PENGKONSTRUKSIAN KURVA *YIELD* DENGAN METODE NELSON SIEGEL SVENSSON (Studi Kasus Data Obligasi Pemerintah)

Winda Setyawati[1], Abdul Hoyyi[2]
[1]Alumni Program Studi Statistika FMIPA Universitas Diponegoro
[2]Staf Pengajar Program Studi Statistika FMIPA Universitas Diponegoro

Abstract

Bond is one of fixed-income investment instruments because of their income granted a return for investor based on the interest rates predetermined. The level of cash that returns to the investors and factor which must be considered by investor before invest bond is called yield. The term stucture of interest rates gives the relationship between the yield on an investment and the time to maturity of the investment. The graphic depiction of the relationship between the yield on bonds in the different maturities is known as the yield curve. The yield curve contruction of the government bond with bond ID is FR (Fixed Rate) by Nelson Siegel Svensson models on the trade date 16 on February 2011. The data is obtained from Indonesian Stock Exchange (IDX). The parameter estimation is done by ordinary least square. The optimation function for its estimation is done by Nelder Mead simplex. Yield curve on day 16 depicted upward sloping.

Keywords : Government Bond, Yield Curve, Fixed Rate, *Nelson Siegel Svensson, Nelder Mead* Simplex

1. Pendahuluan

Investasi merupakan cara yang dilakukan oleh banyak orang untuk mempersiapkan kondisi keuangannya di masa yang akan datang. Tujuan investasi adalah untuk mengembangkan dana dan menghasilkan keuntungan[4]. Salah satu bentuk investasi adalah dengan membeli produk–produk keuangan berupa surat berharga (efek), yaitu obligasi. obligasi merupakan pernyataan utang dari penerbit obligasi kepada pemegang obligasi beserta janji untuk membayar kembali pokok utang beserta kupon bunganya kelak pada saat jatuh tempo pembayaran[3]. Menurut penerbitnya, obligasi dibedakan menjadi tiga, yaitu obligasi yang diterbitkan oleh perusahaan, obligasi yang diterbitkan oleh pemerintah, dan obligasi yang diterbitkan oleh pemerintah daerah[9]. Obligasi pemerintah digunakan untuk membiayai keperluan pemerintah. Obligasi pemerintah bebas resiko default, artinya investor yakin akan dibayar penuh dan tepat[8].

Sebelum memutuskan untuk berinvestasi obligasi, investor perlu melakukan analisis agar investasi tersebut memberikan hasil yang maksimal dan sesuai dengan rencana. Dalam aplikasi praktis, nilai relatif obligasi tidak dapat dilihat dengan membandingkan harga obligasi secara langsung karena nilai obligasi dipengaruhi faktor waktu jatuh tempo yang berbeda, nilai kupon yang berbeda, dan lain-lain. Faktor penting yang harus diperhatikan investor adalah *yield*. Menurut daftar istilah Surat Utang Negara, imbal hasil (*yield*) adalah keuntungan yang akan diperoleh investor dalam persentase per tahun. *Yield* digambarkan melalui kurva *yield* (*yield curve*). Kurva tersebut mengintepretasikan hubungan antara *yield* dengan waktu jatuh tempo (*time to maturity*) untuk suatu jenis obligasi tertentu pada waktu tertentu. Oleh karena itu, investor dapat mengetahui jangka waktu investasi terbaik melalui kurva *yield*.

