**Forecasting The Exchange Rate (IDR) of US Dollar (USD)Using *Locally Stationary Wavelet***

**Dina Tri Utari**

Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

dina.t.utari@uii.ac.id

**ABSTRACT**

Currency exchange rate of a country to the other countries is fluctuative. The movement of the exchange rate affects the country’s economy. The exchange rate can change any time according to the market mechanism, therefore currency exchange predictions is required to determine future economic policy. Based on the impact of exchange rate in economy fluctuations, an accurate model is needed to determine the exchange rate movements.

In this case, the model is Locally Stationary Wavelet (LSW). This model combines stocastic process class based on wavelet non decimated. LSW model can catch most of the information in time series data. Based on the application of LSW mtehod on the data of the rupiah against the US dollar for the period April 2016 - March 2017, it can be concluded that model provides forecasting results approaching actual data therefore it can be used for forecasting exchange rates. The value of the mean absolute percentage error (MAPE) is 0,1201293%.

**Keywords:** exchange rate, discrete wavelet transforms,LSW, forecasting

**ABSTRAK**

Nilai tukar mata uang suatu negara terhadap negara lain cenderung fluktuatif. Pergerakan nilai tukar tersebut sangat berpengaruh terhadap perekonomian suatu negara. Nilai tukar dapat berubah setiap saat sesuai mekanisme pasar, oleh karena itu diperlukan prediksi nilai tukar mata uang untuk menentukan kebijakan ekonomi yang akan datang. Mengingat besarnya dampak dari fluktuasi nilai tukar terhadap perekonomian maka dibutuhkan suatu model yang akurat untuk mengetahui pergerakan nilai tukar tersebut.

Pada kasus ini, model yang akan digunakan adalah model *Locally Stationary Wavelet* (LSW). Model ini menggabungkan kelas proses stokastik berdasarkan wavelet *non decimated*. Model LSW dapat menangkap sebagian besar informasi dalam data *time series*. Berdasarkan penerapan model LSW pada data nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika periode April 2016 sampai Maret 2017 diperoleh kesimpulan bahwa metode tersebut menghasilkan nilai peramalan yang mendekati data sebenarnya sehingga dapat digunakan untuk peramalan nilai tukar mata uang. Nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang dihasilkan dari hasil peramalan adalah 0,1201293%.

**Kata kunci:** nilai tukar,transformasi wavelet diskit, LSW, peramalan

**Pendahuluan**

Kehidupan manusia tak lepas dari suatu proses transaksi jual-beli untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, entah dalam bentuk barang maupun jasa. Untuk melakukan transaksi tersebut, biasanya dibutuhkan suatu alat tukar yang umum diterima, yaitu uang. Uang merupakan sesuatu yang tersedia dan secara umum diterima sebagai alat pembayaran bagi pembelian barang dan jasa untuk pembayaran. Setiap negara memiliki nilai mata uang sendiri yang digunakan sebagai alat tukar yang sah dalam proses transaksi jual-beli. Dalam proses transaksi jual-beli antarnegara sering kali mengalami sedikit masalah dalam hal pembayaran karena perbedaan nilai uang yang berlaku di setiap negara. Maka diperlukanlah suatu mekanisme untuk mengakses nilai tukar mata uang asing. Nilai tukar mata uang (*exchange rate/*kurs) merupakan suatu perbandingan antara nilai mata uang suatu negara dengan negara lain.

Dollar Amerika Serikat (USD) merupakan mata uang yang dominan (*hard currency*) yaitu mata uang yang bisa diterima secara luas sebagai bukti pembayaran internasional (Kuncoro, 1996), sehingga banyak negara menggunakan mata uang USD. Mata uang memungkinkan mengalami penurunan dan kenaikan setiap saat. Penurunan dan kenaikan mata uang tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jumlah permintaan barang dan jasa, tingkat inflasi, tingkat bunga, pengharapan pasar, dan intervensi Bank Sentral berdampak signifikan terhadap fluktuasi nilai tukar (Sartono, 2001). Nilai tukar tidak ditetapkan oleh bank sentral, melainkan pasar, sehingga nilai tukar dapat berubah setiap saat sesuai mekanisme pasar. Maka prediksi nilai tukar mata uang yang akan datang sangat diperlukan untuk menentukan kebijakan ekonomi mendatang.

