JURNAL GAUSSIAN, Volume 2, Nomor 3, Tahun 2013, Halaman 229-238
Online di: http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian

REGRESI SPLINE SEBAGAI ALTERNATIF DALAM PEMODELAN KURS RUPIAH TERHADAP DOLAR AMERIKA SERIKAT

Sulton Syafii Katijaya[1], Suparti[2], Sudarno[3]
[1]Mahasiswa Jurusan Statistika FSM UNDIP
[2,3]Staff Pengajar Jurusan Statistika FSM UNDIP

ABSTRACT

Exchange rate is the ratio of value or price of the currency between two countries. Many factors are thought to affect change in the inflation rate, the activity balance of payments, interest rate differentials, the relative level of income, government control and expectations. Therefore the method that can be used to analyze the exchange rate is needed such as the classical time series analysis (parametric). However the fluctuated data rate doesn't occupy the assumption of stationarity often. Another alternative for this study is the spline regression. Spline is a nonparametric regression that doesn't hold any assumption of regression curves. Spline regression has high flexibility and ability to estimate the data behavior which is likely to be different at every point of the interval, with the help of knots. The best model depends on the determination of the optimal point knots, that is has a minimum value of Generalized Cross Validation (GCV). Using data daily exchange rate of the rupiah against the dollar in the period of January 2, 2012 until October 15, 2012, the best spline model in this study is when using 2 to 3 order of approaching knots point, those points are 9512, 9517 and 9522 with the GCV = 1036.38.

Keywords: Rate of Exchange, Time Series, Spline, Knots, Generalized Cross Validation

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi perekonomian global yang berkembang akhir-akhir ini menyebabkan kompleksitas sistem pembayaran dalam perdagangan internasional semakin tinggi. Hal ini terjadi akibat semakin berkembangnya keanekaragaman barang dan jasa yang akan diperdagangkan di negara lain. Oleh karena itu upaya untuk meraih manfaat dari globalisasi ekonomi harus diawali dengan menentukan kurs valuta asing pada tingkat yang menguntungkan. Penentuan kurs valuta asing menjadi pertimbangan penting bagi negara yang terlibat dalam perdagangan internasional, sehingga nilai tukar mata uang suatu negara merupakan salah satu indikator penting dalam suatu perekonomian.

Perbedaan maupun pergerakan nilai tukar mata uang ini pada prinsipnya ditentukan oleh besarnya permintaan dan penawaran mata uang serta kebijakan pemerintah dari negara tersebut (Sukirno, 1994). Seperti halnya pergerakan kurs harian dalam Bank Indonesia yang selalu mengalami fluktuasi. Hal ini mengakibatkan perlunya dilakukan prediksi atau pendugaan kurs mata uang untuk mengetahui seberapa besar nilai tukar mata uang pada masa mendatang yang bersifat harian. Dari hasil prediksi yang diperoleh, pihak-pihak yang berkepentingan dalam perdagangan internasional baik impor maupun ekspor dapat mengambil langkah-langkah strategis yang sekiranya perlu dilakukan agar tidak mengalami kerugian yang cukup besar.

Dalam penelitian ini, metode statistika sangat berperan penting dalam memprediksi maupun menduga estimasi nilai tukar kurs rupiah terhadap dollar Amerika Serikat. Salah satu metode yang digunakan dalam memprediksi data kurs adalah analisis runtun waktu klasik (parametrik). Asumsi yang harus dipenuhi dalam metode ini adalah stasioneritas dan proses *white noise*. Namun data runtun waktu yang berfluktuasi seperti kurs sering kali tidak memenuhi asumsi stasioneritas. Alternatif lain yang dapat digunakan adalah dengan analisis regresi yaitu dengan memodifikasi data *time series* menjadi dua variabel, yaitu variabel respon dan variabel prediktor. Namun apabila asumsi dari pendekatan regresi parametrik tidak terpenuhi maka pendugaan dapat dilakukan dengan pendekatan nonparametrik.