Metode yang banyak diterapkan pada pembentukan kurva yield obligasi tanpa bunga di beberapa bank sentral adalah Nelson Siegel Svensson (NSS). Bank tersebut antara lain Bank Swedia, Bank Kanada, dan Bank India. Metode NSS adalah model yang fleksibel untuk memodelkan kurva *yield* dan mempunyai kemampuan untuk menggambarkan semua bagian umum yang membentuk kurva *yield*. Mengingat pentingnya konstruksi kurva *yield*, maka penelitian ini disusun untuk mempelajari bagaimana pengkonstruksian kurva *yield* dari data transaksi obligasi pemerintah dengan metode Nelson Siegel Svensson.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 *Yield*

Yield adalah keuntungan yang diharapkan oleh investor dalam persentase per tahun. Terdapat beberapa cara untuk menghitung *yield* suatu obligasi diantaranya :

1. *Spot Rate*

   Spot rate merupakan tingkat bunga yang langsung bisa diketahui investor pada waktu melakukan investasi. Berikut formula untuk menghitung *spot rate*:

$$P = \frac{C}{(1+r_1)^1} + \frac{C}{(1+r_2)^2} + \ldots + \frac{C+R}{(1+r_n)^n} \qquad (1)$$

   dengan:

   P = harga obligasi
   C = kupon yang dibayar per tahun
   r_1 = *spot rate* pada periode ke-1
   R = nilai par obligasi
   n = jumlah periode

2. *Forward Rate*

   Forward rate didefinisikan sebagai *yield* atas obligasi untuk periode tertentu di masa datang[10].

   Berikut penghitungan untuk *forward rate* :

$$f_{t-1,t} = \frac{(1+r_t)^t}{(1+r_{t-1})^{t-1}} - 1 \qquad (2)$$

   dengan:

   r_t = *spot rate* t periode
   $f_{t-1,t}$ = *forward rate* dari tahun t-1 sampai tahun ke-t

3. *Discount Factor*

   Discount factor (d_t) sama dengan present value dari 1 satuan mata uang yang akan diterima tahun *t* pada masa depan dari surat berharga *(efek)*. *Discount factor* (d_t) dirumuskan sebagai berikut[10]:

$$d_t = \frac{1}{(1+r_t)^t} \qquad (3)$$

   dengan:

   d_t = *discount factor* pada waktu *t*
   r_t = spot rate pada waktu *t*
   t = waktu

2.2 Struktur Jangka Waktu Tingkat Bunga (*Term Stucture of Interest Rates*)

Suatu analisis yang menjelaskan hubungan antara *yield* dengan waktu jatuh tempo obligasi disebut struktur jangka waktu suku bunga (*term structure of interest rates*) yang digambarkan melalui kurva *yield*. *Term structure of interest rates* dapat ditentukan dari fungsi diskon (*discount function*), *spot rate* maupun *forward rate*. Ketiga konsep tersebut berhubungan satu sama lain[1]. Jika $y(m)$ didefinisikan sebagai *spot rate* dari sebuah obligasi dengan batas waktu pinjam (*time to maturity*) selama m. Hubungan antara *spot rate* dengan fungsi diskon $d(m)$ sebagai berikut[7]:

$$d(m)=e^{-y(m)*m} \tag{4}$$

Persamaan (4) memiliki batasan bahwa fungsi diskon harus positif.

Forward rate $f(m)$ dengan waktu jatuh temponya m. Persamaan *forward rate* sebagai berikut :

$$y(m)=\frac{1}{m}\int_0^m f(x)dx \tag{5}$$

Dari persamaaan (4) dan (5) didapat hubungan antara fungsi diskon dengan *forward rate* sebagai berikut :

$$f(m)=\frac{-d'(m)}{d(m)} \tag{6}$$

2.3 Kurva *Yield* (*Yield Curve*)

Langkah awal bagi seorang investor yang ingin berinvestasi obligasi adalah mengetahui berapa tingkat keuntungan yang akan diterima (*yield*). Struktur jangka waktu suku bunga ini digambarkan melalui grafik antara *yield* dengan waktu jatuh temponya sehingga membentuk kurva yang disebut kurva *yield* (*yield curve*). Kurva *yield* dapat berbentuk kurva normal (*upward slopping*) artinya *yield* meningkat sejalan dengan pertambahan jangka waktu, kurva turun (*down slopping*) terjadi ketika *yield* untuk obligasi jangka panjang lebih kecil daripada *yield* jangka pendek, dan kurva datar (*flat yield curve*) berarti *yield* yang diperoleh sama sepanjang jangka[11].

