya. Data saham yang digunakan adalah harga saham PT Bumi Serpong Damai Tbk, PT Jaya Real Property Tbk, dan PT Bukit Darma Property Tbk. Variabel respon dalam penelitian ini adalah harga saham bulanan beberapa perusahaan properti dan *real estate* berdasarkan nilai kapitalisasi pasar dan variabel prediktor dalam penelitian ini adalah data inflasi.

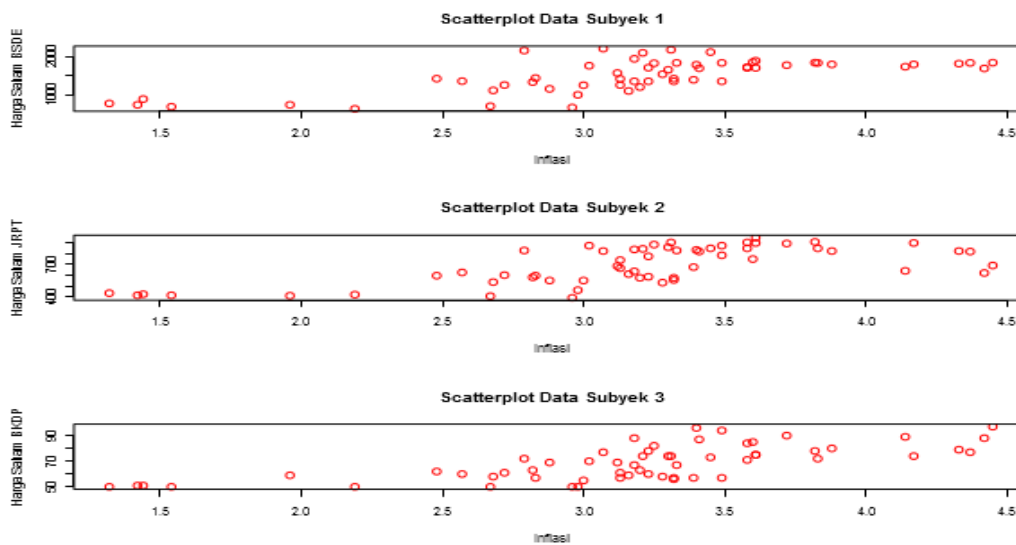
Dalam penelitian ini *software* yang digunakan adalah Rstudio dengan bantuan GUI R dari paket *shiny*. Adapun tahapan analisis data sebagai berikut:

1. Menyiapkan GUI R sesuai dengan kebutuhan analisis.
2. Menentukan data *in sample* dan *out sample*.
3. Menganalisis statistik deskriptif data *in sample*.
4. Membuat *scatterplot* data *in sample* pada setiap subjek.
5. Menetapkan orde dan titik knot yang akan dicobakan.
6. Menetapkan model regresi longitudinal *spline truncated* untuk setiap kombinasi orde 2, 3, dan 4, dengan banyak titik knot 1, 2, 3, 4, dan 5.
7. Menghitung nilai GCV
8. Mencari titik knot optimal dengan kriteria GCV minimum.
9. Memodelkan regresi longitudinal *spline truncated* terbaik.
10. Mengukur kebaikan model dengan menghitung R^2 data *in sample*.
11. Mengevaluasi kinerja model dengan menghitung nilai MAPE dari data *out sample*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembagian data *in sample* dan *out sample* menggunakan proporsi 80% dan 20%. Data *in sample* sebanyak 58 data dari bulan Januari 2016 – Oktober 2020 dan data *out sample* sebanyak 14 data dari bulan November 2020 – Desember 2021

Scatterplot dari inflasi dengan harga saham pada setiap subjek dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot Data *In Sample* pada Setiap Subjek

Berdasarkan Gambar 1, terlihat plot data pada setiap subjek berubah naik atau turun pada sub-sub interval tertentu sehingga pada penelitian ini akan digunakan pendekatan regresi longitudinal *spline truncated* untuk memodelkan inflasi dan harga saham pada setiap subjek tersebut. Statistik deskriptif data *in sample* data dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Data *In Sample* pada Setiap Subjek