Pendekatan regresi nonparametrik merupakan metode pendugaan model yang dilakukan berdasarkan pendekatan yang tidak terikat asumsi bentuk kurva regresi tertentu dimana kurva regresi hanya diasumsikan *smooth* (mulus), sehingga regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi karena data diharapkan mencari sendiri bentuk estimasi kurva regresinya tanpa dipengaruhi oleh faktor subyektifitas peneliti (Eubank, 1988). Metode nonparametrik yang sering digunakan dalam pendekatan untuk menduga kurva regresi antara lain, Deret Fourier (Eubank,1988), penduga kernel (Hardle,1990), K-Nearest Neighbour (Hardle,1990) dan regresi spline (Wahba,1990). Beberapa penulis ternama seperti Hardle dan Wahba menyarankan penggunaan regresi spline sebagai alternatif pendekatan non parametrik. Spline mempunyai keunggulan dalam mengatasi pola data yang menunjukkan naik atau turun yang tajam dengan bantuan titik-titik knot, serta kurva yang dihasilkan relatif mulus. Titik knots merupakan perpaduan bersama yang menunjukkan pola perilaku fungsi spline pada selang yang berbeda (Hardle, 1990). Model spline terbaik dapat dilihat dari beberapa kriteria tertentu yaitu mempunyai nilai *Mean Squared Error* (MSE) dan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) yang minimum.

1.2 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah

1. Mendapatkan model terbaik untuk menduga nilai kurs harian rupiah terhadap dollar Amerika Serikat.
2. Melakukan prediksi kurs dari model terbaik dan mengkomparasikan dengan data *real* .

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Kurs

Kurs (*Exchange Rate*) adalah pertukaran antara dua mata uang yang berbeda, yaitu perbandingan nilai atau harga antara kedua mata uang tersebut. Nilai tukar merupakan sebuah perjanjian yang dikenal sebagai nilai tukar mata uang terhadap pembayaran saat kini atau di kemudian hari, antara dua mata uang masing-masing negara untuk memperoleh atau membeli satu unit atau satuan jenis mata uang. Pemerintah Indonesia biasanya berperan dalam penentuan kurs sampai pada tingkat yang kondusif bagi dunia usaha. Kurs rupiah per dollar sangat berkaitan erat dan mempengaruhi arus barang dan jasa serta modal dari dalam maupun keluar Indonesia. Nilai tukar ini selalu mengalami perubahan baik depresiasi maupun apresiasi.

2.2 Faktor yang Mempengaruhi Kurs

Faktor utama yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai tukar mata uang dalam negeri terhadap mata uang asing adalah tingkat inflasi, aktifitas neraca pembayaran, perbedaan suku bunga di berbagai negara, tingkat pendapatan relatif, kontrol pemerintah, ekspektasi

2.3 *Time Series*

Time series merupakan sekumpulan data observasi yang disusun berdasarkan waktu. Analisis *time series* adalah suatu metode kuantitatif yang mempelajari pola gerakan data amatan pada suatu interval waktu tertentu seperti minggu, bulan maupun tahunan. Kumpulan pengamatan dari *time series* ini dinyatakan sebagai variabel yang dinotasikan sebagai Z. Pengamatan data tersebut diamati dalam waktu t, yaitu t_1, t_2 …t_n. Sehingga variabel pengamatan data pada waktu t dinotasikan dengan Z_t. Analisis *time series* atau runtun waktu ini sudah diperkenalkan sejak tahun 1970 oleh George E. P. Box dan Gwilym M. Jenkins melalui bukunya yang berjudul *Time series and Analysis: Forecasting and Control.*

2.3.1 Asumsi-asumsi dalam Analisis Runtun Waktu

a. Stasioneritas

Stasioneritas mengasumsikan bahwa proses yang berlangsung ada pada kondisi *equilibrium* (tetap) pada tingkat rata-rata dan variansi konstan. Pendeteksi kestasioneran data secara formal dapat dilakukan dengan menggunakan uji akar-akar unit (*unit root test*). Dickey-

Fuller memandang persamaan regresi sebagai $Z_t = \rho Z_{t-1} + a_t$, dengan asumsi bahwa a_t adalah white noise. Jika $\rho = 1$ maka dapat dikatakan Z_t mempunyai akar unit yang berarti Z_t tidak stasioner. Jika $|\rho| < 1$ maka Z_t tidak mempunyai akar unit yang berarti Z_t stasioner. Dengan mereparameterisasi model persamaan tersebut diperoleh

