

PEMODELAN INDEKS HARGA SAHAM GABUNGAN MENGGUNAKAN REGRESI *SPLINE* MULTIVARIABEL

Ihdayani Banun Afa¹, Suparti, Rita Rahmawati³

^{1,2,3} Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro
e-mail : suparti702@gmail.com

ABSTRACT

The Composite Stock Price Index (CSPI) is a composite index of all types of shares listed on the stock exchange and their movements indicate the conditions occurring in the stock market. CSPI movement is an important indicator for investors to determine whether they will sell, hold, or buy a stock. One of the factors that influence the movement of CSPI is Inflation (X_1), Exchange Rate (X_2) and SBI rate (X_3). This study aims to obtain the best CSPI model using a multivariable nonparametric *spline* regression approach. The approach is done by nonparametric regression because the regression curve obtained does not show a certain relationship pattern. *Spline* is very dependent on the order and location of the knot point. The best *spline* model is the model that has the minimum MSE (Mean Square Error) value. In this study, the best *spline* regression model is when X_1 is 4 order, X_2 is 2 order and X_3 is 2 order. The number of knots on X_1 is 1 knot at 8.22, X_2 is 2 knots at 13066.82 and 13781.75 While X_3 is 2 knots at 6.6 and 6.67 with value of MSE equal to 6686.85.

Keywords: Composite Stock Price Index, Multivariable *Spline* Regression, MSE

1. PENDAHULUAN

Keberadaan pasar modal di Indonesia merupakan salah satu faktor penting dalam pembangunan perekonomian nasional. Salah satu indikator utama yang mencerminkan kinerja pasar modal di Indonesia saat sedang mengalami peningkatan atau sedang mengalami penurunan adalah indeks harga saham gabungan (IHSG). Menurut Wijaya (2015), pergerakan IHSG sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor baik dari dalam negeri (internal) maupun dari luar negeri (eksternal). Faktor-faktor internal tersebut berasal dari kurs valuta asing, tingkat pendapatan nasional, jumlah uang yang beredar, tingkat inflasi, dan tingkat suku bunga domestik pada negara tersebut. Sedangkan, faktor-faktor eksternal dapat berasal dari indeks bursa efek di negara lain (seperti indeks *Dow Jones*, *FTSE 100*, *NIKKEI 225*, *Han Seng*), harga minyak mentah dunia, harga emas dunia, dan berbagai peristiwa politik yang mempengaruhi keamanan dan stabilitas perekonomian dunia.

Salah satu metode statistika yang bisa menjelaskan hubungan antara variabel prediktor terhadap variabel respon adalah analisis regresi. Analisis regresi yang sering digunakan adalah analisis regresi parametrik. Pendekatan regresi secara parametrik membutuhkan asumsi-asumsi yang harus dipenuhi untuk menghasilkan pemodelan yang baik. Pendekatan regresi parametrik menghasilkan model yang baik jika bentuk kurva regresinya diketahui. Regresi nonparametrik digunakan jika bentuk kurva fungsinya tidak diketahui sehingga data akan mencari sendiri bentuk kurva regresinya. Kurva regresi hanya diasumsikan *smooth* (mulus) termuat di dalam suatu ruang fungsi tertentu. Sehingga, regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi karena data diharapkan mencari sendiri bentuk estimasi kurva regresinya tanpa dipengaruhi oleh faktor subyektifitas peneliti (Eubank, 1999).

Salah satu metode regresi nonparametrik adalah *spline*. *Spline* adalah suatu pendekatan ke arah pencocokan data dengan tetap memperhitungkan kemulusan kurva. *Spline* mempunyai keunggulan dalam mengatasi pola data yang menunjukkan naik/turun yang tajam dengan bantuan titik-titik knot, serta kurva yang dihasilkan relatif mulus (Hardle, 1990). Pada analisis regresi nonparametrik *spline* jika terdapat satu variabel respon dan satu variabel prediktor maka regresi tersebut dinamakan regresi nonparametrik *spline* univariabel, sedangkan jika terdapat satu variabel respon dengan lebih dari satu variabel prediktor regresi nonparametrik *spline* multivariabel (Budiantara, 2005). Maka dalam penelitian ini akan dilakukan pemodelan

IHSG menggunakan regresi *spline* multivariabel dengan inflasi, kurs dan suku bunga SBI sebagai variabel prediktornya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Indeks Harga Saham Gabungan

Menurut Samsul (2006), indeks harga saham gabungan (*composite stock price index*= CSPI) merupakan indeks gabungan dari seluruh jenis saham yang tercatat di bursa efek. Indeks berfungsi sebagai indikator tren pasar, artinya pergerakan indeks menggambarkan kondisi pasar pada suatu saat, apakah pasar sedang aktif atau lesu (Martalena dan Maya, 2011).