Berbagai penelitian mengenai peramalan nilai tukar rupiah (IDR) terhadap dollar Amerika Serikat (USD) telah banyak dilakukan. Herlina Helmy (2011) *menggunakan* *metode Box-Jenkins (ARIMA)* dan Wijayanti, Abadi, dan Taufik (2016) menggunakan model *fuzzy* wavelet untuk meramalkan nilai tukar rupiah terhadap dollar AS. Dalam makalah ini, akan membahas tentang peramalan nilai tukar rupiah (IDR) terhadap dollar AS (USD) menggunakan model *Locally Stationary Wavelet* (LSW). Makalah ini disusun sebagai berikut. Bagian 2 mengulas wavelet diskit *non decimated*. Model LSW dibahas dalam bagian 3 dan peramalan dengan model LSW pada bagian 4. Studi kasus diuraikan pada bagian 5 dan kesimpulan dikemukakan pada bagian terakhir makalah ini.

***Discrete non-decimated wavelets***

 *Discrete non-decimated wavelets* merupakan dasar untuk mengkonstruksikan proses LSW waktu diskrit. Nalson (2000) mengkonstruksikan wavelet diskrit dengan panjang untuk skala dengan menggunakan formula sebagai berikut :

untuk ,

untuk ,

,

dengan adalah delta Kronecker dan adalah elemen tak nol dari .

**Model *Locally Stationary Wavelet* (LSW)**

 Proses *Locally Stationary Wavelet* (LSW) adalah metode yang relatif baru, diperkenalkan oleh Nason (2000). Metode ini menggabungkan kelas proses stokastik berdasarkan *non-decimated wavelets*. Model LSW dapat menangkap sebagian besar informasi dalam data *time series*. Fryzlewicz, Bellegem, dan Sachs (2003) mengembangkan sebuah algoritma untuk meramalkan proses LSW. Prediktor yang digunakan merupakan kombinasi linear dari observasi sebelumnya dengan koefisien prediktor yang diperoleh dengan meminimalkan *Mean Square Prediction Error* (MSPE). Oleh karena itu peramalan proses non-stasioner dapat dilakukan dengan algoritma ini.

**Definisi 1 (Natson (2000))** *Sebuah proses LSW adalah barisan ganda dari proses stokastik terindeks yaitu*

(1)

*dengan adalah barisan kenaikan ortonormal random dan adalah keluarga discrete non-decimated wavelets* *untuk ,* . *Asumsi-asumsi yang harus dipenuhi:*

1. *untuk semua . Oleh karena itu, untuk semua dan ,*
2. *,*
3. *Amplitudo konstan dan untuk setiap terdapat fungsi Lipschitz kontinu untuk yang memenuhi*

 *seragam di dengan konstanta Lipschitz yang seragam terbatas di dan . Selain itu, terdapat barisan konstanta yang memenuhi sehingga untuk setiap .*

 Dengan kata lain proses stokastik stasioner , dapat dituliskan sebagai berikut

(2)

denganadalah proses kenaikan ortonormal (Priestley, 1981). Ide dibalik proses LSW adalah untuk menggantikan bentuk harmonik pada persamaan (2) ke dalam bentuk *discrete non-decimated wavelets* dan spektrum berdasarkan waktu yang berbeda-beda .

 Asumsi ketiga memerlukan penghalusan sebagai fungsi waktu *rescaled*, , mengontrol variasi dari sebagai fungsi dari , maka dari itu tidak dapat berubah terlalu cepat, sehingga estimasi yang efektif akan diperoleh untuk model. Pada asumsi ini, waktu *rescale*  digunakan yang menyiratkan bahwa sebagai , bukannya semakin banyak data masa depan, informasi lokal yang lebih rinci dari dapat terkumpul.

 Dari definisi proses LSW, perhitungan langsung memberikan struktur kovariansi dengan lag sebagai

 (3)

**Definisi 2 (Natson (2000))** *Evolutionary Wavelet Spectrum (EWS) dari barisan untuk barisan infinit didefinisikan sebagai*

*untuk , .*

*Dibawah asumsi 3 dari definisi 1, dan seragam di .*

 EWS mengukur kekuatan lokal (variansi) pada waktu tertentu dan skala , yang merupakan analog dari spektrum biasa untuk proses stasioner. Di kasus stasioner, EWS adalah independen terhadap waktu, sebagai contoh .

Autokovarian didefinisikan sebagai berikut

dan autokovarian lokal dengan EWS adalah , dengan didefinisikan sebagai autokorelasi wavelet. Dari persamaan 3 dapat terlihat bahwa (Nason, 2000), yang menyiratkan bahwa autokovarian lokal adalah transformasi autokorelasi wavelet dari EWS. Secara khusus, varian lokal dengan untuk semua nilai dari .