$Z_t - Z_{t-1} = (\rho\text{-}1)Z_{t-1} + a_t$

$\Delta Z_t = \gamma Z_{t-1} + a_t$

Dimana γ merupakan koefisien parameter untuk runtun waktu ke t-1 setelah dilakukan diferensi. Sehingga jika $\gamma = 0$ berarti $\rho = 1$ yang berarti Z_t mempunyai akar unit atau Z_t tidak stasioner (Ariefianto, 2012).

b. Asumsi *White Noise*

Dalam analisis runtun waktu, residual harus mengikuti proses *white noise,* yang berarti residual harus independen dan berdistribusi normal dengan mean nol dan varian konstan. Suatu model dikatakan baik apabila uji independensi antar lag terpenuhi, parameter-parameternya signifikan dan mempunyai MSE terkecil. Uji independensi residual antar lag menggunakan metode Box-Pierce pada model ARIMA (*p*,*d*,*q*).

Hipotesis:

H_0: $\rho_1 = \rho_2 = \ldots = \rho_m = 0$ (tidak ada korelasi residual antar lag)

H_1: Paling sedikit ada satu $\rho_k \neq 0$ (ada korelasi residual antar lag), k : 1, 2, ..., m

Statistik Uji: $$Q = n\,(n+2)\sum_{k=1}^{m}(n-k)^{-1}\hat{\rho}_k^{\,2}$$

Kriteria Uji: Terima H_0 jika $Q < \chi^2_{(\alpha,\, u-s)}$ atau nilai probabilitas (*P-value*) $> \alpha$, dengan u = lag maksimum, $\hat{\rho}_k =$ korelasi serial dalam residual pada lag ke-k, n = jumlah data yang diamati dan s = jumlah parameter yang diestimasi (Rosadi, 2011).

2.3.2 Model-Model Runtun Waktu

Beberapa model yang digunakan dalam analisis time series klasik (Soejoeti,1987) adalah sebagai berikut

a. Model Autoregresif (AR)

Bentuk umum suatu proses autoregresif tingkat p {AR(p)} adalah

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \ldots + \phi_p Z_{t-p} + a_t$$

b. Model Moving Average (MA)

Bentuk umum suatu proses moving average tingkat q {MA(q)} adalah

$$Z_t = a_t + \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2+\ldots+}\theta_q a_{t-q}$$

c. Model ARIMA (*p*,*d*,*q*)

Proses ARMA (p,q) atau ARIMA (p,0,q) jika ditulis dalam persamaan adalah sebagai berikut :

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \cdots + \phi_p Z_{t-p} + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \cdots + \theta_q a_{t-q}$$

Menurut Soejati 1987, bentuk persamaan differensi proses ARIMA suatu runtun waktu yang dihasilkan oleh proses ARIMA (p,d,q) untuk d = 1 dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$Z_t = (1+\phi_1)Z_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)Z_{t-2} + \cdots + (\phi_p - \phi_{p-1})Z_{t-p} - \phi_p Z_{t-p-1} + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \cdots + \theta_p a_{t-p}$$

2.4 Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan suatu metode yang mempelajari tentang ketergantungan atau hubungan fungsional antara satu variabel respon (variabel dependen) dengan satu atau lebih variabel prediktor (variabel independen).

2.4.1 Regresi Parametrik

Menurut Supranto 1988, model regresi linier sederhana secara umum dapat dituliskan sebagai berikut

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \ ; \qquad i = 1, 2, \cdots, n$$

dimana : $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$

Salah satu cara untuk menduga β_0 dan β_1 adalah menggunakan metode kuadrat terkecil, yaitu suatu metode untuk menduga parameter regresi dengan meminimumkan jumlah kuadrat error.

$$Q = \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^{n} \left(y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i \right)^2$$