2.4 Metode Kuadrat Terkecil (*Ordinary Least Square*)

Ordinary Least Square (OLS) digunakan untuk menyelesaikan suatu model statistik terutama regresi. Metode ini didasarkan pada asumsi model yang baik adalah model yang memiliki jumlah kuadrat eror (selisih antara data yang diamati dengan data estimasi) terkecil[5].

Langkah - langkah OLS :

1. Secara umum model statistik dideskripsikan dengan

$$y_i = f\left(X_i, \boldsymbol{\beta}\right) + \varepsilon_i \tag{7}$$

dengan:

y_i = data pengamatan ke-i dengan $i = 1, 2, \ldots, n$, n = jumlah data pengamatan

X_i = variabel random dari fungsi f

$\boldsymbol{\beta} = (\beta_1\ \beta_2 \cdots \beta_j \cdots \beta_p)$ = vektor yang berisi parameter yang akan diestimasi dengan $j = 1, 2, ..., p$, p = jumlah parameter

ε_i = residual ke-i

Model (7) dihitung jumlah kuadrat eror (L) sebagai berikut:

$$L=\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i^2=\sum_{i=1}^{n}\left(y_i-f\left(X_i,\boldsymbol{\beta}\right)\right)^2 \tag{8}$$

2. Nilai L akan minimum jika turunan derivatif parsial tingkat 2 untuk setiap β_j dari anggota **β** lebih besar dari nol.

$$\frac{\partial^2 L}{\partial \beta_j^2}>0 \tag{9}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \beta_j}=0 \tag{10}$$

Persamaan (10) menghasilkan persamaan sebanyak parameter yang akan diestimasi. Persamaan (10) disebut persamaan normal.

3. Persamaan normal diselesaikan sehingga diperoleh nilai estimator **β.**

2.5 Model Nelson Siegel Svensson

Pada tahun 1994, Svensson melakukan perbaikan model dengan Nelson Siegel dengan menambahkan parameter β_3 dan τ_2 untuk meningkatkan fleksibilitas dan ketepatan kurva. Persamaan Nelson Siegel Svensson dalam *instantaneous forward rate* sebagai berikut[2]:

$$f(m)=\beta_0+\beta_1 e^{-\frac{m}{\tau_1}}+\beta_2\left(\frac{m}{\tau_1}\right)e^{-\frac{m}{\tau_1}}+\beta_3\left(\frac{m}{\tau_2}\right)e^{-\frac{m}{\tau_2}} \tag{11}$$

dengan:

$\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3,\tau_1$ *dan* τ_2 = parameter yang akan diestimasi

dan syarat $\beta_0>0,\ \beta_0+\beta_1>0,\tau_1$ *dan* $\tau_2>0$

m = jangka waktu jatuh tempo (*time to maturity*)

Berdasarkan *term structure of interest rate* persamaan (11) dapat dibuat dalam bentuk *spot rate* :

$$y(m)=\beta_0+\beta_1\left[\frac{1-\exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right)}{\frac{m}{\tau_1}}\right]+\beta_2\left[\frac{1-\exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right)}{\frac{m}{\tau_1}}-\exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right)\right]+\beta_3\left[\frac{1-\exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right)}{\frac{m}{\tau_2}}-\exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right)\right] \tag{12}$$

2.6 Estimasi Parameter Model Nelson Siegel Svensson

Masalah utama dalam persamaan Nelson Siegel Svensson adalah pengestimasian keenam parameter dari persamaan tersebut. Parameter beta (β_0, β_1, β_2, β_3) berbentuk linier sedangkan parameter tau (τ_1,τ_2) berbentuk nonlinier. Dalam penelitian ini digunakan *Partial estimation algorithm* dengan parameter nonlinier tau dibuat tetap (*fixed*) terlebih dahulu sehingga diperoleh model regresi linier berganda dengan 3 variabel bebas. Selanjutnya estimasi parameter linier beta dengan menggunakan metode OLS (*Ordinary Least Square*). Tau yang meminimumkan SSE (*Sum Square Eror*) didapat dengan menggunakan metode simpleks Nelder Mead[2].

