

Analisis Data Deret Waktu pada Nilai Tukar Rupiah Tahun 2021 Menggunakan Metode *Wavelet Thresholding*

Diana Nisa Mubarak*, Lisnur Wachidah

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*diana.nisaa@gmail.com, wachidah.lisnur07@gmail.com

Abstract. Time series data or time series is a type of data that is collected based on a time sequence within a certain time span. ARIMA is one of the methods in time series analysis where the assumption of stationarity must be met before conducting the analysis. When time series data fluctuates, this makes the data non-stationary and makes analysis using ARIMA difficult. Therefore, we need a method that is free from these assumptions, namely Wavelet Thresholding by selecting the type of daubechies from the wavelet family. The data used in this final project is data on the rupiah exchange rate in Indonesia against the US Dollar on January 1, 2021 to May 8, 2021 where the exchange rate of a country's currency has a very important role, especially in influencing changes in international trade and investment. The result of this research is that the smallest MSE can be obtained on the adaptive thresholding parameter with the soft thresholding function at level 1 resolution of 234.8814.

Keywords: Time Series, Wavelet Thresholding, Daubechies, Rupiah Exchange Rate.

Abstrak. Data deret waktu atau *time series* merupakan jenis data yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu. ARIMA merupakan salah satu metode dalam analisis deret waktu yang mana asumsi stasioneritas harus terpenuhi sebelum melakukan analisis. Ketika data *time series* mengalami fluktuasi, hal ini menjadikan data tidak stasioner dan mengakibatkan analisis dengan menggunakan ARIMA sulit untuk dilakukan. Oleh karena itu, diperlukan metode yang bebas dari asumsi tersebut, yaitu dengan *Wavelet Thresholding* dengan memilih keluarga *wavelet* jenis *daubechies*. Data yang digunakan dalam skripsi ini yaitu data nilai tukar rupiah (kurs) di Indonesia terhadap Dollar AS pada tanggal 1 Januari 2021 sampai tanggal 8 Mei 2021 dimana nilai tukar mata uang suatu negara memiliki peranan yang sangat penting terutama dalam mempengaruhi perubahan perdagangan dan investasi internasional. Hasil dari penelitian ini yaitu di dapat MSE terkecil pada parameter *adaptive thresholding* dengan fungsi *soft thresholding* di level resolusi 1 sebesar 234,8814.

Kata Kunci: Time Series, Wavelet Thresholding, Daubechies, Nilai Tukar Rupiah (Kurs).

1. Pendahuluan

Data deret waktu atau *time series* merupakan jenis data yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu. Menurut Yanti (dikutip dalam Khairunnisa, 2020), deret waktu dianalisa untuk mendapatkan ukuran yang dapat digunakan untuk membuat keputusan masa kini, peramalan dan perencanaan dimasa yang akan datang. Peramalan dilakukan untuk memprediksi suatu kejadian dimasa yang akan datang berdasarkan kejadian-kejadian di masa lampau (Layla, 2016).

Ketika data *time series* mengalami fluktuasi yang mana terdapat nilai ekstrim, dan menjadikannya tidak stasioner, maka mengakibatkan analisis dengan menggunakan ARIMA

sulit untuk dilakukan. Oleh karena itu, diperlukan metode yang bebas dari asumsi tersebut, yaitu dengan transformasi *wavelet* dalam analisisnya (Sulistyaningsih, 2011). *Wavelet* diperkenalkan sepanjang tahun 1980-an hingga awal tahun 1990-an yang awalnya *wavelet* populer sebagai literatur untuk analisis gelombang. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, *wavelet* berkembang di berbagai cabang ilmu statistika seperti analisis ketahanan hidup (analisis survival), analisis deret waktu, analisis regresi, dan stabilisasi variansi (Nason, 2008). *Wavelet* dibedakan menjadi dua, yaitu *Wavelet* Ayah dan *Wavelet* Ibu. *Wavelet* ayah bersifat *smooth* dan *wavelet* ibu bersifat detail. *Wavelet* Ayah dan *Wavelet* Ibu melahirkan keluarga *wavelet* diantaranya *Haar*, *Daubechies*, *Coiflets*, *syntlets*, *Discrete Meyer*, dan *Morlet*.