**Peramalan dengan model LSW**

 Fryzlewicz, Bellegem, dan Sachs (2003) mengembangkan algoritma peramalan untuk proses LSW. Dengan mengamati bahwa proses LSW memiliki bentuk linear, pilihan yang sesuai untuk dipertimbangkan adalah prediktor linear untuk meramalkan langkah ke depan dari diberikan observasi adalah

 (4)

Koefisien , dipilih untuk meminimalkan MSPE yang didefinisikan sebagai . Artinya, vektor adalah

 (5)

dimana adalah matriks kovarian dari dan .

 Dengan langsung mengambil derivatif bentuk kuadrat dalam persamaan 5, kemudian menyamakannya dengan nol untuk mengarah ke sistem persamaan linear untuk memecahkan

 (6)

dengan adalah matriks kovarian dari , adalah vektor kolom dari kovariansi antara dan dan adalah vektor kolom dari kovariansi antara dan . Kovarian ini dapat diestimasi dengan mengestimasi autokovarian lokal.

 Dalam prakteknya, ada dua kesepakatan yang harus dibuat sehubungan dengan algoritma di atas. Pertama, pada persamaan 5 tergantung pada amplitudo yang tidak didefinisikan secara khusus karena redundansi dari keluarga wavelet *non decimated*. Berdasarkan pertimbangan teknis, Fryzlewicz, Bellegem, dan Sachs (2003) memperkirakan dengan menggunakan , dengan adalah matriks berukuran dengan elemen ke adalah

dan dapat diestimasi dengan mengestimasi EWS . Kedua, mengingat sifat non-stasioner dan penghalusan lokal dari proses, dianjurkan bahwa hanya obeservasi terbaru pada persamaan 4 harus digunakan daripada seluruh barisan, yaitu

. (7)

Parameter serta , *bandwidth* kernel yang digunakan untuk menghaluskan estimator tidak konsisten dari autokovarian lokal, dapat dipilih secara otomatis berdasarkan peramalan adaptif. Misalkan jika mengamati barisan sampai dan ingin memprediksi . Pergerakan pertama, katakanlah, langkah mundur dan mulai memprediksi menggunakan dengan parameter awal . Dengan beberapa kriteria yang telah ditentukan (biasanya kriteria jarak minimal atau prediksi absolut relatif eror) dan parameter ruang , kita memperoleh pasangan optimal dan menggunakannya sebagai nilai awal dalam prediksi berikutnya , dan seterusnya. Setelah proses ini, pasangan diperbarui yang akhirnya diperoleh untuk peramalan yang sebenarnya. Jumlah dapat dipilih untuk menjadi panjang segmen terbesar pada akhir barisan yang mengandung ketidakjelasan secara visual pada titik-titik yang teramati. Jika memungkinkan, kita dapat menjalankan algoritma beberapa kali menggunakan sebagai nilai awal pada iterasi berikutnya sampai diperoleh hasil yang cukup baik.

 Hal yang paling penting dalam sebuah peramalah adalah kesalahan atau eror dari peramalan pasti akan selalu ada karena sudah menjadi sifat dasar/alamiah dari sebuah analisis. Namun, diharapkan peramalan yang dilakukan dapat memberikan hasil yang cukup baik, yaitu mendapatkan hasil ramalan yang dapat meminimumkan kesalahan peramalan. Kesalahan peramalan atau *forecast error* salah satunya bisa diukur dengan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE dihitung dengan persamaan

dengan merupakan data aktual untuk periode ke dan merupakan selisih antara data aktual dan data hasil ramalan pada periode yang sama.

**Studi Kasus**

Data yang digunakan dalam studi kasus adalah data nilai tukar rupiah (IDR) terhadap dollar AS (USD) periode 1 April 2016-31 Maret 2017 sebanyak 249 data. Data tersebut merupakan data kurs jual IDR terhadap USD. Data nilai tukar IDR terhadap USD disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1**. Kurs Jual IDR terhadap USD

Dari plot pada **Gambar 1,** diduga bahwa data tidak stasioner karena tidak memiliki nilai rata-rata yang konstan. Nilai rata-rata yang tidak konstan ini adalah sebagai akibat dari adanya efek tren dari data. Selanjutnya, data juga berfluktuasi cukup lebar disekitar rata-rata yang mengindikasikan bahwa data tidak stasioner dalam variansi.Dugaan ini diperkuat dengan uji Augmented Dickey-Fuller dengan hipotesin nol yaitu data tidak stasioner. Nilai *p-value* uji adalah 0,4242 yang lebih besar dari 0,05, hal ini mengindikasikan bahwa tidak cukup alasan menolak . Dengan kata lain uji ini menyimpulkan bahwa data tidak stasioner.