Variabel	Rata-Rata	Maksimum	Minimum	Rentang	Varian
Inflasi (%)	3,17	4,45	1,32	3,13	0,49
BSDE (Rp)	1498,53	2200	635	1565	175620,2
JRPT (Rp)	692,78	950	388	562	28860,39
BKDP (Rp)	68,74	97	50	47	178,12

Pemilihan model regresi longitudinal *spline truncated* terbaik pada data inflasi dan harga saham beberapa perusahaan dilakukan dengan memodelkan data tersebut menggunakan kombinasi orde dan titik knot yang nilai optimalnya ditentukan menggunakan nilai GCV minimum. Berdasarkan data *in sample* diperoleh model regresi longitudinal *spline truncated* pada data inflasi dan harga saham beberapa perusahaan sebagai berikut:

$$y_{jk} = f(x_{jk}) + \varepsilon_{jk} \quad , \quad j = 1,2,3 ; k = 1,2,\dots,58$$

dengan $f(x_{jk}) = \sum_{s=0}^{p-1} \beta_{j;s} x_{jk}^s + \sum_{s=1}^r \beta_{j;(s+p-1)} (x_{jk} - K_{js})_+^{p-1}$

Model regresi longitudinal *spline truncated* terbaik dapat diperoleh dengan membandingkan nilai GCV minimum pada tiap orde. Nilai GCV minimum dari model optimal pada setiap orde dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Model Optimal pada Setiap Orde

Orde	Banyak Titik Knot	Titik Knot	GCV
2	5	2,68; 2,79; 2,96; 3,07; dan 3,12	26296,84
3	5	2,79; 2,88; 3,02; 3,12; dan 3,13	27397,68
4	5	2,96; 2,98; 3,07; 3,12; dan 3,16	32419,05

Berdasarkan Tabel 3, model terbaik terdapat pada orde 2 dengan 5 titik knot dengan nilai GCV minimum sebesar 26296,84. Estimasi parameter model terbaik pada setiap subjek dengan bantuan GUI R dapat ditulis pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Estimasi Parameter Model *Spline Truncated* Terbaik

Subjek	Parameter	Hasil Estimasi
1	$\hat{\beta}_{1;0}$	380,0226
	$\hat{\beta}_{1;1}$	257,2276
	$\hat{\beta}_{1;2}$	6377,529
	$\hat{\beta}_{1;3}$	-13253,7
	$\hat{\beta}_{1;4}$	21437,04
	$\hat{\beta}_{1;5}$	-29334,8
	$\hat{\beta}_{1;6}$	14745,86
2	$\hat{\beta}_{2;0}$	282,3996
	$\hat{\beta}_{2;1}$	90,81837
	$\hat{\beta}_{2;2}$	1690,329
	$\hat{\beta}_{2;3}$	-3676,38
	$\hat{\beta}_{2;4}$	6559,54
	$\hat{\beta}_{2;5}$	-7992,29
	$\hat{\beta}_{2;6}$	3384,6
3	$\hat{\beta}_{3;0}$	43,96295
	$\hat{\beta}_{3;1}$	4,983241
	$\hat{\beta}_{3;2}$	101,2177
	$\hat{\beta}_{3;3}$	-222,169
	$\hat{\beta}_{3;4}$	372,1436
	$\hat{\beta}_{3;5}$	-448,811
	$\hat{\beta}_{3;6}$	207,8493