Wavelet Daubechies merupakan jenis *wavelet* tertua setelah *Haar* yang di temukan oleh Ingrid Daubechies. *Wavelet* jenis *daubechies* ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan *wavelet* lainnya, yaitu mendapatkan hasil yang baik ketika digunakan dalam kompresi data. Oleh karena itu, jenis *wavelet daubechies* sering digunakan untuk proses analisis menggunakan transformasi *wavelet*. *Discrete Wavelet Transform (DWT)* merupakan transformasi *wavelet*, didalam DWT hanya diberlakukan aturan dimana DWT dapat dilakukan pada ukuran sampel 2^j untuk suatu bilangan bulat positif j (Percival dan Walden, 2000).

Pada umumnya data deret waktu bersifat tidak stasioner, maka metode *wavelet* yang terbebas dari asumsi kestasioneran merupakan alternatif lain untuk menganalisis data-data yang tidak stasioner seperti halnya pada data nilai tukar mata uang. Menurut Triyono (2008), nilai tukar merupakan salah satu harga yang penting dalam perekonomian terbuka karena ditentukan oleh adanya keseimbangan antara permintaan dan penawaran yang terjadi di pasar. Setahun setelah pandemi Covid-19 masuk ke Indonesia, pergerakan nilai tukar rupiah terhadap Dollar AS mengalami fluktuasi yang cukup besar seiring dengan kebijakan *lockdown* yang diterapkan negara-negara dunia. Data nilai tukar rupiah yang cenderung mengalami kenaikan ekstrim dan penurunan nilai ekstrim menjadikannya sangat perlu untuk dianalisis, maka sangat penting untuk dapat mengetahui estimasi dan parameter yang tepat untuk meramalkan nilai kurs.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Untuk memperoleh estimasi dan parameter terbaik pada data nilai tukar rupiah di Indonesia menggunakan metode *wavelet thresholding* jenis *daubechies*.
2. Untuk memperoleh hasil peramalan dengan menggunakan metode *wavelet thresholding* jenis *daubechies* pada nilai tukar rupiah di Indonesia.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan data sekunder, yaitu pada data nilai tukar rupiah terhadap Dollar AS dari tanggal 1 Januari sampai tanggal 8 Mei tahun 2021 yang didapat dari Bank Indonesia (www.bi.go.id) pada tanggal 28 Juni 2021. Data ini berjumlah 128 pengamatan dengan menggunakan metode *Wavelet Thresholding* jenis *daubechies* (db4) untuk memperoleh estimasi dan parameter terbaik untuk dilakukan peramalan pada data nilai tukar rupiah.

Filter *daubechies* (db4) yang digunakan dinyatakan dalam bentuk matriks yang memiliki empat koefisien filter skala dan empat koefisien filter *wavelet* dengan panjang bandwidth $L=4$ sebagai berikut :

$$g_0 = \frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, g_1 = \frac{3-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, g_2 = \frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, g_3 = \frac{1+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}$$

$$h_0 = \frac{-1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h_1 = \frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h_2 = \frac{-3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h_3 = \frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}$$

maka didefinisikan koefisien *wavelet* dan koefisien skala sebagai berikut :

$$W_{j,l} = \sum_{l=0}^{L-1} h_l X_{(2t-l) \bmod N}, t = 0, \dots, \frac{N}{2} - 1$$

$$V_{j,l} = \sum_{l=0}^{L-1} g_l X_{(2t-l) \bmod N}, t = 0, \dots, \frac{N}{2} - 1$$

Untuk mengestimasi $\hat{D}^{(t)}$ (*Thresholding*) didapat :

$$\hat{D}^{(t)} = W^T W^{(t)}$$

Langkah – langkah *thresholding* :

Wibowo (2012), mengemukakan bahwa skema *thresholding* untuk mengestimasi \mathbf{D}

terdiri dari tiga langkah dasar, yaitu :

1. Menghitung koefisien *wavelet* melalui Transformasi *Wavelet* Diskrit (DWT) yaitu $W = WX$. Dimana W adalah koefisien DWT, X adalah koefisien *wavelet* dan X merupakan data deret waktu.
2. Membentuk koefisien *thresholding* $W^{(t)}$, dilakukan sesuai fungsi yang diinginkan (fungsi *soft* atau *hard thresholding*).
3. Mengestimasi D melalui $\hat{D}^{(t)} = W^T W^{(t)}$ atau invers dari koefisien DWT yang telah *dithresholding*.