Persamaan (12) dalam rincian data dapat ditulis sebagai berikut :

$$y_i(m) = \beta_0 + \beta_1\left[\frac{1-\exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right)}{\frac{m}{\tau_1}}\right] + \beta_2\left[\frac{1-\exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right)}{\frac{m}{\tau_1}} - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right)\right] + \beta_3\left[\frac{1-\exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right)}{\frac{m}{\tau_2}} - \exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right)\right] + \varepsilon_i \qquad (13)$$

dengan:

$y_i(m)$ = *spot rate* dari data pengamatan ke-*i* $i = 1,2,\ldots,n$

m = *time to maturity*

n = jumlah data pengamatan

Langkah–langkah mencari estimasi parameter $\beta_0,\ \beta_1,\ \beta_2,\ \tau_1,\ \beta_3,\ \tau_2$ yaitu :

a. Estimasi nilai awal parameter τ_1 adalah nilai *time to maturity* ke-*i* dengan i = 1, 2,..., *n* sedangkan nilai awal parameter τ_2 adalah nilai *time to maturity* ke-*j* dengan *j* = 1, 2, ..., *n* untuk mempermudah perhitungan.

b. Lakukan subtitusi $x_{1i} = \dfrac{m_i}{\tau_1}$ dan $x_{2i} = \dfrac{m_i}{\tau_2}$

Sehingga persamaan (13) berubah menjadi :

$$y_i(m) = \beta_0 + \beta_1\left[\frac{1-\exp(-x_{1i})}{x_{1i}}\right] + \beta_2\left[\frac{1-\exp(-x_{1i})}{x_{1i}} - \exp(-x_{1i})\right] + \beta_3\left[\frac{1-\exp(-x_{2i})}{x_{2i}} - \exp(-x_{2i})\right] + \varepsilon_i \qquad (14)$$

c. Estimasi parameter beta sebagai berikut :

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \qquad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{bmatrix} \qquad \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1-\exp(-x_{11})}{x_{11}} & \frac{1-\exp(-x_{11})}{x_{11}} - \exp(-x_{11}) & \frac{1-\exp(-x_{21})}{x_{21}} - \exp(-x_{21}) \\ 1 & \frac{1-\exp(-x_{12})}{x_{12}} & \frac{1-\exp(-x_{12})}{x_{12}} - \exp(-x_{12}) & \frac{1-\exp(-x_{22})}{x_{22}} - \exp(-x_{22}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{1-\exp(-x_{1n})}{x_{1n}} & \frac{1-\exp(-x_{1n})}{x_{1n}} - \exp(-x_{1n}) & \frac{1-\exp(-x_{2n})}{x_{2n}} - \exp(-x_{2n}) \end{bmatrix}$$

Sehingga persamaan (14) dalam bentuk matriks menjadi :

$$\mathbf{Y} = \mathbf{XB} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad \Leftrightarrow \quad \boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{Y} - \mathbf{XB}$$

Nilai jumlah kuadrat eror (L) :

$$\mathbf{L} = \boldsymbol{\varepsilon}^{\mathbf{T}}\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{Y}^{\mathbf{T}}\mathbf{Y} - \mathbf{2B}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}^{\mathbf{T}}\mathbf{Y} + \mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}^{\mathbf{T}}\mathbf{XB} \qquad (15)$$

Persamaan (15) akan menghasilkan persamaan normal dengan menurunkan derivatif parsial terhadap **B** sama dengan nol sehingga :

$$\hat{\mathbf{B}} = \left(\mathbf{X}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}\right)^{-1}\mathbf{X}^{\mathbf{T}}\mathbf{Y} \qquad (16)$$

Jika matriks X dimisalkan sebagai berikut :