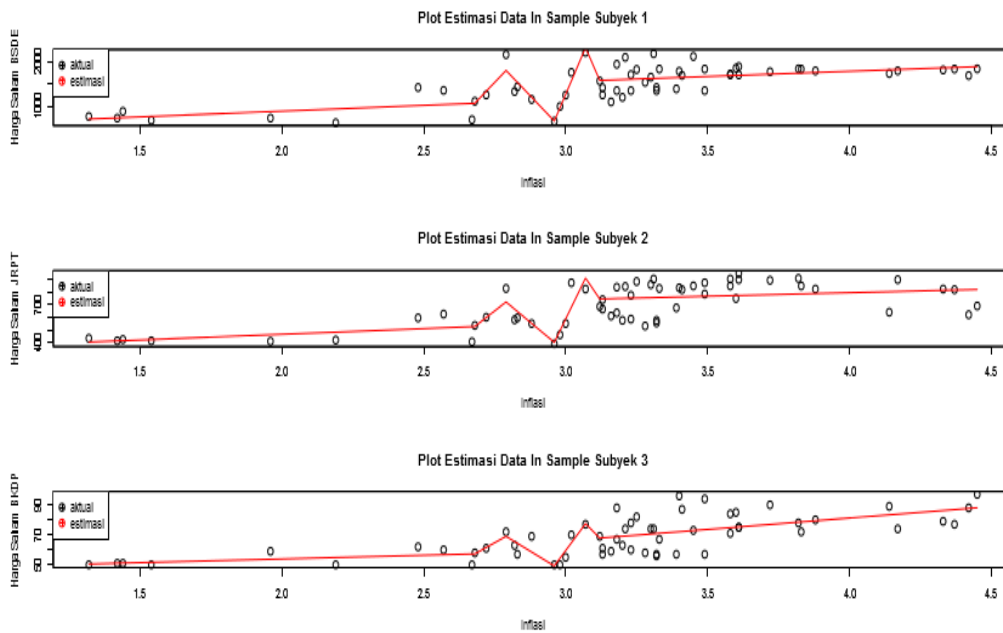
Model regresi longitudinal *spline truncated* terbaik pada setiap subjek untuk data inflasi dan harga saham yang terbentuk dapat ditulis sebagai berikut:

$$\hat{y}_{1k} = 380,0226 + 257,2276x_{1k} + 6377,529(x_{1k} - 2,68)_+ - 13253,7(x_{1k} - 2,79)_+ + 21437,04(x_{1k} - 2,96)_+ - 29334,8(x_{1k} - 3,07)_+ + 14745,86(x_{1k} - 3,12)_+$$

$$\hat{y}_{2k} = 282,3996 + 90,81837x_{2k} + 1690,329(x_{2k} - 2,68)_+ - 3676,38(x_{2k} - 2,79)_+ + 6559,54(x_{2k} - 2,96)_+ - 7992,29(x_{2k} - 3,07)_+ + 3384,6(x_{2k} - 3,12)_+$$

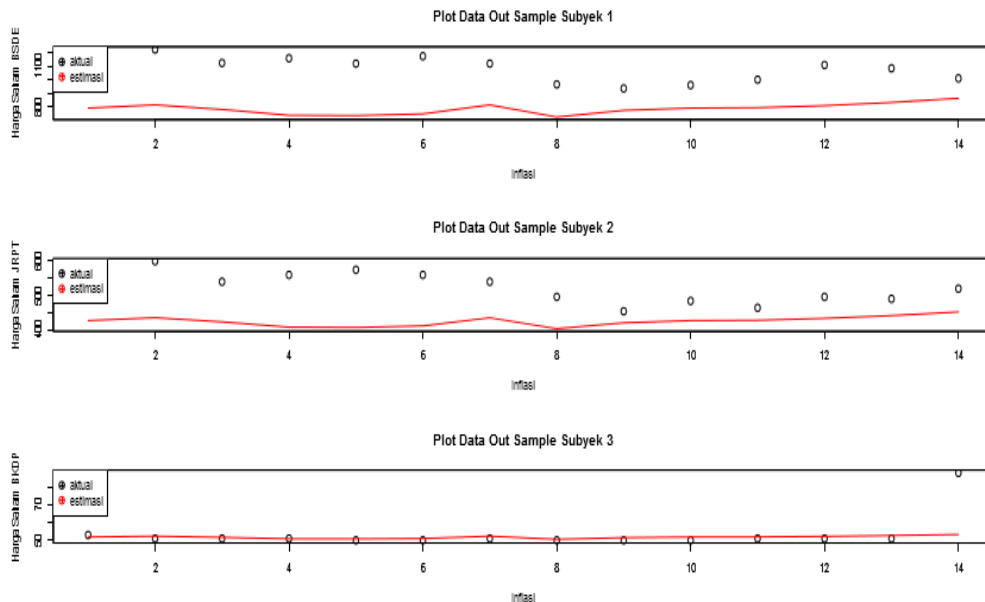
$$\hat{y}_{3k} = 43,96295 + 4,983241x_{3k} + 101,2177(x_{3k} - 2,68)_+ - 222,169(x_{3k} - 2,79)_+ + 372,1436(x_{3k} - 2,96)_+ - 448,811(x_{3k} - 3,07)_+ + 207,8493(x_{3k} - 3,12)_+$$