Syarat supaya Q minimum: $\dfrac{\partial Q}{\partial \beta_0} = 0$; $\dfrac{\partial Q}{\partial \beta_1} = 0$

$$\frac{\partial Q}{\partial \beta_0} = -2\sum_{i=1}^{n} \left(y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i \right) = 0 ; \qquad \frac{\partial Q}{\partial \beta_1} = -2\sum_{i=1}^{n} x_i \left(y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i \right) = 0$$

Sehingga diperoleh: $b_1 = \dfrac{n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i \right)\left(\sum_{i=1}^{n} y_i \right)}{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i \right)^2}$; $b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}$

Menurut Drapper dan Smith (1998), penyelesaian persamaan akan lebih sederhana jika digunakan pendekatan matriks yaitu

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'Y$$

2.4.2 Regresi Non Parametrik

Pendekatan nonparametrik merupakan metode pendugaan model yang dilakukan berdasarkan pendekatan yang tidak terikat asumsi bentuk kurva regresi tertentu dimana kurva regresi hanya diasumsikan *smooth* (mulus), artinya 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, 1988).

2.5 Regresi Spline

Regresi spline adalah suatu pendekatan ke arah pencocokan data dengan tetap memperhitungkan kemulusan kurva. Spline mempunyai keunggulan dalam mengatasi pola data yang menunjukkan naik atau turun yang tajam dengan bantuan titik-titik knot, serta kurva yang dihasilkan relatif mulus. Titik Knots merupakan perpaduan bersama yang menunjukkan pola perilaku fungsi spline pada selang yang berbeda (Hardle, 1990). Dalam spline digunakan *truncated*
power basis dengan k knot, misalkan $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_k$ yaitu:

$$1, x, x^2, \ldots, x^{m-1}, (x-\lambda_1)_+^{m-1}, \ldots, (x-\lambda_k)_+^{m-1},$$

Secara umum suatu fungsi spline polinomial *truncated* berorde m adalah:

$$f(x) = \sum_{i=0}^{m-1} \beta_i x^i \ \ \beta_i x^i + \sum_{j=1}^{k} \beta_{j+m-1} (x-\lambda_j)_+^{m-1}$$

dengan fungsi truncated

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

Jadi secara umum model regresi nonparametrik spline keluarga polinomial truncated orde ke-*m* dengan satu variabel prediktor dapat ditulis sebagai berikut

$$y = \sum_{i=0}^{m-1} \beta_i x^i + \sum_{j=1}^{k} \beta_{j+m-1} (x - \lambda_j)_+^{m-1} + \varepsilon \qquad (1)$$

Menurut Wibowo (2009), bentuk persamaan (1) dapat ditulis ke dalam bentuk model matriks sebagai berikut:

$$Y = X\delta_1 + X_k \delta_2 + \varepsilon$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}_{nx1} \quad ; \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^{m-1} \\ 1 & x_2 & x_2^2 & \dots & x_2^{m-1} \\ 1 & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^{m-1} \end{bmatrix}_{nxm}$$

$$X_k = \begin{bmatrix} (x_1-\lambda_1)_+^{m-1} & (x_1-\lambda_2)_+^{m-1} & \dots & (x_1-\lambda_k)_+^{m-1} \\ (x_2-\lambda_1)_+^{m-1} & (x_2-\lambda_2)_+^{m-1} & \dots & (x_2-\lambda_k)_+^{m-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (x_n-\lambda_1)_+^{m-1} & (x_n-\lambda_2)_+^{m-1} & \dots & (x_n-\lambda_k)_+^{m-1} \end{bmatrix}_{nxk}$$

$$\delta_1 = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_{m-1} \end{bmatrix}_{mx1} \quad ; \delta_2 = \begin{bmatrix} \beta_{(m-1)+1} \\ \beta_{(m-1)+2} \\ \vdots \\ \beta_{(m-1)+k} \end{bmatrix}_{kx1} \quad ; \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}_{nx1}$$

Kemudian matriks dalam persamaan di atas dapat disederhanakan menjadi

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

Dengan $X = [X_1 \quad X_k]$ dan $\beta = \begin{bmatrix} \delta 1 \\ \delta 2 \end{bmatrix}$