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & X_{31} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & X_{32} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & X_{3n} \end{bmatrix}$$

dengan: $$X_{1i} = \left(\frac{1-\exp\left(-x_{1i}\right)}{x_{1i}}\right)$$

$$X_{2i} = \left(\frac{1-\exp\left(-x_{1i}\right)}{x_{1i}}\right) - \exp\left(-x_{1i}\right)$$

$$X_{3i} = \left(\frac{1-\exp\left(-x_{21i}\right)}{x_{2i}}\right) - \exp\left(-x_{2i}\right)$$

Sehingga persamaan (16) dalam persamaan matriks sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^{n} X_{1i} & \sum_{i=1}^{n} X_{2i} & \sum_{i=1}^{n} X_{3i} \\ \sum_{i=1}^{n} X_{1i} & \sum_{i=1}^{n} X_{1i}^2 & \sum_{i=1}^{n} X_{1i}X_{2i} & \sum_{i=1}^{n} X_{1i}X_{3i} \\ \sum_{i=1}^{n} X_{2i} & \sum_{i=1}^{n} X_{2i}X_{1i} & \sum_{i=1}^{n} X_{2i}^2 & \sum_{i=1}^{n} X_{2i}X_{3i} \\ \sum_{i=1}^{n} X_{3i} & \sum_{i=1}^{n} X_{3i}X_{1i} & \sum_{i=1}^{n} X_{3i}X_{2i} & \sum_{i=1}^{n} X_{3i}^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n} y_i \\ \sum_{i=1}^{n} X_{1i}y_i \\ \sum_{i=1}^{n} X_{2i}y_i \\ \sum_{i=1}^{n} X_{3i}y_i \end{bmatrix}$$

2.7 Algoritma Nelder Mead

Algoritma Nelder Mead yang juga dikenal dengan metode simpleks Nelder Mead adalah suatu metode yang umumnya digunakan untuk mencari pemecahan masalah optimasi yang tidak linier. Algoritma Nelder Mead dapat dijelaskan sebagai berikut. Misalkan diberikan nilai tau = x dan SSE(tau) = $h(x)$, prosedur menentukan nilai x yang meminimumkan $h(x)$ sebagai berikut[6] :

1. Tentukan $x_1, x_2, \cdots, x_{n+1}$ dan hitunglah nilai $h(x_1), h(x_2), \cdots, h(x_{n+1})$
2. Urutkan sehingga $h_1 = h(x_1) \le h_2 = h(x_2) \le \cdots \le h_{n+1} = h(x_{n+1})$
3. Hitung titik refleksi $x_r = \bar{x} + \rho(\bar{x} - x_{n+1})$ dengan $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=n}^{n} x_n$. Hitung $h_r = h(x_r)$
4. Bila $h_1 \le h_r \le h_n$ terima x_r dan hentikan iterasi
5. Bila $h_r < h_1$, Hitung nilai ekspansi $x_\varepsilon = \bar{x} + \varepsilon(x_r - \bar{x})$. Hitung $h_\varepsilon = h(x_\varepsilon)$.
   Bila $h_\varepsilon < h_r$ terima x_ε dan bila $h_\varepsilon \ge h_r$ terima x_r selanjutnya hentikan iterasi.
6. Bila $h_r \ge h_n$ tentukan titik ekspansi antara $\bar{x}$ dan x_{n+1} atau x_r
   a. Bila $h_n \le h_r < h_{n+1}$ menunjukkan kontraksi sisi luar (*outside constranction*), hitung $x_c = \bar{x} + \gamma(x_r - \bar{x})$ hitung $h_c = h(x_c)$. Bila $h_c \le h_r$ terima x_c dan hentikan iterasi. Sedangkan bila $h_c > h_r$, lanjutkan ke tahap 7 (tahap *shrinked*)
   b. Bila $h_r \ge h_{n+1}$ tunjukkan kontraksi sisi dalam (*inside constraction*), hitung $x_{cc} = \bar{x} - \gamma(\bar{x} - x_{n+1})$ hitung $h_{cc} = h(x_{cc})$. Bila $h_{cc} < h_{n+1}$, terima x_{cc} dan hentikan iterasi. Sedangkan bila $h_{cc} \ge h_{n+1}$, lanjutkan ke tahap 7 (tahap *shrinked*)
7. Tahap *shrinked*. Evaluasi *h* untuk *n* titik. $v_i = x_1 + \sigma(x_i - x_1)$ dengan *i* = 2, 3, …, *n+1*.
   Kembali ke langkah 1 dengan mengganti $x_i = v_i$ dengan *i* = 2, 3, …, *n+1*