2.2. Faktor yang Mempengaruhi IHSG

2.2.1 Nilai Tukar

Menurut Salvatore (2014), nilai tukar (atau dikenal sebagai kurs) didefinisikan sebagai harga mata uang dalam negeri dari mata uang asing.

2.2.2 Inflasi

Menurut Yanuar (2013), inflasi merupakan kecenderungan meningkatnya tingkat harga secara umum dan terus-menerus. Kenaikan harga dari satu atau dua barang saja tidak disebut sebagai inflasi, kecuali bila kenaikan tersebut meluas ke sebagian besar harga barang-barang lain.

2.2.3 Suku bunga SBI

Menurut Astuti et al. (2013), suku bunga SBI merupakan salah satu mekanisme yang digunakan Bank Indonesia untuk mengontrol kestabilan nilai Rupiah.

2.3 Regresi Nonparametrik

Pendekatan nonparametrik merupakan metode pendugaan model yang dilakukan berdasarkan pendekatan yang tidak terikat asumsi bentuk kurva regresi tertentu.

Bentuk model regresi nonparametrik adalah sebagai berikut:

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i, i = 1, 2 \dots n \quad (1)$$

dengan y_i adalah variabel respon, $f(x_i)$ merupakan fungsi regresi yang tidak diketahui bentuknya dan ε_i adalah *error random* yang independen dengan mean 0 dan varian σ^2 .

2.4 Regresi Nonparametrik *Spline*

Spline merupakan potongan (*piecewise*) polinomial tersegmen (*truncated*) yang kontinu, sehingga memiliki kemampuan menyesuaikan diri lebih efektif terhadap pola data yang naik atau turun secara tajam dengan bantuan titik-titik knot, serta kurva yang dihasilkan relatif mulus (Eubank, 1999). Secara umum fungsi *spline* polinomial *truncated* berorde m dengan r titik knot yaitu $\Pi = \{k_1, k_2, \dots, k_r\}$ didefinisikan sebagai berikut:

$$f(x) = \sum_{j=0}^{m-1} \beta_j x^j + \sum_{j=1}^r \beta_{j+m-1} (x - k_j)_+^{m-1} \quad (2)$$

dengan fungsi *truncated*,

$$(x - k_j)_+^{m-1} = \begin{cases} (x - k_j)^{m-1}, & x - k_j \geq 0 \\ 0, & x - k_j < 0 \end{cases}$$

dan $(a < k_1 < k_2 < \dots < k_r < b)$, dimana a diambil dari nilai minimum x dan b diambil dari nilai maksimum x . Dengan koefisien β_j merupakan konstanta yang bernilai real dengan $j = 0, 1, \dots, m-1, m, \dots, r+m-1$.

Dengan menggunakan data amatan sebanyak n , maka bentuk persamaan regresi *spline* dapat ditulis ke dalam matriks sebagai berikut:

$$Y = X_1 \delta_1 + X_2 \delta_2 + \varepsilon \quad (3)$$

dengan,

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}; \quad X_1 = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & \dots & x_1^{m-1} \\ 1 & x_2 & \dots & x_2^{m-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & \dots & x_n^{m-1} \end{bmatrix}; \quad \delta_1 = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_{m-1} \end{bmatrix}$$

$$X_2 = \begin{bmatrix} (x_1 - k_1)_+^{m-1} & \dots & (x_1 - k_r)_+^{m-1} \\ (x_2 - k_1)_+^{m-1} & \dots & (x_2 - k_r)_+^{m-1} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ (x_n - k_1)_+^{m-1} & \dots & (x_n - k_r)_+^{m-1} \end{bmatrix}; \quad \delta_2 = \begin{bmatrix} \beta_{(m-1)+1} \\ \beta_{(m-1)+2} \\ \vdots \\ \beta_{(m-1)+r} \end{bmatrix}; \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