Dalam hubungannya dengan estimasi kurva mulus *f* (*x*), yang mempunyai λ optimal { λ_1, λ_2,.., λ_k } dan berdasarkan modifikasi persamaan regresi linier pada bab sebelumnya $\hat{\beta} = (X^TX)^{-1} X^TY$ maka estimasi untuk parameter β menjadi

$$b_\lambda = (X_\lambda^T X_\lambda)^{-1} X_\lambda^T Y \text{ , dimana } \hat{\beta} = b_\lambda$$

Fungsi estimasi dari *f* (x) adalah sebagai berikut

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

Dengan $H_\lambda = X_\lambda (X_\lambda^T X_\lambda)^{-1} X_\lambda^T$ yang bersifat simetris dan definit positif sedangkan X_λ adalah matriks desain berukuran n x k dari model yang membentuk f_λ dan bergantung pada titik knot.

$$X_\lambda = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^{m-1} & (x_1-\lambda_1)_+^{m-1} & \dots & (x_1-\lambda_k)_+^{m-1} \\ 1 & x_2 & x_2^2 & \dots & x_2^{m-1} & (x_2-\lambda_1)_+^{m-1} & \dots & (x_2-\lambda_k)_+^{m-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \dots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^{m-1} & (x_n-\lambda_1)_+^{m-1} & \dots & (x_n-\lambda_k)_+^{m-1} \end{bmatrix}$$

2.6 Pemilihan Model Spline Terbaik

Penentuan model spline dipengaruhi oleh orde spline dan letak titik knot. Model spline terbaik adalah model yang bisa menjelaskan hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor dan memenuhi beberapa kriteria tertentu yaitu mempunyai nilai *Mean Squared Error* (MSE) dan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) yang minimum.

$$MSE(\lambda) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} (y_j - \hat{f}_{\lambda j})^2$$

Pemilihan titik knot optimal dalam regresi spline pada model-model koefisien bervariasi tidak berbeda jauh dengan pemilihan titik knot pada regresi spline nonparametrik pada umumnya, yaitu didasarkan pada metode *Generalized Cross Validation* (GCV) (Basri, 2008).

$$GCV(\lambda) = \frac{MSE(\lambda)}{(n^{-1} trace\ [I - H(\lambda)])^2}$$

Model terbaik adalah model yang memiliki nilai GCV paling minimum.

2.7 Regresi Nonparametrik untuk Data *Time Series*

Model (T) : time series, {Z_i,i≥1} adalah hasil observasi dan dalam memprediksi Z_{n+1} dengan f(x)=E(Y|X= x). Untuk memprediksi masalah *time series* (T) satu dimensi dapat digambarkan ke model tersebut. Dengan menetapkan *time series* stasioner {Z_i,i≥1}. Nilai lag Z_{i-1} sebagai X_i dan nilai Z_i sebagai Y_i. Kemudian untuk masalah pendugaan Z_{n+1} dari $\{Z_i\}_{i=2}^{n}$ dapat dianggap sebagai masalah regresi pemulusan untuk $\{X_i, Y_i\}_{i=2}^{n} = \{Z_{i-1}, Z_i\}_{i=2}^{n}$. Permasalahan prediksi untuk *time series* $\{Z_i\}$ adalah sama seperti estimasi f(x)=E(Y|X= x) untuk dua dimensi *time series*$\{X_i, Y_i\}_{i=1}^{n}$.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan adalah data kurs harian yang berupa *time series* untuk nilai tukar mata uang rupiah terhadap mata uang *dollar* Amerika Serikat terhitung sejak tanggal 2 Januari 2012 sampai dengan tanggal 15 Oktober 2012.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kurs beli rupiah terhadap dollar yang kemudian berlandaskan rumus umum *time series* data tersebut dimodifikasi menjadi dua variabel yaitu data ke 1,…,n-1 sebagai variabel prediktor dan data ke 2,…,n sebagai variabel respon. Kemudian untuk memprediksi Z_{n+1} dari $\{Z_i\}_{i=1}^{n}$ dapat diselesaikan dengan pemulusan regresi untuk $\{X_i, Y_i\}_{i=2}^{n} = \{Z_{i-1}, Z_i\}_{i=2}^{n}$.