Menurut Nelder Mead, nilai parameter $\rho = 1$, $\varepsilon = 2$, $\gamma = \frac{1}{2}$ dan $\sigma = \frac{1}{2}$

3. Bahan dan Metode

3.1 Sumber Data

Sumber data untuk mengkonstruksikan kurva *yield* diperoleh dari Divisi Perdagangan Surat Utang Bursa Efek Indonesia (BEI). Data tersebut merupakan laporan transaksi obligasi pemerintah yang berkode FR (*Fixed Rate*) pada tanggal transaksi 16 Februari 2011.

3.2 Metode Analisis

1. Memilih data obligasi yang memiliki ketentuan
   a. *Bond ID* FR (*Fix Rate*)
   b. Nilai *yield* tidak kosong
2. Menghitung nilai *time to maturity* dengan Microsoft Excel 2007
3. Mengurutkan nilai *yield* berdasarkan *time to maturity* dari yang terkecil sampai terbesar
4. Input data obligasi pemerintah yaitu data *yield* dan data *time to maturity* pada R.2.12.1
5. Mengestimasi parameter $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ yaitu :
   a. Estimasi nilai awal parameter τ_1 adalah nilai *time to maturity* ke-*i* dengan *i* = 1, 2,..., *n* sedangkan nilai awal parameter τ_2 adalah nilai *time to maturity* ke-*j* dengan *j* = 1, 2, ..., *n*. *n* adalah jumlah data *time to maturity*.
   b. Lakukan subtitusi pada persamaan Nelson Siegel Svenssons dalam *spot rate.*
   c. Menggunakan *Ordinary Least Square* (OLS) diperoleh nilai $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$
6. Langkah 5 diulang untuk semua nilai *i* dan *j*.
7. Menentukan tau (τ_1 dan τ_2) yang meminimumkan SSE (*Sum Square Eror*) dengan Algoritma Nelder-Mead
8. Setelah parameter $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \tau_1$, dan τ_2 diperoleh dapat dihitung *yield* dengan pendekatan model Nelson Siegel Svensson.
9. Membuat kurva *yield* dengan pendekatan model Nelson Siegel Svensson

4. Hasil dan Pembahasan

Variabel yang akan digunakan dalam analisis yaitu tanggal transaksi (*trade date*), nama obligasi (*bond name*), kode obligasi (*bond ID*), tanggal jatuh tempo (*maturity date*), tanggal transaksi selesai (*settlement date*), dan imbal hasil (*yield).* Langkah pertama adalah memilih kode obligasi yang berkode FR (*Fixed Rate*) dan nilai *yield* tidak kosong. Selanjutnya menghitung jangka waktu jatuh tempo (*time to maturity*) obligasi dalam satuan tahun dengan software Microsoft Excel 2007. *Maturity* seluruh obligasi dihitung menggunakan sintax =YEARFRAC (startdate;enddate;[basis]). Sesuai dengan variabel yang telah didefinisikan, startdate diisi dengan variabel *settlement date* yaitu tanggal penyelesaian transaksi dan enddate diisi dengan variabel *maturity date* yaitu tanggal jatuh tempo obligasi. *Settlement date* dan *maturity date* harus dinyatakan dalam fungsi tanggal Microsoft Excel yaitu =DATE(year;month;day). Sedangkan basis diisi angka 1 yang merupakan metode perhitungan kalender Actual/Actual yang berarti perhitungan hari didasarkan pada jumlah hari yang sebenarnya pada bulan dan tahun tersebut.