Pemilihan Fungsi Thresholding

Menurut Suparti (2008)

Hard Thresholding

$$\delta_{\lambda}^H(x) = \begin{cases} x, & \text{jika } |x| > \lambda \\ 0, & \text{x yang lain} \end{cases}$$

Soft Thresholding

$$\delta_{\lambda}^S(x) = \begin{cases} x - \lambda, & \text{jika } x > \lambda \\ 0, & \text{jika } |x| \leq \lambda \\ x + \lambda, & \text{jika } x < -\lambda \end{cases}$$

dimana, λ merupakan parameter *thresholding*

Estimasi Nilai σ

berdasarkan koefisien *wavelet* empiris pada level resolusi tertinggi dengan fungsi Median Deviasi Absolut (MAD) (Odgen, 1997).

$$\hat{\sigma} = \frac{\text{median}(|w_{J-1,k} - \text{median}(w_{J-1,k})|)}{0,6745}$$

Pemilihan Parameter Thresholding

1. Global Thresholding

Terdapat dua pilihan *threshold* yang bergantung pada banyaknya data pengamatan n yaitu nilai *Minimax Threshold* (λ^M) dan *universal threshold* (λ^U).

Tabel 1. Nilai *Threshold* yang Optimal.

N	λ^M	N	λ^M
2	0	512	2,074
4	0	1024	2,232
8	0	2048	2,414
16	1,200	4096	2,594
32	1,270	8192	2,773
64	1,474	16384	2,952
128	1,669	32768	3,131
256	1,860	65536	3,310

Donoho dan Johnstone (1994) juga mengemukakan aturan lainnya untuk *thresholding* yang mana disebut *universal thresholding*. Parameter ini harus memenuhi asumsi *white noise*.

Parameter optimal *universal threshold* (λ^U) :

$$\lambda^U = \sigma \sqrt{2 \log N}$$

2. Level-Dependent Thresholding

Kusumaningrum (2017) menjelaskan, *Level-dependent thresholding* yaitu menentukan parameter *threshold* ditiap level resolusi. Diantaranya adalah *adaptive threshold* (λ^A) Penulisan *threshold* didasarkan pada *Stein Unbiased Risk Estimator* (SURE) pada setiap

level resolusi. Estimasinya dapat dituliskan seperti berikut :

$$SURE = (\lambda; x) = n - 2 \cdot \#\{i: |W_{j,1}| \leq \lambda\} + \sum_{j=1}^d (|x_i| \wedge \lambda)^2$$

Berikut tahapan analisis yang dilakukan :

1. Menentukan ukuran data.
2. Menentukan filter *wavelet* dan filter skala
3. Menghitung koefisien *wavelet* dan skala melalui Transformasi Wavelet Diskrit (DWT)
4. Membentuk $W^{(t)}$ (Koefisien Thresholding) dengan fungsi *hard thresholding* atau fungsi *soft thresholding*.
5. Pemilihan parameter *threshold* optimal.
6. Estimasi thresholding
7. Pemilihan estimasi terbaik dengan melihat MSE terkecil atau *threshold* yang optimal.
8. Peramalan menggunakan estimasi wavelet terbaik dengan nilai MSE terkecil.

3. Pembahasan dan Diskusi

Analisis Wavelet Thresholding dengan Parameter Minimax Threshold

Dengan jumlah data sebanyak 128 maka nilai threshold yang diperoleh yaitu sebesar $\lambda^M = 1,669$. Karena tidak adanya pesyaratan dalam analisis, maka parameter *minimax threshold* dapat langsung dilakukan.