Bentuk matriks dari persamaan (4) regresi *spline* dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y = X_{\Pi} \beta_{\Pi} + \varepsilon \quad (4)$$

dengan $X_{\Pi} = [X_1 \quad X_2]$ dan $\beta_{\Pi} = \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{bmatrix}$, maka bentuk persamaan (4) menjadi:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & \dots & x_1^{m-1} & (x_1 - k_1)_+^{m-1} & \dots & (x_1 - k_r)_+^{m-1} \\ 1 & x_2 & \dots & x_2^{m-1} & (x_2 - k_1)_+^{m-1} & \dots & (x_2 - k_r)_+^{m-1} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & x_n & \dots & x_n^{m-1} & (x_n - k_1)_+^{m-1} & \dots & (x_n - k_r)_+^{m-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \vdots \\ \beta_{m-1} \\ \beta_{(m-1)+1} \\ \vdots \\ \beta_{(m-1)+r} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

Estimasi koefisien regresi β_{Π} dilakukan dengan menggunakan OLS (*Ordinary Least Square*) menghasilkan $\hat{\beta}_{\Pi} = (X_{\Pi}^T X_{\Pi})^{-1} X_{\Pi}^T Y$.

2.5 Regresi Nonparametrik *Spline* Multivariabel

Model *spline* multivariabel dapat ditulis sebagai berikut:

$$y_i = f_1(x_{1i}) + f_2(x_{2i}) + \dots + f_p(x_{pi}) + \varepsilon_i = y_i = \sum_{l=1}^p f_l(x_{li}) + \varepsilon_i \quad (5)$$

dengan $f(x_{li}) = \sum_{k=0}^{m_l-1} \alpha_{kl} x_{li}^k + \sum_{j=1}^{r_l} \beta_{lj} (x_{li} - k_{jl})_+^{m_l-1}$

dengan fungsi *truncated*,

$$(x_{li} - k_{jl})_+^{m_l-1} = \begin{cases} (x_{li} - k_{jl})^{m_l-1}, & x_{li} - k_{jl} \geq 0 \\ 0, & x_{li} - k_{jl} < 0 \end{cases}$$

Fungsi penduga dari $f(x)$ untuk regresi *spline* multivariabel dengan p variabel prediktor, orde setiap variabel adalah m_l dan banyaknya titik knot setiap variabel adalah r_l .

$$\hat{f}_{\Pi}(x) = X_{\Pi} \hat{\beta}_{\Pi} = X_{\Pi} (X_{\Pi}^T X_{\Pi})^{-1} X_{\Pi}^T Y = H_{\Pi} Y$$

dengan $H_{\Pi} = X_{\Pi} (X_{\Pi}^T X_{\Pi})^{-1} X_{\Pi}^T$ matriks simetris dan definit positif (Eubank, 1999). Dengan X_{Π} adalah matriks desain berukuran $(n \times s)$.

Dimana s adalah $1 + \sum_{l=1}^p (m_l + r_l) - p$ dari model yang membentuk penduga f_{Π} dan bergantung pada titik knot $\Pi = \{k_{11}, k_{21}, \dots, k_{r_1 1}, \dots, k_{1p}, k_{2p}, \dots, k_{r_p p}\}$.

$$X_{\Pi} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{11}^{m_1-1} & (x_{11} - k_{11})_+^{m_1-1} & \dots & (x_{11} - k_{r_1 1})_+^{m_1-1} & \dots & x_{11} & \dots & x_{p1}^{m_p-1} & (x_{p1} - k_{r_p 1})_+^{m_p-1} & \dots & (x_{p1} - k_{r_{pp}})_+^{m_p-1} \\ 1 & x_{12} & \dots & x_{12}^{m_1-1} & (x_{12} - k_{11})_+^{m_1-1} & \dots & (x_{12} - k_{r_1 1})_+^{m_1-1} & \dots & x_{12} & \dots & x_{p2}^{m_p-1} & (x_{p2} - k_{r_p 1})_+^{m_p-1} & \dots & (x_{p2} - k_{r_{pp}})_+^{m_p-1} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & \dots & x_{1n}^{m_1-1} & (x_{1n} - k_{11})_+^{m_1-1} & \dots & (x_{1n} - k_{r_1 1})_+^{m_1-1} & \dots & x_{1n} & \dots & x_{pn}^{m_p-1} & (x_{pn} - k_{r_p 1})_+^{m_p-1} & \dots & (x_{pn} - k_{r_{pp}})_+^{m_p-1} \end{bmatrix}$$