Dalam analisis data selanjutnya yang dipakai adalah *yield* dan jangka waktu jatuh tempo (*time to maturity).* Berikut ini disajikan data tanggal 16 Februari 2011 pada Tabel 1 yang tersusun urut dari *time to maturity* waktu terkecil sampai yang terbesar.

Tabel 1. Data *Yield* dan *Time to Maturity* (TTM) Obligasi Pemerintah Kode FR (*Fix Rate*) Tanggal 16 Februari 2011

No	*Yield*	TTM	No	*Yield*	TTM	No	*Yield*	TTM
1	7.25	0.58	28	8.85	10.40	55	9.96	19.49
2	7.44	2.06	29	8.92	10.40	56	9.97	19.49
3	7.56	2.06	30	9.25	11.41	57	9.97	19.49
4	7.56	2.06	31	9.25	11.41	58	9.97	19.49
5	8.08	2.07	32	9.25	11.41	59	9.97	19.49
6	8.12	2.56	33	9.25	11.41	60	9.97	19.49
7	7.46	2.57	34	9.70	13.57	61	10.03	19.49
8	7.49	2.57	35	9.58	14.56	62	10.03	19.49
9	8.40	3.65	36	9.73	14.57	63	10.03	19.49
10	8.09	3.66	37	9.76	14.57	64	10.14	19.49
11	8.37	4.31	38	9.77	14.57	65	9.90	20.39
12	8.26	4.32	39	9.79	14.57	66	10.08	20.39
13	8.28	4.32	40	9.82	14.57	67	10.09	20.39
14	8.13	5.57	41	10.06	16.41	68	10.20	20.39
15	8.78	9.74	42	9.76	16.98	69	10.08	20.40
16	8.87	9.74	43	10.01	16.99	70	10.16	20.40
17	8.88	9.74	44	10.02	16.99	71	10.18	20.40
18	8.79	9.74	45	10.02	16.99	72	10.18	20.40
19	8.87	10.31	46	10.04	16.99	73	10.30	20.40
20	8.93	10.32	47	10.06	16.99	74	10.45	26.23
21	8.93	10.32	48	10.07	16.99	75	10.47	27.39
22	8.99	10.32	49	7.97	19.49	76	10.47	27.39
23	8.82	10.39	50	9.48	19.49	77	10.47	27.39
24	8.39	10.40	51	9.59	19.49	78	10.48	27.39
25	8.73	10.40	52	9.59	19.49	79	10.48	27.39
26	8.84	10.40	53	9.61	19.49			
27	8.84	10.40	54	9.64	19.49			

Langkah-langkah estimasi parameter pada tinjauan pustaka diterapkan pada data *yield* dan *time to maturity* pada tanggal 16 Februari 2011. Hasil estimasi parameter tersebut dapat dilihat di Tabel 2.

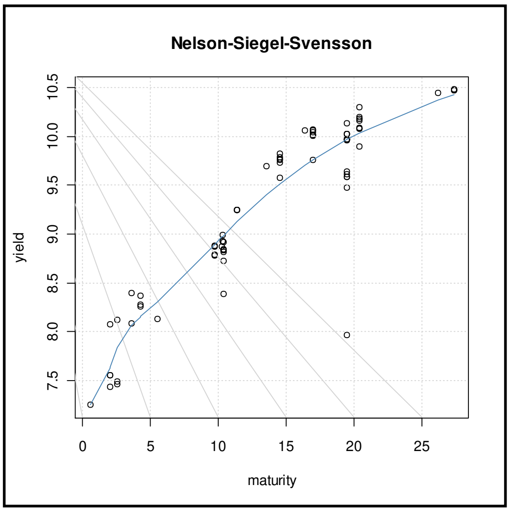
Tabel 2. Hasil Estimasi Parameter Model Nelson Siegel Svensson