Selanjutnya dengan menggunakan model LSW, dilakukan pemodelan menggunakan data *in sample* dan *out sample*. Data *in sample* merupakan data yang digunakan untuk pemodelan, sedangkan data *out sample* merupakan data yang digunakan untuk pengecekan hasil prediksi. Data *in sample* adalah data dari sampai *.* Kemudian akan diramalkan 10 langkah kedepan yaitu *.*

Kriteria awal yang harus ditentukan adalah banyaknya waktu peramalan dan nilai yaitu parameter yang menggambarkan seberapa jauh langkah model harus melangkah ke nilai lampau untuk menghasilkan estiamasi terbaik dan *.* Pada data ini diatur dan .

Melalui simulasi menggunakan *software* *R*, didapatkan nilai dan nilai *.* Selanjutnya pemodelan menggunakan Persamaan 7 dengan dan matriks **b** diperoleh menggunakan simulasi dengan nilai .

Diperoleh hasil peramalan sebagai berikut :

**Tabel 1.** Perbandingan data aktual dan hasil ramalan

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***t*** | **Aktual** | **Ramalan** | **Error** |
| 240 | 13409 | 13404,86 | -4,138250 |
| 241 | 13396 | 13409,09 | 13,085712 |
| 242 | 13375 | 13409,42 | 34,423438 |
| 243 | 13402 | 13410,34 | 8,338438 |
| 244 | 13399 | 13407,88 | 8,879197 |
| 245 | 13396 | 13406,39 | 10,389174 |
| 246 | 13381 | 13405,52 | 24,522284 |
| 247 | 13390 | 13405,10 | 15,097180 |
| 248 | 13383 | 13406,01 | 23,012180 |
| 249 | 13388 | 13406,93 | 18,927180 |
| **MAPE = 0,1201293%** |

Dari Tabel 1 terlihat bahwa hasil ramalan untuk kurs jual IDR terhadap USD cenderung mengalami kenaikan di setiap periode berikutnya. Nilai MAPE hasil peramalan adalah 0,1201293% atau dapat disimpulkan bahwa diperkiraan kesalahaan perhitungan sebesar 0,1201293%.

**Gambar 2**. Perbandingan Data Aktual dan Hasil Ramalan Kurs Jual IDR terhadap USD

Pada atau periode 17 Maret 2017 terlihat bahwa data hasil ramalan cukup mendekati data aktualnya.

Dari hasil ramalan yang cenderung mengalami kenaikan dari setiap periode diharapkan jika kurs jual rupiah terhadap dollar meningkat, maka akan mempengaruhi harga pokok penjualan produk dari suatu industri yang akan diekspor mengalami kenaikan, sehingga Indonesia akan memperoleh peningkatan pendapatan nasional.

**Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diperoleh berdasarkan analisis studi kasus yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Peramalan data *time series* non-stasioner dapat dilakukan dengan model LSW.
2. Dari studi kasus diperoleh parameter *bandwidth* kernel yaitu dan .
3. Hasil ramalan dari model LSW diperkiraan kesalahaan peramalan nilai tukar rupiah (IDR) terhadap dollar AS (USD) sebesar 0,1201293%. Dari kurva hasil ramalan diperoleh hasil bahwa hasil ramalan mengalami kenaikan di setiap periode. Diharapkan Indonesia akan memperoleh peningkatan pendapatan nasional dengan adanya kenaikan kurs jual rupiah terhadap dollar AS.

**Pustaka**

Fryzlewicz, P., Bellegem, S. V., dan Sachs, R. V. 2003. *A wavelet-based model for forecasting non-stationary processes*. IOP Publishing: Bristol.

Helmy, H. 2011. *Aplikasi Peramalan Kurs Valuta Asing Rupiah per Dollar Amerika Serikat dengan Menggunakan Metode Box-Jenkins (ARIMA)*. TINGKAP Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Sosial Budaya dan Ekonomi Vol VII No. 1. Universitas Negeri Padang.

Kuncoro, M. 1996. *Manajemen Keuangan*
*Internasional: pengantar ekonomi dan bisnis global*. BPFE : Yogyakarta.

Nason, G.P. 2006. *Wavelet Methods in Statistics with R. Springer*. Bristol: University Walk. Odgen, R.T. 1997. *Essential Wavelets for Statistical Application and Data Analysis*. Birkhauser: Boston.

Priestly, M. B. 1981. *Spectral Analysis and Time Series*. Academic Press: London.

Sartono, A. 2001. *Manajemen Keuangan*, BPFE: Yogyakarta.

Wijayanti, T., Abadi, A. M. dan Taufik, M. R. 2016. *Application of Wavelet Fuzzy Model to Forecast the Exchange Rate IDR of USD*. International Journal of Modeling and Optimization, Vol. 6, No. 1.