Dengan bantuan *software* R, maka didapatkan nilai MSE dari parameter *minimax threshold* sebagai berikut :

Tabel 2. Nilai MSE Parameter Minimax

Nilai MSE Parameter Minimax		
Level	<i>Soft Thresholding</i>	<i>Hard Thresholding</i>
1	287,2614	307,9441
2	561,3401	600,9814
3	787,6718	900,6768
4	880,1784	861,4893
5	938,3897	867,7408
6	963,9181	866,5549

Dari hasil yang diperoleh pada Tabel 3.1, maka dapat disimpulkan bahwa estimasi paling kecil adalah parameter *minimax threshold* dengan fungsi *soft thresholding* pada level 1 karena memiliki nilai MSE terkecil dibandingkan dengan yang lainnya yaitu sebesar 287,2614.

Analisis Wavelet Thresholding dengan Parameter Universal Threshold

Untuk memperoleh nilai parameter yang optimal, maka perlu untuk mengestimasi $\hat{\sigma}$ terlebih dahulu. Maka dengan bantuan *software* R, di dapat nilai $\hat{\sigma} = 24,13301$. Kemudian dilakukan analisis lanjutan untuk mendapatkan hasil parameter optimalnya, yaitu hasilnya $\lambda^U = 75,17756$.

Dengan bantuan *software* R, maka didapatkan nilai MSE dari parameter *minimax threshold* sebagai berikut :

Tabel 3. Nilai MSE Parameter Universal

Parameter Thresholding	Fungsi Thresholding	Level Resolusi	MSE
Universal Threshold	Uji Normalitas	Tidak memenuhi <i>white noise</i>	
	Uji Independensi	Tidak memenuhi <i>white noise</i>	
	Uji Homogenitas	Tidak memenuhi <i>white noise</i>	

Setelah dilakukan pengujian dengan uji normalitas, uji independensi dan uji

homogenitas, maka dapat disimpulkan bahwa analisis *wavelet thresholding* dengan parameter *universal threshold* tidak baik untuk digunakan karena tidak memenuhi asumsi *white noise*, sehingga dilakukan analisis dengan menggunakan parameter *adaptive threshold* yang mana pada parameter ini tidak mengasumsikan residunya berdistribusi *white noise*.

Analisis Wavelet Thresholding dengan Parameter Adaptive Threshold

Dengan parameter *adaptive threshold*, disyaratkan bahwa residual estimasi tidak berdistribusi *white noise* dan hanya berlaku untuk fungsi *soft thresholding*. Parameter ini merupakan metode yang proses estimasinya meminimalkan nilai SURE (*Stein Unbiased Risk Estimator*). Dengan bantuan *software R*, maka didapat nilai SURE sebagai berikut :

Tabel 4. Nilai Adaptive Threshold

Level	λ^{\wedge}
1	$9,094947 \times 10^{-13}$
2	2,138282
3	9,170364
4	35,6576
5	7,635965
6	950,3064

Dengan bantuan *software R*, didapat nilai MSE untuk perbandingan pada parameter *adaptive threshold* sebagai berikut :

Tabel 5. Nilai MSE Adaptive Threshold

Level	MSE
1	234,8814
2	242,5539
3	285,762
4	309,26
5	440,7662
6	4442,229

Pada Tabel 3.4 dapat disimpulkan bahwa MSE terkecil berada pada level resolusi 1, dengan nilai MSE sebesar 234,8814.

Hasil Peramalan Nilai Tukar Rupiah dengan Metode Wavelet Thresholding

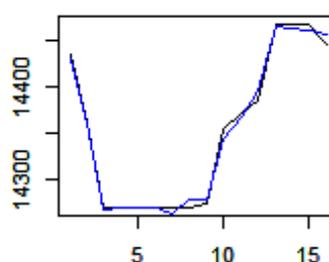
Berdasarkan hasil analisis sebelumnya, fungsi *soft thresholding* dari parameter *adaptive threshold* pada level resolusi 1 merupakan parameter yang memiliki nilai MSE terbaik. Dengan bantuan *software R*, peramalan nilai tukar periode setelah tanggal 8 Mei 2021 berdasarkan syarat Tabel 2. adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Peramalan Nilai Tukar Rupiah

Periode	Aktual	Prediksi
09/05/21	14435,82	14431,10
10/05/21	14360,45	14362,26
11/05/21	14268,99	14268,08
12/05/21	14268,99	14268,46
13/05/21	14268,99	14268,99
14/05/21	14268,99	14268,99