2.7 Pemilihan Titik Knot Optimal

Titik knot merupakan titik perpaduan bersama yang memperlihatkan terjadinya perubahan perilaku fungsi *spline* pada interval-interval yang berbeda (Budiantara, 2005). Untuk mendapatkan *spline* optimal perlu dipilih banyaknya titik-titik knot dan letak titik-titik knot yang optimal. Dalam penelitian ini, pemilihan titik knot optimal dilakukan dengan menggunakan metode *Mean Square Error* (MSE). Adapun rumus MSE dapat dituliskan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{f}_{\Pi i})^2$$

dengan

- n : banyaknya pengamatan
- y_i : data aktual pengamatan ke- i
- $\hat{f}_{\Pi i}$: data hasil estimasi pengamatan ke- i

Model terbaik adalah model yang memiliki nilai MSE minimum.

2.8 Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi digunakan untuk menunjukkan seberapa besar persentase keragaman dalam variabel respon yang dijelaskan oleh variabel predictor (Gujarati 2004). Koefisien determinasi dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT} = 1 - \frac{JKG}{JKT} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}$$

dengan

- JKR : Jumlah Kuadrat Regresi
- JKG : Jumlah Kuadrat Galat
- JKT : Jumlah Kuadrat Total

2.9 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Evaluasi hasil peramalan digunakan untuk mengetahui ketepatan hasil peramalan yang telah dilakukan terhadap data yang sebenarnya. Adapun rumus untuk menghitung MAPE sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\%$$

dengan

- n : banyaknya pengamatan yang diprediksi
 y_i : data aktual pada pengamatan ke- i
 \hat{y}_i : data hasil estimasi pada pengamatan ke- i

Menurut Chang, *et al* dalam Halimi, *et al* (2013) suatu model mempunyai kinerja sangat bagus jika nilai MAPE kurang dari 10%.

3 METODELOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yaitu IHSG, Inflasi, Kurs dan suku bunga SBI. Data dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu 75 % data *in sample* dan 25 % data *out sample*. Data *in sample* digunakan dalam pembentukan model dengan periode data bulan Januari 2014 sampai dengan Desember 2016. Sedangkan, data *out sample* digunakan untuk peramalan dengan periode data bulan Januari 2017 sampai dengan Desember 2017. Data IHSG tersebut dapat diakses pada situs <https://finance.yahoo.com/>. Sedangkan untuk data Inflasi, Kurs dan suku bunga SBI diperoleh dari website <https://www.bi.go.id>.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel respon (Y) dan variabel prediktor (X) yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- Y : Indeks Harga Saham Gabungan
 X_1 : Inflasi
 X_2 : Nilai Tukar (Kurs)
 X_3 : Suku Bunga Sertifikat Bank Indonesia

3.3 Metode Analisis Data

Software yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Minitab 17, R i386 3.4.2 dan Microsoft Excel 2013. Langkah-langkah analisis dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Melakukan input data variabel respon dan variabel prediktor
2. Membagi data menjadi data *in sample* dan *out sample*
3. Melakukan analisis deskriptif pada data *in sample*
4. Membuat *scatterplot* antara variabel respon terhadap masing-masing variabel prediktor
5. Menentukan orde dan titik knot yang akan dicobakan
6. Melakukan kombinasi orde dan titik knot
7. Menentukan model *spline* untuk setiap kombinasi orde dan titik knot
8. Menghitung nilai MSE
9. Menentukan titik knot optimal dengan nilai MSE minimum
10. Menentukan model *spline* terbaik
11. Menghitung nilai R^2 sebagai kriteria kebaikan model
12. Menghitung nilai MAPE dari data *out sampel* sebagai evaluasi kinerja model.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Statistika Deskriptif