3.3 Metode Analisis

1. Analisis runtun waktu klasik.
2. Meregresikan variabel dengan regresi *spline* dan menentukan jumlah titik knot dari orde 2, orde 3 dan orde 4.
3. Menentukan titik knot optimal yang dilihat dari nilai GCV paling minimum.
4. Membandingkan hasil prediksi model terbaik dengan data sebenarnya.

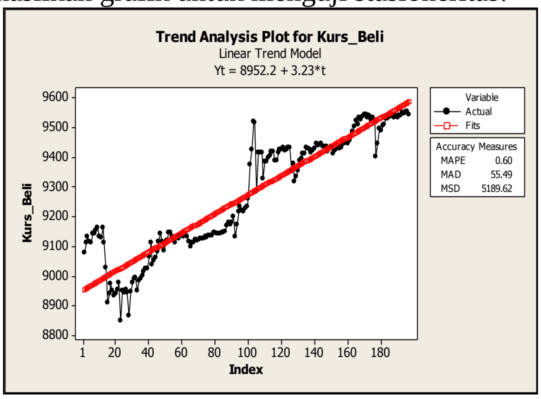
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data

Data yang digunakan adalah data kurs harian untuk nilai tukar mata uang rupiah terhadap mata uang *dollar* Amerika Serikat tanggal 2 Januari 2012 sampai tanggal 15 Oktober 2012.

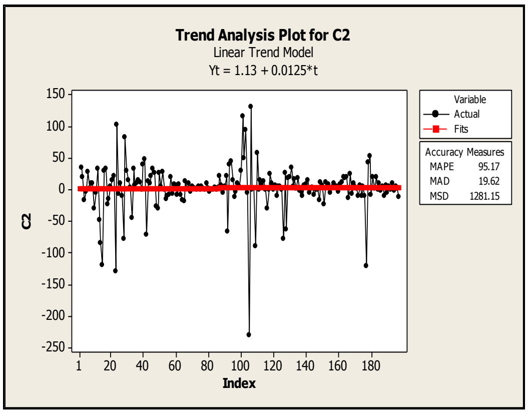
4.2 Analisis Runtun Waktu

Berdasarkan data kurs dihasilkan grafik untuk menguji stasioneritas:



Gambar 4.1 Grafik Stasioneritas

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa data kurs belum stasioner, sehingga perlu dilakukan differensi. Grafik yang dihasilkan adalah:



Gambar 4.2 Grafik Stasioneritas setelah Differensi 1 kali

Setelah dilakukan differensi dapat dilihat bahwa data sudah stasioner begitu juga jika diuji menggunakan uji Dickey-Fuller. Model yang dihasilkan adalah ARIMA (1,1,0), ARIMA (1,1,1) dan ARIMA (0,1,1). Akan tetapi berdasarkan uji normalitas residual, ketiga model tidak memenuhi asumsi *white noise,* sehingga model ARIMA tidak dapat digunakan untuk memprediksi nilai kurs, sebagai alternatif adalah menggunakan pendekatan nonparametrik yaitu regresi spline.

4.3 REGRESI SPLINE

Pada analisis regresi spline dilakukan dengan cara meminimalkan *generalized cross validation* (GCV). Hal itu sangat bergantung pada pemilihan titik knot yang optimal. Berdasarkan scatter plot yang terbentuk, pendekatan dilakukan dengan menggunakan 1 hingga 3 titik knot. Dari hasil *running* program diperoleh nilai GCV yang optimum untuk masing-masing orde linier, kuadratik dan kubik sebagai berikut:

Tabel 4.1 Titik knot optimum untuk masing-masing orde

Orde	Jumlah Knot	Titik	GCV
Linier	1	8943	1228.86
	2	8973; 9286	1169.21
	3	9512; 9517; 9522	1036.38
Kuadratik	1	9053	1227.62
	2	9263; 9328	1184.4
	3	9229; 9234; 9263	1147.53
Kubik	1	8865	1260.2
	2	8865; 9328	1188.41
	3	8935; 8953; 8983	1121.38