15/05/21	14268,99	14263,04
16/05/21	14268,99	14279,29
17/05/21	14274,02	14277,21
18/05/21	14355,42	14343,53
19/05/21	14371,50	14368,31
20/05/21	14384,57	14396,46
21/05/21	14467,98	14466,54
22/05/21	14467,98	14464,10
23/05/21	14467,98	14462,65
24/05/21	14446,88	14457,53

Kemudian disajikan plot data aktual dengan hasil peramalan sebagai berikut :



Gambar 1. Plot Hasil Peramalan Nilai Tukar Rupiah

Dimana garis biru merupakan data prediksi dan garis hitam merupakan data aktual. Berdasarkan hasil peramalan menggunakan metode *wavelet thresholding* terhadap data nilai tukar rupiah di Indonesia, hasilnya menunjukkan bahwa data hasil peramalan hampir mendekati data aktual.

4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan diatas, parameter yang baik untuk digunakan dalam analisis data deret waktu pada nilai tukar rupiah di Indonesia dari tanggal 1 Januari hingga 8 Mei tahun 2021 terhadap dollar AS menggunakan metode *wavelet thresholding* adalah dengan menggunakan fungsi *soft thresholding* dari parameter *adaptive threshold* pada level resolusi 1 karena mendapatkan hasil dengan nilai MSE terkecil dibandingkan dengan nilai MSE yang lainnya, yaitu sebesar 234,8814.

Acknowledge

Penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh pihak yang sudah memberikan arahan, dukungan serta semangat kepada penulis khususnya kepada Dr. Lisnur Wachidah, Dra., M.Si. yang sudah memberikan arahan dan saran kepada penulis. Hanya doa sebagai ucapan terima kasih yang dapat penulis panjatkan kepada Allah SWT, semoga ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan juga bagi pembaca.

Daftar Pustaka

- [1] Donoho, D.L. & Johnstone, L.M. (1992). *Ideal Spatial Adaptation by Wavelet Shrinkage*. Stanford : Stanford University.
- [2] Khairunnisa, 2020. *Perbandingan Model Exponensial Garch Dan Glosten Jaganathan Runkle Garch Dalam Meramalkan Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dollar Amerika Serikat*. Skripsi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Statistika. Universitas Islam Bandung. Bandung.
- [3] Kusumaningrum, D. A. (2017). *Analisis Data Deret Waktu Menggunakan Metode Wavelet*

- Thresholding Dengan Maximal Overlap Discrete Transform. Gaussian*, 151-159.
- [4] Layla, D.A. 2016. *Peramalan Harga Saham Dengan Menggunakan Metode Transformasi Wavelet Diskrit Daubechies*. Skripsi. Fakultas Sains Dan Teknologi. Matematika. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- [5] Nason, G.P. (2008). *Wavelet Methods in Statistics with R*. United Kingdom : Departement Of Mathematics.
- [6] Odgen, R.T. (1997). *Essential Wavelets for Statistical Applications and Data Analysis*. New York : Birkhäuser Basel.
- [7] Percival, D.B., & Walden, A. T. (2000). *Wavelet Methods For Time Series*. Washington : Cambridge University Press.
- [8] Sulistyaningsih, I. (2011). *Analisis Runtun Waktu dengan Metode Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform (MODWT)*. Skripsi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Matematika. Universitas Diponegoro.
- [9] Suparti, S. (2008). *Pemilihan Parameter Thresholding Optimal Dalam Estimator Regresi Wave; Et Thresholding Dengan Prosedur False Discovery Rate (Fdr)*. Media Statistika, Vol.1, No.1, Pp. 1-9.
- [10] Triyono. (2008). *Analisis Perubahan Kurs Rupiah Terhadap Dollar Amerika*. Jurnal Ekonomi Pembangunan. Vol. 9, No. 2, Pp. 156-167.
- [11] Utama Muhammad Bangkit Riksa, Hajarisman Nusar. (2021). *Metode Pemilihan Variabel pada Model Regresi Poisson Menggunakan Metode Nordberg*. Jurnal Riset Statistika, 1(1), 35-42.