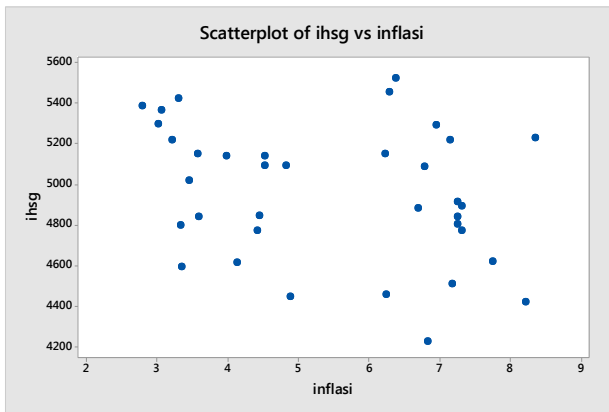
Statistika Deskriptif dari setiap variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistika Deskriptif

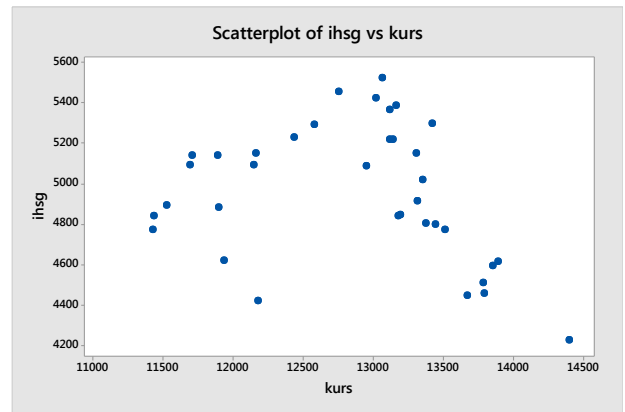
| Variabel | N | Minimum | Maksimum | Rata-rata |
|----------------|----|----------|----------|-----------|
| Y | 36 | 4223,91 | 5518,67 | 4957,52 |
| X ₁ | 36 | 2,79 | 8,36 | 5,44 |
| X ₂ | 36 | 11427,05 | 14396,10 | 12856,13 |
| X ₃ | 36 | 5,90 | 7,23 | 6,74 |

4.2 Scatterplot

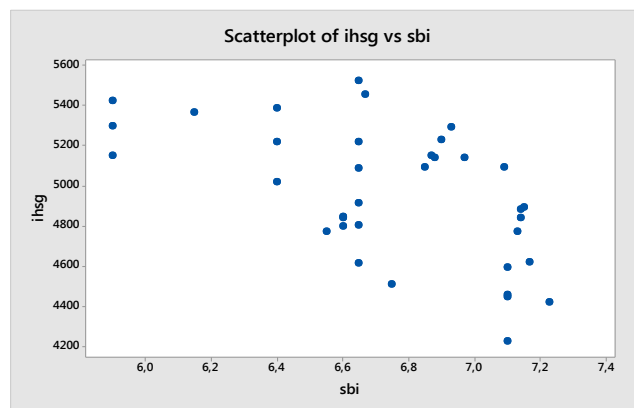
Analisis regresi merupakan salah satu metode statistika yang digunakan untuk menyelidiki pola hubungan antara variabel prediktor dengan variabel respon. Bentuk pola hubungan fungsional antara variabel prediktor dengan variabel respon dapat diperkirakan dengan membuat *scatterplot* yang memuat informasi tentang hubungan kedua variabel tersebut.



Gambar 1



Gambar 2



Gambar 3

Ket: *Scatterplot* antara variabel X₁ terhadap variabel respon (Gambar 1), *Scatterplot* antara variabel X₂ terhadap variabel respon (Gambar 2) dan *Scatterplot* antara variabel X₃ terhadap variabel respon (Gambar 3).

Berdasarkan Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3 plot antara IHSG dengan Inflasi, Kurs dan suku bunga SBI diketahui bahwa dari ketiga plot hubungan tersebut tidak ada kecenderungan pola hubungan tertentu sehingga tidak diketahui bentuk kurva regresinya.

Oleh karena itu pendekatan yang digunakan yaitu regresi nonparametrik. Regresi nonparametrik yang digunakan yaitu regresi nonparametrik *spline* multivariabel.