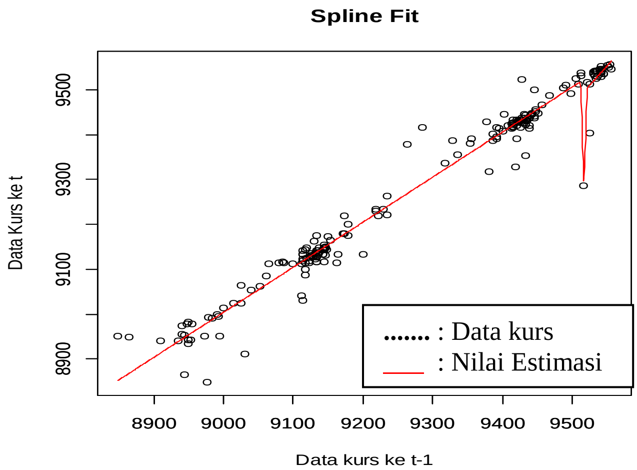
Berdasarkan Tabel 4.1 model spline terbaik adalah pada saat menggunakan pendekatan 3 titik knot untuk orde 2 (spline linier) karena memiliki nilai GCV yang minimum yaitu sebesar 1036.38.

4.4 Model Terbaik

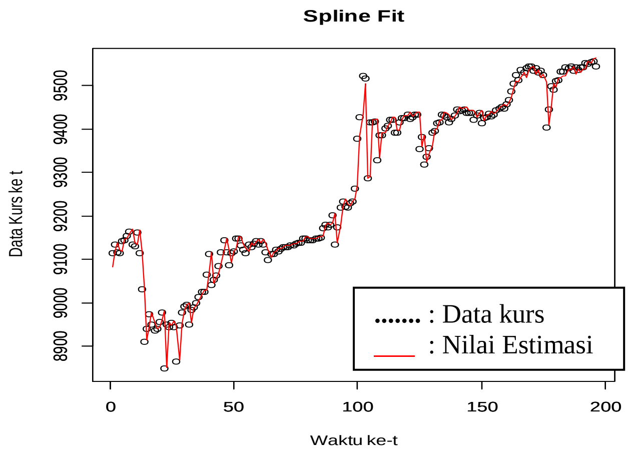
Model terbaik adalah pada saat menggunakan orde 2 dengan pendekatan 3 titik knot yaitu pada titik 9512, 9517 dan 9522. Berdasarkan estimasi parameter yang dihasilkan, persamaan model spline orde 2 dengan 3 titik knot adalah

$$\hat{f}(x):\begin{cases} -31.95 + 1.004x & ;\ x < 9512 \\ -31.95 + 1.004x - 47.4(x-9512) & ;9512 \leq x < 9517 \\ -31.95 + 1.004x - 47.4(x-9512) + 90.05(x-9517); & 9517 \leq x < 9522 \\ -31.95 + 1.004x - 47.4(x-9512) + 90.05(x-9517) & \\ -41.90(x - 9522) & ;x \geq 9522 \end{cases}$$

Setelah mendapatkan nilai estimasi parameter maka dapat diperoleh nilai prediksi dari data kurs rupiah terhadap dolar Amerika dan dapat digambarkan pada kurva estimasi seperti Gambar 4.3. Sedangkan kurva estimasi yang dihasilkan ketika hasil prediksi tersebut dikembalikan terhadap waktu (t) dapat dilihat pada Gambar 4.4. Estimasi yang dihasilkan benar-benar mendekati setiap titik data kurs sebenarnya.



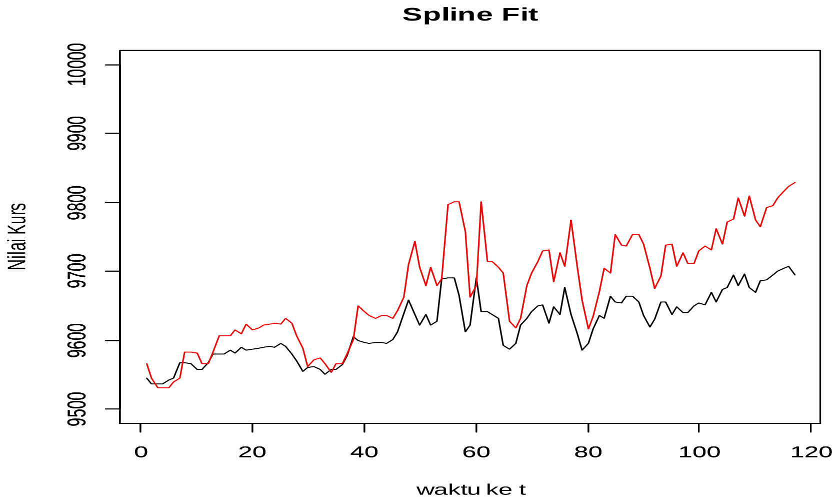
Gambar 4.3 Kurva Estimasi Pola Hubungan Data Kurs ke t-1 dan Data Kurs ke t