Perbandingan antara nilai estimasi dan data asli *in sample* dapat dilihat melalui plot data pada Gambar 2.



Gambar 2. Plot Data Asli *In Sample* dan Estimasinya pada Setiap Subjek

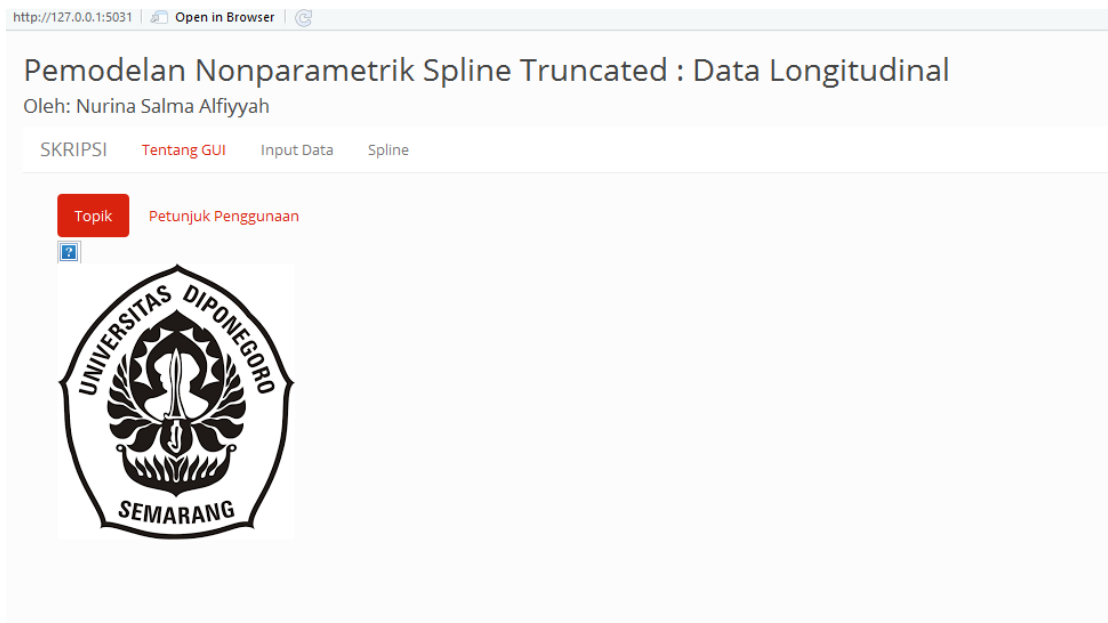
Berdasarkan Gambar 2, terlihat data asli dapat didekati oleh data estimasinya dengan baik. Oleh karena itu, model regresi longitudinal *spline truncated* dapat digunakan dalam pemodelan data longitudinal dari data inflasi dan harga saham beberapa perusahaan properti dan *real estate* dengan nilai R^2 model sebesar 0,95036 atau 95,04%. Model terbaik tersebut juga memiliki nilai MAPE *out sample* sebesar 16,45%. Nilai MAPE berada diantara 10% hingga 20%, maka dapat dikatakan model memiliki kemampuan peramalan yang baik. Plot data *out sample* dan estimasinya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Plot Data Asli *Out Sample* dan Estimasinya pada Setiap Subjek

Proses pembuatan GUI R, meliputi desain tampilan GUI R, susunan fungsi pengolahan GUI R, dan penggunaan GUI R. Tampilan dalam aplikasi GUI yang dibuat dengan bantuan *software* R diatur oleh fungsi *shinyApp* pada UI (*User Interface*). Perintah