4.3 Pemilihan Titik Knot Optimal

Estimasi kurva regresi menggunakan regresi *spline* dilakukan dengan menentukan banyak dan letak titik knot dalam beberapa orde. Banyak titik knot yang akan digunakan pada setiap variabel prediktor yaitu satu knot, dua knot dan juga kombinasi satu dan dua knot pada setiap variabel prediktor sehingga memungkinkan setiap variabel prediktor mempunyai banyak knot yang tidak sama. Letak titik knot merupakan hal yang penting untuk mendapatkan model terbaik, dalam hal ini letak titik knot ditempatkan pada titik datanya. Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk menentukan titik knot optimal adalah metode *Mean Square Error* (MSE).

4.4 Model *Spline* Terbaik

Model *spline* terbaik yaitu model dengan MSE minimum. Berikut nilai MSE minimum untuk masing-masing kombinasi knot dan orde.

Tabel 2. Perbandingan Nilai MSE Minimum

Berdasarkan Tabel 2 nilai MSE minimum dengan nilai 6686,85 diperoleh pada saat X_1 berorde 4, X_2 berorde 2 dan X_3 berorde 2. Banyaknya knot X_1 sebanyak 1 knot yaitu pada titik 8,2 banyaknya knot X_2 sebanyak 2 knot yaitu pada titik 13066,82 dan 13781,75 dan banyaknya knot X_3 sebanyak 2 knot yaitu pada titik 6,6 dan 6,67.

| No | Banyak knot | | | Orde | | | Titik knot | | | MSE |
|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|---------------------------|------------------|----------------|
| | X_1 | X_2 | X_3 | X_1 | X_2 | X_3 | X_1 | X_2 | X_3 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 6,96 | 12749,84 | 7,09 | 9711,049 |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 8,22 | 12749,84 | 6,6; 6,65 | 8142,123 |
| 3 | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | 4 | 7,15 | 13165; 13179,86 | 6,93 | 7706,509 |
| 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 6,25; 6,29 | 12749,84 | 7,09 | 9545,308 |
| 5 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 6,29; 6,38 | 13165; 13179,86 | 6,97 | 7183,899 |
| 6 | 1 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 8,22 | 13066,82; 13781,75 | 6,6; 6,67 | 6686,85 |
| 7 | 2 | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3,31; 8,22 | 12947,76 | 6,6; 6,65 | 6878,239 |
| 8 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 6,29; 6,38 | 13165; 13179,86 | 6,87; 6,88 | 6757,728 |

Model *spline* multivariabel dengan X_1 berorde 4, X_2 berorde 2 dan X_3 berorde 2 dengan banyaknya titik knot X_1 sebanyak 1 knot, X_2 sebanyak 2 knot dan banyaknya titik knot X_3 sebanyak 2.

$$\hat{y} = \hat{\alpha}_{00} + \hat{\alpha}_{11}x_1 + \hat{\alpha}_{21}x_1^2 + \hat{\alpha}_{31}x_1^3 + \hat{\beta}_{11}(x_1 - k_{11})_+^3 + \hat{\alpha}_{12}x_2 + \hat{\beta}_{21}(x_2 - k_{12})_+ + \hat{\beta}_{22}(x_2 - k_{22})_+^2 + \hat{\alpha}_{13}x_3 + \hat{\beta}_{31}(x_3 - k_{13})_+ + \hat{\beta}_{32}(x_3 - k_{23})_+^2$$

Tabel 3. Estimasi Parameter Model *Spline* Terbaik

| Variabel | Parameter | Estimasi Parameter |
|----------------|---------------------|---------------------|
| Intersep | $\hat{\alpha}_{00}$ | 58,747 |
| X ₁ | $\hat{\alpha}_{11}$ | -46,72 |
| | $\hat{\alpha}_{21}$ | 32,912 |
| | $\hat{\alpha}_{31}$ | -7,6 |
| | $\hat{\beta}_{11}$ | 377,127 |
| | X ₂ | $\hat{\alpha}_{12}$ |
| X ₂ | $\hat{\beta}_{21}$ | -1,03 |
| | $\hat{\beta}_{22}$ | 2,45 |
| | X ₃ | $\hat{\alpha}_{13}$ |
| X ₃ | $\hat{\beta}_{31}$ | 119,861 |
| | $\hat{\beta}_{32}$ | -124,825 |