Gambar 4.4 Kurva Estimasi Kurs setelah dikembalikan terhadap Waktu (t)

4.5 Komparasi Hasil Prediksi dengan Data Asli

Perbandingan antara data kurs sebenarnya untuk periode 15 Oktober 2012 sampai dengan 9 April 2013 dan data kurs hasil prediksinya dapat disajikan dalam grafik pada Gambar 4.5.



Keterangan: ______ : Data Kurs Periode 15 Oktober 2012 - 9 April 2013
______ : Nilai Hasil Prediksi

Gambar 4.5 Grafik Data Asli dan Hasil Prediksinya

Pola yang dibentuk kedua garis pada Gambar 4.5 juga tidak menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan. Artinya hasil prediksi ini menunjukkan adanya suatu kesamaan pola tehadap data kurs yang sebenarnya. Hal ini terbukti menunjukkan bahwa model terbaik yang diperoleh merupakan hasil pemilihan kombinasi titik knot yang paling optimal sehingga menghasilkan GCV yang paling minimum. Titik knot sangat berperan penting dalam menentukan keoptimalan hasil suatu prediksi. Kesensitivan pendekatan titik knot didukung dengan adanya *truncated* yang membentuk pada setiap interval. Oleh karena itu, regresi spline sangat baik digunakan dalam memprediksi suatu pola data yang memiliki karakteristik yang cenderung berbeda.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Model parametrik pada analisis runtun waktu klasik (ARIMA) tidak dapat digunakan untuk memprediksi nilai kurs karena asumsi white noise tidak terpenuhi yatu residual tidak berdistribusi normal.
2. Dengan menggunakan model nonparametrik spline, estimasi model terbaik adalah pada saat pendekatan menggunakan orde 2 dengan 3 titik knot yang menghasilkan nilai GCV paling minimum dibandingkan dengan pendekatan titik knot dan orde lain. 3 titik knot tersebut adalah 9512, 9517 dan 9522.

6. DAFTAR PUSTAKA

Ariefianto, D., 2012, *Ekonometrika: Esensi dan Aplikasi dengan Menggunakan Eviews*, Jakarta: Erlangga.

Basri, H., 2008, *Estimasi Kurva Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Spline*, Jurnal Kependidikan, Vol.3 No.2.

Draper, N. R. and Smith, H., 1998, *Applied Regression Analysis*, Third Edition, New York: John Wiley and Sons.

Eubank, R. L., 1988, Spline *Smoothing and Nonparametric Regression*, Texas: Department of Statistics Southern Methodist Dallas University

Hardle, W., 1990, *Applied Nonparametric Regression*, Cambridge Universitiy

Rosadi, D., 2011, *Analisis Ekonometrika & Runtun Waktu Terapan dengan R*, Andi Offset, Yogyakarta.
Soejoeti, Z., 1987, *Analisis runtun Waktu,* Jakarta : Karunia, Universitas Terbuka
Sukirno, S., 1994, *Teori Pengantar Makro Ekonomi*, Jakarta: Raja Grafindo Persada
Supranto, J., 1988, *Teori dan Aplikasi Statistik*, Edisi lima, Jakarta: Erlangga
Wibowo, W., dkk, 2009, *Metode Kuadrat Terkecil Untuk Estimasi Kurva Regresi Semiparametrik Spline*. Jurnal Matematika. FMIPA UNY.
Wahba G., 1990, *Spline Models for Observasion Data*, SIAM Pen syl vania