`ui<-fluidPage()` pada UI akan mengatur struktur tampilan GUI dalam penempatan perintah untuk melakukan *input* data dan menampilkan *output* pengolahan data. Proses pengolahan yang dijalankan oleh GUI akan didefinisikan dalam fungsi *shinyApp* yaitu pada *server*. Identitas dari setiap *input* yang telah dibuat pada UI harus sesuai dengan identitas yang digunakan pada *server* agar GUI dapat dijalankan dengan baik. Setelah UI dan *server* terbentuk, selanjutnya aplikasi GUI dapat dijalankan dengan menggunakan fungsi `shinyApp(ui, server)`. Berikut tampilan utama dan petunjuk penggunaan GUI yang telah dibuat:



Gambar 4. Tampilan Utama Aplikasi GUI R



Gambar 5. Tampilan Petunjuk Penggunaan Aplikasi GUI R

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan diperoleh kesimpulan bahwa pemodelan data inflasi dan harga saham beberapa perusahaan properti dan *real estate* dapat dilakukan

menggunakan regresi longitudinal *spline truncated*. Model terbaik yang didapatkan adalah model pada orde 2 dengan 5 titik knot yang memiliki nilai GCV minimum sebesar 26296,84, nilai R^2 sebesar 95,04%, dan nilai MAPE sebesar 16,45%.

Hasil analisis data menggunakan metode regresi longitudinal *spline truncated* dilakukan menggunakan GUI yang telah dibuat dan menampilkan output yang sesuai dari hasil penggunaannya. Pembuatan GUI R tersebut mempermudah pengguna dalam melakukan pengolahan data longitudinal untuk pemodelan menggunakan regresi longitudinal *spline truncated*.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiantara, I. N. (2009). Spline dalam Regresi Nonparametrik dan Semiparametrik: Sebuah Pemodelan Statistika Masa Kini dan Masa Mendatang. *Pidato Pengukuhan Untuk Jabatan Guru Besar Pada Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya*.
- Chang, P. C., Wang, Y. W., & Liu, C. H. (2007). The development of a weighted evolving fuzzy neural network for PCB sales forecasting. *Expert Systems with Applications*, 32(1), 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.11.021>
- Chin, W. W. (1998). The Partial Least Squares Approach to Structural Formula Modeling. *Advances in Hospitality and Leisure*, 295(2), 295–336.
- Eubank, R. L. (1999). *Nonparametric Regression and Spline Smoothing Second Edition*. Departement of Statistics Southern Methodist Dallas University.
- Hadi, N. (2013). *Pasar Modal: Acuan Teoritis dan Praktis Investasi di Instrumen Keuangan Pasar Modal*. Graha Ilmu.
- Hardle, W., & Linton, O. (1994). Applied Nonparametric Methods. *Handbook of Econometrics*, IV(26), 2295–2339. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1573441205800078>
- Hendrian, J. (2021). *Pemodelan harga emas dunia menggunakan metode nonparametrik polinomial lokal dilengkapi gui r*.
- Poerwanto, B., & Budiantara, I. N. (2014). *Estimasi Kurva Regresi Semiparametrik Spline untuk Data Longitudinal*. 273–278.
- Tandelilin, E. (2010). *Portfolio dan Investasi: Teori dan Aplikasi*. Kanisius.
- Tirta, I. M. (2014). Pengembangan E-Modul Statistika Terintegrasi dan Dinamik dengan R-shiny dan mathJax. *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Universitas Jember*, 223–232.
- Wijaya, H. P. (2015). *Pengaruh Perubahan Suku Bunga, Inflasi, Perubahan Nilai Tukar, Dan Perubahan Produk Domestik Bruto Terhadap Perubahan Indeks Harga Saham Sektor Properti Dan Real Estate Di Bursa Efek Indonesia (Periode Pengamatan Tahun 2007-2013)*. 1–11.
- Wu, H., & Zhang, J. T. (2006). Nonparametric Regression Methods for Longitudinal Data Analysis: Mixed-Effects Modeling Approaches. In *John Wiley and Sons, Inc* (Issue March). <https://doi.org/10.1002/0470009675>