Berdasarkan Tabel 3 maka diperoleh estimasi model *spline* multivariabel terbaik sebagai berikut:

$$\hat{y} = 58,747 - 46,72x_1 + 32,912x_1^2 - 7,6x_1^3 + 377,127(x_1 - 8,22)_+^3 + 1,128x_2 - 1,03(x_2 - 13066,82)_+ + 2,45(x_2 - 13781,75)_+^2 - 31,865x_3 + 119,861(x_3 - 6,6)_+ - 124,825(x_3 - 6,67)_+^2$$

$$\hat{y} = 58,747 + f_1(x_1) + f_2(x_2) + f_3(x_3)$$

dengan

$$f_1(x_1) = -46,72x_1 + 32,912x_1^2 - 7,6x_1^3 + 377,127(x_1 - 8,22)_+^3$$

$$f_1(x_1) = \begin{cases} -46,72x_1 + 32,912x_1^2 - 7,6x_1^3, & x_1 < 8,22 \\ -46,72x_1 + 32,912x_1^2 - 7,6x_1^3 + 377,127(x_1 - 8,22)_+^3, & x_1 \geq 8,22 \end{cases}$$

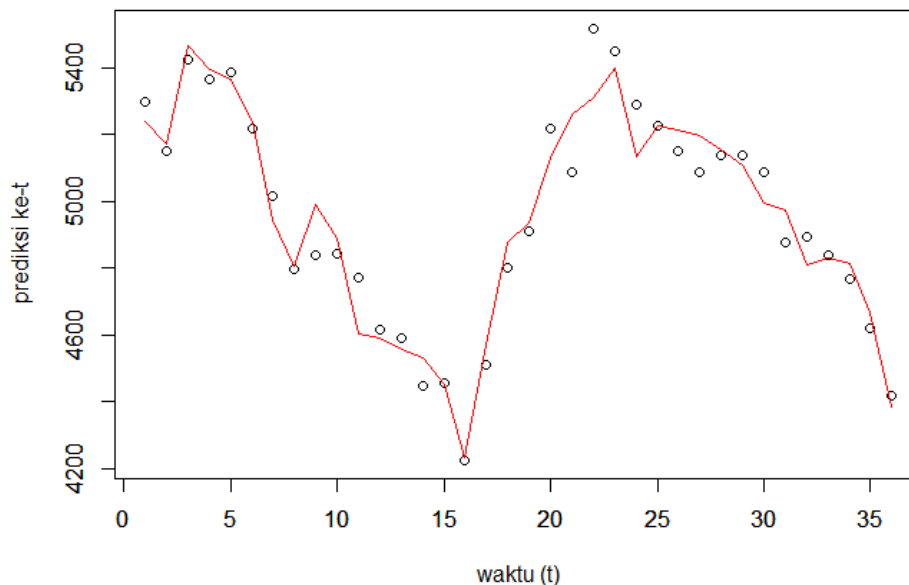
$$f_2(x_2) = 1,128x_2 - 1,03(x_2 - 13066,82)_+ + 2,45(x_2 - 13781,75)_+^2$$

$$f_2(x_2) = \begin{cases} 1,128x_2 & , x_2 < 13066,82 \\ 1,128x_2 - 1,03(x_2 - 13066,82) & , 13066,82 \leq x_2 < 13781,75 \\ 1,128x_2 - 1,03(x_2 - 13066,82) + 2,45(x_2 - 13781,75)_+^2 & , x_2 \geq 13781,75 \end{cases}$$

$$f_3(x_3) = 31,865x_3 + 119,861(x_3 - 6,6)_+ - 124,825(x_3 - 6,67)_+^2$$

$$f_3(x_3) = \begin{cases} 31,865x_3 & , x_3 < 6,6 \\ 31,865x_3 + 119,861(x_3 - 6,6) & , 6,6 \leq x_3 < 6,67 \\ 31,865x_3 + 119,861(x_3 - 6,6)_+ - 124,825(x_3 - 6,67)_+^2 & , x_3 \geq 6,67 \end{cases}$$

Diperoleh hasil estimasi data aktual dan prediksi pada data *in sample* yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Komparasi data aktual dan data prediksi pada data *in sample*

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa estimasi yang dihasilkan mendekati sebaran data aktualnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa regresi *spline* memiliki kemampuan menyesuaikan diri lebih efektif terhadap pola data yang naik atau turun secara tajam dengan bantuan titik-titik knot, serta kurva yang dihasilkan relatif mulus.