Tanggal	**Estimasi Parameter**					
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\tau}_1$	$\hat{\tau}_2$
16 Feb 2011	11.6030	7.9650	-24.1961	-8.1965	0.2933	3.3665

Persamaan *spot rate* tanggal 16 Februari 2011:

$$\hat{y}(m) = 11.6030 + 7.9650\left[\frac{1-\exp\left(-\dfrac{m}{0.2933}\right)}{\dfrac{m}{0.2933}}\right] - 24.1961\left[\frac{1-\exp\left(-\dfrac{m}{0.2933}\right)}{\dfrac{m}{0.2933}} - \exp\left(-\frac{m}{0.2933}\right)\right]$$
$$-8.1965\left[\frac{1-\exp\left(-\dfrac{m}{3.665}\right)}{\dfrac{m}{3.665}} - \exp\left(-\frac{m}{3.665}\right)\right]$$

Kurva *yield* estimasi tanggal 16 Februari 2011 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva *Yield* Obligasi Pemerintah Kode FR Tanggal 16 Februari 2011

Output kurva *yield* obligasi FR pada tanggal 16 Februari 2011 pada Gambar 1 merupakan kurva normal *(upward sloping)*. Kurva tersebut menggambarkan obligasi FR seperti yang diperdagangkan pada tanggal 16 Februari 2011 yaitu mempunyai *yield* jangka panjang di atas *yield* jangka pendek dan *medium term note* sehingga obligasi jenis FR yang diperdagangkan pada tanggal 16 Februari 2011 lebih baik dimiliki dengan jangka waktu jatuh tempo (*time to maturity*) yang lama sehingga menghasilkan keuntungan berupa kupon dan imbal hasil *(yield)* yang lebih banyak dibanding memilikinya dalam jangka waktu jatuh tempo yang pendek.

5. Kesimpulan

Nilai *yield* obligasi jenis FR (*Fixed Rate*) tanggal tansaksi 16 Februari 2011 sangat mendekati dengan nilai *yield* estimasi dengan metode parametrik Nelson Siegel Svensson. Hasil konstruksi kurva *yield* obligasi jenis FR yang diperdagangkan pada tanggal 16 Februari 2011 adalah kurva normal (*upward sloping*) yang mempunyai *yield* jangka panjang di atas *yield* jangka pendek.

DAFTAR PUSTAKA

1. Baki, I., *Yield Curve Estimation by Spline-Based Models*, The Middle East Technical University, 2006.
2. Bolder, D. and Streliski, D, Yield Curve Modelling at The Bank of Canada, *Bank of Canada Technical Report* No.84., 1999.
3. Bodie, Z., Kane, A. and Marcus, A. J., *Invesment (Investasi) Edisi 6*, Salemba Empat, 2006.
4. Ekahasta, E., http://rahasiainvestasiemas.com// [diakses tanggal 15 Mei 2011]
5. Gujarati, D., *Basic Econometrics*. The McGraw-Hill Companies, 2004.
6. Lagarias, J dkk., Convergence Properties of The Nelder Mead Simplex Method in Low Dimensions, *The Society for Industrial and Applied Mathematics*, 1998, Vol. 9, No. 1, pp. 112-147.
7. Laurini, M. P. and Moura, M., *Constrained Smoothing Spline for The Term Structure of Interest Rate*. IBMEC: Sao Paulo, 2007.
8. Rahardjo, S., *Pedoman Investasi Obligasi*, Gramedia: Jakarta, 2003.
9. Setiadi, A., *Obligasi dalam Perspektif Hukum Indonesia*, PT. Citra Aditya Bakti: Bandung, 1996.
10. Sharpe, W. F., Alexander, G. J., and Bailey, J. V., *Investment, Fifth Edition*. Prentice Hall, Inc : New Jersey, 1997.
11. http://www.investopedia.com/yield [diakses tanggal 12 April 2011]