4.5 Koefisien Determinasi (R^2)

Diperoleh nilai koefisien determinasi sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \frac{(5240,054 - 4957,52)^2 + (5172,417 - 4957,52)^2 + \dots + (4383,053 - 4957,52)^2}{(5296,71 - 4957,52)^2 + (5148,91 - 4957,52)^2 + \dots + (4418,76 - 4957,52)^2}$$

$$R^2 = 0,9371$$

Nilai R^2 tersebut menunjukkan bahwa pengaruh inflasi, kurs dan suku bunga SBI terhadap IHSG sebesar 93,71 %.

4.6 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE digunakan pada data out sample dan diperoleh hasil sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% = \frac{1}{12} \left(\left| \frac{5294,1 - 5392,543}{5294,1} \right| + \dots + \left| \frac{6355,65 - 6241,379}{6355,65} \right| \right) \times 100\%$$

$$MAPE = 1,688\%$$

Nilai MAPE kurang dari 10% maka dapat disimpulkan bahwa estimasi model *spline* terbaik mempunyai kemampuan peramalan yang sangat baik.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Model *spline* terbaik untuk analisis data IHSG adalah model regresi *spline* X_1 berorde 4, X_2 berorde 2 dan X_3 berorde 2. Sedangkan, banyaknya knot X_1 sebanyak 1 knot yaitu pada titik 8,22, banyaknya knot X_2 sebanyak 2 knot yaitu pada titik 13066,82 dan

13781,75 serta banyaknya knot X_3 sebanyak 2 knot yaitu pada titik 6,6 dan 6,67 dengan nilai MSE sebesar 6686,85.

2. Persamaan model *spline* terbaik adalah sebagai berikut:

$$\hat{f}(x) = 58,747 - 46,72x_1 + 32,912x_1^2 - 7,6x_1^3 + 377,127(x_1 - 8,22)_+^3 + 1,128x_2 - 1,03(x_2 - 13066,82)_+ + 2,45(x_2 - 13781,75)_+^2 - 31,865x_3 + 119,861(x_3 - 6,6)_+ - 124,825(x_3 - 6,67)_+^2$$

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, R., Apriatni, E.P., dan Hari, S. 2013. *Analisis Pengaruh Tingkat Suku Bunga (SBI), Nilai Tukar (Kurs) Rupiah, Inflasi, dan Indeks Bursa Internasional Terhadap IHSG (Studi pada IHSG di BEI Periode 2008-2012)*. Diponegoro Journal of Social and Politic of Science. Hal 1-8.
- Budiantara, I.N. 2005. "Model Keluarga Spline Polinomial Truncated dalam Regresi Semiparametrik". Berkala MIPA. 15(3), September 2005.
- Eubank, R. L. 1999, *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*. Marcel Dekker, New York.
- Gujarati, D. 2004. *Basic Econometrics, Fourth Edition*. New York. The McGraw-Hill Companies, New York.
- Halimi, R., Anggreani, W., dan Tyasnurita, R. 2013. *Pembuatan Aplikasi Peramalan Jumlah Permintaan Produk dengan Metode Time Series Exponential Smoothing Holt Winter di PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk*. Jurnal Teknik POMITS, Vol.1, No.1.
- Hardle, W. 1990. *Applied Nonparametric Regression*. Cambridge University Press, New York.
- Martalena dan Maya. 2011. *Pengantar Pasar Modal*. Andi Yogyakarta, Jakarta.
- Salvatore, D. 2014. *Ekonomi Internasional*. Salemba Empat, Jakarta.
- Samsul, M. 2006. *Pasar Modal dan Manajemen Portofolio*. Erlangga, Surabaya.
- Wijaya, J.T. 2015. *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Nilai IHSG yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia*. Jurnal Ilmu dan Riset Manajemen Vol.4, No.6, Juni 2015.